

PCB 制造流程及说明

一. PCB 演变

1.1 PCB 扮演的角色

PCB 的功能为提供完成第一层级构装的组件与其它必须的电子电路零件接合的基地, 以组成一个具特定功能的模块或成品。所以 PCB 在整个电子产品中, 扮演了整合连结总其成所有功能的角色, 也因此时常电子产品功能故障时, 最先被质疑往往就是 PCB。图 1.1 是电子构装层级区分示意。

1.2 PCB 的演变

1. 早于 1903 年 Mr. Albert Hanson 首创利用"线路"(Circuit)观念应用于电话交换机系统。它是用金属箔予以切割成线路导体, 将之黏着于石蜡纸上, 上面同样贴上一层石蜡纸, 成了现今 PCB 的机构雏型。见图 1.2

2. 至 1936 年, Dr Paul Eisner 真正发明了 PCB 的制作技术, 也发表多项专利。而今日之 print-etch (photo image transfer) 的技术, 就是沿袭其发明而来的。

1.3 PCB 种类及制法

在材料、层次、制程上的多样化以适合不同的电子产品及其特殊需求。以下就归纳一些通用的区别办法, 来简单介绍 PCB 的分类以及它的制造方法。

1.3.1 PCB 种类

A. 以材质分

a. 有机材质

酚醛树脂、玻璃纤维/环氧树脂、Polyamide、BT/Epoxy 等皆属之。

b. 无机材质

铝、Copper Inver-copper、ceramic 等皆属之。主要取其散热功能

B. 以成品软硬区分

a. 硬板 Rigid PCB

b. 软板 Flexible PCB 见图 1.3

c. 软硬板 Rigid-Flex PCB 见图 1.4

C. 以结构分

a. 单面板 见图 1.5

b. 双面板 见图 1.6

c. 多层板 见图 1.7

D. 依用途分: 通信/耗用性电子/军用/计算机/半导体/电测板..., 见图 1.8 BGA.

另有一种射出成型的立体 PCB, 因使用少, 不在此介绍。

1.3.2 制造方法介绍

A. 减除法, 其流程见图 1.9

B. 加成法, 又可分半加成与全加成法, 见图 1.10 1.11

C. 尚有其它因应 IC 封装的变革延伸而出的一些先进制程, 本光盘仅提及但不详加介绍, 因有许多尚属机密也不易取得, 或者成熟度尚不够。本光盘以传统负片多层板的制程为主轴, 深入浅出的介绍各个制程, 再辅以先进技术的观念来探讨未来的 PCB 走势。

二.制前准备

2.1.前言

台湾 PCB 产业属性, 几乎是以 O E M, 也就是受客户委托制作空板 (Bare Board) 而已, 不像美国, 很多 PCB Shop 是包括了线路设计, 空板制作以及装配(Assembly)的 Turn-Key 业务。以前, 只要客户提供的原始数据如 Drawing, Artwork, Specification, 再以手动翻片、排版、打带等作业, 即可进行制作, 但近年由于电子产品日趋轻薄短小, PCB 的制造面临了几个挑战: (1) 薄板 (2) 高密度 (3) 高性能 (4) 高速 (5) 产品周期缩短 (6) 降低成本等。以往以灯桌、笔刀、贴图及照相机做为制前工具, 现在已被计算机、工作软件及激光绘图机所取代。过去, 以手工排版, 或者还需要 Micro-Modifier 来修正尺寸等费时耗工的作业, 今天只要在 CAM(Computer Aided Manufacturing)工作人员取得客户的设计资料, 可能几小时内, 就可以依设计规则或 DFM(Design For Manufacturing)自动排版并变化不同的生产条件。同时可以 output 如钻孔、成型、测试治具等资料。

2.2.相关名词的定义与解说

A Gerber file

这是一个从 PCB CAD 软件输出的数据文件做为光绘图语言。1960 年代一家名叫 Gerber Scientific (现在叫 Gerber System) 专业做绘图机的美国公司所发展出的格式, 尔后二十年, 行销于世界四十多个国家。几乎所有 CAD 系统的发展, 也都依此格式作其 Output Data, 直接输入绘图机就可绘出 Drawing 或 Film, 因此 Gerber Format 成了电子业界的公认标准。

B. RS-274D

是 Gerber Format 的正式名称, 正确称呼是 EIA STANDARD RS-274D(Electronic Industries Association)主要两大组成: 1.Function Code: 如 G codes, D codes, M codes 等。
2.Coordinate data: 定义图像 (imaging)

C. RS-274X

是 RS-274D 的延伸版本, 除 RS-274D 之 Code 以外, 包括 RS-274X Parameters, 或称

整个 extended Gerber format 它以两个字母为组合, 定义了绘图过程的一些特性。

D. IPC-350

IPC-350 是 IPC 发展出来的一套 neutral format, 可以很容易由 PCB CAD/CAM 产生, 然后依此系统, PCB SHOP 再产生 NC Drill Program, Netlist, 并可直接输入 Laser Plotter 绘制底片。

E. Laser Plotter

见图 2.1, 输入 Gerber format 或 IPC 350 format 以绘制 Artwork

F. Aperture List and D-Codes

见表 2.1 及图 2.2, 举一简单实例来说明两者关系, Aperture 的定义亦见图 2.1

2.3. 制前设计流程:

2.3.1 客户必须提供的数据:

电子厂或装配工厂, 委托 PCB SHOP 生产空板 (Bare Board) 时, 必须提供下列数据以供制作。见表料号数据表-供制前设计使用。

上表数据是必备项目, 有时客户会提供一片样品, 一份零件图, 一份保证书 (保证制程中使用之原物料、耗料等不含某些有毒物质) 等。这些额外数据, 厂商须自行判断其重要性, 以免误了商机。

2.3.2 .资料审查

面对这么多的数据, 制前设计工程师接下来所要进行的工作程序与重点, 如下所述。

A. 审查客户的产品规格, 是否厂内制程能力可及, 审查项目见承接料号制程能力检查表。

B. 原物料需求 (BOM-Bill of Material)

根据上述资料审查分析后, 由 BOM 的展开, 来决定原物料的厂牌、种类及规格。主要的原物料包括了: 基板 (Laminate)、胶片 (Prepreg)、铜箔 (Copper foil)、防焊油墨 (Solder Mask)、文字油墨 (Legend) 等。另外客户对于 Finish 的规定, 将影响流程的选择, 当然会有不同的物料需求与规格, 例如: 软、硬金、喷锡、OSP 等。

表归纳客户规范中, 可能影响原物料选择的因素。

C. 上述乃属新数据的审查, 审查完毕进行样品的制作.若是旧资料,则须 Check 有无户 ECO (Engineering Change Order) .再进行审查.

D.排版

排版的尺寸选择将影响该料号的获利率。因为基板是主要原料成本（排版最佳化，可减少板材浪费）；而适当排版可提高生产力并降低不良率。

有些工厂认为固定某些工作尺寸可以符合最大生产力，但原物料成本增加很多.下列是一些考虑的方向：

一般制作成本，直、间接原物料约占总成本 30~60%，包含了基板、胶片、铜箔、防焊、干膜、钻头、重金属（铜、锡、铅），化学耗品等。而这些原物料的耗用，直接和排版尺寸恰当与否有关系。大部份电子厂做线路 Layout 时，会做连片设计，以使装配时能有最高的生产力。因此，PCB 工厂之制前设计人员，应和客户密切沟通，以使连片 Layout 的尺寸能在排版成工作 PANEL 时可有最佳的利用率。要计算最恰当的排版，须考虑以下几个因素。

a.基材裁切最少刀数与最大使用率（裁切方式与磨边处理须考虑进去）。

b.铜箔、胶片与干膜的使用尺寸与工作 PANEL 的尺寸须搭配良好，以免浪费。

c.连片时，piece 间最小尺寸，以及板边留做工具或对位系统的最小尺寸。

d.各制程可能的最大尺寸限制或有效工作区尺寸。

e.不同产品结构有不同制作流程，及不同的排版限制，例如，金手指板，其排版间距须较大且有方向的考量，其测试治具或测试次序规定也不一样。较大工作尺寸，可以符合较大生产力，但原物料成本增加很多,而且设备制程能力亦需提升，如何取得一个平衡点，设计的准则与工程师的经验是相当重要的。

2.3.3 着手设计

所有数据检核齐全后，开始分工设计：

A. 流程的决定(Flow Chart) 由数据审查的分析确认后，设计工程师就要决定最适切的流程步骤。传统多层板的制作流程可分作两个部分:内层制作和外层制作.以下图标几种代表性流程供参考.见图 2.3 与 图 2.4

B. CAD/CAM 作业

a. 将 Gerber Data 输入所使用的 CAM 系统, 此时须将 apertures 和 shapes 定义好。目前, 已有很多 PCB CAM 系统可接受 IPC-350 的格式。部份 CAM 系统可产生外型 NC Routing 档, 不过一般 PCB Layout 设计软件并不会产生此文件。有部份专业软件或独立或配合 NC Router, 可设定参数直接输出程序。

Shapes 种类有圆、正方、长方, 亦有较复杂形状, 如内层之 thermal pad 等。着手设计时, Aperture code 和 shapes 的关连要先定义清楚, 否则无法进行后面一系列的设计。

b. 设计时的 Check list

依据 check list 审查后, 当可知道该制作料号可能的良率以及成本的预估。

c. Working Panel 排版注意事项:

—PCB Layout 工程师在设计时, 为协助提醒或注意某些事项, 会做一些辅助的记号做参考, 所以必须在进入排版前, 将之去除。下表列举数个项目, 及其影响。

—排版的尺寸选择将影响该料号的获利率。因为基板是主要原料成本 (排版最佳化, 可减少板材浪费); 而适当排版可提高生产力并降低不良率。

有些工厂认为固定某些工作尺寸可以符合最大生产力, 但原物料成本增加很多。下列是一些考虑的方向:

一般制作成本, 直、间接原物料约占总成本 30~60%, 包含了基板、胶片、铜箔、防焊、干膜、钻头、重金属 (铜、锡、铅、金), 化学耗品等。而这些原物料的耗用, 直接和排版尺寸恰当与否有关系。大部份电子厂做线路 Layout 时, 会做连片设计, 以使装配时能有最高的生产力。因此, PCB 工厂之制前设计人员, 应和客户密切沟通, 以使连片 Layout 的尺寸能在排版成工作 PANEL 时可有最佳的利用率。要计算最恰当的排版, 须考虑以下几个因素。

1. 基材裁切最少刀数与最大使用率 (裁切方式与磨边处理须考虑进去)。

2. 铜箔、胶片与干膜的使用尺寸与工作 PANEL 的尺寸须搭配良好, 以免浪费。

3. 连片时, piece 间最小尺寸, 以及板边留做工具或对位系统的最小尺寸。

4. 各制程可能的最大尺寸限制或有效工作区尺寸。

5 不同产品结构有不同制作流程, 及不同的排版限制, 例如, 金手指板, 其排版间距须较大且有方向的考量, 其测试治具或测试次序规定也不一样。

较大工作尺寸,可以符合较大生产力,但原物料成本增加很多,而且设备制程能力亦需提升,如何取得一个平衡点,设计的准则与工程师的经验是相当重要的。

一进行 working Panel 的排版过程中,尚须考虑下列事项,以使制程顺畅,表排版注意事项。

d. 底片与程序:

一底片 Artwork 在 CAM 系统编辑排版完成后,配合 D-Code 档案,而由雷射绘图机 (Laser Plotter) 绘出底片。所须绘制的底片有内外层之线路,外层之防焊,以及文字底片。

由于线路密度愈来愈高,容差要求越来越严谨,因此底片尺寸控制,是目前很多 PCB 厂的一大课题。表是传统底片与玻璃底片的比较表。玻璃底片使用比例已有提高趋势。而底片制造商亦积极研究替代材料,以使尺寸之安定性更好。例如干式做法的铋金属底片。

一般在保存以及使用传统底片应注意事项如下:

- 1.环境的温度与相对温度的控制
- 2.全新底片取出使用的前置适应时间
- 3.取用、传递以及保存方式
- 4.置放或操作区域的清洁度

一程序

含一、二次孔钻孔程序,以及外形 Routing 程序其中 NC Routing 程序一般须另行处理

e. DFM—Design for manufacturing .PCB layout 工程师大半不太了解,PCB 制作流程以及各制程需要注意的事项,所以在 Lay-out 线路时,仅考虑电性、逻辑、尺寸等,而甚少顾及其它。PCB 制前设计工程师因此必须从生产力,良率等考量而修正一些线路特性,如圆形接线 PAD 修正成泪滴状,见图 2.5,为的是制程中 PAD 一孔对位不准时,尚能维持最小的垫环宽度。

但是制前工程师的修正,有时却会影响客户产品的特性甚或性能,所以不得不谨慎。PCB 厂必须有一套针对厂内制程上的特性而编辑的规范除了改善产品良率以及提升生产力外,也可做为和 PCB 线路 Lay-out 人员的沟通语言,见图 2.6。

C. Tooling

指 AOI 与电测 Netlist 檔..AOI 由 CAD reference 文件产生 AOI 系统可接受的数据、且含容差, 而电测 Net list 档则用来制作电测治具 Fixture。

2.4 结语

颇多公司对于制前设计的工作重视的程度不若制程,这个观念一定要改,因为随着电子产品的演变,PCB 制作的技术层次愈困难,也愈须要和上游客户做最密切的沟通,现在已不是任何一方把工作做好就表示组装好的产品没有问题,产品的使用环境, 材料的物,化性, 线路 Lay-out 的电性, PCB 的信赖性等,都会影响产品的功能发挥.所以不管软件,硬件,功能设计上都有很好的进展,人的观念也要有所突破才行.

三. 基板

印刷电路板是以铜箔基板 (Copper-clad Laminate 简称 CCL) 做为原料而制造的电器或电子的重要机构组件,故从事电路板之上下游业者必须对基板有所了解:有那些种类的基板,它们是如何制造出来的,使用于何种产品, 它们各有那些优缺点,如此才能选择适当的基板.表 3.1 简单列出不同基板的适用场合.

基板工业是一种材料的基础工业, 是由介电层 (树脂 Resin , 玻璃纤维 Glass fiber), 及高纯度的导体 (铜箔 Copper foil)二者所构成的复合材料 (Composite material), 其所牵涉的理论及实务不输于电路板本身的制作。以下即针对这二个主要组成做深入浅出的探讨.

3.1 介电层

3.1.1 树脂 Resin

3.1.1.1 前言

目前已使用于线路板之树脂类别很多,如酚醛树脂 (Phenetic)、环氧树脂 (Epoxy)、聚亚醯胺树脂 (Polyamide)、聚四氟乙烯 (Polytetrafluorethylene, 简称 PTFE 或称 TEFLON), B 一三氮 树脂 (Bismaleimide Triazine 简称 BT) 等皆为热固型的树脂 (Thermosetted Plastic Resin)。

3.1.1.2 酚醛树脂 Phenolic Resin

是人类最早开发成功而又商业化的聚合物。是由液态的酚 (phenol) 及液态的甲醛 (Formaldehyde 俗称 Formalin) 两种便宜的化学品, 在酸性或碱性的催化条件下发生立体架桥 (Crosslinkage) 的连续反应而硬化成为固态的合成材料。其反应化学式见图 3.1

1910 年有一家叫 Bakelite 公司加入帆布纤维而做成一种坚硬强固, 绝缘性又好的材

料称为 Bakelite, 俗名为电木板或尿素板。

美国电子制造业协会(NEMA-National Electrical Manufacturers Association) 将不同的组合冠以不同的编号代字而为业者所广用, 现将酚醛树脂之各产品代字列表, 如表 NEMA 对于酚醛树脂板的分类及代码

表中纸质基板代字的第一个 "X" 是表示机械性用途, 第二个 "X" 是表示可用电性用途。第三个 "X" 是表示可用有无线电波及高湿度的场所。"P" 表示需要加热才能冲板子 (Punchable), 否则材料会破裂, "C" 表示可以冷冲加工 (cold punchable), "FR" 表示树脂中加有不易着火的物质使基板有难燃 (Flame Retardent) 或抗燃(Flame resistance) 性。

纸质板中最畅销的是 XXXPC 及 FR-2。前者在温度 25 °C 以上,厚度在.062in 以下就可以冲制成型很方便, 后者的组合与前完全相同, 只是在树脂中加有三氧化二锑增加其难燃性。以下介绍几个较常使用纸质基板及其特殊用途:

A 常使用纸质基板

a. XPC Grade: 通常应用在低电压、低电流不会引起火源的消费性电子产品, 如玩具、手提收音机、电话机、计算器、遥控器及钟表等等。UL94 对 XPC Grade 要求只须达到 HB 难燃等级即可。

b. FR-1 Grade: 电气性、难燃性优于 XPC Grade, 广泛使用于电流及电压比 XPC Grade 稍高的电器用品, 如彩色电视机、监视器、VTR、家庭音响、洗衣机及吸尘器等。UL94 要求 FR-1 难燃性有 V-0、V-1 与 V-2 不同等级, 不过由于三种等级板材价位差异不大, 而且考虑安全起见, 目前电器界几乎全采用 V-0 级板材。

c. FR-2 Grade: 在与 FR-1 比较下, 除电气性能要求稍高外, 其它物性并没有特别之处, 近年来在纸质基板业者努力研究改进 FR-1 技术, FR-1 与 FR-2 的性质界线已渐模糊,FR-2 等级板材在不久将来可能会在偏高价格因素下被 FR-1 所取代。

B. 其它特殊用途:

a. 铜镀通孔用纸质基板

主要目的是计划取代部份物性要求并不高的 FR-4 板材, 以便降低 PCB 的成本。

b. 银贯孔用纸质基板

时下最流行取代部份物性要求并不很高的 FR-4 作通孔板材, 就是银贯孔用 纸质基板印刷电路板两面线路的导通, 可直接借由印刷方式将银胶(Silver Paste) 涂布于孔壁上, 经由高温硬化, 即成为导通体, 不像一般 FR-4 板材的铜镀通孔, 需经由活化、化学铜、电镀铜、锡铅等繁杂手续。

b-1 基板材质

1) 尺寸安定性:

除要留意 X、Y 轴(纤维方向与横方向)外, 更要注意 Z 轴(板材厚度方向), 因热胀冷缩及加热减量因素容易造成银胶导体的断裂。

2) 电气与吸水性: 许多绝缘体在吸湿状态下, 降低了绝缘性, 以致提供金属在电位差趋动力下 发生移行的现象,FR-4在尺寸安性、电气性与吸水性方面都比FR-1及XPC佳, 所以生产银贯孔印刷电路板时, 要选用特制 FR-1 及 XPC 的纸质基板 板材。

b.-2 导体材质

1) 导体材质 银及碳墨贯孔印刷电路的导电方式是利用银及石墨微粒镶嵌在聚合体内, 藉由微粒的接触来导电, 而铜镀通孔印刷电路板, 则是借由铜本身是连贯的 结晶体而产生非常顺畅的导电性。

2) 延展性:

铜镀通孔上的铜是一种连续性的结晶体, 有非常好的延展性, 不会像银、 碳墨胶在热胀冷缩时, 容易发生界面的分离而降低导电度。

3) 移行性:

银、铜都是金属材质, 容易发性氧化、还原作用造成锈化及移行现象, 因 电位差的不同, 银比铜在电位差趋动力下容易发生银迁移(Silver Migration)。

c. 碳墨贯孔(Carbon Through Hole)用纸质基板.

碳墨胶油墨中的石墨不具有像银的移行特性, 石墨所担当的角色仅仅是作简单的讯号传递者, 所以 PCB 业界对积层板除了碳墨胶与基材的密着性、翘 曲度外, 并没有特别要求. 石墨因有良好的耐磨性, 所以 Carbon Paste 最早期 是被应用来取代 Key Pad 及金手指上的镀金, 而后延伸到扮演跳线功能。 碳墨贯孔印刷电路板的负载电流通常设计的很低, 所以业界大都采用 XPC 等级, 至于厚度方面, 在考虑轻、薄、短、小与印刷贯孔性因素下, 常通选 用 0.8、1.0 或 1.2mm 厚板材。

d. 室温冲孔用纸质基板 其特征是纸质基板表面温度约 40℃以下, 即可作 Pitch 为 1.78mm 的 IC 密 集孔的冲模, 孔间不会发生裂痕, 并且以减低冲模时纸质基板冷却所造成线路精准度的偏差, 该类纸质基板非常适用于细线路及大面积的印刷电路板。

e. 抗漏电压(Anti-Track)用纸质基板 人类的生活越趋精致, 对物品的要求且也就越讲就短小轻薄, 当印刷电路板的线路设计越密集, 线距也就越小, 且在高功能性的要求下, 电流负载变大了, 那么线路间就容易因发生电弧破坏基材的绝缘性而造成漏电, 纸质基板 业界为解决该类问题, 有供应采用特殊背胶的铜箔所制成的抗漏电压 用纸质基板

2.1.2 环氧树脂 Epoxy Resin

是目前印刷线路板业用途最广的底材。在液态时称为清漆或称凡立水 (Varnish) 或称为 A-stage, 玻璃布在浸胶半干成胶片后再经高温软化液化而呈现黏着性而用于双面基板制作或多层板之压合用称 B-stage prepreg, 经此压合再硬化而无法回复之最终状态称为 C-stage。

2.1.2.1 传统环氧树脂的组成及其性质

用于基板之环氧树脂之单体一向都是 Bisphenol A 及 Epichlorohydrin 用 dicy 做为架桥剂所形成的聚合物。为了通过燃性试验(Flammability test), 将上述仍在液态的树脂再与 Tetrabromo-Bisphenol A 反应而成为最熟知 FR-4 传统环氧树脂。现将产品之主要成份列于后:

单体 --Bisphenol A, Epichlorohydrin

架桥剂(即硬化剂) --双氰 Dicyandiamide 简称 Dicy

速化剂 (Accelerator)--Benzyl-Dimethylamine (BDMA) 及 2-Methylimidazole (2-MI)

溶剂 --Ethylene glycol monomethyl ether (EGMME) Dimethyl formamide (DMF) 及稀释剂 Acetone, MEK。

填充剂(Additive) --碳酸钙、硅化物、及氢氧化铝 或 化物等增加难燃效果。填充剂可调整其 T_g 。

A. 单体及低分子量之树脂

典型的传统树脂一般称为双功能的环气树脂 (Difunctional Epoxy Resin), 见图 3.2. 为了达到使用安全的目的, 特于树脂的分子结构中加入溴原子, 使产生部份碳溴之结合而呈现难燃的效果。也就是说当出现燃烧的条件或环境时, 它要不容易被点燃, 万一已点燃在燃烧环境消失后, 能自己熄灭而不再继续延烧。见图 3.3. 此种难燃材料在 NEMA 规范中称为 FR-4。(不含溴的树脂在 NEMA 规范中称为 G-10) 此种含溴环氧树脂的优点很多如介电常数很低, 与铜箔的附着力很强, 与玻璃纤维结合后之挠性强度很不错等。

B. 架桥剂(硬化剂)

环氧树脂的架桥剂一向都是 Dicey, 它是一种隐性的 (latent) 催化剂, 在高温 160°C 之下才发挥其架桥作用, 常温中很安定, 故多层板 B-stage 的胶片才不致无法储存。但 Dicey 的缺点却也不少, 第一是吸水性 (Hygroscopicity), 第二个缺点是难溶性。溶不掉自然难以在液态树脂中发挥作用。早期的基板商并不了解下游电路板装配工业问题, 那时的 dicey 磨的不是很细, 其溶不掉的部份混在底材中, 经长时间聚集的吸水后会发针状的再结晶, 造成许多爆板的问题。当然现在的基板制造商都很清楚它的严重性, 因此已改善此点。

C. 速化剂

用以加速 epoxy 与 dicey 之间的架桥反应, 最常用的有两种即 BDMA 及 2-MI。

D. T_g 玻璃态转化温度

高分子聚合物因温度之逐渐上升导致其物理性质渐起变化, 由常温时之无定形或部份结晶之坚硬及脆性如玻璃一般的物质而转成为一种黏滞度非常高, 柔软如橡皮一般的另一种状态。传统 FR4 之 T_g 约在 $115-120^{\circ}\text{C}$ 之间, 已被使用多年, 但近年来由于电子产品各种性能要求愈来愈高, 所以对材料的特性也要求日益严苛, 如抗湿性、抗化性、抗溶剂性、抗热性, 尺寸安定性等都要改进, 以适应更广泛的用途, 而这些性质都与树脂的 T_g 有关, T_g 提高之后上述各种性质也都自然变好。例如 T_g 提高后, a. 其耐热性增强, 使基板在 X 及 Y 方向的膨胀减少, 使得板子在受热后铜线路与基材之间附着力不致减弱太多, 使线路有较好的附着力。b. 在 Z 方向的膨胀减小后, 使得通孔之孔壁受热后不易被底材所拉断。c. T_g 增高后, 其树脂中架桥之密度必定提高很多使其有更好的抗水性及防溶剂性, 使板子受热后不易发生白点或织纹显露, 而有更好的强度及介电性。至于尺寸的安定性, 由于自动插装或表面装配之严格要求就更为重要了。因而近年来如何提高环氧树脂之 T_g 是基板材料所追求的要务。

E. FR4 难燃性环氧树脂

传统的环氧树脂遇到高温着火后若无外在因素予以扑灭时, 会不停的一直燃烧下去直到分子中的碳氢氧或氮燃烧完毕为止。若在其分子中以溴取代了氢的位置, 使可燃的碳氢键化合物一部份改换成不可燃的碳溴键化合物则可大大的降低其可燃性。此种加溴之树脂难燃性自然增强很多, 但却降低了树脂与铜皮以及玻璃间的黏着力, 而且万一着火后更会放出剧毒的溴气, 会带来的不良后果。

3.1.2.2 高性能环氧树脂(Multifunctional Epoxy)

传统的 FR4 对今日高性能的线路板而言已经力不从心了, 故有各种不同的树脂与原有的环氧树脂混合以提升其基板之各种性质,

A. Novolac

最早被引进的是酚醛树脂中的一种叫 Novolac 者, 由 Novolac 与环氧氯丙烷所形成的酯类称为 Epoxy Novolacs, 见图 3.4 之反应式. 将此种聚合物混入 FR4 之树脂, 可大大改善其抗水性、抗化性及尺寸安定性, T_g 也随之提高, 缺点是酚醛树脂本身的硬度及脆性都很高而易钻头, 加之抗化性能力增强, 对于因钻孔而造成的胶渣 (Smear) 不易除去而造成多层板 PTH 制程之困扰。

B. Tetrafunctional Epoxy

另一种常被添加于 FR4 中的是所谓 " 四功能的环氧树脂 " (Tetrafunctional Epoxy Resin). 其与传统 " 双功能 " 环氧树脂不同之处是具立体空间架桥, 见图 3.5, T_g 较高能抗较差的热环境, 且抗溶剂性、抗化性、抗湿性及尺寸安定性也好很多, 而且不会发生像 Novolac 那样的缺点。最早是美国一家叫 Polyclad 的基板厂所引进的。四功能比起 Novolac 来还有一种优点就是有更好的均匀混合。为保持多层板除胶渣的方便起见, 此种四功能的基板在钻孔后最好在烤箱中以 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烤 2-4 小时, 使孔壁露出的树脂产生氧化作用, 氧化后的树脂较容易被蚀除, 而且也增加树脂进一步的架桥聚合, 对后来的制程也有帮助。因为脆性的关系, 钻孔要特别注意。

上述两种添加树脂都无法溴化, 故加入一般 FR4 中会降低其难燃性。

3.1.2.3 聚亚醯胺树脂 Polyimide(PI)

A. 成份

主要由 Bismaleimide 及 Methylene Dianiline 反应而成的聚合物, 见图 3.6.

B. 优点

电路板对温度的适应会愈来愈重要, 某些特殊高温用途的板子, 已非环氧树脂所能胜任, 传统式 FR4 的 T_g 约 120°C 左右, 即使高功能的 FR4 也只到达 $180\text{--}190\text{ }^{\circ}\text{C}$, 比起聚亚醯胺的 $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ 还有一段距离. PI 在高温下所表现的良好性质, 如良好的挠性、铜箔抗撕强度、抗化性、介电性、尺寸安定性皆远优于 FR4。钻孔时不容易产生胶渣, 对内层

与孔壁之接通性自然比 FR4 好。而且由于耐热性良好,其尺寸之变化甚少,以 X 及 Y 方向之变化而言,对细线路更为有利,不致因膨胀太大而降低了与铜皮之间的附着力。就 Z 方向而言可大大的减少孔壁铜层断裂的机会。

C. 缺点:

- a. 不易进行溴化反应,不易达到 UL94 V-0 的难燃要求。
- b. 此种树脂本身层与层之间,或与铜箔之间的黏着力较差,不如环氧树脂那么强,而且挠性也较差。
- c. 常温时却表现不佳,有吸湿性 (Hygroscopic),而黏着性、延性又都很差。
- d. 其凡立水(Varnish,又称生胶水,液态树脂称之)中所使用的溶剂之沸点较高,不易赶完,容易产生高温下分层的现象。而且流动性不好,压合不易填满死角。
- e. 目前价格仍然非常昂贵约为 FR4 的 2-3 倍,故只有军用板或 Rigid-Flex 板才用的起。

在美军规范 MIL-P-13949H 中,聚亚醯胺树脂基板代号为 GI.

3.1.2.4 聚四氟乙烯 (PTFE)

全名为 Polyterafluoroethylene,分子式见图 3.7. 以之抽丝作 PTFE 纤维的商品名为 Teflon 铁弗龙,其最大的特点是阻抗很高 (Impedance) 对高频微波 (microwave) 通信用途上是无法取代的,美军规范赋与 "GT"、"GX"、及 "GY" 三种材料代字,皆为玻纤补强 type,其商用基板是由 3M 公司所制,目前这种材料尚无法大量投入生产,其原因有:

- A. PTFE 树脂与玻璃纤维间的附着力问题; 此树脂很难渗入玻璃束中,因其抗化性特强,许多湿式制程中都无法使其反应及活化,在做镀通孔时所得之铜孔壁无法固着在底材上,很难通过 MILP-55110E 中 4.8.4.4 之固着强度试验。由于玻璃束未能被树脂填满,很容易在做镀通孔时造成玻璃中渗铜 (Wicking) 的出现,影响板子的可信赖度。
- B. 此四氟乙烯材料分子结构,非常强劲无法用一般机械或化学法加以攻击,做蚀回时只有用电浆法。
- C. Tg 很低只有 19 度 c,故在常温时呈可挠性,也使线路的附着力及尺寸安定性不好。

表为四种不同树脂制造的基板性质的比较.

