

片式元件焊点剪切力比较实验研究

孙守红, 毛书勤

(长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130031)

摘要:介绍了无铅化推广以来相关行业发生的变化;简述了无铅化进程中,享受“豁免权”的相关行业面临的主要问题,包括可靠性问题和可靠性实验问题等;阐述了无铅与有铅焊点剪切力对比实验的方法;并针对实验数据进行了对比和分析,发现在本试验条件下无铅焊点的剪切力性能明显优于有铅焊点,但焊点间的差异较大;最终给出了进一步开展剪切对比实验研究的实施路线。

关键词:片式元件;焊点;剪切实验;可靠性

中图分类号: TN6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3474-(2010)04-0215-04

Comparative Study on Shear Strength of SMD

SUN Shou-hong, MAO Shu-qin

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130031, China)

Abstract: The changes of the industries are introduced since lead-free manufacture has been spread. The main problems in using lead-free solders are elaborated, including reliability problems, reliability experimentation problems and so on. The shear strength test of lead-free soldering joint and lead soldering joint is presented. The experiment data is analyzed. The shear strength performances of lead-free solders are obviously better than lead solders, but the difference is large. At last, the further research route is listed.

Key words: SMD; Soldering Joint; Shear Test; Reliability

Document Code: A **Article ID:** 1001-3474 (2010) 04-0215-04

1 无铅化带来的转变

伴随着无铅进程的不断深入,与其相关的诸多行业都悄然发生着变化。几乎所有的印制电路板生产厂家都为客户提供了更多的选择,印制电路板基材(普通FR4和高玻璃化温度FR4等),焊盘镀层(纯锡、有铅、OSP和沉金等),客户可以根据自身的产品特点灵活选择。各种无铅焊料和配套助焊剂也是不断推陈出新。出现这样的局面是因为尚无一套无铅工艺制程能够像传统的有铅工艺那样占据绝对的主导地位,各生产企业需要根据自身产品实际,综合考虑产品特性和成本等因素进行选择。于是,很多产品生产厂家不得不比以往更加重视电装生产中产品的可靠性问

题。需要进行大量的对比实验,通过熟知的有铅制程同各种无铅制程进行比较研究,进而得到关于无铅制程的可靠性数据^[1,2]。

2 无铅化进程中的问题

由于无铅化进程中部分行业享有“豁免权”,从有铅到无铅的转换并不是瞬间完成的,这就使得无铅与有铅混装的问题将长期存在。在此期间,开展对有铅焊点、无铅焊点以及混装焊点的比较实验研究是十分必要的。这有助于我们建立起在各种制程下对于各类焊点的直观认识。实际上,很多可靠性要求较为苛刻的行业之所以没有推行无铅制程,很大原因在于

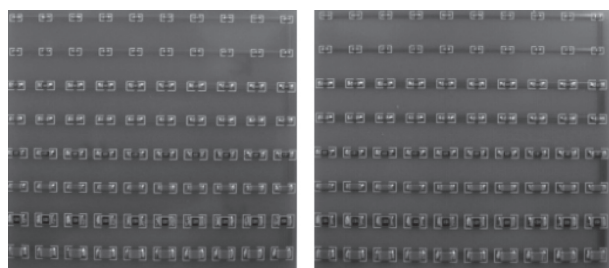
“无铅”尚存在着诸多亟待解决的问题^[3,4],比如无铅焊点的可靠性问题(晶须生长等),无铅焊点在传统的温度实验和力学实验中的表现,无铅焊点自身固有的特性等。由于同传统的有铅制程相比,无铅制程推广的时间尚短,人们对于它的认识尚存在诸多盲点,很多问题需要通过大量的经验积累和实验研究方能逐步被人们认识清楚乃至最终解决。尤其对于那些享有“豁免权”的行业,当主流市场已经被无铅占据的时候,他们的选择空间越来越小,无铅化是迟早的事情,这就更需要下大力气,紧跟“无铅”研究的脚步,方能在这场变革中站稳脚跟。

3 无铅与有铅焊点剪切力对比实验

无铅焊点与有铅焊点的比较实验研究是目前无铅工艺研究中开展较为广泛的一类研究工作,此项研究建立在人们对有铅焊点的认识基础之上。通过比较两类焊点的剪切力以及施加热负荷和力学负荷后的材料特性等指标^[5],得出相应的对比结论,从而逐步建立起对无铅焊点的认识。本实验中,拟对多种封装形式的片式阻容元件开展剪切力对比实验研究工作。

