

## 【高速先生原创|制造工艺系列】常规阻抗控制只能是 10%的偏差

作者：王辉东      一博科技高速先生团队成员

### 常规阻抗控制只能是 10%的偏差（一）

#### 高温高压，终成一家-浅谈线路板的层压技术

上一篇文章，周伟抛出了一个问题：为什么常规阻抗控制只能是 10%的偏差？不少的朋友非常希望阻抗能控制到 5%，甚至我还听说过 2.5%的阻抗要求。

其实，阻抗控制常规是 10%偏差，稍微严格一点的，能做到 8%，有很多方面的原因：

- 1、板材来料本身的偏差
- 2、PCB 加工过程的蚀刻偏差
- 3、PCB 加工过程层压带来的流胶率等偏差
- 4、高速的时候，铜箔的表面粗糙度，PP 的玻纤效应，介质的 DF 频变效应等

了解阻抗，就一定要了解加工，后面的几篇文章，就来看看一些加工的知识，第一篇先来看看层压：

#### 1、 PCB 压合的原理

压合最主要的目的在于透过"热与压力"使 PP 结合不同内层芯板及外层铜箔，并利用外层铜箔作为外层线路之基地。而不同的 PP 组成搭配不同的内层板材与面铜则可调配出不同规格厚度的线路板。压合制程是 PCB 多层板制造最重要的制程，须达到压合后各项 PCB 基本质量指针。

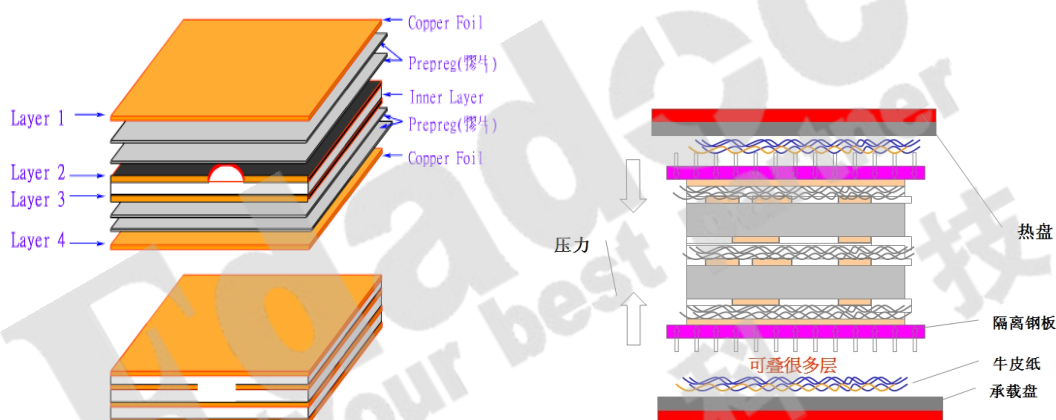
- 厚度：提供相关电气绝缘性、阻抗控制、及内层线路间之填胶。
- 结合性：提供与内层黑(棕)化及外层铜箔之接合。
- 尺寸稳定性：各内层板尺寸变化一致性，保障各层孔环对准度。
- 板翘：维持板材之平坦性。

#### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习

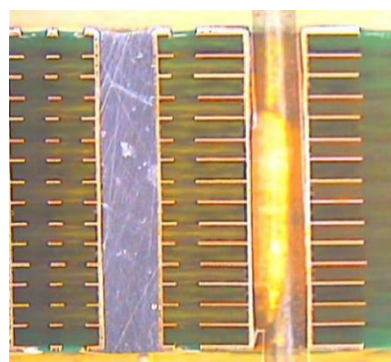
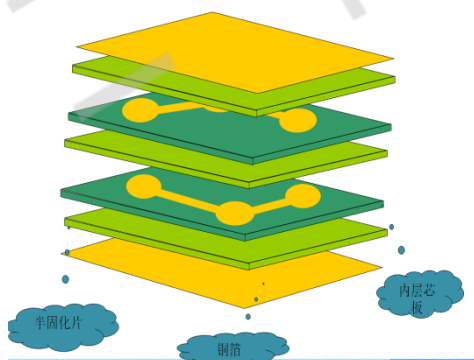


## 2、 PCB 压合的流程



压板工序必须具备的条件

A. 物质条件:



※制作好导线图形的内层芯板

※铜箔

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



※半固化片

B. 工艺条件:

※高温

※高压

### 3、 压合材料之 PP 介绍

特性:

半固化片的特性

A. RC% (Resin content): 指胶片中除了玻璃布以外, 树脂成分所占的重量百分比。RC%的多少直接影响到树脂填充导线间空隙的能力, 同时决定压板后的介电层厚度。

B. RF% ( Resin flow): 指压板后, 流出板外的树脂占原来半固化片总重的百分比。RF%是反映树脂流动性的指标, 它也决定压板后的介电层厚度

C. VC% (volatile content): 指半固化片经过干燥后, 失去的挥发成分的重量占原来重量的百分比。VC%的多少直接影响压板后的品质。

功能:

①作为内外层线路的结合介质。

②提供适当的绝缘层厚度, 胶片是由玻纤布与树脂组成, 同一种玻纤布胶片压合后的厚度差别主要是由不同的树脂含量来调整而不是由压合条件来决定。

③阻抗控制, 在主要四个影响因素中, Dk 值及介电层厚度两项是由胶片特性来决定, 所组成的胶片其 Dk 值可概由下列公式求出。

$Dk=6.01-3.34R$       R: 树脂含量 %

因此在估算阻抗时所使用的 Dk 值, 即可依迭合胶片组合中玻纤布及树脂之比例作推算。

规格:

下表即为各种胶片、含量、玻纤布规格一览表。

胶片规格	树脂含量 R.C	玻纤布	经纬纱数/in	布基重 g/M <sup>2</sup>
7628HR	50%	7628	44x33	208
7628MR	47%	7628	44x33	208

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码, 开始学习



7628	43%	7628	44x33	208
1506	48%	1506	47x46	164
2116HR	58%	2116	60x60	107
2116MR	54%	2116	60x60	107
2116	50%	2116	60x60	107
2113	56%	2113	60x56	78
2313	55%	2313	60x64	81
2112	60%	2112	40x40	72
1080HR	68%	1080	60x48	48
1080MR	65%	1080	60x48	48
1080	62%	1080	60x48	48
106	68%	106	56x56	26

PP 填胶后的实际厚度计算如下：

PP 压合后厚度

- 厚度= 单张 PP 理论厚度 - 填胶损失
- 填胶损失 = (1-A 面内层铜箔残铜率)x 内层铜箔厚度 + (1-B 面内层铜箔残铜率)x 内层铜箔厚度
- 内层残铜率=内层走线面积/整板面积



上图两个内层的残铜率如下所示：

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



Layer 1 :	22	56.653 sq/in (18%)
Layer 2 :	23	286.092 sq/in (92%)
Sum :		342.745 sq/in (55%)

请注意以上的公式，如果是在计算次外层的填胶损失，我们只需计算一面，不用计算外层的残铜率。如下：

填胶损失 = (1-内层铜箔残铜率) × 内层铜箔厚度

## 压合结构设计

- (1) 优先选用厚度较大的 thin core（尺寸稳定性相对较好）
- (2) 优先选用成本低之 PP(对于同种玻璃布型 PP,树脂含量高低基本不影响价格)
- (3) 优先选用结构对称的结构，避免成品后 PCB 翘曲。如下图为不称结构，不建议使用。



- (4) 介质层厚度 > 内层铜箔厚度 × 2
- (5) 1-2 层及 n-1/n 层间禁止单张使用低树脂含量 PP，如 7628 × 1（n 为层数）
- (6) 对于有 3 张或以上的半固化片排在一起或介电层厚度大于 25mil，除最外层与最里层使用 PP 外，中间 PP 用光板代替
- (7) 第 2 层、n-1 层为 2oz 底铜且 1-2 层及 n-1/n 层绝缘层厚度 < 14mil 时，禁止使用单张 PP，最外层需用高树脂含量 PP，如 2116、1080；残铜率小于 80% 的尽量避免使用单张 1080PP

### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





(8) 内层铜 1oz 的板，1-2 层及 n-1/n 层使用 1 张 PP 时,该 PP 需选用高树脂含量，除 7628×1 外

(9) 内层铜 $\geq 3\text{oz}$  的板禁止用单张 PP,一般不用 7628，须使用多张树脂含量高的 PP，如 106、1080、2116……

(10) 对于含有无铜区大于 3" × 3" 或 1" × 5" 的多层板,芯板间一般不单张使用 PP.

