

# 倒装芯片凸点制作方法

李福泉,王春青,张晓东

(哈尔滨工业大学焊接重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:**倒装芯片技术正得到广泛应用,凸点形成是其工艺过程的关键。介绍了现有的凸点制作方法,包括蒸发沉积、印刷、电镀、微球法、黏点转移法、SB<sup>2</sup>-Jet 法、金属液滴喷射法等。每种方法都各有其优缺点,适用于不同的工艺要求。可以看到要使倒装芯片技术得到更广泛的应用,选择合适的凸点制作方法是极为重要的。

**关键词:**倒装芯片;钎料凸点;表面组装技术

**中图分类号:** TN41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001 - 3474(2003)02 - 0062 - 05

## Bump Fabrication Methods for Flip Chip

LI Fu - quan, WANG Chun - qing, ZHANG Xiao - dong

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

**Abstract:** Today flip chip is becoming more important and attractive. Key point of the flip chip is the existence of bumps. This is an overview of the existing bump fabrication technology. Many bumping technologies have been developed. The major bumping methods, such as evaporation, plating, electroplating, Micro - ball, Tachy dots<sup>TM</sup>, SB<sup>2</sup> - Jet, metal ink jet *etc.*, are all introduced. We can see that every method has its merits as well as demerits. The increased performance, small size and high reliability of flip chip devices alone will not make them accessible for future products and markets. To achieve adequate economy and performance, the selection of a suitable bumping technology becomes very important.

**Key words:** Flip chip; Solder bumping; SMT

**Document Code:** A

**Article ID:** 1001 - 3474(2003)02 - 0062 - 05

随着电子产品向轻、薄、短、小而功能多样方向发展,不断向电子封装提出新的要求。适应于这种需要,倒装芯片技术日益得到广泛的应用。与传统的线连接与载带连接相比,倒装芯片技术有明显的优点:封装密度最高;具有良好的电和热性能;可靠性好;成本低。因此倒装芯片是一种能够适应未来电子封装发展要求的技术。FC 技术主要特点是:(1)基板上直接安装芯片(倒装);(2)对应的互连位置必须有凸起的焊点-凸点;(3)基板和芯片的焊点成镜像对称;(4)同时实现电气和机械连接。可见,在倒装芯片封装过程中,凸点形成是其工艺过程的关键。

倒装芯片虽有各种差异,但基本结构都是由

IC、UBM(Under - Bump Metallurgy)和凸点组成。图 1 是一个典型的凸点结构示意图。UBM 是在芯片焊盘与凸点之间的金属过渡层,主要起粘附和扩散阻挡的作用,它通常由粘附层、扩散阻挡层和浸润层等多层金属膜组成。现在通常采用溅射、蒸发、化学镀、电镀等方法来形成 UBM。

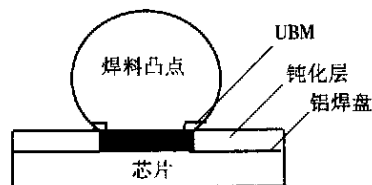


图 1 芯片凸点结构

倒装芯片钎料凸点对钎料材料选择通常要求有良好的重熔性能,由于其在重熔过程中具有自对准及收缩能力,可有利于优良的钎料凸点的形成。由于所选用的钎料材料不同及其应用的要求不同,凸点的制作方法有多种,主要有下面的一些方法。

### 1 蒸发沉积法

蒸发过程如图2所示,通常采用金属掩膜来形成UBM和钎料凸点的样式图案。在形成UBM后,钎料蒸发而在焊盘上形成凸点。此时凸点呈锥形。凸点的高度取决于蒸发钎料量、掩膜高度及其开口尺寸。通常在蒸发过程之后,要对钎料凸点进行重熔,以形成球形凸点。

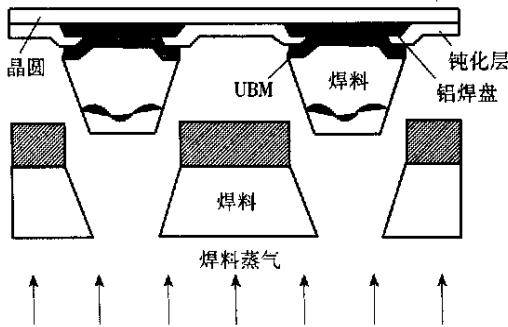


图2 蒸发沉积凸点过程

另一种蒸发过程采用光刻胶代替金属掩膜。钎料蒸发并沉积到焊盘和光刻胶上,在光刻胶和焊盘上沉积的钎料是不连续的。通过随后取下光刻胶,则其上的钎料也被去除,剩余的钎料即形成钎料凸点。

