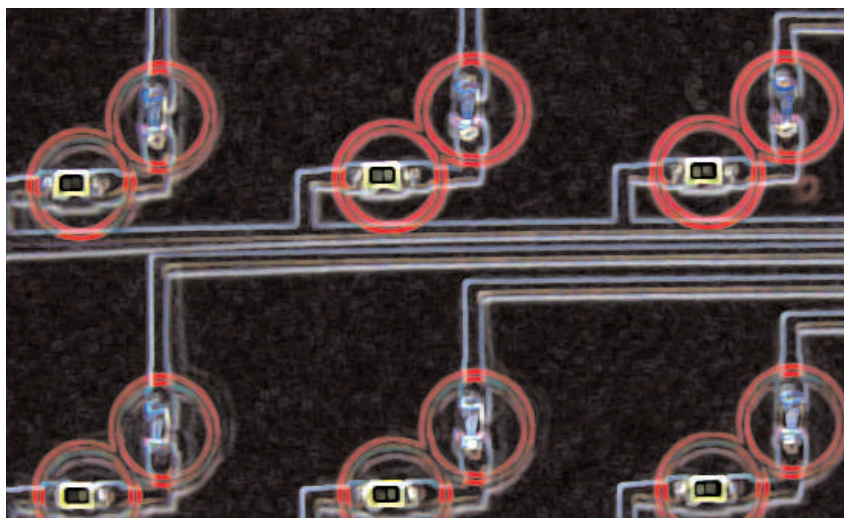


表面贴装基础知识

薄膜开关加工和设计注意事项



在本系列的第一篇文章《表面贴装基础知识之薄膜开关贴装LED及其他元件入门》（刊登于2003年第二季度的《SGIA》杂志）中，我们讨论了与使用表面贴装环氧导电胶粘剂有关的问题。本文则涉及与表面贴装发光二极管（LED）有关的生产和电路设计问题，并对点胶工艺予以特别关注。

选择一种生产工艺

在薄膜开关上表面贴装元件涉及三个不同的生产过程（图1）。首先，湿导电胶盘被涂布在电路表面，接着将元件贴装到胶盘上，最后加热电路以使胶粘剂固化。在有些情况中，可以在一个工作站内完成前两个过程。可选的第四和第五个过程包括用注射器在元件周围涂覆一层透明的UV固化密封材料，然后将电路在强烈的紫外光下曝光以便固化密封剂。有些生产商也会先在两个导电胶盘之间放置一个非导电性的小胶盘，然后再贴装元件，

从而可将元件固定在电路上，防止环氧导电胶盘在元件下方汇流到一起而造成短路。其他生产企业则将环氧导电胶粘剂视为在电路上机械粘接元件的唯一工具，但这并不被推荐用于柔性基材。

在决定使用何种表面贴装工艺时，注意事项包括：购买设备的预算，厂房面积，不同印刷电路图案的数量，在每个电路上安装的元件型号，要求的总产量。

镂空版印刷对比点胶

在电路上涂布导电胶盘的方法有两种：一是镂空版印刷，或者在一些不多见的情况下使用丝

本文涉及与表面贴装**发光**二极管

(LED) 有关的**生产**和**电路**设计问

题，并对点胶**工艺**予以特别**关注**。

网印刷工艺；二是点胶工艺。

镂空版印刷需要使用一张在网框中被绷紧的金属薄片。金属片被激光切割出小孔。通常会对孔的侧壁进行抛光处理，以获得更加平滑的表面，从而可产生更加清晰、锐利的胶盘轮廓，并使胶粘剂在镂空版被抬起时更加顺利地从小孔中释放出来。刮刀通常是易弯曲的薄金属片。

点胶工艺必须使用带有细金属针尖的加压注射器在基材上涂布点状的胶盘。

表1总结了上述两种方法的优劣与劣势。



本文作者唐·班菲尔德先生，美国Conductive Compounds公司产品经理和创办人之一

表1

镂空版印刷

吞吐量极大：一次印刷冲程便可覆盖整个印刷表面

灵活性差：一块镂空版必须用于每个电路图案

在印刷时必须满版覆胶：对于快反应型的胶粘剂会产生过多的废料成本

印刷的胶盘比较大

可以是方形或者矩形胶盘

胶盘厚度被限定为0.010英寸(0.254mm)或更小

胶粘剂无拖尾/拉丝现象

每次安装耗费固定的镂空版成本，镂空版损耗后必须更换

不能在印刷前复合间隔层

需要使用其他设备将元件装配到胶盘上

视设备的复杂性而定，镂空版印刷机的投资费用为20,000~250,000美元

印刷过程对胶粘剂施加了巨大的剪切力，从而减少了工作时间。

电路板尺寸受到限制

点胶

吞吐量小：针尖必须移动到产生胶盘的每一个点上

更灵活：预编程电路图案可在工作站快速变换

无需满版覆胶：只按照需要将胶粘剂涂布于每个胶盘所在的位置，因而废料率最小

若使用正确的胶粘剂和针，可以产生小胶盘

必须是圆形或椭圆形的胶盘

胶盘厚度为0.003~0.020英寸(0.076~0.508mm)或者更大

一些胶粘剂可能会发生拖尾

使用低成本的一次性注射器

在点胶前可复合间隔层

点胶设备可在一个工作站完成点胶、贴装LED和Dome片

一台单站式点胶设备的成本为55000~60000美元，可完成点胶、贴装LED和Dome片

对环氧胶粘剂施加的剪切力最小，可实现更长的工作时间

可处理更大幅面的电路板

镂空版印刷更适合大批量、高元件密度的生产。由于点胶工艺灵活、生产准备成本低和材料废弃率低，因而对于中小型薄膜开关生产企业是首选的方法。

在由点胶工艺和镂空版印刷工艺生成的导电胶盘之间存在两个显著的区别。点胶工艺产生了顶部略尖的圆形胶盘，而镂空版印刷工艺则产生顶部扁平的方形或者矩形胶盘。

镂空版印刷工艺产生的胶盘厚度通常被限制为0.01英寸或更小。如果厚度大于0.01英寸，那么相比胶盘底部与电路基材之间的接触面积，胶盘和镂空版开孔之间的接触面积更大。当镂空版升高离开新形成的胶盘并带走胶粘剂时，会出现不规则的胶盘形状。

