



## 倒装芯片下填充工艺的新进展 (二)

郭大琪, 黄强

(中国电子科技集团公司第58研究所, 江苏 无锡 214035)

**摘要:** 为了增加在有机基板上倒装芯片安装的可靠性, 在芯片安装后, 通常都要进行下填充。下填充的目的是为了重新分配由于硅芯片和有机衬底间热膨胀系数失配产生的热应力。然而, 仅仅依靠填充树脂毛细管流动的传统下填充工艺存在一些缺点。为了克服这些缺点, 人们研究出了一些新的材料和开发出了一些新的工艺。

**关键词:** 倒装芯片; 材料; 可靠性; 下填充

**中图分类号:** TN305.94

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1681-1070 (2008) 02-0006-03

### Recent Advances of Flip-Chip Underfill Process (2)

GUO Da-qi, HUANG Qiang

(China Electronics Technology Group Corporation No.58 Research Institute, Wuxi 214035, China)

**Abstract:** In order to enhance the reliability of a flip chip on organic board package, underfill is usually used to redistribute the thermo mechanical stress created by the coefficient of thermal expansion (CTE) mismatch between the silicon chip and organic substrate. However, the conventional underfill relies on the capillary flow of the underfill resin and has many disadvantages. In order to overcome these disadvantages, many variations have invented to improve the flip chip underfill process.

**Key words:** flip-chip; materials; reliability; underfill

圆片级芯片下填充倒装芯片和圆片级CSP (WLCSP: 圆片级芯片尺寸封装) 是有区别的。在最近几年, 为了降低CSP的成本, 开发出了多种WLCSP形式。在大多数情况下, 在圆片上都要涂敷一层聚合物, 以便于对芯片的I/O端进行再分布, 或是为了提高电路的可靠性。然而, 这些聚合物层通常都不能和衬底粘接在一起, 也不能用作下填充材料。在圆片级下填充中, 填充料可以把芯片和衬底粘接在一起, 它的作用是把应力再分布, 而不是用作应力缓冲层。另外, 它也不像WLCSP那样, 主要是低I/O数定制产品封装。圆片级下填充主要是针对高I/O端数IC、大圆片、小凸点节距产品, 为的是提供低成本、高可靠倒装芯片封装, 特别是高端产品的低成本封装。

圆片级下填充工艺潜在的低成本、高可靠的吸引

力, 激励着研究人员对这方面技术进行广泛的研究。由于这个工艺把前道和后道的一些工序集合在了封装中, 因此, 它需要芯片制造、封装公司、材料供应商密切配合, 协同研究。

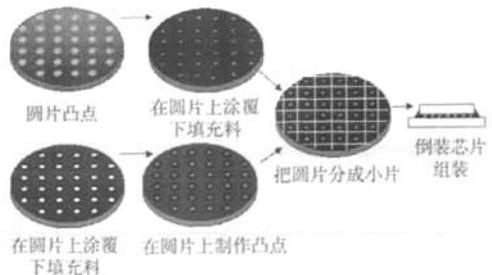


图11 圆片级下填充工艺步骤

在圆片级下填充中, 材料和工艺都面临诸多挑

战。第一个挑战是,在圆片级下填充中需要一个好的下填充层的制备工艺,这个工艺可以保证下填充层的厚度是非常均匀一致的,以便可以保证组装工艺的成品率,同时还要保证好的焊料连接点的形成和可接受的填充边缘。有多种下填充层制备方法被探索,包括旋转涂敷、真空层压、丝网印刷、模板印刷等。如果在制备下填充层的时候使用的填充料是液体材料,为了便于以后的操作,包括圆片切片和存储,在填充层制备好后,需要对填充料进行半固化处理。一种方法是在下填充层制备工艺中使用溶剂,然后使溶剂挥发,从而使下填充料呈半固体状态。然而,使用不参加反应的溶剂会存在溶剂残留,在组装过程中它会引起空洞。在圆片级下填充中,部分固化技术也被使用。在这个技术中需要仔细控制下填充材料的固化程度,以使焊料在回流时下填充料的固化不会影响焊料连接点的形成。

