BGA 封装技术及其返修工艺

随着电子产品向小型化、便携化、网络化和高性能方向发展，对电路组装技术和 I/O 引线数提出了更高的要求，芯片体积越来越小，芯片引脚越来越多，给生产和返修带来困难。原来 SMT 中广泛使用的 QFP (四边扁平封装)，封装间距的极限尺寸停留在 0.3mm，这种间距引线容易弯曲、变形或折断，相应地对 SMT 组装工艺、设备精度、焊接材料提出严格的要求，即使如此，组装小间距细引线的 QFP，缺陷率仍相当高，最高可达 6000ppm，使大范围应用受到制约。近年出现的 BGA (Ball Grid Array 球栅阵列封装器件)，由于芯片引脚不是分布在芯片的周围而是在封装的底面，实际是将封装外壳基板原四面引出的引脚变成以面阵布局的 pb/sn 凸点引脚，这就可以容纳更多的 I/O 数，且可以较大的引脚间距如 1.5、1.27mm 代替 QFP 的 0.4、0.3mm，很容易使用 SMT 与 PCB 上的布线引脚焊接互连，因此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 0.3 ~ 5ppm，方便了生产和返修，因而 BGA 封装技术在电子产品生产领域获得了广泛使用。

随着引脚数增加，对于精细引脚在装配过程中出现的桥连、漏焊、缺焊等缺陷，利用手工工具很难进行修理，需用专门的返修设备并根据一定的返修工艺来完成。

按封装材料的不同，BGA 元件主要有以下几种：

- PBGA (plastic BGA, 塑料封装的 BGA) ；
- CBGA (ceramic BGA, 陶瓷封装的 BGA) ；
- CCBGA (ceramic column BGA, 陶瓷柱状封装的 BGA) ；
- TBGA (tape BGA, 载带状封装的 BGA) ；
- CSP (Chip Scale Package 或 mBGA) 。

PBGA 是目前使用较多的 BGA，它使用 63Sn/37Pb 成分的焊锡球，焊锡的熔化温度约为 183℃。焊锡球在焊接前直径为 0.75mm，回流焊以后，焊锡球高度减为 0.46 ~ 0.41mm。PBGA 的优点是成本较低，容易加工；不过应该注意，由于塑料封装，容易吸潮，所以对于普通的元件，在开封后一般应该在 8 小时内使用，否则由于焊接时的迅速升温，会使芯片内的潮气马上汽化导致芯片损坏，有人称此为“苞米花”效应。按照 JEDEC 的建议，PBGA 芯片在拆封后必须使用的期限由芯片的敏感性等级决定(见表 1)。

CBGA 焊球的成分为 90Pb/10Sn(它与 PCB 连接处的焊锡成分仍为 63Sn/37Pb),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 不容易吸潮,且封装更牢靠。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,见表 2。

CCBGA 焊锡柱直径为 0.51mm,柱高度为 2.2mm,焊锡柱间距一般为 1.27mm,焊锡柱的成分是 90Pb/10Sn。

TBGA 焊锡球直径为 0.76mm,球间距为 1.27mm。与 CBGA 相比,TBGA 对环境温度要求控制严格,因芯片受热时,热张力集中在 4 个角,焊接时容易有缺陷。

CSP 芯片的封装尺寸仅略大于裸芯片尺寸(不超过 20%) 这是 CSP 与 BGA 的主要区别。CSP 较 BGA,除了体积小外,还有更短的导电通路、更低的电抗性,更容易达到频率为 500 ~ 600MHz 的范围。

我们可以从以下同为 304 引脚的 QFP 与 BGA 芯片的比较看出 BGA 的优点:

概括起来,和 QFP 相比,BGA 的特性主要有:

1. I / O 引线间距大(如 1.0, 1.27, 1.5mm),可容纳的 I/O 数目大(如 1.27mm 间距的 BGA 在 25mm 边长的面积上可容纳 350 个 I/O,而 0.5mm 间距的 QFP 在 40mm 边长的面积上只容纳 304 个 I/O)。
 2. 封装可靠性高(不会损坏引脚),焊点缺陷率低(<1ppm/焊点),焊点牢固。
 3. QFP 芯片的对中通常由操作人员用肉眼来观察,当引脚间距小于 0.4mm 时,对中与焊接十分困难。而 BGA 芯片的脚间距较大,借助对中放大系统,对中与焊接都不困难。
 4. 容易对大尺寸电路板加工丝网板。
 5. 引脚水平面同一性较 QFP 容易保证,因为焊锡球在融化以后可以自动补偿芯片与 PCB 之间的平面误差。
 6. 回流焊时,焊点之间的张力产生良好的自对中效果,允许有 50% 的贴片精度误差。
 7. 有较好的电特性,由于引线短,导线的自感和导线间的互感很低,频率特性好。
 8. 能与原有的 SMT 贴装工艺和设备兼容,原有的丝印机,贴片机和回流焊设备都可使用。
- 当然,BGA 也有缺点,主要是芯片焊接后需 X 射线检验,另外由于引脚呈球状栏栅状排列,需多层电路板布线,使电路板制造成本增加。

