

文章编号:1001-5078(2013)09-1048-03

· 红外材料与器件 ·

# 超大规模红外器件混成互连的新设备与新方法

谢 珩, 张毓捷, 王宪谋  
(华北光电技术研究所, 北京 100015)

**摘 要:**介绍了红外探测器与读出电路倒装互连工艺过程,详细对比倒装焊接机 FC150 和 FC300 的主要技术参数和功能,着重讨论了 FC300 新增加的自适应调平系统和干涉仪系统。回顾了法国 LETI 实验室应用自适应调平系统进行的  $2K \times 2K$  超大规模红外器件混成实验和干涉仪系统在超大规模红外器件倒装互连方面的应用。

**关键词:**倒装互连;FC300;自适应调平系统;干涉仪系统

**中图分类号:**TN214 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2013.09.19

## New flip chip equipment and its application for large IRFPAs interconnection

XIE Heng, ZHANG Yu-jie, WANG Xian-mou  
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

**Abstract:** The flip chip process of IRFPAs is introduced and the major parameters of FC300&FC150 are compared. In contrast with FC150, FC300 have higher accuracy and more functions.  $2K \times 2K$  large format IRFPAs interconnection experiments made by using selflevelling in LETI lab and interferometer system in large IRFPAs applications are reviewed.

**Key words:** flip chip; FC300; selflevelling; interferometer

### 1 倒装焊原理和互连过程

#### 1.1 倒装焊原理及功能<sup>[1]</sup>

倒装芯片是将芯片的有源面(具有表面键合压点)面向基座的粘贴封装技术(即把芯片反转,将有源面向下放置——这就是称为“倒装”的原因)。这是目前从芯片器件到基座之间最短路径的一种封装设计,为高速信号提供了良好的电连接。由于它不使用引线框架或塑料管壳,所以重量和外形尺寸都有所减小。倒装焊机使用对准键合工具吸住芯片,利用自对准显示系统将芯片放在基座上,芯片的焊料凸点被定位在相应的基座接触点,用加热加压的方法引起焊料回流并形成基座和芯片之间的电学和物理连接。与其他互连技术相比,倒装芯片互连技术有一些独特的优点:有可靠的电学性质,因连接线短,寄生阻抗低,具有良好的抗电磁干扰能力;在实现电互连的同时

也起到了机械连接作用,具有很高的机械可靠性和有效的热传导特性。

#### 1.2 红外探测器和读出电路的互连过程

红外探测器组件的探测器芯片和读出电路是分开制备的。在读出电路表面制备与探测器芯片电极一一对应的钢柱,互连时把探测器芯片上的电极与读出电路上的钢柱面对面一一对准,经调平后压焊在一起,目前通常采用重叠影像的方式来实现。

在探测器与读出电路之间放置一光学对准装置,把两芯片表面的图像同时成像在同一个视频监控器上,通过预先在芯片上设计好的调平和对准标记来实现两芯片调平和对准。从监视器上

作者简介:谢珩(1979-),男,高工,主要从事红外焦平面器件工艺研究。E-mail:hargen2000@163.com

收稿日期:2012-12-28;修订日期:2013-02-04

判断两个芯片的凸点完全对准以后,撤出光学对准装置,由微处理器控制精密机械系统实现两芯片的焊接。图1、图2和图3显示了完整的互连过程。

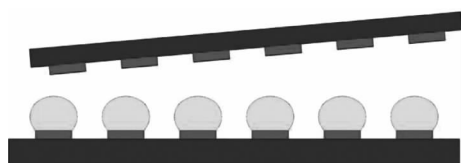


图1 探测器与读出电路未调平与对准前

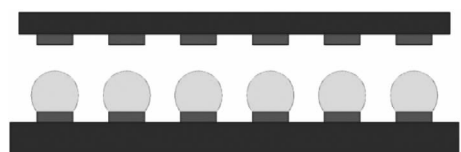


图2 探测器与读出电路的调平与对准后



图3 压焊完成

## 2 FC300 和 FC150 的主要参数对比

红外探测器芯片和硅读出电路芯片的互连混成是生产红外焦平面器件的关键工艺技术之一,其中倒装焊接机是互连混成的关键设备。到目前为止,世界上只有少数发达国家拥有生产高精度倒装焊接机的能力,国内相关红外探测器研制机构和制造商都是使用法国 SET 公司的 FC150 倒装焊。FC300 是 FC150 的型号升级增强版,主要参数和功能对比如表1所示:

