

FPC 的技术发展与品质标准

一.FPC 新技术发展

1.FPC 概要

1.1 PCB 与 FPC

PCB (Printed Circuit Board) 印制电路板 (简称印制板, 线路板或者电路板, 通常指硬板)。

在绝缘基材上, 按预定设计形成点间连接及印制元件的印制板。

FPC (Flexible Printed Circuit Board) 挠性印制板, 柔性线路板, 简称软板

用挠性基材制成的印制板, 是印制板之一。

PCB 电路板现在是电子设备中不可缺少的元器件, PCB 有不同结构与不同用途而有多种种类。

印制板按基板可否弯折的机械性能分为刚性板、挠性板两大类, 及介于两者的刚挠结合印制板(软硬结合板, rigid-flex PCB); 而又按导体层多少分为单面线路板、双面线路板、PCB 多层板。

挠性印制板(FPC)有常规印制板, 也有 IC 封装载板(COB: Chip on Flex)。同时, FPC 也有单面柔性电路板、双面柔性电路板、多层柔性电路板。目前多层板有常规贯通孔互连多层板和积层多层板(HDI 板), FPC 也有这两类结构与工艺不同的多层板。

1.2 FPC 的特点和应用

FPC 的两个最主要特点; 可弯折挠曲、轻薄。这可适合三维空间连接安装, 节省空间, 解决了电子设备许多设计和安装问题, 缩小体积, 减轻重量, 提高可靠性。这是刚性 PCB

无法达到的优点。

应用范围:

计算机与外部设备 – HDD、笔记本电脑、传输线带、打印机、扫描仪、键盘、掌上电脑、计算器、电子笔记本等。

通信与办公设备 – 手机、多功能电话机、传真机、复印机、光纤开关、激光通信装置等。

消费电子设备 – 照相机、摄录像机、微型收录机、CD 机、VCD 与 DVD 机、游戏机、液晶与等离子电视等。

汽车电子 – 显示仪表、发动机电子控制器、点火与断路开关系统、排气控制器、防抱死制动系统、刹车组件、音响与视像系统、车载移动电话和卫星定位系统等。

工业仪器与装备 – 传感器、电子仪表、核磁分析仪、X 射线仪、激光或红外光控测仪、电子衡器等。

医疗器械 – 心脏理疗仪、心脏起搏器、电震器、内窥镜、数字信号处理助听器、超声波诊疗仪、神经激活装置、诊断设备和程序控制器等。

航空航天与军事 – 人造卫星、飞船、火箭与导弹控制器、遥感遥测装置、雷达系统、导航装置、陀螺仪、谍报侦察装备、反坦克火箭炮武器等。

集成电路 – IC 封装基板、IC 磁卡芯板等。

1.3 FPC 的种类与结构

- (1) 单面 FPC
- (2) 双通路单面 FPC
- (3) 双面 FPC
- (4) 多层 FPC
- (5) 刚挠 PCB
- (6) 雕刻 FPC

1.4 FPC 基本材料

- (1) 覆铜箔板
 - 铜箔 电解铜箔、压延铜箔
 - 绝缘膜 聚酰亚胺、聚酯
 - 粘合剂
- (2) 覆盖保护材料
 - 附粘合剂覆盖膜 聚酰亚胺覆盖膜、聚酯覆盖膜
 - 阻焊剂
 - 感光性树脂
- (3) 表面导体涂覆材料
 - 金属 焊锡、镍/金、锡、银
 - 其它 有机防氧化剂、助焊剂
- (4) 增强材料
 - 增强绝缘膜
 - (增强板)
 - 绝缘板
 - 金属板
 - 粘合剂
- (5) 层间连接用材料
 - 铜镀层
 - 导电膏(胶)

1.5 FPC 工艺流程

FPC 工艺流程与刚性 PCB 加工基本相同，区别在于压制覆盖膜、贴合加强板。按加工设备条件不同，有单片式生产方法与成卷式生产方式。刚挠结合多层板是刚性部分与挠性部分先分别制作，再两部分压合及钻孔、孔金属化、制作外层图形等。(具体另有讲课)

2. FPC 的市场趋势

Electronics.ca 報告顯示, 2005 年全球軟板市場估計約為 59 億美元, 預計未來將以 13.5% 的平均年增長率 (AAGR) 成長, 2010 年達到 112 億美元, 這五年內實現翻一倍。

