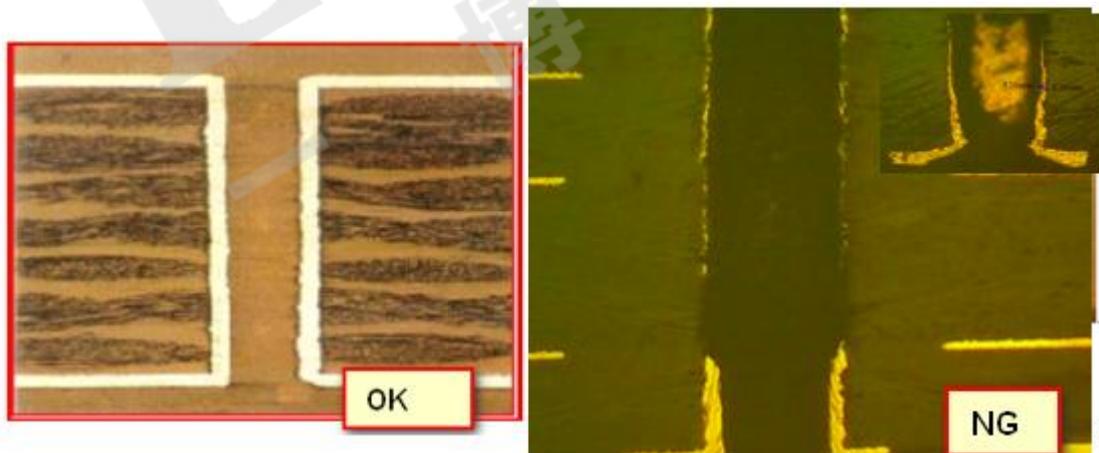


【高速先生原创|电源系列】孔铜厚度及面铜电镀厚度到底该怎么评估

作者：王辉东 一博科技高速先生团队队员

前不久，某客户自行设计和制造的一款小批量的 PCB,在我司的 PCBA 工厂贴装，贴装过程很顺利，但是在成品测试时，发现有 45%的不良，不是没有信号就是就是信号失真。经过多天排查，最终发现不良的原因是因为在 PCB 制作时，过孔孔铜厚度不均匀，PCB 过孔局部孔铜过薄，导致在回流焊接时，因为受热冲击的影响，过孔孔铜断裂，造成开路出现失效的不良。过孔局部铜厚过薄和过孔开路是 PCB 制造行业共同面临的重大技术课题之一，以往对过孔开路的讨论与研究文章多局限在 PCB 制板时板材的选用,因板材的 CTE 热膨胀系数较大，在后期装配冷热冲击导致孔铜开裂等失效案例的分析，而没有从 PCB 本身加工，孔铜电镀方面去分析解决问题。本文从 PCB 的电镀方面去分析过孔局部铜薄起因，告诉大家怎样从电镀方面避免因过孔铜薄而出现开路导致 PCB 失效。

客供 OK 及不良图片



一般而言，传统电路板的孔铜厚度大多数都要求在 0.8-1mil 之间。至于某些高密度电路板，比如 HDI，因为盲孔不易电镀同时为了细线制作的问题，会适度的降低对孔铜厚度的要求，因此也有最低成品孔铜厚度 0.4mil 以上的规格出现。但

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



是也有一些特殊的例子，例如：系统用的大型电路板，因为必须应付特殊的组装以及长时间使用的可靠性保证，因此要求孔内铜厚度高于 0.8mil 以上或更高。IPC-6012 里面对孔铜厚度是有明确的等级划分，因此需要什么样的孔铜规格，根据产品的需要，最终还是由客户指定的。

