

倒装键合（Flip Chip）工艺及设备解决方案

前言：倒装芯片在产品成本、性能及满足高密度封装等方面体现出优势，它的应用也渐渐成为主流。由于倒装芯片的尺寸小，要保证高精度高产量高重复性，这给我们传统的设备及工艺带来了挑战。

器件的小型化高密度封装形式越来越多，如多模块封装（MCM）、系统封装（SiP）、倒装芯片（FC=Flip-Chip）等应用得越来越多。这些技术的出现更加模糊了一级封装与二级装配之间的界线。毋庸置疑，随着小型化高密度封装的出现，对高速与高精度装配的要求变得更加关键，相关的组装设备和工艺也更具先进性与高灵活性。

由于倒装芯片比BGA或CSP具有更小的外形尺寸、更小的球径和球间距，它对植球工艺、基板技术、材料的兼容性、制造工艺，以及检查设备和方法提出了前所未有的挑战。

一. 倒装芯片焊接的概念

倒装芯片焊接（Flip-chip Bonding）技术是一种新兴的微电子封装技术，它将工作面（有源区面）上制有凸点电极的芯片朝下，与基板布线层直接键合。一般来说，这类器件具备以下特点：

1. 基材是硅；
2. 电气面及焊凸在器件下表面；
3. 球间距一般为 4-14mil、球径为 2.5-8mil、外形尺寸为 1 - 27mm；
4. 组装在基板上后需要做底部填充。

其实，倒装芯片之所以被称为“倒装”，是相对于传统的金属线键合连接方式（Wire Bonding）与植球后的工艺而言的。传统的通过

金属线键合与基板连接的芯片电气面朝上（图 1），而倒装芯片的电气面朝下（图 2），相当于将前者翻转过来，故称其为“倒装芯片”。在圆片（Wafer）上芯片植完球后（图 3），需要将其翻转，送入贴片机以便于贴装，也由于这一翻转过程而被称为“倒装芯片”。



图 1



图 2

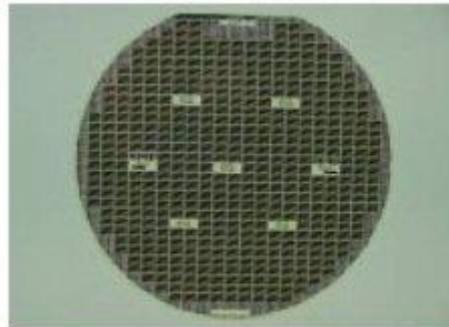


图3: 圆片 (Wafer) 上的Flip Chip

图 3

倒装芯片在 1964 年开始出现，1969 年由 IBM 发明了倒装芯片的 C4 工艺（Controlled Collapse Chip Connection 可控坍塌芯片联接）。过去只是比较少量的特殊应用，近几年倒装芯片已经成为高性能封装的互连方法，它的应用得到比较广泛快速的发展。目前倒装芯片主要应用在 Wi-Fi、SiP、MCM、图像传感器、微处理器、硬盘驱动器、医用传感器，以及 RFID 等方面（图 4）。