### 2 印刷法

现在大量采用的模板印刷方法如图3所示,通过涂刷器和模板,将钎料涂刷在焊盘上。目前广泛应用在200 μm ~ 400 μm的焊盘间距印刷。对小间距焊盘,由于模板印刷不能均匀分配焊料体积,应用受到了限制。影响模板印刷工艺质量的因素很多,包括印刷压力、间隙高度、环境控制、重熔温度曲线等参数等。焊料颗粒大小和分布是直接影响印刷钎料凸点均匀性的一个重要因素,一般允许的最大颗粒直径为欲填充模板孔径最小宽度的三分之一。由于模板印刷需要同时印刷数以千计的凸点,且由于焊盘间距的限制,所以模板的设计和制造尤为重要。模板设计应综合考虑到孔径位置、大小、形状、印刷后焊料的高度一致性以及与模板的粘接性等因素。模板制造方法有三种:化学腐蚀、电镀以及激光切

割。化学腐蚀模板比较便宜,但精度不高。电镀和激光切割模板精度高,但是比较贵。

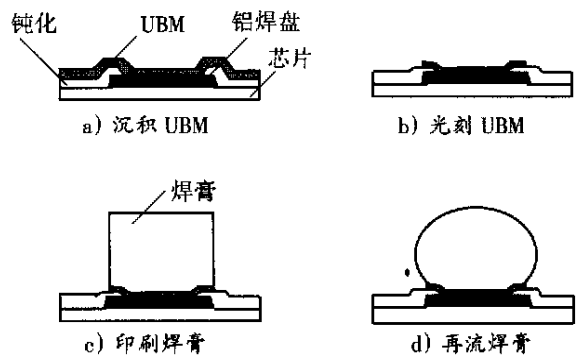


图3 印刷凸点过程

### 3 电镀法

在电镀法中,形成UBM之后,在焊盘上涂覆光刻胶以形成凸点图案。如图4所示,光刻胶可决定电镀凸点的形状和高度,因此在电镀凸点前,要去除光刻胶残渣。在电镀液中焊料电镀后,形成的凸点多为蘑菇状。与其他方法相比较,电镀凸点成分及其高度控制比较困难,因此多选用共晶钎料,如63Sn/37Pb等。电镀后,去除光刻胶,钎料凸点再进行重熔过程,获得球形凸点。

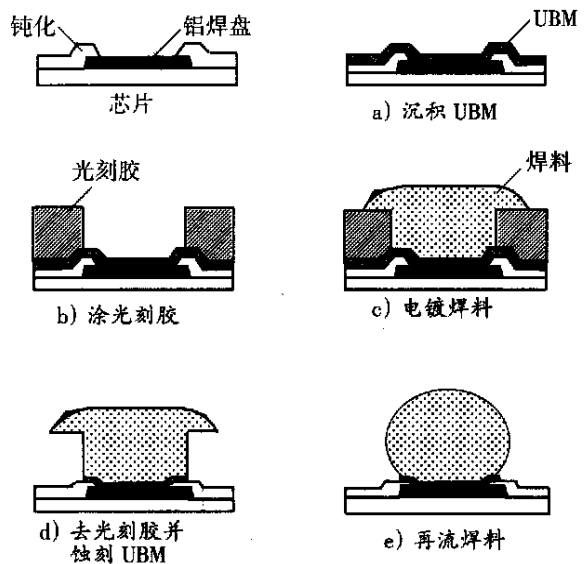


图4 电镀凸点过程

### 4 钉头凸点

钉头凸点使用标准线连接过程以形成凸点,过程如图5所示。钎料丝的选择通常要求与UBM要匹配,可使用金丝或铅基钎料丝。凸点形成过程与线连接过程相同,不同之处在于丝端成球后,在球上

