

金锡合金钎料焊膏与箔材钎焊性能对比研究

李 伟, 许 昆*, 陈登权, 罗锡明, 刘 毅

(贵研铂业股份有限公司 稀贵金属综合利用新技术国家重点实验室, 昆明 650106)

摘 要: 研究和比较了自制金锡合金焊膏与金锡合金箔材的相关性能。实验结果表明: 金锡合金钎料焊膏的铺展性及润湿性优于箔材钎料; 接头的显微组织和结构基本相同; 在大气条件下, 焊膏的钎焊性能比箔材钎料好; 焊膏的剪切强度略低于箔材钎料。

关键词: 金属材料; 金锡合金; 焊膏; 箔材; 性能对比; 无铅钎料

中图分类号: TG146.3⁺¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0676(2013)01-0025-04

Performance Comparison between Au-Sn Alloy Solder Paste and Solder Foil

LI Wei, XU Kun*, CHEN Dengquan, LUO Ximing, LIU Yi

(State Key Laboratory of Advanced Technologies for Comprehensive Utilization of Platinum Metals,
Sino-Platinum Metals Co. Ltd., Kunming 650106, China)

Abstract: Studies on performance and comparison of the self-made Au-Sn solder paste and solder foil were carried out. The results show that the spread ability and wettability of the Au-Sn alloy solder paste are better than those of foil. The microstructures of the joints are basically the same. Under atmospheric conditions, the brazing performance of the solder paste is better than the foil. The shear strength of the solder paste is slightly lower than the foil.

Key words: metal materials; Au-Sn alloy; solder paste; foil; performance comparison; lead-free solder

随着电子工业技术的飞速发展和环保意识的不断提高, 金锡合金钎料作为一种新型高性能无铅钎料越来越受到人们的广泛关注^[1-2]。由于金锡合金钎料具有润湿性好、钎焊性能优良、接头强度高、抗热疲劳性好、热导率高、对镀金焊盘溶蚀性小等特点^[1-10], 目前它已成为高铅合金钎料的理想替代品之一^[3]。金锡合金钎料的使用形式主要有箔材、预成型和焊膏3种形式。近年来, 国内金锡合金的箔材及预成型钎料制备技术取得了很大进展, 贵研铂业股份有限公司研制的金锡合金箔材、预成型焊片已在我国微电子领域获得成功应用^[3, 5], 而国产金锡合金焊膏产品及研究情况未见相关报道。

金锡合金焊膏是由金锡合金粉末和助焊剂组成, 具有适应性强、对合金钎料加工性能要求不高、特别适合结构复杂工件的装配等特点, 金锡焊膏在

某些方面具有金锡箔材、预成型钎料无法比拟的优势。由于金锡合金比传统的锡铅合金的钎焊温度高, 这就意味着金锡焊膏的活化温度及碳化温度升高。在金锡焊膏的研制过程中, 如何保持焊膏的活性和防止不碳化是金锡焊膏研制的关键。本文主要阐述了自制金锡焊膏与金锡合金箔材的相关性能进行对比研究。

1 实验方法

1.1 焊膏及箔材钎料制备

实验用金锡合金焊膏主要由金锡合金粉末和改性松香(或松香树脂)、活性剂、分散剂、增稠剂以及有机溶剂等组成的助焊剂混合而成, 焊膏中不含卤化物, 无污染, 腐蚀性小。

收稿日期: 2012-05-16

第一作者: 李 伟, 男, 工程师, 研究方向: 贵金属钎焊材料研究。E-mail: liwei@ipm.com.cn

*通讯作者: 许 昆, 男, 教授, 研究方向: 贵金属钎焊材料及特种钎焊材料研究。E-mail: xukun@ipm.com.cn

金锡合金箔材采用“多层复合+扩散热处理法”制备厚度为0.05 mm的箔材钎料。

1.2 铺展性

采用WET-1200动态润湿仪测定金锡合金焊膏和金锡合金箔材钎料在母材上的润湿角。实验条件为：钎料焊膏及箔材钎料的重量各为0.05 g，加热温度为320℃，保温3 min，母材为镀金可伐合金（镀金层厚度2 μm），气氛为流动氮气。铺展试件的制备参考国家标准GB/T 11364-1989《钎料铺展性及填缝性实验方法》。

1.3 微观组织

将铺展性实验的样件沿垂直钎缝方向，在钎缝中心处切开。采用扫描电镜S3400N观察钎焊样品的钎缝形貌。

1.4 钎焊实验

钎焊实验采用上海试验电炉厂生产的SX2-8-10型箱式电阻炉加热，温度控制器为XMZ-20-W0型，热电偶为Pt100型。拉伸样件(单片)的尺寸为1 mm×5 mm×40 mm，搭接长度为1.5~3 mm，搭接宽度为5 mm。焊膏及箔材钎料的重量各为0.1 g，母材为镀金可伐合金，加热曲线见图1。