據 BPA 統計, 2004 年全球 FPC 和 R-FPC 總產量超過 \$64 億美元。Prismark 資料: 全球 2003 年 PCB 總量 \$329.31 億美元, 其中 FPC \$48.03 億美元, 占 14.6 %; 預測全球 2008 年 PCB 總量 \$434.84 億美元 (五年年均增長 5.7 %), 其中 FPC \$86.07 億美元, 占 19.8 % (五年年均增長 12.4 %)。

據台灣工業研究院資料: 全球剛撓印制板市場據台灣工業研究院資料: 2004 年 1.76 億美元, 05 年 2.31 億美元, 增長 31%; 估計 06 年有 3.08 億美元, 07 年有 4.37 億美元, 都有 30-40% 年增長率。

FPC 與 R-FPC 市場增長的來源有以下几方面:

- 計算機、通信和消費電子產品大量應用到印制板, 也包括了應用大量的撓性印制板。
- BGA 和 CSP 封裝中大量採用撓性封裝載板。
- 高可靠、長壽命和輕小的醫療器械與航空航天設備需要撓性印制板。
- 撓性印制板應用範圍不斷擴大, 電子設備產量增多。如廣泛應用於手機、攝像機、數碼相機等便攜式電子設備和汽車等。

3. FPC 的技術發展

3.1. FPC 用材料發展

印制板的基本特性取決於基板材料的性能, 因此要提高印制板技術性能首先要提高基板性能, 對於撓性印制板同樣如此。

(1) 常用薄膜基材性能比較

所用薄膜基材的功能在於提供導體的載體和線路間絕緣介質, 同時可以彎折卷曲。

FPC 用基材常用聚酰亚胺(PI: Polyimide)薄膜和聚酯(PET: Polyester)薄膜, 另外也有聚 2, 6 萘二甲酸乙二酯(PEN: Polyethylene Nphthalate)、聚四氟乙烯(PTFE)、聚砜和聚芳酰胺(Aramid)等高分子薄膜材料。由于性能与价格关系有不同选择。

挠性覆铜箔板与刚性覆铜箔板同样有无卤素的环保要求, 在日本已有 50%多的挠性板采用无卤素阻燃的聚酰亚胺基材。要求绿色环保的材料是必然趋势, 而且现已迫切需要了。

聚酯(PET)树脂机械、电气性能都可以, 最大不足是耐热性差, 不适合直接焊接装配。PEN 是介于 PET 与 PI 之间的材料。

现在世界上可用的塑料膜种类超过 2000 种, 必定还有多种绝缘膜适合于制造 FPC, 只是没有发现罢了。随着 FPC 用途用量扩大, 会有新的 FPC 基材进入应用。

粘合剂是把铜箔与基材膜结合在一起, 常用的有 PI 树脂、PET 树脂、改性环氧树脂、丙烯酸树脂。

(2) 二层结构的 PI 基材

挠性覆铜箔板(FCCL)通常有三层结构, 即聚酰亚胺、粘合剂和铜箔。由于粘合剂会影响挠性板的性能, 尤其是电性能和尺寸稳定性, 因此开发出了无粘合剂的二层结构挠性覆铜箔板。

二层结构挠性覆铜箔板的制造方法目前有三种, 即聚酰亚胺薄膜上沉积电镀金属层; 在铜箔上涂覆聚酰亚胺树脂成薄膜; 直接把铜箔与聚酰亚胺薄膜压合在一起。现在采用聚酰亚胺薄膜上沉积电镀金属层的方法较多。在高性能要求的挠性板都趋向于使用二层结构覆铜板。

(3) LCP 基材

为了从根本上改变聚酰亚胺基材的性能不足之处, 新开发了液晶聚合物(LCP)覆铜板。由热塑性液晶聚合物薄膜经覆盖铜箔连续热压, 得到单面或双面覆铜板。其吸水率仅

0.04 %，介电常数 1GHz 时 2.85 (聚酰亚胺 3.8)，适合高频数字电路的要求。

聚合物呈液晶状态，在受热会熔融的为“热熔性液晶聚合物”(TLCP)。TLCP 优点可以注塑成形，可以挤压加工成薄膜成为 PCB 与 FPC 的基材，还有可以二次加工，实现回收再利用。TLPC 与其它材料特性比较如下表。TLCP 膜的低收湿性、高频适宜性、热尺寸稳定性特长，使得 TLCP 膜在 FPC-COF 多层基板上进入应用。

