

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

印刷電路板(Printed Circuit Board,簡稱 PCB)是提供電子零組件在安裝與互相連接時的主要支撐體，是所有電子產品不可或缺的基礎零件，廣泛應用於航空、太空、交通、計算機、通訊、家用電器與辦公室自動化設備等相關領域，它與電子產品的發展有著密不可分的關係。台灣印刷電路板產業起源於桃園，在 1969 年，美國安培公司在桃園創立了台灣第一家印刷電路板製造商，生產雙面板及多層板，進入 1970 年代後，部份安培公司的人員相繼出走並在桃園成立華通電腦及台灣電路兩家電路板專業製造廠(Job Shop)，隨後因台灣製造電動玩具的盛行及資訊工業的抬頭及更多業者，如耀文、金像電、雅新、清三、敬鵬及楠梓電等的加入。

隨後進入 1980 年代，因為資訊電子產業的迅速發展，而帶動台灣電路板蓬勃發展的契機，在激烈的競爭環境中，企業體質鍛鍊的更加健全，更帶動上游及週邊供應廠商的興起，如基板業的長興、長春、慶光、亞化及南亞的加入，重要原物料如銅箔與玻纖布有台灣銅箔、長春、南亞、福隆等廠商的設廠生產，以及生產設備業、代工業、化學品及相關支援產業的配套逐漸成熟，這些廠商的分佈大都在台北、桃園、中壢、楊梅及新竹方圓 70 公里內，形成印刷電路板產業一個完整的聚落，使台灣電路板的發展更具國際競爭力，而邁入產業成長期的階段。根據台灣電路板協會 (Taiwan Printed Circuit Association，簡稱 TPCA) 之統計資料，目前台北、桃園、中壢地區 (70 公里以內)，共聚集約 150 家的印刷電路板製造商、103 家鑽孔代工、181 家各式印刷電板代工、11 家銅箔基板供應商及 172 家各種原材料供應商。

跨入 1990 年代，由於台灣的資訊及通訊電子產業的持續蓬勃發展，且在台灣業者努力辛勤的經營下，使產品在交貨時效、品質及價格皆具國際競爭力。並在研發水準、台灣相關產業之配合、基材板、設備供應及週邊材料成本、皆獲得不錯的評價；而整體的電路板產業發展至此得以邁入茁壯完整產業成熟期。發展迄今，展現於眼前的是從 1983 年前之低於 50 億台幣總產值，歷經快速高成長與產業轉型期的過程，發展到 2000 年近 1,485 億台幣的高峰，在我國電子零組件業中是僅次於積體電路 (Integrated Circuit，簡稱 IC)，名列第二的行業。2000 年在全球景氣擴張，網路盛行，加上 Y2K 效應使 PCB 產業呈現高度成長，根據 Prismark 資料顯示，2000 年全球印刷電板產值達 409 億美元，而台灣也在全球經濟景氣穩定發展下，國外資訊大廠擴大對台零組件

採購及擺脫 Y2K 效應下，加上廠商積極開拓海外市場、提升產品的技術層次與積極開發多項目的應用領域等策略奏效，使電路板 2000 年的產值較 1999 年大幅成長 37.5% 並達 1,485 億台幣。此時許多電路板廠商在行動電話及網路的風潮仍熱及下游主要客戶的要求下，盲目的大幅擴充產能，其結果不但未能收到擴廠的效益，也隨著 2001 年全球經濟陷入不景氣的泥淖，台灣電路板產業也不能幸免於難，龐大的折舊成本讓廠商吃盡了苦頭，更為了產能利用率的提昇，而展開一場價格戰。例如，連龍頭大廠華通也因景氣差而低價搶奪訂單來充實產能的利用率，故未來小廠在無法以低價搶單及長期資金不如大廠的情況下，生存更加艱困，造成大者恆大，小廠生存不易的情形。

就產量而言，由於美國 PCB 大廠如 Viasystems, Tyco 等在財務的壓力下已陸續停廠或轉移生產基地至中國大陸，加上台灣的主要電路板廠商如華通、耀華、楠梓電、敬鵬 耀文等陸續前往大陸佈局，使得台灣印刷電路板的產值在 2001 年被大陸以 13.7% 擠下，而以 11.7% 排名第四位。

故台灣印刷電路板產業在新經濟時代及景氣循環的週期或在不景氣的困境中，面對前面有美、日等先進國家，後則有來勢洶洶的中國大陸與韓國廠商的追趕，台灣電路廠商應打破以往拼量、削價競爭的迷思，而應積極思考如何分散市場避免過度依賴單一市場，如 2000 年，PCB 產品出口至美國的金額高達 368 億台幣，佔出口比重之 32%，顯見對美國的依存度相當高，再者，也應尋求生產產品的多元化，故台灣電路板大廠陸續加快腳步，將原本大量生產但利潤微薄的產品如單面及雙面板移往大陸，同時，在國內應積極轉型朝向生產高技術，高附加價值產品，包括增層板(Build up)，高階高密度互連技術 (High Density Interconnection, 簡稱 HDI) 及球腳格狀陣列封裝 (Ball Grid Array, 簡稱 BGA), 晶片尺寸封裝 (Chip Scale Package, 簡稱 CSP) 等 IC 載板，並多加留意未來電子系統產品的發展趨勢，加強與系統廠商的合作關係，藉厚植研發實力來建立特色，創造利基，換言之，在全球化的新經濟時代，除了產品的高附加價值與差異化外，有良好的經營績效管理的廠商才能持盈保泰，持續保持絕對優勢，但如何對台灣印刷電路板廠商的經營績效設計一套好的評估準則進行評量，並適切的提供改善的方向與建議，遂成為一個重要的課題。

## 1.2 研究目的

本研究的目的乃以資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, 簡稱 DEA),

來針對我國上市、上櫃的印刷電路板廠商進行經營績效之評估，以期發展一套適用於台灣印刷電路板產業的績效衡量指標，藉以了解各廠商之資源之有效配置及利用的情況，並提供自我評估及相互間的競爭優勢分析，故本研究希望能達到以下目的：

- 1) 對國內之上市、上櫃印刷電路板廠商進行績效評量。
- 2) 進一步對高效率的廠商分析其優勢之所在，並對績效欠佳的公司指出其問題之所在，並建議改善及努力的方向。
- 3) 以多階式最佳整合效率值變化排序法提出對於提升整體產業競爭力最有利之整合組合。
- 4) 可提供各廠商作為經營管理方針擬定的依據，及做為公司間的相對優勢的參考。

### 1.3 研究範圍

本研究對象為下列 24 家上市、上櫃印刷電路板廠商：華通、楠梓電、清三、敬鵬、耀華、金像電、雅新、永兆、台路、欣興、健鼎、祥裕、耀文、佳鼎、九德、先豐、高技、霖宏、瀚宇博、統盟、弘捷、競國、翔昇及柏承。研究期間為民國八十八年至九十年，主要資料來源以廠商之公開說明書為主。



### 1.4 研究流程

本研究流程如圖 1-1，首先確定研究主題及目的，再進行印刷電路板產業分析、透過績效衡量理論、績效評估方法、資料包絡分析法及印刷電路板產業績效相關文獻之蒐集及探討，就 24 家選定廠商之投入產出變數，進行相關係數分析，並選擇適當之資料包絡分析法模式，執行電腦程式並就結果分析解釋，接著進行產業整合之探討，最後提出結論及建議。

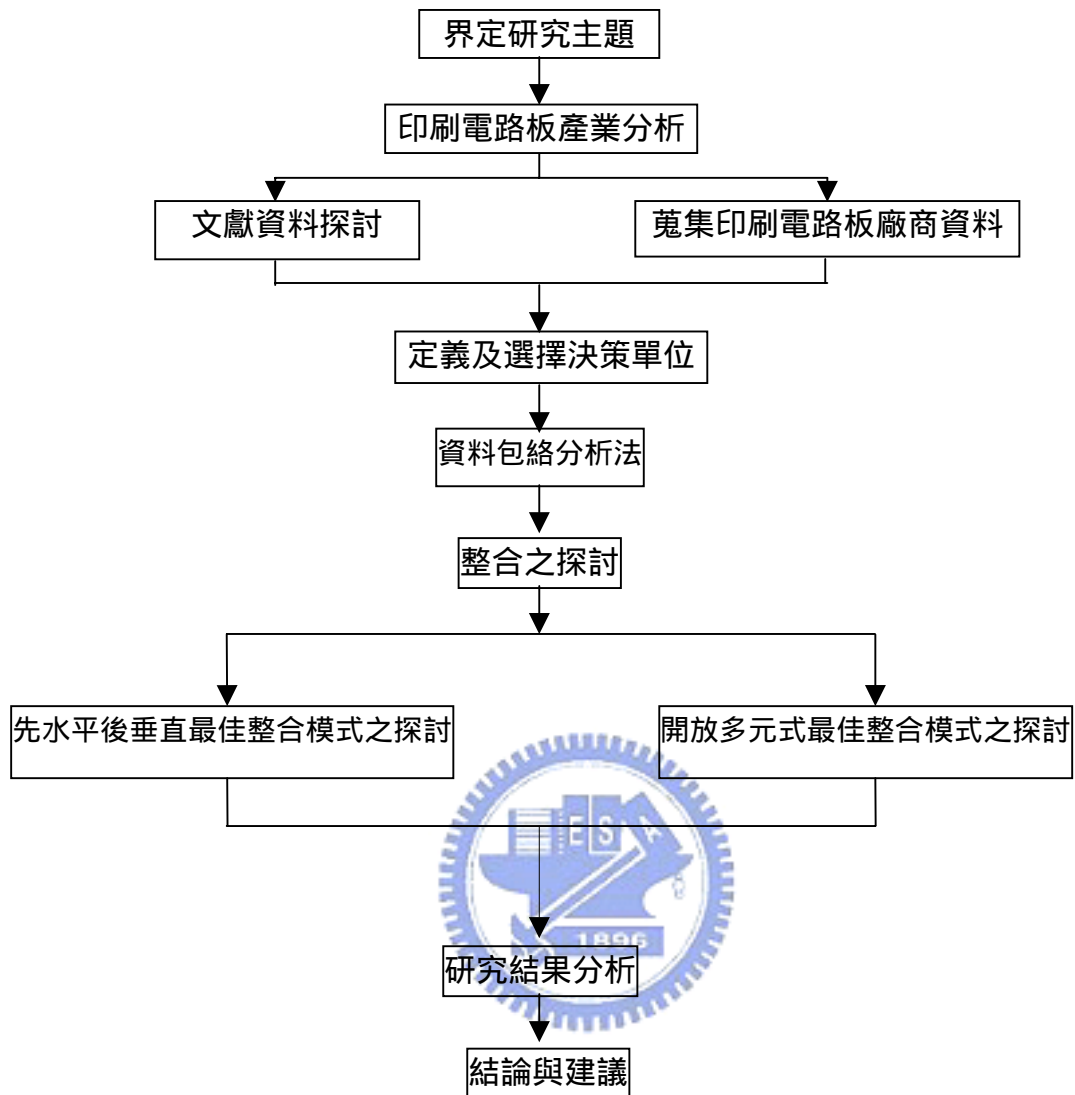


圖 1-1 研究流程

## 第二章 印刷電路板產業簡介

### 2.1 印刷電路板發展之回顧

#### 2.1.1 搖籃期

1903 年可以說是人類科技文明發展史上的一個重要里程碑。美國的萊特兄弟 (Wright Brothers) 在北卡羅利那州 (North Carolina) 的 Kitty Hawk 的上空成功的將飛行器升到 800 英尺的高空並持續飛行近一分鐘之久，意大利的馬可尼 (Marconi) 更以無線 (Wireless) 的方式將通訊跨越了大西洋，還有其他許許多多的發明，但卻沒有像印刷電路 (Printed Circuit) 這一發明產生了劃時代的變革，若沒有了印刷回路的概念，所有的電子產品，包括電腦、手機、電話機、汽車、電器用品等許許多多的產品將不復存在，試想，倘若像印刷電路這樣一個重要的發明突然消失，將會給生活在地球上的人類帶來無法想像的浩劫。

在 19 世紀的初期，莫斯 (Morse) 電報在慶祝電報機問世五十年的生日之時，Alexander Graham Bell 更使得電話機及電報機成為國與國之間的通訊之必要工具，馬可尼更將訊息以無線方式藉由空中傳遞，無線電廣播更因往後的幾年的弗萊明 (John Fleming) 發明的真空二極管 (Diode rectifier) 及德佛瑞斯特 (De Forest) 發明了聲波三極管 (Triode amplifier) 而更加普及，我們可以說在這個時期的人類已經進入了資訊的時代。

最初期的電子產業，包括電報、電話的無線電信因進入一個新的紀元，因而需求與日俱增，由於這些通訊產業的快速成長而創造了線路的很大的需求，例如電話系統，或成千上萬的電話交換線路需要的用戶交換機 (Private Branch Exchange, 簡稱 PBX)，並藉由人力來做駁接工作，除了達到更遠的傳播，收音機線路的益加複雜，其結果更須要有替代的方法以解決因人力作業造成不可避免的錯誤及線路過於冗長的問題，綜合以上所述，線路科技顯然成為當時電子工業的一個重要的課題。

亞柏派克 (Albert Parker) 在 1903 年首次在英國提出了一項有關“印刷線路”的專利申請，其本來的目的是為了連接電話交換機的電纜線。他提出了許多有關如何在絕緣體上形成導體圖案的方法，他初期以裁切或沖壓的方式將成形的線路黏貼到石蠟紙上以形成導體圖案，他在當時就已經察覺到高密度佈線的經濟效益，故他將絕緣體的兩面都佈上線路，他也體認到兩面線路之間的連接的重要性，故他也以穿孔的方式以使得部份的兩面線路得以連接在一起，這也就是後來的雙面貫穿孔電路板的基本雛

形。亞柏派克 ( Albert Parker ) 更進一步提出電路圖案可以電沈積電鍍法或將金屬粉塗佈到導電油墨上，這也就是所謂的加成法(Additive)。這樣的第一個有關線路(Circuit)方面的專利，它包含了這麼多且有用的概念是一件令人振奮的事情。

即使是發明電燈泡的愛迪生也對連接線路提出了一些看法，包括有 1) 以石墨或青銅粉撒在潤濕的油墨上以形成導電線路。2) 以硝酸銀溶劑在絕緣體釋出線路圖案。3) 將金箔附著主線路圖案上。上述的前面兩個觀念已經被廣泛的應用在今天的印刷電路板製造流程上，他的第一個觀念成為今天聚合薄膜技術的基礎，而第二個觀念說明了無電鍍法的基礎。

在接下來的十年間，隨著電子工業的持續蓬勃發展而有許多有關線路方面的新的概念的出現，其中因無線電廣播引起世人的關注下，收音機成為印刷電路發展的主要推手，在 1912 年位於加州聖荷西(San Jose)之 KQW 是第一家公開的廣播電台，在二十年代的末期，廣播更被推廣到世界各主要國家，當時他們也預測到自動化線之製造的趨勢之必然，因為無線廣播將會普及到每一個家庭。

早期的線路作業流程是依據加成法，也就是將導體沈積到絕緣體上，但是一般印刷工業界長期以來一直使用減去法( Subtractive )製作圖版。在 1913 年亞瑟貝里( Arthur Berry ) 提出以金屬箔蝕刻製作法完成電熱器的線路，他的專利介紹了在蝕刻作業前在金屬箔上塗佈防蝕材料，他是第一位將蝕刻製程應用在印刷電路生產技術上。在 1918 年 Max Schoop 先生提出了藉由罩模以熔融金屬噴鍍的方式，形成導體圖案的方法，但是這樣的方法不但成本過高且廢金屬的處理成了棘手的問題，爾後研究者人員雖做了改進，但畢竟未得到徹底的解決。

美國的查爾斯·杜卡斯 ( Charles Ducas ) 更在 1925 年成功的在絕緣體上以印刷方式製作線路圖案，再對該部份進行電鍍以形成導體，一年以後，派洛利尼 ( Frenchman Cesar Parolini ) 更針對加成(additive)電鍍法提出改善方法，他在絕緣板面上接著油墨，並灑上金屬粉使之接著，再用電解方式使之固定，這也是愛迪生的印刷回路基本概念，派洛利尼 ( Parolini ) 將它實現且加入了跳線(Jumper Wire)的概念。

第二次世界大戰戰後，美國政府在美國國家標準局(National Bureau of Standards , 簡稱 NBS)的協助下開始宣導印刷回路的技術，還包括舉辦無數的研討會及出版有關線路給製作概念的出版品，其中一次是在 1947 年 10 月在華盛由國美航空委員會及國家標準局參與的印刷回路研討會中，成功的把數十種的回路形成法整理出如下六種重

要且具代表性的方法：

1) 塗佈法(Painting)

使用金屬塗料(如銀)及高介電係數基體的導體，以模板使形成回路的方法。

2) 噴霧法(Spraying)

用罩模或模板，藉由噴霧在預製的模型板上噴出熔融金屬，再以機械加工或研磨作出回路圖案的方法。

3) 化學析出法(Chemical Deposition)

這包括無電鍍法及電解鍍法，其方法是在絕緣體上噴上還原銀反應液，在其上以還原液的模板形成回路的模板形成回路的方法，它是目前印刷電路板製作流程中很重要的步驟之一。

4) 真空蒸鍍法(Vacuum Deposition)

在真空中使用模板將金屬蒸鍍在基板上，再用模板噴上研磨劑，以作出回路圖案的方法。

5) 模印法(Die-Stamping)