3.1.2.5 BT/EPOXY 树脂

BT 树脂也是一种热固型树脂,是日本三菱瓦斯化成公司(Mitsubishi Gas Chemical Co.)在 1980 年研制成功。是由 Bismaleimide 及 Trigzine Resin monomer 二者反应聚合而成。其反应式见图 3.8. BT 树脂通常和环氧树脂混合而制成基板。

A. 优点

- a. Tg 点高达 180℃,耐热性非常好,BT 作成之板材,铜箔的抗撕强度(peel Strength),

挠性强度亦非常理想钻孔后的胶渣(Smear)甚少

- b. 可进行难燃处理, 以达到 UL94V-0 的要求
- c. 介质常数及散逸因子小, 因此对于高频及高速传输的电路板非常有利。
- d. 耐化性, 抗溶剂性良好
- e. 绝缘性佳

B. 应用

a. COB 设计的电路板 由于 wire bonding 过程的高温, 会使板子表面变软而致打线失败。BT/EPOXY 高性能板材可克服此点。

b. BGA, PGA, MCM-Ls 等半导体封装基板 半导体封装测试中, 有两个很重要的常见问题, 一是漏电现象, 或称 CAF(Conductive Anodic Filament), 一是爆米花现象(受湿气及高温冲击)。这两点也是 BT/EPOXY 板材可以避免的。

3.1.2.6 Cyanate Ester Resin

1970 年开始应用于 PCB 基材, 目前 Chiba Geigy 有制作此类树脂。其反应式如图 3.9。

A. 优点

- a. Tg 可达 250℃, 使用于非常厚之多层板
- b. 极低的介电常数(2.5~3.1)可应用于高速产品。

B. 问题

- a. 硬化后脆度高。
- b. 对湿度敏感, 甚至可能和水起反应。

3.1.2 玻璃纤维

3.1.2.1 前言

玻璃纤维(Fiberglass)在 PCB 基板中的功用, 是作为补强材料。基板的补强材料尚有其他种, 如纸质基板的纸材, Kelvar(Polyamide 聚酰胺)纤维, 以及石英(Quartz)纤维。本节仅讨论最大宗的玻璃纤维。

玻璃(Glass)本身是一种混合物, 其组成见表它是一些无机物经高温熔融而成, 再经抽丝冷却而成一种非结晶结构的坚硬物体。此物质的使用, 已有数千年的历史。做成纤维状使用则可追溯至 17 世纪。真正大量做商用产品, 则是由 Owen-Illinois 及 Corning Glass Works 两家公司其共同的研究努力后, 组合成 Owens-Corning Fiberglas Corporation 于 1939 年正式生产制造。

3.1.2.2 玻璃纤维布

玻璃纤维的制成可分两种, 一种是连续式(Continuous)的纤维另一种则是不连续式

(discontinuous)的纤维前者即用于织成玻璃布(Fabric),后者则做成片状之玻璃席(Mat)。FR4等基材,即是使用前者,CEM3 基材,则采用后者玻璃席。

A. 玻璃纤维的特性

原始熔融态玻璃的组成成份不同,会影响玻璃纤维的特性,不同组成所呈现的差异,表中有详细的区别,而且各有独特及不同应用之处。按组成的不同(见表),玻璃的等级可分四种商品:A 级为高碱性,C 级为抗化性,E 级为电子用途,S 级为高强度。电路板中所用的就是 E 级玻璃,主要是其介电性质优于其它三种。

一玻璃纤维一些共同的特性如下所述:

a.高强度:和其它纺织用纤维比较,玻璃有极高强度。在某些应用上,其强度/重量比甚至超过铁丝。

b.抗热与火:玻璃纤维为无机物,因此不会燃烧

c.抗化性:能耐大部份的化学品,也不为霉菌,细菌的渗入及昆虫的功击。

d.防潮:玻璃并不吸水,即使在很潮湿的环境,依然保持它的机械强度。

e.热性质:玻纤有很低的熬线性膨胀系数,及高的热导系数,因此在高温环境下有极佳的表现。

f.电性:由于玻璃纤维的不导电性,是一个很好的绝缘物质的选择。

PCB 基材所选择使用的 E 级玻璃,最主要的是其非常优秀的抗水性。因此在非常潮湿,恶劣的环境下,仍然保有非常好的电性及物性一如尺寸稳定度。

一玻纤布的制作:

玻璃纤维布的制作,是一系列专业且投资全额庞大的制程本章略而不谈。

3.2 铜箔(copper foil)

早期线路的设计粗粗宽宽的,厚度要求亦不挑剔,但演变至今日线宽 3,4mil,甚至更细(现国内已有工厂开发 1 mil 线宽),电阻要求严苛.抗撕强度,表面 Profile 等也都详加规定.所以对铜箔发展的现况及驱势就必须进一步了解.

3.2.1 传统铜箔

3.2.1.1 辗轧法 (Rolled-or Wrought Method)

是将铜块经多次辗轧制作而成,其所辗出之宽度受到技术限制很难达到标准尺寸基板的要求 (3 呎*4 呎),而且很容易在辗制过程中造成报废,因表面粗糙度不够,所以与树脂之结合能力比较不好,而且制造过程中所受应力需要做热处理之回火韧化(Heat treatment or Annealing),故其成本较高。

A. 优点.

- a. 延展性 Ductility 高,对 FPC 使用于动态环境下,信赖度极佳.
- b. 低的表面棱线 Low-profile Surface,对于一些 Microwave 电子应用是一利基.

B. 缺点.

- a. 和基材的附着力不好.
- b. 成本较高.
- c. 因技术问题,宽度受限.

3.2.1.2 电镀法 (Electrodeposited Method)

最常使用于基板上的铜箔就是 ED 铜.利用各种废弃之电线电缆熔解成硫酸铜镀液,在殊特深入地下的大型镀槽中,阴阳极距非常短,以非常高的速度冲动镀液,以 600 ASF 之高电流密度,将柱状 (Columnar) 结晶的铜层镀在表面非常光滑又经钝化的 (passivated) 不锈钢大桶状之转胴轮上(Drum),因钝化处理过的不锈钢胴轮上对铜层之附着力并不好,故镀面可自转轮上撕下,如此所镀得的连续铜层,可由转轮速度,电流密度而得不同厚度之铜箔,贴在转胴之光滑铜箔表面称为光面(Drum side),另一面对镀液之粗糙结晶表面称为毛面 (Matte side).此种铜箔:

A. 优点

- a. 价格便宜.
- b. 可有各种尺寸与厚度.

B. 缺点.

- a. 延展性差,
- b. 应力极高无法挠曲又很容易折断.

3.2.1.3 厚度单位

一般生产铜箔业者为计算成本,方便订价,多以每平方呎之重量做为厚度之计算单位,如 1.0 Ounce (oz)的定义是一平方呎面积单面覆盖铜箔重量 1 oz (28.35g)的铜层厚度.经单位换算 35 微米 (micron)或 1.35 mil. 一般厚度 1 oz 及 1/2 oz 而超薄铜箔可达 1/4 oz,或更低.

3.2.2 新式铜箔介绍及研发方向

3.2.2.1 超薄铜箔

一般所说的薄铜箔是指 0.5 oz (17.5 micron) 以下,表三种厚度则称超薄铜箔

3/8 oz 以下因本身太薄很不容易操作故需要另加载体 (Carrier) 才能做各种操作(称复合式 copper foil),否则很容易造成损伤.所用之载体有两类,一类是以传统 ED 铜箔为载体,厚约 2.1 mil.另一类载体是铝箔,厚度约 3 mil.两者使用之前须将载体撕离.

超薄铜箔最不易克服的问题就是 " 针孔 " 或 " 疏孔 "(Porosity),因厚度太薄,电镀

时无法将疏孔完全填满.补救之道是降低电流密度,让结晶变细. 细线路,尤其是 5 mil 以下更需要超薄铜箔,以减少蚀刻时的过蚀与侧蚀.

3.2.2.2 辗轧铜箔

对薄铜箔超细线路而言,导体与绝缘基材之间的接触面非常狭小,如何能耐得住二者之间热膨胀系数的巨大差异而仍维持足够的附着力,完全依赖铜箔毛面上的粗化处理是不够的,而且高速镀铜箔的结晶结构粗糙在高温焊接时容易造成 XY 的断裂也是一项难以解决的问题.辗轧铜箔除了细晶之外还有另一项长处那就是应力很低 (Stress)。ED 铜箔应力高,但后来线路板业者所镀上的一次铜或二次铜的应力就没有那么高。于是造成二者在温度变化时使细线容易断制.因此辗轧铜箔是一解决之途。若是成本的考量,Grade 2,E-Type 的 high-ductility 或是 Grade 2,E-Type HTE 铜箔也是一种选择. 国际制造铜箔大厂多致力于开发 ED 细晶产品以解决此问题.

3.2.2.3 铜箔的表面处理

A 传统处理法

ED 铜箔从 Drum 撕下后,会继续下面的处理步骤:

a. Bonding Stage—在粗面(Matte Side)上再以高电流极短时间内快速镀上铜, 其长相如瘤,称"瘤化处理""Nodulization"目的在增加表面积,其厚度约 2000~4000A

b. Thermal barrier treatments-瘤化完成后再于其上镀一层黄铜(Brass,是 Gould 公司专利,称为 JTC 处理),或锌(Zinc 是 Yates 公司专利,称为 TW 处理)。也是镀镍处理其作用是做为耐热层。树脂中的 Dicy 于高温时会攻击铜面而生成胺类与水份,一旦生水份时,会导致附着力降底。此层的作用即是防止上述反应发生,其厚度约 500~1000A

c. Stabilization—耐热处理后,再进行最后的"铬化处理"(Chromation),光面与粗面同时进行做为防污防锈的作用,也称"钝化处理"(passivation)或"抗氧化处理"(antioxidant)

B 新式处理法

a. 两面处理(Double treatment)指光面及粗面皆做粗化处理,严格来说,此法的应用已有 20 年的历史,但今日为降低多层板的 COST 而使用者渐多。在光面也进行上述的传统处理方式,如此应用于内层基板上,可以省掉压膜前的铜面理处理以及黑/棕化步骤。美国一家 Polyclad 铜箔基板公司,发展出来的一种处理方式,称为 DST 铜箔,其处理方式有异曲同工之妙。该法是在光面做粗化处理,该面就压在胶片上,所做成基板的铜面为粗面,因此对后制亦有帮助。

b. 硅化处理(Low profile) 传统铜箔粗面处理其 Tooth Profile (棱线)粗糙度(波峰波谷),不利于细线路的制造(影响 just etch 时间,造成 over-etch),因此必须设法降低棱线的高度。上述 Polyclad 的 DST 铜箔,以光面做做处理,改善了这个问题,另外,一种叫"有机硅处理"(Organic Silane Treatment),加入传统处理方式之后,亦可有此效果。它同时产生一种化学键,对于附着力有帮助。

3.3.3 铜箔的分类

按 IPC-CF-150 将铜箔分为两个类型, TYPE E 表电镀铜箔, TYPE W 表辗轧铜箔, 再将之分成八个等级, class 1 到 class 4 是电镀铜箔, class 5 到 class 8 是辗轧铜箔. 现将其型级及代号分列于表

3.4 PP(胶片 Prepreg)的制作

"Prepreg"是"preimpregnated"的缩写, 意指玻璃纤维或其它纤维浸含树脂, 并经部份聚合而称之。其树脂此时是 B-stage。Prepreg 又有人称之为"Bonding sheet"

3.4.1 胶片制作流程

3.4.2 制程品管

制造过程中, 须定距离做 Gel time, Resin flow, Resin Content 的测试, 也须做 Volatile 成份及 Dicy 成份之分析, 以确保品质之稳定。

3.4.3 储放条件与寿命

大部份 EPOXY 系统之储放温度要求在 5℃以下, 其寿命约在 3~6 个月, 储放超出此时间后须取出再做 3.3.2 的各种分析以判定是否可再使用。而各厂牌 prepreg 可参照其提供之 Data sheet 做为作业时的依据。

3.4.4 常见胶片种类, 其胶含量及 Cruing 后厚度关系, 见表

3.4 基板的现在与未来

趋使基板不断演进的两大趋动力(Driving Force), 一是极小化(Miniaturization), 一是高速化(或高频化)。

3.4.1 极小化

如分行动电话, PDA, PC 卡, 汽车定位及卫星通信等系统。美国是尖端科技领先国家, 从其半导体工业协会所预估在 Chip 及 Package 方面的未来演变-见表(a)与(b), 可知基板面临的挑战颇为艰辛。

3.4.2 高频化

从个人计算机的演进, 可看出 CPU 世代交替的速度愈来愈快, 消费者应接不应暇,

当然对大众而言是好事。但对 PCB 的制作却又是进一步的挑战。因为高频化, 须要基材有更低的 Dk 与 Df 值。最后, 表归纳出 PCB 一些特性的现在与未来演变的指标。

四.内层制作与检验

4.1 制程目的

三层板以上产品即称多层板,传统之双面板为配合零件之密集装配,在有限的板面上无法安置这么多的零组件以及其所衍生出来的大量线路,因而有多层板之发展。加上美国联邦通讯委员会(FCC)宣布自 1984 年 10 月以后,所有上市的电器产品若有涉及电传通讯者,或有参与网络联机者,皆必须要做"接地"以消除干扰的影响。但因板面面积不够,因此 pcb lay-out 就将"接地"与"电压"二功能之大铜面移入内层,造成四层板的瞬间大量兴起,也延伸了阻抗控制的要求。而原有四层板则多升级为六层板,当然高层次多层板也因高密度装配而日见增多.本章将探讨多层板之内层制作及注意事宜.

4.2 制作流程

依产品的不同现有三种流程

A. Print and Etch

发料→对位孔→铜面处理→影像转移→蚀刻→剥膜

B. Post-etch Punch

发料→铜面处理→影像转移→蚀刻→剥膜→工具孔

C. Drill and Panel-plate

发料→钻孔→通孔→电镀→影像转移→蚀刻→剥膜

上述三种制程中,第三种是有埋孔(buried hole)设计时的流程,将在 20 章介绍.本章则探讨第二种(Post-etch Punch)制程一高层次板子较普遍使用的流程.

4.2.0 发料

发料就是依制前设计所规划的工作尺寸,依 BOM 来裁切基材,是一很单纯的步骤,但以下几点须注意:

- A. 裁切方式-会影响下料尺寸
- B. 磨边与圆角的考量-影响影像转移良率制程
- C. 方向要一致-即经向对经向,纬向对纬向
- D. 下制程前的烘烤-尺寸安定性考量

4.2.1 铜面处理

在印刷电路板制程中,不管那一个 step,铜面的清洁与粗化的效果,关系着下一制程

的成败, 所以看似简单, 其实里面的学问颇大。

A. 须要铜面处理的制程有以下几个

- a. 干膜压膜
- b. 内层氧化处理前
- c. 钻孔后
- d. 化学铜前
- e. 镀铜前
- f. 绿漆前
- g. 喷锡(或其它焊垫处理流程)前
- h. 金手指镀镍前

本节针对 a. c. f. g. 等制程来探讨最好的处理方式(其余皆属制程自动化中的一部份, 不必独立出来)

B. 处理方法 现行铜面处理方式可分三种:

- a. 刷磨法(Brush)
- b. 喷砂法(Pumice)
- c. 化学法(Microetch)

以下即做此三法的介绍

C. 刷磨法

刷磨动作之机构, 见图 4.1 所示.

表 4.1 是铜面刷磨法的比较表

注意事项

- a. 刷轮有效长度都需均匀使用到, 否则易造成刷轮表面高低不均
- b. 须做刷痕实验, 以确定刷深及均匀性

优点

- a. 成本低
- b. 制程简单, 弹性

缺点

- a. 薄板细线路板不易进行
- b. 基材拉长, 不适内层薄板
- c. 刷痕深时易造成 D/F 附着不易而渗镀
- d. 有残胶之潜在可能

D. 喷砂法

以不同材质的细石(俗称 pumice)为研磨材料

优点:

- a. 表面粗糙均匀程度较刷磨方式好
- b. 尺寸安定性较好

c. 可用于薄板及细线

缺点:

a. Pumice 容易沾留板面

b. 机器维护不易

E. 化学法(微蚀法)

化学法有几种选择, 见表 .

F. 结论

使用何种铜面处理方式, 各厂应以产品的层次及制程能力来评估之, 并无定论, 但可预知的是化学处理法会更普遍, 因细线薄板的比例愈来愈高。

4.2.2 影像转移

4.2.2.1 印刷法

A. 前言

电路板自其起源到目前之高密度设计, 一直都与丝网印刷(Silk Screen Printing)一或网版印刷有直接密切之关系, 故称之为"印刷电路板"。目前除了最大量的应用在电路板之外, 其它电子工业尚有厚膜(Thick Film)的混成电路(Hybrid Circuit)、芯片电阻(Chip Resist)、及表面黏装(Surface Mounting)之锡膏印刷等也都优有应用。

由于近年电路板高密度, 高精度的要求, 印刷方法已无法达到规格需求, 因此其应用范围渐缩, 而干膜法已取代了大部分影像转移制作方式. 下列是目前尚可以印刷法 cover 的制程:

- a. 单面板之线路, 防焊 (大量产多使用自动印刷, 以下同)
- b. 单面板之碳墨或银胶 c. 双面板之线路, 防焊
- d. 湿膜印刷
- e. 内层大铜面
- f. 文字
- g. 可剥胶(Peelable ink)

除此之外, 印刷技术员培养困难, 工资高. 而干膜法成本逐渐降低因此也使两者消长明显.

B. 丝网印刷法(Screen Printing)简介

丝网印刷中几个重要基本原素: 网材, 网版, 乳剂, 曝光机, 印刷机, 刮刀, 油墨, 烤箱等, 以下逐一简单介绍.

a. 网布材料

(1) 依材质不同可分丝绢(silk), 尼龙(nylon), 聚酯(Polyester, 或称特多龙), 不锈钢, 等. 电路板常用者为后三者.

(2) 编织法:最常用也最好用的是单丝平织法 Plain Weave.

(3) 网目数(mesh),网布厚度(thickness),线径(diameter),开口(opening)的关系
见表常用的不锈钢网布诸元素

开口:见图 4.2 所示

网目数:每 inch 或 cm 中的开口数

线径:网布织丝的直径 网布

厚度:厚度规格有六,Slight(S),Medium(M),Thick(T),Half heavy duty(H),Heavy duty(HD),Super heavy duty(SHD)

图 4.2 显示印刷过程网布各元素扮演角色.

b.网版(Stencil)的种类

(1).直接网版(Direct Stencil)

将感光乳胶调配均匀直接涂布在网布上,烘干后连框共同放置在曝光设备台面上并覆以原稿底片,再抽真空使其密接感光,经显像后即成为可印刷的网版。通常乳胶涂布多少次,视印刷厚度而定.此法网版耐用,安定性高,用于大量生产.但制作慢,且太厚时可能因厚薄不均而产生解像不良.

(2).间接网版(Indirect Stencil)

把感光版膜以曝光及显像方式自原始底片上把图形转移过来,然后把已有图形的版膜贴在网面上,待冷风干燥后撕去透明之载体护膜,即成间接性网版。其厚度均匀,分辨率好,制作快,多用于样品及小量产.

c. 油墨

油墨的分类有几种方式

(1).以组成份可分单液及双液型.

(2).以烘烤方式可分蒸发干燥型、化学反应型及紫外线硬化型(UV)

(3).以用途可分抗蚀,抗镀,防焊,文字,导电,及塞孔油墨.不同制程选用何种油墨,须视各厂相关制程种类来评估,如碱性蚀刻和酸性蚀刻 选择之抗蚀油墨考虑方向就不一样.

d. 印刷作业

网版印刷目前有三种方式:手印、半自动印及全自动印刷.手印机须要印刷熟手操作,是最弹性与快速的选择,尤以样品制作.较小工厂及协力厂仍有不少采手印.半自动印则除 loading/unloading 以人工操作外,印刷动作由机器代劳,但对位还是人工操作.也有所谓 3/4 机印,意指 loading 亦采自动,印好后人工放入 Rack 中.全自动印刷则是 loading/unloading 及对位,印刷作业都是自动.其对位方式有靠边, pinning 及 ccd 三种. 以下针对几个要素加以解说:

(1) 张力:

张力直接影响对位,因为印刷过程中对网布不断拉扯,因此新网张力的要求非常重要.一般张力测试量五点,即四角和中间.

(2) 刮刀 Squeegee

刮刀的选择考量有三,

第一是材料, 常用者有聚氨酯类(Polyurethane, 简称 PU)。

第二是刮刀的硬度, 电路板多使用 Shore A 之硬度值 60 度—80 度者.平坦基板铜面上线路阻剂之印刷可用 70—80 度; 对已有线路起伏之板面上的印 绿漆及文字,则需用较软之 60—70 度。

第三点是刮刀的长度, 须比图案的宽度每侧长出 3/4—1 吋左右。刮刀在使用一段时间后其锐利的直角会变圆, 与网布接触的面积增大, 就 无法印出边缘毕直的细条, 需要将刮刀重新磨利才行, 需且刮刀刃在线 不可出现缺口, 否则会造成印刷的缺陷。

(3). 对位及试印

—此步骤主要是要将三个定位 pin 固定在印刷机台面上,调整网版及离板间隙 (Off Contact Distance)(指版膜到基板铜面的距离, 应保持在 2mm—5mm 做为网布弹回的应有距离),然后覆墨试印.若有不准再做微调.

—若是自动印刷作业则是靠边, pinning 及 ccd 等方式对位.因其产量大,适合极大量的单一机种生产.

(4). 烘烤

不同制程会选择不同油墨, 烘烤条件也完全不一样,须 follow 厂商提供的 data sheet,再依厂内制程条件的差异而加以 modify.一般因油墨组成不一, 烘烤方式有风干,UV,IR 等. 烤箱须注意换气循环, 温控, 时控等.

(5). 注意事项

不管是机印或手印皆要注意下列几个重点

- 括刀行进的角度, 包括与版面及 x y 平面的角度,
- 须不须要回墨.
- 固定片数要洗纸,避免阴影.
- 待印板面要保持清洁
- 每印刷固定片数要抽检一片依 check list 检验品质.

4.2.2.2 干膜法

更详细制程解说请参读外层制作.本节就几个内层制作上应注意事项加以分析.

- A. 一般压膜机(Laminator)对于 0.1mm 厚以上的薄板还不成问题,只是膜皱要多 注意
- B. 曝光时注意真空度
- C. 曝光机台的平坦度
- D. 显影时 Break point 维持 50~70% ,温度 30+_2,须 auto dosing.

4.2.3 蚀刻

现业界用于蚀刻的化学药液种类, 常见者有两种, 一是酸性氯化铜(CuCl_2)、 蚀刻液, 一种是碱性氨水蚀刻液。

- A. 两种化学药液的比较, 见表氨水蚀刻液& 氯化铜蚀刻液比较

两种药液的选择, 视影像转移制程中, Resist 是抗电镀之用或抗蚀刻之用。在内

层制程中 D/F 或油墨是作为抗蚀刻之用, 因此大部份选择酸性蚀刻。外层制程中, 若为传统负片流程, D/F 仅是抗电镀, 在蚀刻前会被剥除。其抗蚀刻层是锡铅合金或纯锡, 故一定要用碱性蚀刻液, 以免伤及抗蚀刻金属层。

B. 操作条件 见表为两种蚀刻液的操作条件

C. 设备及药液控制

两种 Etchant 对大部份的金属都是具腐蚀性, 所以蚀刻槽通常都用塑料, 如 PVC (Poly Vinyl chloride) 或 PP (Poly Propylene)。唯一可使用之金属是 钛 (Ti)。为了得到很好的蚀刻品质—最笔直的线路侧壁, (衡量标准为蚀刻因子 etching factor 其定义见图 4.3), 不同的理论有不同的观点, 且可能相冲突。但有一点却是不变的基本观念, 那就是以最快速度的让欲蚀刻铜表面接触愈多 新鲜的蚀刻液。因为作用之蚀刻液 Cu^+ 浓度增高降低了蚀刻速度, 须迅速补充 新液以维持速度。在做良好的设备设计规划之前, 就必须先了解及分析蚀铜过程的化学反应。本章为内层制作所以探讨酸性蚀刻, 碱性蚀刻则于第十章再介绍。

a. CuCl_2 酸性蚀刻反应过程之分析

铜可以三种氧化状态存在, 原子形成 Cu^0 , 蓝色离子的 Cu^{++} 以及较不常见的亚铜离子 Cu^+ 。金属铜可在铜溶液中被氧化而溶解, 见下面反应式 (1)

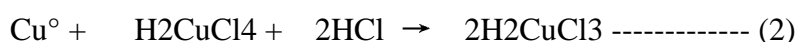


在酸性蚀刻的再生系统, 就是将 Cu^+ 氧化成 Cu^{++} , 因此使蚀刻液能将更多的 金属铜咬蚀掉。

以下是更详细的反应机构的说明。

b. 反应机构

直觉的联想, 在氯化铜酸性蚀刻液中, Cu^{++} 及 Cu^+ 应是以 CuCl_2 及 CuCl 存在才对, 但事实非完全正确, 两者事实上是和 HCl 形成的一庞大错化物存在的:



金属铜 铜离子 亚铜离子

其中 H_2CuCl_4 实际是 $\text{CuCl}_2 + 2\text{HCl}$

$2\text{H}_2\text{CuCl}_3$ 实际是 $\text{CuCl} + 2\text{HCl}$

在反应式(2)中可知 HCl 是消耗品。即使(2)式已有些复杂, 但它仍是以下两个反应式的简式而已。



式中因产生 CuCl 沉淀, 会阻止蚀刻反应继续发生, 但因 HCl 的存在溶解 CuCl , 维持了蚀刻的进行。由此可看出 HCl 是氯化铜蚀刻中的消耗品, 而且是蚀刻速度控制的重要化学品。

虽然增加 HCl 的浓度往往可加快蚀刻速度, 但亦可能发生下述的缺点。

1. 侧蚀 (undercut) 增大, 或者 etching factor 降低。
2. 若补充药液是使用氯化钠, 则有可能产生氯气, 对人体有害。
3. 有可能因此补充过多的氧化剂 (H_2O_2), 而攻击钛金属 H_2O_2 。

c. 自动监控添加系统. 目前使用 CuCl_2 酸性蚀铜水平设备者, 大半都装置 Auto

dosing 设备,以维持 蚀铜速率,控制因子有五:

1. 比重
2. HCl
3. H₂O₂
4. 温度
5. 蚀刻速度

4.2.4 剥膜

剥膜在 pcb 制程中, 有两个 step 会使用, 一是内层线路蚀刻后之 D/F 剥除, 二是外层线路蚀刻前 D/F 剥除(若外层制作为负片制程)D/F 的剥除是一单纯简易 的制程, 一般皆使用联机水平设备, 其使用之化学药液多为 NaOH 或 KOH 浓 度在 1~3%重量比。注意事项如下:

A. 硬化后之干膜在此溶液下部份溶解, 部份剥成片状, 为维持药液的效果及后水洗能彻底, 过滤系统的效能非常重要.

B. 有些设备设计了轻刷或超音波搅拌来确保剥膜的彻底, 尤其是在外层蚀刻后 的剥膜, 线路边被二次铜微微卡住的干膜必须被彻底剥下, 以免影响线路 品质。所以也有在溶液中加入 BCS 帮助溶解, 但有违环保, 且对人体有 害。

C. 有文献指 K(钾)会攻击锡, 因此外层线路蚀刻前之剥膜液之选择须谨慎评 估。剥膜液为碱性, 因此水洗的彻底与否, 非常重要, 内层之剥膜后有加 酸洗中和, 也有防铜面氧化而做氧化处理者。

4.2.5 对位系统

4.2.5.1 传统方式

A. 四层板内层以三明治方式, 将 2.3 层底片事先对准,黏贴于一压条上(和内层同厚), 紧贴于曝光台面上, 已压膜内层则放进二底片间, 靠边即可进行曝光。见图 4.4

B. 内层先钻(6 层以上)粗对位工具孔(含对位孔及方向孔, 板内监测孔等), 再以双面曝光方式进行内层线路之制作。两者的对位度好坏, 影响成品良率极大, 也是 M/L 对关键。

4.2.5.2 蚀后冲孔(post Etch Punch)方式

A. Pin Lam 理论

此方法的原理极为简单, 内层预先冲出 4 个 Slot 孔, 见图 4.5 , 包括底片, prepeg 都沿用此冲孔系统, 此 4 个 SLOT 孔, 相对两组, 有一组不对称, 可防止套反。每个 SLOT 孔当置放圆 PIN 后, 因受温压会有变形时, 仍能 自由的左右、上下伸展, 但中心不变, 故不会有应力产生。待冷却, 压力释 放后, 又回复原尺寸, 是一颇佳的对位系统。

B. Mass Lam System

沿用上一观念 Multiline 发展出"蚀后冲孔"式的 PPS 系统, 其作业重点如下:

1. 透过 CAM 在工作底片长方向边缘处做两"光学靶点"(Optical Target)以及四 角落

之 pads 见图 4.6

2.将上、下底片仔细对准固定后,如三明治做法,做曝光、显影蚀刻,剥膜等步骤。

3.蚀刻后已有两光学靶点的内层板,放进 Optiline PE 机器上,让 CCD 瞄准该光学靶点,依各厂自行设定,冲出板边 4 个 Slot 孔或其它图形工具孔。如图 4.7

4.若是圆形工具孔、即当做铆钉孔,内层黑化后,即可以铆钉将内层及胶片铆合成册,再去进行无梢压板。

4.2.5.2 各层间的对准度

A. 同心圆的观念

- a. 利用辅助同心圆,可 check 内层上、下的对位度
- b. 不同内层同心圆的偏位表示压合时候的 Shift 滑动

B. 设计原则

- a.见图 4.8 所示
- b.同心圆之设计,其间距为 4mil,亦是各层间可容许的对位偏差,若超出同心圆以外,则此片可能不良。
- c.因压合有 Resin Cure 过程故 pattern 必须有预先放大的设计才能符合最终产品尺寸需求。

4.3 内层检测

AOI(简单线路采目视)→电测→(修补)→确认 内层板线路成完后,必须保证通路及绝缘的完整性(integrity),即如同单面板一样先要仔细检查。因一旦完成压合后,不幸仍有缺陷时,则已为时太晚,对于高层次板子而言更是必须先逐一保证其各层品质之良好,始能进行压合,由于高层板渐多,内层板的负担加重,且线路愈来愈细,万一有漏失将会造成压合后的昂贵损失。传统目视外,自动光学检查(AOI)之使用在大厂中已非常普遍,利用计算机将原图案牢记,再配合特殊波长光线的扫描,而快速完美对各层板详作检查。但 AOI 有其极限,例如细断路及漏电(Leakage)很难找出,故各厂渐增加短、断路电性测试。AOI 及测试后面有专题,在此不详述。

内层制作至此完成,下一流程为压合。

五.压合

5.1. 制程目的:

将铜箔(Copper Foil),胶片(Prepreg)与氧化处理(Oxidation)后的内层线路板,压合成多层基板。本章仍介绍氧化处理,但未来因成本及缩短流程考量,取代制程会逐渐普遍。

5.2. 压合流程,如下图 5.1:

5.3. 各制程说明

5.3.1 内层氧化处理(Black/Brown Oxide Treatment)

5.3.1.1 氧化反应

- A. 增加与树脂接触的表面积,加强二者之间的附着力(Adhesion).
- B. 增加铜面对流动树脂之润湿性,使树脂能流入各死角而在硬化后有更强的抓地力。
- C. 在裸铜表面产生一层致密的钝化层(Passivation)以阻绝高温下液态树脂中胺类(Amine)对铜面的影响。

5.3.1.2. 还原反应

目的在增加气化层之抗酸性,并剪短绒毛高度至恰当水准以使树脂易于填充并能减少粉红圈(pink ring) 的发生。

5.3.1.3. 黑化及棕化标准配方:

表一般配方及其操作条件

上表中之亚氯酸钠为主要氧化剂,其余二者为安定剂,其氧化反应式。

此三式是金属铜与亚氯酸钠所释放出的初生态氧先生成中间体氧化亚铜, $2\text{Cu} + [\text{O}] \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$,再继续反应成为氧化铜 CuO ,若反应能彻底到达二价铜的境界,则呈现黑巧克力色之"棕氧化"层,若层膜中尚含有部份一价亚铜时则呈现无光泽的墨黑色的"黑氧化"层。

5.3.1.4. 制程操作条件(一般代表),典型氧化流程及条件。

5.3.1.5 棕化与黑化的比较

A. 黑化层因液中存在有高碱度而杂有 Cu_2O ,此物容易形成长针状或羽毛状结晶。此种亚铜之长针在高温下容易折断而大大影响铜与树脂间的附着力,并随流胶而使黑点流散在板中形成电性问题,而且也容易出现水份而形成高热后局部的分层爆板。棕化层则呈碎石状瘤状结晶贴铜面,其结构紧密无疏孔,与胶片间附着力远超过黑化层,不受高温高压的影响,成为聚亚醯胺多层板必须的制程。

B. 黑化层较厚,经 PTH 后常会发生粉红圈(Pink ring),这是因 PTH 中的微蚀或活化或速化液

攻入黑化层而将之还原露出原铜色之故。棕化层则因厚度很薄,较不会生成粉红圈。内层基板铜箔毛面经锌化处理与底材抓的很牢,但光面的黑化层却容易受酸液之侧攻而现出铜之原色,见图 5.2.