(4) 符合环境要求的无卤素挠性基材

欧盟(EU)在 2003 年就发出二项指令 ROHS 和 EWWW，即电子产品中禁用六种有害物质和废弃电子电气设备处理，前项指令涉及到 PCB 中基板阻燃剂溴和表面涂层铅被禁用。

无卤素(溴)基板在刚性板与挠性板中都已开发应用，对于挠性基材包括 FCCL、覆盖膜、粘结片和阻焊剂，以及增强板既要有阻燃性无不含卤素。日本京写化工开发了无卤超薄型系列挠性基材，并推广上市。京写化工的 Super 系列 FPC 用材料并非 PI 膜，全新的芳酰胺聚合物不含溴或锑阻燃物，符合环保要求。Super 系列 FPC 用材料包括 FCCL 基膜、粘结片、覆盖膜和增强板。Super 基膜厚度可极薄，是常规 PI 膜的一半，而弯曲耐折性更优。

(5) 新型铜箔

FPC 的导电材料主要是铜 - 铜箔，也有一些用到铝、镍、金、银等合金。导体层基本要求除导电外，也必需耐弯曲。铜箔按制作方法不同，有电解铜箔(ED: Electro Deposit)和压延铜箔(RA: Rolled and Annealed)两类。RA 与 ED 箔的区别是结晶形状不同，RA 箔是柱状排列，结构均匀、平整，易于粗化或蚀刻处理；ED 箔是鱼鳞状的片状堆叠，经碾压铜箔光滑、韧性好，而粗化或蚀刻处理变得困难。

对于动态弯曲的 FPC 要有高的弯折性，一般使用压延铜箔，而随着线路图形高密度化，导线的耐弯折性要求更高。日矿产业公司普通 RA 箔滑移弯折试验 11600 次，改进的高性能压延箔(HRA) 滑移弯折试验提高到 76000 次循环，这是改善压延加工条件，引起铜结

晶组织的差异变化。现在高密度 FPC 还是用 ED 箔为主流，如 COF 是用 ED 箔。而为适合 40 ~ 50 μ m 线节距板量产化，对 ED 箔有新要求。一是铜箔层压面低粗化度，二是铜箔超薄化。

(6) 导电银浆

FPC 制造中用导电油墨印刷在绝缘薄膜上形成导线或屏蔽层，这种导电油墨多数是银浆导电膏，要求印刷形成的导电层电阻低、结合牢、可挠曲，并且印刷操作与固化容易。

新的银浆导电油墨达到低电阻与可挠曲要求，可以在热固性或热塑性聚合物膜上、织物上、纸上印刷形成导电图形，也可制作图形用于射频标识(RFID)产品。形成产品经受高温存放、潮湿试验、高低温循环性能都能达到要求。采用导电油墨制作图形也是环保型、低成本技术。

3.2. 生产技术发展

(1) PI 蚀刻技术

对于 2 层型 FCCL 用于手机用 FPC 开始进入批量化，估计今年有 15000 m² 以上产量，通常 2 层型 FCCL 的 PI 基材开孔、开槽是采取冲、钻等机械加工，或者是新的激光加工。考虑到今后 FPC 线路密度更高，基板更薄等因素，要适合批量化加工和降低成本，还是选用湿处理工艺，蚀刻法 PI 基材开孔、开槽。

日本 Toray-eng 公司开发了一种 PI 蚀刻液 - TPE3000 液，适用于 FPC 生产中 PI 蚀刻。

PI(Kapton)蚀刻的机理: Kapton 是由均苯四酸二酐与二氨基二苯基醚的复合反应结合有亚胺基形成，而 TPE3000 液中羟基会作用于亚胺基结合部分，使均苯四酸二酐与二氨基二苯基醚分解，起到蚀刻作用。以前有用联氨(胼)进行化学蚀刻，因为含有致癌物质而不再使用。

TPE3000 液蚀刻中板面图形保护用的抗蚀剂有二种，一种是铜层抗蚀，由铜导体图形保护 PI 膜； 另一种是光致抗蚀干膜，也是通过贴膜、曝光、显影得到保护图形。

TPE3000 液蚀刻加工可以用于贯通孔、盲孔、去除 PI 膜开窗(单面或二面开窗)。另外还可对 PI 膜微弱腐蚀，使表面粗化提高与导体结合力，可去除 PI 残留胶斑。TPE3000 液对液晶聚合物(LCP)膜也有同样作用。