是一種用印模將回路圖案從金屬板切除，並將其黏在附有接合劑的板上，再用高溫模使金屬箔圖案形成在基板上的方法。



6) 灑粉法(Dusting)

是一種在黏性的表面上用模板灑上碳粉或金屬粉條，以加熱硬化或電解析出作出回路的方法。素有“印刷回路之父”之稱的保羅·艾斯勒 (Paul Eisler)，在 1936 年發表了箔膜技術，當時採用的是以酚醛樹脂為基材的銅箔基板，這和現在的單面板很相似，但因為當時仍為真空管的時代，許多發熱量大的電子零件，並不適用於酚醛樹脂，故尚無法採用。另外，在美國軍用機器的組合上，在近接信管 (proximity fuse) 應用了印刷配線法，並在 1947 年發表量產，但是，各種的印刷配線的印刷回路的方法都受限於真空管，以致於到了 1950 年左右，當電晶體(transistor) 實用化之後，才以蝕刻箔膜技術為中心，開始有了真正的進展。

## 2.1.2 發展期

印刷電路板實際被使用是在 1950 年左右，當時的主流方式為蝕刻箔膜技術製造，其方式如圖 2-1[15]所示，在絕緣基板的單側形成導體配線，上面裝載電子零件，再焊

接固定及連接，至 1953 年左右，使用電晶體的無線電變得實用化，這個時期可以說是印刷電路板正式邁入所謂的發展期。

但是，由於電子零件的小型化且裝載密度不斷提高，而產生了配線交叉的問題，不可能用單面板來連接，於是，開始考慮到在絕緣基板的兩面都產生配線的方法，故產生了如圖 2-2[15]的跨接線及孔環的方法，但由於這些方法仍須由人工處理，信賴性不佳，直到 1953 年 Motorola 公司開發了以電鍍連接雙面圖案的方法後，由於其可靠度較佳，故被廣為採用，這也是往後之多層印刷電路板的基本技術。

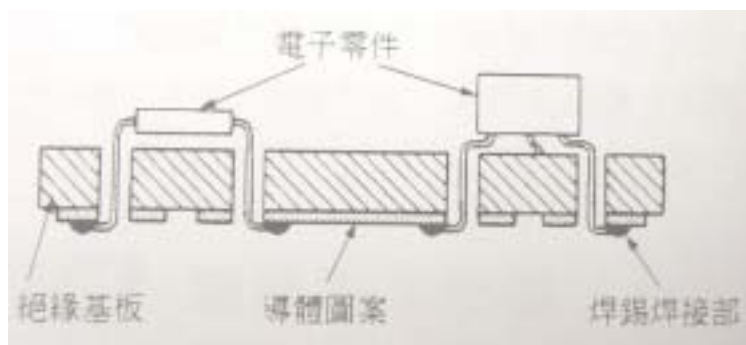


圖 2-1 單面印刷電路板

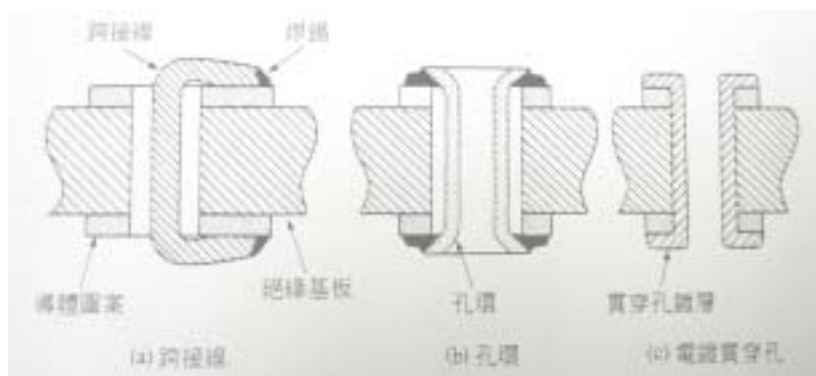


圖 2-2 雙面圖案的連接法

### 2.1.3 多層板期

在六十年代初期，由於積體電路(Integrated Circuit, 簡稱 IC)及大型積體電路(Large



Scale Integrated Circuit，簡稱 LSI)的問世，且產品的功能不斷的增加，使其電子機器的構造變得更加緊密，明顯地往輕薄短小的方向發展，故配線數量及其密度也大幅增加，在 1961 年時，美國的 Hazeltine 公司開發出電鍍貫穿孔製作多層印刷電路板，而日本則在 1963 年開始生產環氧樹脂多層板，電路板又邁入了另一個里程碑——多層板期。

多層印刷電路板開始時的想法，是將印刷回路以立體方式構成，而現在的持續發展，則是著眼於容納配線的能力，使電子零件與電氣配線分離，多層板的電鍍貫穿孔法如圖 2-3 所示。

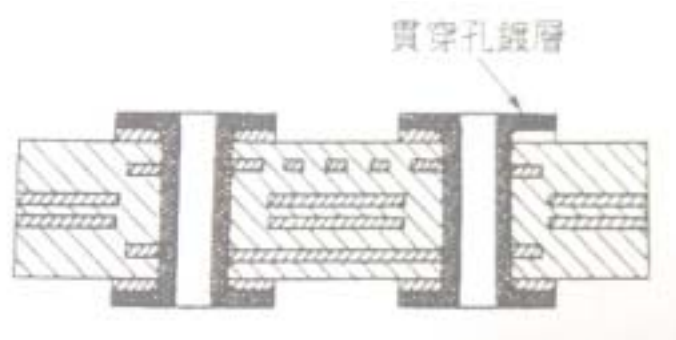


圖 2-3 電鍍貫穿孔法

多層板是先做內層的圖案，使用單面或雙面的銅箔基板薄片並採用印刷蝕刻法製作，完成指定的層構造後，再加熱、加壓使之接著。多層電路板配合 VLSI 及其它電子零件的小型化、高度積體化，朝向裝載多個高機能回路的方向發展，除了高密度配線及高配線容納性外，在電氣特性方面，尚有：整合特性阻抗、減少串訊(cross talk)等許多性能要求。對接點(pin)多的零件、表面組裝零件，有時亦採用裸晶粒(bare chip)裝載，使得圖案形狀變得複雜，在許多地方都會用到微細圖案(0.1mm 以下)、微小孔徑(0.5mm~0.1mm )，以至於高多層(10~50 層)的產品。由 1975 年到 1990 年左，大型電腦的年年增加，已出現 42~50 層的產品。

另一方面，為了小形、輕量化，除了高密度配線及小直徑孔外，在 1980 年代的後半期，亦已廣泛地使用到厚度約 0.4~0.6mm、4~6 層的薄形多層印刷電路板。

由 1980 年代後半到 1990 年，多層印刷電路板的製造程序及材料亦有變化發生，如：感光性絕緣材料的適用、複印法製程的開發、以玻璃陶磁材料製作多層印刷電路板的開發等，都非常盛行。

#### 2.1.4 增層電路板期

在 1979 年時，Pactel 公司發表 Pactel 法，其構造如圖 2-4 所示，呈柱狀的方式，亦稱為 metal riser 法，此時的增層法，在薄膜回路方面，是在所謂聚亞醯胺銅箔基板（Copper Polyimide）的聚亞醯胺（Polyimide）材料上，濺鍍上鉻（Cr）、鈦（Ti）及銅（Cu）等金屬，以形成導體回路。

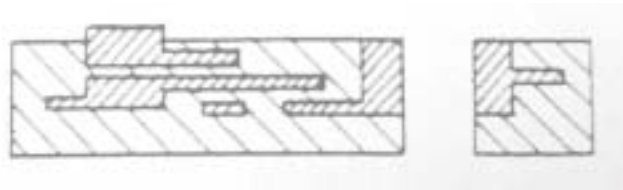


圖 2-4 增層法

在 1981 年時，萊世曼（Leishman）將雷射加工微小盲孔的方法應用在 Finstrate 基板上，又到了 1990 年，IBM 公司發表了所謂表面配線板製程技術（Surface Laminar Circuit，簡稱 SLC Technology）的增層印刷電路板，其後，由於微細圖案和間距技術的持續發展與進步，使得增層印刷電路在 1998 開始實用化，而這時的增層法，係在傳統壓合之多層板外面，再以背膠銅箔（Robocut Controller，簡稱 RCC）或銅箔加膠片增層（Build up），其與內在（core）板的連係採微孔（microvia）或雷射加工及光成孔（Photovia or laser via）之途徑，它是一種用非機械鑽孔方式，以及壓合後再增層的製造方式。進入廿一世紀的今天，為因應資訊、通訊、IA 等此產業可攜性輕薄短小，多功能及價格低廉的要求，印刷電路板遂走向高密度佈線、細線及小孔化、複合多層化、薄板化發展，主要的應用技術包括有增層式多層板技術（Build Up）及高密度互連技術（High Density Interconnection，簡稱 HDI）此外，傳統 IC 封裝因半導體製程不斷精進，原有之導線架已逐步為 IC 載板所取代，目前市面上常見到應用於 IC 載板的 IC 構裝技術，有球閘陣列封裝（Ball Grid Array，簡稱 BGA）、覆晶封裝（Flip Chip，簡稱 FC）、晶片尺寸封裝（Chip Scale Package，簡稱 CSP）、陣列腳位排列封裝（Pin Grid Array Ppackage，簡稱 PGA）、柱柵陣列封裝（Column Grid Array，簡稱 CGA）與堆疊式封裝（Stacked IC Ppackage）等。BGA、Flip chip 等 IC 載板封裝因有優異的性能、高層次的技術，產品又具高毛利，也順勢成為新一代 PCB 封裝技術的寵兒，因此目前增層高密

度連技術、球閘陣列封裝及覆晶封裝已確定為印刷電路板產業未來發展的契機。

## 2.2 全球印刷電路板產業現況

印刷電路板(Printed Circuit Board, 簡稱 PCB)又稱「電子系統產品之母」嵌載各式電子零組件, 提供中繼傳輸平台, 是所有電子產品的必備零組件, 其品質與設計和電子產品性能優劣有十分密切的關係, 它被廣泛應用於航空、太空、交通、計算機、3C(電腦、通訊、消費性)產業與辦公室自動化設備等相關領域產品, 根據 Dataquest 的統計資料顯示, 印刷電路板應用於通訊、電腦及週邊的資訊相關產品比重最高, 達 7-8 成以上。

隨著科技的進步, 印刷電路板應用更加廣泛, 近年的低價電腦盛行, 更帶動了 PCB 需求, 又由於行動電話的迅速發展, 故以行動電話、基地台等通訊用的電路板也隨著成長, 近年又有更多廠商投入消費性電子產品如數位相機、個人數位助理 (Personal Digital Assistant, 簡稱 PDA) 電視遊戲機等的發展, 故輕薄短小多功能的印刷電路板也因此更加蓬勃發展。

由於各種電子產品市場的持續成長, 也間接或直接地使提供電子元件支撐及連接線路的印刷電路板產業呈現穩定的成長, 1995~2000 年世界印刷電路板的複合成長率為 6.8%, 全球產值從 1995 年的 295.36 億美元連續成長到 1997 年的 320.5 億美元, 但同年因發生東南亞經濟風暴, 全球經濟情勢因此受到了影響, 致使經濟成長趨緩。故 1998 年的全球產值較 1997 年僅成長了 3.7% 而成為 332.4 億美元, 但在經過兩年的努力, 亞洲經濟明顯轉強情況下, 全球各國紛紛走出金融風暴陰霾, 已使全球的經濟前景轉趨樂觀, PCB 產業在 1999 年也隨之有 9.2% 的成長率, 即產值為 363 億美元, 2000 年的全球產值更達到了 409 億美元高峰, 較 1999 年的產值成長了有 12.5% 之多, 但全球經濟自 2000 年下半年開始出現景氣下滑的局面, 尤其是美國更因高科技產業的泡沫化, 造成許多網路公司倒閉影響最大, 更在 911 恐怖份子攻擊紐約世界貿易大樓事件, 造成旅遊及金融業的重大衝擊, 當然 PCB 產業也未能幸免於難, 2001 年宛如置身於不可置信的惡夢當中。

如圖 2-5[9]所示, 根據 Prismark 統計 2001 年全球電路板產值由 2000 年的 409 億美元驟然萎縮至 328 億美元, 衰退幅度高達 19.8%, 全球電路板產業各地區產值衰退

比較，如表 2-1[9]所式，其中又以美國地區均衰退 25%最為嚴重，2001 年主要受到網路泡沫化及手機通訊需求不如預期及庫存過高的影響，造成較具高單價的產品如何伺服器、基地台、印刷電路板的需求銳減，產值也隨之大幅衰退。然而一般的 4~6 層板雖然需求量並未大減，但在廠商近幾年大幅擴產的情況下，已形成供過於求的局面，在廠商削價競爭下單價節節滑落，產值也隨之萎縮近 19%。

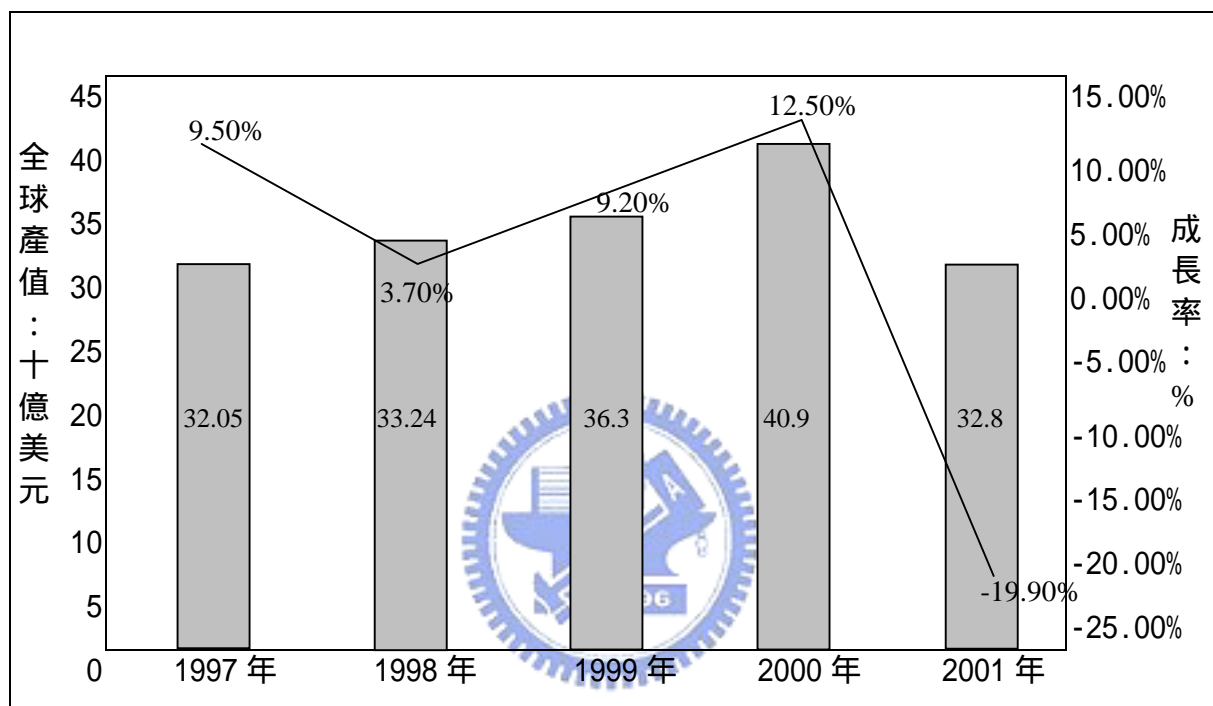


圖 2-5 1997-2001 全球電路板產值變化

資料來源：Prismark(2002/03)

表 2-1 2000/2001 全球各地區電路板業產值衰退比較 單位：美元

地區	2000 年		2001 年		成長率
	產值	佔有率	產值	佔有率	
全球	409 億		328 億		-19.8%
日本	112 億	27.4%	83.4 億	25.4%	-25.5%
美國	108 億	26.4%	82 億	25.0%	-24.1%
歐洲	67 億	16.4%	59.7 億	18.2%	-10.9%
其它	120.9	29.6%	102.7 億	31.3%	-15.1%

資料來源：Pirsmmark(2002/03)

日本雖是全球 PCB 產業的龍頭，欲也難逃此次經濟不景氣的衝擊，根據日本印刷回路工業會 ( Japan Printed Circuit Association, 簡稱 JPCA ) 公佈的統計資料顯示，2001 年日本 PCB 總產值為 7903 億日幣，較 2000 年的 9861 億日幣衰退了 18.4% 之多，而從單雙面板產量呈大幅衰退的情況看來，日本廠商在減縮成本的考量下，已紛紛將獲利能力欠佳的產品移至人工成本較低的地區製造或直接將產能釋出給台灣、南韓的 PCB 廠商。

綜觀日本 PCB 產業，由於 PCB 大廠大都附屬在知名電子集團底下，生產 PCB 以集團需求為主，產品領域偏重在 IC 載板及消費性電子用途，因此較無訂單上考量，而日本 PCB 業者也已放棄生產低價的單面板和雙面板產品，專心轉向 BGA、CSP 覆晶 (Flip Chip) 等類型 IC 載板以及 HDI 新技術的多層板發展，應用產品也漸擺脫 PC 及手機，朝向網路通訊設備，汽車等特殊用途及具高附加價值的電路板產品發展。