C. 黑化因结晶较长厚度较厚故其覆盖性比棕化要好,一般铜面的瑕疵较容易盖过去而能得到色泽 均匀的外表 。棕化则常因铜面前处理不够完美而出现斑驳不齐的外观,常不为品管人员所认同。不过处理时间长或温度高一些会比较均匀。事实上此种外观之不均匀并不会影响其优良之剥离强度(Peel Strength)。一般商品常加有厚度仰制剂(Self-Limiting)及防止红圈之封护剂 (Sealer)使能耐酸等,则棕化之性能会更形突出。

表 5.4 显示同样时间及温度下,不同浓度氧化槽液,其氧化层颜色,颗粒大小及厚度变化

5.3.1.6 制程说明

内层板完成蚀刻后需用碱液除去干膜或油墨阻剂,经烘干后要做检修,测试,之后才进入氧化制程。此制程主要有碱洗、酸浸、微蚀、预浸、氧化、还原、抗氧化及后清洗吹干等步骤,现分述于后:

- A. 碱性清洗- 也有使用酸洗.市售有多种专业的化药,能清除手指纹、油脂,scum 或有机物。
- B. 酸浸-调整板面 PH,若之前为酸洗,则可跳过此步骤。
- C. 微蚀- 微蚀主要目的是蚀出铜箔之柱状结晶组织(grain structure)来增加表面积,增加氧化 后对胶片的抓地力。通常此一微蚀深度以 50-70 微英吋为宜。微蚀对棕化层的颜色均匀上非 常重要,
- D. 预浸中和- 板子经彻底水洗后,在进入高温强碱之氧化处理前宜先做板面调整 ,使新鲜的铜 面生成- 暗红色的预处理,并能检查到是否仍有残膜未除尽的亮点存在。
- E. 氧化处理-市售的商品多分为两液,其一为氧化剂常含以亚氯酸钠为主,另一为氢氧化钠及添 加物,使用时按比例调配加水加温即可。通常氢氧化钠在高温及搅动下容易与空气中的二氧化 碳形成碳酸钠而显现出消耗很多的情况,因碱度的降低常使棕化的颜色变浅或不均匀,宜分析 及补充其不足。温度的均匀性也是影响颜色原因之一,加热器不能用石英,因高温强碱会使硅 化物溶解。操作时最好让槽液能合理的流动及交换。
- F. 还原—此步骤的应用影响后面压合成败甚巨。
- G. 抗氧化—此步骤能让板子的信赖度更好,但视产品层次,不一定都有此步骤。
- H. 后清洗及干燥-要将完成处理的板子立即浸入热水清洗,以防止残留药液在空气中干涸在板面 上而不易洗掉,经热水彻底洗净后,才真正完工。

5.3.1.7 设备

氧化处理并非制程中最大的瓶颈,大部分仍用传统的浸槽式独臂或龙门吊车的输送。所建立的槽液无需太大量,以便于更换或补充,建槽材料以 CPVC 或 PP 都可以。

水平连续自动输送的处理方式,对于薄板很适合,可解决 RACK 及板弯翘的情形.水平方式可分为喷液法(Spray)及溢流法(Flood),前者的设备昂贵,温度控制不易,又因大量与空气混合造成更容易沉淀的现象,为缩短板子在喷室停留的时间,氧化液中多加有加速剂(Accelerator)使得槽液不够稳定.溢流法使用者较多.

5.3.1.8 氧化线生产品质控制重点

A.检测方法及管理范围

a.氧化量(o/w)之测定 (管制范围: 0.3 ± 0.07 (mg/cm²))

- (1) 取一试片 9cm×10cm 1oz 规格厚度之铜片, 随流程做氧化处理。
- (2) 将氧化处理后之试片置于 130℃之烤箱中烘烤 10min.去除水分, 置于密闭容器冷却至室温, 称重得重量—w1(g)。
- (3) 试片置于 20%H₂SO₄ 中约 10min 去除氧化表层, 重复上一步骤, 称重得重量—w2(g)
- (4) 计算公式: $O/W = (W1 - W2 / 9 \times 10 \times 2) \times 1000$

又称 weight gain,一般在 In-processQC 会用此法

b.剥离强度(Peel Strength)之测定 (管制范围: 4~8 lb/in)

- (1) 取一试片 1oz 规格厚度之铜箔基板, 做氧化处理后图-做迭板(lay up)后做压合处理。
- (2) 取一 1cm 宽之试片, 做剥离拉力测试, 得出剥离强度(依使用设备计算).

c.蚀刻铜量(Etch Amount) 之测定 (管制范围: 70 ± 30 u in)

- (1) 取一试片 9cm×10cm 1oz 规格厚度之铜片, 置于 130℃之烤箱中烘烤 10min 去除水份, 置于密闭容器中冷却至室温, 称重量得—w1(g)
- (2) 将试片置于微蚀槽中约 2'18"(依各厂实际作业时间), 做水洗处理后, 重复上一个步骤, 称得重量—w2(g)。
- (3) 计算公式:

d.氧化后抽检板子以无亮点为判断标准

5.3.2 迭板

进压合机之前,需将各多层板使用原料准备好,以便迭板(Lay-up)作业.除已氧化处理之

内层外,尚需胶片(Prepreg),铜箔(Copper foil),以下就叙述其规格种类及作业:

5.3.2.1 P/P(Prepreg)之规格

P/P 的选用要考虑下列事项:

- 绝缘层厚度
- 内层铜厚
- 树脂含量
- 内层各层残留铜面积
- 对称

最重要还是要替客户节省成本

P/P 主要的三种性质为胶流量(Resin Flow)、胶化时间(Gel time)及胶含量(Resin Content)其进料测试方式及其它特性介绍如下所述:

A. 胶流量(Resin Flow)

1,流量试验法 Flow test-与经纬斜切截取 4 吋见方的胶片四张精称后再按原经向对经向或 纬 对纬的上下迭在一起,在已预热到 $170^{\circ}\pm 2.8^{\circ}$ 之压床用 200 ± 25 PSI 去压 10 分钟,待其熔 合 及冷却后,在中央部份冲出直径 3.192 吋的圆片来,精称此圆片重量,然后计算胶流之百分 流量为:

式中分子相减之差即表示流出去的胶量,因原面积为 16m^2 ,而压后所冲之圆片面积为 $(3.196\div 2)^2\times 3.14\times 2=16.045\text{m}^2$, 故可以解释为压后圆片以外的东西是"流"出去的。

2,比例流量 Scaled flow test-是指面积大时用大的压力强度,面积小时用小的压力强度其作法 是正切胶片成 $7\text{in}\times 5.5\text{in}$ 之样片并使 7in 长向与原卷之经向平行,薄胶片 (104,106,108)者要 18-20 张,中度者(12.113.116)切 10 张,比 116 更厚者就不太准了。热板先预热到 $150^{\circ}\pm 20^{\circ}\text{C}$ 并加上脱膜纸,将胶放上以 31PSI 或 840 磅 $\pm 5\%$ 在 8 吋见方的压床上压 10 ± 1 分钟,冷却后 对角切开,并以测微卡尺量对角线的厚度,其计算如下:

$$h_o=[W_o/n(5.54\times 10^{-2})-W_g]\times 21.2\times 10^{-2}$$

h_o -每张胶片原应有的厚度, W_o -原样片的总重, W_g -单位面积上之玻璃布重 (g/in^2), n -张数。

B. 胶化时间 (Gel time or Tack Time)

胶片中的树脂为半硬化的 B-Stage 材料,在受到高温后即会软化及流动,经过一段软化而流动的时间后,又逐渐吸收能量而发生聚合反应使得黏度增大再真正的硬化成为 C-Stage 材料。上述在压力下可以流动的时间,或称为可以做赶气及填隙之工作时间,称为胶化时间或可流胶时间。当此时段太长时会造成板中应有的胶流出太多,不但厚度变薄浪费成本而且造成铜箔直接压到玻璃上使结构强度及抗化性不良。但此时间太短时则又无法在赶完板藏气之前因黏度太大无法流动而形成气泡 (air bubble) 现象。

C. 胶含量 (Resin Content)

是指胶片中除了玻璃布以外之胶所占之重量比。可以用以下两种方法测量之

c-1 烧完法 (Burn Out)

c-2 处理重量法 (Treated Weight)

其它尚有注意事项如下

D. 用偏光镜 (Polarizing Filter) 检查胶片中的硬化剂 dicy 是否大量的集中,以防其发生再结晶现象,因再结晶后会吸水则会有爆板的危险。将胶片在光源经两片互相垂直的偏光镜而可以看到胶片中的 dicy 的集中再结晶现象。

E. 检查胶片中的玻璃纱束数目是否正确,可将胶片放在焚炉中在 540℃ 下烧 15 分钟除去树脂露出玻璃布,在 20X 显微镜下计数每吋中的经纬纱束是否合乎规范。

F. 挥发成份 (Volatile), 在胶片卷上斜切下 4 吋×4 吋的样片 4 片,在天平上精称到 1mg,然后置入 163 ± 2.8℃ 通风良好的烤箱中烤 15 ± 1 分钟,再取出放入密闭的干燥皿中冷到室温,再迅速重称烤后重量。其失重与原重之比值以百分法表示之即为挥发成份含量。

5.3.2.2. P/P 的切割,见图 5.3

机械方向就是经向,可要求厂商于不同 Prepreg 胶卷侧边上不同颜色做为辨识

5.3.2.3 铜箔规格

详细铜箔资料请见'基板'章节, 常见铜箔厚度及其重要规格表。

5.3.2.4 迭板作业

压板方式一般区分两种:一是 Cap-lamination,一是 Foil-lamination, 本节仅讨论 Foil-lamination.

A. 组合的原则

组合的方法依客户之规格要求有多种选择,考量对称,铜厚,树脂含量,流量等以最低成本

达品质 要求:

- (a) 其基本原则是两铜箔或导体层间的绝缘介质层至少要两张胶片所组成,而且其压合后之厚度不得低于 3.5 mil(已有更尖端板的要求更薄于此),以防铜箔直接压在玻璃布上形成介电常数太大之绝缘不良情形,而且附着力也不好。
- (b) 为使流胶能够填满板内的空隙,又不要因胶量太多造成偏滑或以后 Z 方向的过度膨胀,与铜面接触的胶片,其原始厚度至少要铜厚的两倍以上才行。最外层与次外层至少要有 5 mil 以保证绝缘的良好。
- (c) 薄基板及胶片的经纬方向不可混错,必须经对经,纬对纬,以免造成后来的板翘板扭无法补救的结果。胶片的张数一定要上下对称,以平衡所产生的应力。少用已经硬化 C-Stage 的材料来垫补厚度,此点尤其对厚多层板最为要紧,以防界面处受热后分离。在不得已使用时要注意其水份的烘烤及表面的粗化以增附着力。
- (d) 要求阻抗 (Impedance)控制的特殊板,应改用低棱线(Low Profile)的铜箔,使其毛面(Matte side)之峰谷间垂直相差在 6 微米以下,传统铜皮之差距则达 12 微米。使用薄铜箔时与其接壤的胶片流量不可太大,以防无稍大面积压板后可能发常生的皱折(Wrinkle)。铜箔迭上后要用除尘布在光面上轻轻均匀的擦动,一则赶走空间气减少皱折,二则消除铜面的杂质外物减少后来板面上的凹陷。但务必注意不可触及毛面以免附着力不良。
- (e) 选择好组合方式,6 层板以上内层及胶片先以铆钉固定以防压合时 shift.此处要考虑的是铆钉的选择(长度,深度材质),以及铆钉机的操作(固定的紧密程度)等。

C. 迭板环境及人员

迭板现场温度要控制在 $20^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度应在 $50\% \pm 5\%$,人员要穿着连身装之抗静电服装、戴罩帽、手套、口罩(目的在防止皮肤接触及湿气),布鞋,进入室内前要先经空气吹浴 30 秒,私人物品不宜带入,入口处更要在地面上设一胶垫以黏鞋底污物。胶片自冷藏库取出及剪裁完成后要在室内稳定至少 24 小时才能用做迭置。完成迭置的组合要在 1 小时以内完成上机压合。若有抽真空装置,应在压合前先抽一段时间,以赶走水气。胶片中湿气太大会造成 T_g 降低及不易硬化现象。

D.迭板法

- (a) 无稍压板法-此法每一个开口中每个隔板间的多层板散册要上下左右对准,而且各隔板间也绝对要上下对准,自然整个压床之各开口间也要对准在中心位置。对准的方式有两种方式:

一种是投影灯式,在迭板台正上方装一投影机,先将铝载板放在定位并加上牛皮纸,将光影按板册之尺寸投影在铝板上,再将各板册之内容及隔板逐一迭齐,最后再压上牛皮纸及铝盖板即完成一个开口间的组合。

另一种是无投影灯时,将板册之各材料每边找出中点来,铝皮钢板也找出中点,也可进行上下对准。

六层板则先将 2 个内层双面板分别钻出铆钉孔,每片双面板的四个铆钉孔要与板内各孔及线路有绝对准确的关系再取已有铆钉梢的样板套在所用夹心的胶片,此等胶片已有稍大一点的铆孔,于是小心将四边中心的铆钉孔对准并套上铆钉,再小心用冲钉器把四个铆钉逐一冲开压扁而将两内层及其间的胶片夹死,其上下两面再迭上胶片及铜箔如四层板一样去压合。此时可用 X 光检查两薄内层板间的对准情形再进行压合或折掉重铆。一般六层板只在第二层上做出箭靶即可。层间对位方式另参考内层制作检验。

(b) 有梢套孔迭置-将已精准钻出的工具孔的内层一套在下载铝板定位梢上,并套上冲孔较大的胶片、牛皮纸、脱模纸、隔皮等。

(c) 压力舱式迭置法-将板册内容按上无梢法迭铝载板上,此载板与液压法不同,其反面有导气的井字形沟槽,正面平坦用以承载板册,连同隔板以多孔性的毯子包住放在导气板上,外面再包以两层防漏绝气特殊隔膜,最后以有弹性可耐压的特殊胶带将隔膜四周贴合气板上,推入压力舱内,关上门后先把包裹内抽至极低之气压使板册死处的藏气都被抽出,再于舱内压入高温的二氧化碳或氮气至 150-200PSI,进行真空压合。

5.3.3 压合制程操作

5.3.3.1 压合机种类

压合机依其作动原理不同可分为三大类:

A. 舱压式压合机(Autoclave):

压合机构造为密闭舱体,外舱加压、内袋抽真空受热压合成型,各层板材所承受之热力与压力,来自四面八方加压加温之惰性气体,其基本构造如下图 5.4

优点: 一因压力热力来自于四面八方,故其成品板厚均匀、流胶小。

一可使用于高楼层 缺点: 设备构造复杂,成本高,且产量小。

B. 液压式压合机 (Hydraulic)

液压式压合机构造有真空式与常压式, 其各层开口之板材夹于上下两热压盘间, 压力由下往上压, 热力藉由上下热压盘加热传至板材。其基本构造如下图 5.5 优点:a.设备构造简单, 成本低, 且产量大。 b.可加装真空设备, 有利排气及流胶 缺点: 板边流胶量较大, 板厚较不均匀。

C. ADARA SYSTEM Cedal

压合机 Cedal 为一革命性压合机, 其作动原理为在一密闭真空舱体中, 利用连续卷状铜箔迭板, 在两端通电流, 因其电阻使铜箔产生高温, 加热 Prepreg, 用热传系数低之材质做压盘, 藉由上方加压, 达到压合效果, 因其利用夹层中之铜箔加热, 所以受热均匀、内外层温差小, 受压均匀, 比传统式压合机省能源, 故其操作成本低廉, 其构造如下图 5.6 优点:

- a. 利用上下夹层之铜板箔通电加热, 省能源, 操作成本低。
- b. 内外层温差小、受热均匀, 产品品质佳。
- c. 可加装真空设备, 有利排气及流胶。
- d. Cycle time 短约 40min.
- e. 作业空间减小很多。
- f. 可使用于高楼层

缺点: 设备构造复杂, 成本高, 且单机产量小迭板耗时。

C-1. Cedal Adara 压合机其加热方式, 为利用上下夹层之铜箔通电加热, 其 Stack 结构简图见图 5.7

5.3.3.2. 压合机热源方式:

A.电热式:

于压合机各开口中之压盘内, 安置电加热器, 直接加热。

优点: 设备构造简单, 成本低, 保养简易。

缺点: a.电力消耗大。

b.加热器易产生局部高温, 使温度分布不均。

B.加热软水使其产生高温高压之蒸汽, 直接通入热压盘。

优点: 因水蒸汽之热传系数大, 热媒为水较便宜。

缺点: a.蒸气锅炉必需专人操作, 设备构造复杂且易锈蚀, 保养麻烦。

b.高温高压操作, 危险性高。

C.藉由耐热性油类当热媒,以强制对流方式输送,将热量以间接方式传至热压盘。

优点:升温速率及温度分布皆不错,操作危险性较蒸汽式操作低。

缺点:设备构造复杂,价格不便宜,保养也不易。

D.通电流式:

利用连续卷状铜箔迭板,在两端通电流因其电阻使铜箔产生高温加热 Prepreg,用热传系数低之材质做压盘,减少热流失。

优点: a.升温速率快($35^{\circ}\text{C}/\text{min.}$)、内外层温差小,及温度分布均匀。

b.省能源,操作成本低廉。

缺点: a.构造复杂,设备成本高。

b.产量少。

5.3.3.3. 开口(Opening)迭板之方式:

A.一般压合机迭板结构:

若压合机有十二个开口,每一开口有上下热压盘,共十三个热压盘,迭板方式以钢质载盘为底 盘,放入十二张牛皮纸及一张铜箔基板,中间以一层镜面钢板一层板材的方式,迭入十二层板 材,上面再加一层镜面钢板及一张铜箔基板和十二张牛皮纸,再盖上钢质盖板,其结构如图 5.8.

A-1 迭板结构各夹层之目的

a. 钢质载盘,盖板(Press plate): 早期为节省成本多用铝板,近年来因板子精密度的提升已渐改成硬化之钢板,供均匀传热用。

b. 镜面钢板(Separator plate): 因钢材钢性高,可防止表层铜箔皱折凹陷.与拆板容易。钢板使用后,如因刮伤表面,或流胶残留无法去除就应加以研磨。

c.牛皮纸: 因纸质柔软透气的特性,可达到缓冲受压均匀施压的效果,且可防止滑动,因热传 系数低可延迟热传、均匀传热之目的。在高温下操作,牛皮纸逐渐失去透气的特性,使用三 次后就应更换。

d.铜箔基板:其位于夹层中牛皮纸与镜面钢板之间,可防止牛皮纸碳化后污染镜面钢板或黏在 上面,及缓冲受压均匀施压。

e.其它有脱模纸 (Release sheet)及压垫 (Press pad) Conformal press 的运用,大半都用在 软板 coverlayer 压合上。

B. CEDAL ADARA 迭板结构与方式 :见图 5.9

CEDAL 迭板作业依图 5.9 分四个主要步骤,一个 Stack 最多可选 65 个 Panel,并可利用固定架固定,其构造图见图 5.10

5.3.3.4. 压合时升温速率与升压速率对板子之影响

典型 Profile 见图 5.11

A.温度:

- a.升温段:以最适当的升温速率,控制流胶。
- b.恒温段:提供硬化所需之能量及时间。
- c.降温段:逐步冷却以降低内应力(Internal stress)减少板弯、板翘(Warp、Twist)。

B.压力:

- a.初压(吻压 Kiss pressure):每册(Book)紧密接合传热,驱赶挥发物及残余气体。
- b.第二段压:使胶液顺利填充并驱赶胶内气泡,同时防止一次压力过高导致的皱折及应力。
- c.第三段压:产生聚合反应,使材料硬化而达到 C-stage。
- d.第四段压:降温段仍保持适当的压力,减少因冷却伴随而来之内应力。

B-1 压力的计算

传统式的初压及全压,大量法的低压及高压都是对板面面积而言的,机台上的设定压力强度则与顶起的活塞轴有直接的关系,故应先有板面压力强度的规范数值后再去换算成为机台设定压力,即:

低压设定压力 = $40\text{PSI} \times A (\text{板子面积}) \div \text{活塞轴截面积}$ (所得数值仍为压力强度)

高压设定压力 = $560\text{PSI} \times A \div \text{活塞轴截面积}$

压力换算法: $1 \text{ kg/cm}^2 = 14.22\text{PSI} (\text{pound/in}^2)$

$1\text{PSI} = 0.07 \text{ kg/cm}^2$, $1 \text{ kg/cm}^2 = 1\text{ATM}$ 。

5.3.3.5. 压合流程质量管理重点:

- a. 板厚、板薄、板翘
- b. 铜箔皱折、
- c. 异物,pits & dents

- d. 内层气泡
- e. 织纹显露
- f. 内层偏移

5.3.4 后处理作业

5.3.4.1. 目的

- A. 设立加工之基准靶位, 及基板外框成型。
- B. IPQC (In Process Quality Control) 作业, 提升质量管理。

5.3.4.2. 后处理之流程:

A. 后烤(post cure, post lamination)-通常后烤条件是 150°C, 4 小时以上. 如果先前压合步骤 curing 很完整, 可不作后烤, 否则反而有害(降低 Tg). 可以测量 Tg, 判断 curing 是否完整. 后烤的目的有如下三个:

- a. 让聚合更完全.
- b. 若外表有弯翘, 则可平整之.
- c. 消除内部应力并可改善对位.

B. 铣靶, 打靶-完成压合后板上的三个箭靶会明显的出现浮雕(Relief),

a. 手动作业: 将之置于普通的单轴钻床下用既定深度的平头铣刀铣出箭靶及去掉原贴的耐热胶带, 再置于有投影灯的单轴钻床或由下向上冲的冲床上冲出靶心的定位孔, 再用此定位孔定在钻床上即行钻孔作业。注意要定时校正及重磨各使用工具,

b. X-Ray 透视打靶: 有单轴及双轴, 双轴可自动补偿取均值, 减少公差.

C. 剪边(CNC 裁板)-完成压合的板子其边缘都会有溢胶, 必须用剪床裁掉以便在后续制程中作业方便及避免造成人员的伤害, 剪边最好沿着边缘直线内 1 公分处切下, 切太多会造成电镀夹点的困扰, 最好再用磨边机将四个角落磨圆及边缘毛头磨掉, 以减少板子互相间的刮伤及对槽液的污染。或者现在很普遍直接以 CNC 成型机做裁边的作业。

压合制程至此结束, 接下来的步骤是钻孔。

六、钻孔

6.1 制程目的

单面或双面板的制作都是在下料之后直接进行非导通孔或导通孔的钻孔, 多层板则是在完成压板之后才去钻孔。传统孔的种类除以导通与否简单的区分外, 以功能的不同尚可分: 零件孔, 工具孔, 通孔(Via), 盲孔(Blind hole), 埋孔(Buried hole)(后二者亦为 via hole 的一种)。近年电子产品“轻、薄、短、小、快”的发展趋势, 使得钻孔技术一日千里, 机钻, 雷射烧孔, 感光成孔等, 不同设备技术应用于不同层次板子。本章仅就机钻部分加以介绍, 其它新技术会在 20 章中有所讨论。

6.2 流程

上 PIN→钻孔→检查

6.3 上 PIN 作业

钻孔作业时除了钻盲孔, 或者非常高层次板孔位精准度要求很严, 用单片钻之外, 通常都以多片钻, 意即每个 stack 两片或以上。至于几片一钻则视 1. 板子要求精度 2. 最小孔径 3. 总厚度 4. 总铜层数。来加以考量。因为多片一钻, 所以钻之前先以 pin 将每片板子固定住, 此动作由上 pin 机(pinning machining)执行之。双面板很简单, 大半用靠边方式, 打孔上 pin 连续动作一次完成。多层板比较复杂, 另须多层板专用上 PIN 机作业。

6.4. 钻孔

6.4.1 钻孔机

钻孔机的型式及配备功能种类非常多, 以下 List 评估重点

- A. 轴数: 和产量有直接关系
- B. 有效钻板尺寸
- C. 钻孔机台面: 选择振动小, 强度平整好的材质。
- D. 轴承(Spindle)
- E. 钻盘: 自动更换钻头及钻头数
- F. 压力脚
- G. X、Y 及 Z 轴传动及尺寸: 精准度, X、Y 独立移动
- H. 集尘系统: 搭配压力脚, 排屑良好, 且冷却钻头功能
- I. Step Drill 的能力
- J. 断针侦测
- K. RUN OUT

6.4.1.1 钻孔房环境设计

- A. 温湿度控制

- B. 干净的环境
- C. 地板承受之重量
- D. 绝缘接地的考量
- E. 外界振动干扰

6.4.2 物料介绍

钻孔作业中会使用的物料有钻针(Drill Bit),垫板(Back-up board),盖板(Entry board)等.以下逐一介绍:图 6.1 为钻孔作业中几种物料的示意图.

6.4.2.1 钻针(Drill Bit), 或称钻头,

其品质对钻孔的良窳有直接立即的影响, 以下将就其材料, 外型构、及管理简述之。

A. 钻针材料 钻针组成材料主要有三:

- a. 硬度高耐磨性强的碳化钨 (Tungsten Carbide ,WC)
- b.耐冲击及硬度不错的钴 (Cobalt)
- c.有机黏着剂.

三种粉末按比例均匀混合之后,于精密控制的焚炉中于高温中在模子中烧结 (Sinter)而成.其成份约有 94% 是碳化钨, 6% 左右是钴。 耐磨性和硬度是钻针评估的重点其合金粒子愈细能提高硬度以及适合钻小孔.通常其合金粒子小于 1 micron.