(2) 减成法、全加成法与半加成法

PCB，包括 FPC 都趋向于高密度互连(HDI)，HDI 的特征是细线条、小孔和多层。细线条是 L/S 在 0.1/0.1mm 以下，线节距小于 0.2mm。日本 COF 板已有线节距 0.05mm (L/S=25/25 μ m)实现量产化。这必然考虑高密度细线路图形形成技术，按工艺方法有减成法、全加成法和半加成法三种途径。

a.减成法 (Subtractive Process) 这是普遍采用的铜箔蚀刻法，是项沿用几十年的成熟的技术，现在典型的是光致干膜抗蚀剂图形转移法。

为达到细线条，提高抗蚀剂解像力，一是采用薄干膜抗蚀层； 二是采用湿膜(液态光致抗蚀剂)。再是提高蚀刻能力，一方面保持蚀刻液稳定性，另一方面改进蚀刻设备。还有是采用薄铜箔，铜箔厚度薄可以减少侧蚀而确保蚀刻精度。经改进后的减成法工艺在量产 75 μ m (3mil) - 50 μ m (2mil)方面已不成问题，日本已可达到 20 μ mL/S，因此仍是 HDI 板的主流工艺。

b.全加成法 (Full Additive Process) 这种工艺是直接采用绝缘基板，流程如下：①绝缘基板；②在板材表面产生一层可导电种子薄层(Seed Layer)，如溅射法得到或化学镀法活化层；③光致抗蚀剂制作负图形；④图形电镀铜；⑤去除光致抗蚀剂完成微蚀刻后再涂覆绝缘层，并制作导通孔(可是感光性树脂或激光穿孔)，形成活化层；⑥再光致抗蚀剂制作负图形；⑦再图形化学沉铜-电镀铜；⑧去除光致抗蚀剂完成第二层导体图形，若多层可继续积层。

FPC 可以用 PI 膜为基材，绝缘层是感光性 PI 树脂。目前已制作出 $L/S=5/5\mu\text{m}$ 的细线路，微导通孔直径 $20\mu\text{m}$ ，甚至 $10\mu\text{m}$ 。

c.半加成法 (Semi- Additive Process) 这种工艺是介于减成法与全加成法之间，流程如下：①可以用覆薄铜箔板或绝缘基板做起；②进行钻孔或激光穿孔，然后再化学沉铜形成导通孔；③表面形成负图形；④进行图形镀铜；⑤去除光致抗蚀剂(干膜)；⑥蚀刻铜，这是种阶梯差别式快速蚀刻法，把导线间薄铜箔快速蚀去。

(3) 积成法技术

刚性 HDI 板制造技术主要采用积成法(Build Up)，对于挠性多层板(MFPC)和刚挠结合板(R-FPC)同样适用。

积层主要方法有逐层积层法、凸盘连接法、全微孔连通法、一次压合法等。

Via 孔形成有机械钻孔、机械冲孔、激光穿孔、等离子蚀孔、感光成孔、化学蚀孔等。

挠性多层板制作同样可采用积层法工艺，实行盲孔与埋孔及堆叠微导通孔，实现高密度化。

所用积层技术除通常的逐层积层法外，也可用一次压合积层法等。

(4) 覆盖膜的形成

有关挠性线路图形覆盖膜的形成，采用感光性覆盖膜(PIC)层压于板面，经过曝光显影露出导体连接盘。此方法不需要覆盖膜预先冲或钻孔开窗口，得到图形位置正确精度高。还有新技术是蚀刻聚酰亚胺方法，使聚酰亚胺覆盖膜或基材开孔。现有更进一步的新技术，是采用电泳镀膜法，是把裸铜线路的挠性板放入聚酰亚胺树脂液中，经通电在铜线路周围吸附聚酰亚胺，就形成线路的保护层。

(5) 挠性印制板的设备变化

挠性印制板的生产方式按在制板形式，有单片式生产和成卷式生产(Roll to Roll)。单片式生产方式与刚性板相同，基板分割成在制板(Panel)在单机上逐块生产。为提高生产效率，