美國 PCB 廠商在全球 PCB 市場的佔有率僅次於日本，其市場佔有率約為 29% 左右，目前美國前幾大 PCB 廠商大都轉型以經營專業電子構裝服務 (EMS) 事業為主，領域較偏向網路通訊用途，所生產 PCB 以自用為主，客戶多為阿爾卡特、朗訊、北電網絡、摩托羅拉及思科等網路通訊設備大廠。在受到景氣低迷及無線通訊、網路等成長不如預期影響，美國印刷電路板業者普遍受創嚴重。而在這種嚴重不景氣的情況下，基於節省成本的考量，美國 EMS 大廠紛紛前往中國大陸投資。

## 2.3 台灣印刷電路板產業現況

### 2.3.1 市場分析

我國印刷電路板工業肇始於 1969 年，總產值從 1983 年之不超過 50 億台幣，發展到 2000 年近 1485 億台幣的高峰，在我國電子零組件業中是僅次於積體電路 (IC)，名列第二的行業 (台灣佔全世界總產值約有 12% 之多，位居世界第三位)，由於低價電腦風潮使國際個人電腦大廠呈現獲利衰退現象，隨之而來的價格競爭壓力，驅使各資訊大廠不得不想辦法精簡生產成本，在大量與低價的強烈要求之下，以代工能力強、機動性高聞名的我國廠商，便成為國際委託生產最好的選擇，包括 Intel、IBM、Compaq 等國際知名廠商都紛紛來台尋求代工資源。這種趨勢不但加重了我國在國際資訊工業所佔的份量，更是直接帶動了印刷電路板產業的高度成長。

我國印刷電路板產品在價格、品質及供貨能力上的提昇，已獲國外客戶的肯定，在產業的成長幅度上，一直有相當好的表現。今年各大廠在爭相擴充產能的情況下，猶能維持成長及獲利率，主要原因是加強外銷與分散目標產品市場，再加上匯率貶值 16% 的影響，1998 年我國印刷電路板產值達 946.3 億元，相較於 1997 年的 721 億元產值成長了 31.2%。

到了 1999 年，從事 PCB 產業的從業人員已達到三萬八千人。綜觀電路板產業在世紀末的這一年，可說是充滿變數與轉型的關鍵年。從 1996 年 1998 年電路板業連續三年快速成長，產值由 581 億台幣成長到 1,005 億台幣，平均 30% 以上的漲幅。到 1999 年因受到擴廠而造成削價競爭的影響，致使電路板業成長不似往年的快速，產值略有成長而達到 1,080 億元台幣，在國際電路板業產值佔有率約 10% 而穩居世界第三位。公元 2000 年，在全球經濟景氣穩定發展、國外資訊大廠擴大對台零組件採購及擺脫 Y2K 效應下，加上廠商積極開拓海外市場、提升產品的技術層次與積極開發多項目的應用領域等策略奏效，使電路板 2000 年的產值較 1999 年大幅成長 37.5% 達 1485 億台幣。

但進入了 2001 年，由於全球經濟不景氣，以外銷為導向的台灣 PCB 廠商自然不可能置身事外，根據台灣電路板協會(TPCA)所公佈的 2001 年台灣電路板業者營收前三十五大的排行榜資料中發現，2001 年前三十五大的總營收為 1,179 億台幣，較 2000 年的前三十五大總營收的 1,389 億新台幣衰退了 15.1%。2001 年不景氣的確帶給台灣電路板業相當大的打擊，猶如給了原本陷在衝量與殺價競爭迷思中的台灣 PCB 業者一記當頭棒喝。在這次不景氣當中，台灣 PCB 廠商重創的主因便是先前景氣好時廠商過份樂觀，盲目的大量擴充產能，以致於在不景氣時龐大的折舊成本壓得廠商幾乎喘不過氣。但亡羊補牢，猶未晚矣！

若台灣 PCB 廠商能記取此次教訓，並利用不景氣的期間改善公司內部體質、增強研發能力、創造具生產高附加價值產品的能力，並能從兩岸互補的觀點來預作佈局。相信當景氣回春之際，台灣電路板業有機會可突破目前僅約一成的全球市場佔有率，而更上一層樓進入另一個高成長的階段。

資訊產業及通訊產業的成長不如預期是這次全球經濟不景氣主因，而台灣電路板廠商又大都以資訊板及通訊板為主要產品，當然就更不可能在這次寒流中倖免，尤其以手機板為主的通訊板需求減少的影響最為深遠。去年許多電路板廠商在行動電話及

網路的風潮仍炙熱及下游主要客戶的要求下，盲目的大幅擴充產能，結果尚未收到擴廠的效益就面臨手機市場景氣不佳及網路泡沫化的窘況，因此萎縮的訂單、龐大的折舊便成為這些廠商營運的重擔。在不景氣寒流中，各公司除了想盡辦法縮衣節食外，尋求技術的提升及調整營業及策略方向以增強公司競爭力，進而達到產業升級的目的，也是各大廠因應不景氣的方法。台灣電路板龍頭華通除了拓展大陸的內銷市場外，在高階產品發展上增加覆晶基板的運用，並開始研發第二代的產品。同時改變以往的經營模式，將透過國外大型 IC 設計公司，從參與各項電子產品的設計及服務方面著手，與客戶共同開發具有高價值的消費性電子商品，未來除資訊產品外，IA 等相關產品都將是華通伸出觸角的重心；透過與群策與恆業合併而成全台第二大電路板廠商欣興電子、南亞電路板、耀文電子均全力朝高密度連結板（HDI）及覆晶（Flip Chip）基板等高階產品發展；楠梓電在歷經人事精簡後，未來將朝往藍芽載板、無線射頻模組、LowDk 基地台用基板與嵌入式被動元件載板等高階產品發展；至於已進行裁員的金像電子則宣稱台灣廠將不再增加產能，未來以提升產品技術、增加更高精密之儀器設備、生產高附加價值之產品為生產目標，並將加強設計研發。

### 2.3.2 進出口統計分析

台灣印刷電路板係以出口為導向的生產型態，主要訂單來自國外，近年由於台灣在國際間所樹立印刷電路板生產大國的形象已見成效，加上品質、價格、交期等方面所具備的競爭力，促使國際一些知名電腦大廠紛紛來台下單，造成出口市場的持續熱絡。1998 年，由於低價電腦之潮流吸引了包括 IBM、Intel 及 Compaq 等國際知名廠商紛紛來台尋求代工，直接帶動了印刷電路板產業的高度成長，其出口總值達到 705.4 億元台幣，較前年成長了 24.9%，1999 年國擴廠而造成削價競爭，使電路板產業成長減緩，出口值達 752 億新台幣，較 1998 年微幅成長 6.7%，但到了 2000 年在全球經濟景氣穩定發展，國外資訊大廠擴大對台零組件採購及擺脫 Y2K 效應下，印刷電路板產業有很不錯的表現，出口值達 1152.5 億新台幣，較 1999 年大幅成長了 53%。但好景不常，到了 2001 年由於高科技產業泡沫化，使得全球經濟成長急速下滑，也給台灣的印刷電路板產業帶來了相當大的打擊，全年的出口值為 934.5 億新台幣，較 2000 年大幅衰退了 18.9%。

整體而言，出口的印刷電路板似以多層板的表現最為突出，約佔總出口值的一半，

在出口市場上，以美國、香港及新加坡為最主要的出口市場，此三大地區的佔有率超過了五成。

在進口方面，由於國內在單面雙面與多層板等產品上幾乎可以自給自足，故其進口值皆呈現遞減的現象，然而，近年來，因國內資訊電子產品市場的活絡，使得較為特殊的板子，如軟硬複合板（Flex-rigid）、功能性控制板、TAB（Tape Automated Bording）、電子構裝基板的需求甚殷，故其需仰賴進口的情況亦隨之成長。

### 2.3.3 台灣印刷電路板產品分析

根據工研院經資中心與台灣電路板協會（TPCA）調查，若依層別來分類(如圖 2-6)，2001 年台灣電路板產品主要仍以個人電腦（Personal Computer，簡稱 PC）及筆記型電腦（Notebook，簡稱 NB）用的 4、6、8 層板為主，佔全部產品的比重達 63%，然而若與 2000 年比較（如表 2-2），IC 載板的比重成長最為明顯，顯見 IC 載板仍將持續大幅成長；另外高層板（8 層以上）的使用比重越來越高，代表電子產品在功能需求增加下，電路設計日趨複雜，電路板所需的層數也將越來越高。

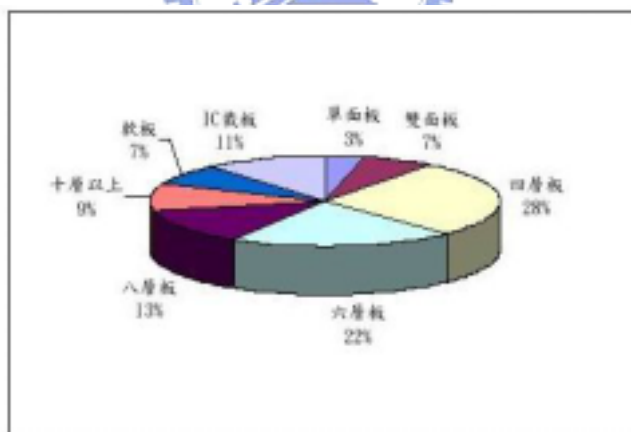


圖 2-6 2001 年台灣電路板產品層別比重分配圖

資料來源：TPCA：工研院經資中心(2002/08)



表 2-2 2000/2001 年台灣電路板產品層別比較

	2000	2001
單面板	3.7%	3%
雙面板	7.2%	7%
四層板	33.4%	28%
六層板	25%	22%
八層板	12%	13%
十層板以上	6.7%	9%
軟板	6.7%	7%
IC 載板	4.4%	11%

資料來源：TPCA；工研院經資中心(2002/08)

而原本被看好可望大幅成長的軟板，在系統廠商減縮成本的考量下，有些產品以同軸電纜線來取代，因此軟板受經濟不景氣的影響下表現不如預期。

若依電路板產品的應用別來看（如表 2-3 所示），2001 年受到全球通訊產業衰退的影響，2000 年大幅成長的通訊板，不論手機板或其他通訊產品用板，產值大幅衰退，其佔總值的比重也隨之下滑，由通訊產品存貨過多的影響，相信在庫存有效去化後，2002 年通訊產品的比重將可明顯回升。而資訊板（含 PC、NB、其他電腦相關用板）所佔比重接近六成，顯示資訊板依舊是台灣電路板產業最重要的產品。

表 2-3 2000/2001 全球電路板產業各種產品產值衰退比較（單位：美金）

產品別	2000 年產值	2001 年產值	衰退比率
軟板	34.50 億	29.61 億	-14.1%
增層板及 IC 載板	55.79 億	45.31 億	-24%
高多層板	55.5 億	66.01 億	-22.8%
4-6 層板	136.67 億	103.93 億	-18.8%
單雙面板	96.74 億	83.10 億	-14.2%

資料來源：Pirsmmark(2002/03)

## 2.4 印刷電路板產品簡介

印刷電路板（Printed Circuit Board）是一種主要電子構裝元件，它提供電子零組件在安裝與互連時的主要支撐體，是所有電子產品不可或缺的主要基礎零件。印刷電路板仍依電路設計，將連接電路零件之電氣佈線繪製成佈線圖形（layout），再依適當的機械加工（包括鑽孔、壓合...等）及表面處理（蝕刻、電鍍、噴錫 等）等方式，在絕緣體上使電氣導體重現出來。

安裝在印刷電路板的元件包括有積體電路、電晶體、二極體等的主動元件，電阻、電容、連接器、保險絲等的被動元件，以及其他各式各樣的電子零件，藉導體配線使之連接，以形成電子迴路機能，它是一種中間產品，用來做為裝載零件的基座，故印刷電路板又稱「電子系統產品之母」，嵌載各式電子零組件，提供中繼傳輸平台，是所有電子產品的必備零件，而其品質與設計直接影響到電子產品性能的優劣。

印刷電路板所涉及的技術層次幅度大，且流程繁多，其製造涉及以下五多：

### 1) 多門學科

整個生產流程包含了聚合物化學、光學、電子技術、精密加工、自動控制及電腦微處理片。

### 2) 多種技術

包含電腦輔助設計與製造，光成像圖形轉移，孔金屬化、圖形鍍銅和錫鉛，酸性和鹼性蝕刻鍍金或鎳，熱風整平，液態光成像阻焊，多層層壓與層間定位，通孔測試等。

### 3) 多個流程

製造多層板的全部過程有三、四十個流程之多，不少流程又有一、二十個子流程，任何一個流程若有差池，半製品只能報廢，前功盡棄。

### 4) 多種設備

各流程都需要高度精密電腦控制的自動化設備去完成，如雷射繪圖機、數控鑽孔機、層壓機、全自動電鍍線、自動光學檢測系統、多層定位系統等，而輔助設備則包括有壓縮空氣、中央空調、淨化水等系統。

### 5) 多種物料

製造多層板需一、二百種物料和輔料，如乾膜、銅箔基板、預浸板、各類樹脂、多種化學品，如蝕刻液、綠漆、玻璃布、阻焊劑、化學膠帶等。



總之，印刷電路製造屬於技術密集，資金密集的產業，故必須具備有生產規模，高技術層次，精良的生產設備，市場國際化，管理現代化，才能有良好的營運績效。

#### 2.4.1 印刷電路板產品的分類

印刷電路板產品依美國電子連線工業協會（Association Connecting Electronic Industries，簡稱 IPC）規範、基板材的不同，可撓性及用途而有不同的分類方式，茲分別說明如下[4,7,8]：

##### 1) 依規範分類

按硬質印刷電路板之國際規範 IPC-6012，對硬板在品級與定義上說明如下：

- ① 第一級（Class I）：“一般性電子產品”級（General Electronic），如常見之家電產品、電視、音響、電子遊樂器、冰箱、冷氣等。這類產品其電路板大部份是單面板或雙面板，所用到的板材以“紙質酚醛樹脂”為主，國內常見者有 XPC（HB）、FR-1、FR-2 等板材，較高級者也會用到複合板材如 CEM-1、CEM-3，甚至 FR-4 之單、雙面板等。
- ② 第二級（Class II）：“專業型電子產品”級（Dedicated Services），如通訊產品之大哥大、二哥大、辦公室自動化（OA）之微電腦（PC）與其週邊設備、傳真機、影印機、數據機等電子機器及一般資訊產品、儀器等，此級常用到 FR-4 的雙面或多層板，國內全部雙面與多層印刷電路板（Multilayer Printed Board，簡稱 MLB）業者的產品幾乎都屬此級。
- ③ 第三級（Class III）：“高可靠性電子產品”級（High Reliability），其產品多屬高價少量之高難度板類，如軍用武器、航空、醫療、儀器、大型電腦、工業控制、遠程通訊等，其市場不大產量不多但卻利潤豐厚，泰半均為原產地國所固守，國內業者很少有機會接到訂單。此級所用到的板材亦多採 FR-4、FR-5，少數特殊超高層數或高頻之板類，也會使用高功能板材類，如：BT、聚醯亞胺（Poly-mide，簡稱 PI）及聚四氟乙烯膜（PTFE）等。

##### 2) 依基板材分類

基板的重要構成材料含絕緣樹脂、補強材料及銅箔，依其加強材料的不同可分為紙基材銅箔基板、複合基板、玻纖布銅箔基板及軟硬板，如表 2-4 所示。而由表 2-5，可看出各類印刷電路板直接與下游應用電子產品間的關係。

- ① 紙質酚醛樹脂基板 ( Paper Phenolic ) : 依其品級又分成 XPC、 FR-1 及 FR-2 , 目前國內 XPC ( 俗稱 HB : 水平試燒級 ) 幾乎不使用, 但大量使用 FR-1。此類基板主要應用在消費性電子產品, 由電鍍銅箔、白色絕緣紙與酚醛樹脂等構成。
- ② CEM ( Composite Epoxy Materials , 簡稱 CEM ) 複合基板 : 此等板材之補強物係介於絕緣紙與玻纖布之間。以雙面板材而言, 原是採用 8 張常規的 7628 膠片 ( Prepreg ), 內部的 6 張 7628 膠片若改採絕緣棉紙含浸環氧樹脂之板狀填充材做為替代品者, 稱為 CEM-1 板材; 若以玻紗蓆 ( Chopped Strand Mat ) 經環氧樹脂含浸之芯材 ( Web ) 做為替代品者, 則稱為 CEM-3。此外尚有 FR-6、CEM-5 等, 國內極少使用。CEM 板材之性能與價格均高於酚醛樹脂, 但又遜於下述之 FR-4, 所製成 PCB 的價位也介乎兩者之間。

- ③ 玻纖布含浸耐燃性環氧樹脂之板材 ( FR-4 ) : 是雙面板與多層板用量最大的板材類。以 1.6mm 之雙面板為例, 兩張外層係由各一張 1oz ( 厚度 1.35mil ) 的電鍍銅箔 ( ED Foil ), 及 8 張 7628 膠片所積層熱壓而組成。而多層板之內層薄基板 ( Thin Core ), 按厚度可由 7628、2116、1080 與其他玻纖等膠片所另行壓製。

近年來某些產品的應用對尺寸安定性要求較嚴, 為方便光學檢查 ( AOI ) 與防止 UV 穿透的薄板, 刻意在傳統雙功能 ( Difunctional, Tg 130 ) 環氧樹脂中, 另加入 10% 淡黃色的四功能 ( Tetrafunctional ) 環氧樹脂, 其 Tg 雖達 140 , 但仍屬於 FR-4 範圍, 此種 " Tetra ( 四功能 ) " 板材現已成為市場主流。