端加热使之断开,获得的凸点形状多为蘑菇状或钉头状。随后重熔过程可获得具有特定高度的球形凸点。

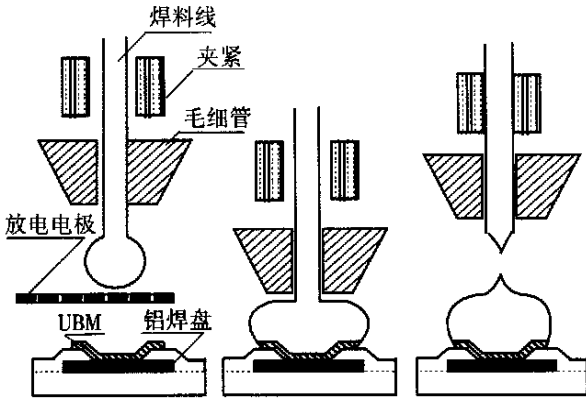


图 5 钉头凸点过程

### 5 钎料传送法

此方法过程如图 6 所示,先在载板上形成凸点,随后转移到连接焊盘。在此钎料凸点形成过程中,

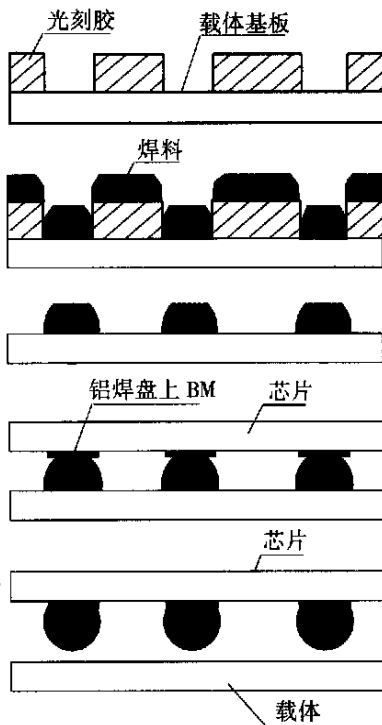


图 6 钎料传送法过程

要求载板材料应与钎料间不可润湿,多选用硅或耐热玻璃片,凸点形成前首先沉积一薄层(大约 100 nm)的金,用以提高钎料与载板间的粘附性,保证在钎料润湿并转移到焊盘前不与载板分离。采用蒸发工艺在载板上形成凸点,为保证凸点在载板上图案

应与其在焊盘上的分布图案相同,可采用金属掩膜及剥离过程在载板上形成图案。下一步骤是转移过程,将载板放置到用钎剂处理过的芯片焊盘上,通过重熔工艺将凸点从载板上去除而连接到芯片焊盘上。去除钎剂残渣后除去载板,凸点转移过程完成。

### 6 微球法

采用此方法首先要制成钎料微球并放于特定容器中。通过振动容器以使微球跳动到一定高度,将带有吸孔的载板以较小的距离置于容器上,以获得准确数量的微球。微球被保存在吸孔处。由于微球尺寸较小或其上有水分等污染物,过量的微球可能被粘附到除吸孔外的其他位置;又由于微球非常轻,若吸孔与其上的微球有间隙没有良好粘附,则会出现一个吸孔位置粘附多个微球。为去除多余微球,而同时准确保持微球在吸孔位置,可采用超声振荡工艺。随后用图像处理方法来检查吸孔与微球位置准确性,若发现多余微球则应去除,缺少微球则添加上。

当证实微球处于合适的位置后,就要进行从载板向芯片焊盘的转移。将载板与钎剂处理过的芯片表面镜像对好,相互接触,在载板背面加压力,促使微球转移到芯片焊盘。芯片表面的钎剂有利于使微球在其表面保持足够时间,直至通过重熔过程使微球连接到 UBM 上。如图 7 所示。

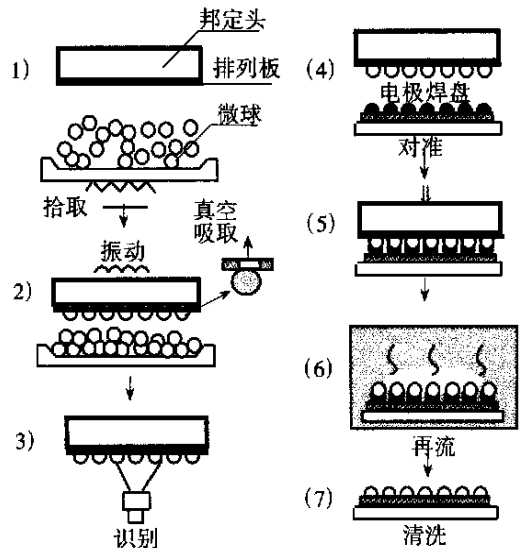


图 7 微球法凸点形成过程

### 7 Tachy dots™ 黏点转移法

此凸点制作方法是 by TI(德州仪器公司)与 Dupont(杜邦公司)联合开发的一项专利技术。如图

8所示,通过涂覆一层光敏黏性层,使此层处在聚酰亚胺(Kapton®)膜层与Mylar®盖层之间。透过光学仪器对涂层进行紫外线曝光,那些被光学仪器保护的涂层区域保持黏性,而未被保护的区域则变硬失去粘性。通过适当选择,使黏性区域分布形成的黏点图案与芯片上所要形成的凸点图案一致。在图中的第三步,Mylar®盖层被移去,采用专门的设备在其上置放钎料球。那些处于黏点位置的钎料球被保留下来,其他位置钎料球被移去,此时已为钎料球的转移做好准备。在钎料球转移前,要求先对芯片焊盘或钎料球进行钎剂预处理,以利于转移过程。使钎料球位置与其在芯片焊盘上的位置准确对好,接触并进行重熔过程,完成钎料球的转移。

