

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.03.014

BGA 焊接可靠性分析及工艺改进

赵国玉, 廖华冲, 朱文兵

(中国兵器工业第五八研究所 产品制造部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 结合实际工作中的体会和经验, 就 BGA 焊点接收标准、缺陷表现及可靠性等问题展开论述, 特别对焊接中出现空洞的原因和空洞形成机理进行分析和归纳, 并提出一些改善 BGA 焊点质量的建议。结果表明, 其归纳科学、正确, 对研究和从事电子产品焊接技术具有较好的参考作用。

关键词: BGA 焊接; 空洞; SMT

中图分类号: TG44 **文献标识码:** A

Reliability Analysis and Technology Improvement of BGA Welding

ZHAO Guo-yu, LIAO Hua-chong, ZHU Wen-bing

(Dept. of Product Manufacturing, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: Combine the working experience, discuss the BGA welding point qualified standards, bug representation and reliability. Especially analyze and induce the reason and creation of welding inanition. Then, give some suggestions for improving the BGA welding point. The result shows that it is reasonable and right, which will give the reference for researching and working the electronic product welding technology.

Keywords: BGA welding; Inanition; SMT

0 引言

随着电子产品向小型化、便携化、网络化和高性能方向的发展, 对电路组装技术和 I/O 引线数提出了更高的要求, 芯片的体积越来越小, 芯片的管脚越来越多, 给生产和返修带来了困难。原来在 (Surface Mounting Technology) SMT 中广泛使用四边扁平封装 (Quad Flat Package) QFP, 封装间距的极限尺寸停留在 0.3 mm, 这种间距的引线容易弯曲、变形或折断, 对 SMT 组装工艺、设备精度、焊接材料的要求较高, 且组装窄间距细引线的 QFP 缺陷率最高可达 6 000 ppm, 使大范围应用受到制约。近年出现的球栅阵列封装 (Ball Grid Array, BGA) 器件, 由于芯片的管脚分布在封装的底面, 将封装外壳基板原四面引出的引脚变成以面阵布局的 P_b / S_n 凸点引脚, 就可容纳更多的 I/O 数, 且用较大的引脚间距 (如 1.5、1.27 mm) 代替 QFP 的 0.4、0.3 mm 间距, 很容易使用 SMT 与 PCB 上的布线引脚焊接互连, 不仅可以使芯片在与 QFP 相同的封装尺寸下保持更多的封装容量, 又使 I/O 引脚间距较大, 从而大大提高了 SMT 组装的成品率, 缺陷率仅为 0.35 ppm, 方便了生产和返修, 因而 BGA 在电子产品生产领域获得了广泛使用。为提高 BGA 焊接后焊点的质量和可靠性, 就 BGA 焊点的接收

标准、缺陷及可靠性等问题进行研究。

1 BGA 及其焊接工艺简介

按封装材料的不同, BGA 元件主要有 PBGA (塑料封装) 和 CBGA (陶瓷封装)。PBGA 是使用较多的 BGA, 它使用 $63S_n / 37P_b$ 成分的焊锡球, 焊锡的熔化温度约为 183℃。焊锡球直径在焊接前直径为 0.75 mm, 回流焊后, 焊锡球高度减为 0.46~0.41 mm。PBGA 的优点是成本较低, 容易加工, 但由于是塑料封装很容易吸潮, 故普通元件在开封后一般应在 8 h 内使用, 否则由于焊接时迅速升温, 会使芯片内的潮气马上气化导致芯片损坏, 即“苞米花”效应。CBGA 焊球的成分为 $90P_b / 10 S_n$, 它与 PCB 连接处的焊锡成分仍为 $63S_n / 37P_b$, CBGA 的焊锡球高度较 PBGA 高, 因此它的焊锡熔化温度较 PBGA 高, 较 PBGA 更防潮, 且封装的更牢靠。CBGA 芯片底部焊点直径要比 PCB 上的焊盘大, 拆除 CBGA 芯片后, 焊锡不会粘在 PCB 的焊盘上。