3.1 实验样品制备

实验中分别选用了1210、1206、0805和0603等四种封装形式的阻容元件,每种元件的样本数量为10个,共8组样本。印制电路板为FR4基材,印制电路板焊盘镀层与元件端电极镀层均为Sn63/Pb37。在使用相同焊接工艺的条件下,我们仅对焊料进行了更换,两块印制电路板分别选择了Sn63/Pb37和Sn96.5/Ag3/Cu0.5焊料^[6]。实验样品实物如图1所示。



(a) 无铅焊料板

(b) 有铅焊料板

图1 实验样品实物

3.2 实验方法

3.2.1 焊点外观检测

焊接完成后,采用双目体视显微镜观察焊点有无润湿不良、虚焊以及助焊剂残留等问题。如发现上述问题,应采取相应手段进行返工和返修处理直至符合

要求为止。

3.2.2 剪切实验

剪切试验用于评估焊点的剪切强度(用剪切力表示)。通过剪切试验可以测定各类焊点所能承受的最大剪切负荷。剪切试验根据日本JIS Z 3198-7标准,在万能试验机上进行。试验中要求环境温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $20\% \text{ RH}\sim 60\% \text{ RH}$,并且卡具与PCB的间隙值要小于元件厚度的 $1/4$,卡具的移动速度为 $5\text{ mm/min}\sim 30\text{ mm/min}$,如图2所示。实验设备选用WDW-500万能试验机,如图3所示。

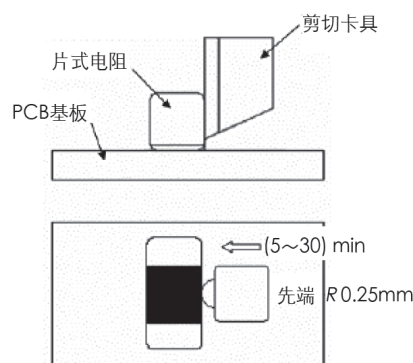


图2 剪切实验示意图



图3 WDW-500 万能试验机

3.3 实验设计

无铅与有铅焊点剪切力对比实验研究的目的在于比较有铅和无铅两种焊料焊点的力学性能与焊接质量。实验在常温状态下进行,每测完一组数据后对印制电路板进行拍照用以记录焊点、元件以及焊盘的损坏情况。拍照后,将器件从印制电路板上取下并对焊盘进行清理,如此往复,直至完成全部试验为止。在试验过程中,万能试验机会将实测数据传至主控计算机,专用数据处理软件会自动绘制出每个器件焊点的剪切力变化曲线。曲线的峰值表示阻容元件焊点剪切力的最大值。实验完成后,软件自动计算出10个样片最大剪切力的均值及均方差值。部分经过剪切实验的阻容元件实物如图4和图5所示。