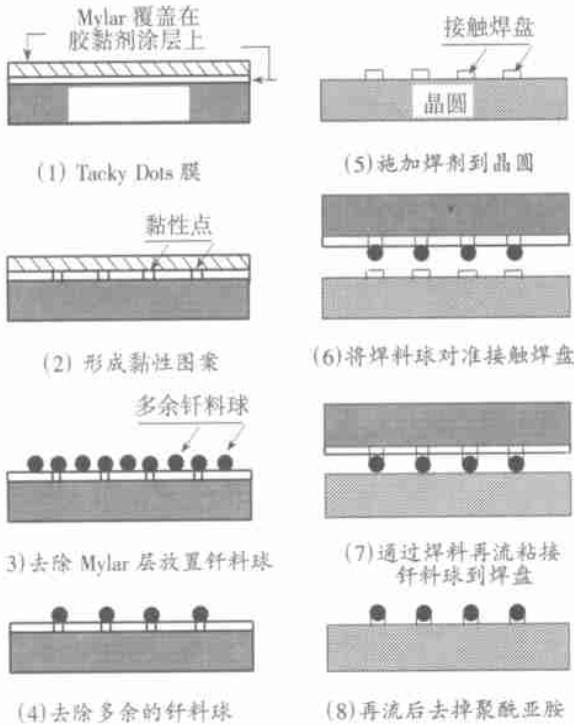


图8 Tachy dots™凸点转移过程

### 8 SB<sup>2</sup>-Jet (solder ball bumping jet)

SB<sup>2</sup>-Jet 只需一个系统,如图9所示,置球系统与喷射系统被综合在一起。由于激光被直接用于局部重熔,不需要额外的重熔设备。

此系统采用已经加工好的钎料球放在储存槽中。当需要时钎料球经由毛细管释放喷出,释放喷出过程极短,不会影响球的形状。在喷出过程中,集成在系统中激光对钎料球加热使之熔化。激光提供的能量,足以使钎料球润湿芯片焊盘并形成良好的接合。此过程中,由于钎料被惰性气体所保护,故不

需采用钎剂。用SB<sup>2</sup>-Jet法可获得直径在80 μm到760 μm的钎料球。

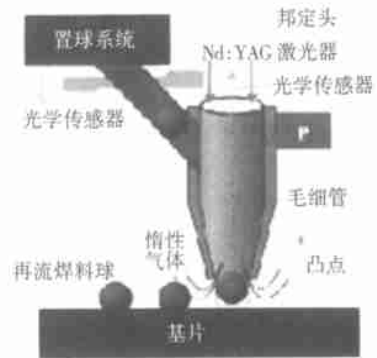


图9 SB<sup>2</sup>-Jet系统原理图

### 9 钎料液滴喷射(印刷)技术

这种方法采用CAD控制喷射,不需掩膜设备,有明显的优点。具体可划分为两种类型:连续型与按需型喷射。分别如图10、图11所示。前者液滴喷射频率可在5 000 Hz~44 000 Hz,后者频率应低于2 000 Hz。

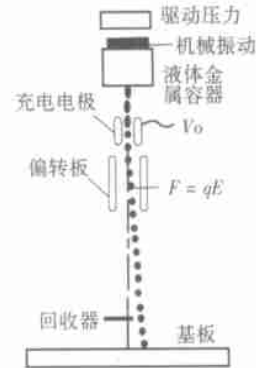


图10 钎料连续喷射示意图

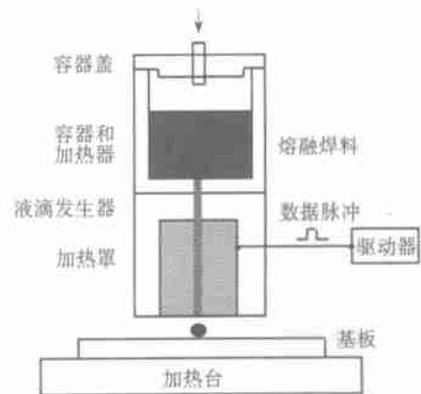


图11 钎料按需喷射示意图

连续喷射钎料液滴喷射系统产生重复的液态金属流,在压电传感器驱动及机械振动触发下,金属流断开形成非常均匀一致的熔化金属液滴。通过随之充电并通过偏转电场过程,控制液滴运动轨迹。只有部分液滴喷射到焊盘上,其余液滴进入回收器用来重复使用。通常连续喷射液滴直径是喷嘴直径的两倍,在喷嘴周围采用惰性气体,一方面可促进液滴的断开喷射,同时可防止钎料液滴的氧化。连续型系统的缺陷在于大量的喷出液滴并未被使用,虽然采用了配套的再循环系统,但仍不能完全克服这一缺点。