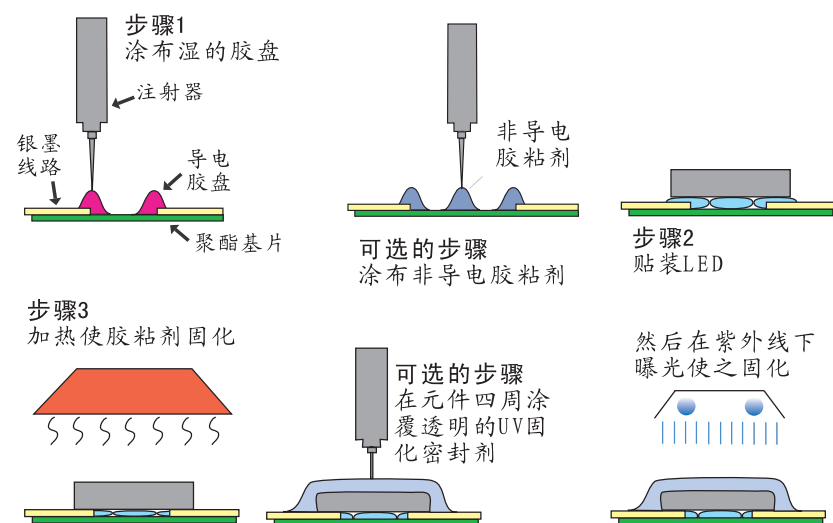
点胶设备能够产生厚度为0.02英寸或者更厚的胶盘。通过调整设备的程序参数，操作人员可迅速、轻松地改变胶盘的轮廓或者厚度。

单组分或双组分的环氧导电胶粘剂都适用于点胶工艺，选择哪一种胶粘剂取决于可对电路施加多大的热量以使胶粘剂固化。单组分胶粘剂通常必须至少达到125°C~135°C才能触发反应。倘若胶粘剂未能在上述温度下放置足够长的时间以使胶粘剂彻底交联，那么一旦胶粘剂冷却到活化温度以下，反应就会停止。

当环氧胶粘剂被用于镂空版印刷或者丝网印刷时，工作时间会因为胶粘剂受到胶刮和覆墨刀的连续剪切作用而急剧减少。这种连续的混合剪切作用可使胶粘剂分子自由移动，并将能量引入胶粘剂系统，从而交联速度得以加快。在点胶工艺中，施加在胶粘剂上的剪切力极小，并且胶粘剂的工作时间通常会长得多。为此，快反应型的双组分胶粘剂不能被用在镂空版印刷过程中，这是因为一旦胶粘剂增稠到不可印刷的程度，用于覆版的这部分胶粘剂材料全都必须被废弃。

在最简单的点胶工艺形式中，导电胶粘剂可使用小型、轻便的压力泵完成涂布。含有导电胶粘剂的EFD塑料注射器可被夹

图1



住，操作者通过起动脚踏开关来向活塞施加气压以便点胶（图2）。尽管这种方法十分适合快速制作样品或者贴装大型元件的小批量生产，但是我们不建议把它作为一种可靠、可重复的生产工艺用于大批量生产。自动点胶工艺可在大批量生产过程中保持更加一致的胶盘外形。

容积泵对比压力泵

在点胶过程中，用于点胶的前向压力由两类不同的泵——容积泵和压力泵产生（图3）。

容积泵使用一根旋转的螺旋杆或者螺旋钻产生前向压力，通过每次循环涂布确切数量的胶粘剂。胶粘剂在5~20磅/平方英寸（psi）的低压下从一个气动注射器或者金属罐被输入到泵中。由于胶粘剂是被输入而非压入，因而当点胶设备关闭后更易于停止材料的流动。螺旋钻马达的速度决定了进料速度，容积泵的点胶时间可比压力泵少达50%。同时，容积泵对材料粘度变化的敏感度也不如压力泵，这要归因于驱动螺旋钻的齿轮马达具有强大的机械优势。容积泵的不足之处是价格昂贵，难以更换胶粘剂，在每次使用或者更换胶粘剂后必须用溶剂全面清洗和净化。

气动压力泵使用定时喷出的高压迫使胶粘剂离开注射器。当气压在点胶循环的末尾被关闭时，由于与针内壁表面接触的胶粘剂要产生足够大的反压才能阻止胶粘剂从注射器的针尖流出，因而需要更高的气压。压力泵点胶过程需要两种相互牵制的作用力：用来点胶的高输入气压以及因胶粘剂与针尖内壁相互接触而产生的高反压，反压可阻止胶粘剂在点胶循环末尾流出针尖。