IPC 对产品等级通用的定义：

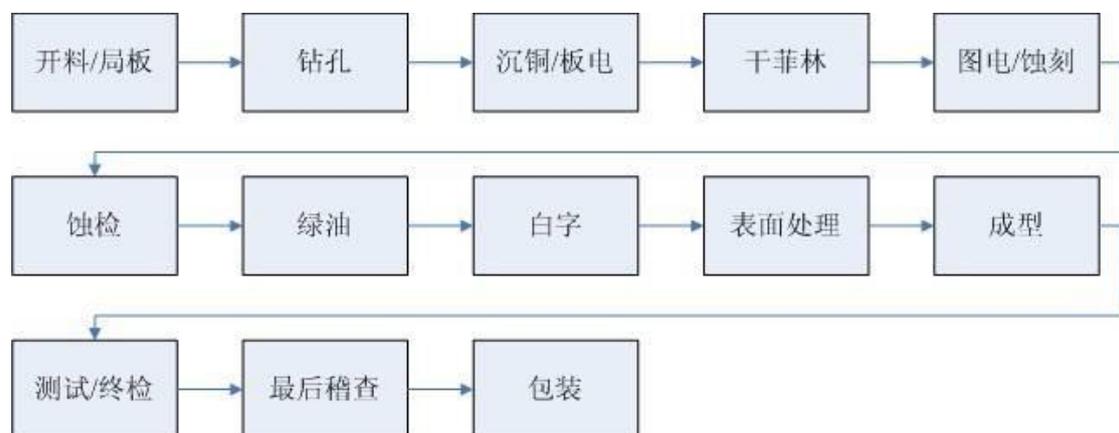
通用性：产品等级



• 最终等级界定取决于您的客户要求、订单及产品设计目标

我们回到我们文章的开头案例部分，怎么会出现孔铜开裂的失效情况呢，首先我们先要了解 PCB 的制作流程。

下图为常规 PCB 通用流程图：

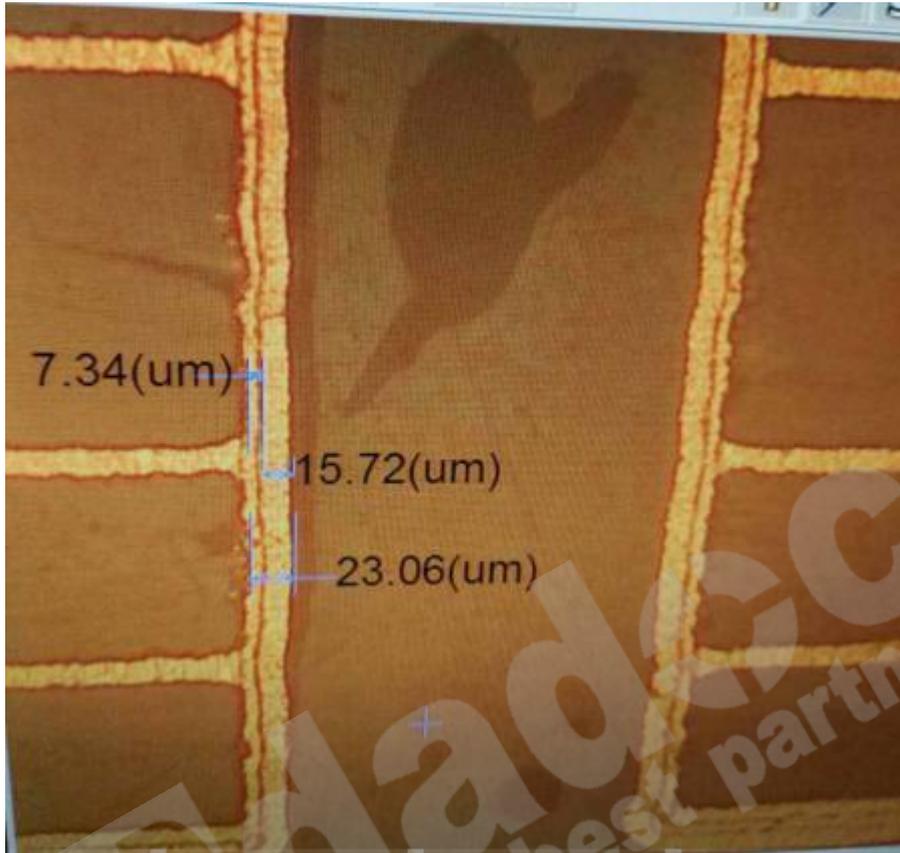


如何关注

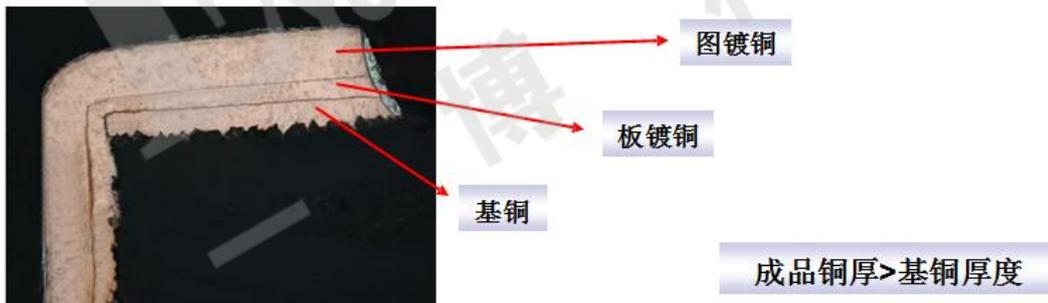
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



下图为孔铜各流程厚度示意图



下图为成品铜厚示意图



从上两个图中我们可以清楚看到，我们的 PCB 完成铜厚是由 PCB 的基铜厚度加上板电和图电最终厚度，也就是说完成铜厚大于 PCB 的基铜，而我们的 PCB 全部孔铜厚度，是在两流程中电镀完成，即全板电镀孔铜的厚度和图形电镀的铜厚度。

我们常规成品 10Z 成品铜厚，孔铜按 IPC 二级标准，我们通常一铜（全板电镀）的厚度为 5-7um,二铜（图形电镀）厚度为 13-15um，所以我们的孔铜厚度在 18-22um 之间，加上蚀刻和其它原因导致的损耗，我们的最终孔铜就在 20UM 左右。下图为关于孔铜的几种常用标准。

如何关注

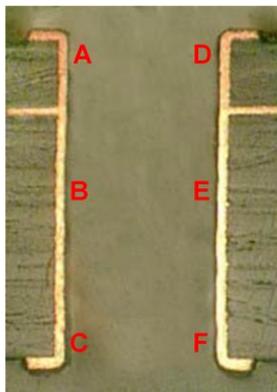
- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习



· 孔内铜厚标准要求(IPC-6012B、GJB 362A-96、QJ3103-99)