在按需喷射系统中,流体体积的脉冲变化由配置在流体周围的压电材料变形或电阻加热引起。这种体积变化引起流体压力/速度传感,促使钎料液滴由喷嘴脉冲喷出。在此系统中,通过调节控制脉冲,只有当需要时才产生液滴,液滴尺寸基本与喷嘴尺寸相同。通常由于喷嘴与芯片焊盘间距仅 1 mm,液滴在此运动过程中所受的外部影响很小,通过在喷嘴周围惰性气体保护,可保证钎料液滴成形并防止氧化。

## 10 结论

凸点的制作方法有很多,各自适应于特定的要求,都有一定的应用,然而现有各种方法都存在一定的缺点,技术还不够成熟。对倒装芯片技术来说,尽管与以往的封装技术相比有明显的优势,但要使其得到广泛的应用,必须使其工艺成本不超过以往的电子封装技术。为获得成本优势,需要新的封装材料与工艺,而选择一种合适的凸点制作技术则是非常重要的。现有技术仍不能完全满足要求,新的更具有优势的凸点制作技术仍有待发展。

## 参考文献:

- [1] Patterson D S, Elenius P, Leal J A. Wafer bumping technology - a comparison analysis of solder deposition processes and assembly considerations[J]. Advances in electronic packaging, 1997(1): 337 - 351.
- [2] Rinne G A. Solder bumping methods for flip chip packaging [C]. Electronic Components and Technology Conference, 1997. 240 - 247.
- [3] Tsunetsugu H. Flip chip bonding technique using transferred microsolder bumps [J]. IEEE transactions on components, packaging and manufacturing technologies, 1997, 20(4): 327

- 334.

- [4] Nobutatsu Koshoubu, Suzuko Ishizawa, Hideki Tsunetsugu *et al.* Advanced flip chip bonding techniques using transferred microsolder bumps. IEEE transactions on components and packaging technologies, 2000, 23(2): 399 - 404.
- [5] Hashino E, Shimokawa K. Micro - ball wafer bumping for flip chip interconnection [C]. 2001 Electronic Components and Technology Conference, 2001.
- [6] Hotchkiss G. Tachy dots™ transfer of solder spheres for flip chip and electronic package applications [C]. Electronic components and technology conference, 1998. 434 - 441.
- [7] Allan Beikmohamadi, Allan Cairneross, John E. Gantzhorn *et al.* Tachy dots™ technology for flip chip and BGA solder bumping. Electronic components and technology conference, 1998. 448 - 453.
- [8] Greg Hotchkiss, Gonzalo Amador. Wafer level packaging of tape flip - chip chip scale packages [J]. Microelectronics reliability, 2001, 40: 705 - 713.
- [9] Elke Zakel, Lars Titerle, Thomas Oppert *et al.* Laser solder ball application for optoelectronics and MEMS packaging [C]. OPTATEC, 2002.
- [10] Gerald Motulla, Paul Kasulke, Katrin Heinrich *et al.* A low cost bumping process for flip chip technology using electroless nickel and solder ball placement [C]. IEMT/ IMC proceedings, 1997. 174 - 181.
- [11] Qingbin Liu, Melissa Orme. High precision solder droplet printing technology and the state - of - the - art [J]. Journal of materials processing technology. 2001, 115: 271 - 283.
- [12] Donald J Hayes, Royall w Cox, Michael E Grove. Micro - jet printing of polymers and solder for electronics manufacturing [J]. Journal of electronics manufacturing, 1998(8): 209 - 216.

收稿日期: 2002 - 12 - 21

(上接第 61 页) 200 目 ~ 300 目, 焊膏基本形状应为圆球形, 黏度应在 150 Pa · s ~ 200 Pa · s (应根据涂覆装置的状态进行调整), 而对于松下型的焊膏涂覆装置, 则可以直接用第一次焊接使用的焊膏。根据实际经验, 第二次焊接按使用的焊膏可以在第一次焊接中使用, 而没有必要去考虑熔点的高低, 这样可以减轻管理力度。

收稿日期: 2002 - 12 - 09