当压力泵更换胶粘剂时，必须取下原注射器，以新注射器替代。因为仅一次性的注射器才含有胶粘剂，所以压力泵基本上不需要清洁或者用溶剂清洗。压力泵最大的好处可能是它需要的持续维护比具有运动部件的容积泵更少。随着时间的流逝，在螺旋钻与其四周外壳之间的紧公差间隙将因胶粘剂磨损而开始增大。最终，间隙变得非常大，以致必须更换螺旋钻和外壳。另外要注意的是，如果胶粘剂发生交联的程度导致材料不能从容积泵中被分流出来，就很有可能不得不更换整个泵、歧管和螺旋钻组件。但倘若胶粘剂在压力泵中发生彻底交联，那么只要移去一次性注射器，然后用一个新注射器替换即可。

当容积泵从点胶机上被卸下清洗时，重新安装也并非轻而易举。对压力泵更换注射器后，重新安装既简单又快速。虽然压力泵的成本低于容积泵，不过它的点胶速度更慢。

表2比较了上述两类气泵的设置参数和输出情况。

对于大多数薄膜开关应用而言，更简单、更便宜的压力泵是首选的点胶方法。压力泵点胶技术可被轻松地组合到还能完成元件和锅仔片（dome）贴装的一个工作站中。

环氧胶粘剂

当把点胶工艺作为涂布导电胶盘的方法时，重要的是应理解胶粘剂问题与工艺参数之间的关系。例如，我们已经在本系列的第一篇文章中注意到环氧胶粘剂的粘度将随着在生产环境中的使用而不断增加。环氧胶粘剂工作时间的实际定义是指胶粘剂粘度

在点胶表面贴装过程中，用于点胶的前向压力由两类不同的泵——容积泵和压力泵产生。



图2 带有EFD注射器和元件贴装抽真空装置的压力泵（感谢美国罗得岛州的EFD公司提供图片）。

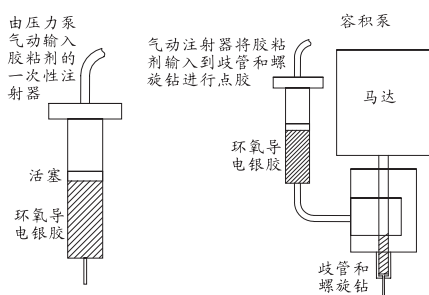


图3 压力泵对比容积泵

表2					
方法	输入到注射器的压力	可获得反压的针内径	点胶时间	点/小时	个LED/小时
压力泵	25~80psi	0.009~0.030英寸	0.5~2秒	1,800~7,200	900~3,600
容积泵	5~20psi	0.015~0.030英寸	0.25~0.5秒	4,500~7,200	3,600~7,200

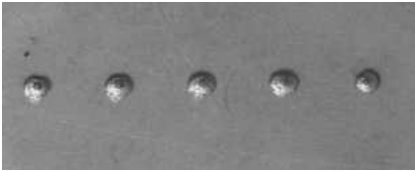


图4 典型的测试图案（感谢加拿大 Assembly Automation公司提供图片）。

针头间隙和点胶持续时间	侧视	俯视	描述
间隙小（与基材接触），时间长			- 小的针形凹洞 - 薄 - 不均匀
最佳的间隙和时间			- 一致 - 厚 - 均匀
间隙大，时间短			- 拉丝 - 导电胶粘剂下落并导致短路

图5 针尖间隙与点胶持续时间对胶盘形状的影响

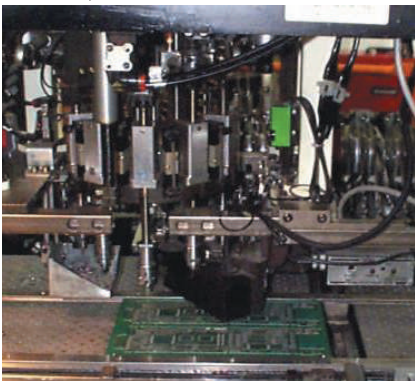


图6 射片机（感谢加拿大多伦多市的 Assembly Automation公司提供图片）。

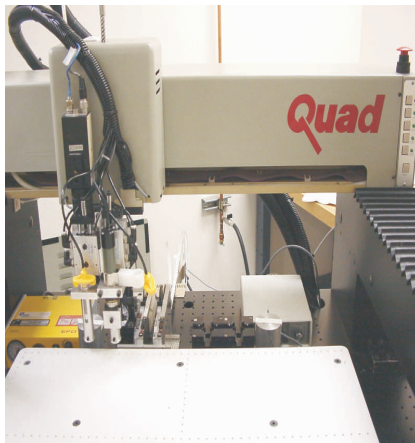


图7 具有贴装锅仔片和点胶功能的拱架式拾取和贴装工作站。

翻番所花费的时间。工作时间，或者说使用时限随着时间的流逝而影响材料的粘度，导致材料在注射器中的前向压力受到控制，从而也就控制了胶盘的尺寸和一致性。在点胶时，前向压力必须随着生产的进行而逐渐增加，以适应不断增稠的胶粘剂。

为了把注射器更换的次数降至最少，并使生产运行过程中的胶盘外形一致性得到最优化，你应该选择一种在混合后初始粘度低，同时具有长使用时限的胶粘剂。这也将确保在生产过程中只需要对压力进行少许的递增式变化便可保持点胶过程的一致性。请看表3中两种双组分环氧导电胶粘剂的极端例子。环氧胶粘剂A在四小时后的表观粘度为24000厘泊，比环氧胶粘剂B初始表观粘度的一半还要低。经混合后一个小时，胶粘剂B的表观粘度为100000厘泊，即使在高压下也不能再获得一致性的涂布。