| 标准 | IPC-I | | IPC-II | | IPC-III | | GJB | | QJ | |
|------------|-------|----|--------|----|---------|----|-----|----|----|----|
| | 最薄 | 平均 | 最薄 | 平均 | 最薄 | 平均 | 最薄 | 平均 | 最薄 | 平均 |
| 孔内成品铜厚(um) | 18 | 20 | 18 | 20 | 20 | 25 | 20 | 25 | 20 | 25 |

下图是业界内关于孔铜厚度的计算常用方法：



⊠最薄铜厚：孔内最薄点的孔内铜厚

⊠平均铜厚：如图

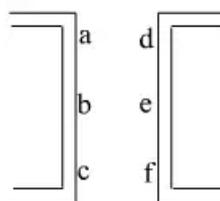
$$\text{平均铜厚} = \frac{A+B+C+D+E+F}{6}$$

通孔电镀是 PCB 制造流程中非常重要的一个环节，为实现不同层次的导电金属提供电器连接，需要在通孔的孔壁上镀上导电性良好的金属铜。随着终端产品的日趋激烈的竞争，势必对 PCB 产品的可靠性提出更高的要求，而通孔电镀层的厚度的厚度大小则成了衡量 PCB 可靠性保证的项目之一。影响 PCB 孔铜厚度的一个重要原因就是 PCB 电镀的深镀能力。

评估 PCB 镀通孔效果的一个重要指标就是孔内铜镀层厚度的均匀性。在 PCB 的行业中，深镀能力定义为孔铜中心镀层厚度与孔口铜镀层厚度的比值。如下图所示：深镀能力(TP)可表示为：

$$TP = \frac{2(\delta_b + \delta_e)}{\delta_a + \delta_c + \delta_d + \delta_f} \times 100\%$$