#### 问题来了

大家平常工作中是怎么考虑层压中的介质流失率的？阻抗设计的时候有哪些注意事项

高速先生欢迎您和我们一起进行交流，关注微信名（高速先生），直接将答案通过会话回复，参与互动答题即有机会获得奖品，回复关键词“奖品”查看更多。

## 常规阻抗控制只能是 10%的偏差（二）

### 想说爱你并不是容易的事-浅谈线路板的蚀刻技术

为什么常规阻抗控制只能是 10%的偏差，要搞明白这个问题，就一定要了解加工。第一篇我们讲了层压，第二篇来看看蚀刻。

#### 4、PCB 蚀刻介绍

蚀刻是使用化学反应而移除多余材料的技术。PCB 线路板生产加工对蚀刻质量的基本要求就是能够将除抗蚀层下面以外的所有铜层完全去除干净，仅此而已。在 PCB 制造过程中，如果要精确地界定蚀刻的质量，那么必须包括导线线宽的一致性和侧蚀程度，即蚀刻因子，下面就简要介绍蚀刻制程及蚀刻因子

**蚀刻的目的：**蚀刻的目的是将图形转移以后有图形的受抗蚀剂保护的地方保留，其他未受保护的铜蚀刻掉，最终形成线路，达到导通的目的。

#### 如何关注

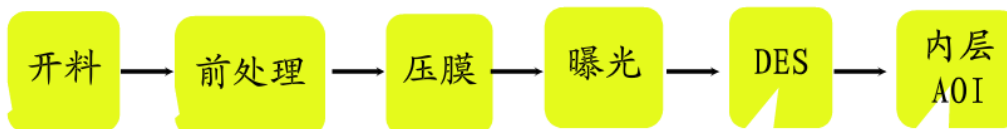
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



**蚀刻分类：**蚀刻有酸性蚀刻和碱性蚀刻两种，通常内层采用酸性蚀刻，湿膜或干膜为抗蚀剂。外层采用碱性蚀刻，锡铅为抗蚀剂。

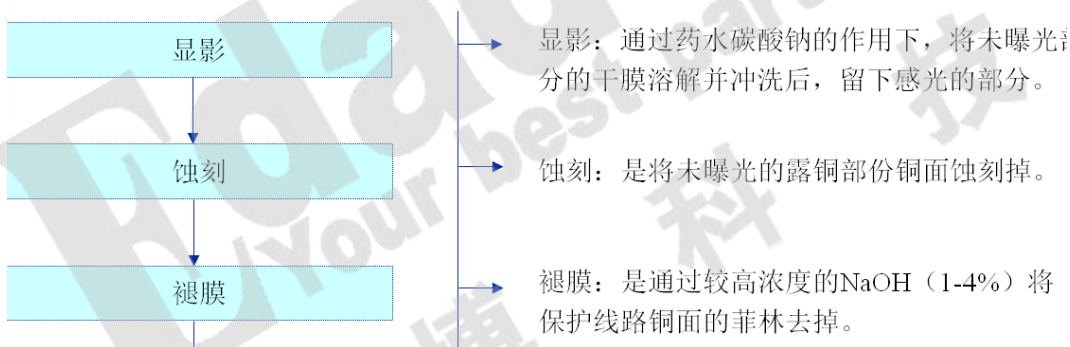
**DES 介绍：**DES 为显影、蚀刻、退膜的简称，蚀刻由显影、蚀刻、褪膜三大部份组成。显影为将未曝光部份溶解，曝光部份保留。显影的速度可按露铜点 50-70% 决定。蚀刻是将裸露的铜面蚀掉，从而得到我们所需的图形。褪膜是利用强碱能将干膜溶解原理，将干膜冲洗干净。NaOH 浓度控制 3-5%。浓度过高会造成板面氧化，太低又冲洗不干净。。