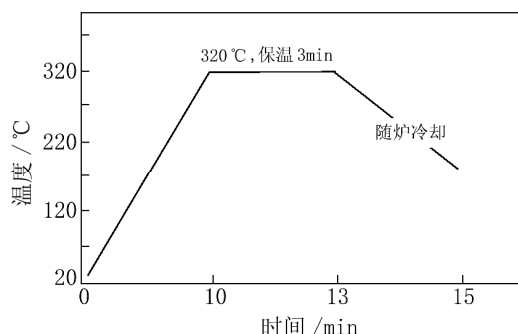


图1 钎焊实验加热曲线

Fig.1 Heating curve of soldering test

1.5 接头强度

钎焊接头样件在ICIG 10 kN万能拉伸试验机上测试钎焊接头的剪切强度。

2 实验结果与讨论

2.1 焊膏及箔材钎料的物理性能

焊膏用金锡合金粉末的化学成分：Au 80±1%，Sn 20±1%；粉末粒度300~350目，粉末形貌见图2。焊膏中金属含量为85±5%。“多层复合+扩散热处理法”制备的金锡合金(Au 80±1%，Sn 20±1%)的熔化温度范围为279~282℃，与铸造法制备的金锡合金

一致，具体的熔化曲线见图3。金锡合金铸态组织是由ζ'(Au₅Sn)和δ(AuSn)组成的典型共晶组织(见图4)。而“多层复合+扩散热处理法”制备的金锡合金显微组织主要由连续的层状ζ'(Au₅Sn)和δ(AuSn)组成(见图5)，这主要是在扩散热处理过程中Au与Sn的扩散激活能差异和未经过熔化及冷凝的过程所致。

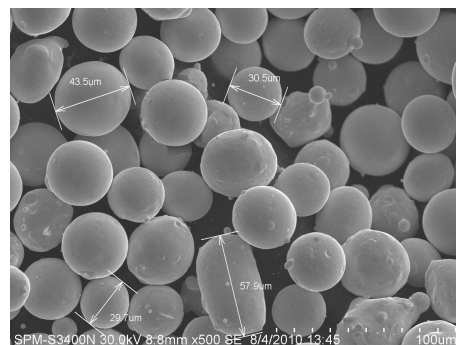


图2 金锡合金粉末的形貌

Fig.2 Morphology of Au-Sn alloy powders

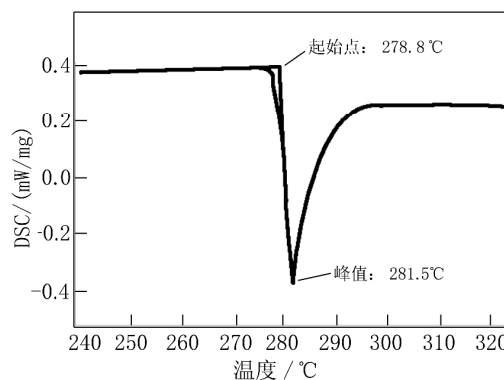


图3 金锡合金的熔化曲线

Fig.3 Melting curve of Au-Sn alloy

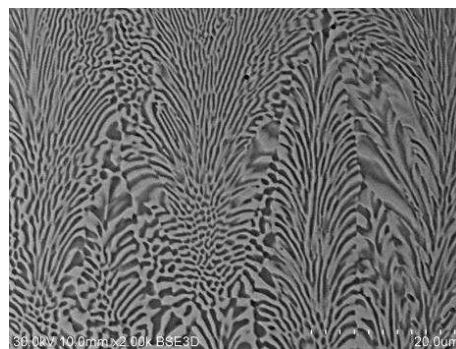


图4 金锡合金的铸态组织

Fig.4 Cast structure of Au-Sn alloy

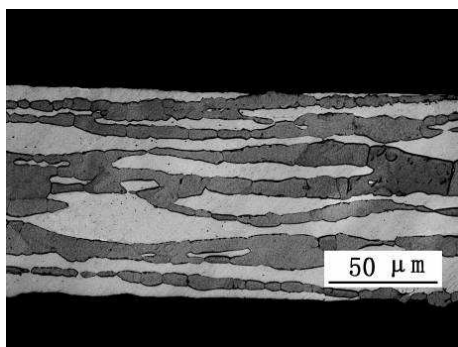


图 5 金锡合金箔材的显微组织

Fig.5 Microstructure of Au-Sn alloy foil

2.2 铺展性

金锡合金焊膏及合金箔材对镀金母材的润湿性良好，润湿角分别为 15° 和 18° ，铺展面积分别为 28 mm^2 和 22 mm^2 ，实物图见图6。在相同条件下，金锡合金焊膏的铺展性优于箔材的原因主要在于：