压力和针尖调整

通常，视所使用的胶粘剂和针尖直径而定，压力泵的气压在刚开始生产运行时为25psi，随着胶粘剂变稠不得不在生产运行结束时增至60psi。

无论何时对生产过程中的压力进行调整，一个用来检查设置以及核实工艺的简单方法是让操作者在电路基材的边缘涂布一个“废点”图案。通过在低倍放大镜下对图案进行快速目视检查，操作者可判断胶盘尺寸和形状的一致性情况。在电路基材边缘使用的典型测试图案如图4所示。

在点胶时要考虑的两个其他关键变量是针尖与基材表面之间的距离（针尖间隙）和为点胶而施加压力的时间（持续时间）。

针尖与基材之间最佳的间隙应该为0.005~0.015英寸。持续时间必须充分长，以使足够多的胶粘剂填充针尖与基材之间的间隙，并在流出针尖后落到基材表面，产生一个至少两倍于针内径的胶盘。如果针尖间隙太小或者持续时间太长，胶粘剂会开始溢出并向上流到针的外部，导致胶粘剂与针的接触表面增大。随着针外部残留的材料附着在下一个胶盘上，胶盘将变得不一致。一个胶盘得到了从针外部分裂出的多余胶粘剂，下一个胶盘则不含任何多余的胶粘剂，这样的情况会交替出现。

反之，如果针尖间隙太大，或持续时间太短，导电胶粘剂材料将不能流到基材表面，在胶盘形成之前，针将回到它的上端位置，结果产生了一个直径小、长且有尖顶的点。图5说明了针尖间隙与点胶持续时间对胶盘形状的影响。

拉丝/拖尾

有些胶粘剂易出现拉丝/拖尾。当胶粘剂不能干净地裂开时会发生拉丝现象，随着针尖向上移开，一根长且细的胶丝将连接新形成的胶盘和针尖。最终，胶丝变细回到断裂的地方，长胶丝回落到基材表面，可能在胶盘与其他银墨线路之间造成短路。经过正确配方设计的表面贴装导电胶粘剂可非常干净地断开，从而使针尖从一个位置更快地移动到另一个位置。随着双组分导电胶粘剂的粘度开始增加，拉丝的趋势更加明显。一些压力泵点胶工艺有一个被称为“回吸”的特色技术，可在点胶后正当针尖开始抬起时获得一个短时间的反转压力。这有助于更加干净、快速地从针尖分裂胶粘剂。

胶盘尺寸

可被注射器涂布的胶盘尺寸存在实际的限制。由于胶盘直径和高度变小，胶盘中所含的胶粘剂量显著减少。最终，胶粘剂对自己的亲和力会大于胶粘剂对基

表3			
	使用期限	初始粘度	每小时的粘度增量（混合后）
环氧胶粘剂A	4小时	12,000厘泊	3,000厘泊
环氧胶粘剂B	1小时	50,000厘泊	50,000厘泊

材的亲合力，多数胶粘剂随着针尖移开而被带离基材表面，导致无法形成一个胶盘。单组分胶粘剂技术最近的发展允许胶盘直径小于0.020英寸。这些胶盘由直径为0.009英寸的针涂布出来，同时还能保持一致的胶盘形状和尺寸。

射片机对比拱架式拾取和贴装设备

为了将表面贴装元件粘贴到湿胶盘上（亦被称为“拾取和贴装”），在选择设备时可以考虑两个选项：射片机和拱架式拾取和贴装设备。

在大量生产中，由于不同电路结构的数量最少，各电路上的元件数量多且批量非常大，因而通常要使用射片机（图6）。射片机以极快的加工速度运转，有时不止使用一个头来贴装元件。不过这类设备价格也很昂贵，而且需要大量的占地面积。最常用的射片机机型具有一个沿X、Y轴运动的工作台，工作台抓住电路板，在一个含有多个吸嘴的静止转动塔下方移动。同时，转动塔用一个吸嘴从给料装置中拾取元件，而位于射片机前端的另一个转动塔粘贴已经从给料装置中被拾取的元件。负责拾取和贴装元件的两个转动塔彼此独立运动。归因于这种双重作用，射片机每分钟可以贴装整整12个部件。射片机一般与另一台设备——常常是一个镂空版印刷工作站联机使用，后者负责在电路进入射片机之前涂布导电胶盘。虽然可对射片机进行点胶性能的改型，以便在一个工作站内完成涂胶和元件粘贴，但翻新成本却居高不下。若将点胶设备安装到射片机上，

由于点胶速度慢得多，因而造成了一个生产过程瓶颈，这也会大大削弱射片机高速贴装元件的最可取之处。

尽管拱架式拾取和贴装设备的加工速度远不如射片机，但就方便地改装设备以便在一个工作站内容纳点胶，甚至贴装锅仔片的性能而言，它具有更大的灵活性（图7）。拱架式系统使用了同样沿X、Y轴运动的工作台：首先拾取元件；然后将元件贴装到被固定在一个静止工作台上的电路表面。大多数拱架式系统具有非常大的贴装面积，标准的拱架式设备可接受面积大如24英寸×24英寸的片材。而多数射片机的工作面积则小于12英寸×18英寸，致使其不适于多数薄膜开关生产企业所使用的大幅面片材。

表4对射片机与拱架式拾取和贴装设备作了比较。在北美，拱架式系统因成本更低，灵活，可处理大幅面电路，占地面积更小，能够轻松地在一个工作站内进行点胶和自动贴装锅仔片，从而被多数薄膜开关表面贴装工艺所使用。