图4 部分电容剪切力实验后实物图

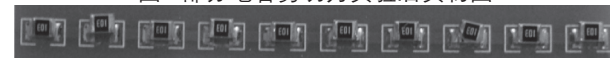


图5 部分电阻剪切力实验后实物图

4 实验结论

将各组阻容元件剪切力实验数据的均值绘制成相

应的实验曲线，如图6和图7所示。通过观察实验曲线可以发现，所有阻容元件的无铅焊点剪切力均值均大于同类封装元件的有铅焊点。

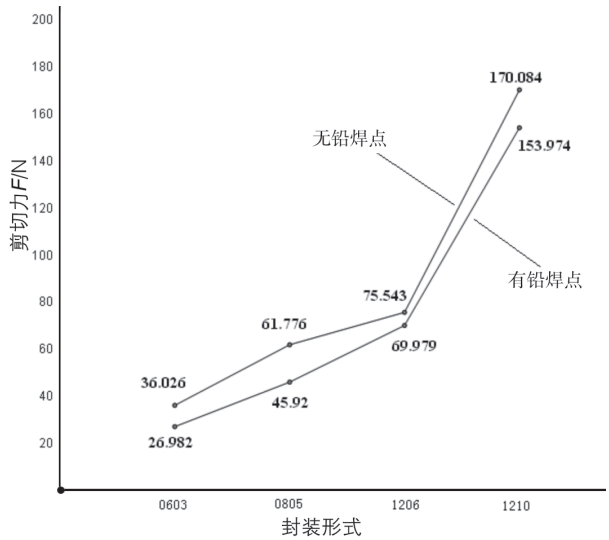


图6 电容焊点剪切力对比曲线

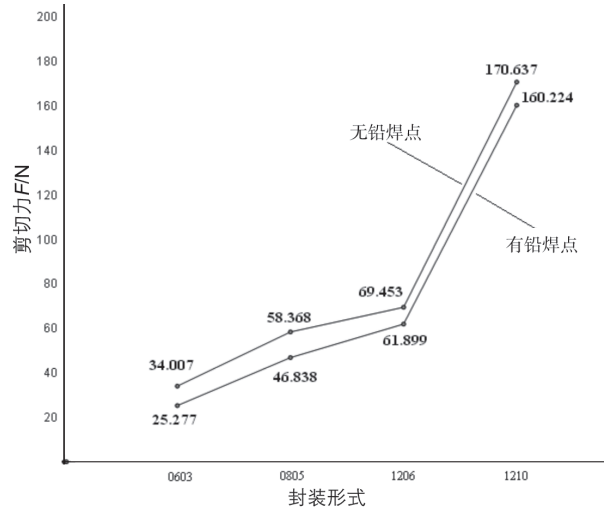


图7 电阻焊点剪切力对比曲线

通过进一步的分析可以发现，除1206封装的焊点以外，其它情况下无铅焊点的剪切力均方差均大于有铅焊点，实验数据见表1。这表明，在大多数情况下，同种封装元件无铅焊点间差异性大于有铅焊点。在文中设定的实验条件下，只对焊料进行了更换，于是，我们可以把无铅焊点与有铅焊点的这种差异归结到两种焊料特性的差异上来。可以认为，传统的Sn63/Pb37焊料在相同焊接条件下的润湿性和可焊性优于Sn96.5/Ag3/Cu0.5无铅焊料。同时，将不同封装的无铅与有铅焊点剪切力差值进行比较，发现剪切力差值的大小并不伴随焊点大小的变化而发生有规律的改变，剪切力差值基本稳定在10 N左右。

表1 片式电阻无铅与有铅焊点剪切力数据对比

封装形式	焊料类型	剪切力均值 F/N	均方差 F/N	剪切力差值 F/N	差比/%
0603	无铅	34.007	6.005	8.730	34.54
	有铅	25.277	5.417		
0805	无铅	58.368	10.840	11.530	24.62
	有铅	46.838	6.075		
1206	无铅	69.453	4.187	7.554	12.20
	有铅	61.899	7.136		
1210	无铅	170.637	14.257	10.413	6.50
	有铅	160.224	13.225		

注：（1）PCB焊盘镀层和元件端电极镀层为Sn63/Pb37；
样本数量10个
（2）“差比”是指用无铅焊点的剪切力均值减去有铅焊点剪切力均值而后再除以有铅焊点的剪切力均值，其反映的是每种封装的无铅焊点与有铅焊点的差异程度

表2 片式电容无铅与有铅焊点剪切力数据对比

封装形式	焊料类型	剪切力均值 F/N	均方差 F/N	剪切力差值 F/N	差比/%
0603	无铅	36.026	5.961	9.044	33.52
	有铅	26.982	3.501		
0805	无铅	61.776	15.305	15.856	34.53
	有铅	45.920	8.136		
1206	无铅	75.543	7.226	5.564	7.95
	有铅	69.979	7.161		
1210	无铅	170.084	19.863	16.110	10.46
	有铅	153.974	19.697		

注：（1）PCB焊盘镀层、元件端电极镀层为Sn63/Pb37；样本数量10个
（2）“差比”是指用无铅焊点的剪切力均值减去有铅焊点剪切力均值而后再除以有铅焊点的剪切力均值，其反映的是每种封装的无铅焊点与有铅焊点的差异程度

由于焊接不当和操作方法不当等原因，试验中会出现一些不太准确的曲线如双峰曲线、缓峰曲线、峰值过小曲线和峰值过大曲线等。造成此类问题的原因主要为：

a) 双峰曲线是指试验曲线包含两个峰值，且两峰值相差不大。造成双峰的主要原因为器件焊接时稍有偏斜，在剪切试验过程中一个焊点先断裂，另一个焊点后断裂；

b) 缓峰曲线是指剪切力上升斜率明显较其它曲线缓慢。出现此问题的主要原因在于用工装固定印制电路板时，固定不够牢固，导致在试验过程中印制电路板侧滑；

c) 峰值过小是指该曲线峰值明显小于其它曲线峰值。出现此问题的原因一般为试验过程中卡具头部从

阻容器件侧面滑过;