新型设备的开发成功，更多地采用成卷生产。除了单面挠性板全自动成卷生产线外，为适应双面板与多层板成卷生产，产生了许多单工序的成卷式生产设备，如成卷式清洗机、成卷式自动曝光机、成卷式冲压机等。最近又有成卷式数控钻床推出。

作为生产的自由度是单片式生产更方便，因此单片式生产的 FPC 设备同样得到重视与改进，这方面主要是改进传送机构，适合更薄的 FPC 生产加工。

如 Chemcut 公司的碱性腐蚀机[Circuitree 05/9 p34]，原好传送薄板厚度 0.1mm，发展到传送薄板厚度 0.05mm，现在新设备可以传送 25 μ mPI 膜、铜箔 1/4oz 的双面板，蚀刻后线路图形 L/S=25 μ m。这种设备传送轮一排是圆形轮，把薄板送向前进；另一排是 S 轮，防止薄板下落卷缠。

还如 Hoellmuller 公司有超薄膜(UTF)传送系统，在浸入式溶液处理槽内是无接触传送，在传送出入口轧辊轴起夹水作用，轴上有凹槽嵌入导向棍，防止薄板下落卷缠。

3.3 产品种类发展

(1) 手机类 FPC 要求

手机的变迁带动了所用印制板的变化，特别是采用多种挠性板。手机的轻薄化多功能化使得刚性板被挠性板所替代。手机中不同部位的挠性板有不同的结构与要求如下。

a. 按键开关板，是挠性 4 层板，厚度不超过 0.3mm。该挠性板部分表面装载发光二极管和输出连接口等元件外，表面平整不需高的弯曲性，因此表面可用阻焊剂涂覆保护。该 4 层结构挠性板弯折部位却是单层导体，有二处是单层导体可以 S 型弯折。

b 液晶显示模块板，包括主 LCD 挠性板与副 LCD 挠性板，前者为双面板后者是单面板。在挠性板上要直接安装驱动 LCD 的裸芯片及附加阻容元件，裸芯片 IC 的接合一般采用异向导电膜(ACF)粘合，挠性板也要经受加热加压，因此采用无粘合剂的单面与双面覆铜箔

聚酰亚胺膜。

c. 上部连接板，在手机上部或翻盖部除有液晶显示模块板外，还有安装连接发光二极管与受话器、照相附加装置，以及与下部连接的挠性板，这是双面板。该双面板采用覆盖膜保护，为确保耐弯折性把处于铰链弯折部位的二层导体是分离开的，板面部分区域采用银层屏蔽防止信号间干扰

手机中挠性板主要采用聚酰亚胺基板，需要基板薄型化、无粘合剂、无卤素等。对于表面绝缘层(覆盖膜)需要薄型化与减少粘合剂渗出，以提高连接盘窗口位置与尺寸精度。进一步发展是采用感光性聚酰亚胺树脂涂层，获得更好的性能。另外，需要提高镀铜与镀镍镀金层的耐弯曲性，有利于整个挠性板耐弯曲性的上升。

(2) 数字化设备的多层 FPC

采用多层挠性板的电子设备初期有手提电脑、存储卡、照相机等，是数字化浪潮的到来。现面临着液晶显示器、DVD 光学磁头、数码照相机、数字化摄录像机等都采用多层挠性板。如液晶显示器的连接部是厚度 0.6mm 的 8 层挠性板，数码照相机采用 6 层挠性板。普通的翻盖式手机弯折部位采用单面或者双面挠性板，现在的彩屏与附加照相功能的手机就用到 4 层挠性板。

多层挠性印制板的设计概念上，是把安装元件部、电缆连接部与接插部三者成为立体化的一体。设计规格通常为 3~10 层线路，最小线宽/线距 0.075/0.075mm，最小镀通孔孔径 0.25mm，连接盘直径 0.50mm。同样可采用积层法工艺制造多层挠性板，盲/埋导通孔孔径 0.1mm，连接盘直径 0.3mm。采用基材聚酰亚胺，厚度 25 μ m 或 12 μ m；层间粘合剂是用丙烯酸类粘结片或预浸材料。