拾取和贴装设备的一个重要特征是：具有完全可编程的Z轴调整，从而可在贴装元件时优化粘合强度，并减少在元件底部发生会造成电路短路的胶粘剂迁移现象。

胶粘剂交联

在薄膜开关的表面贴装过程中，最后一个生产步骤是加热使胶粘剂交联。对于小批量生产而言，可以使用一台脱机的进入式烘箱，以便分批固化电路。但就大批量生产来说，紧随在拾取和贴装工作站之后，就要使用一台联机的链条式平炉。

用于加热的烘箱有两种常见类型——强迫热通风和红外线加热。强迫热通风（热对流）烘箱通常使用燃气炉加热空气，然后将热风吹入烘室中。红外线（辐射）烘箱使用一种可产生红外光谱辐射的灯或者陶瓷元件。使用燃气加热的烘箱和红外线烘箱的主要区别在于红外线对物体而非物体周围的空气加热。当红外辐射与一个表面接触时，它会使分子剧烈振动从而产生热量。有些红外线烘箱也利用鼓风机使空气在烘室内循环流通，从而可在由红外能加热的烘箱中更加均匀地分发自辐射源的热量。

用来运送薄膜开关穿过红外线烘箱的托架或者托盘类型决定了胶粘剂变热的速度快慢。黑色托盘变热的速度将比浅色托盘更快；当用红外能加热时，由聚合材料制成的托盘变热的速度将比金属托盘快得多。

加热胶粘剂使之发生交联与加热溶剂型或者水性油墨使之干燥迥乎不同。必须将实际的胶粘线加热到特定温度，并使其保持在该温度下才可实现交联。而当干燥油墨时，气流模式和空气的干燥度则是要予以考虑的因素，以设法尽可能加快溶剂或水从油墨中挥发出去的速度。对于交联而言，唯一的因素是使胶粘线快速升温并使之保持在该温度下。最常见的错误之一是：因烘箱的控制装置被调到设定温度而假定胶粘剂达到了该温度。

对于表面贴装生产中所使用的烘箱有必要制作烘箱的温度特征曲线，最佳方法是在薄膜开关基材表面粘贴一个小的热电偶。热电偶应与一根长线相连，并且被插入到一个适当的温度读出装置中。当托盘穿过烘箱时，热电

表4							
	加工速度	应用类型			设备成本（×1000美元）		
		LED	锅仔片	胶粘剂	新	翻新	改型
射片机	10~50,000个/时	是	*	*	300~2,000	100~300	50~100
拱架式设备	1~9,000个/时	是	是	*	120~300	20~120	15~30
*表示可能取决于设备的品牌、型号和控制系统。会增加改型成本。							

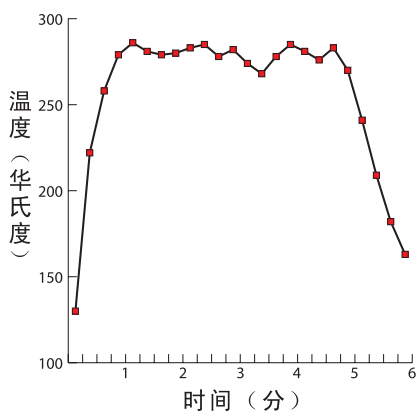


图8 用于固化胶粘剂的标准表面贴装烘箱的温度特征曲线。

具有强制热通风功能的双室红外线烘箱，长为16英尺，皮带速度达到2.5英尺/分钟。烘箱温度特征曲线说明了聚酯基材表面在电路穿过烘室时的实际温度。

偶的温度应该每隔一定间隔加以记录。将皮带速度与时间相乘，时间间隔可被转换为距离（英尺）。进入烘箱的距离对比温度的曲线图将显示烘室内的温度周期变化。分别在薄膜开关基材的左边、中间、右边各粘贴一个热电偶，然后运行烘箱温度曲线，将显示出沿烘室整个宽度方向的温度不一致性。

一些较新的烘箱有内置软件和热电偶硬件，可直接通过控制站生成烘箱温度特征曲线。图8是一个长为16英尺，双烘室红外线和强制热通风烘箱的标准温度特征曲线，烘箱经过设定被用于薄膜开关表面贴装工艺。

一旦作为基准的烘箱温度特征曲线被绘出，就可以通过改变皮带速度和烘室温度设定来制作一条最佳的温度特征曲线。这条最理想的温度特征曲线将使胶粘剂快速升温至最高温度而不会弄弯或者损坏任何其他元件，并使胶粘剂在沿烘室的长度方向穿越时保持温度不变。

即使是脱机的进入式烘箱也必须绘出温度曲线，方法是：在烘室内的不同位置安放热电偶并记录温度。我们发现在烘箱的烘室内有明显的热区和冷区。当把电路放置在大支架上并推入烘箱时，由于支架和电路对空气流动有阻隔作用，会造成烘室内产生甚至更大的温度梯度变化。

对于表面贴装工艺中所使用的烘箱，理解其时间和温度特征曲线的重要性要一讲再讲。

如果在贴装元件后使用密封材料，该材料会起到两种作用：将元件牢牢地固定在基材上；当电路被弯曲或者急剧加热或冷却时，为环氧胶粘合点提供机械应力消除。所选透明密封材料的硬度和韧性对于保持电气与机械连接的完整性至关重要。

虽然坚硬、不可弯曲的密封材料将元件牢牢固定到位，但是如果弯曲电路，密封材料往往会突然爆裂而飞离基材。即使轻微弯曲，也会使刚性密封材料轻而易举地在其与银墨线路相连的胶粘线位置折断导电银墨线路。