2 BGA 焊接质量及检验

BGA 的焊点在晶片的下面, 焊接完成后, 用肉眼难判断焊接质量。在没有检测设备下, 可先目视芯片外圈的塌陷是否一致, 再将晶片对准光线看, 如果每排每列都能透光, 则以初步判断没有连焊。

收稿日期: 2009-10-14; 修回日期: 2009-12-04

作者简介: 赵国玉 (1976-), 男, 四川人, 助理工程师, 从事电装工艺研究。

但用这种方法无法判断里面焊点是否存在其他缺陷或焊点表面是否有空洞。要想更清楚地判断焊点的质量,必须运用 X 光检测仪器。常用的 X 光检测仪器有二维 X 射线直射式照像仪和 X 电路板检测仪。

传统的二维 X 射线直射式照像设备比较便宜,缺点是在 PCB 板两面的所有焊点都同时在一张照片上投影,对于在同一位置两面都有元件的情况下,这些焊锡形成的阴影会重叠起来,分不清是哪个面的元件,如果有缺陷的话,也分不清是哪层的问题,无法满足精确地确定焊接缺陷的要求。

X 电路板检测仪是专门用来检查焊点的 X 射线断层扫描设备,不仅能检查 BGA,而且可以检查 PCB 板上所有封装的焊点。该设备采用的是 X 射线断层照相,通过它可以把锡球分层,产生断层照相效果。X 断层照片能根据 CAD 原始设计资料 and 用户设置参数进行比对,从而能适时得出焊接合格与否的结论。其缺点是价格太昂贵。

2.1 BGA 焊点的接收标准

不管用何设备检查,判断 BGA 焊点的质量是否合格都必须有标准。IPC-A-610C 中 12.2.12 对合格的 BGA 焊点的接收标准定义:焊点光滑、圆润、边界清晰、无空洞,所有焊点的直径、体积、灰度和对比度一样,位置对准,无偏移或扭转,无焊锡球。焊接完成后,判断焊点合格与否优选的方案是满足上面的要求,但实际检验时可稍微放宽标准。如位置对准,允许 BGA 焊点相对于焊盘有不超 25% 的偏移量,对于焊锡球也不是不允许存在,但焊锡球不能大于相邻最近的 2 个焊球间距的 25%。

2.2 BGA 焊接常见缺陷

BGA 焊接常见缺陷:锡桥、开路、焊球缺失、空洞、大焊锡球和焊点边缘模糊。空洞并不是 BGA 独有的,在表面贴装及通孔插装元件的焊点通常都可通过目视看到空洞,而不用 X 射线检查。但在 BGA 焊接中,由于焊点隐藏在封装的下面,只有使用 X 射线才能检查到这些焊点是否有空洞。甚至认为空洞对可靠性有利。IPC-7095 委员会认为有些尺寸非常小、不能完全消除的空洞可能对于可靠性有好处,但是多大的尺寸应该有一个界定的标准。空洞对 BGA 的可靠性是否有负面影响尚存在争议。