图4：倒装芯片发展历史

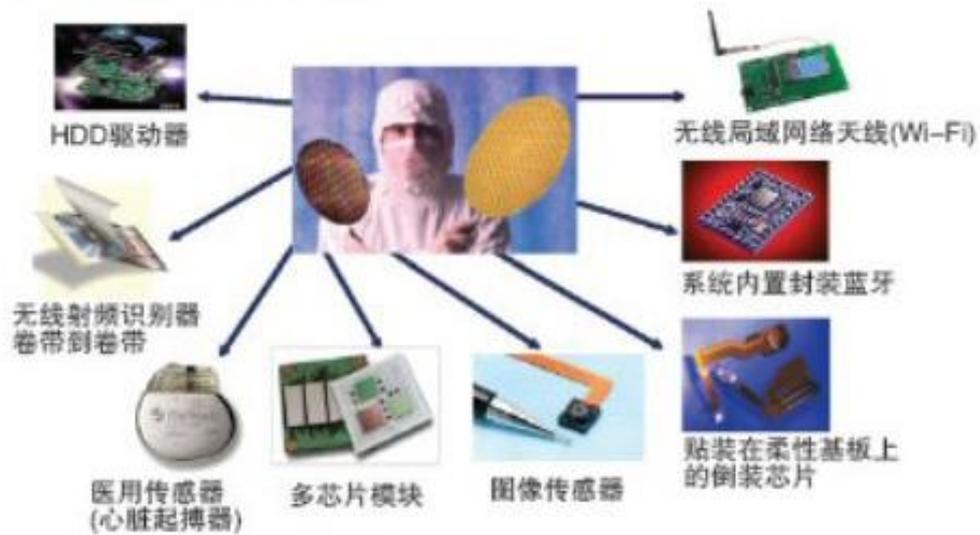


图 4

二. 倒装芯片焊接的特点

与传统的引线键合技术（Wire Bonding）相比,倒装芯片焊接技术键合焊区的凸点电极不仅仅沿芯片四周边缘分布,而是可以通过再布线实现面阵分布。因而倒装芯片焊接技术具有如下优点:

- (1) 尺寸小、薄,重量更轻;
- (2) 密度更高,使用倒装焊技术能增加单位面积内的 I/O 数量;
- (3) 性能提高,短的互连减小了电感、电阻以及电容,信号完整性、频率特性更好;
- (4) 散热能力提高,倒装芯片没有塑封体,芯片背面可用散热片等进行有效的冷却,使电路的可靠性得到提高;
- (5) 倒装凸点等制备基本以圆片、芯片为单位,较单根引线为单位的引线键合互连来讲,生产效率高,降低了批量封装的成本。

三. 倒装芯片焊接的工艺流程

倒装芯片焊接的一般工艺流程为

- (1) 芯片上凸点制作；
- (2) 拾取芯片；
- (3) 印刷焊膏或导电胶；
- (4) 倒装焊接（贴放芯片）；
- (5) 再流焊或热固化(或紫外固化)；
- (6) 下填充。如图五。

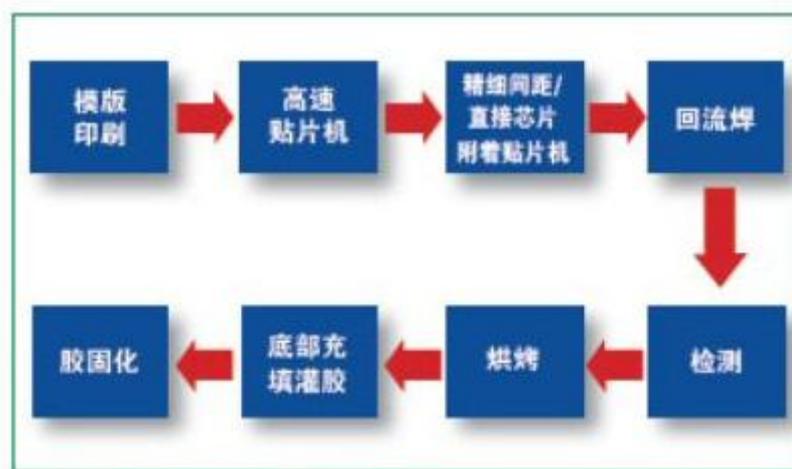


图 5 倒装芯片焊接混合工艺流程

四. 倒装芯片焊接的关键技术

芯片上制作凸点和芯片倒装焊工艺是推广倒装芯片焊接的技术关键。

- (1) 凸点制作

凸点制作工艺很多,如蒸发/溅射法、焊膏印刷-回流法、电镀法、电镀法、钉头法、置球凸点法（SB2-Jet）等。各种凸点制作工

艺各有其特点，关键是要保证凸点的一致性。特别是随着芯片引脚数的增多以及对芯片尺寸缩小要求的提高，凸点尺寸及其间距越来越小，制作凸点时又不能损伤脆弱的芯片。

现在主流应用的凸点制作方法是印刷/转写—搭载—回流法。该方法是通过网板印刷或针转写的方式把助焊剂涂到芯片表面后，通过搭载头把锡球放置到涂有助焊剂得焊点上，再进入回转炉固化。

(2) 倒装焊

倒装技术主要有熔焊、热压焊、超声焊、胶粘连接等。现在应用较多的有热压焊和超声焊。

热压焊接工艺要求在把芯片贴放到基板上时，同时加压加热。该方法的优点是工艺简单，工艺温度低，无需使用焊剂，可以实现细间距连接；缺点是热压压力较大，仅适用于刚性基底(如氧化铝或硅)，基板必须保证高的平整度，热压头也要有高的平行度。为避免半导体材料受到不必要的损害，设备施加压力要有精确的梯度控制能力。