B. 外型结构

钻针之外形结构可分成三部份,见图 6.2,即钻尖 (drill point)、退屑槽 (或退刃槽 Flute)、及握柄 (handle,shank)。 以下用图标简介其功能:

a. 钻尖部份 (Drill Point)- 图 6.3

- (1) 钻尖角 (Point Angle)
- (2) 第一钻尖面 (Primary Face)及角
- (3) 第二钻尖面 (Secondary face)及角
- (4) 横刃 (Chisel edge)
- (5) 刃筋 (Margin)

钻尖是由两个窄长的第一钻尖面 及两个呈三角形钩状的第二钻尖面 所构成的,此四面会合于钻尖点,在中央会合处形成两条短刃称为横刃 (Chisel edge),是最先碰触板材之处,此横刃在压力及旋转下即先行定位而钻入 stack 中,第一尖面的两外侧各有一突出之方形带片称为刃筋 (Margin),此刃筋一直随着钻体部份盘旋而上,为钻针与孔壁的接触部份.而刃筋与刃唇交接处之 直角刃角 (Corner) 对孔壁的品质非常重要,钻尖部份介于第一尖面与第二尖面之间有长刃,两长刃在与两横刃在中间 部份相会而形成突出之点是为尖点,此两长刃所形成的夹角称钻尖角 (Point angle), 钻纸质之酚醛树脂基板时因所受阻力较少,其钻尖角约为 $90^{\circ} \sim 110^{\circ}$, 钻 FR4 的玻纤板时则尖角需稍钝为 $115^{\circ} \sim 135^{\circ}$, 最常见者为 130° 者。 第一尖面与长刃之水平面所呈之夹面角约为 15° 称为第一尖面角 (Primary Face Angle), 而第二尖面角则约为 30° , 另有横刃与刃唇所形成的夹角称为横刃角 (cheisel Edge Angle)。

b. 退屑槽 (Flute)

钻针的结构是由实体与退屑的空槽二者所组成。实体之最外缘上是刃筋,使钻针实体部份与孔壁之间保持一小间隙以减少发热。其盘旋退屑槽 (Flute) 侧断面上与水平所成的旋角称为螺旋角(Helix or Flute Angle),此螺旋角度小时,螺纹较稀少,路程近退屑快,但因废屑退出以及钻针之进入所受阻力较大,容易升温造成尖部积屑积热,形成树脂之软化而在孔壁上形成胶渣 (smear)。此螺旋角大时钻针的进入及退屑所受之磨擦阻力较小而不易发热,但退料太慢。

c. 握柄 (Shank)

被 Spindle 夹具夹住的部份,为节省材料有用不锈钢的。

钻针整体外形有 4 种形状:

- (1) 钻部与握柄一样粗细的 Straight Shank,
- (2) 钻部比主干粗的称为 Common Shank。
- (3) 钻部大于握柄的大孔钻针
- (4) 粗细渐近式钻小孔钻针。

C. 钻针的检查与重磨

a. 检查方法 20~40 倍实体显微镜检查,见图 6.4

b. 钻针的重磨 (Re-Sharpping) 为孔壁品质钻针寿命,可依下表做重磨管理。一般钻针以四层板之三个迭高 (High) 而言,寿命可达 5000-6000 击(Hit),总共可以重磨三次。(应重磨击数表)

6.4.2.2. 盖板 Entry Board(进料板)

A. 盖板的功用有:

- a. 定位
- b. 散热
- c. 减少毛头
- d. 钻头的清扫
- e. 防止压力脚直接压伤铜面

B. 盖板的材料:以下简述其种类及优缺点

a. 复合材料- 是用木浆纤维或纸材,配合酚醛树脂当成黏着剂热压而成的。其材质与单面板之基材相似。此种材料最便宜。

b. 铝箔压合材料 是用薄的铝箔压合在上下两层,中间填去脂及去化学品的纯木屑。

c. 铝合金板 5~30mil,各种不同合金组成,价格最贵

上述材料依各厂之产品层次,环境及管理.成本考量做最适当的选择.其品质标准 必须:表面平滑,板子平整,没有杂质,油脂,散热要好。

6.4.2.3 垫板 Back-up board

A. 垫板的功用有:

- a. 保护钻机之台面 ,
- b. 防止出口性毛头(Exit Burr)
- c. 降低钻针温度。
- d. 清洁钻针沟槽中之胶渣。

B. 材料种类:

a. 复合材料-其制造法与纸质基板类似,但以木屑为基础,再混合含酸或盐类的黏着剂,高温高压下压合硬化成为一体而硬度很高的板子。

b. 酚醛树脂板 (phenolic) 价格比上述的合板要贵一些,也就是一般单面板的基材。

c. 铝箔压合板 与盖板同

VBU 垫板 是指 Vented Back Up 垫板,上下两面铝箔,中层为折曲同质的纯铝箔,空气可以自由流通其间,一如石棉浪一样。垫板的选择一样依各厂条件来评估.其重点在:不含有机油脂,屑够软不伤孔壁,表面够硬,板厚均匀,平整等。

6.4.3 操作

6.4.3.1 CNC 控制

现有 CAD/CAM 工作站都可直接转换钻孔机接受之语言只要设定一些参数如各孔号代表之孔径等即可.大部分工厂钻孔机数量动辄几十台因此多有连网作业由工作站直接指示.若加上自动 Loading/Unloading 则人员可减至最少。

6.4.3.2 作业条件

钻孔最重要两大条件就是"Feeds and Speeds"进刀速度及旋转速度,以下做一 叙述

A. 进刀速度(Feeds): 每分钟钻入的深度,多以吋 / 分(IPM)表示。上式已为"排屑量"(Chip Load)取代,钻针之所以能刺进材料中心须要退出相同体积的钻屑才行,其表示的方法是以钻针每旋转一周后所能刺进的吋数(in/R)。

B. 旋转速度(Speeds) — 每分钟所旋转圈数(Revolution Per Minute RPM)

通常转数约为 6 万—8 万 RPM,转速太高时会造成积热及磨损钻针。当进刀速度约为 120in/min 左右,转速为 6 万 RPM 时,其每一转所能刺入的深度为其排屑量

排屑量高表示钻针快进快出而与孔壁接触时间短,反之排屑量低时表示钻针进出缓慢

与孔壁磨擦时间增长以致孔温升高。

设定排屑量高或低随下列条件有所不同:

1. 孔径大小
2. 基板材料
3. 层数
4. 厚度

6.4.4 作业注意事项

A. 转数、进刀数的设定, 应依实际的作业状况, 机器所附手册上的条件仅为参考, 仍须修正。

B. 定期测量转数、进刀数, Run out 等数值。

C. 真空吸尘极为重要, 设计时应 over 实际需要, 以达 100% 效率, 定期更换。

D. Spindle 及夹头需随时保持清洁

E. Run out 一定要保持在 0.0005" 以下

F. 台面上尘屑要用吸尘器去除, 切勿用吹气的方式。

6.5 小孔钻

6.5.1 小孔定义:

直径 0.6 mm 以下称小孔, 0.3 mm 以下称微孔(micro hole)

6.5.2 小孔加工现有机钻及非机钻, 现就机钻加以探讨

小直径钻孔加工

小直径钻头的规格依使用人、厂商而略有不同, 一般 0.3mm 的称极小径钻头, 由于表面黏着技术(Surface Mount Technology)大量应用, 小径、极小径的钻孔也日益增多, 因此 PC 板钻头与钻孔机的问题就油然而生; 而怎样来防止钻头的折断是钻孔加工最主要的症结, 其折断的主要原因如下:

1. 钻头的形状和材质
2. 钻头的外径与纵横比(Aspect)
3. PC 板的种类(材质、厚度与层数)
4. 钻孔机的振动和主轴的振动
5. 钻孔条件(转数与进刀速度)
6. 盖板、垫板的选择

A 小孔径钻孔机

实施小孔径钻孔时必须考虑到机械的精度, 而其最主要在于位置的精度; 一般通称的位置精度包括以下几个因素而言:

1. 程序设计的位置与实际工作台上位置精度的误差。最近的新机种通常亦有

$\pm 10 \sim 15 \mu\text{m}$ 左右的误差。

2. 因主轴振动所造成的误差。(尤其必须考虑到运转时的误差)
3. 钻头钻入 PC 瞬间的偏差, 大时可达 $10 \mu\text{m}$, 其原因很复杂; 主轴、钻头、压板等等都有关连。
4. 钻头本身的弯曲; 钻入的点至穿透止之间的弯曲度即孔位弯曲精度。孔位曲的原因经归纳如表所示。

为了提高孔位精度, 只归因于钻头是不合理的, 钻孔机等其它的因素也应加以改善: 一适当条件: 如进刀速、转速的调整, 分段钻的作业等。一STACK 的置放 在生产在线做小径钻孔加工时, 以操纵大直径的方法来处理小径时, 常会有忽略的问题产生; 其实最重要的是将 PCB 牢牢的固定于工作台上, 使其成为一个整体, 钻头在刚开始钻孔时, 若 PCB 板固定不牢则易滑动, 造成钻头易折断的可能, 为了防止钻折断, 以下几点要特别注意:

1. 将压板、PC 板、垫板用胶布贴牢后, 于指定地方用固定针钉牢。
2. 尽量避免使用变形的 PC 板。
3. 压板尽量使用厚度为 $0.15 \sim 0.2\text{mm}$ 的铝板或 $0.3 \sim 0.4\text{mm}$ 的合成树脂板为主。
4. 垫板并非取质硬, 而是需追求厚度的一致。

6.6 检查及品质重点

6.6.1 品质重点

1. 少钻
2. 漏钻
3. 偏位 (上述以底片 check)
4. 孔壁粗糙
5. 钉头 (切片)
6. 巴里(burr)

6.6.2 钻孔结束板边 coupon 设计(见图 6.5)

板边设计 coupon 的用意如下:

1. 检查各孔径是否正确
2. 检查有否断针漏孔
3. 可设定每 1000, 2000, 3000 hit 钻一孔来检查孔壁品质.

钻孔制程至此告一段落, 下一步骤将进行孔壁金属化即所谓镀通孔.

七 镀通孔

7.1 制程目的

双面板以上完成钻孔后即进行镀通孔(Plated Through Hole, PTH)步骤, 其目的使孔壁

上之非导体部份之树脂及玻纤束进行金属化(metalization), 以进行后来之电镀铜制程, 完成足够导电及焊接之金属孔壁。

1986 年, 美国有一家化学公司 Hunt 宣布 PTH 不再需要传统的贵金属及无电铜的金属化制程, 可用碳粉的涂布成为通电的媒介, 商名为 "Black hole"。之后陆续有其它不同 base 产品上市, 国内使用者非常多。除传统 PTH 外, 直接电镀(direct plating)本章节也会述及。

7.2 制造流程

去毛头→除胶渣→PTHa 一次铜

7.2.1. 去巴里 (deburr)

钻完孔后, 若是钻孔条件不适当, 孔边缘有 1. 未切断铜丝 2. 未切断玻纤的残留, 称为 burr. 因其要断不断, 而且粗糙, 若不将之去除, 可能造成通孔不良及孔小, 因此钻孔后会有 de-burr 制程. 也有 de-burr 是放在 Desmear 之后才作业. 一般 de-burr 是用机器刷磨, 且会加入超音波及高压冲洗的应用. 可参考表 4.1.

7.2.2. 除胶渣 (Desmear)

A. 目的:

- a. Desmear
- b. Create Micro-rough 增加 adhesion

B. Smear 产生的原因:

由于钻孔时造成的高温 Resin 超过 Tg 值, 而形成融熔状, 终致产生胶渣。
此胶渣生于内层铜边缘及孔壁区, 会造成 P.I.(Poor Interconnection)

C. Desmear 的四种方法:

硫酸法(Sulfuric Acid)、电浆法(Plasma)、铬酸法(Cromic Acid)、高锰酸钾法(Permanganate).

a. 硫酸法必须保持高浓度, 但硫酸本身为脱水剂很难保持高浓度, 且咬蚀出的孔面光滑无微孔, 并不适用。

b. 电浆法效率慢且多为批次生产, 而处理后大多仍必须配合其它湿制程处理, 因此除非生产特殊板大多不予采用。

c. 铬酸法咬蚀速度快, 但微孔的产生并不理想, 且废水不易处理又有致癌的潜在风险, 故渐被淘汰。

d. 高锰酸钾法因配合溶剂制程, 可以产生微孔。同时由于还原电极的推出, 使槽液安定性获得较佳控制, 因此目前较被普遍使用。

7.2.2.1 高锰酸钾法(KMnO4 Process):

A. 膨松剂(Sweller):

a. 功能:软化膨松 Epoxy, 降低 Polymer 间的键结能, 使 KMnO₄ 更易咬蚀形成 Micro-rough 速率作用 Concentration

b. 影响因素: 见图 7.1

c. 安全:不可和 KMnO₄ 直接混合, 以免产生强烈氧化还原, 发生火灾。

d. 原理解释:

(1) 见图 7.2

初期溶出可降低较弱的键结, 使其键结间有了明显的差异。若浸泡过长, 强的链接也渐次降低, 终致整块成为低链接能的表面。如果达到如此状态, 将无法形成不同强度结面。若浸泡过短, 则无法形成低键结及键结差异, 如此将使 KMnO₄ 咬蚀难以形成蜂窝面, 终致影响到 PTH 的效果。

(2) Surface Tension 的问题:

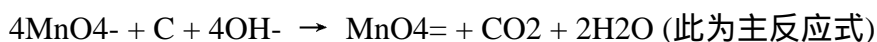
无论大小孔皆有可能有气泡残留, 而表面力对孔内 Wetting 也影响颇大。故采用较高温操作有助于降低 Surface Tension 及去除气泡。至于浓度的问题, 为使 Drag out 降低减少消耗而使用略低浓度, 事实上较高浓度也可操作且速度较快。

在制程中必须先 Wetting 孔内壁, 以后才能使药液进入作用, 否则有空气残留后续制程更不易进入孔内, 其 Smear 将不可能去除。

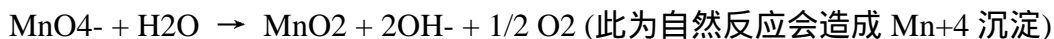
B. 除胶剂 (KMnO₄):

a. 使用 KMnO₄ 的原因:选 KMnO₄ 而未选 NaMnO₄ 是因为 KMnO₄ 溶解度较佳, 单价也较低。

b. 反应原理:



$2\text{MnO}_4^- + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{MnO}_4^- + 1/2 \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (此为高 PH 值时自发性分解反应)



c. 作业方式:早期采氧化添加剂的方式, 目前多用电极还原的方式操作, 不稳定的问题已获解决。

d. 过程中其化学成份状况皆以分析得知, 但 Mn⁺⁷ 为紫色, Mn⁺⁶ 为绿色, Mn⁺⁴ 为黑色, 可由直观的色度来直接判断大略状态。若有不正常发生, 则可能是电极效率出了问题须注意。

e. 咬蚀速率的影响因素: 见图 7.3

f. 电极的好处:

(1).使槽液寿命增长

(2).品质稳定且无 By-product, 其两者比较如图 7.4:

g. KMnO₄ 形成 Micro-rough 的原因: 由于 Sweller 造成膨松, 且有结合力之强弱, 如此使咬蚀时产生选择性, 而形成所谓的 Micro-rough。但如因过度咬蚀, 将再度平滑。

h. 咬蚀能力也会随基材之不同而有所改变

i. 电极必须留心保养, 电极效率较难定出绝对标准, 且也很难确认是否足够 应付实际需要。故平时所得经验及厂商所提供数据, 可加一系数做计算, 以为电极需求参考。

C. 中和剂(Neutralizer):

a. NaHSO₃ 是可用的 Neutralizer 之一, 其原理皆类似 Mn⁺⁷ or Mn⁺⁶ or Mn⁺⁴(Neutralizer)→Mn⁺² (Soluble)

b. 为免于 Pink Ring, 在选择 Acid base 必须考虑。HCl 及 H₂SO₄ 系列都有, 但 Cl 易攻击 Oxide Layer, 所以用 H₂SO₄ 为 Base 的酸较佳。

c. 药液使用消耗分别以 H₂SO₄ 及 Neutralizer, 用 Auto-dosing 来补充, 维护。

7.2.2.2 整条生产线的考虑:

A.Cycle time: 每 Rack(Basket)进出某类槽的频率(时间)

B.产能计算:

$$(\text{Working hours} / \text{Cycle time}) * (\text{Flight Bar} / \text{Hoist}) * (\text{Racks/Flight Bar}) * (\text{SF/Rack}) = \text{SF/Mon}$$

C.除胶渣前 Pre-baking 对板子的影响:见图 7.5

a.由于 2.在压合后已经过两次 Cure, 结构会比 1,3 Cure 更完全, 故 Baking 会使结构均一, 压板不足处得以补偿。

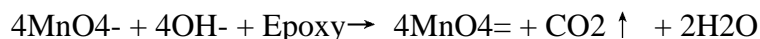
b.多量的氧, 氧化了 Resin 间的 Bonding, 使咬蚀速率加剧 2~3 倍。且使 1,2,3 区较均一。

c.释放 Stress, 减少产生 Void 的机会。

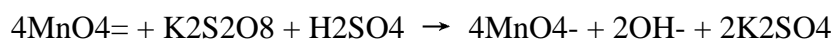
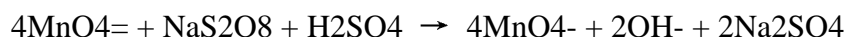
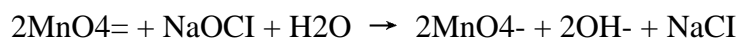
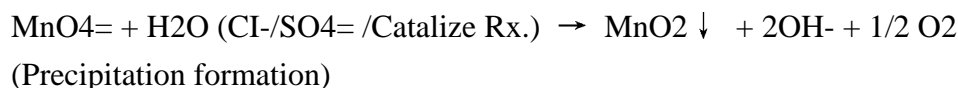
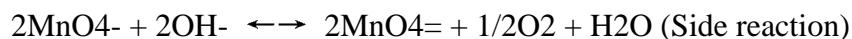
7.2.2.3. 制程内主要反应及化学名称:

A. 化学反应:

a.主要反应



b. 副反应:



(For Chemical regeneration type process reaction)



(Electrolytic reaction: Need replenish air for Oxygen consumption)

B.化学品名称:

MnO ₄ ⁻	Permanganate	Na ₂ S ₂ O ₈	Sodium Persulfate
MnO ₄ ⁼	Manganate	S ₂ O ₄ ⁻	Sulfate
OH ⁻	Hydroxide(Caustic)	CO ₂	Carbon Dioxide
NaOCl	Sodium Hydrochloride	MnO ₂	Manganese Dioxide

7.2.2.4.典型的 Desmear Process: 见表

7.2.2.5. Pocket Void 的解释:

A.说法一:Sweller 残留在 Glass fiber 中, 在 Thermal cycle 时爆开。

B.说法二: 见图 7.6

a. 压板过程不良 Stress 积存, 上锡过程中力量释出所致

b. 在膨胀中如果铜结合力强, 而 Resin 释出 Stress 方向呈 Z 轴方向, 当 Curing 不良而 Stress 过大时则易形成 a 之断裂, 如果孔铜结合力弱则易形成 B 之 Resin recession, 结合力好而内部树脂不够强韧则出现 c 之 Pocket void

C. 如果爆开而形成铜凸出者称为 Pull away

7.2.3 化学铜(PTH)

PTH 系统概分为酸性及碱性系统, 特性依基本观念而有不同。

7.2.3.1 酸性系统:

A.基本制程:

Conditioner → Microetch → Catalpretreatment → Cataldeposit → Accelerator → Electroless Deposit

B.单一步骤功能说明:

a. 整孔 Conditioner:

1. Desmear 后孔内呈现 Bipolar 现象, 其中 Cu 呈现高电位正电, Glass fiber、Epoxy 呈负电

2. 为使孔内呈现适当状态, Conditioner 具有两种基本功能

(1)Cleaner: 清洁表面

(2)Conditioner: 使孔壁呈正电性, 以利 Pd/Sn Colloid 负电离子团吸附

3. 一般而言粒子间作用力大小如表

因而此类药液系统会有吸附过多或 Colloid 过多的吸附是否可洗去之顾虑

4. Conditioner 若 Drag In 至 Activator 槽, 会使 Pd⁺离子团降低

b. 微蚀 Microetch

1. Microetching 旨在清除表面之 Conditioner 所形成的 Film

2. 此同时亦可清洗铜面残留的氧化物

c. 预活化 Catalpretreatment

1. 为避免 Microetch 形成的铜离子带入 Pd/Sn 槽, 预浸以减少带入

2. 降低孔壁的 Surface Tension

d. 活化 Cataldeposit

1. 一般 Pd 胶体皆以以下结构存在: 见图 7.7

2. Pd²⁺: Sn²⁺: Cl⁻ = 1: 6: 12 较安定

3. 一般胶体的架构方式是以以下方式结合: 见图 7.8 当吸附时由于 Cl 会产生架桥作用, 且其半径较大使其吸附不易良好, 尤其如果孔内的 Roughness 不适当更可能造成问题。

4. 孔壁吸附了负离子团, 即中和形成中和电性

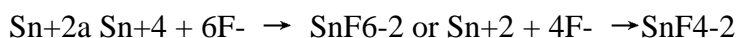
e. 速化 Accelerator

1. Pd 胶体吸附后必须去除 Sn, 使 Pd²⁺ 曝露, 如此才能在未来无电解铜中产生催化作用形成化学铜

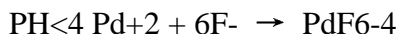
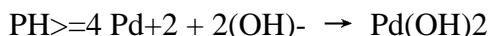
2. 基本化学反应为:



3. 一般而言 Sn 与 Pd 特性不同, Pd 为贵金属而 Sn 则不然, 因此其主反应可如下:



而 Pd 则有两种情形:



4. Pd 吸附在本系统中本身就不易均匀, 故速化所能发挥的效果就极受限制。除去不足时会产生 P.I., 而过长时则可能因为过份去除产生破洞, 这也是何以 Back_light 观察时会有缺点的原因

5. 活化后水洗不足或浸泡太久会形成 Sn²⁺ a Sn(OH)₂ 或 Sn(OH)₄, 此易形成胶体膜. 而 Sn⁴⁺ 过高也会形成 Sn(OH)₄, 尤其在 Pd 吸太多时易呈 PTH 粗糙

6. 液中悬浮粒子多, 易形成 PTH 粗糙

f. 化学铜沉积 Electroless Deposit

1. 利用孔内沉积的 Pd 催化无电解铜与 HCHO 作用, 使化学铜沉积

2. Pd 在化学铜槽的功能有二:

(1) 作为 Catalyst 吸附 H⁻ 之主体, 加速 HCHO 的反应

(2) 作为 Conductor, 以利 e⁻ 转移至 Cu²⁺ 上形成 Cu 沉积

3. 其基本反应及 Mechanism 见图 7.9a ; 7.9b :

4. 由于槽液在操作开始时缺少 H₂ 含量, 故其活性可能不够, 而且改变温度也易使槽液不稳定。故在操作前一般先以 Dummy boards 先行提升活性再作生产, 才能达到操作要求

5. Bath loading 也因上述要求而有极大的影响, 太高的 Bath loading 会造成过度的活化而使槽液不安定。相反若太低则会因 H₂ 的流失而形成沉积速率过低。故其 Max 与 Min 值应与厂商确认做出建议值

6. 如果温度过高, [NaOH], [HCHO] 浓度不当或者 Pd²⁺ 累积过高都可能造成 P.I. 或 PTH 粗糙的问题

g. 整个反应状态见图 7.10 所示

7.2.3.2、碱性系统:

A. 基本制程:

Conditioner → Etch Cleaner → Catalpretreatment → Activator → Reducer →
Electroless Copper

B. 单一步骤功能说明

a. Conditioner: Wetting agent + 10 g/l NaOH (A)

1. 以 Wetting agent 的观念, 而非电性中和, 如此可形成较薄的 Film 约 300A, 且均匀而不致有附着不上或太厚之虞

2. 基本方式系以亲水基与疏水基之特有 Dipol 特性使 Wetting agent 被水排挤, 快速吸附至孔壁。因其形成之单层膜不易再附上其它 Conditioner 而与 Cleaner 共同作用洗去多余杂质

3. 其设计是一道酸一道碱的药液浸泡, 使各种不同来源的板子皆有良好的 wetting 作用, 其 Formula: Wetting agent + 10 ml/l H₂SO₄

4. 若水质不洁而含 M⁺²(如: Ca⁺²、Mg⁺²、Fe⁺² 等)则 Amine 及 Wetting agent 易与之结合而形成沉淀, 故水质硬度应特别留意

5. 当板子浸入水中, Cu 正电迅速与 OH⁻中和而呈负电。而 Dipol 静电力有限, 不致形成多层覆盖, 故无 Over condition 的顾虑

b. Etch cleaner: (SPS 与 H₂SO₄/H₂O₂ 两种)

基本功能与酸性系列相似(SPS: 10g/l)

c. Catalpretreatment: 同 Activator 但少 Complex

d. Activator: Activator + Pd(Amine) complex

1. 基本上此系列的 Pd, 是由 Amine 类形成的 Complex,

2. 其特点如下:

(1) Pd(Amine)⁺² 呈正电荷, 可吸附在 Conditioner 上而甚少吸附在铜上, 少有 P.I.问题

(2) 没有 Sn 形成的 Colloid, 其粒子较小, 结晶较密且少有 Sn(OH)₂、Sn(OH)₄ 析出问题。也没有 Sn⁺² + Fe⁺² a Sn⁺⁴ + Cu 作用。

(3) 无 Cl⁻在外围, 由于 Cl⁻会与 Polyimide 材料产生作用, 故无 Cl⁻会有较广的适用性

(4) 由于 Pd(Amine)⁺² as Pd⁺² + Amine 为一平衡反应, 吸附反应十分快, 且由于粒子小空隙低因而致密性佳。

(5) Impurity 少有残留, 且吸附 Pd⁺² 少, 故能有较少 P.I.机会

(6) 由于无 Cl⁻, 对 Black-Oxide 的 attack 相对减少, 故 Pink Ring 较轻微

(7) 由于吸附较密, 将来作无电解铜时 Coverage 也会较密较好

e. 整个反应状态见图 7.11 所示

7.2.4 一次铜(Panel plating)

非导体的孔壁经 PTH 金属化后, 立即进行电镀铜制程, 其目的是镀上 200~500 微英吋以保护仅有 20~40 微英吋厚的化学铜被后制程破坏而造成孔破(Void)。有关铜电镀基本理论及实际作业请参看二次铜更详细的解说。

7.3. 厚化铜

传统金属化之化学铜的厚度仅约 20~30 微吋, 无法单独存在于制程中, 必须再做一次全板面的电镀铜始能进行图形的转移如印刷或干膜。但 若能把化学铜层的厚度提高到 100 微吋左右, 则自然可以直接做线路转移的工作, 无需再一道全板的电镀铜步骤而省却了设备, 药水、人力、及时间, 并达 简化制程减少问题的良好目标。 因此有厚化铜制程出现, 此一方式已经实际 生产在线进行十数年, 由于镀液管理困难分析添加之设备需要较高层次之技术, 成本居高不下等, 此制程已经势微。

厚化铜的领域又可分为 :

A."半加成 Semi-Additive"式是完全为了取代全板面电镀铜制程。

B."全加成 Fully Additive"式则是用于制造加成法线路板所用的。日本某些商用消费性电子产品用 24 小时以上的长时间的全加成镀铜, 而且只镀在孔及线路部份。日本之外尚不多见, 高雄日立化成数年前尚有 CC-41 制程, 目前已关掉该生产线

7.3.1 厚化铜基本观念

a. 厚化铜也仍然采用与传统无电铜相似的配方, 即仍以铜离子、强碱、及甲醛做为反应的原动力, 但与温度及其所产生的副产物关系较大。

b. 无电铜因厚度很薄, 内应力(inner Stress) 影响不大故不需重视, 但厚化铜则必须考虑。也就是说厚化铜与板面铜箔间的附着力也为关键, 应特别注意其镀前活化之过程如整孔及微蚀是否完美。控制不好时可能发生孔壁剥离(pull away)及板面脱皮。

c. 厚化铜之外表面能接受油墨或干膜之附着, 所以印刷前尽量少做磨刷或其它化学粗化。在阻剂完成转移后又要能耐得环境的氧化, 而且也要耐得最低起码的活性清洗及活化。

d. 厚化铜主要的目的是既能完成非导体的金属化同时又可取代一次镀铜, 能够发挥大量的设备、人力、物料、及操作时间的节省, 但化学铜槽本身比传统的无电铜要贵, 管理不易, 要利用特定的自动添加设备。

e. 前处理之各制程比传统 PTH 要更谨慎, 原因是化学铜的沉积是靠铜离子在板子上之活化生长点(Active sites)还原出铜金属并增厚, 当此等生长点被铜覆盖后其它板面上又逐次出现新的生长点再接受铜的沉积, 电镀铜的沉积则不但向上发展, 也能横向延伸。故万一底材未能在前处理制程中完成良好的活化时则会造成孔破(Hole Void), 而且经过干膜或印刷后, 可能进一步的恶化, 终必成为板子品质上极大的隐忧。

7.4 直接电镀(Direct plating)

由于化学铜的制程中, 有很多对人体健康有害的成份(如甲醛会致癌), 以及废水处理(如有 Chelate)有不良影响的成份, 因此早在 10 多年前就有取代传统 PTH 所谓 Direct Plating(不须靠化学铜的铜当导体)商品出现, 至今在台湾量产亦有很多条线。但放眼国外, 除欧洲应用者很多以外, 美、日(尤其是美国)并不普遍, 一些大的电子公司(如制造计算机、大哥大等)并不 Approve 直接电镀制程, 这也是国内此制程普及率尚低的原因之一。

7.4.1 直接电镀种类

大致上可归为三种替代铜的导体

- A. Carbon-碳粉(Graphite 同)
- B. Conductive Polymer-导体高分子
- C. Palladium-钯金属

7.4.2 直接电镀后续制程有两种方式:

- A. 一次镀铜后,再做影像转移及二铜
- B. 直接做影像转移及线路电镀

7.4.3 表归纳目前国内已使用中的直接电镀各商品之分析, 供业界参考。

本章中介绍了传统薄化铜, 厚化铜以及直接电镀等几种镀通孔方式.未来制程走势:

- A. 缩短制程
- B. 减少污染
- C. 小孔通孔能力
- D. 降低成本
- E. 底材多样化处理能力

而此制程是 PCB 制作的基础工程,若处理不好影响良率及信赖度因此要仔细评估与选择何种药水及设备.

八 外层

8.1 制程目的

经钻孔及通孔电镀后, 内外层已连通, 本制程在制作外层线路, 以达电性的完整.

8.2 制作流程

铜面处理→压膜→曝光→显像

8.2.1 铜面处理

详细资料请参考 4.内层制作.