大多数半导体器件的耐热温度为 240~2600℃，对于 BGA 返修系统来说，加热温度和均匀性的控制非常重要。美国 OK 集团的热风回流焊接及返修系统 BGA-3592-G/CSP-3502-G 和日本 M.S.Engineering Co.,Ltd. 的 MS 系列返修工作站很好的解决了这个问题。

本文以美国 OK 集团的热风回流焊接及返修系统 BGA-3592-G 为例，简要说明 BGA 的返修工艺：

电路板、芯片预热的主要目的是将潮气去除，如果电路板和芯片内的潮气很小（如芯片刚拆封），这一步可以免除。

拆除的芯片如果不打算重新使用，而且 PCB 可承受高温，拆除芯片可采用较高的温度（较短的加热周期）。

清洁焊盘主要是将拆除芯片后留在 PCB 表面的助焊剂、焊锡膏清理掉，必须使用符合要求的清洗剂。为了保证 BGA 的焊接可靠性，一般不能使用焊盘上旧的残留焊锡膏，必须除掉，除非芯片上重新形成 BGA 焊锡球。由于 BGA 芯片体积小，特别是 CSP 或 mBGA，芯片体积更小，清洁焊盘比较困难，所以在返修 CSP 芯片时，如果 CSP 周围空间很小，就需使用免清洗焊剂。

在 PCB 上涂焊锡膏对于 BGA 的返修结果有重要影响。通过选用与芯片相符的模板，可以很方便地将焊锡膏涂在电路板上。用 OK 集团的 BGA-3592-G 设备微型光学对中系统可以方便地检验焊锡膏是否涂匀。处理 CSP 芯片，有 3 种焊锡膏可以选择：RMA 焊锡膏，非清洗焊锡膏，水剂焊锡膏。使用 RMA 焊锡膏，回流时间可略长些，使用非清洗焊锡膏，回流温度应选的低些。

贴片的主要目的是使 BGA 芯片上的每一个焊锡球与 PCB 上每一个对应的焊点对正。由于 BGA 芯片的焊点位于肉眼不能观测到的部位，所以必须使用专门设备来对中。BGA-3592-G 可进行精确的对中。

热风回流焊是整个返修工艺的关键。其中有几个问题比较重要：

1、芯片返修回流焊的曲线应当与芯片的原始焊接曲线接近，热风回流焊曲线可分成四个区间：预热区，加热区，回流区，冷却区，四个区间的温度、时间参数可以分别设定，通过与计算机连接，可以将这些程序存储和随时调用。

2、在回流焊过程中要正确选择各区的加热温度和时间，同时应注意升温速度。一般在 100℃ 以前，最大升温速度不超过 6℃/s，100℃ 以后最大升温速度不超过 3℃/s，在冷却区，最大冷却速度不超过 6℃/s。因为过高的升温速度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。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，90Pb/10Sn 应较 63Sn/37Pb 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。

3、热风回流焊中，PCB 板的底部必须能够加热。加热有两个目的：避免由于 PCB 板单面受热而产生翘曲和变形；使焊锡膏溶化时间缩短。对大尺寸板返修 BGA，底部加热尤其重要。BGA-3592-G 返修设备的底部加热方式有两种，一种是热风加热，一种是红外加热。热风加热的优点是加热均匀，一般返修工艺建议采用这种加热。红外加热的缺点是 PCB 受热不均匀。

4、要选择好的热风回流喷嘴。热风回流喷嘴属于非接触式加热，加热时依靠高温空气流使 BGA 芯片上各焊点的焊锡同时溶化。美国 OK 集团首先发明这种喷嘴，它将 BGA 元件密封，保证在整个回流过程中有稳定的温度环境，同时可保护相邻元件不被对流热空气加热损坏(如图 1 所示)。

在电子产品尤其是电脑与通信类电子产品的生产领域，半导体器件向微型化、多功能化、绿色化发展，各种封装技术不断涌现，BGA/CSP 是当今封装技术的主流。其优势在于进一步缩小半导体器件的封装尺寸，因而提高了高密度贴装技术水平，十分适合电子产品轻、薄、短、小及功能多样化的发展方向。

为满足迅速增长的对 BGA 封装技术电路板组装需求和生产者对丝网印刷、对中贴片和焊接过程控制精度的要求，提高 BGA 的组装焊接及返修质量，需选择更安全、更快、更便捷的组装与返修设备及工艺。

转载自：电子产品世界