(注：上海微松的设备针对此科目，有可编程控制的梯度设计能力)

超声热压焊是将超声波应用在热压连接中，使焊接过程更加快速。超声波的引入使连接材料迅速软化，易于实现塑性变形。热超声的优点是可以降低连接温度，缩短加工处理的时间。缺点是可能在硅片上形成小的凹坑，主要是由于超声震动过强造成的。该方法主要用于金凸点、镀金焊盘的组合。

五. 上海微松公司提供的倒封装相关设备

(一) 全自动/半自动植球机 (Ball Attachment)

以半自动为例，针对手动上料的基板，用图像处理系统进行定位，用针转写的方式涂助焊剂，然后把球搭载在基板的相应位置。

(1) 手动把基板放到基板放料台上。基板用真空吸着固定后，图像处理系统的镜头移动，对基板的位置进行认识。

(2) 根据图像处理系统的认识数据进行助焊剂的转写。

(3) 通过供球转动机构，将球均匀地放置在预埋治具单元上，搭载头到预埋治具单元中采用真空方式吸取球。

(4) 对吸着后是否多球、少球进行检查。

(5) 根据图像处理系统的认识数据进行位置补正，植球。通过精确控制的压力和位置以及加振动作，保证球准确安定的搭载到基板上。

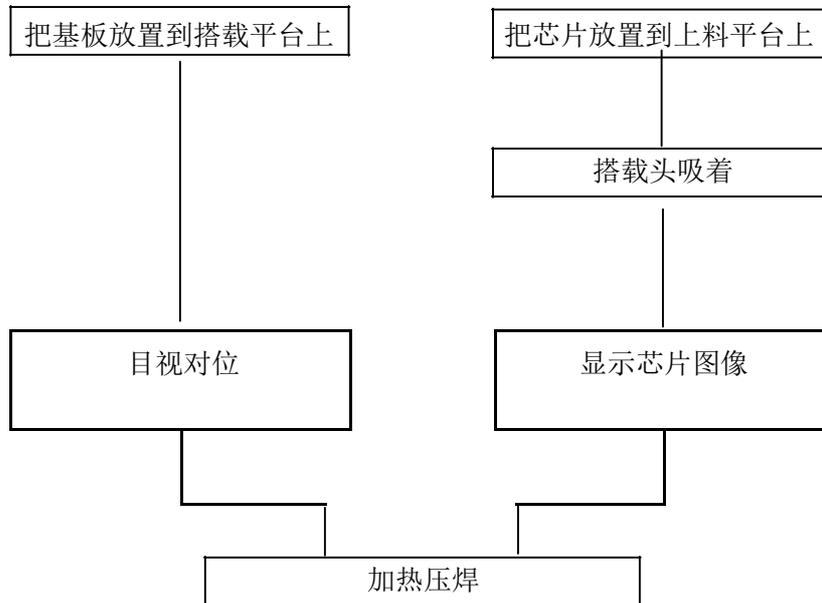
(6) 植球结束，通知操作人员手动取下基板。

主要技术规格：

指标名称	指标
基板尺寸	30-100W×150-300L (mm)
基板厚度	0.1-5.0 (mm)
最小端子间距	0.5(mm)
最大植球区域	80W×260L (mm)
一次植球数量	40000 个
锡球直径	Φ0.2mm-Φ1.0mm
良率	大于 99.9%
植球精度	±0.025 (mm)

(二) 半自动倒装焊机 (Flip-Chip Bonder)

半自动型低成本倒装焊机，通过人眼把搭载平台上放置的基板的标志点与搭载头吸着的芯片的标志点对齐后，通过热压着的方式键合。



特点:

TechSearch International Inc 对市场容量的预计，焊球凸点倒装芯片的年复合增长率（CAGR）将达到 31%。

倒装芯片应用的直接驱动力来自于其优良的电气性能，以及市场对终端产品尺寸和成本的要求。在功率及电信号的分配，降低信号噪声方面表现出色，同时又能满足高密度封装或装配的要求。可以预见，其应用会越来越广泛。