#### 5、内层蚀刻-酸性蚀刻流程



#### 线路蚀刻 (Circuitry etching)

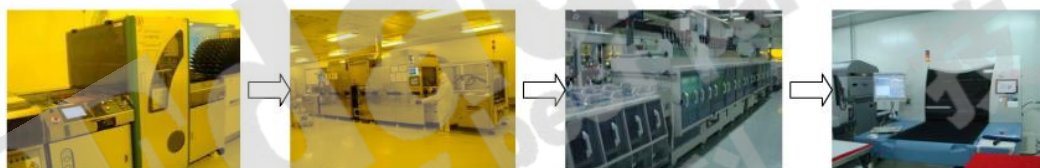
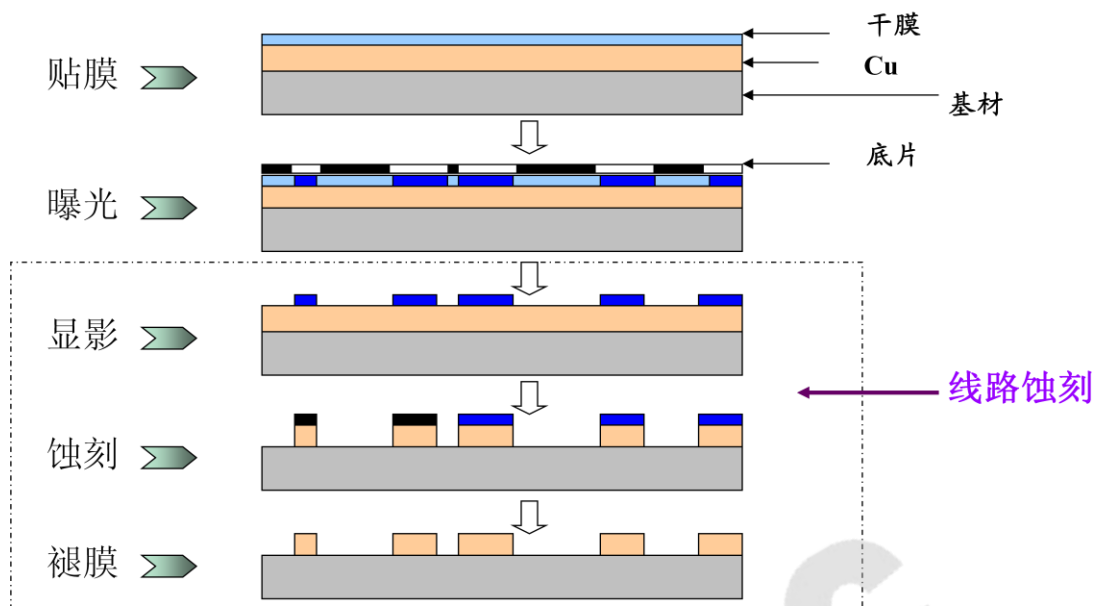
定义：利用感光材料，将设计的线路图形通过曝光/显影/蚀刻的工艺步骤，达至所需铜面线路图形。



#### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习

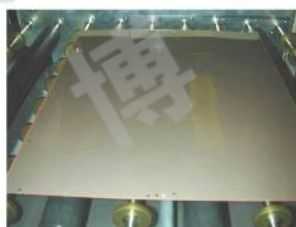




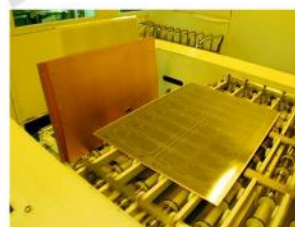
内层线路（微影）——实物图



压膜前



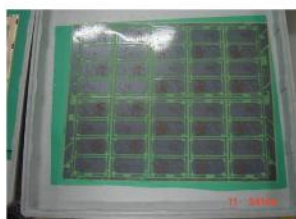
压膜后



曝光后



显影后



蚀刻后



去膜后

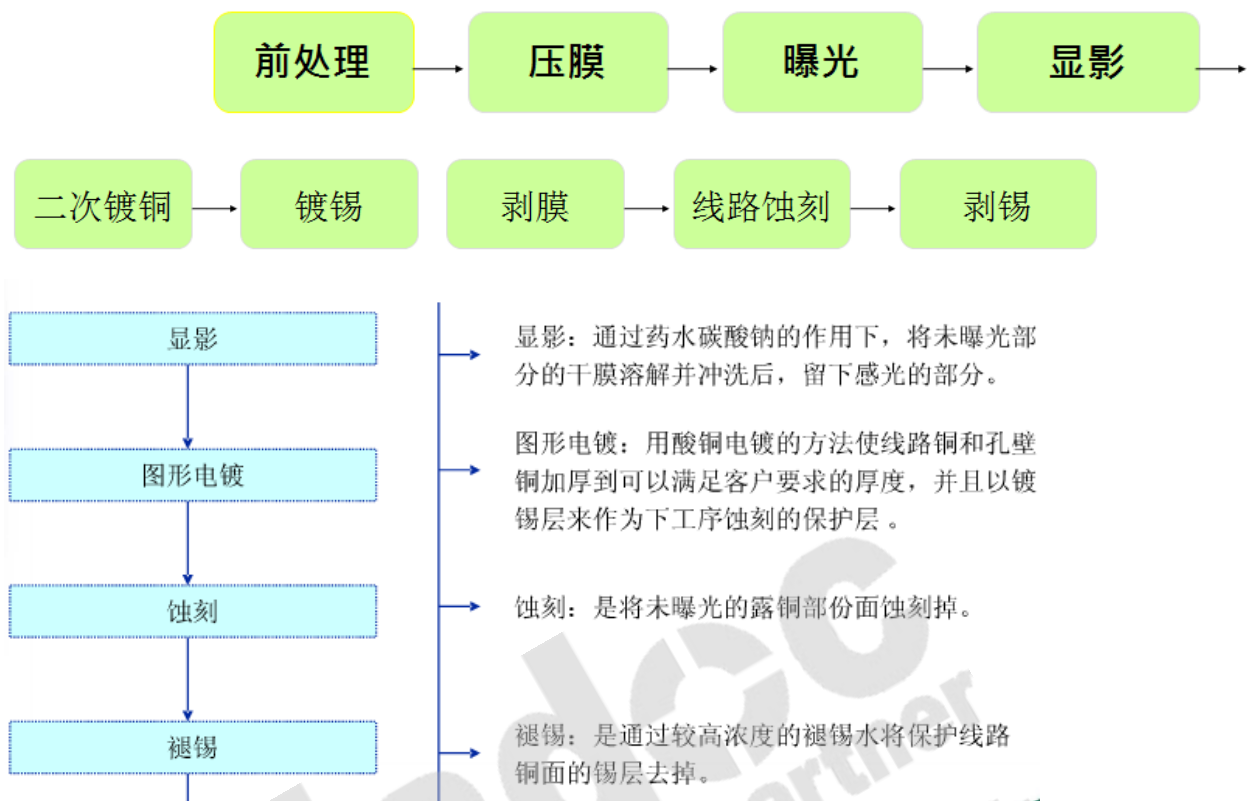
## 6、外层蚀刻-碱性蚀刻流程

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



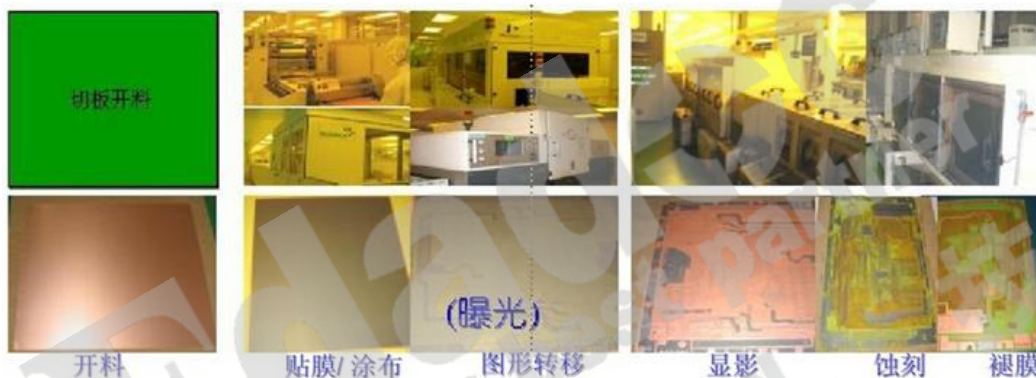
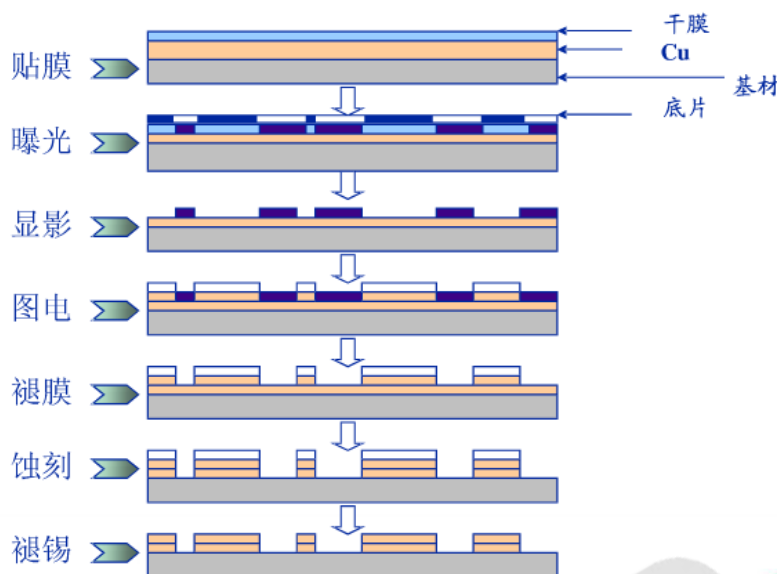