表1 FC300 和 FC150 的主要参数对比

	FC300	FC150
压力	5 ~ 4000N	0.3 ~ 500N (option 2000N)
基台面积	最大 $\Phi 300\text{mm}$ Wafer	最大 $\Phi 200\text{mm}$ Wafer
互连精度	$\pm 0.5\mu\text{m}$ @ 3sigma	$1 \sim 3\mu\text{m}$ @ 3sigma
XY stage 行程	410 × 395mm Resolution 0.01 $\mu\text{m}$	300 × 250mm Resolution 0.1 $\mu\text{m}$
Z 行程	180mm Resolution 0.03 $\mu\text{m}$	178mm Resolution 0.5 $\mu\text{m}$
温度控制	RT - 450℃	RT - 450℃
显微镜视场	890 × 680 $\mu\text{m}$	320 × 240 $\mu\text{m}$
激光调平系统	有	有
自适应调平系统	有	无
干涉仪平面控制	有	无

从表1中可以看出,倒装焊接机 FC300 无论是在互连压力、精度等参数,还是在新功能模块的开发上,相比 FC150 的性能都有巨大提升。

## 3 自适应调平系统 (selflevelling) 介绍及应用

### 3.1 自适应调平系统介绍

该系统能够实现从凸点接触到整个互连加压过程结束,均能进行互连平行度自适应调整,即可变形自动调平系统。该系统通过高精度弹簧活塞(如图4所示)来调整其自身的上下两个金属板来实现对器件和读出电路调平时的不平行度的校正,从而真正获得极为均匀的压力载荷的施加。

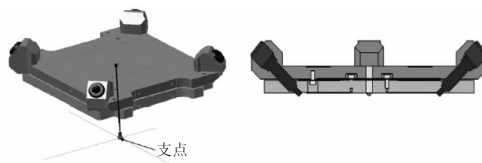


图4 自适应调平系统结构

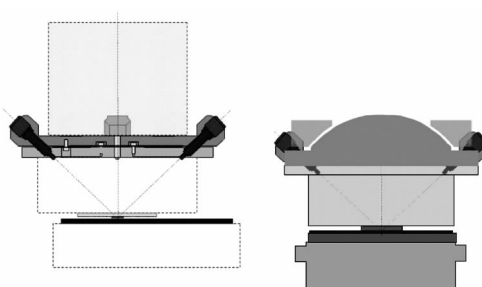


图5 自适应调平系统的调平方式

这些活塞倾斜方向会聚于芯片表面和读出电路表面的中心处,在进行自适应调平校正时,活塞以会聚中心为支点通过其内部弹簧的调节来实现对调平整度的校正,由于活塞倾斜方向的会聚中心就是器件表面和读出电路表面的中心,故而以其为支点进行校正避免了在  $X - Y$  平面内凸点对准的偏移,在互连加压过程中获得了极好的平行度结果并保证了对准精确性。

### 3.2 自适应调平系统的应用(来自法国 LETI 实验室 $2K \times 2K$ 互连试验<sup>[2]</sup>)

在  $2K \times 2K$  超大规模面阵器件互连工艺中,由于像元间距很小,凸点高度受到限制<sup>[3]</sup>,LETI 实验室和 SET 共同在 FC300 倒装互连系统中开发了“Insertion”工艺<sup>[4-5]</sup>,从图6中可以看出,在没有自适应调平系统的时候,由于凸点接触时不可避免的存在一定程度调平上的不平行度,而这在超大规模面阵器件的互连中可能导致器件一侧的凸点互连失败;而加入了自适应调平系统后,从器件和读出电路凸点接触的一刻起直到整个互连加压过程结束,该系统均能进行互连平行度自适应调整,从而保证了互连效果。