当弯曲电路时，太柔软和易弯曲的密封材料不会像坚硬的材料一样轻易地从基材上分离或者折断银墨线路。不过，过于柔软的密封材料将会使元件脱离导电胶粘接合处，这可能在接合处产生断裂，造成不易察觉的电路中断，这种问题有时在测试完开关并送交客户后才显现出来。

在对不同密封材料的配方设计和化学性质进行大量评估后，我们已经建立了一种虽然不太科学但是简单的方法，以测定用于薄膜开关表面贴装元件的密封材料的适当柔韧性和硬度。如果用拇指甲紧紧地向下按经过涂布、交联和冷却到室温下的圆点状密封材料，你应该刚好能看到在圆点表面有压印的痕迹。

即使有最佳的密封材料，但如果表面贴装胶粘接合失效，那么最可能出现的故障将是银墨线路断裂并且正好在胶粘线与基材分离，胶粘线也是圆点状密封材料在银墨线路上结束的位置。

对于密封材料要注意的另外一个问题是：由于元件的侧边相对电路表面和UV灯成90度角，因而表面贴装元件侧边的密封材料没有得到UV灯能量的直接攻击，这不同于网印的扁平UV绝缘材料层。必须小心确保密封材料得到彻底交联。

如果没有在中心位置使用非导电胶盘粘贴元件，有时少量的密封材料会流到元件的下方而不会固化。由于UV能量被元件阻止到达密封材料，致使材料不能发生交联反应，因而被称为“阴影效应”。如果密封材料不含可能溶解其他聚合物的溶剂或者另外的材料，那么这些少量的未固化密封材料不会损害胶粘接合的完整性，或者对薄膜开关生产工艺中所用的胶粘剂、导电油墨或绝缘材料产生不利的影响。

可以对密封材料采用“双重固化”反应，即在UV固化结束之后发生一个副反应，以使被元件遮蔽的密封材料交联。双重固化的最大弊端是产品的货架寿命变短，储存和运输成本会比UV固化密封材料更高。

电路设计问题

在采用表面贴装工艺之前，有必要理解一些关于在薄膜开关上贴装元件的设计注意事项。

表面贴装材料有两个作用：实现元件与电路的机械连接；提供从网印油墨线路到元件阳极与阴极的电气连接。

确定胶盘尺寸和放置

表面贴装元件的尺寸决定了可使用的胶盘尺寸和放置，随之也影响了四个因素：迁移面积、导电面积、粘合强度以及对定位差异的敏感度。迁移面积是指胶粘剂因与其他胶盘边缘相接触，或者与其他银墨线路的边缘相接触而导致短路之前，可在元件下方移动的距离。导电面积是指在元件阴极或者阳极与导电胶粘剂之间，以及在导电胶粘剂与银墨线路之间相互接触表面的面积。粘合强度取决于元件与胶粘剂之间以及胶粘剂与银墨线路或者电路基材之间的总接触面积。对定位差异的敏感度是指油墨和元件贴装定位差异对上述三种因素的影响。

在为元件贴装而设计时，应考虑的决定性的性能权衡是如何使迁移面积、导电面积和粘合强度最大化，同时最大限度地降低对定位差异的敏感度。元件尺寸越大，迁移面积、导电面积和粘合强度就越大，并且元件对定位差异就越不敏感。

考虑表5中的三种常见LED元件尺寸表面面积的差异。图9显示了用直径为0.06英寸的导电胶盘表面贴装的上述三种元件，胶盘之间相距适当的距离。

1206元件通过使元件阴极或阳极与导电胶盘间的接触面积最大化而具有最佳的导电面积和粘合强度。由于在贴装元件前胶盘边缘之间相距0.06英寸，因而迁移面积也达到最大。

对于尺寸更小的0805元件，胶盘必须靠得更近才能保持导电面积和粘合强度。即使胶盘相距更近，元件与胶盘之间的接触面

积仍然远小于1206元件。更重要的是，迁移面积由0.060英寸被降至0.04英寸，以保持导电面积和粘合强度。

最后，0603元件显示了最小的导电面积和粘合强度。迁移面积保持为0.04英寸，以防止迁移和短路，这意味着元件与胶盘之间的整体接触面积将更小。

图10显示了当元件被贴装到胶盘上时，胶盘相互朝对方迁移的情况。1206 LED被贴装在直径为0.06英寸，高为0.015英寸，相距0.06英寸的胶盘上。元件距离基材表面的距离不超过0.01英寸。当元件被贴装时，元件开始向内推动胶盘朝对方迁移，也促使胶盘向外移动，从而围绕元件边缘产生了更高的侧面轮廓。最

表5

元件类型	长度 (英寸)	宽度 (英寸)	表面面积 (英寸 ²)	表面面积减少率
1206	0.120	0.060	0.0072	—
0805	0.080	0.050	0.0040	44.4%
0603	0.060	0.030	0.0018	75.0%