如何关注

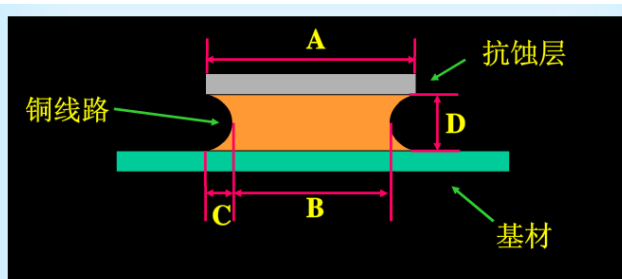
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





#### 4. 蚀刻因子

蚀刻液在蚀刻过程中，不仅向下而且对左右各方向都产生蚀刻作用侧蚀是不可避免的。侧蚀宽度与蚀刻深度之比称为蚀刻因子。我们的成品线路实际上是一倒立的梯形，蚀刻因子越小，蚀刻效果越好，阻抗控制得也越好。通常我们的蚀刻精度公差是 10mil 及以下的线宽按照 $\pm 1\text{MIL}$ 控制，10mil 以上的线宽公差按 $\pm 10\%$ 管控。线宽越小，蚀刻的精度公差越难控制，我们在设计时要考虑注意此点因素。



$$\text{Etching Factor (蚀刻因子)} = D/C$$

$$\text{Undercut} = (A-B)/2$$

#### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



### 7、蚀刻对阻抗的影响（线路在成品 1oz 的情况下）

	成品铜厚 (T1)	蚀刻补偿	上下导线宽之差 (W1,W2)
外层 线路	1.6-1.8mil	1.0-1.3mil	1mil
内层 线路	1.2mil	0.8-1.0mil	0.5mil

### 5. 总结

综上所述，我们设计的线宽，在蚀刻因子及蚀刻公差等各种因素的影响下，我们最终得到的成品线宽，不是我们想像中的那么完美，从而会最终影响到我们的阻抗值控制。

#### 问题来了

我们在日常设计时，针对蚀刻的影响，我们有哪些 DFM 相关的规则……

高速先生欢迎您和我们一起进行交流，关注微信名（高速先生），直接将答案通过会话回复，参与互动答题即有机会获得奖品，回复关键词“奖品”查看更多。

### 常规阻抗控制只能是 10% 的偏差（三）

铮铮傲骨有公差，华丽外衣藏玄机-浅谈线路板的板料公差和阻焊制程

#### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



为什么常规阻抗控制只能是 10% 的偏差，要搞明白这个问题，就一定要了解加工。第一篇我们讲了层压，第二篇来看看蚀刻。下面我们来看看 PCB 覆铜板材公差及 PCB 阻焊工序的制作。

PCB 中阻抗的控制与设计，决定着最终产品传输信号的好坏。而在加工 PCB 环节中，在正常的 PCB 设计条件下，主要有以下几个因素阻抗产生影响：

- 1、介质层厚度与阻抗值成正比。
- 2、介电常数与阻抗值成反比。
- 3、铜箔厚度与阻抗值成反比。
- 4、线宽与阻抗值成反比。
- 5、油墨厚度与阻抗值成反比。

本文将针对 PCB 的板料公差及阻焊制程做简要的论述。

## 8、覆铜板的来料公差

误差可避免，公差难消除。一切产品皆有公差，PCB 的覆铜板焉能例外。因设备及技术等因素的制约，公差有大有小。IPC-4101《刚性及多层印制板用基材规范》，规定覆铜板的尺寸公差要求包括长度、宽度、厚度、垂直度、弓曲和扭曲等几个公差要求。其中厚度及公差解释如下：覆铜板的厚度偏差分为两种，一种厚度公差包括金属箔的厚度，另一种不包括铜箔的芯板厚度。覆铜板（包括铜箔）厚度公差分三个等级（K、L 和 M），从 K 级至 M 级厚度偏差渐严。覆铜板（不包括铜箔）厚度偏差分四个等级（A、B、C、D），从 A 级至 D 级厚度偏差渐严。D 级为用显微剖切法测得覆铜板上下金属箔之间的绝缘基板的最小距离。覆铜板（包括和不包括铜箔）厚度偏差见下表：

### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



表 3-7 层压板厚度和公差

mm

层压板标称厚度	A/K 级	B/L 级	C/M 级	D 级
0.025-0.119	± 0.025	± 0.018	± 0.013	-0.013 +0.025
0.120-0.164	± 0.038	± 0.025	± 0.018	-0.018 +0.030
0.165-0.299	± 0.050	± 0.038	± 0.025	-0.025 +0.038
0.300-0.499	± 0.064	± 0.050	± 0.038	-0.038 +0.050
0.500-0.785	± 0.075	± 0.064	± 0.050	-0.050 +0.064
0.786-1.039	± 0.165	± 0.10	± 0.075	不适用
1.040-1.674	± 0.190	± 0.13	± 0.075	不适用
1.675-2.564	± 0.23	± 0.18	± 0.10	不适用
2.565-3.579	± 0.30	± 0.23	± 0.13	不适用
3.580-6.35	± 0.56	± 0.30	± 0.15	不适用

