

# 高熔点焊球BGA返修工艺研究

张艳鹏, 王威, 王玉龙, 孙海超

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

**摘要:** BGA封装器件的陶瓷基板或3D-plus本体大都使用铅系高熔点焊球(Sn10Pb90)通过SBC工艺与印制板焊盘间实现连接。由于铅系高熔点焊球采用有铅焊接时不发生融化,其焊接和返修过程均区别于非SBC工艺BGA封装。针对铅系高熔点焊球BGA进行了返修对比试验,研究焊球成分和焊膏施加方式对SBC工艺BGA封装返修的影响,最终确立一套适用于铅系高熔点焊球BGA的高可靠性返修工艺。

**关键词:** 高熔点焊球; SBC; BGA; 返修

**中图分类号:** TN6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3474(2020)01-0040-03

## Research on Reworking Technology of BGA with High Melting Point Solder Ball

ZHANG Yanpeng, WANG Wei, WANG Yulong, SUN Haichao

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** CBGA and 3D-plus with ball grid array use an array of high melting point solder balls (Sn10Pb90) to connect a chip carrier to printed circuit board generally, using eutectic (Sn63Pb37) solder joints at both carrier and board interfaces (SBC). Due to the high lead solder balls do not melt during reflow process, the assembly and reworking processes distinguish with non-SBC BGA obviously. Contrastive reworking experiments are designed to study the influence of solder ball content and the way of adding solder paste, a right reworking technology of BGA with high melting point solder ball is established finally.

**Key Words:** high melting point solder ball; SBC; BGA; reworking

**Document Code:** A **Article ID:** 1001-3474(2020)01-0040-03

陶瓷球栅阵列(CBGA)封装是IBM公司开发应用的可控塌陷芯片互连技术的扩展产品<sup>[1]</sup>,使用呈阵列的高熔点焊料球(Sn10Pb90),通过低熔点共晶焊料(Sn63Pb37)实现陶瓷基板与印制板间的互连,即焊料球连接(SBC)工艺。这种封装形式具有互联密度高、密封性能优异、热/电性能好等特点,且能够使用标准的表面组装技术(SMT)和设备进行组装,从而在存储和逻辑电路、微处理器以及计算机领域得以大规模应用。

3D-Plus即三维叠层封装,是法国3D-plus公司应伽利略计划和其他航天、航空等领域的实际需求

而开发的一种新型封装形式<sup>[2]</sup>,在X-Y二维尺寸变化不大的情况下,将电路结构向Z轴方向扩展,从而满足电子学发展对器件结构和性能提出的更高需求。但增加器件尺寸势必引起器件质量的增大,而锡铅共晶和无铅焊料已无法满足部分球栅阵列(BGA)型3D-Plus封装在组装过程中的抗坍塌性能<sup>[3]</sup>,必须借助SBC工艺加以改善。由于起电气和结构连接作用的高熔点焊料球在印制板组装过程中不发生熔融和形变,因此SBC工艺具有优异的抗坍塌性能,可维持器件本体与印制板之间的距离,降低器件本体与印制板间因热膨胀系数不同而造成的热失配,有效提

作者简介:张艳鹏(1987-),男,硕士,毕业于哈尔滨工业大学,助理研究员,主要从事电子装联工艺研究工作。

高3D-Plus封装器件的服役可靠性。

采用SBC工艺的CBGA和3D-Plus封装器件在返修拆卸过程中, 势必造成器件自带高铅球的破坏, 从而造成拆卸器件的焊球不可重复使用。无论是重新植球还是更换新器件后重新焊接都需要解决如何在印制板焊盘上重新施加焊料以及高熔点焊球加热过程中不熔融而导致的自对中效应差等问题。本文针对上述问题, 以采用SBC工艺的3D-Plus封装器件为研究对象, 从焊球成分和焊料施加两方面出发, 提出了适用于铅系高熔点焊球BGA封装器件的高可靠性返修工艺方法。

### 1 试验材料及方法

本研究所用器件为法国3D-Plus公司生产的3D2D2G16UB2684型3D-plus, 焊球采用SBC工艺。研究用印制板为某航天项目电性产品(如图1所示), 回流焊接后设计人员调试发现由于设计问题需对3D-plus的两个焊球进行短接, 于是提出返修要求, 据此制定的返修方案见表1。

返修采用暗红外返修工作站进行器件拆卸和重新焊接, 器件贴片借助工作站配置的影像对位系统进行。

研究过程中的焊盘清理以及印膏质量检查使用VS8光学放大镜(1~40倍)进行, 返修后的焊点以X-ray检测机进行检验。

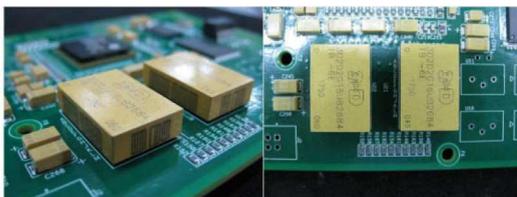


图1 研究用3D-plus器件及对应印制板

表1 3D-plus器件返修方案

位号	焊盘状态	器件状态	焊球成分	焊料情况
U21	拆卸后清理	全新器件	Sn10Pb90	焊球印膏
U22	拆卸后清理	拆卸器件植球	Sn63Pb37	焊球印膏