8.2.2 压膜

8.2.2.1 干膜介绍

干膜(dry film)的构造见图 8.1, 1968 年由杜邦公司开发出来这种感旋光性聚合物的干膜后, PCB 的制作就进入另一纪元, 到 1984 年末杜邦的专利到期后日本的 HITACHI 也有自己的品牌问世。尔后就陆续有其它厂牌加入此一战场。

依干膜发展的历史可分下列三种 Type:

- 一溶剂显像型
- 一半水溶液显像型
- 一碱水溶液显像型

现在几乎是后者的天下,所以本章仅探讨此类干膜。

A. 干膜之组成

水溶性干膜主要是由于其组成中含有机酸根, 会与强碱反应使成为有机酸的盐类, 可被水溶掉。其组成见图 8.1 水溶性干膜最早由 Dynachem 推出, 以碳酸钠显像, 用稀氢氧化钠剥膜, 当然经不断改进才有今日成熟而完整的产品线。

B. 制程步骤

干膜作业的环境, 需要在黄色照明,通风良好,温湿度控制的无尘室中操作, 以减少污染增进阻剂之品质。其主要的步骤如下:

压膜 停置 曝光 停置 显像

8.2.2.2 压膜(Lamination)作业

A. 压膜机 压膜机可分手动及自动两种,有收集聚烯类隔层的卷轮,干膜主轮,加热轮,抽风设备等四主要部份, 进行连续作业, 其示意图 8.2

一般压膜条件为:

压膜热轮温度	120°±10℃
板面温度	50±10℃
压膜速度	1.5~2.5 米 / 分
压力	15-40 psi

a. 传统手动压膜机须两人作业, 一人在机前送板, 一人在机后收板并切断干膜, 此方式用在样品、小量多料号适合, 对人力、物料的耗用浪费颇多。

b. 自动压膜机市面上 HAKUTO, CEDAL, SCHMID 等多种厂牌, 其机构动作在板前缘黏压干膜方式及压膜后缘切膜动作多有不同, 但都朝产速加快, 节省干膜以及黏贴能力上在改进。

c. 国内志胜几年前开发自动压膜机颇为成功国内多家大厂均有使用。

d. 干膜在上述之温度下达到其玻璃态转化点而具有流动性及填充性, 而能覆盖铜面。但温度不可太高, 否则会引起干膜的聚合而造成显像的困难。压膜 前板子若能预热, 可增强其附着力。

e. 为达细线路高密度板之高品质, 必须从环境及设备上着手, 干膜之压膜需要在

无尘室中进行 (10K 级以上), 环境温度应控制在 $23^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$, 相对湿度应 保持 $50\%\text{RH}\pm 5\%$ 左右。操作人员也要带手套及抗静电之无尘衣帽。

8.2.3 曝光 Exposure

8.2.3.1 曝光机种类

—手动与自动

—平行光与非平行光

—LDI 雷射直接曝光

A. 手动曝光机, 是将欲曝板子上下底片以手动定 PIN 对位后, 送入机台面, 吸真空后曝光。

B. 自动曝机一般含 Loading/unloading, 须于板子外框先做好工具孔, 做初步定位再由机台上之 CCD, Check 底片与孔的对位状况, 并做微调后入曝光区曝光。依目前的精密须求程度, 不以视觉机器自动对位, 恐怕做不到好品质的板子。

C. 如何量测及评估曝光机的平行度:

—定义: 从平行度(collimate)字面的意思就是使直向行进, 而从光的眼光而言则是让光行进同时垂直于照射面。图 8.3 是平行光与非平行光之比较。

—平行度的影响: 而研判平行直进的方法有两个值可供参考, 平行半角 (Collimate Half Angle) 及偏斜(Declination Angle)。此二值可大略判断 曝光机的平行度及曝光可能造成的侧向偏移, 也因此若使用非平行曝光机 曝光其影像会有偏料及底部侧向显像的问题。

—量测方法及工具:

—一般量测平行度的方法是用一种叫平行度像机(Collimation Camera) 其量测方式是以此工具置于感光纸或感光物上曝光, 之后再量偏移度, 其示意图如下 (图 8.4(a,b)):

D. 非平行光与平行光的差异, 平行光可降低 Under-Cut。其差异点, 可见图 8.5, 显影后的比较。做细线路(4mil 以下)非得用平行光之 曝光机。

E. 另有一种 LDI(Laser Direct Imaging)激光直接感光之设备与感光方式。是利用 特殊之感光膜 coating 在板面, 不须底片直接利用激光扫描曝光。其细线可做到 2mil 以内, 利用多 beam 方式 18in×24in 的板子, 已有号称曝光时间仅 30 秒。

8.2.3.2 作业注意事项

A. 偶氮棕片的使用

手动曝光因仰赖人目视对位, 因此棕片是有必要的, 但自动曝光机由机器负责对位所以一般黑白底片即可。棕片的寿命较短

B. 能量的设定

曝光机中有光能量之累积计算器, 光量子 (以焦耳或毫焦耳为单位) 是指 光强度 (瓦特或毫瓦特) 与时间的乘积, 即

$$\text{mili - Joule} = \text{mili Watt} \quad \text{Sec. 焦耳} = \text{瓦特} \quad \text{秒}$$

曝光机上有可以调动的光能量数字键, 并有测光强度之装置, 当设定某一光 能量数字后即可做定能量之曝光, 每当光源紫外灯老化而光强度衰减时, 该 设定系统即会自动

延长时间以达到所需的光能量。定期以"Photometer" 或"Radiometer"做校正工作。

C. Stouffer 21 Step Tablet

Stouffer 21 step tablet 是 IN-process 监测曝光显像后的条件是否正常, 见图 8.6。它是放于板边与正常板一样曝光, 停置及显像后, 其 21 格上之干膜残留有颜色渐淡, 至完全露铜的变化, 最重要视其已显像及仍残存板面之交界是落于第几格。一般标准是 8~10 格, Follow 各厂牌所给的 Data Sheet。

D. 吸真空的重要

非平行光的作业中, 吸真空的程度是影响曝光品质的重大因素。因底片与膜面有间隙会扩大 under-cut。一般判断贴紧程度是从光罩上之 Mylar 面出现的牛顿环(Newton Ring)的状况, 以手碰触移动, 若牛顿环并不会跟着移动, 则表吸真空良好。手动作业, 时常作业员尚要以"刮刀"辅助刮除空气, 此小动作事实上极易影响对位及底片的寿命。平行光源则此问题可降至最低。

E. 对位

对于自动曝光机来说, 偏位不是不问题, 只要评估好设备的制程能力以及维护工作底片的准确度即可, 但手动曝光机作业影响对准度的变量就很多:

- <1> PIN 孔大小的选择
- <2> 上制程通孔电镀的厚度分析
- <3> 孔位准确度
- <4> 底片套板的方式
- <5> 人目视误差

上述仅举常见因素, 各厂应就产品层次来提升干膜作业的制程能力。

F. 静置

曝光后板子须间隔板置放 10~15 分钟让吸收 UV 能量后的 resist Film 聚合更完全。

G. 高强度的 UV 光对细线路而言是十分重要的, 因为所有的光阻都含有遮蔽剂(Inhibitor), 而此遮蔽剂遇 UV 光时会在数秒内大量消耗。因此如果用弱光曝光, 则须用较长时间来达到必须的能量, 如此有较多的时间让未见光区的遮蔽剂扩散至曝光区, 如此只要有一点折光或散射就会形成聚合, 产生残胶显影不洁等问题。因此使用强光曝光机有助于细线的制作, 有残胶并不是代表只是显影不洁或水洗不良的问题。

一般而言 $5\text{mW}/\text{cm}^2$ 能量密度对一般的线路已有不错的效果, 如果要有更佳的分辨率则高一些的光强度有助于改善之。

H. 影响分辨率的因子互动关系有:(1)曝光时间长短(2)未曝光区遮蔽剂的量 (3)散射折射光的多少. 其中第二项是来自供货商的调配较无法调整, 第(1)项可考虑控制光强度来改善其品质, 第(3)项则使用平行曝光机及加强曝光前真空作业会有帮助。

8.2.4. 显像 Developing

8.2.4.1 槽液成份及作业条件

溶液配方	1 — 2 %之碳酸钠 (重量比)
温度	30 ± 2 °C
喷压	15—20 PSI

水洗 27°—29℃, 水压 40 PSI
pH 10.5 —10.7,
Break point 50~70% Auto dosing

8.2.4.2 作业注意事项

A. 显像是把尚未发生聚合反应的区域用显像液将之冲洗掉, 已感光部份则因已发生聚合反应而洗不掉仍留在铜面上成为蚀刻或电镀之阻剂膜。注意在 显像前不可忘记把表面玻璃纸撕掉。

B. 显像点 Break point (从设备透明外罩看到已经完全显现出图样的该点的距 离称之为)应落于 50~70%间, 不及,铜面有 scum 残留,太过,则线边有膜屑或 undercut 过大. 最好有自动添加系统(auto-dosing). 另外喷洒系统设计良否也会影响显像点.可参考表 8.1(本表仅供参考)

C. 显像良好的侧壁应为直壁式者, 显像不足时容易发生膜渣(Scum) 造成蚀刻板的短路、铜碎、及锯齿突出之线边, 显像机喷液系统之过滤不良时也会 造成此种缺点。检查 Scum 的方法可用 5 %之氯化铜溶液(Cupric Chloride CuCl_2) 或氯化铵溶液浸泡, 若铜面上仍有鲜亮的铜色时, 即可判断有 Scum 残留,

D. 显像完成板子切记不可迭放,须用 Rack 插立.

8.3. 干膜环境的要求

线路板之细线及高密度要求渐严, 其成功的契机端赖各种精密的控制。干膜 转移影像之精准除了上述各种生产技术外, 环境的完善也占有很大的比重。

A. 首先要注意的是无尘室(Clean Room) 的建立, 一般常说的无尘室是以 美国联邦标准 Fed. STD 209 做为分级的规范, 是以每立方呎的空气中 所含大于 0.5 微米的尘粒之数目(PPCF) 作为分级的, 可分为三级, 见表

三者间之维护与安装费用相差极大, class 100 级多用在集成电路(IC) 之晶圆制造上。至于精密线路板之干膜压膜及曝光区则 10,000 级已够。

B. 无尘室品质之控制有三要件, 防止外界尘埃之进入、避免内部产生、及清除内部既有之尘量; 需在环境系统上加装进气之过滤设备、工作人员穿戴 不易起尘之工作服、鞋、手套、头罩。室内装配则应采表面平滑的墙板、 无缝地板、气密式之照明及公共设施、进出口之 Air Shower, 室内送风则 采水平层流(Laminar Flow) 及垂直层流方式以消除气流的死角, 避免尘埃的 聚积。

C. 干膜区之照明为黄色光源以避免干膜于正式曝光前先感光, 此种黄光波长 必须在 500 nm(nano-meter 为 10 m, 或 5000A), 比 500nm 短的光源中含 有紫外线而导致干膜之局部感光, 市面上有金黄色日光灯管出售, 在一般 日光灯外加装橘黄色灯罩也可使用。

8.4 高密度细线路技术

电路板的密度以往主要受限于钻孔的尺寸, 因此似乎线路密度成长的迫切性也就没有

那么高。细线路由于钻孔技术的进步及 MCM-L 技术的需求, 近来备受重视。而运用传统的 Tenting & Etching 技术, 想作到小于 $100\ \mu\text{m}$ 的线路走十分困难的。Additive process 能降低甚至避免蚀刻的问题, 只是必须使用特定的物料与流程, 因此在电子封装领域较少被运用。

A. Additive Process 其铜线路是用电镀光阻定义出线路区, 以电镀方式填入铜来 达形成线路。此类制程分为 Semi Additive 与 Fully Additive 两类, Semi Additive 利用压合薄铜于各类树脂上, 再以电镀及蚀刻达到形成线路的目的。Fully Additive 则是利用树脂表面粗化, 其后涂布加强黏合层以改善无电铜与板面连 结强度, 之后以无电解铜长出线路。典型的线形式 Subtractive/Semi Additive/Fully Additive 示意如下图: (图 8.7)

B. 无电解铜在 Additive 制程方面是极为重要的尤其是高品质高选择性的无电解 铜, 是高密度高信赖度板使用该制程的必要条件。然而一般无电解铜析出速率约 为 $2\sim 2.5\ \mu\text{m}/\text{Hr}$ 其析镀时间相对可缩短为 $2\sim 4$ 分之一。

C. 对无电解铜而言, 抗镀光阻的剥离是最严苛的问题, 由于光阻会操作在 70°C 的 碱性化学铜液中, 接口间的应力及光阻膨松是被认为剥离的主要动力。化学铜反 应产生的氢气, 原有的薄氧化铜表层因还原反应而失去键结力, 都是剥离的可能 原因。

D. 较有效的防止剥离方式可以考虑对表面施以不同的金属处理。底铜的化学电位相 对于氢为 -600mV , 氧化铜相对于氢的还原位为 -355mV , 由于还原电位高于电化反 应因此 还原反应极易产生剥离。若要保持良好的键结力就必须找一个更低电位的 金属覆于其上以 防止反应。Zn/Sn/Ni 都是有机会的金属, 以锌而言经实验证明 适当的覆盖厚度可得到承受 浸泡化学铜 40Hr 仍不会剥离的结合效果, 其经验厚 度约为 $0.5\pm 0.1\text{mg}/\text{cm}^2$, 金也是可选 择加强结合力的金属。

E. 传统的光阻是以溶剂型为主, 但因环保问题而使业界对配方有所调整, 加入亲水 性物质, 光阻可使用水溶液显影。但一般水溶性光阻由于是碱性显影系统, 用 化学铜抗电 镀将因亲水分子过多而产生膨松问题。因此有新系统发展出来, 亲水 分子调整至最佳状况 后以低碱性盐及高挥发点溶剂组合成显影液, 显影液之最大 成份仍为水, 如此不会有燃烧 的危险。而此光阻剂可承受约 40 小时化学铜浸泡 不致有问题, 只是光阻难免有溶出物会 影响镀液析出速度及镀出品质, 因此其配 方是必须考虑以减少影响为目标。一般负型光阻 其本身會吸收光源能量, 因此改 善光阻透光性以獲得良好筆直的壁面, 是光阻改善的方向。有部份光阻已可作到 光阻厚度 $76\ \mu\text{m}$ 厚度以下, $30\ \mu\text{m}$ 线宽间距的分辨率。

F. 电镀过程中如何防止杂质颗粒的产生, 对细线路而言将是一大课题。对 Semi additive 制程而言, 电镀若先使用高温镀铜(化学或电镀), 再以较冷的镀锡槽 镀保护层, 由于光阻会因热胀冷缩而在铜线路与光阻顶端产生约 $1\ \mu\text{m}$ 的空隙, 因此镀锡时线边缘也 会大部份被锡镀上, 因此可加强保护效果获得更好的线路。

G. 薄膜技术也可用于细线制程, 一薄层 Cr-Cu 底层金属以溅镀镀于底材上, 以 $22\ \mu\text{m}$ 厚的光阻作业, 以 Semi additive 制程化学铜浸约 4Hr, 去除光阻后由于底 层薄膜很薄, 因此用 Ion milling 即可, 不必作锡保护。

H. Fully additive 是另一种方式, 其作业是以 UV 型干膜式增黏剂(Adhesive)压覆 于树脂面, UV 聚合后钻孔粗化再以活化剂(触媒)覆于表面, 其后以光阻定义出 备镀区, 为使 光阻能抗碱可用 UV 光将光阻固化, 再以化铜填入备镀区, 其后光 阻本身也保留成板面 的一部份。触媒一般多用锡钨胶体, 若附以适当厚度既可启 始化铜反应同时能保有一定绝缘

电阻。

外层线路之影像转移至此结束,抽检通过的板子以 Rack 送至二铜区(线路电镀)进行下一制程

九. 二次铜

9.1 制程目的

此制程或称线路电镀 (Pattern Plating),有别于全板电镀(Panel Plating)

9.2 制作流程

目前二次铜作业几乎都是以龙门式自动电镀线为主,是垂直浸镀方式,上下料则采手动或自动.设备的基本介绍后面会提及.另外值得一提的是为迎合 build up 新式制程,传统垂直电镀线无法达到一些规格如 buried hole, throwing power 等,因而有水平二次铜电镀线的研发,届时又将是一大革命.本章仍就传统负片二次铜流程加以介绍:

铜面前处理→镀铜→镀锡(铅)

9.2.0 Time table(时序图):

含镀槽在内,二铜自动电镀线所设计的槽数,少者 2,30 多者 4,50,输送挂架 的天车 2~3 部,因此必须由程序来控制各槽起落,停滞时间,再由天车执行各 RACK 流程顺序等 一连串复杂的动作,电镀时间甚至可控制为设定安培小时,如此各天车就有一时间路线图称之 Time Table.拜 PLC 的功能愈来愈进步所赐,利用计算机的人性化接口,在程序的设计上简便又快速.

9.2.1 铜面前处理

二铜制程之镀铜前处理皆为 In line process,所以都是化学处理方式.一般的流程为:

脱脂→水洗→微蚀→水洗→酸浸→镀铜→水洗...

此前处理的重点在于如何将前一制程-外层线路制作-所可能流在板面上的氧化,指纹,轻微 scum 等板面不洁加以处理,并予以表面的活化使镀铜的附着力良好.

9.2.2 镀铜

9.2.2.1 电镀基础

A. 法拉第定律

第一定律 在镀液进行电镀时,阴极上所沉积(deposit)的金属量与所通过的电量成正比。

第二定律 在不同镀液中以相同的电量进行电镀时, 其各自附积出来的重量与其化学当量 成正比。

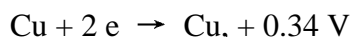
B. 电极电位

当金属浸于其盐类之溶液中时, 其表面即发生金属溶成离子或离子沉积成为金属之置换可逆反应, 直到某一电位下达到平衡。若在常温常压下以电解稀酸液时白金阴极表面之氢气泡做为任意零值, 将各种金属对"零值极"连通做对比时, 可找各种金属对氢标准电极之电位来(NHE Standard Potential , Normal Hydrogen Electrode)。将金属及其离子间之氧化或还原电位对 NHE 比较排列而成"电化学次序"(Electrochemical Series)或电动次序(Electromotive Force Series)。

以还原观点而言, 比氢活泼的金属冠以负值使其排列在氢的上位, 如锌为-0.762, 表示锌很容易氧化成离子, 不容易沉积成金属, 理论上至少要外加 0.762V 以上才能将之镀出。即:



比氢不活泼者冠以正值, 排在氢的下位, 如铜之:



愈在下位者愈容易还原镀出来, 也就是说其金属态在自然情况下较安定, 反之在上位者则容易生锈了。

C. 过电压(Overpotential):

在溶液中的带电物体在平衡时会存在一定电位值, 此电位值称为平衡电位(E^0): 当该物质产生一反应(不论化学(氧化还原)或物理反应(扩散)等)时, 都必须赋予额外能量, 这种 能量在电化学的领域我们称为给予的反应电压叫作"过电压", 其关系可以下式表示:

$$\eta = V(\text{applied}) - E^0$$

C-1 电镀的过电压:

在电镀过程中电压主要表现分成下列三项:

$$\eta = \eta_{ct} + \eta_{mt} + IR \text{-----}(1)$$

η_{ct} : Charge transfer overpotential: 电镀反应的过电压

η_{mt} : Mass transfer overpotential: 质传反应的过电压

IR: 溶液本身的电阻

对电路板而言孔与表面为等位面, 因此 $\eta_s(\text{surface}) = \eta_h(\text{Hole})$, 因此

$$\eta_s = \eta_h = \eta_{sct} + \eta_{smt} + IR_s = \eta_{hct} + \eta_{hmt} + IR_h \text{-----}(2)$$

其中 η_{mt} 表示带电离子藉 Diffusion 作用通过 Diffusion layer 所造成的电位差, 其状况可以下图 9.1 表示图 9.1 显示的意义为在距离(δ)之外的溶液, 其金属离子浓度可视为定值, 其数值与整槽的平均浓度(C)相同。而在一定距离(δ)内, 金属离子浓度会逐渐下降, 此一浓度下降的区域称为 Diffusion Layer, 而 δ 值即为 Diffusion layer thickness; 由于浓度梯度的存在(Concentration gradient)会消耗电能, 此即为 Mass transfer overpotential 存在的原因, 其大小可以下式表示:

$$\eta_{mt} = (RT/nF) (I/iL) = 0.082(J/JL) \text{-----}(3)$$

其中 J 及 JL 分别代表电流密度及极限电流密度, 而极限电流密度 JL 可以表达:

$$JL = (nFDCb/\delta) = K(Cb/\delta) \text{-----}(4)$$

当系统选定(Cb)操作方式固定(δ), JL 值相对也就固定。但(δ)值会大搅拌及挂架不同而修正。一般而言, 板面因搅拌而(δ)变小; 因此 JLS 很大而造成 η_{mts} 低, 反之由于搅拌方向多和孔方向垂直; 孔内因为金属离子不易补充及搅拌不佳造成 Cbh 偏低及 δ 值偏高, 以致 JLh 偏低 η_{mtL} 偏高($\eta_{mth} > \eta_{mtsL}$)至于 IR 项是溶液电阻形成的电压降, 距离愈长降愈大; 一般取板面的 $IR=0$, 而孔内则为:

$$EIR = (J.L^2/2Kd) \text{-----}(5)$$

J: 电流密度 L: 板厚 d: 孔半径

在一般状况 $EIR \gg 0$ 而 $\eta_{mth} > \eta_{mtsL}$

因此根据式(2)可知 $\eta_{cth} > \eta_{cts}$ 恒成立, 也就是孔内的 Charge transfer potential 永远小于表面的 Charge transfer potential, 而且随着板厚愈大(即使 Aspect ratio 不变), 两者差值愈大。

C-2 过电压与电镀

在各种过电压中, 真正决定电流密度的是 η_{ct} (charge transfer overpotential), 他与电流密度有如下图 9.2 的关系:

图 9.2 为不同 η_{ct} 时电流度的变化曲线(极化曲线), 其内容如下:

- a. 一般而言当系统被赋予电压时会相应产生电流, 其电流变化一开始时较缓, 尔后会呈稳定上升, 最后趋向极限电流密度 $J(\text{Limit})$
- b. 上述可稳定增加之区间为可操作 Range, 但一般为考虑电镀品质, 当选择 $J/J(\text{Limit})=0.35\sim 0.45$ 为范围
- c. 当电流密度达到 $J/J(\text{Limit})$ 时, 即便再加压电流密度也不会再上升
- d. 给予电压因分布不均而局部过高, 则当 η 超过 η_{1*} 时会产生氢气, 造成局部烧焦及低电流效率的缺点
- e. 若外加电压太高 ($\eta_{ct} > \eta_{2*}$), 则溶液产生大量氢气并产生金属粉末

由前述知 $\eta_{cts} = \eta_{cth}$ 成立, 则由图 9.2 知 $J_{cts} > J_{cth}$ 亦成立此即面铜比孔铜厚的原因 (Throwing Power $T.P. < 1$) 的主因。而由图 9.2 可以发现, 相同的 η_{cts} 和 η_{cth} 的前题下, Curve(II) 所形成的电流密度差 ($\Delta J_2 = J_{cts} - J_{cth}$) 比 Curve(I) 为小 ($\Delta J_2 = \Delta J_1$), 也就是后者 (面铜/孔铜) 电流密度差较小, 因此 Throwing power 较佳; 其中

$$T.P. = (J_{cth}/J_{cts}) \text{-----}(6)$$

由上可佑若适当降低极化曲线(Plating curve)的斜率将有助于 T.P. 的提升

D. 改善 Throwing power 的方法:

a. 提高 Throwing power 的方法很多, 包括:

(1) 降低 η_{cts} 和 η_{cth} 之差值 ($\Delta \eta_{ct}$): 其方法包括:

- 改善搅拌效果
- 降低 IR 值, 包括提高酸度及加入导电盐
- 强迫孔内对流(降低 IR)
- 添加改变 Charge transfer 能力之添加剂包括载体光泽剂等

(2) 修正极化曲线: 如之前所提藉降低极化曲线的斜率降低 ΔJ

b. 修正极化曲线的方法:

(1) 降低金属离子浓度:

基本上过电压就是赋予带电离子反应所需能量, 以驱使反应进行。因此离子愈少则要维持定量离子在一定时间内反应之难度愈高, 因此必须给予较大能量。其结论即使得

J- η 曲线愈平 (见图 9.3), 由图上 可得几项推论:

- CuSO₄ 浓度愈低, Throwing power 愈好
- 上述结果也可推论到二次铜电镀线路不均的板子, 其 Distribution 也将改善
- 必须强调的是随 CuSO₄ 降低, 相同电路密度下所消耗的能量更大
- 降低金属离子另外衍生的问题将在后面讨论

E. Additive(添加剂): 见图 9.4

a. 基本上电镀的 Additive 可分两大类:

- 导电盐: 多为无机盐类, 用以降低 IR
- 修正极化曲线: 多为有机物

b. 就 Additive 加入对极化曲线之影响讨论如下:

有机 Additive 加入会吸附在被镀物上形成一孔状的 Film, 有阻绝作用以致极化曲线 Shift,

使得 ΔJ 由 ΔJ_1 降为 ΔJ_2 因而改良 T.P. ($T.P. = 1 - (\Delta J / J_s)$)

有机 Additive 一般多为分子较高的分子, 其 Diffusion 不易, 故一般多在表面沉积, 造成表面所吸附的 Additive 比孔内多, 以致孔内和表面极化曲线不一致, 使对应的 J 值产生变化, ΔJ 再由 ΔJ_2 降到 ΔJ_3 , T.P. 因此再度提高 Additive 之加入, 由于表面吸附作用, 有其一定值及"边际效用递减"的作用。当完全没有时加入少量即影响甚大, 其后再加 改变效果逐渐降低, 最后会出现多加无益反而有害的现象。

F. 低铜浓度镀液的评估

a.. 主要考虑项目包括:

a-1. 操作的电流密度范围:

一般而言极限电流密度和浓度存在下列关系:

$$J_{\text{limit}} = a + bC_b$$

C_b: 镀液浓度 a, b: 为常数, 以 CuSO₄ 镀液而言存在如下关系:

$$J \text{ limit} = 1.8 + 1.34 C_b \text{ ----- (7)}$$

而一般实际电镀的电流密度范围则为以下关系:

$$J/J \text{ limit} = 0.35 \sim 0.40 \text{ ----- (8)}$$

根据上述加以整理则有如表之结果—不同铜含量下之 $J \text{ limit}$ 与 J 之值

由表可知低铜镀液操作范围因而下移且缩小, 此为设计上必须注意的事。一般而言 若电流密度超过上限, 易导致 T.P. 下降或铜粗的现像, 若太低则易造成白雾现像。

a-2. Cu^{+2} 累积的问题:

在长期 Running 的过程中, 难免因电流效率无法维持 100% 而导致 Cu^{+2} 浓度上升; 其影响如下:

— 浓度上升造成 Operation range 上移, 导致原设计之 J 值在新浓度中偏下限操作而导致 白雾现象.

— 浓度上升导致极化曲线动以 T.P. 下降

— 浓度上升使原先的 Additive 不适用而导致电镀品质恶化必需说明的是这些现像在任何镀液中都存在, 但在低金属浓度镀液中特别明显

b. 反应时间的改变

直觉上认为电流密度下降导致电镀时间加长, 其实并不尽然, 因为其中有 T.P. 的修正效应。 表为镀 1mil 孔 铜厚度前题下, 不同 T.P. 所需反应时间计算。

由上表可看出:

— 若原有电镀系统之 T.P. 很高, 则降低 J 值提高 T.P. 值的贡献有限。因此使用低铜系统无法 缩短电镀时间。也就是 Aspect ratio 低或板厚低时此作法浪费时间降低产能。

— 若 Aspect ratio 高或原有板厚大, 则 T.P. 偏低, 此时若能借着降低电流密度改善 T.P., 则 在某一范围内可缩 短电镀时间。

— 若电流密度太低, 即使提高 T.P., 也会造成电镀时间增加

c. Additive 的考虑

一般 Additive 多为有机物; 利用该物质吸附在电极表面形成多孔性薄膜形成电镀 Gap,

造成极化曲线偏移, 达到提高 T.P.及改善 distribution 的目的。一般而言 Additive 在低电流区吸附效果较差, 故易形成白化问题; 若欲提高低电流区的效果, 一般采用分子量大的吸附力较强的 Additive, 而此类物质存在下列问题:

- 吸附力强易在镀层中残留, 形成镀层的 Occlusion, 导致铜层易 Crack 及降低导电性
- 分子量大的东西在操作中易老化分解, 因此要注意添加及定期活性碳处理
- 分子量大的物质多半电性较弱, 在溶液中不易 Migration 吸附在阴极。

为修正此一特性, 分子量大的 Additive 化合物本身多具有水合性强的官能基(Functional group)。此类物质在分子量大的时候仍可以活性处理方式法除更新; 但若分解为小分子时, 会因水合性太高去除困难而必须 Dump 药液。

为了提高 T.P., 一般 Additive 多朝向大分子量接口活力强的分子发展。在此状况下, 上述三种缺点会逐渐呈现影响, 在评估细线厚板及高 Aspect ratio 板子镀液时必须留意。

d. 板厚的影响

一般电镀在考虑 T.P.时多考虑 Aspect ratio, 但事实上板厚的绝对值也是一项重要因素。

9.2.2.2 镀 铜

A. 前言

非导体的孔壁在 PTH 金属化而镀上一层薄无电铜后, 立即进行电镀铜。电路板以铜为主要导体,是因铜:

- 高导电度(electrical conductivity)
- 高强度(strength)
- 高延展性(ductility)
- 低成本

而且镀铜液配槽简单,后制程蚀刻亦是轻而易举,再加上废液(硫酸铜)处理容易,因此铜被大量使用. 装配由传统的波焊(Wave Soldering)改成由锡膏(Solder Paste)或树脂胶类之定位, 使得孔中不再进行灌锡, 由孔铜负起导电的任务, 因此对镀铜的品质要求更严苛。而小孔径势之所趋, 使得孔壁的纵横比(Aspect Ratio)值愈来愈大, 而今 Build-up 制程带来更大的挑战, 如两面盲孔等, 镀液及电流都不易深入而必须设法改善使技术升级. 以下探讨镀铜的现况及趋势

B. 镀铜的演进

a. 传统式硫酸铜

这是属高铜低酸的传统铜液,其分布力(Throwing Power)很不好,故在板面上的厚度分布很不均匀,而且镀层呈柱状组织(Columnar),物理性质也很不好,故很快被业界放弃。

b. 高分布力硫酸铜(High Throwing Power)

高分布力硫酸铜改采高酸量低铜量的方法,从基本配方上着手,改进通孔的特性。但由于添加剂是属于有机染料类,其在镀液中的裂解物不但使镀液的颜色渐变,且使镀层的延展性的恶化。酸铜液原为蓝色的,经一段时间的操作后竟然会渐渐的转变成为绿色,经活性炭处理则又会回到应有的蓝色来。为了要在孔铜上有好的表现,加了较多的平整剂(leveling agent),使得延伸性(Elongation)不理想,无法耐得住基板在"Z"方向的膨胀,而常在通孔的肩部或膝部发生断裂,无法通过美军规范中的热应力(Thermal Stress)测试。且对温度敏感,高电流区容易烧焦、粗糙等毛病,因此也无法为业界接受。

c. 第三代的硫酸铜镀液

经业者不断的改进添加剂,舍弃染料系统,而进入第三代的硫酸铜镀液。此时之铜层性质已大有改善,多能通过漂锡试验。不管国内外各厂牌,基本的配方都差不多。

第三代硫酸铜虽然能符合目前的市场要求,但产速是一大问题,若要求在板子任何地方的孔壁要达到 1 mil 厚度时,在 25ASF, 25°C 的作业条件下,需 60 分钟以上的电镀时间,无法应付大量作业。加以近年来线路板的装配方式起了革命,由传统式的插孔装配(DIP)进步到表面黏着(SMT),使得线路及孔径都变得更细更小更密。孔径变小,纵横比加大,更不容易让孔铜厚度符合规格。

d. 镀铜的最新发展

- 高速镀添加剂(High speed additive)
- 脉冲电镀(Pulse plating)
- 药液快速冲击(Impinge)设备

C. 作业实务与注意事项

a. 硫酸铜液成份

表是典型常用镀液成份

b. 各成份及其功能:

—硫酸铜, 是供给槽液铜离子的主源, 配槽时要用化学级之含水硫酸铜结晶溶解使用, 平时作业中则由阳极磷铜块解离补充之。配液后要做活性炭处理(Carbon treatment)及假镀(Dummy plate)。

—硫酸, 要使用试药级的纯酸, 硫酸有导电及溶解阳极的功用, 日常操作中铜量因吹气的氧化作用使阳极膜的溶解增加, 故液中的铜量会渐增而酸量会渐减, 要逐日作分析以维持其酸与铜之重量比在 10:1 以上以维持良好的分布力。镀液在不镀时要关掉吹气, 以防铜量上升酸量下降及光泽之过度消耗。

—氯离子, 有助阳极的溶解及光泽剂的发挥功能, 使阳极溶解均匀, 镀层平滑光泽。氯离子正常时阳极膜呈黑色, 过量时则变成灰白色, 配液及添加用的水一定要纯, 不可用自来水, 因其加有氯气或漂白粉(含次氯酸盐)会带入大量的氯离子。

—阳极, 须使用含磷 0.02-0.06% 的铜块, 其面积最好为阴极的两倍。

—添加剂, 主要有光泽(Brightner)、整平(Leveller)、载体(Carrier)、润湿剂(Wetter) 等功能, 用 '安培-小时' 添加补充。

c. 操作及设备:

—整流器与阴阳极

提供电流的整流器与阴、阳极间的配线方式非常重要

1. 配线的铜轴直径: 此和每只 Fly-bar 须要电流及拉线距离有关
2. 最好阴阳极杆的两端都有配接, 可使电流分布均匀。
3. 参考图 9.5(a.b)

—阳极, 阳极钛篮与阳极袋

1. 舍弃以前扁平型的, 改为长条型以方便调整位置与数量。
2. 阳极的长度要比阴极的挂架要短, 以减少挂架下端高电流区之烧焦。见图 9.6(a.b), 至于短多少则要视阴阳极距, 槽深, 挂架, 搅拌方式等实施状况而定。
3. 阳极袋可用 PP 材质, 用以前要稀硫酸浸一段时间
4. 正常的阳极膜是黑色的, 若呈棕色时表阳极中含磷不够, 呈银灰色时表液中氯离子太多而成了氯化铜。但这只是一般判断尚须槽液分析辅助。
- 5 阳极袋的功用在防止阳极膜屑、碎铜粒掉落槽中, 更换频率约一年四次, 但只要发现有破得马上换掉。

—过滤及吹气

1. 过滤: 一则使镀液流动, 再则使浮游物被滤掉, 其过滤速度应每小时至少使镀槽全部镀液能循环 3 次, 当然速度愈大愈能降低 diffusion layer 的厚度有利电镀。滤心要在 5 微吋以下之密度, 以达清洁之目的。

2. 吹气管放置在阴极板的正下方两排向下 45°吹气, 见图 9.7 除降低 diffusion layer

的厚度, 加速离子的补充, 更可以帮助光泽发挥作用。

一摆动与震动

摆动与震动的目的也在缩小 diffusion layer, 并使孔内不残留气泡..