① 焊膏中的助焊剂含有活性剂等物质，能有效地去除钎料及母材表面的氧化物；② 熔融的助焊剂漂浮在钎料表面，在阻止金锡合金进一步氧化的同时，改变了界面张力状态，降低了熔化钎料的表面张力。

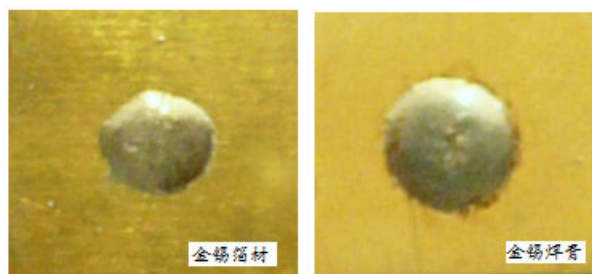


图 6 钎焊特性实物照片

Fig.6 Photos of soldering sample

2.3 界面组织

金锡合金焊膏和金锡合金箔材钎焊镀金可伐合金的接头组织照片见图7。由图7可见，二者的显微组织及结构基本相同，钎缝组织可分为3个部分：金锡合金铸态组织、金锡合金与镀金层的过渡层和镀金层反应层。金锡焊膏在钎焊的过程中，由于熔融的助焊剂密度较小，漂浮在金锡合金表面，所以实际上与镀金层接触反应的是金锡合金，这个过程与直接使用金锡箔材钎料的反应过程是相同的。

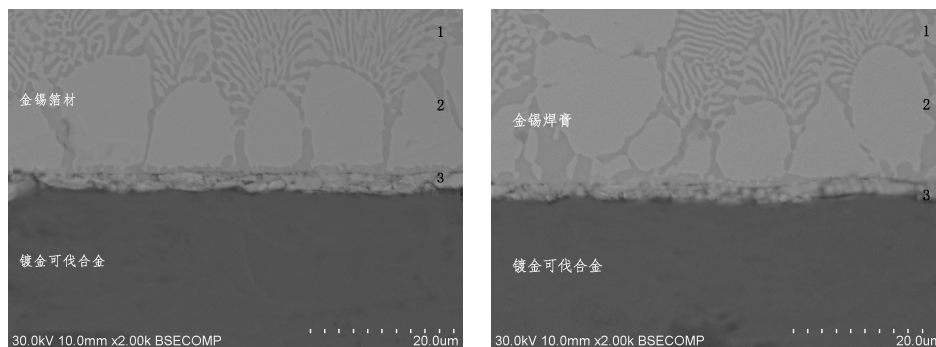


图 7 金锡合金焊膏和金锡合金箔材的接头组织照片

Fig.7 Microstructure of Au-Sn alloy paste and foil soldering joint

2.4 大气条件下的钎焊性能

金锡合金焊膏和金锡合金箔材在大气环境中的熔化情况实物照片见图 8。

在氧化气氛中，金锡合金箔材在没有惰性气体保护或助焊剂的作用下产生氧化现象，影响了金锡合金箔材的钎焊性能；而金锡合金焊膏由于含有助

焊剂，在大气条件下助焊剂起到去除氧化物和防止氧化的作用，因此其钎焊性能未受影响。金锡合金焊膏焊后残留物为一层无色或淡黄色透明膜状物质，不吸潮，表面绝缘电阻高，可不用清洗。金锡合金焊膏焊后残留物易溶于酒精，对外观要求较高的钎焊件，可用酒精清洗干净。