圆片切片也存在挑战。在圆片切片时,下填充材料还没有完全固化,切片时又需要用水冲洗(冷却、清洗)。因此,在切片时,下填充材料会浸泡在水中并被水冲刷。在切片中也需要下填充料有一定的机械强度,以免在切片时出现裂纹。另外,液态填充料通常是采用冷冻储存的,它的寿命周期时间相对较长。圆片级下填充料也需要一个长的寿命时间,包括芯片封装、运输、存储等。然而,在这些状态下是不可能冷冻储存的。幸运的是,半固化状态下填充材料的 $T_g$ 通常都比室温高,分子移动的速度慢,从而可避免材料的大比例聚合反应(固化)。

在组装工艺中,与圆片级下填充相关的第一个问题就是倒装芯片拾放设备的识别问题。对于倒装芯片的安装对位,芯片拾放设备通常使用芯片上的基准点或凸点作为对位的参考点。但是,在圆片级下填充芯片的组装中,由于这些参考点常常是被填充料覆盖的,填充料中又掺入了大量的填料,因此,在对位中对这些参考点的识别就很困难。幸运的是,许多的芯片拾放设备装置都可以对光密度、照明角度进行调整,对图像进行变换及优化处理等,从而可提高图像的识别能力。采用彩色的填料也可以增强图像的识别能力。试验表明,黑色填充料具有最好的对比度。

在组装工艺中,与圆片级下填充相关的第二个问题就是需要注意填充料的厚度。在放置芯片时,如果印制板上没有分配助焊剂,下填充层必须要有足够的厚度,为的是在芯片焊接在印制板上后芯片和衬底间能够填满填充料。填充料厚度不足,会导致在凸点之间存在空穴;填充料过多会妨碍焊接点的形成。在放

置芯片时,可以把印制板加热,或者用一个独立的加热台把芯片加热,或者用拾片嘴加热芯片,以便加热下填充料,以使下填充料能更好地黏附在印制板上。

在组装工艺中,与圆片级下填充相关的第三个问题就是填充料的助焊能力。与非流动下填充一样,下填充料都需具备自助焊能力,以便取消助焊剂分配工艺。然而,助焊剂会降低环氧基填充料的稳定性,缩短圆片级下填充料的寿命周期。另外,已经发现,由于填充料的放气会引起芯片的移动(不是焊料的表面张力引起芯片的移动),这就更需要助焊剂更好地帮助焊料完成焊接。

为了使圆片级下填充技术能够获得成功,人们对圆片级下填充材料和工艺进行了诸多探索。现在已经开发出一些不同的圆片级下填充工艺和相关材料。每一种工艺或材料可提供一种唯一的解决方案。图12是由Motorola等公司开发的圆片级应用可返工助焊剂下填充工艺过程。在这个工艺中,在圆片下填充涂敷之前先进行圆片切片。涂覆时先把助焊剂用丝网或模版印刷涂敷在焊球上;下填充料采用块状形式覆盖在圆片上。块状下填充料是用模板印刷制备的。切片街道上有助焊剂或填充料。助焊剂和块状下填充料分开为的是维持块状下填充料的寿命时间,以及防止在焊料凸点的顶部沾上填充料,从而可保证在倒装芯片的组装中焊料连接点的互连。在这个工艺中,不需要在印制板上涂敷助焊剂,因此,下填充料必须是有黏性的,以便可以保证在倒装芯片安装过程中芯片和印制板有良好的黏附。



图12 圆片级可返工助焊剂下填充工艺过程

使用液态下填充料通过涂敷或印刷方法在圆片上制作下填充层常常是有问题的,因为它需要对下填充料进行半固化或半固化处理。3M和Delphi-Delco公司开发了薄膜层压工艺,这个工艺避免了对下填充料进行半固化或半固化处理工艺步骤,它的工艺步骤如图13。

把热固/热塑双层塑料膜在真空条件下加热层压在凸点圆片上。在真空条件下加热为的是确保塑料膜与圆片的完全黏附,避免出现任何空洞。其次,采用一种不会改变焊料状态的工艺(专利工艺)暴露出圆片凸点。再在印制板上涂覆具有固化能力的助焊黏附剂,然后像非流动下填充工艺那样把芯片放置在印制板上进行回流焊接。

圆片级下填充也可以在圆片凸点工艺以前进行。图14示出了圆片凸点前下填充的工艺(Aguila Technologies公司开发)过程,其工艺过程如下:

(1)先把下填充料(填料的含量较低)丝网印刷在未凸点化的圆片上并进行固化;(2)用激光刻蚀形成微通孔,暴露出芯片焊盘;(3)用焊膏把通孔填满;(4)对焊膏进行回流,在通孔顶部形成焊球;(5)倒装芯片组装与非流动下填充的相似,在安装芯片前,在印制板上需要涂敷聚合物助焊剂。

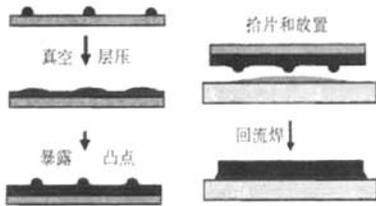


图13 圆片级下填充薄膜层压工艺

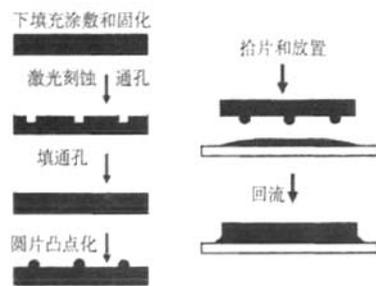


图14 圆片凸点前下填充涂敷工艺

这三个工艺的共同部分就是助焊剂与块状下填充料分开。圆片级下填充工艺提供了这样的方便——通过使用不同材料可以获得不同的功能。因此,通过使用一种“魔法材料”解决所有问题是不需要的。然而,在下填充层中容易产生不均匀,这种不均匀性对可靠性的影响还不清楚。因为圆片级下填充仍然是一个相当新的概念,工艺和材料的大多数研究仍然处于开发阶段,使用圆片级下填充的倒装芯片封装可靠性的报告也很少。此外,圆片级下填充还没有标准的工艺,最终由圆片和芯片尺寸、凸点节距和封装形式等决定。像圆片级CSP一样,圆片级下填充的多种工艺可以共存。

## 6 结束语

与其他互连技术相比,倒装芯片封装具有许多的优点,并且也已获得许多应用。为了提高在有机基板上倒装芯片组装的可靠性,下填充是需要的。但是,下填充工艺是不容易控制的,在倒装芯片组装的大生产中,它

就成为了封装生产的“瓶颈”。传统的倒装芯片下填充效率低,也存在一些缺点。为此,人们对传统的下填充工艺作出了一些改进,如加压下填充、真空下填充等。为了从根本上改进下填充工艺,还开发了一些新的技术,如非流动下填充、模压下填充、圆片级下填充等。

非流动下填充简化了传统下填充工艺过程,它把助焊剂混入到填充料中,消除了毛细管流动,又把焊料回流和填充料固化合并成一个工艺步骤。然而,预先分配的填充料,它含的二氧化硅填料的比例不能太高,因为这会妨碍焊料连接点的形成,因此填充料的CTE较高,于是就会影响组装的可靠性。人们对提高倒装芯片组装的可靠性进行了一些探索:提高材料抗裂纹强度;使用低 $T_g$ 、低模量下填充料以及使用其他工艺途径进行下填充。新近开发的纳米尺寸填料非流动下填充显示出了巨大的潜力。

模压下填充把下填充和模压工艺结合在一起,它特别适合于塑封电路的倒装芯片封装,这个工艺既改善了毛细管流动,又可提高封装效率。为了获得更好的封装效益,仔细地选择材料,优化模具设计和工艺是需要的。

圆片级下填充把部分前道工艺结合到了封装工艺中,这是一种低成本、高可靠的倒装芯片解决方案。在圆片级下填充工艺的开发研究中,人们对不同材料和工艺问题,包括下填充料的涂布、带有填充料(未完全固化)的圆片划片、圆片(下填充料)的存放时间(寿命时间)、组装时的图象识别、芯片放置以及焊料的浸润等问题进行了研究。虽然研究仍然处于早期阶段,至今还没有工艺标准,但该技术在今后的封装中一定会取得成功。

所有这三种下填充技术都需要材料供应商、封装设计、组装公司,以及芯片制造公司紧密配合。更好地了解材料、工艺,以及它们相互间的关系是获得成功封装的关键。

## 参考文献:

- [1] Recent Advances in Flip-Chip Underfill: Materials, Process, and Reliability[J]. IEEE Transactions on advanced packaging, 2004, 27 (3).



## 作者简介:

郭大琪(1945-),男,四川射洪人,高级工程师,主要从事集成电路封装工艺、失效及可靠性的相关分析与研究工作。

(续完)