多层挠性印制板制造技术上面临课题，有位置重合度、表面平整度和可靠性等。高密度多层板的层间重合度是项重要指标，挠性板的基材聚酰亚胺吸湿性大更易尺寸变化，因此

层压前后的稳定处理很重要。板面安装以贴片元件为主，要求高的平整度。多层挠性板的可靠性试验主要经受高温高湿加电压试验，高温低温循环试验，热应力冲击试验。

(3)汽车电子用的 R-FPC – 多弯曲与半弯曲 R-FPC

轿车中用到许多电子元器件，大约有 250 个专用电子控制装置，都要用到 PCB 和连接线来组成完整系统。为了轻巧、可靠就用到 R-FPC，现在已经有操纵传感器、发动机控制器、刹车辅助装置、窗升降装置、传动系统和智能化系统应用。

为了适应不同部位、不同性能要求，现在有二种类型 R-FPC: 多挠曲与半挠曲 R-FPC。

A. 多挠曲 R-FPC，是用 PI 挠性膜为基材，由刚性与挠性两部分构成。2 层与多层的多弯曲 R-FPC，用于要多次移动弯曲的部位。在性能上特别重视耐热性与尺寸稳定性。层间粘合层 Z 方向的 CTE 要小，防止在高温冲击下 PTH 孔壁裂缝受破坏。除 PI 粘合膜外，也用不流动性的 FR-4 半固化片。也有用 PEN 或 PET 材料，R-FPC 的结构较稳定。为实现高速传输与高可靠性，也可选用 LCP 材料。

B.半弯曲 R-FPC 通常是只在安装、返工和维修时才弯曲的 R-FPC，只需经受几次弯曲。因此为降低成本，选用可弯曲而并非挠曲性好的基材。常可用经改性环氧树脂的薄 FR-4 基板，不必用 PI 膜。半弯曲 R-FPC 生产过程也与常规双面或多层板相同，仅需对弯曲部位布线设计与厚度注意控制。

C.黄色(Yellow)FPC 是 RUWEL 公司一种新的 R-FPC，介于半弯曲与多弯曲两种 R-FPC 之间，是项革命性的 R-FPC 技术。PI 膜或其它挠性膜全被聚合物代替，聚合物仅选择性地覆盖在弯曲区域上，在刚性区域是没有挠性材料的。Yellow-FPC 的加工过程，挠性区层压与刚性多层板层压相同。Yellow-FPC 的弯曲强度，尽管没有挠性基材也较好，远远高于半弯曲 R-FPC。

(4)IC 封装用挠性印制板

IC 是由硅、锗等半导体加工成晶圆 (Wafer)，再切割成芯片封装成集成电路。IC 的封装形式有多种，也随小型化、高集成化而发展。如双列直插式封装(DIP)、四边扁平封装(QFP)、针栅阵列封装(PGA)、球栅阵列封装(BGA)、芯片级尺寸封装(CSP)、系统内封装(SiP)，以及多芯片封装(MCP)或多芯片模块(MCM)等等。

集成电路封装用印制板即 IC 载板，是印制电路板的一个分支。IC 载板按所用材料不同有无机载板(陶瓷基板)和有机载板(树脂基板)，有机载板又有刚性与挠性区分。挠性板上直接安装芯片称为 COF，是种 IC 载带。IC 封装进入 BGA、CSP 和 MCP 时期，挠性载板应用大量增加。

挠性载板面临着高密度化、高速化，在技术上主要体现在三方面。一是线路图形节距不断变小，COF 载带的最小线路节距达到 $30\mu\text{m}$ (线宽/线距 $15\mu\text{m}/15\mu\text{m}$)，常规的铜箔蚀刻工艺难以达到这精细线路要求，较多的采用半加成法工艺。二是连接盘的表面涂覆层，要求平整均匀，适合球点焊接或金丝打焊，较多采用镀锡或镍/金，为保持挠曲性应选择韧性好的镀层。三是基材要有好的高频特性，介电常数与介质损耗要小，无粘合剂的二层结构覆铜板就优于三层结构的。

(5) 刚挠结合印制板的应用扩大

刚挠结合印制板的应用已从航空航天与军用转向民用为主，数字化摄录像机、可视电话、数码照相机和附带照相手机等家电设备都用到了。最近光通信相关产品也用到刚挠板。在日本刚挠板的增长率远高于挠性板，如 2002 年 41 亿日元，2003 年达到 201 亿日元，将近 5 倍，而 2004 年会再增 30%。