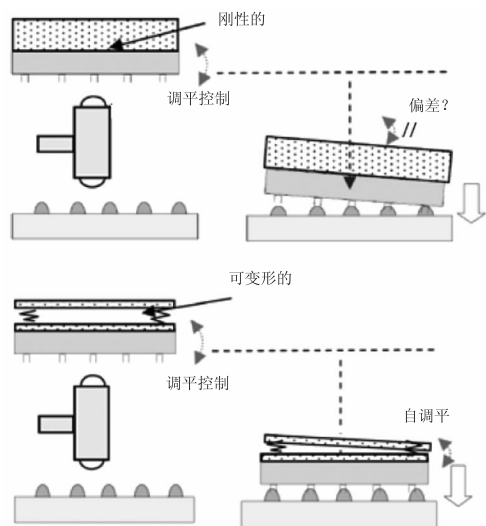


图6 自适应调平系统实现更好的平行度调整示意图

#### 4 干涉仪系统对超大尺寸器件的平面检测及控制

对于超大规模面阵器件的互连工艺来说,键合加压之前探测器芯片自身的平面度对于互连结果的成败同样是极其关键的。当探测器芯片自身的形貌存在严重翘曲或在倒装焊接机吸取探测器芯片时,由于探测器芯片背面可能会存在颗粒物而导致芯片翘曲变形,特别是当器件面阵的规模很大时由于探测器芯片或是读出电路芯片翘曲变形而引起的严重平行度失配将会导致器件某一侧凸点无法接触,产生大量盲元从而互连失败。

为了检测和避免在倒装焊接机吸取探测器时探测器背面颗粒物的存在,并在互连调平时实现依据探测器和读出电路表面形貌的观测结果来进行探测器和读出电路平整度的自动匹配,如图7和图8所示,新的倒装互连系统采用了干涉仪检测表面形貌并将探测器和读出电路的表面形貌输入到倒装焊接机的调平系统并依据上下芯片的表面形貌来进行平整度的匹配调节。

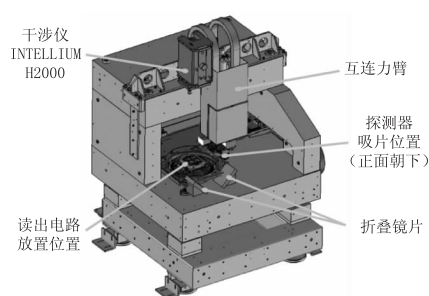


图7 干涉仪系统

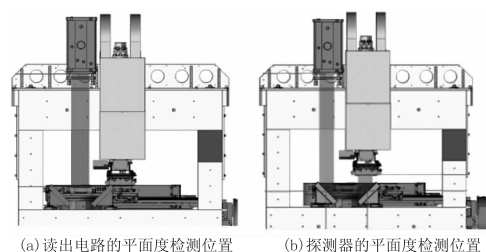


图8 干涉仪监测表面形貌示意图

这对超大规模面阵器件的互连工艺而言,避免了以往单纯依靠芯片四周调平标记来代表芯片整个平面进行上下两芯片调平而忽略探测器和电路本身实际表面形貌状态所带来的平整度匹配上的误差,从而在根本上实现了超大面阵器件互连调平整度的优化匹配,带来了超大规模面阵器件互连调平方式上的巨大优化改进。

#### 5 总结

随着红外技术的快速发展,超大规模面阵器件的混成互连成为一个难题,倒装焊接设备 FC300 凭借其出色的性能以及定向研发的自适应调平系统和干涉仪系统,为红外探测器芯片和读出电路芯片的混成互连提供了优秀的平台。

#### 参考文献:

- [1] Shen Yue. Flip chip technology development of Linear TDI LWIR[J]. Laser & Infrared, 2007, 37(12): 1281 - 1286. (in Chinese)  
沈悦. 混合式长波线列 TDI 红外探测器改进互连工艺研究[J]. 激光与红外, 2007, 37(12): 1281 - 1286.
- [2] G Lecarpentier, J Macheada. Electrical characterization of high count, 10  $\mu\text{m}$  pitch, room-temperature vertical interconnections[C]. CEA, LETI, MINATEC, SET S. A. S, Imaps Device Packaing 2009 Proceedings.
- [3] Xie Heng. Effect of UBM of ROIC on indium bump height[J]. Laser & Infrared, 2011, 41(1): 63 - 66. (in Chinese)  
谢珩. 读出电路钢柱打底层对钢柱成球高度的影响[J]. 激光与红外, 2011, 41(1): 63 - 66.
- [4] D Saint-Patrice, F Marion, et al. New reflow soldering and tip in buried box (TB2) techniques for ultrafine pitch megapixels imaging array proceedings ECTC[C]. Orlando FL, 2008: 46 - 53.
- [5] L Kozlowski. Progress in Ultra-Low Noise Hybrid and Monolithic FPAs for Visible and Infrared-Astrophysics and Space-Science Library[J]. 2006, 300: 123 - 130.