一温度

第三代硫酸铜要在 25℃左右操作最好, 温度高了会造成添加剂的裂解, 不但用量增加而且造成污染非常不利。故在本省之亚热带气候夏天需要冷冻降温。但镀液低于 15℃以下时会造成导电不良, 效率降低, 故到了冬天后又要做加温的设施, 以减少因低温而造成的粗糙、无光泽甚至烧焦。

一安培小时自动添加

此部份已属标准配备

d. 维护及管理:

一日常管理: 槽液之日常操作可在一个过滤机中加装活性滤心, 使裂解的有机物得以吸附使镀层能保持良好的性能。此种日常轻度的处理可延长镀液的寿命, 减少 carbon treatment 的频率。

一分析及补充: 要每日对铜浓度、硫酸浓度及氯离子含量做化学分析, 再根据实际结果做调整, 须注意做长期趋势分析以判断有否操作异常, 或设定条件有误。

一光泽剂的补充分析:

1. 安培小时自动添加
2. 用哈氏槽(hull cell)模拟实验
3. CVS 分析

9.2.3 镀锡铅

9.2.3.1 前言

二次铜后镀锡铅合金的目的有二:

- a. 蚀刻阻剂, 保护其所覆盖的铜导体不会在碱性蚀铜时受到攻击。
- b. 装配焊接, 须再经 IR 重熔, 目前多已不使用。

由于铅对人体有颇大的为害, 废液处理不便宜因此纯锡电镀已渐取代传统锡铅。

9.2.3.2 镀液配方及其操作

A. 标准型配方(Standard Bath)

阳极组成(60%锡, 40%铅)与阴极之面积比为 1/2, 搅拌要做阴极杆往复式机械搅拌, 及连续过滤。

B. 高分布力镀液(High Throwing Power Bath)

其它搅拌、过滤、及阳极与标准液相同

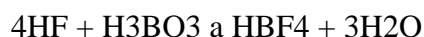
高分布液与标准液最大的不同在金属浓度的大量降低, 但同时都大大 提高游离氟硼酸量, 使板子上不会因电流密度相差太大而引起镀层厚度的 悬殊差异, 高分布液因金属含量低了在配液成本及板子作业带出也因之降低, 对于废水 的负担也相形减轻。

C. 原理及操作

各个成份菜单

a. 锡铅槽以氟硼酸系为主, 调配药液成份可得不同的锡铅比例, 从 0%至 100%的组成都可能, 离子来源是氟硼酸锡及氟硼酸铅在镀液中水解而成二价锡离子及二价铅离子。

b. 游离氟硼酸在镀液中, 主要功用则是阳极的溶解, 增加导电度并能抑制锡铅盐类的分解, 尤其是阻止二价锡氧化成为四价锡, 又能帮助镀层晶元的细腻化, 扮演着重要的 角色。氟硼酸是由氢氟酸及硼酸二者反应而得:



但此为可逆反应会再水解而成为 HF 及 H_3BO_3 的, 因此槽液中要挂一内装硼酸的 PP 布袋, 以抑制氟硼酸的水解。

c. 添加剂中以蛋白楝 Peptone 最常用. 蛋白楝 Peptone 是一种蛋白质水解成胺基酸的过程的产物多由牛肉或牛胶在酸中水解所制成; 用于电镀时多加有防腐剂以防细菌所败 坏。其在镀液是扮演一种使镀层晶粒细腻化, 抑制高电流区长树现象(Treeing), 并增加并增加镀液的分布力, 其含量以 5-6g/l 为宜. 蛋白楝不易用简单的方法分析, 需用到 哈氏槽试验作为判断的方法

d. 镀槽不用吹气搅拌以免产生氧化四价锡沉淀, 若前制程带入硫酸根则会和铅形成不溶

性硫酸铅沉淀,一般处理的方式是在槽前加一槽氟硼酸浸渍,如此既可防止杂物携入又可防止过多的水引入后所造成的水解问题

e. 为焊接而作的镀层仍以锡铅为多,最常被要求的电镀锡铅组成是 40% 铅 60% 锡.一般在两金属间会产生接口金属(IMC),对铜锡而言有 Cu_3Sn 的 ϵ phase 及 Cu_5Sn_6 的 η phase,前者出现是焊锡性不利的表征,后者是焊接之初焊接良好的产物.

f. 因环保问题,锡铅组成稳定度问题,很多使用者已改采纯锡作为电路板抗蚀金属.纯锡制程后面会提及.

9.2.3.3 纯锡电镀

A. 镀纯锡是一种极容易且广泛应用于特定用途的电镀,由于锡的 High throwing power,因此即使特殊形状有凹孔的镀件,也不需要特殊形状的阳极来改善其电镀分布

B.商业化的锡镀槽目前有四种,各为氟硼酸锡、酸钾及卤化锡氟

C.硼酸锡槽:一种不太需要控制的槽液,阴阳极效率多到达近 100%,一般的锡电镀在氟硼酸槽中锡为+2 价,而在锡酸盐槽中锡为+4 价,因此电镀速率有两倍的差距,操作温度约为 32~54℃

D.光泽系统可用的有多种,如:蛋白质(Peptone)、白明胶(Gelatin)、 β -Naphthol、邻苯二酚(Hydroquinone)等

E.锡槽原则上不加空气搅拌,以免产生锡氧化而生成白色沉淀,实务上锡阳极电流密度以不超过 25ASF 为原则,以免因锡溶解过快而使槽内锡浓度增高.

9.2.3.3 污染的影响

锡铅镀液最容易引起污染的金属杂质就上游流程的铜,而影响锡铅镀层性质及其装配时之可焊性最大者也是铜.锡铅镀液中只要铜染浓度超过 20PPM 时镀层立即会反映出各种不良的征状,现分述于后:

A.镀面由原来正常的浅灰色变成昏暗之深灰色,若用哈氏槽印证时,在 267 ml 小槽中在无搅拌之静止镀液中以 1 安培镀 10 分钟后,在黄铜试片右缘低电流密度处会发现明显变黑的情形即为铜污染之明证。

B.铜污染会引起镀液中二价锡的氧化成为四价锡,并使阳极产生较多的钝层膜,甚至引起镀层中有氧化铅的存在,因而造成重熔的困难,会产生重熔后表面的砂砾状,锡面不平(dewet)以及许多小坑陷(pimpling)幸好此种无法避免的铜污染可用低电流假镀法可以

除去,其做法是定时用折折状的不锈钢板当成阴极假镀板,以 1-3 ASF 去镀几小时 就可以除掉。

C.除了铜之外其它也会有银、锌、镉、 等都可能存在阳极中及来自环境中铁等的污染,幸好此等微量的金属污染尚不致造成焊性的恶化,但若含量过多时也会影响镀液的分 布力及镀层之组成,不过此等金属都比锡铅来的活泼,在酸性溶液中容易被折镀出来, 也就是可用假镀方式除掉。

D.镀液中除了金属污染外就是有机污染了,当然其大量是来自蛋白的裂解物,应定时 用活性炭处理除掉。

9.3 小孔或深孔镀铜

电路板的装配日趋紧密,其好处不外减少最后产品的体积及增加信息处理的容量及速度。对板子而言细线及小孔是必然要面对的问题。就小孔而言,受冲击最大的就是镀铜技术,要在孔的 Aspect Ratio 很高时,既要得到 1 mil 厚的孔壁,又不发生狗骨现象,而且镀层的各种物性又要通过现有的各种规范,其中种种需待突破的困难实在不少。以下是一些对应的方式

A. 选择高纯度的特定助剂,如特殊的整平剂使在高电流处抑制镀层增加,使低电流处仍能有 铜正常登陆,并严格分析、小心添加、仔细处理以保持镀液的最佳效果。

B.改变镀槽的设计,加大阴阳间的距离,减少高低电流密度之间的差异。

C.降低电流密度至 15ASF 以下,改善整流器出来直流的纹波量(Ripple)至 2 %以下。若不行 时将电流密度再降低到 5ASF,以时间换取品质。

D.增强镀液进出孔中的次数,或称顺孔搅拌,此点最为重要,也最不容易解决,加强过滤 循环每小时至少 2 次,或增加超音波搅拌。

E.不要增加铜的浓度但要增大硫酸与铜的浓度比值,至少要 10/1 以上。

F.助剂添加则应减少光泽剂用量,增加载体用量,并用安培小时计管理添加,定时用 CVS 分析助剂之裂解情形。

G.试用脉波电流(Pulse Plating)法,以减少面铜与孔铜之间的差异,并增加铜层的延展性,并 能以不加添加剂的方式使镀层得以整平。

9.4 水平电镀

水平电镀方式加上脉波整流器应是彻底克服小孔,高纵横比,细线等极高密度板子电镀瓶颈,panel plating 已不是问题,pattern plating 若能成功,对业界造福更大.

欣见国内 PIOTEC(造利)耕耘此领域多年,目前品质技术已不输国外业者.表 9.5 是水平电镀与垂直电镀比较,从中当可看出其重要性.

当然水平电镀仍有待改善之处,如导电方式之选择,非溶解性阳极所带来之药液补充维持之问题等.希望业者多加把劲,在此领域能独步全球.

二次铜制程介绍至此告一段落,下一制程是蚀刻(剥膜→蚀刻→剥锡铅).

十 蚀刻

10.1 制程目的

将线路电镀完成从电镀设备取下的板子,做后加工完成线路:

- A. 剥膜:将抗电镀用途的干膜以药水剥除
- B. 线路蚀刻:把非导体部分的铜溶蚀掉
- C. 剥锡(铅):最后将抗蚀刻的锡(铅)镀层除去 上述步骤是由水平联机设备一次完工.

10.2 制造流程

剥膜→线路蚀刻→剥锡铅

10.2.1 剥膜

剥膜在 pcb 制程中, 有两个 step 会使用, 一是内层线路蚀刻后之 D/F 剥除, 二是外层线路蚀刻前 D/F 剥除(若外层制作为负片制程)D/F 的剥除是一单纯简易 的制程, 一般皆使用联机水平设备, 其使用之化学药液多为 NaOH 或 KOH 浓度在 1~3%重量比。注意事项如下:

A. 硬化后之干膜在此溶液下部份溶解, 部份剥成片状, 为维持药液的效果及后水洗能彻底, 过滤系统的效能非常重要.

B. 有些设备设计了轻刷或超音波搅拌来确保膜的彻底, 尤其是在外层蚀刻后的剥膜, 线路边被二次铜微微卡住的干膜必须被彻底剥下, 以免影响线路品质. 也有在溶液中加入 BCS 帮助溶解, 但有违环保, 且对人体有害.

C. 有文献指 K(钾)会攻击锡, 因此外层线路蚀刻前之剥膜液之选择须谨慎评估. 剥膜液为碱性, 因此水洗的彻底与否, 非常重要, 内层之剥膜 后有加酸洗中和, 也有防铜面氧化而做氧化处理者.

10.2.2 线路蚀刻

本节中仅探讨碱性蚀刻,酸性蚀刻则见四 内层制作 10.2.2.1 蚀铜的机构

A. 在碱性环境溶液中,铜离子非常容易形成氢氧化铜之沉淀,需加入足够 的氨水使产生氨铜的错离子团,则可抑制其沉淀的发生,同时使原有多 量的铜及继续溶解的铜在液中形成非常安定的错氨铜离子,此种二价的 氨铜错离子又可当成氧化剂使零价的金属铜被氧化而溶解,不过氧化还 原反应过程中会有一价亚铜离子)出现,即

此一反应之中间态亚铜离子之溶解度很差,必须辅助以氨水、氨离子及空气中大量的氧使其继续氧化成为可溶的二价铜离子,而又再成为蚀铜的氧化剂周而复始的继续蚀铜直到铜量太多而减慢为止。故一般蚀刻机之抽风除了排除氨臭外更可供新鲜空气以加速蚀铜。

B. 为使上述之蚀铜反应进行更为迅速,蚀液中多加有助剂,例如:

- a. 加速剂 Acceletator 可促使上述氧化反应更为快速,并防止亚铜错离子的沉淀。
- b. 护岸剂(Banking agent) 减少侧蚀。
- c. 压抑剂 Suppressor 抑制氨在高温下的飞散,抑制铜的沉淀加速蚀铜的氧化反应。

10.2.2.2 设备

A. 为增加蚀速故需提高温度到 48℃以上,因而会有大量的氨臭味弥漫需做适当的抽风,但抽风量太强时会将有用的氨也大量的抽走则是很不 经济的事,在抽风管路中可加适当节流阀以做管制

B 蚀刻品质往往因水池效应(pudding)而受限,(因新鲜药液被积水阻挠,无法有效和铜面反应称之水池效应)这也是为何板子前端部份往往有 over etch 现象,所以设备设计上就有如下考量:

- a. 板子较细线路面朝下,较粗线路面朝上。
- b. 喷嘴上,下喷液压力调整以为补偿,依实际作业结果来调整其差异。
- c. 先进的蚀刻机可控制当板子进入蚀刻段时,前面几组喷嘴会停止喷 洒几秒的时间。
- d. 也有设计垂直蚀刻方式,来解决两面不均问题,但国内使用并不多 见.目前国内有科茂公司之自制垂直蚀刻机使用中。

10.2.2.3 补充添加控制

A. 操作条件如表

B. 自动补充添加 补充液为氨水,通常以极为灵敏的比重计,且感应 当时温度(因不同温度下 比重有差),设定上下限,高于上限时开始添加氨水,直至低于下限才停止.此 时侦测点位置以及氨水加入之管口位置就非常重要,以免因侦测 delay 而 加入过多氨水浪费成本(因

会溢流掉)

10.2.2.4 设备的日常保养

A. 不使蚀刻液有 sludge 产生(浅蓝色一价铜污泥),所以成份控制很重要—尤其是 PH, 太高或太低都有可能造成.

B. 随时保持喷嘴不被堵塞.(过滤系统要保持良好状态)

C. 比重感应添加系统要定期校验.

10.2.2.5 Undercut 与 Overhang

见图 10.1

10.2.3 剥锡(铅)

不管纯锡或各成份比的锡铅层,其镀上的目的仅是抗蚀刻用,因此蚀刻完毕后,要将之剥除,所以此剥锡(铅)步骤仅为加工,未产生附加价值.但以下数点仍须特别注意,否则成本增加是其次,好不容易完成外层线路却在此处造成不良.

A.一般剥锡(铅)液直接由供货商供应,配方有多种有两液型,也有单液型,其剥除方式有半溶型与全溶型,溶液组成有氟系/H₂O₂,HNO₃/H₂O₂ 等配方.

B.不管何种配方,作业上有以下潜在问题:

a.攻击铜面.

b.剥除未尽影响后制程.

c.废液处理问题 .

所以剥锡(铅)步骤得靠良好的设备设计,前制程镀锡(铅)厚度控制及药液药效的管理,才可得稳定的品质.

外层线路制作完成之后,进行 100%检测工作.

PCB 制造流程及说明 (下集)

十一、外层检查

11.1 前言

一般 pcb 制作会在两个步骤完成后做全检的作业:一是线路完成(内层与外层)后二是成品,本章针对线路完成后的检查来介绍.

11.2 检查方式

11.2.1 电测—请参考第 16 章

11.2.2 目检

以放大镜附圆形灯管来检视线路品质以及对位准确度,若是外层尚须检视孔及镀层品质,通常会在备有 10 倍目镜做进一步确认,这是很传统的作业模式,所以人力的须求相当大.但目前高密度设计的板子几乎无法在用肉眼检查,所以下面所介绍的 AOI 会被大量的使用.

11.2.3 AOI—Automated optical Inspection 自动光学检验

因线路密度逐渐的提高,要求规格也愈趋严苛,因此目视加上放大灯镜已不足以过滤所有的缺点,因而有 AOI 的应用。

11.2.3.1 应用范围

A. 板子型态

一信号层, 电源层, 钻孔后(即内外层皆可).

一底片, 干膜, 铜层. (工作片, 干膜显像后, 线路完成后)

B. 目前 AOI 的应用大部分还集中在内层线路完成后的检测,但更大的一个取代人力的制程是绿漆后已作焊垫表面加工 (surface finish) 的板子.尤其如 BGA,板尺寸小,线又细,数量大,单人力的须求就非常惊人.可是应用于这领域者仍有待技术上的突破.

11.2.3.2 原理

一般业界所使用的"自动光学检验 CCD 及 Laser 两种;前者主要是利用卤素灯通光线,针对板面未黑化的铜面,利用其反光效果,进行断、短路或碟陷的判读。应用于黑化前的内层或线漆前的外层。后者 Laser AOI 主要是针对板面的基材部份,利用对基材(成铜面)反射后产荧光(Fluorescences)在强弱上的不同,而加以判读。早期的 Laser AOI 对"双功能"所产生的荧光不很强,常需加入少许"荧光剂"以增强其效果,减少错误警讯当基板薄于 6mil 时,雷射光常会穿透板材到达板子对另一面的铜线带来误判。"四功能"基材,则本身带有淡黄色"已具增强荧光的效果。Laser 自动光学检验技术的发展较成熟,是近年来 AOI 灯源的主力。

现在更先进的激光技术之 AOI,利用激光荧光,光面金属反射光,以及穿入孔中激光光之信号侦测,使得线路侦测的能力提高许多,其原理可由图 11.1,图 11.2 简单阐释。

11.2.3.3 侦测项目

各厂牌的 capability, 由其 data sheet 可得.一般侦测项目如下 List

A. 信号层线路缺点,见图 11.3

B. 电源与接地层,见图 11.4

C. 孔, 见图 11.5 D. SMT, 见图 11.6

AOI 是一种非常先进的替代人工的检验设备,它应用了激光,光学,智能判断软件等技术,理论来完成其动作.在这里我们应注意的是其未来的发展能否完全取代 PCB 各阶段所有的目视检查.

十二 防焊

12.1 制程目的

A. 防焊: 留出板上待焊的通孔及其 pad, 将所有线路及铜面都覆盖住, 防止波焊时造成的短路,并节省焊锡之用量。

B. 护板: 防止湿气及各种电解质的侵害使线路氧化而危害电气性质, 并防止外来的机械伤害以维持板面良好的绝缘,

C. 绝缘: 由于板子愈来愈薄, 线宽距愈来愈细, 故导体间的绝缘问题日形突显, 也增加防焊漆绝缘性质的重要性.

12.2 制作流程

防焊漆, 俗称"绿漆", (Solder mask or Solder Resist), 为便于肉眼检查, 故于主漆中多加入对眼睛有帮助的绿色颜料, 其实防焊漆了绿色之外尚有黄色、白色、黑色等颜色.

防焊的种类有传统环氧树脂 IR 烘烤型, UV 硬化型, 液态感光型(LPISM-Liquid Photo Imagable Solder Mask)等型油墨, 以及干膜防焊型(Dry Film, Solder Mask), 其中液态感光型为目前制程大宗. 所以本单元只介绍液态感光作业.

其步骤如下所叙:

铜面处理→印墨→预烤→曝光→显影→后烤

上述为网印式作业, 其它 coating 方式如 Curtain coating, Spray coating 等有其不错的发展潜力, 后面也有介绍.

12.2.0 液态感光油墨简介:

A. 缘起: 液态感光油墨有三种名称:

—液态感光油墨(Liquid Photoimagable Resist Ink)

—液态光阻油墨(Liquid Photo Resist Ink)

—湿膜(Wet Film 以别于 Dry Film) 其别于传统油墨的地方, 在于电子产品的轻薄短小所带来的尺寸精度需求, 传统网版技术无法突破。网版能力一般水准线宽可达 7-8mil 间距可达 10—15mil, 而现今追求的目标则 Five & Five, 干膜制程则因密接不良而可能有焊接问题, 此为液态绿漆发展之原因。

B. 液态油墨分类

a. 依电路板制程分类:

—液态感光线路油墨(Liquid Photoimagable Etching & Plating Resist Ink)

—液态感光防焊油墨(Liquid Photoimagable Solder Resist Ink)

b. 依涂布方式分类:

—浸涂型(Dip Coating)

—滚涂型(Roller Coating)

—帘涂型(Curtain Coating)

—静电喷涂型(Electrostatic Spraying)

—电着型(Electrodeposition)

—印刷型(Screen Printing)

C. 液态感光油墨基本原理

a. 要求

—感光度解像度高-Photosensitivity & Resolution-感旋光性树脂

—密着性平坦性好-Adhesion & Leveling

—耐酸碱蚀刻 -Acid & Alkaline Resistance

—安定性-Stability

—操作条件宽-Wide Operating Condition

—去墨性-Ink Removing

b. 主成分及功能

—感光树脂

—感光

—反应性单体

—稀释及反应

—感光剂

—启动感光

—填料

—提供印刷及操作性

—溶剂

—调整流动性

c. 液态感光绿漆化学组成及功能

—合成树脂(压克力脂)

—UV 及热硬化

—光起始剂(感光剂)

—启动 UV 硬化

—填充料(填充粉及摇变粉)

—印刷性及尺寸安定性

—色料(绿粉)

—颜色

—消泡平坦剂(界面活性剂)

—消泡平坦

—溶济(脂类)

—流动性

利用感旋光性树脂加硬化性树脂, 产生互穿式聚合物网状结构(Inter-penetrating Net-Work), 以达到绿漆的强度。

显影则是利用树脂中含有酸根键, 可以 Na_2CO_3 溶液显像, 在后烘烤后由于此键已被融入树脂中, 因此无法再被洗掉。

12.2.1. 铜面处理 请参读四内层制作

12.2.2. 印墨

A 印刷型(Screen Printing)

a. 档墨点印刷

网板上仅做孔及孔环的档点阻墨,防止油墨流入孔内此法须注意档点积墨,问题

b. 空网印

不做档墨点直接空网印但板子或印刷机台面可小幅移动使不因积墨流入孔内

c. 有些要求孔塞墨者一般在曝光显像后针对那些孔在印一次的方式居多

d. 使用网目在 80~120 刮刀硬度 60~70

B. 帘涂型(Curtain Coating)

1978 Ciba-Geigy 首先介绍此制程商品名为 Probimer52, Mass of Germany 则首度展示

Curtain Coating 设备,作业图标见图 12.1

a. 制程特点

- 1 Viscosity 较网印油墨低
2. Solid Content 较少
3. Coating 厚度由 Conveyor 的速度来决定
4. 可混合不同尺寸及不同厚度要求的板子一起生产但一次仅能单面 coating

b. 效益

1. 作业员不必熟练印刷技术
2. 高产能
3. 较平滑
4. VOC 较少
5. Coating 厚度控制范围大且均匀
6. 维护容易

C. Spray coating 可分三种

- a. 静电 spray
- b. 无 air spray
- c. 有 air spray

其设备有水平与垂直方式,此法的好处是对板面不平整时其 cover 性非常好. 另外还有 roller coating 方式可进行很薄的 coating.

12.2.3. 预烤

- A. 主要目的赶走油墨内的溶剂,使油墨部分硬化,不致在进行曝光时黏底片.
- B. 温度与时间的设定,须参照供货商的 data sheet 双面印与单面印的预烤条件是不一样的.(所谓双面印,是指双面印好同时预烤)
- C. 烤箱的选择须注意通风及过滤系统以防异物四沾.
- D. 温时的设定,必须有警报器,时间一到必须马上拿出,否则 overcuring 会造成显像不尽. E. Conveyor 式的烤箱,其产能及品质都较佳,唯空间及成本须考量.

12.2.4. 曝光

- A. 曝光机的选择: IR 光源,7~10KW 之能量,须有冷却系统维持台面温度 25~30°C.
- B. 能量管理:以 Step tablet 结果设定能量.
- C. 抽真空至牛顿环不会移动
- D. 手动曝光机一般以 pin 对位,自动曝光机则以 CCD 对位,以现在高密度的板子设计,若没有自动对位势必无法达品质要求.

12.2.5. 显像

- A. 显像条件 药液 1~2% Na₂CO₃ 温度 30±2°C 喷压 2.5~3Kg/cm²
- B. 显像时间因和厚度有关,通常在 50~60sec, Break-point 约在 50~70%.

12.2.6. 后烤

- A. 通常在显像后墨硬度不足,会先进行 UV 硬化,增加其硬度以免做检修时刮伤.
- B. 后烤的目的主要让油墨之环氧树脂彻底硬化,文字印刷条件一般为 150°C,30min.

12.3 文字印刷

目前业界有的将文字印刷放在喷锡后,也有放在喷锡前,不管何种程序要注意以下几点:

- A. 文字不可沾 Pad
- B. 文字油墨的选择要和 S/M 油墨 Compatible.
- C. 文字要清晰可辨识.

12.4. 品质要求

根据 IPC 840C 对 S/M 要求分三个等级:

Class 1: 用在消费性电子产品上如电视、玩具,单面板之直接蚀刻而无需电镀之板类,只要有漆覆盖即可。

Class 2: 为一般工业电子线路板用,如计算机、通讯设备、商用机器及仪器类,厚度要 0.5mil 以上。

Class 3: 为高信赖度长时间连续操作之设备,或军用及太空电子设备之用途,其厚度至少要 1 mil 以上。

实务上,表一般绿漆油墨测试性质项目可供参考

绿漆制程至此介绍完毕,接下来的制程是表面焊垫的各种处理方式。

十三 金手指,喷锡(Gold Finger & HAL)

13.1 制程目的

A. 金手指(Gold Finger,或称 Edge Connector)设计的目的,在于藉由 connector 连接器的插接作为板对外连络的出口,因此须要金手指制程.之所以选择金是因为它优越的导电度及抗氧化性.但因为金的成本极高所以只应用于金手指,局部镀或化学金,如 bonding pad 等.图

13.1 是金手指差入连接器中的示意图.