式中 δ_a 、 δ_b 、 δ_c 、 δ_d 、 δ_e 、 δ_f ——对应图 1-1 中各点的厚度



通孔模型示意图

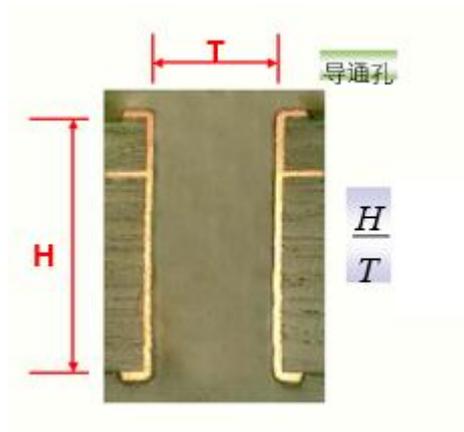
为了更好的阐述深镀能力，还经常用到板厚孔径比，即厚径比。

厚径比示意图：

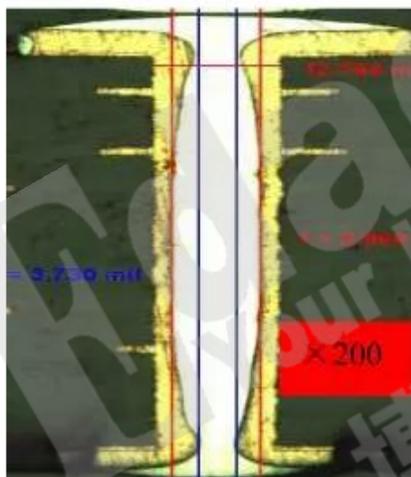
如何关注

- 1、搜索微信号“高速先生”
- 2、扫描右侧二维码，开始学习





从上图中我们可以看出厚径比小，就意味着 PCB 板不是太厚并且孔径较大，电镀过程中的电势分布比较均匀，孔中离子扩散度比较好，所以电镀液的深镀能力值往往比较大；反之，厚径比较高时，孔壁会表现为“狗骨”现象，（即上期文章中吴总提到孔口铜厚，孔中心铜薄的现象），镀液的深镀能力就较差。下图为客供不良切片：



通孔“狗骨”示意图

下表为某厂根据上述定义对 PCB 产品进行的分类及目前使用的电镀铜工艺的主要性能指标。

PCB 产品分类及电镀铜深镀能力指标

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



| 种类 | 普通高多层板 (12~20 层) | 背板 (10~40 层) | 高密互连板 (10~20 层) |
|-----------|---------------------|-----------------|--------------------|
| 板厚 (mm) | 2.0~3.0 | 4.0~8.0 | 盲孔深度: 0.075 |
| 最小孔径 (mm) | 0.25 | 0.5 | 0.075 |
| 最大厚径比 | 12:1 | 16:1 | 1:1 |
| 深镀能力 (%) | 60~70 | 50~60 | 50~60 |

不考虑其它因素的影响，目前我司的最大厚径比能做到 18: 1。高深镀能力对电镀是非常重要的。这也是目前很多线路板厂亟待解决的制程问题。

高深镀能力有如下的优势：

1.提高产品可靠性保证

孔壁电镀铜层厚度的均匀性提升，为 PCB 在后续的表面贴装及终端产品使用过程中的冷热冲击等提供了更好的保证，从而不会出现前期的失效问题，延长产品的使用寿命，提高产品的高可靠性。

2.提升工厂的生产效率

电镀工序一般是制造流程中的“瓶颈”工序，深镀能力的提升可缩短电镀时间，提高产能和效率。

3.降低产品的制造成本

PCB 工厂普遍认为：如果深镀能力在原来基础上提升 10%，则至少可以降低材料成本 10% 的消耗。此一项的直接收益就在百万元/年，更不包括提升产品品质后带来的一系列间接获益。

那么问题来了

我们电镀的目的是什么？影响电镀品质还有哪些因素？板厚纵横比对 PCB 的影响有哪些，从设计的角度怎么去优化？

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



【关于一博】

一博科技专注于高速 PCB 设计、PCB 制板、焊接加工、元器件供应等服务。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