<1> FR-4 雙面基板: 俗稱 Rigid Double Sided ( D/S ), 以厚度 1.6mm 雙面 1 oz 銅箔者為大宗, 是雙面印刷電路板的唯一基板。由於價格不好, 這種以 8 張 7628 膠片壓製的板材, 已經沒有經濟效益。其面積規格有 36"x48" ( 12ft<sup>2</sup>, 一般稱此種尺寸為張或 sheet ), 40"x42" ( 13ft<sup>2</sup> ) 及 42"x48" ( 14ft<sup>2</sup> ) 等三種。

<2> FR-4 薄基板: 為用於多層板之內層板, 俗稱 Thin Core, 常用者有:

A. 0.039in 1/1 ( 表示總厚度為 1.0mm 或 39mil, 兩面各有 1 oz 的銅箔 ), 此板材是由 8 張 7628 膠片所壓成。

B. 0.015in 1/1 此板材是由 2 張 7628 膠片組成, 厚度 15mil。上述二種都是用在四層板方面。

C. 0.008in 1/1 此板材是由 2 張 2116 膠片組成, 厚度 8mil, 可用此二

張此種簿基板去壓成 6 層板。

D. 0.006in 1/1 此板材是由 1 張 1506 膠片所組成，即厚度 6mil 者。

可用三張這種簿層板來壓成 8 層板。

表 2-4 印刷電路板之種類

銅箔基板分類	基板產品名稱	應用電子產品
紙基材銅箔基板	紙基材酚醛樹脂銅箔基板（非耐燃板，XPC）	消費性電子產品（電視、攝錄放影機、微波爐）
	紙基材酚醛樹脂銅箔基板（耐燃板，FR-1）	
	紙基材酚醛聚酯同箔基板（非耐燃板，FR-2）	
	紙基材 Epoxy 銅箔基板	
複合基板	Composite 銅箔基板（CEM-1）	電腦通訊產品  高頻電子設備 相機
	Composite 銅箔基板（CEM-3）	
玻纖布銅箔基板	玻纖布為基材之環氧樹脂銅箔基板（FR-4 硬板、FR-4 面基板、FR-4 薄基板）	
	鐵氟龍銅箔基板	
軟、硬板	Polyester Base 銅箔基板（軟板）	
	Polyimide Base 銅箔基板（軟板）	
	Polyester 或 Polyimide 銅箔基板（軟硬板）	

資料來源：工研院材料所 ITIS 計畫

表 2-5 印刷電路板和應用電子產品 / 板厚關係

電路板基材	電路板層數	板厚	應用對象產品	需求特性
紙基 材樹 脂基 板	單面	1.6 mm	電視、錄放影機、收音機、影印機、顯示器、自動販賣機	①
		1.2 mm	鍵盤、印表機	②
		1.0 mm	頭戴立體音響、遙控器、攝錄放影機	③
		0.8 mm	馬達驅動器、計算機、警報器	
	雙面	1.2 mm	遊樂器、計測機器、NC 機器	① ②
		1.0 mm	高級攝影機、電子記事本	③ ④
0.8 mm		電話、無線電話、可攜帶式音響	⑤	
玻纖 布銅 箔基 板	單面	1.6 mm	顯示器、高畫質電視、立體音響、汽車用電子零件、升壓器、電源基板	①
		1.2 mm	調諧器、錄放影機	②
		0.8 mm	電動刮鬍刀	③
	雙面	1.6 mm	印表機、量測機器、通訊設備、文書處理機、柏青哥、影印機、ME 機器、電腦週邊設備、介面卡	① ② ③ ④ ⑤
		1.2 mm / 0.8 mm	可攜式錄放影機、文書處理機、電子遊樂器	
		1.0 mm	錄影機、CCD 攝影機、筆式電腦	
		0.8 mm / 0.6 mm	攝錄放影機、無線電話、PDA	
		0.3 mm / 0.2 mm	計算機、手錶、電子記事本	
		0.1 mm	IC 卡	
	多層	1.6 mm	電腦、文書處理機、傳真機、Burn-in 板、高畫質電視	① ②
		1.2 mm	筆記型 / 掌上型電腦、行動電話、無線電話、IC 模組	③ ④
		1.0 mm	數據機、攜帶式小型電話、掌上型電腦	⑤ ⑥
		0.8 mm	硬碟機、數位音響、小型攝錄放影機、小型掌上型電話	⑦ ⑧
		<0.6 mm	IC 記憶卡、電子記事本、呼叫器、筆記型電腦	⑨
	FPC (軟 板)	6 層	0.6 mm / 0.7 mm	攝錄放影機
4 層		0.3 mm	照相機、印表機、攜帶式終端機	⑧
軟硬 板	8 層	1.2 mm	硬碟機	③ ⑧ ⑨
	6 層/ 8 層	1.0 mm	筆記型電腦	
	4 層/ 6 層	0.8 mm	CCD Camera	

①價格、②品質、③交貨期、④薄形(輕量化)、⑤高密度配、⑥高電氣特性、⑦高尺寸安定性、⑧可撓性、⑨信賴度

- ④ 高性能樹脂板材 ( High Performance Board Material ): 許多高功能的 PCB 必須用到高性能的板材, 如 B.T. ( Bismaleimide Triazine ) 樹脂 ( Tg 180 ) ; 聚醯亞胺 ( Polyimide,PI ); 氰酸酯樹脂 ( Cyanate Ester,CE ) 等, 其玻璃轉換溫度 ( Tg ) 都遠高於泛用的 FR-4, 在尺寸安定性方面較為有利。此外尚有 PTFE 樹脂 ( Poly tetrafluoroethylene , 即俗稱之 Teflon ), 用在高頻 ( 如 5GHz 以上 ) 的微波產品或衛星通訊上。

此類板材的用途有限、市場不大、價格也貴, 在國內很少見, 只有某些大廠曾用到 BT 去製作少許的 P-BGA 產品及 PTFE 高頻板。

- ⑤ 軟板 ( FPC ): 以無玻纖之聚醯亞胺膜、壓克力接著膜及銅箔為主的軟質基材, 其中動態軟板所用者為壓延銅箔 ( RA Foil ), 靜態軟板則為傳統的電鍍銅箔 ( ED Foil )。低階者可用 Polyester ( PET ) 膜與 ED 銅箔製作的板材, 或 PBT 膜直接印銀膏的線路, 但均不易焊接零件, 僅能為互連用途。

### 3) 依可撓性分類

印刷電路板依其可撓性可分為硬質印刷電路板及軟質印刷電路板 ( Flexible Printed Circuit Board , FPC ), 軟質印刷電路板與硬質印刷電路板相較, FPC 具有耐高溫, 能夠彎曲使用, 較為輕薄, 組裝容易, 可做空間立體配線等優點, 因此 FPC 廣泛運用在筆記型電腦、硬碟、通訊產品、TFF-LCD 等產業。

#### ① 硬質印刷電路板簡介

##### <1> 單面印刷電路板(單面板)

單面印刷電路板是 1950 年代初期隨著電晶體的出現, 以美國為中心發展出來的產品, 當時主要製作方法以銅箔直接蝕刻方法為主流。

1953~1955 年日本利用進口銅箔首次作成紙質酚醛銅箔基板, 並大量應用在收音機方面。1956 年日本電路板專業廠商出現後, 單面板的製造技隨即急速進展。在材料方面, 早期以紙質酚醛銅箔基板為主, 但因當時酚醛材質電氣絕緣性低、焊接耐熱性差、扭曲等因素, 陸續有紙質環氧樹脂、玻纖環氧樹脂等材質被開發; 不過, 因為成本關係, 加上酚醛樹脂經過不斷改善, 目前消費性電子機器所需的單面板, 則幾乎採用紙質醛基基板。

單面板的佈線圖型以網版印刷 ( Screen Printing ) 為主, 亦即在銅表面印上阻劑, 經蝕刻後再以防焊阻劑印上記號, 最後再以衝孔加工方式完成零

件導孔及外形。此外，部份少量多樣生產的產品，則採用感光阻劑形成圖樣的照相法。目前單面板的應用產品如表 2-6 所示。

表 2-6 單面板應用產品分類表

材 質	應 用 產 品
紙粉醛樹脂	電視、錄放影機、收音機、影印機、顯示器、自動販賣機、鍵盤、印表機、頭戴立體音響、遙控器、攝錄放影機，馬達驅動器、計算機、警報器
玻纖環氧樹脂	顯示器、高畫質電視、立體音響、汽車用電子零件、升壓器、電源基板、調諧器、錄放影機、電動刮鬍刀、電腦週邊設備

資料來源：工研院經資中心 IT IS 計劃

## <2> 雙面印刷電路板(雙面板)

隨著電子機器的多功能化、小型化進展，電路板上需負擔更多的功能，因此在單面線路無法承載下，於是朝雙面配線的方向邁進。1953 年 Motorola 公司最早採用圖案成形與鍍通孔互接的製造方法，亦即在不附銅箔的紙酚醛板上被覆一層黏著劑，再用銀鏡反應方式進行。此種電鍍法在當初屬於甚為複雜之製造法，但因用來導通孔壁的銀，會產生遷移(migrate)的現象，故未能普及。爾後，利用 Pd / Sn 絡合鹽類的敏化(Sensitizing)方法被開發後，並於 1960 年代逐漸廣為應用。

雙面圖案的互接，原本有跳線(Jumper)法、金屬扣眼法、Press Pin 法、鍍通孔(Plated Through Hole，簡稱 PTH)法。基於效率、可靠度等考量，目前雙面板製造商則幾乎採用 PTH 法。PTH 電路板主要的製造方法，有利用通孔電鍍與蝕刻銅箔的方式，將基板表面局部無用的銅箔除掉，而形成電路的減成法( Subtractive Process)以及在無導體的基板表面，另加阻劑以化學銅進行局部導體線路的加成法(Additive Process)，目前仍以前者應用較為普遍。

PTH 的減成法中又可分為全板電鍍(Panel Plating)法與線路電鍍(Pattern Plating)法兩種方式。前者當初係以鍍金、鍍錫鉛再經蝕刻方式為



主，然因產生懸空(Overhang)等問題，陸續有使用乾膜(Dry Film)的蓋孔法(Tenting)或塞孔法出現。1980 年代後半，利用電著光阻的析出方式(Electro-Deposited Process；ED 法)成功被開發，隨著均勻電鍍法及含有電鍍層的銅箔層上所使用之精密蝕刻技術亦趨成熟後，全板電鍍法則廣被採用。線路電鍍法則是在製程板上，全面進行無電解銅層，再以電解銅電鍍線路而成。此種製造方法雖因流程較長，但因屬較安全的作法，故仍被大量採用中。至於加成法在雙面板的應用比例相當低，但從節省能源及均勻性的觀點來看，則相當受到歡迎。加成法主要可分為在無銅箔之基板表面以化學銅加做線路之”全加成法(Full-Additive)”，以及採用超薄銅皮(UCF)基板與阻劑進行負片法線路鍍銅與錫鉛，再經剝膜、蝕刻成之”部份加成法(Partial-Additive)”。此種製程方法在 1960 年代即已出現，但因材料、製程技術及電鍍物性等問題，普及程度相當低；不過，近年隨著上述因素的改善，及應用的潮流走勢，相信加成法與從加成法所衍生的”增層法”(Build up Process)等潛力勢必無窮。

此外，不同於鍍通孔製程的銀貫孔製造方法，目前雖尚未成為雙面板通孔技術的主流，但從無需電鍍環境及低製作成本的利基來看，應有相當大的發展空間。目前雙面板產品的應用整理如表 2-7 所示。

表 2-7 雙面板應用產品分類表

材 質	應 用 產 品
紙基粉醛樹脂	遊樂器、計測機器、NC 機器、高級攝影機、電子記事本、電話、無線電話、可攜帶式音響
玻纖環氧樹脂 (FR-4)	印表機、計測機器、通訊設備、文書處理機、柏青哥、影印機、ME 機器、電腦週邊裝置、介面卡、可攜式錄放影機、電子遊樂器、錄影機、CCD 攝影機、筆式電腦、攝錄放影機、無線電話、PDA、計算機、手錶、電子記事本、IC 卡

資料來源：工院經資中心 IT IS 計劃

### <3> 多層印刷電路板(多層板)

1961 年美國 Hazeltine Corp 發表”Multiplanar”是首開多層板開發之先驅，此種方式與現今利用鍍通孔法製造多層板的方式幾近相同。1963 年日本跨足此領域後，有關多層板的各種構想方案、製造方法，則在全世界逐漸普及。而隨著由電晶體邁入積體電路時代，電腦的應用逐漸普遍之後，因高功能化的需求，使得佈線容量大、傳輸特性佳成為多層板主要的訴求重點。

當初多層板以(1)間隙孔(Clearance Hole)法、(2)增層法(Build Up)、(3)鍍通孔(PTH)法三種製造方法被公開。由於間隙孔法在製造上甚費工時，且高密度化受限，因此並未實用化。增層法因製造方法相當複雜，加上雖具高密度化的優點，但因當時對高密度化需求並不如現在來得迫切，故一直沒沒無聞；最近則因高密度電路板的需求日殷，再度成為各家廠商研發的重點。至於與雙面板同樣製程的 PTH 法，目前仍是多層板的主流製造法。

多層板的應用廣泛，主要有資訊產品的桌上型電腦、筆記型電腦、掌上型電腦、硬碟機、文書處理機、IC 卡；通訊方面是行動電話、高速數據機、網路集線器、呼叫器；消費性電子的數位電視、Video-CD、數位照相機、電子翻譯機與其他類的應用產品，如表 2-8 所示。

表 2-8 多層板應用分類

消費性產品	數位電視、Video-CD、數位照相機、電子翻譯機、電視音響
通訊產品	局用交換機、行動電話、高速數據機、網路集線器、呼叫器
資訊產品	桌上型電腦、筆記型電腦、掌上型電腦、硬碟機、文書處理機、IC 卡
其他產品	儀器控制、軍用設備、汽車工業

資料來源：工研院經資中心 IT IS 計劃

### ② 軟性印刷電路板簡介

軟性印刷電路板或軟板(Flexible Printed Circuit，簡稱 FPC)；FPC 是由柔軟之塑膠絕緣底膜(Dielectric Base Film)、銅箔及接著劑(Adhesives)貼合一體化而成，可以配合機器之形狀嵌入後經加工之導體，其特色為(1)可以彎曲；(2)耐

屈曲性佳；(3)薄且輕；(4)設計之自由度大，可以三次元配線；(5)能省略接線器、電線與電線之焊接；(6)可以高密度配線；(7)沒有誤配線；(8)容易組立；(9)信賴性高；(10)可以連續式生產。

因軟性印刷電路板具有可撓性或彎曲性，可以就產品可利用的空間及形狀進行三度空間立體配線，主要應用在筆記型電腦、可攜式光碟機、磁碟機、印表機、行動電話、照相機及汽車，LCD 面板等高精密科技產品。相較於硬式印刷電路板，軟性印刷電路板具有可連續自動化生產、可提高配線密度、重量輕、體積小、減少配線錯誤、組合簡單等優點，但是軟性印刷電路板亦因其材質既軟且薄的特性，於生產過程中需要更高的技術，以克服諸多製程的挑戰，表 2-9 為軟性電路板之缺點比較。

表 2-9 軟性電路板之優缺點比較

優 點	缺 點
可連續自動化生產	單價較高(製造本較高)
可提高系統之配線密度	易於製造過程中碰傷或掉落
接點電線焊接可以部份省略	易靜電殘留而吸塵
可減少配線之錯誤	不適合重的元件配
重量較輕	機械強度低
所佔空間較小	不易進行檢查及修復
可以之體配	
可依空間之限制改變形狀	

FPC 之產品結構型態可區分為：(1)單面板(Single Side)；(2)雙面板(Double Sides)；(3)多層板(Multilayer)；而特殊功能應用有單層兩面露出板(Double Access)、軟硬板(Rigid-Flex)及浮雕板(Sculptural)，應用於手機多用雙面板。在生產方式上，因軟板材質相當柔軟，加工時外形不容易固定，所以中小型廠大多採批次、少量多樣的方式生產，其產品型式為製程較複雜、困難度較高的高附加價值產品；而大型軟板廠多採 Roll to Roll 連續生產方式，成本低產能大為其優點，其產品型式為照相機、硬碟機等電腦週邊產品。在製程技術方面，雖然製程簡單但技術困難度不比硬板低。

#### 4) 依應用領域分類

印刷電路板的空間範圍相當廣泛，目前印刷電路板主要應用在電腦及周邊資訊相關產品，通訊、消費性產品、航太/軍事、汽車、產業用機器及儀器設備七大領域，如圖 2-7 所示。