3 空洞形成机理

BGA 的焊球包括元件层(靠近 BGA 元件的基板)、焊盘层(靠近 PCB 的基板)和中间层。根据

不同的情况,空洞可发生在这 3 个层中的任何层。BGA 焊球中可能在焊接前就带有空洞,这样在回流焊过程完成后就形成了空洞,这可能是由于焊球制作中引入了空洞,或是 PCB 表面涂敷的焊膏材料问题导致的。另外,PCB 的设计也是形成空洞的主要原因。例如,把过孔设计在焊盘的下面,在焊接的过程中,外界的空气通过过孔进入熔融状态的焊球,焊接完成冷却后焊球中就会留下空洞。焊盘层中出现的空洞可能是由于焊盘上面印刷的焊膏中的助焊剂在回流焊过程中挥发,气体从熔化的焊料中逸出,冷却后就形成了空洞。焊盘的镀金层不好或焊盘表面有污染物都会引起空洞的产生。通常发现空洞机率最多的位置是在元件层,即焊球的中央到 BGA 基板之间的部分。这可能是因为 PCB 上面 BGA 的焊盘在回流焊接的过程中,存在空气气泡和挥发的助焊剂气体,当 BGA 的共晶焊球与所施加的焊膏在回流焊过程中融为一体时形成空洞。如果再回流焊温度曲线在回流区时间不够长,空气气泡和挥发的助焊剂气体来不及逸出,熔融的焊料已经进入冷却区变为固态,便形成了空洞。所以,回流焊温度曲线设定是空洞形成的重要原因。

4 提高 BGA 焊接可靠性的工艺改进建议

1) 电路板、芯片预热,去除潮气,对塑胶封装的 BGA 要在焊接前以 100℃ 烘烤 6~8 h。

2) 清洁焊盘,将留在 PCB 表面的助焊剂、焊锡膏清理掉。

3) 涂焊锡膏、助焊剂必须使用新鲜的辅料,涂抹均匀,焊膏必须搅拌均匀,焊膏黏度和涂抹的焊膏量必须适当,才能保证焊料熔化过程中不连焊。

4) 贴片时必须使 BGA 芯片上的每一个焊锡球与 PCB 上每一个对应的焊点对正。

5) 通常制作 BGA 网板时,BGA 焊点的开孔尺寸通常为焊盘尺寸的 70%~80%,网板厚度通常为 0.15 mm(6 mil)。

6) 在回流焊过程中,要正确选择各区的加热温度和时间,同时应注意升温的速度。一般,在 100℃ 前,最大的升温速度不超过 6℃/s,100℃ 以后最大的升温速度不超过 3℃/s,在冷却区,最大的冷却速度不超过 6℃/s。因为过高的升温和降温速度都可能损坏 PCB 和芯片,这种损坏有时是肉眼不能观察到的。同时,对不同的芯片、不同的焊锡膏,应选择不同的加热温度和时间,如 CBGA 芯片的回流温度应高于 PBGA 的回流温度,90P_b/10S_n 应较 63S_n/37 P_b

焊锡膏选用更高的回流温度。对免洗焊膏, 其活性低于非免洗焊膏, 因此, 焊接温度不宜过高, 焊接时间不宜过长, 以防止焊锡颗粒的氧化。

7) 在进行 PCB 设计时, PCB 上 BGA 的所有焊点的焊盘应设计成一样大, 如果某些过孔必须设计到焊盘下面, 也应当找合适的 PCB 厂家, 确保所有焊盘大小一致, 焊盘上焊锡一样多, 高度一致。

5 结束语

BGA 作为一个多引脚集成电路的新封装形式, 其贴装、焊接与检测在 SMT 技术领域中还都是新

课题, 随着进一步的深入研究, 其成果必将会使 SMT 进入一个新的阶段。

参考文献:

- [1] 韩满林, 赵雄明. BGA 返修工艺[J]. 电子工艺技术, 2007, 28(4): 14-16
- [2] 王文利, 梁永生. BGA 空洞形成的机理及对焊点可靠性的影响[J]. 电子工艺技术, 2007, 28(3): 62-64.
- [3] IPC-国际电子工业联接协会. IPC-A-610C 印制板组零件验收条件[S]. 美国: IPC 协会, 2000.
- [4] IPC-国际电子工业联接协会. IPC-7095 球栅阵列的设计与组装过程的实现[S]. 美国: IPC 协会, 1999.