### 2 试验过程

#### 2.1 3D-plus器件返修用曲线设置

严格按照表2所示厂家规定的汽相回流焊参数对返修用曲线进行设置, 使用炉温测试仪对曲线进行监测并调整, 最终确定如图2所示3D-plus器件返修用曲线T-3D-plus。在T-3D-plus作用下, 3D-plus器件能够达到的峰值温度为208℃, 焊点处液相时间为73s, 保温温度、保温时间以及升降温速率等均满足厂家规定参数要求。

#### 2.2 3D-plus器件的拆卸及处理

使用锡箔纸对3D-plus器件周围的元器件进行热防护后, 调用T-3D-plus曲线, 待热电偶测试温度高

表2 3D-plus厂家规定的汽相回流焊曲线参数

项目指标	参数
最低保温温度 $\theta/^\circ\text{C}$	100
最高保温温度 $\theta/^\circ\text{C}$	150
保温时间 $t/\text{s}$	60~120
保温至回流最大升温速率 $v/(^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1})$	3
液相时间 $t/\text{s}$	45~90
本体峰值温度 $\theta/^\circ\text{C}$	215
达到峰值温度最快时间 $t/\text{min}$	6
最大降温速率 $v/(^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1})$	6

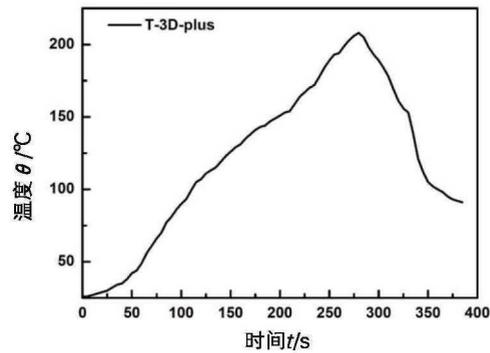


图2 3D-plus器件返修用曲线

于焊料熔点5~10℃后, 即可使用设备自带真空吸头自动拆卸器件或借助镊子/真空吸笔手动移除器件, 拆卸后对其中1片3D-plus植有铅球后待用。

待印制板温度恢复至室温, 使用烙铁配合吸锡带完成焊盘表面残余焊料的清理, 随后对焊盘进行清洁处理。清理效果以在VX8光学放大镜下检测无明显焊料和助焊剂等残留为宜。

#### 2.3 焊膏印刷

从组装后的印制板图片(如图1所示)可知, 3D-plus器件周围布设的元器件较密且距离3D-plus器件较近, 无法使用钢片对印制板焊盘进行印膏处理。对于非SBC工艺的BGA而言, 就此种情况可通过在焊盘表面手工搪锡的方式完成焊盘表面焊料的施加<sup>[4]</sup>, 以满足BGA可靠性对焊料量的需求, 加热过程中BGA焊球融化并与焊盘表面的焊料充分熔融, 与此同时在自对中效应的作用下将BGA焊球维持在焊盘中心处, 保证器件与焊盘的对位精度。但3D-plus器件的焊球成分为Sn10Pb90, 在焊接过程中不发生融化且自对中效应不明显, 导致3D-plus封装器件对焊盘表面焊料的共面性要求较高且焊球-焊料间的刚性对位极为困难, 因此使用焊盘搪锡方式极易出现虚焊和偏移等焊接缺陷, 造成返修失败。

为保证3D-plus封装器件焊接的可靠性, 设计工装并在3D-plus封装器件的焊球上进行印膏处理, 所用钢网厚度为0.15mm, 焊球印膏前后的3D-plus封装器件如图3所示。这种操作不仅可以保证器件组装对焊膏用量的需求, 而且可以弥补焊球阵列或印制板焊盘的共面性缺陷。

#### 2.4 3D-plus器件的贴片和组装

使用IR650暗红外返修工作站配置的影像对位贴

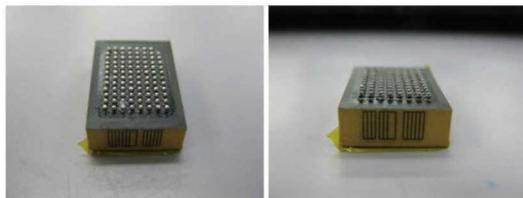


图3 焊球表面印膏前后的3D-plus器件图片

片系统,完成焊球表面印膏后3D-plus封装器件与印制板焊盘的对位和贴片,贴片后目视检测器件贴装极性和四周焊球与焊盘的对位情况,如有偏差可进行微调处理。

调用T-3D-plus曲线完成3D-plus器件的焊接,待印制板温度恢复至室温后方可取下印制板并进行其他操作。

### 3 试验结果与分析

图4所示为返修后3D-plus器件的实物照片及对应的X-ray检测图片,3D-plus器件植有铅球返修后器件底面距离印制板表面的高度明显小于采用SBC工艺的3D-plus器件的,这是由于返修过程中熔融时有铅球在3D-plus器件的重力作用下发生坍塌所致,图4的X-ray检测图片所示采用SBC工艺的3D-plus器件的焊点阴影面积明显小于植有铅球的3D-plus器件的,也间接说明此点。