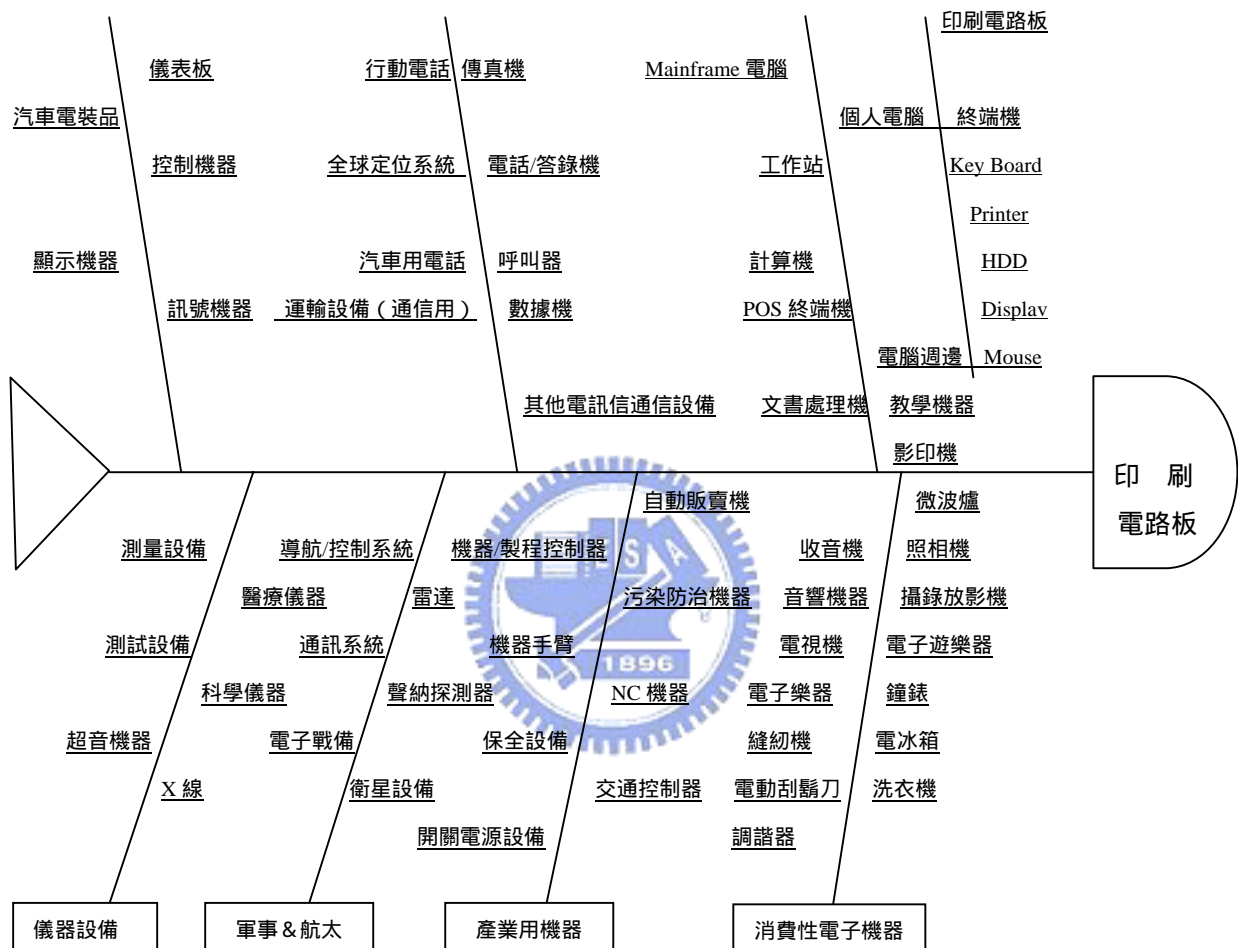


圖 2-7 印刷電路板產品應用狀況

資料來源：工研院材料所 IT IS 計畫

#### 2.4.2 印刷電路板主要材料簡介

製造印刷電路板的主要原料有銅箔基板、黏合片（預浸片）、阻劑、乾膜阻劑、阻焊劑、助焊劑和各種化學藥水等[6]。

##### 1) 銅箔基板(Copper-Clad Laminate)

銅箔基板主要是以樹脂（環氧樹脂、酚醛樹脂、聚亞醯胺樹脂 等）加入補

強材料（玻璃布、絕緣紙 等），在高溫高壓下，於單面或雙面加銅箔而成。其中銅箔（Copper Foil）係供作電子零組件之線路連接導體，積層板則作為電子零組件間之絕緣及支撐用。銅箔基板為印刷電路板產業的要角。銅箔基板除需具備印刷電路板製造時所需之機械加工強度及電氣絕緣性能外，有時依不同功能印刷電路板之要求，另需具備良好之熱傳導性、抗化學藥品性、耐高溫或其他特殊性能要求。當前配合表面黏著技術 Surface Mounting Technology，簡稱 SMT)之應用，及印刷電路板高密度。高功能之發展，對於銅箔基板之耐熱性、安定性、板翹、厚度及其他等品質之要求也愈加嚴格。

基板的分類方式有許多，但主要以構成原料的不同來分類可分為：如紙基材銅箔基板、複合型基板、玻纖布銅箔層基板、軟性基材板、 等，如表 2-10 所示。

#### ① 紙質酚醛樹脂基板（Paper Phenolic CCL）

按 NEMA 標準，將紙基板按功能分為十幾種型號。其中常見的有 XPC、XXPC、XXXPC、FR-1(XPC-FR)、FR-2、FR-3 等。前三種中有一個“X”表示有高的機械性能，有兩個“X”表示有高的機械性能和高的介電性能，有三個“X”表示有高的機械性能、高介電性能，並可用於有線或無線電波及高濕度的場合；後三種以字母“FR”為代號的銅箔基板，表示具有難燃或阻燃性，“FR-1、FR-2、FR-3”，表示電性能等方面的要求按排序逐次有所提高。是由電解銅箔、白色絕緣紙與酚醛樹脂等構成，紙基板具有價格低、可衝孔加工等優點，但一些介電性能、機械性能較玻璃布基板低，吸水性高也是紙基板的缺點，主要用於製造家用電器。在大陸 XPC 板又稱 HB 板，主要用於收音機、錄音機、電子鐘、遙控器、文字處理機、個人電腦鍵盤、個人用小型計算器、電子琴、小型電動玩具等方面。FR-1 板又稱 VO 板，主要用於彩色電視機、顯示器、工業監視器、錄放影機、CD 唱機、數位錄音機、家用音響、洗衣機、吸塵器、電鍋、電熱毯等方面。

#### ② 複合基板(Composite Epoxy Material CCL)

按 ASTM/NEMA 標準，CEM 類銅箔基板分為兩大類：以環氧樹脂為粘合劑、玻璃纖維布作為兩側面，以纖維紙為芯的增強材料的為 CEM-1 板，非阻燃型為 CEM-2 板（IPC 標準）；以環氧樹脂為粘合劑，玻璃纖維布作為兩側面，以玻璃無紡布為芯的增強材料的為 CEM-3 板，非阻燃型為 CEM-4 板（IPC 標

準)。另外還有以聚酯樹脂為粘合劑，以玻璃布、玻璃不織布為複合基材的複合基銅箔基板、ASTM/NEMA 標準稱為 FR-6，IPC 標準稱為 CEM-5。按性能分剛性板、高頻電路用板和耐高溫板等。此種板材之補強物係介於絕緣紙及玻璃纖維布之間，以雙面板為例，其上下二層係採用 7628 黏合片，而內層有數張黏合片，黏合片若使用絕緣紙含浸環氧樹脂的則稱為 CEM-1 基板；若以玻紗蓆（Chopped Strand Mat）含浸環氧樹脂者稱為 CEM-3 基板，CEM 型複合材料基板之規格以 1.6mm 厚度為大宗，其性能與價格高於 XPC、FR-1、FR-2 等之絕緣紙基材。

### ③ 環氧樹脂基板（Epoxy Resin CCL）

按 NEMA 標準，玻璃布基銅箔基板分為 G-10、G-11、FR-4、FR-5 四種。其中前二種為非阻燃板，後二種為阻燃板。其中 FR-4 板已佔目前世界玻璃布基銅箔基板總產量的 90%。玻璃布基板主要用於製造工業電子產品用的印刷電路板。此應用的範圍最廣泛。再將之細分又可分為：雙面基板及薄基板。



表 2-10 銅箔基板之分類

電路板基板材料種類	基板材料細分類
紙基材銅箔基板	紙基材酚醛樹脂銅箔基板（非耐燃板，XPC） 紙基材酚醛樹脂銅箔基板（非耐燃板，FR-1） 紙基材聚酯類銅箔基板 紙基材環氧樹脂銅箔基板
複合基板	Composite 銅箔基板（CEM-1） Composite 銅箔基板（CEM-3）
玻纖布銅箔基板	玻纖布基材含浸環氣樹脂銅箔基板（G-10） 玻纖布基材含浸耐燃環氣樹脂銅箔基板（FR-4） 高耐熱性為基材環氧樹脂銅箔基板（FR-5） 玻纖布基材含浸聚亞醯胺樹脂銅箔基板 玻纖布基材含浸 Teflon（PTFE）樹脂銅箔基板
軟 / 硬板	Polyester Base 銅箔基板（軟板） 聚亞醯胺 Base 銅箔基板（軟板） Polyester 或 Polyimide 銅箔基板（軟硬板）

資料來源；工研院材料所 IT IS 計畫

<1> 雙面基板：俗稱 Rigid Double Sided (D/S)，此型基板較上述絕緣紙基材酚醛樹脂型銅箔基板基材，具有較優良之機械加工性、安定性、耐濕性、絕緣性及導熱性能等，其售價較高，一般應用於電腦、通訊等用途之印刷電路板。其代表類型包括 G-10、G-11、FR-4、FR-5 等，其中 FR-4 是國內雙面板與多層印刷電路板用量最大者。以 1.6mm 之雙面板為例，其外表係各由一張 1oz 的電鍍銅箔及數張 7628 黏合片積層熱壓而成。

<2> 簿基板：為用於多層板之內層板，俗稱 Thin Core，常用者有：

- 1.0mm 1/1（表示總厚度為 1.0mm 或 39mil，兩面各有 1oz 的銅箔），此板材是由 5 張 7628 膠片所壓成，用在四層板方面。
- 0.8mm 1/1，此板材是由 4 張 7628 膠片組成，厚度 31mil，亦使用於四層板。

- 0.4mm 1/1，此板材是由 2 張 7628 膠片組成，厚度 15mil，可用二張此種薄基板去壓成 6 層板。
- 0.25mm 1/1，此板材是由 2 張 2116 膠片或 2 張 1652 膠片所組成，即厚度 10mil 與 8mil 者。可用三張這種薄層板來壓成 8 層板。

④ 軟性基板（亦稱為可撓性銅箔基板，Flexible CCL）

產品主要分為聚酯薄膜軟銅箔基板和聚亞醯胺薄膜軟銅箔基板兩類，再按性能又可分為阻燃和非阻燃，按製造技術又可分為二層法和三層法。目前大多情況下使用的軟銅箔基板均為以聚酯或聚亞醯胺薄膜為介質材料，採用三層法製造的阻燃型及非阻燃型軟銅箔基板及其覆蓋膜。

除以上現行大量使用之基板外，尚有一些高性能的樹脂基板，即許多高功能的印刷電路板必須使用高性能的基板。如 BT 樹脂（Bismaleimide Triazine， $T_g$ ：180℃）聚亞醯胺樹脂（Polyimide，簡稱 PI 樹脂， $T_g$ ：250℃）其玻璃轉移溫度（ $T_g$ ）都遠高於已廣泛使用的 FR-4，在尺寸安定性上較為有利。此外尚有 PTFE 樹脂，可用在高頻（如 1GHz 以上）的微波產品或衛星通信方面發揮長處。此類板材價格貴，市場不大，故在國內很少見。各類銅箔基板與印刷電路板的關聯，如圖 2-8 所示。



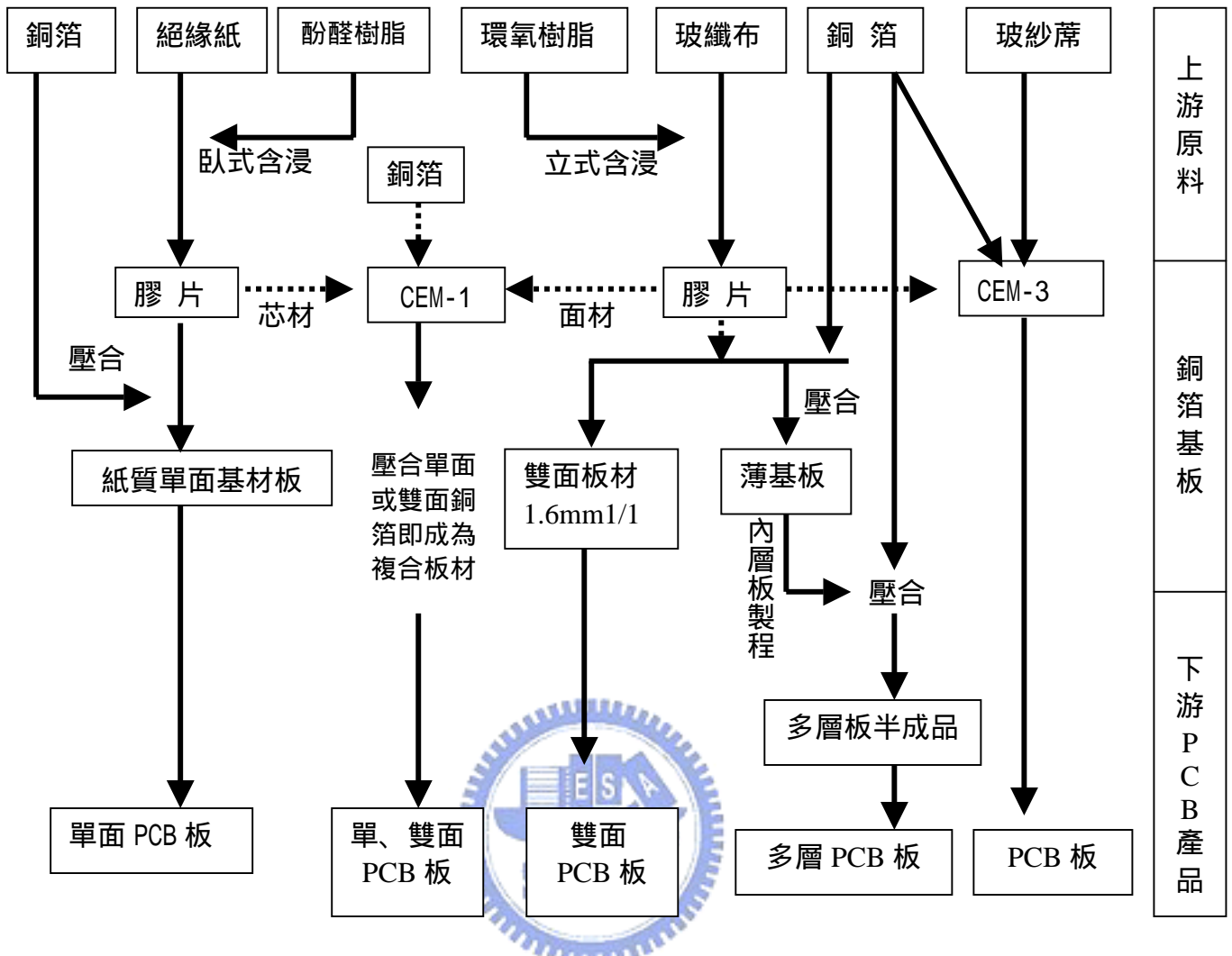


圖 2-8 銅箔基板上、下游產業關聯圖

資料來源：工研院化學工業研究所 IT IS 計劃整理

## 2) 黏合片 (Bonding Sheet, 又稱預浸片 Prepreg)

是由樹脂和增強材料構成的一種片狀預浸材料。其中樹脂是處於 B 階段結構，在溫度和壓力作用下，具有可流動性並能很快地固化和完成粘合過程，並與增強材料一道構成絕緣層，是用來製造多層板的層壓材料。

## 3) 阻劑 (Resist)

用來掩藏或保護選定的圖形部分不受蝕刻劑、電鍍液、焊料等影響的塗覆材料。

## 4) 乾膜光阻

受光顯影用以印製抗蝕圖形，並產生化學變化來保護電路圖形的作用。乾膜分為溶劑型和水溶型二種，由於後者公害小，價格便宜，而且能獲得與前者同樣的效果，因而發展很快。

#### 5) 阻焊劑 ( 油墨 ) ( Solder Resist )

用來保護所選定的圖形部分不受焊料影響的耐熱塗覆劑，從熱固型、光固型發展到當今大量使用的液態感光成像型。

#### 6) 助焊劑 ( Flux )

一種化學活性化合物，塗覆於金屬表面，以減少金屬的氧化，並於加熱時可消除局部金屬表面氧化的作用，促進焊料與基體金屬的結合。

印刷電路板提供一硬體平台，使各項電子元件組裝於表面，再製成各種電子設備，而此平台的主要支撐物即是基板。基板的主要構成材料為樹脂、補強材料及銅箔，分述如下：

- 1) 樹脂：依基板種類不同，常用的樹脂有酚醛樹脂、環氧樹脂及聚醯亞胺樹脂。
- 2) 補強材料：包括紙基材銅箔基板所用的絕緣紙及玻纖布環氧樹脂銅箔基板所使用的玻纖布皆屬之。紙質單面基板所用之膠片是以每捲寬度 105cm 之連續白色絕緣紙（每捲為 3,000m 長，共重 440Kg），經臥式含浸與百米長的熱烘烤半硬化而製得，此一絕緣紙與一般紙類之差異在於：不能添加填充劑、不能使用回收紙及必須純淨無雜質，以維持良好的絕性，同時也必須維持均勻的厚度與密度，以保證 CCL 均厚與尺寸安定性。E-glass Fabric Cloth 電子級玻纖布（I-glass Fabric Cloth），是由 200-400 支電子級玻璃絲撚合成為玻璃紗，再以一上一下的平織法織成的布。
- 3) 銅箔：印刷電路板所使用的銅箔可分為電解銅箔(Electro-Deposited, ED Foil)及壓延銅箔（Rolled Annealed, RA Foil），前者廣泛用於各類硬質印刷電路板中，後者生產較為困難，價格極貴，僅用於動態軟板中。