(上接第 34 页)

3.2.1 BP 神经网络设计

BP 神经网络是预测中应用较广泛的网络形式, 根据其设计的网络, 一般的预测问题可通过单隐层 BP 网络实现。根据仿真样本知: 备件需求的影响因素有 5 个, 故 BP 网络设计的输入节点数为 5; 输出为备件预测值, 输出节点数为 1。根据 Kolmogorov 定理可知, 中间层神经元的数值应设为 $2n+1$ (n 为网络输入节点数), 因此, 中间隐层节点设为 11。

根据样本数据, 选择其中的 32 组作为样本数据对网络进行训练, 其余的 8 组作为检验样本。网络的误差性能设计指标为 10^{-4} 级, 利用 Matlab 神经网络工具箱中的 newff 函数构建神经网络, 训练函数为 trainlm 算法, 它采用 Levenberg-Marquardt 算法进行网络学习, 训练精度高。

3.2.2 仿真运行

经过学习样本对网络进行训练, 如图 2, 当网络训练到 15 步时就已达到预期要求, 但网络要达到实际应用的目的还需要运用检验数据检验。经过对 8 组数据的预测值和实际值的比较, 误差如图 3。

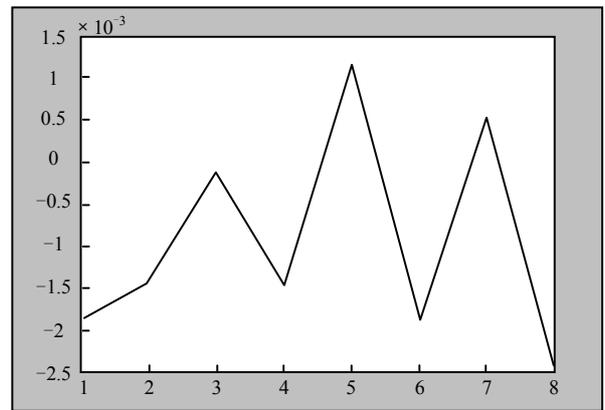


图 3 检验数据误差图

由图 3 可知, 横轴为 8 个检测点, 纵轴为预测值与真实值的误差, 单位为 (个)。结果表明: 网络对 8 个检测数据的预测值很真实值间的误差在 10^{-3} 级别, 数据在反归一化之后也达到足够精确的要求。

4 结论

经过验证, 该算法适用于部队驻训期间装备备件精确保障的要求, 能提高备件需求的预测精度和保障效率, 可为保障人员提供科学的决策信息。。

参考文献:

- [1] 徐军凯, 李勇, 梁宇, 等. 应用 RBF 网络的导弹研制费用预测[J]. 兵工自动化, 2007, 26(5): 55-59.
- [2] 葛哲学, 孙志强. 神经网络理论与 MATLABR2007 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 270-277.
- [3] 阎平凡, 张长水. 神经网络和模拟进化计算[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [4] 裴帅, 王铁宁, 陈春良. 基于 BP 神经网络的装备器材需求预测模型[J]. 装甲兵工程学院学报, 2008, 22(3): 26-28.
- [5] A. Azadeh and Behshtipour. The effect of neural network parameters on the performance of neural network forecasting[J]. The IEEE International Conference on Industries DCC, 2008 (6): 1498-1512.

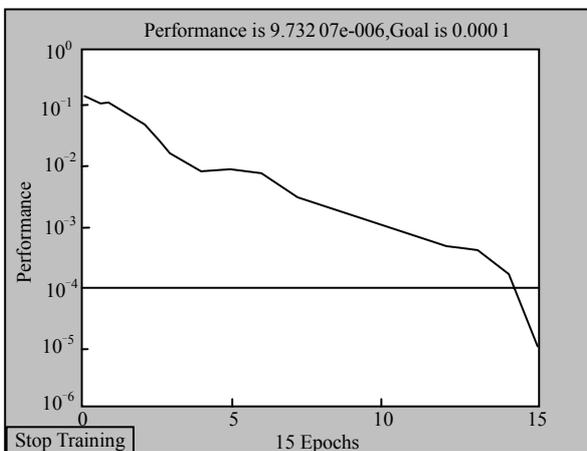


图 2 训练收敛情况图