表5 三种常见LED元件的表面面积

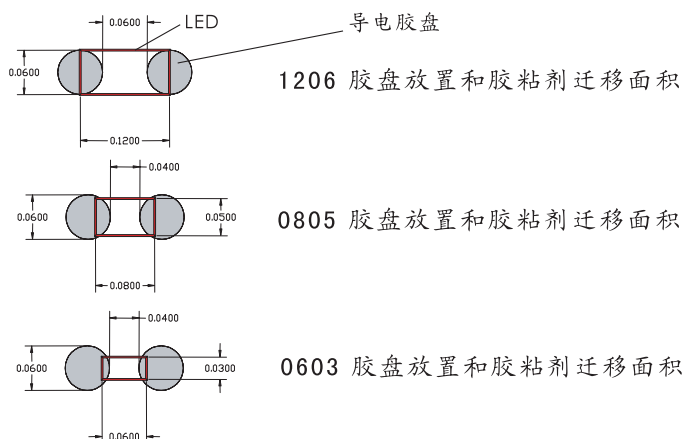


图9 三种常见LED的粘合强度、导电面积与迁移面积。

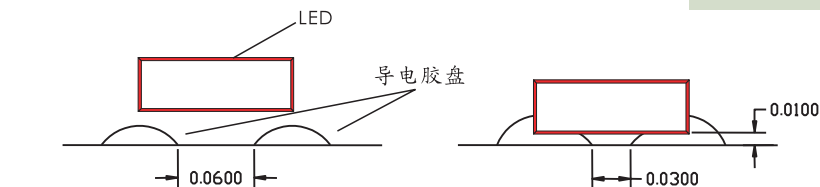


图10 贴装1206元件造成导电胶粘剂迁移

表面贴装
元件的尺寸
决定了可以使
用的胶盘尺寸
和放置。

导致薄膜开关上的元件失效的最大

原因是由定位差异而引起的电路短路。

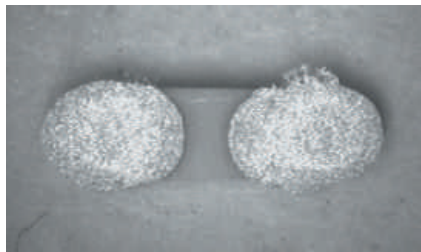
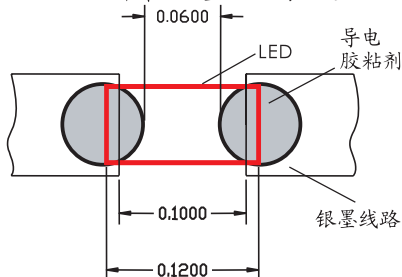


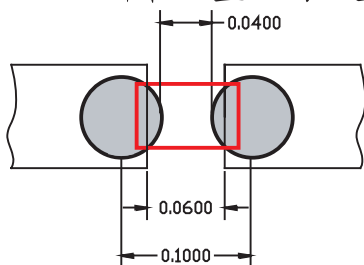
图11 在一个经过正确贴装的LED下方，两个发生迁移的环氧导电胶盘变形为椭圆（上图）；在两个胶盘的中心涂布一个非导电胶盘，再贴装相同的元件，可减少导电胶粘剂迁移（下图）。感谢美国宾夕法尼亚州的Nicomatic公司提供图片。

基准定位

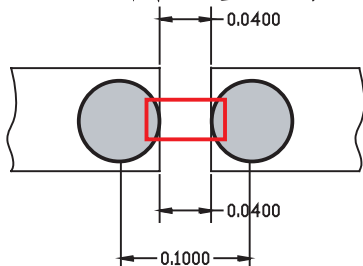
1206元件在胶盘上的放置



0805元件在胶盘上的放置



0605元件在胶盘上的放置



偏离基准0.02英寸的定位

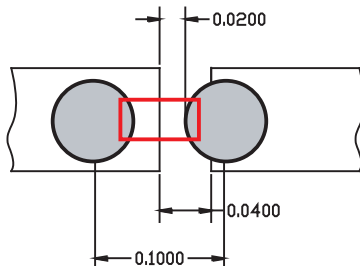
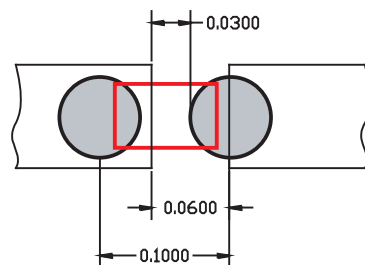
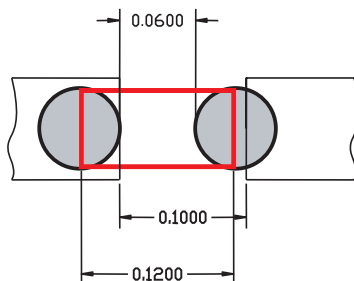


图12

渗胶/芯吸作用

一旦元件被贴装，胶粘剂迁移将因一种被称为“渗胶/芯吸作用（wicking）”的现象而变得更加严重。当电路受热而使环氧胶粘剂交联时，湿胶粘剂将因毛细作用而在元件下方发生迁移，胶盘边缘将向对方移动地更近。这与水管工将铜管焊接到一起的原理相同：加热接合点的外部套筒，将固体金属焊料放置在接缝的边缘；同样是在毛细作用下，热量使熔融的焊料流入小的接缝中。为此，即使会造成导电面积和粘合强度减少，也必须在元件下方保持足够的迁移面积。

电路短路

根据北美Nicomatic公司总裁大卫·费希尔先生的观点，导致薄膜开关上的元件失效的最大原因是由导电胶粘剂迁移而引起的电路短路，而银墨印刷和表面贴装工艺之间的定位差异会加重迁移。为了减少差异，有必要最大限度地减少影响定位差异的因素，如在油墨干燥期间的基材收缩；还必须选择可迅速、轻松与电路表面的参考点（基准点）对齐的表面贴装设备。单站式点胶机以及拾取和贴装工作站的益处之一是：使用与在电路上印刷银墨线路的同一过程印刷基准点，可较容易地对胶粘剂涂布和元件贴装进行光学定位。