綜合以上，台灣以銅箔基板為主的原物料上下游產業結構如圖 2-9 所示，從環氧樹脂、銅箔、玻纖布到 FR4 基板、複合基板 等，都能充分供應，連過去較欠缺的銅箔，近來也已供應不虞。中游的紙基材銅箔基板、玻璃布基材之銅箔基板，以及下游的單面板、雙面板、多層板、軟板、軟硬板，加上周邊支援的生產設備，化學品供應等，都非常健全，形成一個強有力的競爭團隊。

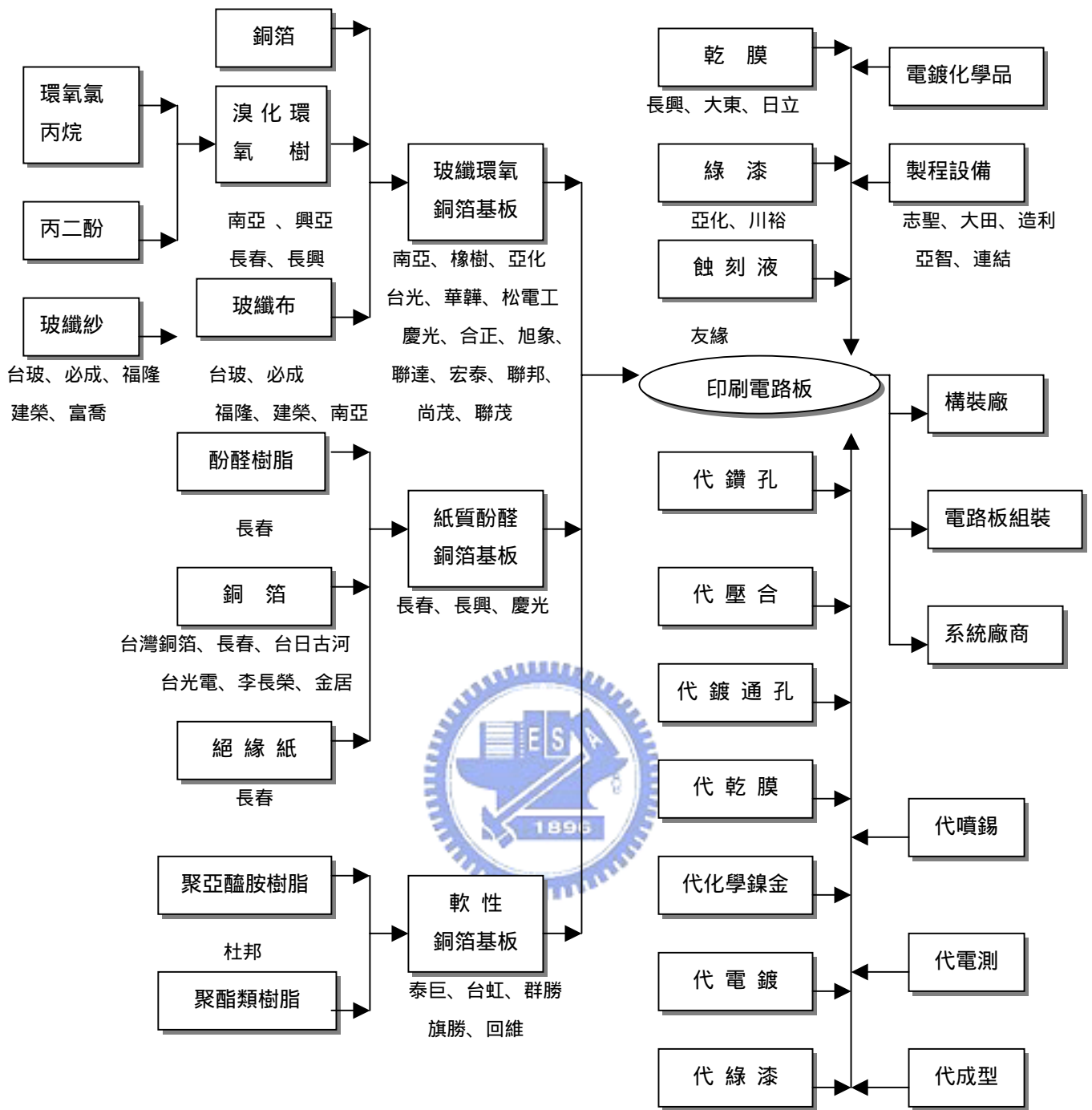


圖 2-9 台灣印刷電路板產業結構

## 2.5 印刷電路板的製作流程

當我們完成電子產品的迴路設計且使用的零件也決定了之後，必須設計印刷電路板將它們裝載在印刷電路板上，進行零件的連接，發揮電子產品或系統的機能。

在做印刷電路板的設計，除了零件的資訊外，還要考慮組裝方式、材料、配線規則，製造程序等。為了因應輕量化、小型化、高性能化，使得傳統的單面及雙面印刷電路板發展為多層印刷電路板，又因追求設計的自由度的需求，而產生了增層印刷電路板等的應用。

積體電路（IC）也因電子產品在輕、薄、腳數愈來愈多、厚度愈薄且面積愈小的需求，而產生革命性的變化，從原有 DIP（Dual In-Line Package），QFP（Quad Flat Package），更新為 BGA（Ball Grid Array），到近期的主流封裝方式如 CSP（Chip-Scale Package）及覆晶封裝（Flip Chip，FC），隨著 IC 整合化趨勢愈是明顯，未來 IC 封裝將捨打線封裝而改採需 IC 載板配合的無導線封裝。

關於多層印刷電路板的製造程序，現在使用最多的是電鍍貫穿孔法。這是由於在設備及材料上，已經配合電鍍貫穿孔法而開發、齊備，將產業基礎建立起來的緣故。電鍍貫穿孔法可以用來製造雙面板及多層板。電鍍貫穿孔法是將絕緣基板的表面或內層的導體圖案，利用已經在各層圖案之間開好的孔，在其內壁上電鍍，使之連接的方法。

而另一方面，自 1988 年左右開始開發的增層印刷電路板，也在 1998 年左右完成了生產線的準備，成為實用化的方式。比起過去的多層印刷電路板製程，這種增層印刷電路板又再加入了新的技術。電鍍貫穿孔法及增層法的製造流程，是將許多不同的技術組合起來所構成，增層法的核心基板係使用一般的多層印刷電路板，增層印刷電路板 build-up 層的形成，也是使用過去在多層印刷電路板各個部分的技術。

多層印刷電路板的製造方法見圖 2-10[5]，大致可分成以下七大個部分[12,15]：

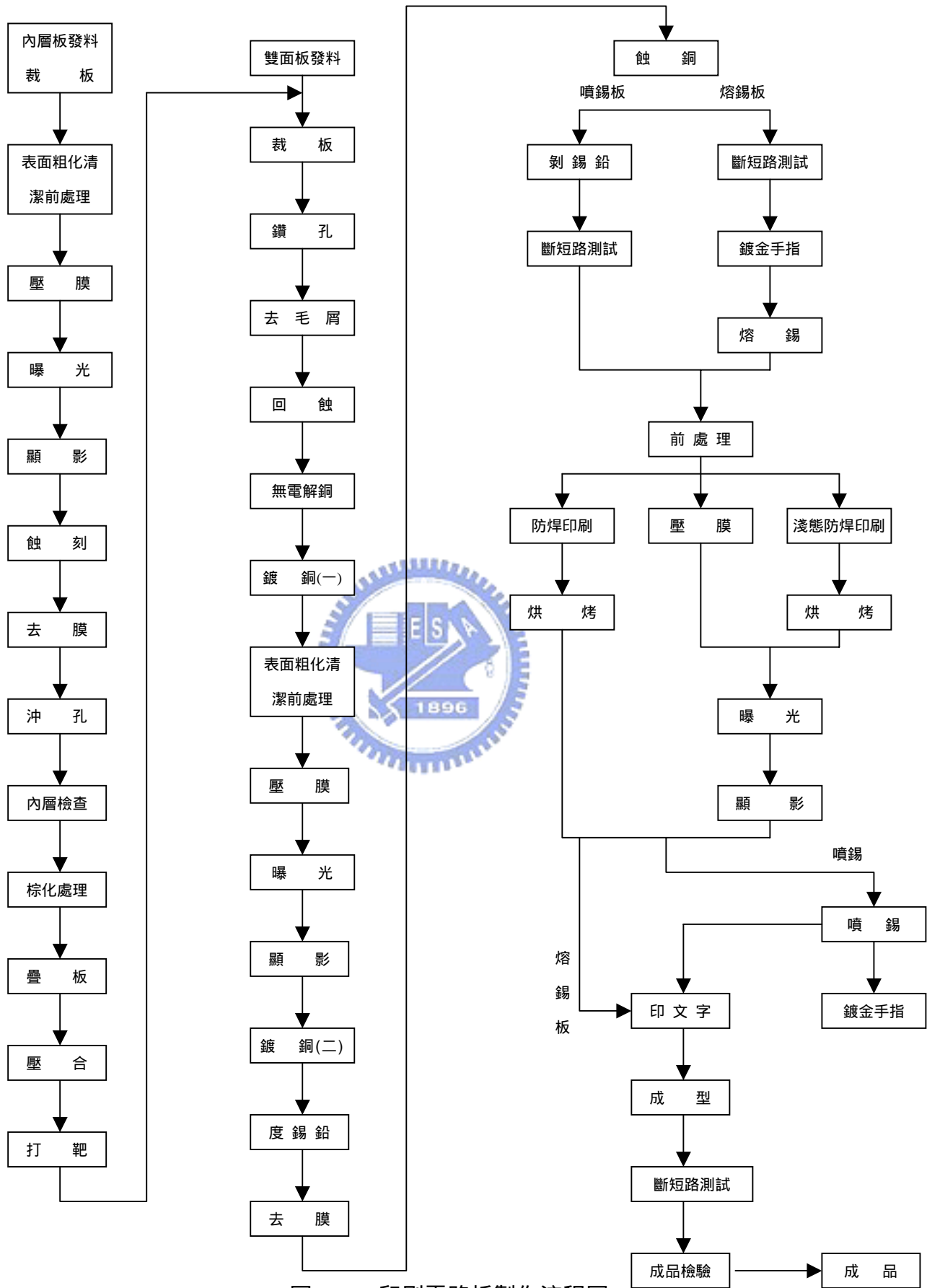


圖 2-10 印刷電路板製作流程圖

資料來源：工研院材料所

### 2.5.1 內層圖案（線路）製程

多層印刷電路板的內層，通常是使用薄片的銅箔基板，在其表面形成導體圖案後，再將之做為內層，在後續的基層工程中，組在多層印刷電路板的內部使用，內層圖案製程如圖 2-11[15]所示，一核心銅箔基板隨著多層印刷電路板薄型化的進展，內層核心材料所選擇的銅箔基板，厚度約為 0.6 mm~1.2 mm 左右，而銅箔則為 18~70 $\mu$ m 的產品。

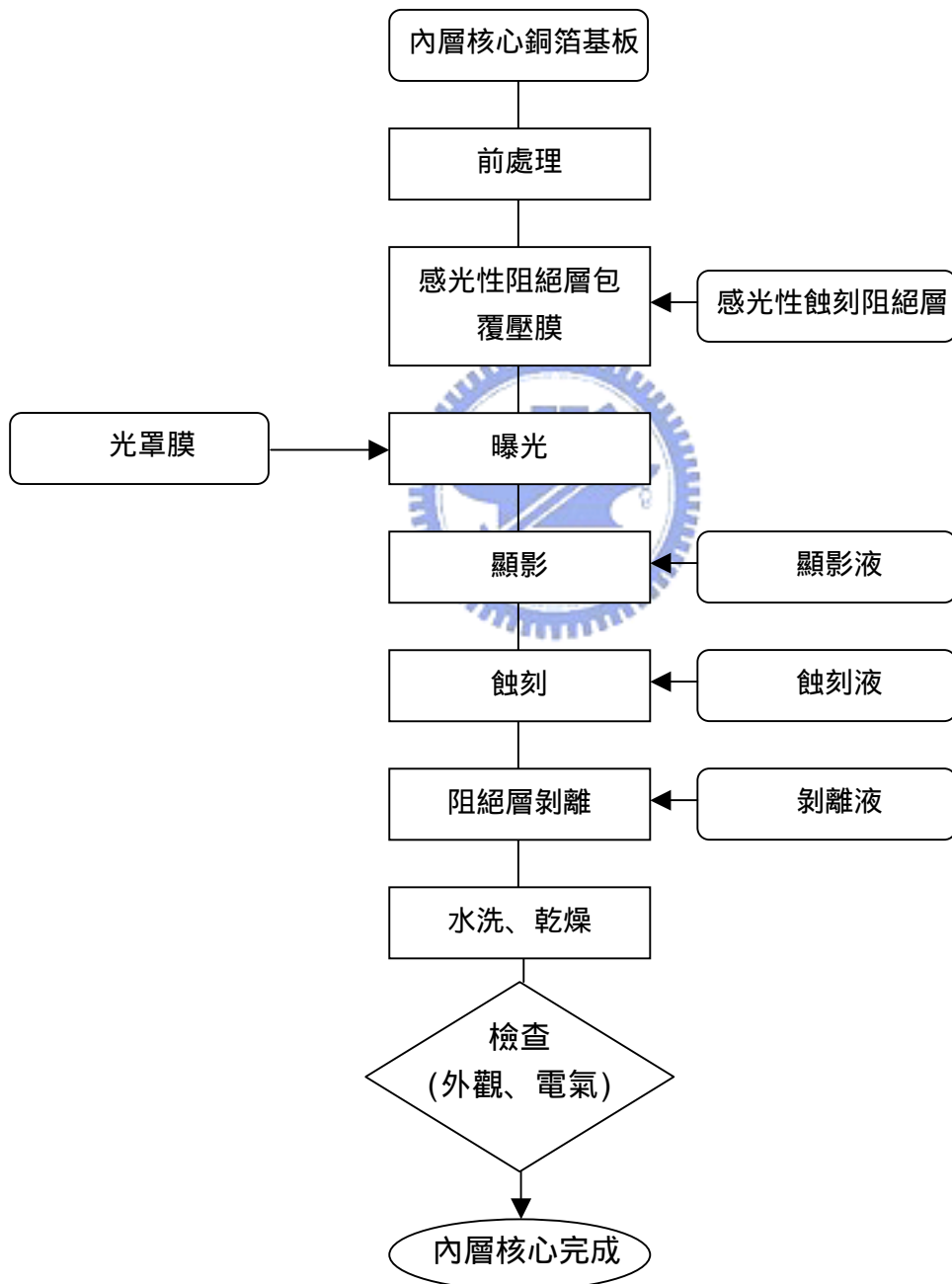


圖 2-11 內層圖案製作

### 1) 發料

銅箔基板由積層板的製造商供應，裁切成為適合製程工程的尺寸，而成為所使用的製造面板。

### 2) 前處理

前處理的目的乃是為了提高阻絕層的密著性，而其基本程序為「機械研磨 - 化學修面」，機械研磨除去銅箔表面凹凸的固體物，會留下 0.3~0.1 $\mu\text{m}$  程度的適當粗度，其方式包括有：濕式磨光輥 (buff roll)，砂帶磨光機 (belt sender) 或濕式浮石 (pumice) 研磨 (brush scrub, jet scrub)，須依污垢及瑕疵的程度選擇。為了要除去氧化膜，使潔淨的金屬漏出來，化學洗淨中的酸洗是不可缺少的，通常先用硫酸 - 過氧化氫混合液，或過硫酸鹽水溶液進行微蝕 (micro etch)，再以硫酸進行酸洗。

### 3) 感光性阻絕層的塗佈及壓膜

感光性阻絕層適用於導體上，使用時，先形成應該留下的導體圖案阻絕膜後，再藉蝕刻將不要的導體除去，回來製作圖案的感光性阻絕層，有以下三種產品：

#### ① 感光性乾膜 (Photosensitive dry film)

感光性乾膜的構造，是由聚脂膜 (polyester film) 及聚乙烯膜 (polyethylene film) 重疊而成的三明治狀態。

乾膜可以同時在雙面進行壓膜，在壓合時，必須不使空氣混入，應均勻地進行，壓合前的面板溫度、壓合時的溫度、面板速度、輥子壓力片以及壓合後的放置時間等條件，需要配合阻絕層的特性而設定。

乾膜容易處理，材料成本雖高，但總成本較低。

#### ② 液狀阻絕層 (liquid photoresist)

液狀阻絕層係包覆厚度很薄的阻絕層，可以得到解像度良好的產品。其塗佈的方法包括有：噴霧、輥輪包覆、帷幕包覆、浸覆。

其中輥輪包覆法及浸覆法可同時包覆雙面，其他則是在做好單面後，即要

進行翻面，對於包覆中的相反面，必須注意保持其潔淨程度。

### ③ ED 阻絕層 ( electrophoretic deposition )

ED 阻絕層係將感光性阻絕層做成膠體，以電氣游動法析出在電極上面做出產品，這種產品也有正、負兩種型式，析出的膜為液狀的形態，包覆 ED 阻絕層所使用的裝置，和電鍍裝置相同。

### 4) 曝光

製造面板上的感光阻絕膜形成完畢之後，與原圖製作出的光罩膜或乾板密接，即施以一定光量的紫外線進行曝光，面板與光罩膜疊合好的產品，係藉薄膜及玻璃進行真空壓著。經由曝光，被紫外線照射到的地方會發生化學變化，在阻絕層內形成潛在影像。阻絕層的硬化度在 15~30 程度的範圍內，可藉由改變曝光的光量製作出來，使用長條狀洗膜的光階片 ( step tablet )，以設定最適當的曝光量。若過度曝光時，光線會在阻絕層的擴散，使解像度變差，若不足的話，由於硬化不完全，顯影時會發生剝落。