B. 喷锡的目的,在保护铜表面并提供后续装配制程的良好焊接基地.

13.2 制造流程

金手指→喷锡

13.2.1 金手指

A. 步骤:

贴胶→割胶→自动镀镍金→撕胶→水洗吹干

B. 作业及注意事项

a. 贴胶,割胶的目的,是让板子仅露出欲镀金手指之部份线路,其它则以胶带贴住防镀.此步骤是最耗人力的,不熟练的作业员还可能割伤板材.现有自动贴,割胶机上市,但仍不成熟.须注意残胶的问题.

b. 镀镍在此是作为金层与铜层之间的屏障,防止铜 migration.为提高生产速率及节省金用量,现在几乎都用输送带式直立进行之自动镀镍金设备,镍液则是镍含量甚高而镀层应力极低的氨基磺酸镍(Nickel Sulfamate $\text{Ni}(\text{NH}_2\text{SO}_3)_2$)

c. 镀金无固定的基本配方,除金盐 (Potassium Gold Cyanide 金氰化钾,简称 PGC) 以外,其余各种成份都是专密的,目前不管酸性中性甚至碱性镀金所用的纯金都是来自纯度很高的金盐为纯白色的结晶,不含结晶水,依结晶条件不同有大结晶及细小的结晶,前者在高浓度的 PGC 水溶液中缓慢而稳定自然形成的,后者是快速冷却并搅拌而得到的结晶,市场上多为后者.

d. 酸性镀金(PH 3.5~5.0)是使用非溶解性阳极,最广用的是钛网上附着有白金,或钽网

(Tantalum) 上附着白金层, 后者较贵寿命也较长。

e. 自动前进沟槽式的自动镀金是把阳极放在构槽的两旁, 由输送带推动板子行进于槽中央, 其电流的接通是由黄铜电刷(在槽上方输送带两侧)接触板子上方突出槽外的线路所导入, 只要板子进镀槽就立即接通电流, 各镀槽与水洗槽间皆有缓冲室并用橡胶软垫隔绝以降低 drag in/out, 故减少钝化的发生, 降低脱皮的可能。

f. 酸金的阴极效率并不好, 即使全新镀液也只有 30-40% 而已, 且因逐渐老化及污染而降低到 15% 左右。故酸金镀液的搅拌是非常重要的,

g. 在镀金的过程中阴极上因效率降低而发生较多的氢气使液中的氢离子减少, 因而 PH 值有渐渐上升的情形, 此种现象在钴系或镍系或二者并用之酸金制程中都会发生。当 PH 值渐升高时镀层中的钴或镍量会降低, 会影响镀层的硬度甚至疏孔度, 故须每日测其 PH 值。通常液中都有大量的缓冲导电盐类, 故 PH 值不会发生较大的变化, 除非常异常的情形发生。

h. 金属污染 铅: 对钴系酸金而言, 铅是造成镀层疏孔 (pore) 最直接的原因。(剥锡铅制程要注意) 超出 10ppm 即有不良影响。铜: 是另一项容易带入金槽的污染, 到达 100ppm 时会造成镀层应力破制, 不过液中的铜会渐被镀在金层中, 只要消除了带入来源铜的污染不会造成太大的害处。铁: 铁污染达 50ppm 时也会造成疏孔, 也需要加以处理。

C. 金手指之品质重点

a. 厚度

b. 硬度

c. 疏孔度 (porosity)

d. 附着力 Adhesion

e. 外观: 针点, 凹陷, 刮伤, 烧焦等。

13.2.2 喷锡 HASL (Hot Air Solder Leveling)

A 历史

从 1970 年代中期 HASL 就已发展出来。早期制程, 即所谓“滚锡”(Roll tinning), 板子输送进表面沾有熔融态锡铅之滚轮, 而将一层薄的锡铅转移至板子铜表面。目前仍有低层次单面硬板, 或单面软板使用此种制程。接下来因有镀通孔的发展及锡铅平坦度问题, 因此垂直将板子浸入熔解的热锡炉中, 再将多余锡铅以高压空气将之吹除。此制程逐渐改良成今日的喷锡制程, 同时解决表面平整和孔塞的问题。但是垂直喷锡仍计多的缺点, 例如受热不均匀 Pad 下缘有锡垂 (Solder Sag), 铜溶出量太多等, 因此, 于 1980 年初期, 水平喷锡被发展出来, 其制程能力, 较垂直喷锡好很多, 有众多的优点, 如细线路可到 15mil 以下, 锡铅厚度均匀也较易控制, 减少热冲击, 减少铜溶出以及降低 IMC 层厚度。

B. 流程

不管是垂直、喷锡 or 水平喷锡, 正确的制造流程一样如下:

两种喷锡机的示意图见图 13.2 与图 13.3

C. 贴金手指保护胶 此步骤目的在保护金手指以免渗锡, 其选择很重要, 要能耐热, 贴紧, 不沾胶。

D. 前清洁处理 前清洁处理主要的用意, 在将铜表面的有机污染氧化物等去除, 一般的处理方式如下

脱脂→清洗→微蚀→水洗→酸洗(中和)→水洗→热风干。

使用脱脂剂者,一般用酸性,且为浸泡方式而非喷洒方式,此程序依各厂前制程控制状况为选择性。微蚀则是关键步骤,若能控制微蚀深度在 $0.75\sim 1.0\mu\text{m}$ ($30\sim 40\mu\text{in}$),则可确保铜面之有机污染去除干净。至于是否须有后酸洗(中和),则视使用微蚀剂种类,见表。此微蚀最佳方式,是以水平喷洒的设备为之维持一定的微蚀速率,以及控制后面水洗,热风吹干间隔的时间,防止再氧化的情形出现;并和喷锡速度密切搭配,使生产速率一致。

属于前制程严重的问题,例如 S/M 残留,或者显影不净问题,则再强的微蚀都无法解决这个问题。

前清洁处理的好坏,有以下几个因素的影响:

- 一化学剂的种类
- 一活性剂的浓度(如氧化剂,酸)
- 一微蚀剂的铜浓度
- 一温度
- 一作用时间

槽液寿命,视铜浓度而定,所以为维持 etch rate 的稳定,可以分析铜浓度来控制添加新鲜的药液。

E. 预热

预热段一般使用于水平喷锡,其功能有三,一为减少进入锡炉时热冲击,二是避免孔塞或孔小。三、接触锡炉时较快形成 IMC 以利上锡。若能加进此程序,当然最好,否则浸锡时间须增加,尤其是厚度大于 1.6mm 的厚板,预热方式有使用烤箱者,水平方式则大半用 IR 做预热, in-line 输送以控制速度及温度。以 1.6mm 厚度而言,其预热条件应维持表面温度在 $144\sim 174^{\circ}\text{C}$ 间。若板子是高层次,高纵横比 (Aspect Ratio),以及内层为散热层,则热传效果是非常重要的。有些公司的预热放在 Coating flux 之后,但根据实验显示如此会将 flux 中的活性成份破坏,而不利于吃锡。前述提到很多垂直喷洒式。不管用何种方式,均匀与完全的涂覆是最为主要的。

助焊剂的选择,要考虑的因素非常的多。助焊剂要考量的是它的黏度与酸度(活性),其适用范围和产品的种类,制程以及设备有很大的关连。譬如,水平喷锡的助焊剂黏度的选择,就必须较垂直喷锡低很多。因水平喷锡之浸锡时间短,所以助焊剂须以较快速度接触板面与孔内。

除了这些以外,尚有以下考虑:

- 一与锡炉的抗氧化油是否兼容
- 一是何不易清洁,而有残留物

所以,为了易于清洁,大部份 flux 主成份为 glycol,可溶于水。活化剂则使用如 HCl 或 HBr 等酸。

最后,因设备的差异,flux 的一些特质可能因使用的过程而有变化,如黏度以及挥发性成份。因此须考虑自动添加系统,除补充液之外,亦补充挥发性成份。

F 上锡铅

此段程序,是将板子完全浸入熔融态的锡炉中,液态 Sn/Pb 表面则覆盖乙二醇类(glycol)的抗氧化油,此油须与助焊剂兼容,此步骤最重要的是停留时间,以及因在高温锡炉中,如何克服板弯问题的产生。

板子和锡接触的瞬间,铜表面即产生一薄层 IMC Cu_6Sn_5 ,有助后续零件焊接。此 IMC

层在一般储存环境下,厚度的成长有限,但若高温下,则厚度增长快速,反而会造成吃锡不良。垂直喷锡和水平喷锡极大的不同点,在于垂直喷锡从进入锡炉瞬间至离开锡炉瞬间的时间约是水平喷锡的二倍左右。整个 PANEL 受热的时间亦不均匀,而且水平喷锡板子有细小的滚轮压住,让板子维持同一平面。所以垂直喷锡一直有热冲击板子弯翘的问题存在。虽有些公司特别设计夹具,减少其弯翘的情形,但产能却也因此减少。

G. 整平

当板子完全覆盖锡铅后,接着经高压热风段将表面孔内多余的锡铅吹除,并且整平附着于 PAD 及孔壁的锡铅。此热气的产生由空压机产生的高压空气,经加温后,再通过风刀吹出。其温度一般维持在 210~260℃。温度太低,会让仍是液状的锡铅表面白雾化及粗糙,温度太高则浪费电力。空气压力的范围,一般在 12~30psi 之间,视下列几个条件来找出最佳压力: 1. 设备种类 2. 板厚 3. 孔纵横比 4 风刀角度及距离(以板子做基准)

下列几个变量,会影响整个锡铅层厚度,平整度,甚至后续焊锡性的良窳。

1. 风刀的结构
2. 风刀口至板子的距离
3. 风刀角度
4. 空气压力大小
5. 板子通过风刀的速度
6. 外层线路密度及结构

其中,前五项都是可调整到最佳状况,但是第六项则和制程设备的选择或者后处理设备有极大的关系,例如垂直喷锡,在 PAD 下缘,或孔下半部会有锡垂造成厚度不均及孔径问题。

H. 后清洁处理

后清洁水洗目的,在将残留的助焊剂或其由锡炉带出之残油类物质洗除,本步骤是喷锡最后一个程序,看似没什么,但若不用心建置,反而会功败垂成,以下是几个要考虑的因素:

1. 冷却段及 Holder 的设计
2. 化学洗
3. 水洗水的水质、水温及循环设计
4. 各段的长度(接触时间)
5. 轻刷段

成功的后清洁制程的设计必须是板子清洗后:

1. 板弯翘维持最小比率
2. 离子污染必须小于最高标准(一般为 $6.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$)
3. 表面绝缘阻抗(SIR)必须达最低要求。(一般标准: $3 \times 10^9 \Omega$ 一喷锡水洗后 35℃, 85%RH, 24 小时后)

13.3 锡炉中各种金属杂质的影响

喷锡品质的好坏,因素复杂,除上述之锡炉温度高压喷气温度以及浸锡时间外,另一个颇为重要的因素是污染的程度。温度与时间的控制以各种方式做监控。但是杂质的 in-line 监控却是不可能,它是须要特殊的分析设备来做精确分析,如 AA 等,规模够大,有自己的化验室者,通常由化验人员做定期分析;或者由提供锡铅的供货商定期取回

分析。

决定锡炉寿命的主要两个因素，一是铜污染，二是锡的浓度，当然其它的金属污染若有异常现象，亦不可等闲视之。

A. 铜

铜污染是最主要的，且产生来源亦是清楚不过。铜表面在 Soldering 时，会产生一层 IMC，那是因铜 migrates 至 Solder 中，形成种化学 μ (Cu_3Sn 和 Cu_5Sn_6)，随着处理的面积增加，铜溶入 Solder 的浓度会增加，但它的饱和点，是 0.36% (在 243 °C)，当超过饱和点时，锡面就会呈现颗粒状粗糙表面，这是因为 IMC 的密度低于 熔溶态锡铅，它会 migrate 到锡铅表面，呈树状结晶，因此看起来粗糙，这种现像会有两个问题，一是外观，二是焊锡性。因 PAD 表面锡铅内含铜浓度高，因此在 组配零件，会额外增加如 Wave Solder 或 IR Reflow 时的设定温度，甚至根本无法吃锡。

B. 锡

锡和铅合金的最低熔点 183°C，其比例是 63:37，因此其比例若因制作过程而有变化，极可能因差异太大，而造成装配时的条件设定不良。一般，锡含量比例变化 在 61.5~63.5% 之间，尚不致有影响。若高于或低于此范围，除了改变其熔点外，并因此改变其表面张力，伴随的后果是助焊剂的功能被打折扣。助焊剂最大的作用在 清洁铜面并使达到较低的自由状态。而且后续装配时使用高速，低温的焊锡应用亦会大受影响而使表现不如预期。

C. 金

金也是一个常见的金属污染，若金手指板产量多时，更须注意控管。若 Solder 接触金面，会形成另一 IMC 层— AuSn_4 。金溶入 Solder 的溶解度是铜的六倍对焊接点 有绝对的伤害。有金污染的 solder 画面看似结霜，且易脆。要彻底避免金的污染，可将金手指制程放在喷之后。一旦金污染超过限度只有换新一途。

D. 锑 Antimony

锑对于焊锡和铜间的 wetting 亦有影响，其含量若超出 0.5%，即对焊性产生不良影响。

E. 硫(Sulfur)

硫的污染会造成很严重的焊锡性问题，即使是百万之几的含量，而且它会和锡及铅起化学反应。因此要尽所有可能防止它污染的可能性，包括进料的检验，制程中带入的可能。

F. 表 13.1 是一般可容许的杂质百分比，所订的数字会比较严苛，这是因为个别的污染虽有较高的容忍度，但若同时有几个不同污染体，则有可能即使仅有容忍上限 的 1/2，但仍会造成制程的不良焊锡性变差。因此，制程管理者须谨慎从事。

SMOBC(Solder Mask Of Bare Copper)之喷锡制程完成后即进行成型步骤(十五)

十四 其它焊垫表面处理(OSP,化学镍金,)

14.1 前言

锡铅长期以来扮演着保护铜面,维持焊性的角色,从熔锡板到喷锡板,数十年光阴至此,碰到 几个无法克服的难题,非得用替代制程不可:

A. Pitch 太细造成架桥(bridging)

B. 焊接面平坦要求日严

C. COB(chip on board)板大量设计使用

D. 环境污染 本章就两种最常用制程 OSP 及化学镍金介绍之

14.2 OSP

OSP 是 Organic Solderability Preservatives 的简称,中译为有机保焊膜,又称护铜剂,英文亦称之 Preflux,本章就以护铜剂称之。

14.2.1

种类及流程介绍

A. BTA(苯并三氮唑): BENZOTRIAZOLE

BTA 是白色带淡黄无嗅之晶状细粉,在酸碱中都很安定,且不易发生氧化还原反应,能与金属形成安定化合物。ENTHON 将之溶于甲醇与水溶液中出售,作铜面抗氧化剂(TARNISH AND OXIDE RESIST),商品名为 CU-55 及 CU-56,经 CU-56 处理之铜面可产生保护膜,防止裸铜迅速氧化。

操作流程如表。

B. AI(烷基咪唑) ALKYLIMIDAZOLE PREFLUX 是早期以 ALKYLIMIDAZOLE 作为护铜剂而开始,由日本四国化学公司首先开发之商品,于 1985 年申请专利,用于蚀刻阻剂(ETCHING RESIST),但由于色呈透明检测不易,未大量使用。其后推出 GLICOAT 等,系由其衍生而来。

GLICOAT-SMD(E3)具以下特性:

- 与助焊剂相容,维持良好焊锡性
- 可耐高热焊锡流程
- 防止铜面氧化

操作流程如表。

C. ABI(烷基苯咪唑) ALKYL BENZIMIDZOLE

由日本三和公司开发,品名为 CU COAT A,为一种耐湿型护铜剂。能与铜原子产生络合物(COMPLEX COMPOUND),防止铜面氧化,与各类锡膏皆相容,对焊锡性有正面效果。

操作流程如表。

D. 目前市售相关产品有以下几种代表厂家:

醋酸调整系统:

GLICOAT-SMD (E3) OR (F1)

WPF-106A (TAMURA)

ENTEK 106A (ENTHON)

MEC CL-5708 (MEC)

MEC CL-5800(MEC)

甲酸调整系统:

SCHERCOAT CU COAT A

KESTER

大半药液为使成长速率快而升温操作,水因之蒸发快速,PH 控制不易,当 PH 提高时会导致 MIDAZOLE 不溶而产生结晶,须将 PH 调回。一般采用醋酸(ACETIC ACID)或甲酸(FORMIC ACID)调整。

14.2.2

有机保焊膜一般约 $0.4\ \mu\text{m}$ 的厚度就可以达到多次熔焊的目的,虽然廉价及操作单纯,

但有以下缺点:

- A. OSP 透明不易测量, 目视亦难以检查
- B. 膜厚太高不利于低固含量, 低活性免洗锡膏作业, 有利于焊接之 Cu₆Sn₅ IMC 也不易形成
- C. 多次组装都必须在含氮环境下操作
- D. 若有局部镀金再作 OSP, 则可能在其操作槽液中所含的铜会沉积于金上, 对某些产品会形成问题
- E. OSP Rework 必须特别小心

14.3 化学镍金

14.3.1 基本步骤

脱脂→水洗→中和→水洗→微蚀→水洗→预浸→钯活化→吹气搅拌水洗→无电镍→热水洗→无电金→回收水洗→后处理水洗→干燥.

14.3.2 无电镍

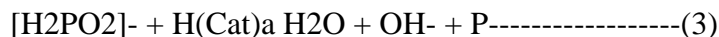
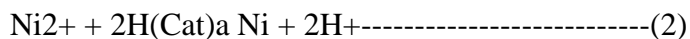
- A. 一般无电镍分为"置换式"与"自我催化"式其配方极多, 但不论何者仍以高温镀层品质较佳
- B. 一般常用的镍盐为氯化镍(Nickel Chloride)
- C. 一般常用的还原剂有次磷酸盐类(Hypophosphite)/甲醛(Formaldehyde)/联氨(Hydrazine)/硼氢化合物(Borohydride)/硼氢化合物(Amine Borane)
- D. 螯合剂以柠檬酸盐(Citrate)最常见 E. 槽液酸碱度需调整控制, 传统使用氨水(Amonia), 也有配方使用三乙醇氨(Triethanol Amine), 除可调整 PH 及比氨水在高温下稳定, 同时具有与柠檬酸钠结合共为镍金属螯合剂, 使镍可顺利有效地沉积于镀件上
- F. 选用次磷二氢钠除了可降低污染问题, 其所含的磷对镀层品质也有极大影率
- G. 此为化学镍槽的其中一种配方

配方特性分析:

- a. PH 值的影响: PH 低于 8 会有混浊现象发生, PH 高于 10 会有分解发生, 对磷含量及沉积速率及磷含量并无明显影响
 - b. 温度的影响: 温度影响析出速率很大, 低于 70°C 反应缓慢, 高于 95°C 速率快而无法控制. 90°C 最佳
 - c. 组成浓度中柠檬酸钠含量高, 螯合剂浓度提高, 沉积速率随之下降, 磷含量则随螯合剂浓度增加而升高, 三乙醇氨系统磷含量甚至可高到 15.5% 上下
 - d. 还原剂次磷酸二氢钠浓度增加沉积速率随之增加, 但超过 0.37M 后槽液有分解现象, 因此其浓度不可过高, 过高反而有害。磷含量则和还原剂间没有明确关系, 因此一般浓度控制在 0.1M 左右较恰当
 - e. 三乙醇氨浓度会影响镀层的磷含量及沉积速率, 其浓度增高磷含量降低沉积也变慢, 因此浓度保持约 0.15M 较佳。他除了可以调整酸碱度也可作金属螯合剂之用
 - f. 由探讨得知柠檬酸钠浓度作适当调整可有效改变镀层磷含量
- H. 一般还原剂大分为两类:

次磷酸二氢钠(NaH₂PO₂H₂O, Sodium Hypophosphate)系列及硼氢化钠(NaBH₄, Sodium Borohydride)系列, 硼氢化钠价贵因此市面上多以次磷酸二氢钠为主 一般公认反应为:





铜面多呈非活化性表面为使其产生负电性以达到"启镀"之目的铜面采先长无电钯的方式 反应中有磷共析故, 4-12%含磷量为常见。故镍量多时镀层失去弹性磁性, 脆性光泽增加, 有利防锈不利打线及焊接

14.3.3 无电金

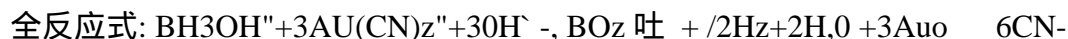
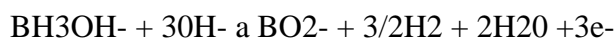
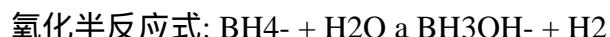
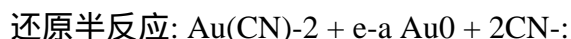
A.无电金分为"置换式镀金"与"无电金"前者就是所谓的"浸镀金"(Immersion Gold plating) 镀层薄且底面镀满即停止。后者接受还原剂供应电子故可使镀层继续增厚无电镍。

B.还原反应示性式为: 还原半反应: $\text{Au}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Au}^0$ 氧化半反应式: $\text{Red} \rightarrow \text{Ox} + \text{e}^-$ 全反应式: $\text{Au}^+ + \text{Red} \rightarrow \text{Au}^0 + \text{Ox}$.

C.化学镀金配方除提供黄金来源的络合物及促成还原的还原剂, 还必须并用螯合剂、安定剂、缓冲剂及膨润剂等才能发挥效用

D.化学金配方组成及功用:

E.部份研究报告显示化学金效率及品质的改善, 还原剂的选用是关键, 早期的甲醛到近期的 硼氢化合物, 其中以硼氢化钾最普遍效果也佳, 若与他种还原剂并用效果更理想。代表反应式如后:



F.镀层之沉积速率随氢氧化钾及还原剂浓度和槽温提高而提升, 但随氰化钾浓度增加而降低

G.已商业化的制程操作温度多为 90℃左右, 对材料安定性是一大考验

H.细线路底材上若发生横向成长可能产生短路的危险 I.薄金易有疏孔易形成 Galvanic Cell Corrosion K.薄金层疏孔问题可经由含磷后处理钝化方式解决

14.3.4 制程重点:

A.碱性脱脂: 为防止钯沉积时向横向扩散, 初期使用柠檬酸系清洁剂。后因绿漆有疏水性, 且碱性清洁剂效果又较佳, 同时为防止酸性清洁剂可能造成的铜面钝化, 故采磷酸盐系直炼非离子性 清洁剂, 以容易清洗为诉求。

B.微蚀: 其目的在去除氧化获得新鲜铜面, 同时达到绝对粗度约 0.5-1.0 μm 之铜面, 使得镀镍金后 仍能获得相当粗度, 此结果有助打线时之拉力。配槽以 SPS 150g/l 加少量盐酸, 以保持氯 离子约 200ppm 为原则, 以提高蚀刻效率。

C.铜面活化处理 钯约 3ppm,操作约 40℃, 一分钟, 由于氯化钯对铜面钝化比硫化钯为快, 为得较好的镍结合力自然是硫化钯较适当。由于钯作用同时会有少量 Cu^+ 会产生, 它可能还原成 Cu 也可能 氧化成 Cu^{++} , 若成为铜原子则沉积会影响钯还原。为使钯还原顺利须有吹气搅拌, 风量约 为 0.1~0.15M³/M²*min 以上, 促使亚铜离子氧化并释出电子以还原钯, 完成无电镍沉积的动作。

D.活化后水洗: 为防止镍层扩散,清除线路间之残钯至为重要, 除强烈水洗也有人用稀

盐酸浸渍以转化死角的硫化钯防止镍扩散。为促进镍还原,热水预浸将有助于成长及均匀性,其想法在提高活性使大小面积及高低电压差皆因提高活性而使差异变小以达到均一的目的。

E.无电镍:操作温度 $85\pm 5^{\circ}\text{C}$, PH4.5~4.8, 镍浓度约为 4.9~5.1 g/l 间, 槽中应保持镍浓度低于 5.5, 否则有氢氧化沉淀的可能, 若低于 4.5g/l 则镀速会减慢, 正常析出应以 $15\mu\text{m}/\text{Hr}$, Bath loading 则应保持约 0.5~1.5 dM²/l, 镀液以 5 g/l 为标准镍量经过 5 个 Turn 即必须更槽 否则析出镍品质会变差。镍槽可以 316 不锈钢制作, 槽体事先以 50% 硝酸钝化, 并以槽壁 外加电解阳极以防止镍沉积, 阴极可接于搅拌叶通以 0.2~0.4 A/M² (0.018~0.037 ASF) 低 电流, 但须注意不能在桨叶区产生气泡否则代表电流太强或镍镀层太厚必须烧槽。建浴操作应维持在 PH=5~4.7 间, 可用 NaOH 或 H₂SO₄ 调整, PH 低于 4.8 会出现混浊, 槽液老化 PH 操作范围也会逐渐提高才能维持正常析出速度。因线路底部为死角, 易留置反应后所留的 残碱, 因此对绿漆可能产生不利影响, 必须以加强搅拌及震动使残碱及气泡去除。

F.无电镍磷含量: 一般无电镍多以"次磷酸二氢钠"为还原剂, 故镀层会含有一定的磷约 4~6%, 且部份呈结晶状。苦含量在 6~8% 中含量则多数呈非结晶状, 当高达 12% 的以上则几乎全呈非结晶组织。就打线而言, 中磷含量及硬度在 500~600HV 最佳, 焊锡性也以 9% 最好。一般在添加四回后 析出磷含量就会达到 10% 应考虑换槽, 打线用厚度应在 130 μ 以上。

G.无电金:

以柠檬酸为络合剂的化学金槽, 含金 5g/l, 槽体以 PP 为材质。PH=5.1~5.3 时可与铜作用, PH=4.5~4.8 时可与镍作用实行镀金, PH 可以柠檬酸调整之。一般操作温度在 85°C , 厚度几乎会停止在 2.5μ 左右, 大约五分钟就可达到此厚度, 高的温度固然可加快成长但因结晶粗反而防蚀能力较差。由于大半采置换反应, 因此会有不少的镍溶入液中, 良好的管理最好不要让镍浓度超过 200ppm, 到 400ppm 时金属外观及附着力都变差, 药水甚至变绿变黑, 此时必须更槽。金槽对铜离子极敏感, 200ppm 以上析出就会减缓, 同时会导致应力增大。镀镍后也不宜久置, 以免因钝化而无法析镀, 故镍后水洗完应尽快进入金槽, 有时为了特定状况则作 10% 柠檬酸浸泡再进入金槽也能改善一些结合力。经镀金后的镀面仍难免有部份疏孔, 此镀件经水洗后仍应经一道封孔处理, 如此可使底层镍经有机磷的处理增加其耐蚀性。

14.4 结语

A. OSP 制程成本最低, 操作简便, 通常终检电测完, 包装前作业之。但此制程因须装配厂修改设备及制程条件且重工性较差因此普及度仍不佳有待双方努力。

B. 化镍金制程则因成本极高, 会锁定某些领域的板子如 COB, IC Substrate 等, 不会普及化。

C. 目前也有其它较低成本而仍有化镍金功能之产品如 Pd/Ni, Sn, Organic Silver 等, 以后陆续会再做探讨。

十五 成型(Outline Contour)

15.1 制程目的

为了让板子符合客户所要求的规格尺寸, 必须将外围没有用的边框去除之。若此板子

是 Panel 出货 (连片), 往往须再进行一道程序, 也就是所谓的 V-cut, 让客户在 Assembly 前或后, 可轻易的将 Panel 折断成 Pieces。又若 PCB 是有金手指之规定, 为使容易插入, connector 的槽沟, 因此须有切斜边 (Beveling) 的步骤。

15.2 制造流程

外型成型(Punching or Routing)→V-cutBeveling (倒角)→清洗

15.2.1 外型成型

外型成型的方式从 PCB 演变大致有以下几个方式:

15.2.1.1 Template 模板

最早期以手焊零件, 板子的尺寸只要在客户组装之产品可容纳得下的范围即可, 对尺寸的容差要求较不严苛, 甚至板内孔至成型边尺寸亦不在意, 因此很多用裁剪的方式, 单片出货。

再往后演变, 尺寸要求较严苛, 则打样时, 将板子套在事先按客户要求尺寸做好的模板(Template)上, 再以手动铣床, 沿 Template 外型旋切而得。若是大量, 则须委外制作模具(Die)以冲床冲型之。这些都是早期单面或简单双面板通常使用的成型方式。

15.2.1.2 冲型

冲型的方式对于大量生产, 较不 CARE 板边粗糙度以及板屑造成的影响时, 可考虑使用冲型, 生产成本 较 routing 为低, 流程如下:

模具设计→模具发包制作→试冲→First Article 量测尺寸→量产。

a. 模具制作前的设计非常重要, 它要考虑的因素很多, 例举如下:

- (1) PCB 的板材为何, (例如 FR4, CEM, FRI)等
- (2) 是否有冲孔
- (3) Guide hole (Aligned hole)的选择
- (4) Aligned Pin 的直径选择
- (5) 冲床吨数的选择
- (6) 冲床种类的选择
- (7) 尺寸容差的要求

b. 模具材质以及耐用程度

目前国内制作模具的厂商水准不错, 但是材料的选用及热处理加工, 以及可冲次数, 尺寸容差等, 和日本比较, 尚逊一筹, 当然价格上的差异, 亦是相当的大。

15.2.1.3 切外型

因为板子层次技术的提升, 以及装配方法的改变, 再加上模具冲型的一些限制, 例如模具的高价以及修改的弹性不佳, 且精密度较差, 因此 CNC Routing 的应用愈来愈普遍。

A. 除了切外型外, 它也有几个应用:

- a. 板内的挖空(Blank)
- b. 开槽 slots
- c. 板边须部份电镀。

B. 作业流程:

CNC Routing 程序制作→试切→尺寸检查(First Article)→生产→清洁水洗→吹干→烘干

a. 程序制作

目前很多 CAD/CAM 软件并没 Support 直接产生 CNC Routing 程序的功能, 所以大部份仍须按 DRAWING 上的尺寸图直接写程序。注意事项如下:

(1) 铣刀直径大小的选择, 须研究清楚尺寸图的规格, 包括 SLOT 的宽度, 圆弧直径的要求(尤其在转角), 另外须考虑板厚及 STACK 的厚度。一般标准是使用 1/8 in 直径的 Routing Bits。

(2) 程序路径是以铣刀中心点为准, 因此须将铣刀半径 offset 考虑进去。

(3). 考虑多片排版出货, 客户折断容易, 在程序设计时, 有如下不同的处理方式, 见图 15.1

(4). 若有板边部份须电镀的规格, 则在 PTH 前就先行做出 Slot, 见图 15.2

(5) Routing Bit 在作业时, 会有偏斜(deflect)产生, 因此这个补偿值也应算入

b. 铣刀的动作原理

一般铣刀的转速设定在 6,000~36,000 转/分钟。由上向下看其动作, 应该是顺时针转的动作, 除在板子侧面产生切削的作用外, 还出现一种将板子向下压迫的力量。若设计成反时针的转向, 则会发生向上拉起的力量, 将不利于切外形的整个制程。

1 铣刀的构造

图 15.3 是铣刀的横切面以及各重点构造的介绍. Relief Angle 浮离角: 减少与基材的摩擦而减少发热. Rake Angle(扳角): 让 chip(废屑)切断掀起, 其角度愈大时, 使用的力量较小, 反之则较大. Tooth Angle(Wedge Angle)楔尖角: 这是 routing bit 齿的楔形形状, 其设计上要考虑锐利及坚固耐用。

2. 偏斜 (deflect)

在切外型的过程中, 会有偏斜的情形, 若是偏斜过多将影响精准程度, 因此必须减少偏斜值。在程序完成初次试切时, 必须量出偏斜的大小, 再做补偿, 待合乎尺寸规格后, 再大量生产。

影响偏斜的因素大致有如下几个:

—板子厚度

—板材质

—一切的方向

—转速 根据这些因素, 下面探讨如何减少偏斜, 以降低其造成的偏差。

—铣刀必须标准化, 如直径、齿型等

—针对不同板材选择适用的铣刀

—根据不同的材质, 找出不同的转速及切速, 如 FR4 材质可以 24,000 转/分钟; 至于切速一般而言速度愈快, 偏斜值愈大; 反之愈小。

—若有必要, 可设定两次同样的路径, 将因偏斜而较大尺寸的部份铣除。

—铣刀进行的路径遵守一个原则: 切板外缘时, 顺时针方向, 切板内孔或小片间之槽沟时, 以逆时针方向进行, 见图 15.4 的解说。

C. 辅助工具

NC ROUTING 设备评估好坏, 辅助工具部份的重要所占比例非常高。辅助工具的定义是如何让板子正确的定位, 有效率的上、下板子, 以及其排屑渣的功能, 图 15.5(a.b)是一辅助工具说明。

1 机械台面(Machine Plate)必须让工作面板对位 PIN 固定于其上, 尺寸通常为 1/4 in 左

右

2.工作面板(Tooling Plate)通常比机械台面稍小,其用途为 bushings 并且在每支 SPINDLE 的中心线下有槽构(Slot)

3.Sub-plates: 材质为 Benelax 或亚麻布及酚醛树脂做成的,其表面须将待切板子的形状事先切出,如此可以在正式切板时,板屑(chips)可以由此排掉同时其上也必须做出板子固定的 PIN 孔。其孔径一般为 1/8 in。每次生产一个料号时,先将 holding-pins 紧密的固定于 pin 孔(pin 孔最好选择于成型内),然后再每片板套上(每个 piece 2 到 3 个 pin 孔),每 STACK 1~3 片,视要求的尺寸容差, PIN 孔的位置,应该在做成型程序时,一起计算进去,以减少误差。

D.作业小技巧

因为外型尺寸要求精度,依不同 P/N 或客户而有所不同,就如不同 P/N,会设定不同定位孔一样,因此有几种切型及固定方法可以应用。不管何种方法,最小单一 piece(分离的)最小尺寸必须 0.15 in 以上。(用一般 1/8in Router)