刚挠结合印制板是由刚性板与挠性板两部分组成。刚性部分是刚性基材构成，强度高不易翘曲，贴片元件安装牢固，这不同于多层挠性板的刚性区域是靠厚度支撑的。刚挠板制造中面临课题是：

a. 挠性部份形成, 首先是选择吸湿性小尺寸稳定性好的基材, 无粘合剂的二层结构聚酰亚胺覆铜板就优于三层结构聚酰亚胺覆铜板。

b. 刚性部分的形成, 常用 FR-4 基板. 刚挠结合是采用半固化片粘结压合, 为防止环氧树脂溢出在挠性部分上, 使用无或少环氧树脂流出的预浸材料. 在刚性部分积层时, 有同样问题, 可选择涂树脂铜箔(RCC)层压。

c. 镀通孔的形成, 刚挠结合部位是由多种材料构成, 钻孔时工艺参数要作优选, 不是环氧玻璃布或聚酰亚胺的条件. 在激光钻微小孔时也会碰到不同材料的要求. 同样, 在去钻污与化学沉铜、电镀铜时也因材料不同而影响到工艺条件。

二. FPC 质量保证与标准

1). PCB 标准概要

标准是衡量事物的准则, 产品标准是评判产品品质的尺度。印制板标准从地域范围区分有国际标准、国家标准、行业标准、企业标准; 从印制板相关体系区分有基础标准、设计标准、材料标准、成品标准、试验方法、装配标准等。

2). FPC 标准

国际 IEC

IEC 60326 – 7 (1989) 无贯穿连接单双面挠性印制板

IEC 60326 – 8 (1989) 有贯穿连接单双面挠性印制板

IEC 60326 – 9 (1991) 挠性多层印制板

IEC 60326 – 10 (1991) 刚挠双面印制板

IEC 60326 – 11 (1991) 刚挠多层印制板

中国 GB GJB

GB/T 14515 (1993) 有贯穿连接单双面挠性印制板

GB/T 14516 (1993) 无贯穿连接单双面挠性印制板

GB/T 4588.10 (1995) 有贯穿连接刚挠双面印制板

GB/T 13555 (1992) 印制电路用挠性覆铜箔聚酰亚胺薄膜

GB/T 13556 (1992) 印制电路用挠性覆铜箔聚酯薄膜

GB/T 14708 (1993) 印制电路用涂胶聚酯薄膜

GB/T 14709 (1993) 印制电路用涂胶聚酰亚胺薄膜

GJB 20604 (1996) 挠性和刚挠印制板总规范

GJB 2830 (1997) 挠性和刚挠印制板设计要求

日本 JIS JPCA

JIS C 5016 (1994) 挠性印制板试验方法

JIS C 5017 (1994) 挠性单双面印制板

JIS C 6471 (1994) 挠性印制板用覆铜箔层压板试验方法

JIS C 6472 (1994) 挠性印制板用覆铜箔层压板 - 聚酯薄膜、聚酰亚胺薄膜

JPCA-BM03 (2003) 挠性印制板用覆铜箔层压板 (有 CPCA/JPCA-BM03 中文版)

JPCA – FC-01 挠性单面印制板

JPCA – FC-02 挠性双面印制板

JPCA – FC-03 挠性印制板外观标准

美国 IPC

IPC 2223 (1998) 挠性印制板设计规范

IPC 4202 (2002) 挠性印制板用挠性绝缘基材

IPC 4203 (2002) 挠性印制板用挠性覆盖膜与粘结片

IPC 4202 (2002) 挠性印制板用挠性覆铜箔板

IPC 4562 (2000) 印制电路用铜箔

IPC 6013A (2003) 挠性印制板鉴定与性能规范 (有 CPCA/IPC 6013A 中文版)

IPC/JPCA 6202 (1999) 单、双面挠性印制板性能指南

MIL – P-50884 C (1993) 挠性和刚挠印制板

IPC-A-600F (1999) 印制板的可接收性 (4.1 挠性及刚挠板)

3). 《IPC 6013A (2003) 挠性印制板鉴定与性能规范》说明

1. 范围 适用于挠性单面、双面、多层印制板和刚挠印制板，可以含有或不含有增强层、镀通孔、盲孔与埋孔。

1.1 目的

1.2.1 性能等级 应按照其最终使用时性能要求划分，在 IPC 6011 中定为三个等级。

一级，一般电子产品； 二级，耐用电子产品； 三级，高可靠电子产品。

1.2.2 线路分类

按照挠性印制板结构

1 类，单面板，可有或无增强层； 2 类，双面板，含镀通孔，可有或无增强层；

3 类，多层板，含镀通孔，可有或无增强层； 4 类，刚挠多层板，含镀通孔；

5 类，双面或多层挠性板与刚挠板，但无镀通孔。

1.2.3 安装使用

A类, 承受固定弯曲;