### 5) 顯影

顯影是將曝光工程所形成的潛在影像，變成外露影像的工程，顯影就是將此未硬化部份或可溶解部分溶解去除的工程，依阻絕層的種類，而使用不同的顯影液

顯影作業時使用的是水平輸送裝置，用噴頭噴出霧狀的溶液，此時的顯影液濃度、溫度、噴霧壓力面板上的溶液的排除效率等。會對圖案的再現性發生影響，所以必需仔細地檢討，進行設定及管理，顯影工程大部分和後續的蝕刻工程、剝璃工程連在一起作業。

### 6) 蝕刻

蝕刻是將沒有阻絕層、露出不要的金屬以化學的方式溶解，它也就是將不要的銅的部分溶解而完成導體圖案的一個工程，蝕刻時使用的是水平輸送裝置，從上下側噴灑蝕刻液的方式進行，與顯影裝置連結在一起，連續地處理。

蝕刻工程是一個溶液消耗量大、變化亦大的處理工程，而蝕刻條件的項目包



括有溫度、蝕刻液濃度、銅濃度、黏度、噴灑壓力、噴灑液的粒徑、輸送速度、板表面的溶液流動狀況等。

蝕刻液皆是氧化性的水溶液，它可將銅箔氧化及溶解，故又稱為腐蝕劑 (etchant)，採用的蝕刻液的產品包括有氯化鐵溶液、氯化銅溶液、鹼性腐蝕劑。

蝕刻的反應中，擴散效應受到新蝕刻液被運送到銅表面的速度所影響，並進而使反應物的濃度發生改變，而被送出的速度則使蝕刻的速度改變，並影響到精度

#### 7) 剝離

經過蝕刻之後，完成了導體圖案的面板上，阻絕層成為不需要的物體，所以要將之剝離，以完成銅箔的圖案。剝離乃藉由剝離液噴灑來進行。

剝離液因阻絕層的種類而異，對於有機溶劑顯影型的負型阻絕層，要選擇膨潤性溶劑，藉噴灑使之膨潤而去除，而在鹼性顯影性阻絕層的剝離方面，使用的是高濃度的氯化銅水溶液進行膨潤剝離，剝離之後，要進行充分的水洗，再加以乾燥。

#### 8) 檢查

在完成內層蝕刻面板之後，即要對製造面板進行檢查，因為做好內層蝕刻的面板要使用在多層積層後的多層印刷電路板內部，故這個階段的檢查是很重要的，其目的除了檢出不良品外，重點應該是從掌握製品品質的觀察來實施。內層檢查以外觀檢查為主，一般皆是用目視檢查，必要時，要靠放大鏡來檢查，或採用自動外觀檢查設備進行。

### 2.5.2 積層壓合製造流程

積層壓合乃是將單面或雙面上已形成圖案的銅箔基板，依設計的層數在積層的模板間，放置做為外層的銅箔，以及層間接著用的黏合片，進行編成的工程，或是為了將 IVH 埋入多層板的內部使用電路貫穿的雙面板（或多層板）當作內層板，而進行多層化的工程，或是在已形成好圖案的絕緣基板上的增層積層品，用壓合機將附樹脂銅箔接著上去的工程。

為了提高絕緣樹脂與銅箔的接著性，故在積層之前是要進行積層前處理，當積層壓合完成後，則要進行下一個工程所適用的基準孔的加工，並進行面板的外型加工，積層品就此產生，積層壓合的程序如圖 2-12[15]所示。

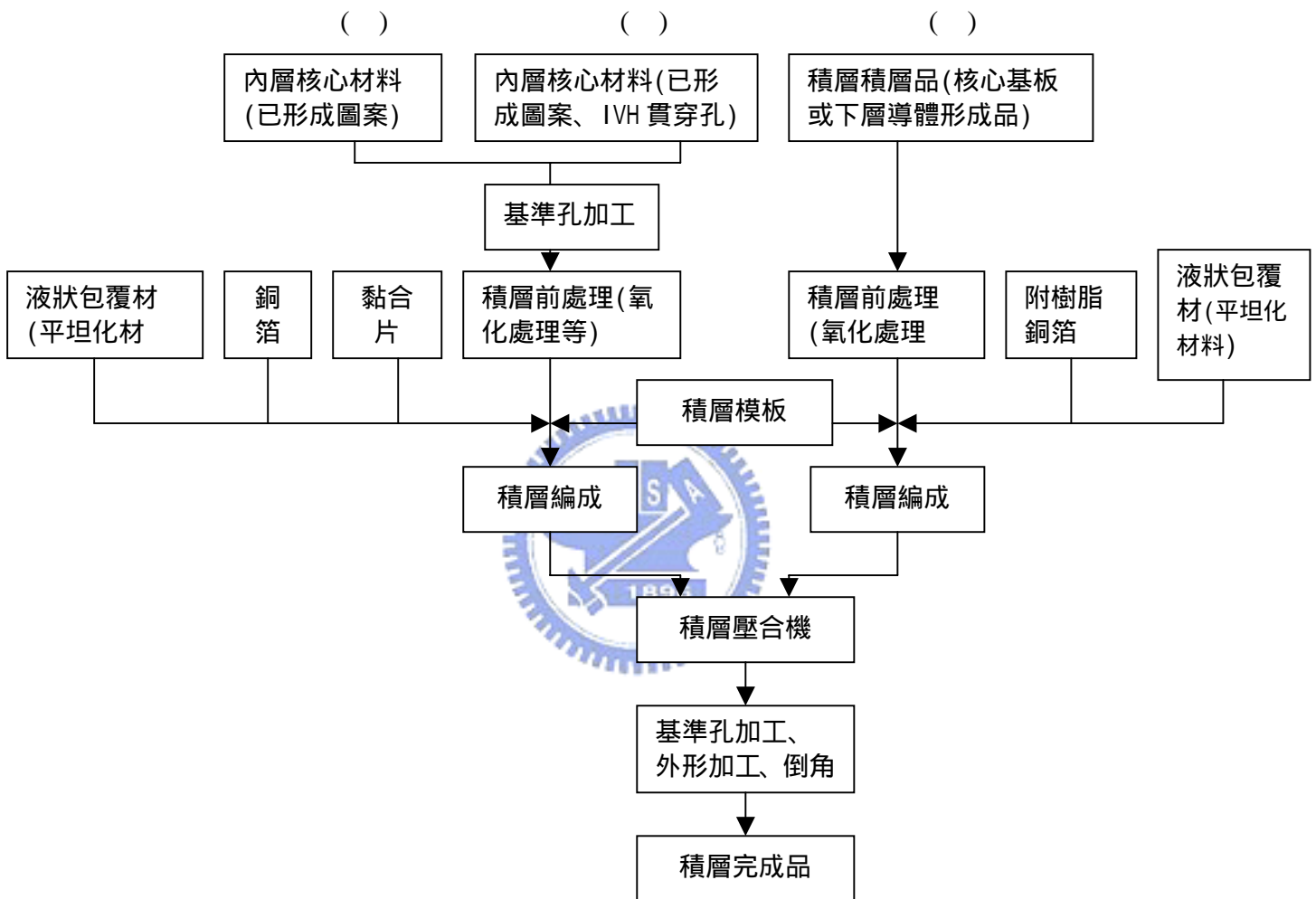


圖 2-12 使用壓合機的多層積層製程

### 1) 基準孔加工

基準孔是在內層加工時即設定出基準記號，藉由讀取、中心分配法，使用鑿孔錐或鑽頭來開孔。

內層的位置套合方法包括有：

- ① Pin Lamination 法：插入銷到預先加工好的基準銷孔，以使層間套合。

② Mass Lamination 法：乃採插入扣眼，以將內層間位置套合的方法。

## 2) 積層前處理

由於環氧樹脂和銅之間的接著力很弱，一般要用強鹼氧化性溶液，在銅的表面形成黑色氧化銅的表層，此即為氧化處理或稱為黑化處理，溶液以過硫酸鹽或過氯酸鹽為主體，而樹脂是靠與氧化膜之間的支撐點（anchor）效應而接著。

## 3) 積層編成

積層的編成乃依照設計的指定，將內層核心材料、黏合片、銅箔堆疊在積層的模板間，在編成的時候，不論段數若干，在一次的壓合工程中，所有的核心面板尺寸都必須相同。

## 4) 積層壓合機加工

在積層模板內，已編成好的多層積層編成 block 之間，插入以耐熱橡膠布、不織布、牛皮紙等組合而成的緩衝材料，放在壓合機各個區域的中央，藉做為熱板的壓板進行加熱加壓，使內外層的圖案接著而成為一體化，進行條件的設定時，必須要充分掌握接著材料的特性，也必須考慮其傳熱性等，熱板方式的包圍型壓合機，其構造如圖 2-13[15]所示。

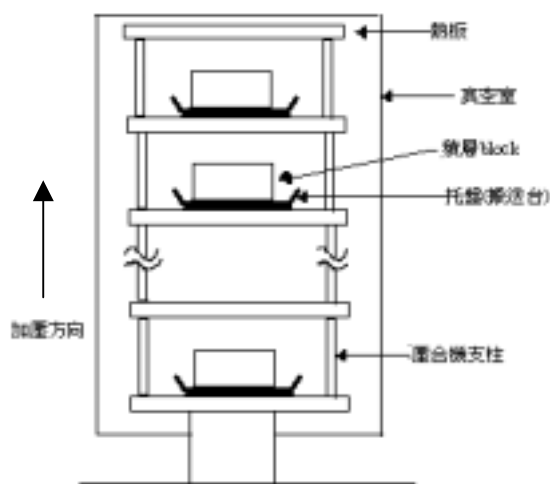


圖 2-13 積層壓合機（熱板式）的模式圖

真空積層壓合機在最近也被普遍地採用，它的優點是幾乎都不會發生空隙（void）現象，且板厚及尺寸的變化也很小。

#### 5) 基準孔開孔、外型加工

積層壓合完成後，由壓合機中取出，有基準銷的產品用拔銷機把銷拔出，以進行將模板及中間板拆開的分解。在分解後的面板週邊部位會有樹脂流出，且形狀不規則，故要藉外型加工以修整形狀，外型加工的方式有：用鑽石刀頭加工四邊的方式，及用 router 加工的方式。

#### 6) 檢查

積層完畢後，要進行外觀及尺寸的檢查，檢查項目在外觀上包括有瑕疵、凹陷、凹痕、玻纖網目的凸出等，在尺寸上包括有面板尺寸、板厚、翹曲、扭曲等。

### 2.5.3 鑽孔

在多層印刷電路板中，除了橫向的（平面方向）的連接外，還要進行立體的連接，大部分幾乎都是在基板上鑽孔、在孔壁上電鍍的方法，以及將孔填埋起來的方法，開孔的目的，是為了做出連接所需要的導通路徑，開孔的方法方面，在一般的多層印刷電路板，是用機械的鑽頭鑽孔，最近的增層印刷電路板則因變成微小直徑之故，使用雷射或紫外線開孔。用以連接的孔包括有零件插入連接用的孔，稱之為零件插入孔，以及僅做圖案間連接用的孔，稱之為微孔（via），即 SMD 之普及之下，插入零件變少，幾乎都變成微孔。

由於在高密度組裝、高密度配線的印刷電路板，除了所容納的配線量變多之外，做為上下連接用的微孔，其數目也大幅增加，其孔徑更要縮小到 0.02 mm 的程度。

由於很小直徑的微孔以機械的鑽頭來鑽孔卻有其困難，現已有增層法的開發，而使用雷射或紫外線開孔。

#### 1) 機械鑽頭的鑽孔法

多層印刷電路板的電鍍貫穿孔，都是用機械的鑽頭進行鑽孔，鑽頭鑽孔的程序如圖 2-14[15]所示。

依據設定的數目，將切成製造面板的銅箔基板或經過多層積層的面板予以重疊，在上面放置上蓋板（entry board），下面放置下墊板（back-up board），並在基準孔內壓入基準銷，即可用數值控制進行鑽孔。

鑽孔完畢之後，拆開重疊板（stack），進行分解，這時要用高壓水洗，或超音波洗淨以除去孔週邊的毛邊，經水洗、乾燥後，必須進行孔位置，孔內的膠渣、凹凸或表面的傷痕等項目的外觀檢查。

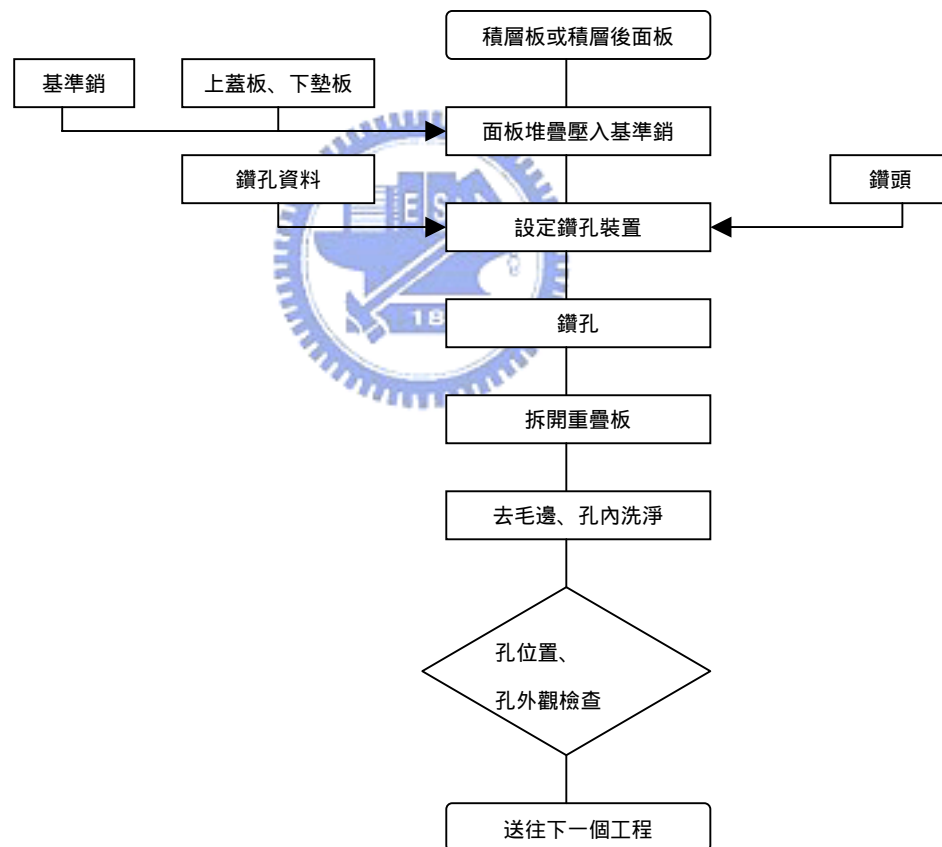


圖 2-14 鑽孔的流程

## 2) 雷射的鑽孔法

隨著增層法的開發，使得微孔的直徑變得更小，機械鑽孔已不能符合這樣的

需求，故雷射鑽孔被迅速地開發出來。

雷射是藉能量位階間的誘導放出、而產生干涉性良好的光，其單色性及方向性高，具有相位整齊且集光性良好的性質。可以做成能量密度高的點，適合於高密度的加工。而且，以脈波雷射的方式，可以得到高出力的產品。用透鏡或鏡子把這種光集中起來，照在工作物上時，會使局部急速地加熱、熔融、蒸發、燃燒或是引起化學反應，藉此進行加工時，可以達到微細的加工。

雷射光源有：Excimer 雷射、二氧化碳雷射、Nd：YAG 雷射。此外，有的產品是將雷射集中成光束、一個一個地鑽孔，有的則是將雷射做成帶狀，通過光罩而鑽孔。

雷射鑽孔的製程如圖 2-15[15]示。

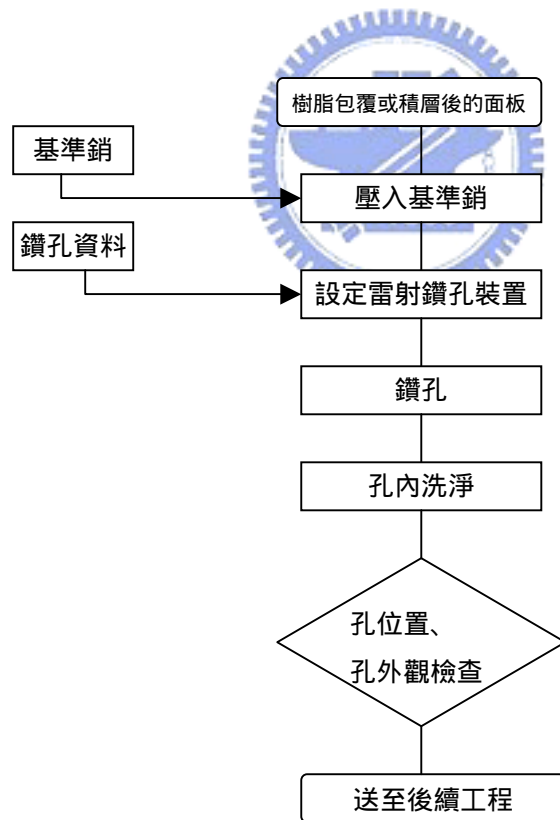


圖 2-15 鑽孔的流程

在鑽盲孔時，一次僅能處理一片板，在鑽孔後，必須用水洗淨殘留的膠渣或

塵渣，並在檢查後，移到下一個工程去。

#### 2.5.4 電鍍

電鍍 ( plating ) 在印刷電路板上是指形成導體、層間導體的連接，以及 pad 的表面處理，以連接所裝載的零件，在配線密度變高、微細圖案、導體層數增加的方向下，電鍍要達成的任務很重要，可以說是製造印刷電路板的一個極關鍵的製程，電鍍一般仍藉無電解銅( electroless copper plating ), 導通化處理 電解鍍銅( copper electroplating ) 來完成。