d) 峰值过大是指该曲线峰值明显大于其它曲线峰值。出现此问题的原因一般为卡具头部贴板滑动, 将印制电路板焊盘剥离。

上述情况会对试验数据的分析造成不良影响, 在做好试验记录的基础上, 应根据实际情况将试验中的坏点合理剔除。

5 结束语

这项实验是对常见的0603、0805、1206和1210等四种封装的片式阻容元件的无铅与有铅焊点的剪切力性能进行了比较研究, 得到了相应的剪切力数据。后续还需要进行大量的实验工作, 比如开展其它PCB焊盘镀层、元件焊端镀层以及施加热负荷和力学负荷后无铅与有铅焊点的剪切性能比较研究。这些比较研究工作将对“无铅”的进一步推广起到积极的借鉴作

用。

参考文献:

- [1] 邵志和. 无铅工艺和有铅工艺[J]. 电子工艺技术, 2009,30(4): 206-209.
- [2] 杨光育,徐欣,董义. 无铅合金与锡铅合金性能对比分析[J]. 电子工艺技术,2008, 29(6): 328-330.
- [3] 毛书勤,文大化. 军用电子产品无铅焊接工艺[J]. 电子工艺技术,2008,29(4):212-215.
- [4] 方园,符永高,王玲等. 微电子封装无铅焊点的可靠性研究进展及评述[J]. 电子工艺技术,2010,31(2):72-76.
- [5] 徐龙会,蒋廷彪,杜超. 片式电阻混合焊点热循环负载可靠性研究[J]. 电子元件与材料,2007,26(8):67-70
- [6] 潘建军,于新泉,龙伟民等. 新型无铅焊料的研制[J]. 电子工艺技术,2007,28(3):139-141

收稿日期: 2010-06-12

(上接208页)

以通过X-射线检测, 倾转一定的观测角度, 直到避开高铅柱列的阻挡, 可以观察SnPb共晶焊点部分。

可接受的情况是:

a) 柱列与顶部器件端和底部PCB焊盘均焊接良好, 有圆角形成, 圆角围绕柱列四周至少占75%;

b) 柱列无缺失和无偏斜短接;

c) 助焊剂残渣或金属多余物(如锡珠)造成的两个相邻I/O焊盘间隙减少应小于50%;

d) 焊点内最大气孔直径小于0.15 mm, 且气孔总面积小于焊点总面积的25%。

(3) 电性能测试: 完成正常CCGA器件的电性能测试需完成相应电子单元的焊接, 较为复杂。一般对测试片通过菊花链进行通断电性能测试, 如有问题, 可确定其具体位置, 分析原因, 优化设置。

(4) 金相分析: 如通过无损检验环节, 必要时还需要进行破坏性金相剖切, 分析界面的冶金结合情况。

可接受的情况是:

a) 如果焊柱连接界面存在裂纹, 则裂纹穿过焊柱本体深度小于0.076 mm;

b) 如果器件表面出现裂纹或滑痕, 裂纹或滑痕扩展入封装体的深度不能超过封装外壳的25%。

4 总结

CCGA封装以其高封装密度和高可靠性在军事及航空航天电子设备制造方面得到广泛应用, 本文针对CCGA器件的结构形式、PCB焊盘设计及其在组装工艺过程中应当注意的问题进行了分析和总结, 为相关研究提供了参考。

参考文献:

- [1] 况延香,朱颂春. 微电子封装技术[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2003:1-10.
- [2] 况延香,马莒生. 迈向新世纪的微电子封装技术[J]. 电子工艺技术;2000,21(1):53-58.
- [3] 王文利. CCGA器件的可靠性返修[J]. 电子工艺技术, 2004,25(4):154-155.
- [4] 杨红云. 细间距陶瓷封装柱状阵列件组装工艺[J]. 电子工艺技术,2007,28(4):221-223.
- [5] 张成敬,王春青. 陶瓷阵列封装的两种形式及其接口可靠性[J]. 电子工业专用设备,2006,35(8):10-17.
- [6] 黄春跃,周德俭,李春泉. CCGA焊点热循环加载条件下应力应变有限元分析[J]. 桂林电子工业学院学报, 2001,21(3): 22-28.
- [7] Reza Ghaffarian. CCGA packages for space applications[J]. Microelectronics Reliability, 2006, 46: 2006-2024.
- [8] IPC Association Connecting Electronics Industries IPC-7095-2000 Design and Assembly Process Implementation for BGAs[S], 2000:1-80.

收稿日期: 2010-06-15