有研究表明,对于同样的封装,直径分别为0.40 mm、0.75 mm的焊球与高度为2.3 mm的焊柱的疲劳寿命比值为1:4:45<sup>[5]</sup>,这主要是因为焊点承受的应力以器件与印制板之间高度的平方成比例减小<sup>[6]</sup>,由此可见,3D-plus器件植有铅球较使用成分为Sn10Pb90高铅球焊接后的可靠性变差。

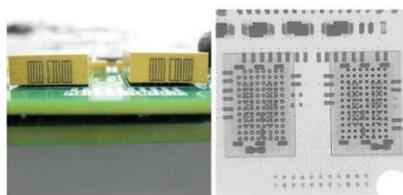


图4 返修后3D-plus器件图片及对应X-ray检测图片

图5所示为SBC工艺3D-plus器件返修后倾斜一定角度的X-ray检测图片,焊料对印制板焊盘及器件焊球的润湿良好,焊点气泡率均远小于相关标准所规定的空洞占阴影面积 $\leq 25\%$ 的比例,说明SBC工艺3D-plus器件返修后焊点质量合格,满足使用需求。

图6所示为3D-plus器件植球返修后倾斜一定角度的X-ray检测图片,焊球在X-ray检测下呈现典型的“腰鼓”状形貌且单个焊球在印制板侧和器件本体侧均可观察到明显的“鸭蛋圆”,说明有铅球与焊膏熔融良好且与焊盘间形成了良好的电气和结构连接。但焊点内部的气泡率较SBC工艺3D-plus器件

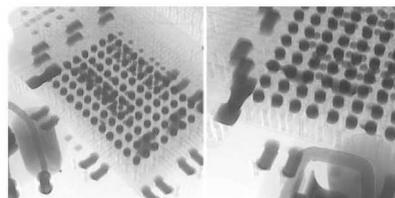


图5 SBC工艺3D-plus器件返修后X-ray检测图片

返修后明显偏高,个别焊点内部空洞占单个焊点的面积比已经趋近于标准规定上限值,对器件可靠性存在一定影响。

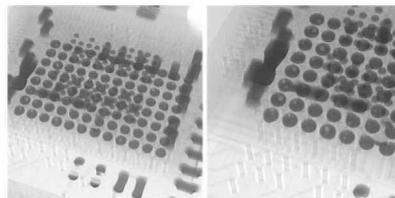


图6 3D-plus器件植球返修后X-ray检测图片

### 4 结论

本文针对采用SBC工艺的BGA封装返修过程存在焊膏施加困难及高熔点焊球在加热过程中自对中效应不明显的实际情况,以采用SBC工艺的3D-plus器件为研究对象,开展了植有铅球和SBC焊球返修对比试验,试验过程采用焊球表面印膏方法,有效解决了焊膏施加问题的同时,还能避免由于焊球或焊盘共面性问题造成的焊接缺陷。返修完成后,植有铅球的3D-plus器件距离印制板面的高度明显小于采用SBC工艺的,且焊点空洞率指标劣于SBC工艺的3D-plus器件,说明有铅焊球缓解器件本体与印制板间因热膨胀系数不同而造成热失配的能力下降且焊点质量较难达标。因此建议采用SBC工艺的BGA封装器件返修过程更换新器件的同时,需在印制板焊盘或器件焊球表面印刷焊膏并设置合理的返修用曲线,保证铅系高熔点焊球BGA封装返修后的可靠性。

### 参考文献

- [1] 和平,俞宏坤.陶瓷焊球阵列封装技术(CBGA)[J].集成电路应用,2003(4):13-14.
- [2] 王玉龙,张艳鹏,李静秋.高可靠电子产品中3D-plus器件装配工艺可靠性研究[J].电子工艺技术,2014(5):258-263.
- [3] 邹嘉佳,孙晓伟,程明生.FBGA有铅混装工艺及其可靠性研究[J].电子工艺技术,2019(2):72-76.
- [4] 张伟,孙守红,石宝松.无铅BGA返修工艺方法[J].电子工艺技术,2012(2):86-89.
- [5] IPC. Design Guidelines for Reliable Surface Mount Technology Printed Board Assemblies:IPC-D-279-1996[S]. Bannockburn, IL, USA: IPC, 1996:7.
- [6] 任康,刘丙金.陶瓷球栅阵列器件转变为陶瓷柱栅阵列器件[J].电子工艺技术,2018(1):19-21. (收稿日期:2019-10-15)