在連接用的貫穿電鍍時，以無電解銅進行絕緣體表面的導通化之後，在此基礎面上進行電解鍍銅。

##### 1) 電鍍的前處理

做為電鍍基礎面的金屬面或樹脂面，其狀態會對電鍍的密著性，均勻性等產生很大的影響。故確實做好電鍍的前處理，是很重要的工作。

前一工程 - 鑽孔作業面後面板的金屬表面，進行貫穿孔電鍍之前的孔內銅箔端面處理，樹脂膠渣的樹脂去除，增層法中包覆的樹脂表面粗面化處理，都屬於電鍍基礎面的處理。

去除膠渣、增層的樹脂表面處理製程示，如圖 2-16[15]。

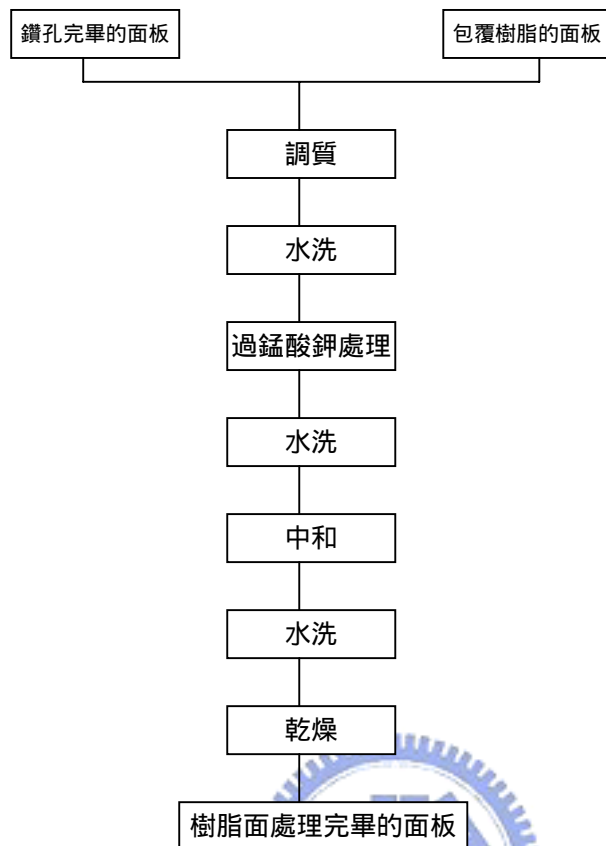


圖 2-16 樹脂面處理工程

## 2) 無電解銅的導通化處理

不論是在電鍍貫穿孔的印刷電路板方面，藉由機械式鑽頭鑽孔而使內層的導體露出，將其端面的樹脂膠渣除去之後的製品，及在增層印刷電路板方面，將紫外線或雷射所開盲孔的樹脂膠渣除去後的製品，或是已將樹脂表面粗面化之後的製品，都要藉無電解銅進行導通化，無電解銅製程如圖 2-17[15]所示。





圖 2-17 無電解銅的製程

無電解銅的工程由脫泡開始，由於印刷電路板孔徑變小，會有氣泡困住造成

處理液無法進入，又增層印刷電路板的盲孔是不貫穿的孔，也有除去孔內深處的氣泡的困難，故要對面板施加震動或衝擊以去除氣泡，採用的手段包括有高壓水脫泡、真空含浸、酒精浸清脫泡等，其目的乃在除去孔內的氣泡，並置換成水或處理液以使壁面沾濕。

為了達到樹脂及玻纖表面的潔淨化，即使脫脂或除去附著物，以及使觸媒的吸附良好，故要進行調質（conditioning）。

調質處理會使樹脂、玻纖及銅箔端面皆吸附界面活性劑，但在銅箔上有活性劑吸附時，若造成觸媒層產生緊密吸附，會使之後的無電解銅層失去密著性，所以必須先進行微蝕（micro etching）及酸洗，使銅箔端面略微溶解，以除去這些界面活性劑的吸附層，使銅箔潔淨化，微蝕時採用過硫酸鹽或硫酸 - 過氧化氫混合液而酸處理則採用硫酸。

催化（catalyzing）是將半製品浸漬在觸媒液中，以使無電解銅開始進行並使觸媒吸附，為了觸媒液的安定化，在開始之前，要浸漬在預觸媒液中，之後不經水洗，直接將面板送至催化處理。

觸媒液為鈦 - 錫的配位化合物，或由膠體(colloid)所構成，浸漬在此種觸媒液中，使 Sn-Pd 波吸附在孔內及面板表面。

水洗後，要浸漬在催速劑的溶液中，其目的是使被錫所覆蓋的 Pd 觸媒可以發揮能力，所以藉此處理除去多餘的錫，以防止過多的觸媒進入，使無電解銅可以順利地析出。

### 3) 無電解銅

由經過觸媒吸附，表面已調整好的樹脂、玻纖、銅箔所組成的製造面板，若再浸漬在無電解銅的溶液中，就會全面性地析出銅，進行導通化。一般所採用的無電解銅溶液，是以吸附在絕緣體表面的 Pd 為觸媒核心，藉甲醛使銅還原而析出者。

### 4) 電解鍍銅

除了完全加成法之外，僅用無電解銅並不能做出連接所需要的導體厚度，故

必須進行電鍍。如減去法的 Panel 電鍍法在無電解銅之後，接著進行電鍍，而 Pattern 電鍍法及部分加成法則是以電鍍阻絕層形成電鍍圖案後，進行電解鍍銅。

電解鍍銅析出層需有良好的拉抗力、伸長性、結晶均勻性、電鍍均勻性等。

電解鍍銅的工程如圖 2-18[15]所示，無電解銅的完成品及已經形成電鍍阻絕層的產品，一開始要除去表面的氧化物，故以硫酸進行酸洗，經水洗後進行電鍍，當完成需要的鍍層厚度後，浸在帶出槽的回收鍍液中，經水洗，並視必要而進行防銹處理，而後再進行水洗及乾燥。

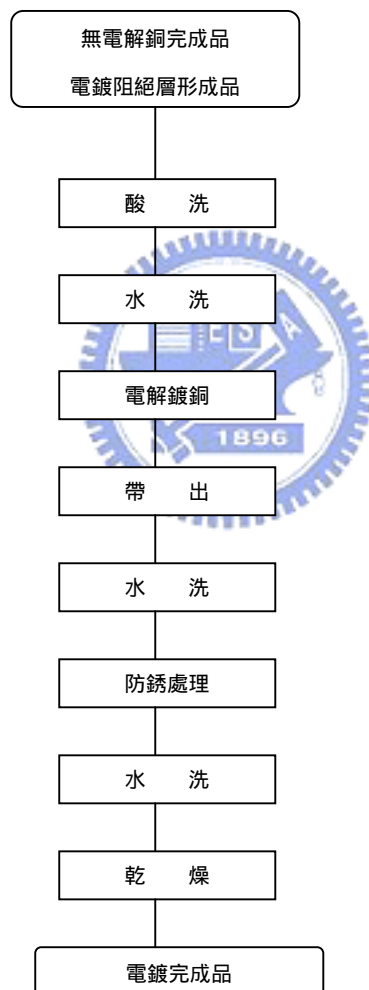


圖 2-18 電解鍍銅的製程

### 2.5.5 外層圖案製作

外層圖案的製造流程如圖 2-19[15]所示，其方法基本上和內層的製作方法相同，

但處理路徑卻依電鍍的方法而異，電鍍方法主要包括有以下四種：

減去法（有銅箔） - Panel 電鍍法和 Pattern 電鍍法。

加成法（無銅箔） - 部分加成法和完全加成法。

外層圖案之製作基本上包括有前處理、阻絕層塗佈、壓合、曝光、顯影、剝離、Panel 電鍍由於在整個面上進行鍍銅的緣故，故依順序再經蝕刻、剝離而完成導體圖案，有銅箔而進行 Pattern 電鍍產品，及沒有銅箔的部份加成法的產品，在製作電鍍阻絕層圖案之後，送回電鍍工程，進行圖案部份的鍍銅、錫等的阻絕層金屬電鍍，再將電鍍阻絕層剝離，將此製品進行蝕刻、金屬阻絕層剝離，即完成了導體圖案。



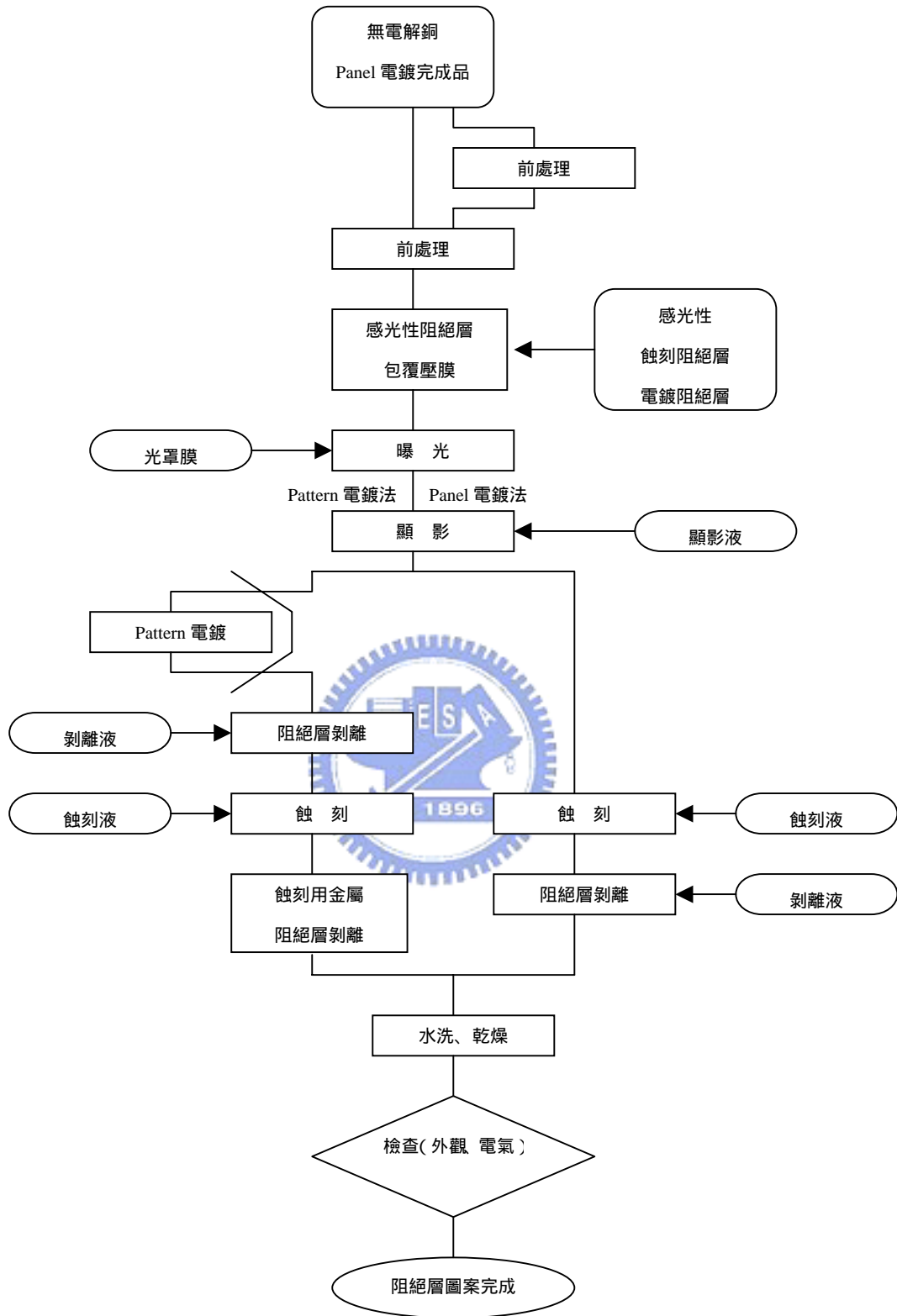


圖 2-19 外層圖案製作

### 2.5.6 防焊阻絕層

防焊阻絕層的目的是防止焊錫附著，保持導體的絕緣性，導體的保護，電氣特性

的改善、BGA 等的封裝模基礎面。

防焊阻絕層的特性包括有焊錫耐熱性與基板的密著性、電氣絕緣性、耐候性、柔軟性、作業性、包覆性等。它的種類有乾膜及液狀者。

防焊阻絕層的圖案的形成，是藉著熱硬化性或紫外線硬化的油墨以進行網版印刷，以及藉感光性樹脂之照相法。

圖 2-20[15]所示為防焊阻絕層的製程。

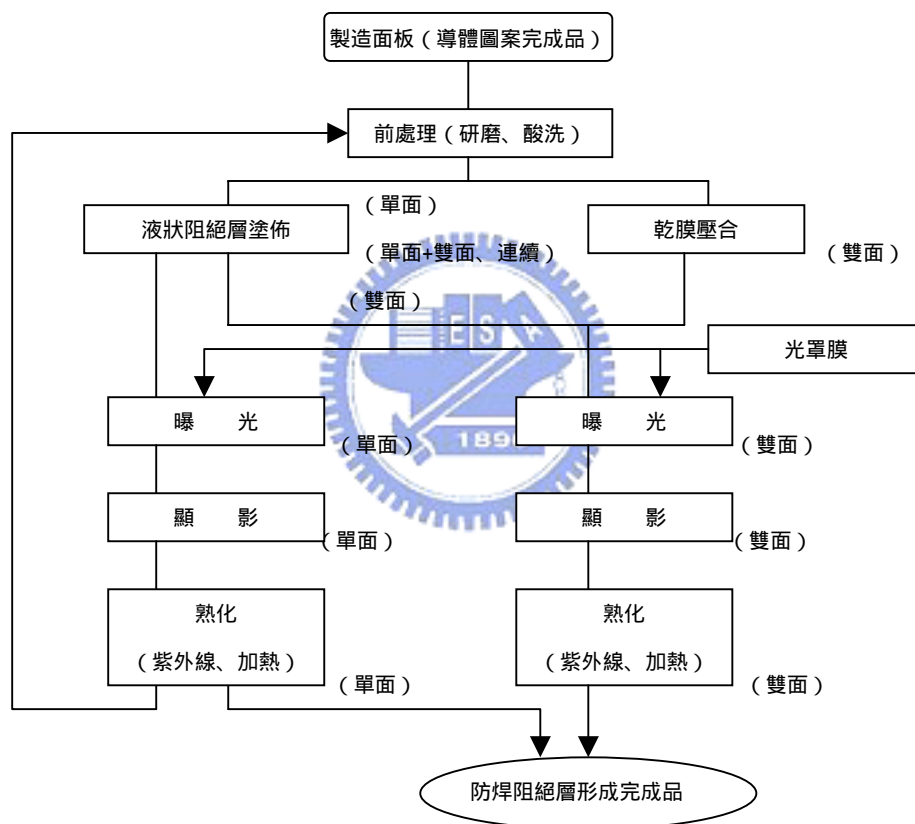


圖 2-20 防焊阻絕層的製程

### 1) 前處理

將阻絕層接著在銅表面及樹脂面時，需要有適當的粗度及良好的金屬面及樹脂面，因此要用研磨刷或研磨材料及酸洗將金屬面粗化。

### 2) 乾膜的壓合

由於乾膜的流動性比液體差，為了要充填到圖案的角落處，以採用真空壓合

法為佳，將已完全潔淨的面板，在尚有餘熱的狀態下，通過壓合機在雙面上形成阻絕層。

### 3) 液狀阻絕層塗佈

其方法包括有網版法、噴覆法、帷幕包覆法、輥輪包覆法。

### 4) 曝光、顯影、硬化處理

經過壓合或阻絕層塗佈的面板，要與光罩圖案膜密接，以紫外線曝光，曝光裝置與圖案製作者幾乎完全相同。

乾燥好的面板要用紫外線照射，以使防焊阻絕層完全硬化，使未反應的感光基發生反應，經此過程，防焊阻絕層的特性即可完全發揮。

## 2.5.7 最終加工工程

到印刷電路板的防焊阻絕層形成為止，製造面板都尚未切斷，亦即以固定尺寸的狀態進行加工，最後則要進行 pad 的表面處理，外型加工等的機械加工，以成為適合組裝工程或製品的規格。圖 2-21[15]所示為最終加工工程的流程。印刷電路板上的表面處理包括以下的方式：

零件的連接 - 焊錫焊接：HBL（噴錫），析出型噴錫、焊錫電鍍、鍍鎳/金（電鍍、無電鍍）

與外部的連接 - 印刷連接器用鍍鎳 / 硬質金（電鍍）

為了容易進行分割面板成單片，要進行 V 形槽、溝、縫紉機狀的鑽孔加工，

由於破斷面會產生污垢、塵埃，所以要用 router 加工以形成精度良好的

端面，又有者為了容易插入連接器起見，要進行端面的倒角，最終要進行洗淨，

以除去切削粉末或加工時可能附著的油脂類，乾燥之後，經過出貨檢查即為完成品。



圖 2-21 最終加工工程的製作