随着元件尺寸变得更小，定位差异对元件失效的影响更为显著。元件尺寸和导电胶盘间隔对定位差异敏感度的影响见图12。

图12的左边是三类LED的最佳基准定位，胶盘直径为0.06英寸，在贴装元件前导电油墨线路之间以及两个胶盘之间有适当的间隔。接着，将这种理想的基准定位与偏离导电油墨线路0.02英寸的表面贴装过程进行比较。

对于基准定位，根据胶盘的两个边缘测得，在贴装元件之前

1206元件的迁移面积为0.06英寸。如果定位偏离0.02英寸，测量从一个胶盘的边缘到另一个胶盘和油墨线路边缘的距离，请注意迁移面积仍然是0.06英寸。

由胶盘的两个边缘之间的距离测得，0805元件在基准定位时的迁移面积为0.04英寸。注意到银墨线路的间隔也比尺寸更大的1206元件更小。如果定位偏离0.02英寸，那么经过测量从胶盘边缘到对面银墨线路边缘之间的间隔，迁移面积就会被缩小至0.03英寸。一旦在元件下方发生渗胶，元件就更容易出现短路。

测量胶盘边缘之间的距离，0603元件在基准定位时的迁移面积为0.04英寸，银墨线路的间距比上述两类LED更短。如果定位偏离0.02英寸，那么测量从一个胶盘边缘到对面银墨线路边缘之间的距离，迁移面积被降为0.02英寸。实际上，这确定无疑会因导电胶粘剂在元件下方发生迁移和渗胶而导致电路短路。

关于LED定位偏移的另一个观察是：在上述三个例子中，粘合强度在偏移定位LED的左方被减弱，这是因为胶盘完全落在导电银墨线路上。在偏移定位LED的右方，由于胶盘与银墨线路之间的接触面积变小，导电面积被缩小。记住，环氧导电胶粘剂与裸露的聚酯基材之间的最终粘合强度要比胶粘剂与银墨线路之间的粘合强度更大。银墨线路对基材的粘合强度不如环氧胶粘剂。即使偏移定位导致粘合强度和导电面积变小，但假如胶粘剂不汇流到一起而产生短路，并且两个导电胶盘都与银墨线路接触，那么LED仍然具有全部的功能。

偏离定位导致的粘合强度差异和易于发生电路短路的特点，正是使用透明UV固化密封材料或在导电胶盘之间涂布非导电胶粘剂的主要原因，从而可将尺寸较小的元件更加坚固地固定在基材上。费希尔先生声称，大多数生产商把非导电的中心胶盘主要用作阻碍物，以防止导电胶粘剂迁移和短路，并且透明的密封材料对元件的固定比非导电的中心胶

盘更加坚固。Nicomatic公司有约50%的客户在贴装元件时兼而使用了中心胶盘和密封材料。

我们业已发现有些客户将只使用一个非导电的中心胶盘支撑元件，在贴装元件之后将导电胶粘剂放置在元件阴极和阳极的外部边缘。也有这样的情况：将元件贴装在湿导电胶盘上，然后立即涂布透明密封材料，并用UV光使之固化；接着让胶粘剂在室温下交联。尽管这两种方法可能会减少因迁移或者渗胶而发生的电路短路，并且具有更快的生产速度，但是整体胶粘接合会受到损害。在电路经过测试后，由导电胶粘剂的细微裂痕而导致产生潜在故障的可能性也大为增加。

从历史上来看，薄膜开关行业被迫使用专为印刷电路板表面贴装领域而设计的LED。随着体积更小的印刷电路板不断涌现，电路板空间也变得极其珍贵，因而它所使用的元件必须在长度、宽度和高度上更小。大多数薄膜开关没有表面面积的限制，主要的限制因素是元件的高度，这要归因于间隔层的厚度。为了最大限度地降低元件高度，开关设计者被迫使用具有更小表面面积的0603封装LED。Nicomatic公司最近推出了一种封装高度仅为0.5mm的1206 LED产品，专为薄膜开关行业而设计（图13）。该元件可使薄膜开关设计者真正地消除因胶粘剂迁移和渗胶而导致的电路短路，同时最大限度地增加导电面积和粘合强度，并减少元件高度。

结论

薄膜开关表面贴装元件的技术和工艺业已在传统电路生产中被使用了数十年。尽管表面贴装生产的方法与薄膜开关生产商所使用的标准网印、模切和组装工序判若云泥，但仍然可以找到资源协助任何规模的薄膜开关生产企业引入可立即投入使用的表面贴装生产线。由于自动贴装锅仔片功能可被轻而易举地并入表面贴装工艺中，因而对设备所作的投资回报分析就变得更加有利。

随着产品定价在薄膜开关行业更具有竞争性，表面贴装技术提供了一种既能生产增值产品，还可以保持利润率的方法。

作者感谢Assembly Automation公司的麦克·斯祝恩先生提供技术信息和数据。

翻译：闵耀霞

电邮：mary-cmyk@sina.com

随着产品定价在薄膜开关行业更具有竞争性，表面贴装技术提供了一种既能生产增值产品，还可以保持利润率的方法。

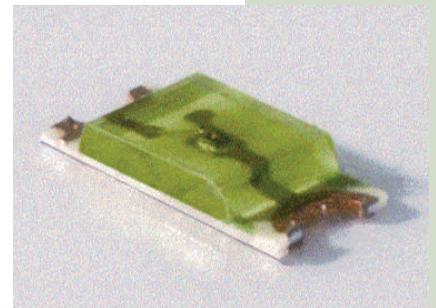


图13 Nicomatic专为薄膜开关行业设计的1206封装LED，高为0.5mm。