如果我们按照 C/L 级的标准去选择 PCB 板材，我们可以看出介质厚度公差：按我们常用的 3-6mil 芯板，来料介质厚度有 10%以上公差。更不要说 B/L 级和 A/K 级了，它们的公差更大。由此可以想象 PCB 板材公差对我们最终阻抗值的影响有多大，用牵一发而动全身来形容也不足为过。

## 9、PCB 的阻焊制程

大多数 PCB 是要印刷阻焊油墨的。阻焊油墨因为多数是绿色的，而通常被大家叫做绿油。它就相当 PCB 的一件外衣，除了衣着艳丽，美观大方之外呢，还有下面几个作用：

- 1.防止导体线路之间因为潮气、化学品等因素，造成线路板氧化、腐蚀,从而出现开路、短短路和接触不良等现象的发生。
- 2.防止在生产及装配元件的过程中因操作不良而导致开路、短路等现象的发生。
- 3.使线路板在各种酸碱环境与各种温湿度中绝缘，以保证线路板的良好电气性能。
- 4.塞孔防止各种不良隐患。

阻焊油墨的按照感光类型可分为感光型油墨和非感光型两种。目前我们大部分 PCB 广泛的采用感光性油墨，只有小部分 PCB 利用的非感光型油墨（热固化油墨）。

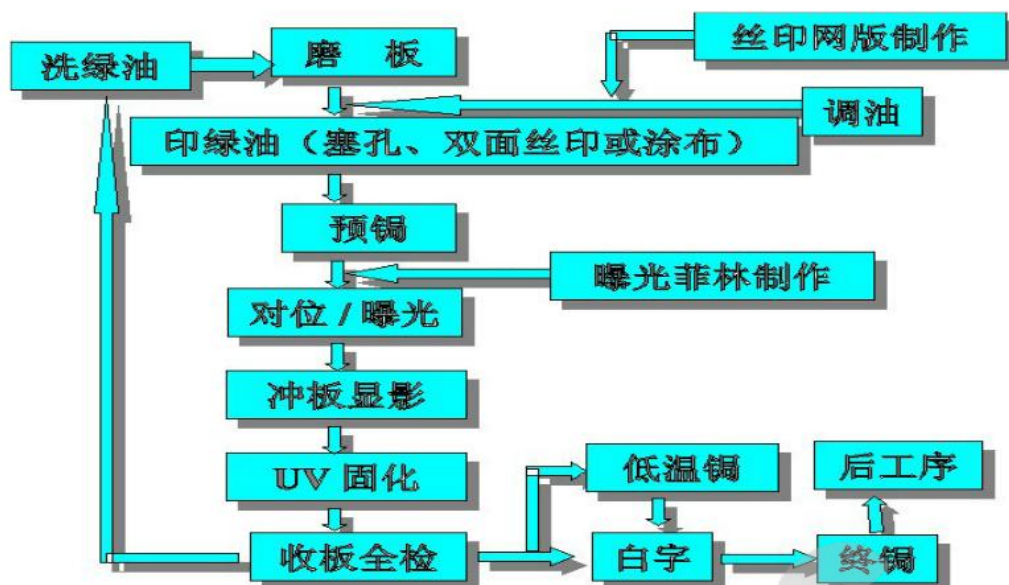
阻焊油墨按照颜色可分为绿、蓝、黄、白、黑等几种颜色。下图为阻焊的加工流程图：

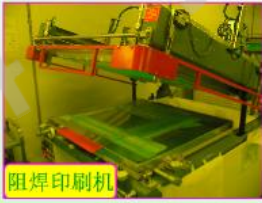

### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习







作业流程	流程概述	设备图
蚀刻来料磨刷	1. 刷磨: 利用磨刷机的酸洗、磨刷高压水洗及烘干烘干等去除铜面上之氧化层及表面垃圾, 以达到粗化、清洁板面之效果。	
A面印刷/预烘	2. 阻焊印刷: 利用网版在板面上印上一层均匀的油墨。	
B面印刷/预烘	3. 烘烤: 油墨印刷后的板经过预烘烤, 使板面上的油墨初步硬化、干燥。	
曝光	4. 曝光: 通过7kw紫外线光的照射, 透过菲林透明区散射到感光油墨区使其发生质变之过程。	
显影	5. 显影: 无曝光之板在经过有一定温度压力浓度的显液喷洒, 使未感光油墨区域均匀冲洗掉露出铜面之过程。	
检验	6. 后烤: 显影后的板经过后烤使板面上的油墨完全硬化。	
后烤		
检验/出货		