相对于其它的 IC 器件，如 BGA、CSP 等，倒装芯片装配工艺有其特殊性，该工艺引入了助焊剂工艺和底部填充工艺。因为助焊剂残留物（对可靠性的影响）及桥连的危险，将倒装芯片贴装于锡膏上不是一种可采用的装配方法。业内推出了无需清洁的助焊剂，芯片浸蘸助焊剂工艺成为广泛使用的助焊技术。目前主要的替代方法是使用免洗助焊剂，将器件浸蘸在助焊剂薄膜里让器件焊球蘸取一定量的助焊剂，再将器件贴装在基板上，然后回流焊接；或者将助焊剂预先施加在基板上，再贴装器件与回流焊接。助焊剂在回流之前起到固定器件的作用，回流过程中起到润湿焊接表面增强可焊性的作用。

倒装芯片焊接完成后，需要在器件底部和基板之间填充一种胶（一般为环氧树脂材料）。底部填充分为“毛细流动原理”的流动性和非流动性（No-follow）底部填充。

上述倒装芯片组装工艺是针对 C4 器件（器件焊凸材料为 SnPb、SnAg、SnCu 或 SnAgCu）而言。另外一种工艺是利用各向异性导电胶（ACF）来装配倒装芯片。预先在基板上施加异性导电胶，贴片头用较高压力将器件贴装在基板上，同时对器件加热，使导电胶固化。该工艺要求贴片机具有非常高的精度，同时贴片头具有大压力及加热功

能。对于非 C4 器件（其焊凸材料为 Au 或其它）的装配，趋向采用此工艺。

随着时间推移，高性能芯片的尺寸不断增大，焊凸（Solder Bump）数量不断提高，基板变得越来越薄，为了提高产品可靠性底部填充成为必须。

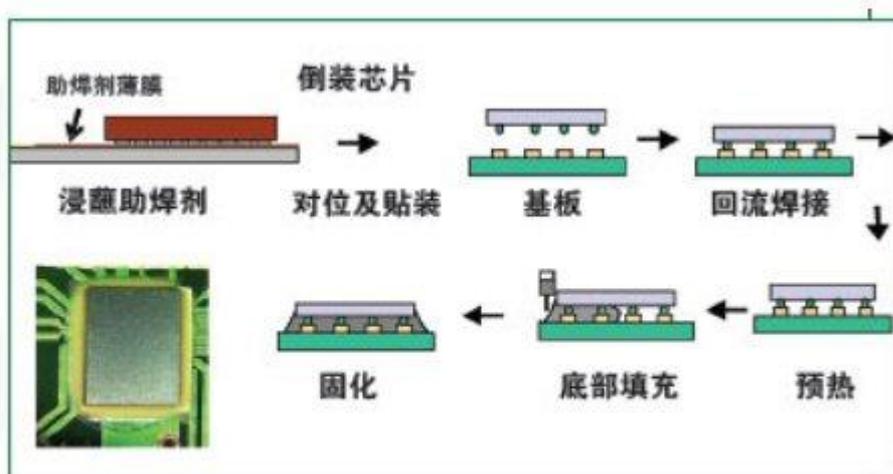


图7：倒装芯片装配工艺流程（助焊剂浸蘸与流动性底部填充）

图 7



图8：倒装芯片装配工艺流程（非流动性底部填充）

图 8

表1. 倒装芯片的焊凸材料及其与基板连接方式

材料	芯片附着	焊凸层积方式	于基板的连接
焊料合金 95% Pb / 5% Sn 锡铅共晶 无铅	需要UBM	蒸发 电镀 丝网印刷 熔融焊锡	回流焊接
凸金焊球	需要UBM	电镀	金与金间的热压处理
凸金嵌块	金属打线 毋需UBM	金属打线 与切割	导电胶 固化
导电胶	需要UBM	丝网印刷,点胶	固化

贴装技术的两个要点：

(1) 对贴装压力控制的要求

考虑到倒装芯片基材是比较脆的硅，若在取料、助焊剂浸蘸过程中施以较大的压力容易将其压裂，同时细小的焊凸在此过程中也容易压变形，所以尽量使用比较低的贴装压力。一般要求在 150g 左右。对于超薄形芯片，如 0.3mm，有时甚至要求贴装压力控制在 35g。

(2) 对贴装精度及稳定性的要求

对于球间距小到 0.1mm 的器件，需要怎样的贴装精度才能达到较高的良率？基板的翘曲变形，阻焊膜窗口的尺寸和位置偏差，以及机器的精度等，都会影响到最终的贴装精度。