

喷墨印刷在电路板印刷中的应用

作者：胡蓉

【内容提要】电路板（PCB）印刷制作中的许多步骤都使用了减成法（照相平版法），在这种方法中，铜被蚀刻掉，仅留下需要的电路结构。这种方法已在工业中应用多年，且在其他领域也有应用。

电路板（PCB）印刷制作中的许多步骤都使用了减成法（照相平版法），在这种方法中，铜被蚀刻掉，仅留下需要的电路结构。这种方法已在工业中应用多年，且在其他领域也有应用。现代的多层 PCB 就包括许多这样的减成法处理过程，因为每一步减成法处理过程都包括很多步骤，所以电路板的制作成本很高，而且整个制作过程的灵活性很低。此外，出于对浪费以及资源的重复使用等方面的考虑，减成法的使用受到了极大的限制。

20 世纪 70 年代，喷墨印刷技术出现并得到广泛应用。从连接到个人电脑的小型桌面打印机到用于海报生产的大幅面打印机，其电子驱动、打印头设计以及油墨配方都得到了极大改善。喷墨成像技术作为一种主流电子成像方法，不仅广泛应用于纸张成像，而且应用于其他各种工业生产中，如塑胶电子、显示器、3D 图像、医学设备、包装、快速成型等。

喷墨印刷已经用于 PCB 工业中 PCB 的图文印刷，而这一工作传统上是由丝网印刷完成的。该技术也用于 PCB 制作的其他步骤。下面将逐一进行介绍。

蚀刻蒙版印刷

蚀刻蒙版印刷是数字印刷技术在 PCB 印刷中最有利的应用之一。它取代了减成法照相平版印刷的多级处理过程凹印，而且不会成为最终的 PCB 的一部分，所以不需要限定油墨作为最终的印刷电路产品的一部分。对于多层电路板，蚀刻蒙版喷墨印刷的优势更加突出，这种印刷能够在现有电路板上精确套准，而且由于与照相平版印刷中排列的蒙版有关胶印，使产量的增加成为可能。

很明显，蚀刻蒙版喷墨印刷是激光直接成像技术的有利竞争对手。激光成像技术毫无疑问能够形成出色的形体尺寸，有许多不可取代的优势，但其制作步骤较复杂，固定设备成本十分昂贵。

蚀刻蒙版技术在 PCB 上的成功应用有许多关键的技术上的考虑。

(1) 设备设计以及 UV 固化流体的配方。这是成功进行印刷的关键组成要素。

(2) 铜表面的准备。一般通过微蚀刻或刮擦除去铜表面多余的氧化物或钝化物包装容器，提高铜的表面能，因此能够增强低黏度油墨迅速铺展的倾向。其中，刮擦能够产生细微纹沟，通过毛细管作用，能够进一步促进油墨的铺展；而微蚀刻同样会形成粗糙的表面连线加工，通过毛细管作用也能促进油墨铺展。为了克服这一问题，美国摄影技术实验所 PTL 开发了一种预处理表面，它在除去氧化物后的铜表面上的铺展非常简单，而且能够形成具有适当表面能的平滑表面。在蚀刻过程中，预处理不妨碍后序的蚀刻处理而且对蚀刻蒙版的黏着力没有负面影响。

(3) 流体的固化必须保证蚀刻蒙版能够经受蚀刻处理（通常为酸性）打样，而且在剥膜处理（通常为碱性）中易去除。这是通过固化程度的处理来实现的。

(4) 数字印制蚀刻蒙版得到的图像与照相平版生产出的图像在细节上有所不同，例如，拐角更圆滑、斜线更有层次。这些差异与合成电路的功能性材料没有关系，他们能使自动光学检测系统记录更多故障，因为其已经将图像形状编程以供后序搜索功能调用。厂商信息

(5) 当前的打印头不能得到 $100\ \mu\text{m}$ 以下的形体尺寸评奖，为了达到 $75\ \mu\text{m}$ 的

工业标准，需要使用新一代打印头，如 Xaar Omnidot，其墨滴尺寸更小，而且通常是全灰度喷头雅昌，具有改变墨滴尺寸的能力。相对于二元打印头，墨滴尺寸改变能力的优势更突出，可以打印更平滑的斜线。这类打印头已经面市，而且 PTL 应用了这些新的打印头。使用这种打印头的设备不仅可以用于大量蚀刻蒙版的生产，将来还能够用于更加广阔的蚀刻蒙版市场。