B类, 承受动态弯曲;

C类, 高温环境下使用 (超过 105°C) D类, 获得 UL 认证。

1.2.4 采购选择

采购文件指定产品性能等级及安装使用类别, 无选择时为 2 级, A 类。

1.2.5 材料、电镀工艺和表面涂饰

1.2.5.1 基材

采购文件列出基材类别、型号、等级

1.2.5.2 电镀工艺

1.2.5.3 最终镀饰

表 1-1 最终镀饰、镀层与涂层厚度

2. 引用文件

3. 质量要求

3.1 术语和定义

3.2 材料 挠性基材、粘结材料、金属箔、金属镀/涂层、阻焊层、标记油墨等,

应在采购文件规定。

3.3 目检

3.3.1 外观, 边缘, 刚挠过渡区

3.3.2 结构缺陷: 白斑, 裂缝, 分层/起泡, 划痕压痕, 凹坑, 色差

覆盖膜: 折痕, 皱纹, 分层, 偏位

阻焊层: 跳漏, 空洞, 剥落, 偏位, 结合力, 渗透

增强层: 机械支撑强度

3.3.3 孔内空洞

镀铜层, 涂覆层

3.3.4 ~ 3.3.8

标记, 可焊性, 镀层附着力

插头金/焊锡界面、连接盘起翘

3.4 尺寸要求

孔尺寸, 孔位

环宽 (内层与外层, 覆盖层粘合剂挤出)

弓曲与扭曲 (刚性部分)

3.5 导线

线宽、线距、线缺陷

板边插头

3.6 机械要求

3.6.1 弯折试验 规定参数: a.弯折点; b.弯折方向; c.弯折角度; d.弯折次数; e.芯轴直径.

3.6.2 挠曲试验 规定参数: a.挠曲点; b.挠曲直径; c.挠曲速度; d.挠曲次数; e.挠曲行程.

3.6.3 接合强度 连接盘接脱 增强板剥离

3.7 结构完整性 热应力试验后金相剖切 (镀通孔)

观察镀层空洞、孔壁凹蚀、镀层厚度、介质厚度、树脂填充

3.8 模拟返工

3.9 电气要求 耐电压, 绝缘电阻, 电路连通性

3.10 环境要求 耐湿热绝缘电阻、热循环冲击、清洁度

3.11 特殊要求 阻抗测试、CTE

4. 质量鉴定

质量一致性抽样检查 表 4-2 抽样方案

验收试验项目与频度 表 4-3

5. 订单内容

4). JIS C 5016 挠性印制板试验方法

1.适用范围 单双面挠性印制板试验方法, 与制造方法无关.

2.术语定义

3. 试验状态

标准状态: 15 ~ 35°C, 25 ~ 75 %RH, 86 ~ 106k pa

判别状态: 20±2°C, 60 ~ 70 %RH, 86 ~ 106k pa

4. 试样

5. 前处理

6. 外观 显微剖切与尺寸检查

6.1 外观 目视, 或 3~10 倍放大镜

6.2 显微剖切 取样 研磨 显微镜 (100 倍~1000 倍) 读数 0.001mm

6.3 尺寸检查 外形, 厚度, 孔径, 孔位, 线宽, 线距, 环宽

7.电气性能

7.1 电阻 孔电阻, 线电阻

7.2 负载电流 导线载流, 镀通孔载流

7.3 耐电压 绝缘电阻

7.4 电路完整性 通/断路测试

8. 机械性能 导线剥离强度 连接盘抗脱强度 镀层结合力 阻焊层结合力

耐挠曲性 耐弯折性

9. 环境试验

温度循环 (低温- 室温- 高温)

热冲击 (低温 - 高温) (浸渍高温)

温湿度循环

10. 其它试验 可焊性 耐焊性 耐化学性 耐燃烧性

中国印制电路行业协会 副秘书长

上海美维科技有限公司 高级工程师 龚永林

电话: 021- 57744950 电子邮箱: yl.gong@smst.meadvillegroup.com