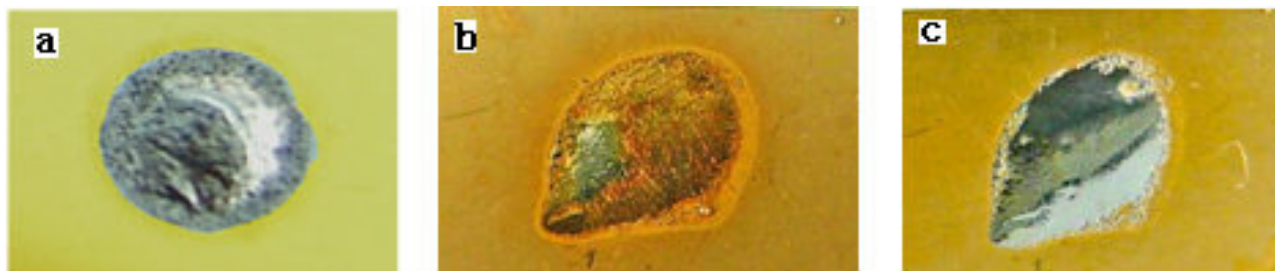


图 8 大气环境中金锡合金焊膏和金锡合金箔材的熔化情况

(a. 金锡合金箔材, b. 金锡合金焊膏清洗前, c. 金锡合金焊膏清洗后)

Fig.8 Melting situation of Au-Sn paste and foil in the air environment

(a. Au-Sn alloy foil, b. Au-Sn solder paste before cleaning, c. Au-Sn solder paste after cleaning)

2.5 接头强度

为防止金锡合金箔材在大气条件下氧化, 钎焊时在接头处放置松香保护。金锡合金焊膏和金锡合金箔材钎焊镀金可伐合金的接头剪切强度见表 1。金锡合金焊膏的钎焊接头强度略低于金锡合金箔材的钎焊接头强度。分析其原因是因为: 在相同质量下, 有助焊剂的焊膏中的金属钎料合金粉末含量要比使用箔材钎焊的金属钎料要少, 是实际使用钎料量的不同造成了接头强度的差异。

表 1 钎焊接头的剪切强度

Table 1 Shear strength of soldering joint

	剪切强度/MPa	平均剪切强度/MPa
金锡合金焊膏	35, 34, 36	35
金锡合金箔材	35, 39, 38	37

3 结 论

(1) 金锡合金焊膏及金锡合金箔材对镀金可伐合金的润湿角分别为 15° 和 18° , 铺展面积分别为 28 mm^2 和 22 mm^2 , 金锡合金焊膏的润湿性和铺展性优于金锡合金箔材钎焊。

(2) 金锡合金焊膏与金锡合金箔材的钎焊接头显微组织及结构基本相同。

(3) 金锡合金箔材在大气环境中使用时氧化严重, 适合在真空、保护气氛等工艺条件下使用。

金锡合金焊膏在大气条件下使用的钎焊性能良好, 焊后残留物为一层无色或淡黄色透明膜状物质, 不吸潮, 表面绝缘电阻高, 可不用清洗。

(4) 金锡合金焊膏和金锡合金箔材的接头剪切强度分别为 35 MPa 和 37 MPa, 焊膏钎焊的接头剪切强度略低于箔材钎焊的接头强度, 这是实际使用钎料量的不同造成了接头强度差异。

参考文献:

- [1] 朱志君. 金锡预成型焊片制备工艺与应用研究[D]. 湖北: 华中科技大学, 2009: 1-16.
- [2] Djurfors B, Ivey D G. Pulsed electrodeposition of the eutectic Au/Sn solder for optoelectronic packaging[J]. Journal of Electronic Materials, 2001, 30(9): 1249-1254.
- [3] 刘泽光, 陈登权, 罗锡明, 等. 微电子封装用金锡合金钎料[J]. 贵金属, 2005, 26(1): 62-65.
- [4] 姚立华, 吴礼群, 蔡昱, 等. 采用金锡合金的气密性封装工艺研究[J]. 电子工艺技术, 2010, 31(5): 267-268.
- [5] 刘泽光, 陈登权, 罗锡明, 等. 金锡钎料性能及研究[J]. 电子与封装, 2004, 4(2): 24-26.
- [6] Yoon Jeong-Won, Chun Hyun-Suk, Koo Ja-Myeong. Au-Sn flip-chip solder bump for microelectronic and optoelectronic applications[J]. Microsyst Technol, 2007(13): 1463-1469.
- [7] Chandran B, Schmidt W F, Gordon M H, et al. Determination and utilization of AuSn solder creep properties to bond GaAs dice to diamond substrates[J]. American Society of Mechanical Engineers, 1996(18): 61-66.
- [8] Djurfors B, Ivey D G. Microstructural characterization of pulsed electrodeposited Au/Sn alloy thin films[J]. Materials Science and Engineering B, 2003(90): 309-320.
- [9] 罗雁波, 谢宏潮, 李敏. 金锡合金钎料研究现状[J]. 有色金属, 2002, 54(增刊): 23-25.
- [10] 黄亮, 陈卫民, 安兵, 等. Au₂₀Sn 箔材焊料及其应用[J]. 电子工艺技术, 2010, 31(3): 125-127.