## 10、 PCB 的塞孔流程

1. 先塞孔后印板面油墨(采用三台印刷机)
2. 连塞带印(采用两台印刷机)
3. 于绿油加工前塞孔(一般采用用于 HDI/BGA 板印制)
4. 于喷锡后塞孔(塞孔量必须控制在 30~40%)

### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习

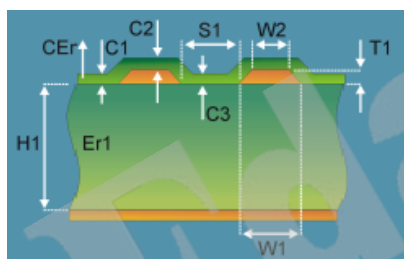


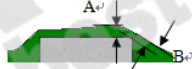
流程介绍：

前处理 → 塞孔 → 丝印 → 预烘 → 曝光 → 显影 → 固化

### 11、阻焊油墨对阻抗的影响

阻焊油墨对阻抗的影响，是不容忽视的，阻焊油墨影响阻抗的因素主要是阻焊油墨的介电常数及覆盖阻抗线的阻焊油厚度两个因素。阻焊对于阻抗的影响而言，油墨的介电常数越低越好。对于 PCB 厂家而言，一般使用油墨型号都是固定的，其介电常数的变化很小。只有在变换阻焊颜色时，介电常数才会有细小的变化。相对于介电常数，阻焊的油墨厚度对阻抗的影响最大。我们通常把阻焊的厚度分为三种：线边、线面、线间。其中线面处的厚度最薄，而两根走线之间因为形成了沟渠效应，油墨厚度最厚。我们在成品铜厚 10Z 的情况下，线边按 0.6mil，线面按 1.0mil，线间按 1.4mil 来计算。但是根据各个工厂自己实际的制程能力，最终的油墨厚度会有一定的差异。此点请根据实际情况，灵活运用。成品铜厚在 20Z 及以上时，为了防止假性漏铜，通常会印刷两次油墨，所以阻焊油墨的厚度和成品铜厚又有很大的关系，在计算阻抗时要考虑上述因素。



绿油厚度		<table><tr><td>管控项目</td></tr><tr><td>油墨厚度 (线边 B)</td></tr><tr><td>油墨厚度 (线面 A)</td></tr></table>	管控项目	油墨厚度 (线边 B)	油墨厚度 (线面 A)
管控项目					
油墨厚度 (线边 B)					
油墨厚度 (线面 A)					

### 12、总结

通过板材的公差及 PCB 的阻焊制程，我们了解到，在产品及制程上一些细微的公差及变动，都会对我们实际阻抗的控制有很大的影响。这样就促使我们在设计之初，就要考虑诸多因素对阻抗的影响。

【关于一博】

如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



一博科技专注于高速 PCB 设计、PCB 制板、焊接加工、物料供应等服务。作为全球最大的高速 PCB 设计公司，我司在中国、美国、日本设立研发机构，全球研发工程师 500 余人。超大规模的高速 PCB 设计团队，引领技术前沿，贴近客户需求。

一博旗下 PCB 板厂成立于 2009 年，位于广东四会（广州北 50KM），采用来自日本、德国的一流加工设备，TPS 精益生产管理以及品质管控体系的引入，致力为广大客户提供高品质、高多层的制板服务。

一博旗下 PCBA 总厂位于深圳，并在上海设立分厂，现有 12 条 SMT 产线，配备全新进口富士 XPF、NXT3、全自动锡膏印刷机、十温区回流炉等高端设备，并配有波峰焊、AOI、XRAY、BGA 返修台等配套设备，专注研发打样、中小批量的 SMT 贴片、组装等服务。

## 【关于高速先生】

高速先生由深圳市一博科技有限公司 R&D 技术研究部创办，用浅显易懂的方式讲述高速设计，成立至今保持每周发布两篇原创技术文章，已和大家分享了百余篇呕心沥血之作，深受业内专业人士欢迎，是中国高速电路第一自媒体品牌。



扫一扫，即可关注

### 如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习