1.无内 Pin 孔的方法:若无法找出成型内 Pin 孔时,可依图 15.6 方式作业 a.先切单 piece 三边。b.再以不残胶 胶布如图贴住已切之所有 piece 所剩另一边就可切除,TAPE 拉起时,也道将单 Piece 取出。此法之特征 :

准确度: $\pm 0.005\text{in}$

速度: 慢(最好用在极小 piece 且需切开的板子)

每个 STACK: 每 STACK 仅置 1 panel

2.单一 Pin 方法:见图 15.7 所指示,且须依序切之,此法的特征

准确度: $\pm 0.005\text{in}$

速度: 快

每个 STACK: 每 STACK 可多片置放

3.双 pins 方法:见图 15.8,此法准确度最高,且须铣两次,第一次依一般标准速度,因有偏斜产生,因此须切第二次,但第二次速度加快至 200in/min。其特征:

准确度: $\pm 0.002\text{in}$

速度: 快(上、下板因 pin 较紧,速度稍慢于单 pin)

每个 STACK: 多片

15.2 V-cut (Scoring, V-Grooving)

V-cut 一种须要直、长、快速的切型方法,且须是已做出方型外型(以 routing 或 punching)才可进此作业。见图 15.9。时常在单 piece 有复杂外型时用之。

15.2.1 相关规格

A. V-Groove 角度,见图 15.10,一般限定在 $30^\circ \sim 90^\circ$ 间,以避免切到板内线路或太接近之。

B. V-cut 设备本身的机械公差,尺寸不准度约在 $\pm 0.003\text{in}$,深度不准度约在 $\pm 0.006\text{in}$ 。因此,公司的业务,品管人员与客户讨论或制订相关的制程能力或规格,应该视厂内的设备能力。勿订出做不到的规格。

C.不同材质与板厚,有不同的规格,以 FR4 来说,0.060in 厚则 web 厚约为 0.014in。当然深度是上、下要均等 否则容易有弯翘发生。CEM-3 板材 0.060in 厚,约留 web 0.024in; CEM-1 则留 web 0.040in,这是因含纸质,较易折断。

D.至于多厚或多薄的板子可以过此制程,除了和设备能力有关外,太薄的板子,走此流程并无意义(通常 0.030in 以下厚度就不做 V-cut 设计)。有些客户对成型板边粗糙度不要求,PCB 厂也有于切或冲 PANEL 后,设计 V-cut 制程,切深一些,再直接折断成 piece 出货。

E. V-cut 深度控制非常重要,所以板子的平坦度及机台的平行度非常重要.有专用 IPQC 量测深度之量规可供使用。

15.2.2 设备种类

A. 手动:一般以板边做基准,由皮带输送,切刀可以做 X 轴尺寸调整与上、下深度的调整。

B. 自动 CNC:此种设备可以板边或定位孔固定,经 CNC 程控所要 V-cut 板子的坐标,并可做跳刀(Jump scoring)处理,深度亦可自动调整,同一片板子可处理不同深度。其产出速度非常快。

15.3 金手指斜边(Beveling)

PCB 须要金手指(Edge connectors)设计,表示为 Card 类板子,它在装配时,必须插入插槽,为使插入顺利,因此须做斜边,其设备有手动、半自动、自动三种。几个重点规格须注意,见图 15.11,一般客户 DRAWING 会标清楚。

A. θ° 角一般为 30° 、 45° 、 60°

B. Web 宽度一般视板厚而定,若以板厚 0.060in,则 web 约在 0.020in

C. H、D 可由公式推算,或客户会在 Drawing 中写清楚。

15.4 清洗

经过机械成型加工后板面,孔内及 V-cut,slot 槽内会许多板屑,一定要将之清除干净.一般清洗设备的流程如下:

loading→高压冲洗→轻刷→水洗→吹干→烘干→冷却→unloading

15.4.1 注意事项

A. 此道水洗步骤若是出货前最后一次清洗则须将离子残留考虑进去。

B. 因已 V-cut 须注意轻刷条件及输送。

C. 小板输送结构设计须特别注意。

15.5 品质要求

由于尺寸公差要求越趋严苛因此 First Article 要确实量测,设备的维护更要做到随时保持容许公差之内。

接下来之制程为电测与外观检验。

十六 电测

16.1 前言

在 PCB 的制造过程中,有三个阶段,必须做测试

1.内层蚀刻后

2.外层线路蚀刻后

3.成品

随着线路密度及层次的演进,从简单的测试治具,到今日的泛用治具测试及导电材料辅助测试,为的就是及早发现线路功能缺陷的板子,除了可 rework,并可分析探讨,做为

制程管理改善, 而最终就是提高良率降低成本。

16.2 为何要测试

并非所有制程中的板子都是好的, 若未将不良板区分出来, 任其流入下 制程, 则势必增加许多不必要的成本. 纵观 PCB 制造史, 可以发现良率一 直在提高。制程控制的改善, 报废的降低, 以及改善品质的 ISSURE 持续 进行着, 因此才会逐次的提高良率。

A. 在电子产品的生产过程中, 对于因失败而造成成本的损失估计, 各阶段都不同。愈早发现挽救的成本愈低。图 16.1 是一普遍被接受的预估因 PCB 在 不同阶段被发现不良时的补救成本, 称之为"The Rule of 10'S" 举一个简单的例子, 空板制作完成, 因断路在测试时因故未测出, 则板 子出货至客户组装, 所有零件都已装上, 也过炉锡及 IR 重熔, 却在测试时 发现。一般客户会让空板制造公司赔偿零件损坏费用、重工费、检验费。 但若于空板测试就发现, 则做个补线即可, 或顶多报废板子。设若更不幸 装配后的测试未发现, 而让整部计算机, 话机、汽车都组装成品再做测试才 发现, 损失更惨重, 有可能连客户都会失去。

B. 客户要求 百分之百的电性测试, 几乎己是所有客户都会要求的进货规格。但是 PCB 制造商与客户必须就测试条件与测试方法达成一致的规格. 下列是几个两 方面须清楚写下的

- 1.测试数据来源与格式
- 2.测试条件如电压、电流、绝缘及连通性
- 3.治具制作方式与选点
- 4.测试章
- 5.修补规格

C. 制程监控 在 PCB 的制造过程中, 通常会有 2~3 次的 100%测试, 再将不良板做重工, 因此, 测试站是一个最佳的分析制程问题点的资料搜集的地方。经由统计 断, 短路及其它绝缘问题的百分比, 重工后再分析发生的原因, 整理这些 数据, 再利用品管手法来找出问题的根源而据以解决。通常由这些数据的 分析, 可以归纳下面几个种类, 而有不同的解决方式。

1. 可归纳成某特定制程的问题, 譬如连底材料都凹陷的断路, 可能是压板 环境不洁(含钢板上残胶)造成; 局部小面积范围的细线或断路比例高, 则有可能是干膜曝光抬面吸真空局部不良的问题。诸如此类, 由品管或 制程工程师做经验上的判断, 就可解决某些制程操作上的问题。

2. 可归成某些特别料号的问题, 这些问题往往是因客户的规格和厂内制程 能力上的某些冲突, 或者是数据上的某些不合理的地方, 因而会特别 突出这个料号制造上的不良。通常这些问题的呈现, 须经历一段的时 间及一些数量以上, 经由测试显现出它的问题, 再针对此独立料号加 以改进, 甚至更改不同的制程。

3. 不特定属于作业疏忽或制程能力造成的不良, 这些问题就比较困难去做 归纳分析。而必须从成本和获利间差异来考量因为有可能须添购设备 或另做工治具来改善。

D. 质量管理 测试数据的分析, 可做品管系统设计的参数或改变的依据, 以不断的提升品质, 提高制程能力, 降低成本。

16.3 测试不良种类

A. 短路

定义: 原设计上, 两条不通的导体, 发生不应该的通电情形。

见图 16.2

B. 断路

定义: 原设计, 同一回路的任何二点应该通电的, 却发生了断电的情形。

见图 16.3 (a,b)

C. 漏电(Leakage) 不同回路的导体, 在一高抗的通路测试下, 发生某种程度的连通情形, 属于短路的一种。其发生原因, 可能为离子污染及湿气。

16.4 电测种类与设备及其选择

电测方式常见有三种: 1. 专用型(dedicated) 2. 泛用型(universal) 3. 飞针型 (moving probe), 下面会逐一介绍。决定何种型式, 要考虑下列因素: 1. 待测数量 2. 不同料号数量 3. 版别变更类频繁度 4. 技术难易度 5. 成本考量。图 16.4 是数量的多寡, 测试种类及成本的关系 图 16.5 则是制程技术须求与测试方式种类的关系。另外有一些特殊测试方式, 也会简述一二。

A. 专用型(dedicated)测试 专用型的测试方式之所以取为专用型, 是因其所使用的治具(Fixture) 仅适用一种料号, 不同料号的板子就不能测试, 而且也不能回收使用。(测试针除外)

a. 适用

1. 测试点数, 单面 10,240 点, 双面各 8,192 点以内都可以测

2 测试密度, 0.020" pitch 以上都可测, 虽然探针的制作愈来愈细, 0.020" pitch 以下也可测, 但一成本极高, 且测试稳定度较差, 这些都会影响使用何种测试方式的决定。

b. 设备 其价位是最便宜的一种, 随测试点数的多寡价格有所不同, 从台币 40 到 200 万不到。若再须求自动上、下板及分类良品, 不良品的功能, 则价格更高。

c. 治具制作 治具制作使用的数据, 是由 CAD 或 Gerber 的 netlist 所产生, 所以选点、编号、压克力测试针盘用的钻孔带(含 SMT 各焊垫自动打带)以及测试程序 等都由计算机来加以处理。

1 制作程序: 选点→压克力(电木板)钻孔→压针套→绕线→插针→套 FR4 板。

2 针的种类及选择 现有针号 2,1,0,00,...一直到 6 个 0 都有, pitch 愈小须愈多 0 的针。

图 16.6 是各类型探针及适用方式。

d. 测试

找出标准板→记忆数据→开始测试

e. 找点、修补

找点方式有两种

1 是手制点位图, 用透明 Mylar 做出和板大小一样的测试各点位置及编号, 并按顺序以线连接。

2 利用标点机及工作站, 在屏幕上, 显示问题之线, 即可立即对照板而找正确的位置 标示出正确位置后即进行确认修补, 而后再进行重测, 确认的过程中, 通常会以三用电表做工具来判断。

f. 优、缺点 优点:

1 Running cost 低

2. 产速快

缺点:

1 治具贵

2.set up 慢

3.技术受限

B. 泛用型(Universal on Grid)测试

a. Universal Grid 观念早于 1970 年代就被介绍,其基本理论是 PCB 线路 Lay-out 以 Grid(格子)来设计, Grid 之间距为 0.100",见图 16.7 或者以密度观点来看,是 100points/in²,尔后沿用此一观念,线路密度,就以 Grid 的距离称之. 板子电测方式就是取一 G10 的基材做 Mask,钻满 on grid 的孔,只有在板子须测试的点才插针,其余不插.因此其治具的制作简易快速,其针且可重复使用

b. On-grid test 若板子之 lay-out,其孔或 pad 皆 on-grid,不管是 0.100",或 0.050"其测试就叫 on-grid 测试,问题不大.见图 16.8

c. Off-grid test 现有高密度板其间距太密,已不是 on-grid 设计,属 Off-grid 测试,见图 16.9 其 fixture 就要特殊设计.

d. 先进的测试确认与修补都由技术人员在 CAM Workstation 上执行.由 key-board 或 mouse 来移动 x,y 坐标,多层板各层次之线路以不同颜色重迭显示 在屏幕上,因此找点确认非常简易.

e. 优,缺点 优点:

1.治具成本较低

2.set-up 时间短,样品,小量产适合.

3.可测较高密度板

缺点:

1 设备成本高

2.较不适合大量产

C. 飞针测试(Moving probe)

a. 不须制作昂贵的治具,其理论很简单仅须两根探针做 x,y,z 的移动来逐一测试各线路的两端点

b.有 ccd 配置,可矫正板弯翘的接触不良.

c.测速约 10~40 点/秒不等.

d.优,缺点

优点:1 极高密度板如 MCM 的测试皆无问题

2.不须治具,所以最适合样品及小量产.

缺点:1 设备昂贵

2.产速极慢

D. 其它测试方式

a. 非接触式 E-Bean

b.导电布,胶

c.电容式测试

d.最近发表的刷测(ATG-SCAN MAN)

十七、终检

17.1 前言

PCB 制作至此, 将进行最后的品质检验, 检验内容可分以下几个项目:

- A. 电性测试
- B. 尺寸
- C. 外观
- D. 信赖性

A 项之电测, 已在十六章介绍, 本章将针对后三项 LIST 一般检验的项目, 另外也列出国际间惯用的相关 PCB 制造的规范, 供大家参考。

17.2.1 尺寸的检查项目(Dimension)

- 1.外形尺寸 Outline Dimension
- 2.各尺寸与板边 Hole to Edge
- 3.板厚 Board Thickness
- 4.孔径 Holes Diameter
- 5.线宽 Line width/space
- 6.孔环大小 Annular Ring
- 7.板弯翘 Bow and Twist
- 8.各镀层厚度 Plating Thickness

17.1.2 外观检查项目(Surface Inspection)

一、基材(Base Material)

- 1.白点 Measling
- 2.白斑 Crazing
- 3.局部分层或起泡 Blistering
- 4.分层 Delamination
- 5.织纹显露 Weave Exposure
- 6.玻璃纤维突出 Fiber Exposure
- 7.白边 Haloing

二、表面

- 1.导体针孔 Pin hole
- 2.孔破 Void
- 3.孔塞 Hole Plug
- 4.露铜 Copper Exposure
- 5.异物 Foreign particle
- 6.S/M 沾 PAD S/M on Pad
- 7.多孔/少孔 Extra/Missing Hole
- 8.金手指缺点 Gold Finger Defect
- 9.线边粗糙 Roughness
- 10.S/M 刮伤 S/M Scratch
- 11.S/M 剥离 S/M Peeling
- 12.文字缺点 Legend(Markings)

17.2.3 信赖性(Reliability)

1. 焊锡性 Solderability
2. 线路抗撕强度 Peel strength
3. 切片 Micro Section
4. S/M 附着力 S/M Adhesion
5. Gold 附着力 Gold Adhesion
6. 热冲击 Thermal Shock
7. 离子污染度 Ionic Contamination
8. 湿气与绝缘 Moisture and Insulation Resistance
9. 阻抗 Impedance

上述项目仅列举重点, 仍须视客户的规格要求以及厂内之管制项目来逐项进行全检或抽检。白蓉生先生 99 年微切片手册有非常精彩的内容, 值得大家去参阅。

17.3 相关规范

A. IPC 规范

编号 内容

IPC-A-600 PCB 之允收规格

IPC-6012 硬皮资格认可与性能检验

IPC-4101 硬板基材规范

IPC-D-275 硬板设计准则

IPC-MF-150 铜箔相关规格

I-STD-003A PCB 焊性测试

IPC/JPCA-6202 单、双面 FPCB 性能规范

IPC-TM-650 各种测试方法

IPC-SM-840 S/M 相关规范

IPC-2315 HDI 及 Microvias 设计准则

B. Military 规范

编号 内容

MIL-P-55110 硬板规范

MIL-P-50884 软板及软硬板规范

MIL-P-13949 基材规范

MIL-STD-105 抽样检查规范

C. 其它

UL 796 PCB 安规

结语:

品检往往是 PCB 厂最耗人力的制程, 虽然它是属品管一部份, 所以若能从制前设计就多考量制程的能力, 而予以修正各种条件, 可将良率提升, 则此站的人力成本可降低。因为现有检验设备仍有无法取代人工之处。

未来, 本公司将会针对品检方面提供一图、文、问题与解决内容的互动训练光盘, 供业界使用。

十八 包装(Packaging)

18.1 制程目地

"包装"此道步骤在 PCB 厂中受重视程度, 通常都不及制程中的各 STEP, 主要原因, 一方面当然是因为它没有产生附加价值, 二方面是台湾制造业长久以来, 不注重产品的包装所可带来的无法评量的效益, 这方面日本做得最好。细心观察日本一些家用电子, 日用品, 甚至食品等, 同样的功能, 都会让人宁愿多花些钱买日本货, 这和崇洋媚日无关, 而是消费者心态的掌握。所以特别将包装独立出来探讨, 以让 PCB 业者知道小小的改善, 可能会有大大的成效出现。再如 Flexible PCB 通常都是小小一片, 且数量极多, 日本公司包装方式, 可能为了某个产品之形状而特别开模做包装容器, (见图 18.1), 使用方便又有保护之用。

18.2 早期包装的探讨

早期的包装方式, 见表过时的出货包装方式, 详列其缺失。目前仍然有一些小厂是依这些方法来包装。

今日, 国内 PCB 产能扩充极速, 且大部份是外销, 因此在竞争上非常激烈, 不仅国内各厂间的竞争, 更要和前两大之美、日 PCB 厂竞争, 除了产品本身的技术层次和品质受客户肯定外, 包装的品质更须要做到客户满意才可。

几乎有点规模的电子厂, 现在都会要求 PCB 制造厂出货的包装, 必须注意下列事项, 有些甚至直接给予出货包装的规范。

1. 必须真空包装
2. 每迭之板数依尺寸大小有限定
3. 每迭 PE 胶膜被覆紧密度的规格以及留边宽度的规定
4. PE 胶膜与气泡布(Air Bubble Sheet)的规格要求
5. 纸箱磅数规格以及其它
6. 纸箱内侧置板子前有否特别规定放缓冲物
7. 封箱后耐率规格
8. 每箱重量限定

目前国内的真空密着包装(Vacuum Skin Packaging)大同小异, 主要的不同点仅是有效工作面积以及自动化程度。

18.2 真空密着包着(Vacuum Skin Packaging)见

18.2.1 操作程序

A. 准备: 将 PE 胶膜就定位, 手动操作各机械动作是否正常, 设定 PE 膜加热温度, 吸真空时间等。

B. 堆栈板: 当迭板片数固定后, 其高度也固定, 此时须考虑如何堆放, 可使产出最大, 也最省材料, 以下是几个原则:

a. 每迭板子间距, 视 PE 膜之规格(厚度)、(标准为 0.2m/m), 利用其加温变软拉长的原理, 在吸真空的同时, 被覆板子后和气泡布黏贴。其间距一般至少要每迭总板厚的两倍。太大则浪费材料; 太小则切割较困难且极易于黏贴处脱落或者根本无法黏贴。

b. 最外侧之板与边缘之距亦至少须一倍的板厚距离。见图 18.3 的示意图。

c. 若是 PANEL 尺寸不大, 按上述包装方式, 将浪费材料与人力。若数量极大, 亦

可类似软板的包装方式开模做容器, 再做 PE 膜收缩包装。另有一个方式, 但须征求客户同意, 在每迭板子间不留空隙, 但以硬纸板隔开, 取恰当的迭数(见图 18.4)。底下亦有硬纸皮或瓦楞纸承接。

C. 启动: A.按启动, 加温后的 PE 膜, 由压框带领下降而罩住台面 B.再由底部真空 pump 吸气而紧贴电路板, 并和气泡布黏贴。C.待加热器移开使之冷却后升起外框 D.切断 PE 膜后, 拉开底盘, 即可每迭切割分开(见图 18.5 之连续图示)

D. 装箱: 装箱的方式, 若客户指定, 则必须依客户装箱规范; 若客户未指定, 亦须以保护板子运送过程不为外力损伤的原则订立厂内的装箱规范, 注意事项, 前面曾提及尤其是出口的产品的装箱更是须特别重视。

E. 其它注意事项:

a. 箱外必须书写的信息, 如"口麦头"、料号(P/N)、版别、周期、数量、重要等信息。以及 Made in Taiwan(若是出口)字样。

b. 检附相关之品质证明, 如切片, 焊性报告、测试记录, 以及各种客户要求的一些测试报告, 依客户指定的方式, 放置其中。 包装不是门大学问,用心去做,当可省去很多不该发生的麻烦。

19、未来趋势(Trend)

19.1 前言.

印刷电路板的设计, 制造技术以及基材上的变革, 弓受到电子产品设计面的变化影响外, 近年来, 更大的一个推动力就是半导体以及封装技术发展快速, 以下就这两个产业发展影响 PCB 产业趋势做一关连性的探讨。

19.2 电子产品的发展朝向轻薄短小, 高功能化、高密度化、高可靠性、低成本化的潮流、最典型的发展就是个人计算机的演变, 通讯技术的革新, 见图 19.1 及 19.2, 为了配合电子产品的革新, 电子组件也有了极大的变革, 高脚数、小型化 SMD 化及复杂化是面对的演进压力。

19.3 对半导体而言, 尺寸的细密化与功能的多元化促使半导体需求的接点随之升高。而近来信息的多媒体化, 尤其是高品质影像的传输需求日益增加, 如何在有限的空间下放入更多的功能组件, 成为半导体构装的最迫切需求。以往由于电子产品单价高, 需求相对也不是非常快, 使用寿命, 则要求较长, 应用领域也较受限制。相对于今天电子产品个人化、机动化、全民化、消耗品、高速化, 以往订定的标准已不符合实际需要。尤其以往简单半导体产品多用导线架封装, 较复杂的产品则采用陶磁或金属真空包装, 在整体成本及电性上尚能满足早期需求。今为了低单价, 高传输速率、高脚数化需求, 整体封装产业型态随之改观。图 19.3 是 I.C PACKAGING 的演变以及图 19.4(a.b.c.d.e)示意图。

19.4 对印刷电路板的影响

早期电路板只被定位母板及适配卡的载板的格局势必为因应电子产品的转变, 而需作调整, 并赋予一个全新的观念"电路板是辅助电子产品发挥功能的重要组件; 电路板是一种构装, 是一种促使各构装组件有效连结的构装"。

电路板的型态极多, 举凡能建承载电子组件的配置电路都可称为电路板。一般的定义, 是以 Rigid PCB 及 Flexible-PCB 两种为主。由于电子零件的多元化、组件的连结方式分野愈加模糊。随之而来的是电路板的角色变得分界不清, 例如内引脚之 BONDING 三种方法

(图 19.5), 就是一种电路板与半导体直接连接的方式。再如 MCM (Multichip Module), 是多芯片装在一小片电路板或封装基板上的一种组合结构。界限的模糊化促使电路板家族多了许多不同的产品可能性, 因除发挥电路板的功能外, 同时也达到如下的构装基本目的。

1. 传导电能(Power distribution)
2. 传导讯号(Signal connection)
3. 散热(Heat dissipation)
4. 组件保护(Protection)

见图 19.6

电路板在高密度化后, 由于信号加速电力密集也将与构装一并考量, 因此整体电路板与构装的相关性愈来愈高。

19.5 印刷电路板技术发展趋势

从两方面探讨现在及未来 PCB 制程技术的发方向

19.5.1 朝高密度, 细线, 薄形化发展

然而高密度的定义为何, 见表

本表是国内正在努力的目标, 甚至超越了 IPC 尖端板的定义 Build-UP 是解决此类艰难板子一个很好的方式, 图 19.7 描述了 Build-UP 制程的应用与选择。

19.4.2 封装基板的应用

传统 QFP 封装方式, 在超过 208 脚以上, 其不良率就会升高很多, 因此 Motorola 发展出"球脚数组-Ball Grid Array"的封装方式之后, 到今天可说 BGA 已站稳其领导地位, 虽然陆续有不同的设计与应用, 但仍不脱离其架构。

图 19.8(a.b)清楚的把 IC 封装 ILB、OLB 的方式与 Substrate 的性能要求做一对照。国内 PCB 大厂陆续和国外签约授权及技术移转制造 BGA, 如 Prolinx 的 V-BGA, Tessera 的 μ BGA 等。

A. BGA 基板

半导体因接点增多而细密化, 封装的形态也由线发展为面的设计, 因此而有所谓从外围(Peripheral) to 数组(Array) 的趋势。业界对封装的利用有大略的分析, 一般认为每一平方英寸若接点在 208 点以下可使用导线架, 若超出则可能必须使用其它方式, 例如: TAB 或 BGA、PGA、LGA 等, 此类封装都属数组式封装 BGA(Ball Grid Array)是六、七年前由 Motorola 公司所发展出来的封装结构, 其制程代表性作法如图 19.9: 不论此板的结构为几层板, 若其最后封装形态是此种结构, 我们称它为 BGA 当然, 如果一片基板上有多于一颗芯片的封装, 则它就是 MCM 型的 BGA 目前 BGA 主要的用途是个人计算机的芯片组、绘图及多媒体芯片、CPU 等。

B. CSP(Chip Scale Package)基板:

对于随身形及轻薄形的电子配件, 更细致化的封装及更薄的包装形式有其必要性。封装除走向数组化外, 也走向接点距离细密化的路, CSP 的中文名称目前多数的人将它翻译为"芯片级封装"。它的定义是 [最后封装面积 < 芯片面积*1.2] 就是 CSP, 一般来说 CSP 的外观大多是 BGA 的型式。由此可以看出, CSP 只是一种封装的定义, 并不是一种特定的产品 目前主要的应用是以低脚数的产品为主, 例如内存等芯片许多都是以 此包装, 对高脚数而言则有一定的困难度, 目前应用并不普遍 典型的 CSP 断面图如图 19.10:

C. 加成式电路板(Build up process):

Build up 电路板只是一种板子的形式与作法, 随着电路板的"轻、薄、短、小、快、多功、整合"需求, 高密度是电路板发展的必然需求, 尤其在特定的产品上, 加成式的作法有其一定的利用价值, 为促使高密度化实现, 加成式电路板导入了激光技术、光阻技术、特殊电镀技术、填孔技术等, 以架构出高密度的电路板形态

D. 覆晶基板(Flip Chip Substrate):

封装在连结的形式上分为"内引脚接芯片(ILB-Inner Lead Bond)与外引脚接电路板(OLB-Outer Lead Bond)", OLB 如 BGA 的球、PGA 的 Pin、Lead-frame 形封装的 Lead 等, 形式十分多样化。ILB 则主要只有三类, 分别是打金线类(Wire Bonding Type)、自动组装胶卷类(Tape Automation Bonding)、覆晶类(Flip Chip Bonding)。其示意形式如图 19.11: 覆晶类基板因接点密度高, 因此基板绕线空间极有限, 未来在应用上难以避免要用到高密度技术, 因此成为另一支持发展的产品。

针对先进技术与 IC PACKAGE 应用, 因多属各公司机密, 将来本公司会针对已成熟且公开的制程技术再做一片光盘, 提供更生动与深入的解说, 敬请期待。

二十 盲 / 埋孔

谈到盲 / 埋孔, 首先从传统多层板说起。标准的多层板的结构, 是含内层线路及外层线路, 再利用钻孔, 以及孔内金属化的制程, 来达到各层线路之内部连结功能。但是因为线路密度的增加, 零件的封装方式不断的更新。为了让有限的 PCB 面积, 能放置更多更高性能的零件, 除线路宽度愈细外, 孔径亦从 DIP 插孔孔径 1 mm 缩小为 SMD 的 0.6 mm, 更进一步缩小为 0.4mm 以下。但是仍会占用表面积, 因而又有埋孔及盲孔的出现, 其定义如下:

A. 埋孔 (Buried Via)

见图示 20.1, 内层间的通孔, 压合后, 无法看到所以不必占用外层之面积

B. 盲孔 (Blind Via)

见图示 20.1, 应用于表面层和一个或多个内层的连通

20.1 埋孔设计与制作

埋孔的制作流程较传统多层板复杂, 成本亦较高, 图 20.2 显示传统内层与有埋孔之内层制作上的差异, 图 20.3 则解释八层埋孔板的压合迭板结构. 图 20.4 则是埋孔暨一般通孔和 PAD 大小的一般规格

20.2 盲孔设计与制作

密度极高, 双面 SMD 设计的板子, 会有外层上下, I / O 导孔间的彼此干扰, 尤其是有 V I P (Via-in-pad) 设计时更是一个麻烦。盲孔可以解决这个问题。另外无线电通讯的盛行, 线路之设计必达到 RF(Radio frequency)的范围, 超过 1GHz 以上. 盲孔设计可以达到此需求, 图 20.5 是盲孔一般规格。

盲孔板的制作流程有三个不同的方法, 如下所述

A. 机械式定深钻孔

传统多层板之制程, 至压合后, 利用钻孔机设定 Z 轴深度的钻孔, 但此法有几个问题

- a. 每次仅能一片钻产出非常低
- b. 钻孔机台面水平度要求严格, 每个 spindle 的钻深设定要一致否则很难控制

每个孔的深度

c. 孔内电镀困难, 尤其深度若大于孔径, 那几乎不可能做好孔内电镀。

上述几个制程的限制, 已使此法渐不被使用。

B. 逐次压合法 (Sequential lamination)

以八层板为例 (见图 20.6), 逐次压合法可同时制作盲埋孔。首先将四片内层板以一般双面皮的方式线路及 PTH 做出 (也可有其它组合: 六层板+双面板、上下两双面板+内四层板) 再将四片一并压合成四层板后, 再进行全通孔的制作。此法流程长, 成本更比其它做法要高, 因此并不普遍。

C. 增层法 (Build up Process) 之非机钻方式

目前此法最受全球业界之青睐, 而且国内亦不遑多让, 多家大厂都有制造经验。

此法延用上述之 Sequential lamination 的观念, 一层一层往板外增加, 并以非机钻式之盲孔做为增层间的互连。其法主要有三种, 简述如下:

a. Photo Define 感光成孔式 利用感光阻剂, 同时也是永久介质层, 然后针对特定的位置, 以底片做 曝光, 显影的动作, 使露出底部铜垫, 而成碗状盲孔, 再以化学铜及镀铜全面加成。经蚀刻后, 即得外层线路与 Blind Via, 或不用镀铜方式, 改以铜膏或银膏填入而完成导电。依同样的原理, 可一层一层的加上去。

b. Laser Ablation 雷射烧孔 雷射烧孔又可分为三: 一为 CO₂ 雷射。一为 Excimer 雷射, 另一则为 Nd:YAG 雷射此三种雷射烧孔方法的一些比较项目, 见表 20.1

c. 干式电浆蚀孔 (Plasma Etching) 这是 Dyconex 公司的专利, 商业名称为 DYCOSTRATE 法, 其比较亦见 表 20.1

上述三种较常使用增层法中之非机钻孔式除表 20.1 的比较外, 图 20.7 以图示, 三种盲孔制程应可一目了然。湿式化学蚀孔 (Chemical Etching) 则不在此做介绍。图 20.8 以之立体图示各种成孔方式, 可供参考。

解说了盲 / 埋孔的定义与制程, 图 20.9 则以立体图示解释, 传统多层板应用埋 / 盲孔设计后, 明显减少面积的情形。

埋 / 盲孔的应用势必愈来愈普遍, 而其投资金额非常庞大, 一定规模的中大厂要以大量产, 高良率为目标, 较小规模的厂则应量力而为, 寻求利基(Niche)市场.以图永续经营.