蚀刻蒙版印刷加速了 PCB 制作过程测评，而且能够实现小批量产品甚至是一块电路板的经济型生产；打印设备取代了许多现存的工艺过程，包括蒙版准备、压合、曝光、显影、水洗等，而且能够提供更小的脚垫。此外，数字印刷使柔性承印物如铜/PET 层压板等的卷对卷印刷成为可能。

蚀刻蒙版印刷的另一个发展趋势是结合打印机中的在线检查。如果发现故障，可以使用喷墨印刷改写印好的图像评奖，防止浪费。

在用其他方式生产的 PCB 上进行图文喷墨印刷已经出现许多年了，而且很多公司进入该市场后取得了不同程度的成功。与蚀刻蒙版不同，传统上使用丝网印刷进行图文的写入，是另一种形式的直接写入，但需要准备蒙版印刷厂，这不仅延长了生产时间，而且会导致定位不准等问题。

现在，图文影像的喷墨印刷已得到良好的发展，而且正逐渐被行业所接受。而实现喷墨印刷电路板的关键问题是能否得到良好反差的图像而且能够很好地黏附在不同阻焊的范围内。但这不是简单的事情，因为与丝网印刷使用的高黏度油墨相比商业印刷，向喷墨印刷使用的低黏度油墨中添加过多颜料是很困难的。不过，现在 PTL 新研制的一些出色的油墨产品已经极大地改善了喷墨印刷图文的反差。

黏附力的获得与油墨固化以及承印物的性能有关。对于图文印刷，已经发现不同的阻焊类型有不同的表面能，这会影响图像质量。此外，阻焊的固化程度不仅影响图像质量柯尼卡美能达，而且影响黏附效果。更好的办法是在部分固化的阻焊上印刷图文，然后使用 UV 固化或热处理固化图文和阻焊。当图文只是部分固化时检查，如有需要，可移除或修正尚未完全固化的图像。

阻焊喷镀通常被认为是喷墨印刷最简单的应用，因为 PCB 的覆盖率非常高。然而防伪印刷，PCB 的形体尺寸，特别是连接器衬垫间的线间的形体尺寸很小，而且其覆盖是不连续的。在这些区域，如果不冒着覆盖一些本应干净的关键区域的风险，在衬垫间印刷是非常困难的。而且油墨，阻焊是电路板的关键组成部分，必须持续到电路板的生命结束。因此，有必要进行大量深入的测试，以从主要使用帘式涂布的蚀刻蒙版向喷墨印刷的蚀刻蒙版转变。标签

阻焊的一个关键要求是覆盖必须平坦、一致，特别是电路板以及在板上凸起的铜图像的接触面。一般接触面会很薄收购，因为油墨是从凸起的区域流下来的。使用喷墨印刷可克服这一问题。PTL 已研究了几种方法，首先印刷边界，然后填入使之扩散，通过这种方法甚至能够得到更大的覆盖区域。

无源元件

PCB 制作越来越复杂，层数越来越多，更加需要薄的嵌入型元件，而喷墨印刷使之成为可能，其电特性由形体区域以及印刷材料的电导性决定。碳墨的应用更加广泛，它使调极的电阻器成为可能，而且因为也能使用金属导体教育，所以可以使用喷墨印刷制作多

层设备，如电容器等。

使用丝网印刷以及激光微调也能印刷一些无源元件。也可以使用喷墨印刷，但目前工业中这种方法使用的很少。一旦喷墨印刷技术更加成熟，相信业界会更加关注其在印刷无源元件中的应用。

小结

喷墨印刷不仅简化了 PCB 的制作过程，而且降低了 PCB 的制作成本。此外展会，通过该技术还能够在 PCB 上嵌入一些元件，增强其功能性。或许喷墨印刷最突出的优势是其灵活性，这提高了 PCB 的生产效率，尤其是小批量的生产。

打印头、油墨配方及设备结构的不断改进，更加促进了喷墨印刷技术在 PCB 工业中的应用。