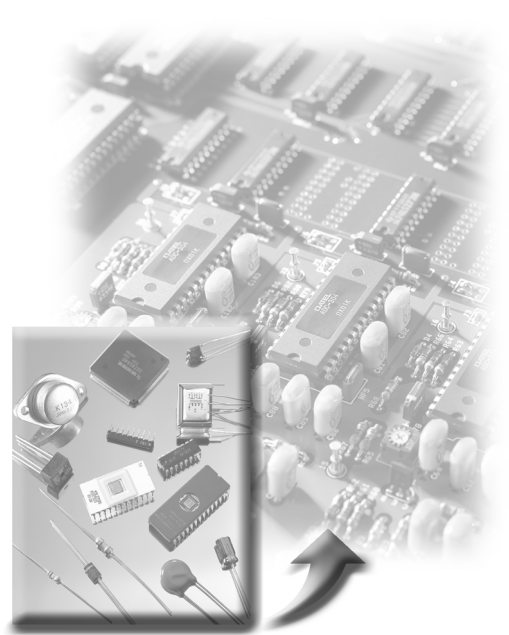


chapter 10

印刷電路板 (II)



印刷電路板所用的基板，最普遍的就是銅箔基板 (copper clad laminate, CCL)。CCL 基板的結構為絕緣的材料上，疊壓著銅箔的導電層。如上一章中所述，印刷電路板的製作，即是將此基板上的銅箔蝕刻，製作出所需的線路。印刷電路板所用銅箔一般均為電鍍所製成，稱為電鍍銅箔。印刷電路板基板依其絕緣的材料作區分，主要可以分成紙基材銅箔基板、複合基板、玻纖布銅箔基板、高性能樹脂基板與軟板等。印刷電路板所需的材料，包括了基板所需的電鍍銅箔、玻璃纖維（布）、樹脂（環氧樹脂、酚醛樹脂、聚亞醯胺樹脂），以及製作線路所需的光阻乾膜、防焊綠漆 (solder mask) 與各種電鍍藥液等。而印刷電路板工業所需的上述材料，在國內皆有一定的產能與規模，這也是國內印刷電路板工業在世界上能夠具有很好競爭力之主要原因。

硬式印刷電路板基板之結構包含了有加強材的絕緣層與電鍍銅箔層。紙酚醛樹脂基板 (paper phenolic laminate) 是紙基材銅箔基板中最常見的一種，一般應用在單面板上，單面板的用途則主要在於一般家電之產品上。紙酚醛樹脂基板之製程為首先將絕緣紙含浸在酚醛樹脂中，此時之酚醛樹脂仍保持在液相之單體狀態。含浸後的紙基材再經水平式的烤箱加熱，在這烘烤的過程中酚醛樹脂開始進行高分子化之反應。在通過烤箱後完成半熟化的處理，製備成半熟化 (b-stage) 的膠片。依所需要的基板厚度，將數片（如 8 片）膠片，與一張銅箔一起疊壓。疊壓後之產品再經加熱熟化與裁切，即成為單面之紙酚醛樹脂基板。國內之紙酚醛樹脂基板

生產廠家，主要為長春、長興、慶光等。近年來隨著印刷電路板廠之西進，基板廠亦在中國有著頗多之投資。

玻璃纖維布強化環氧樹脂基板 (FR-4) 是雙面板與多層板最常用的基板，其介電常數約在 4.1~4.2 MHz 間。FR-4 之 FR 正代表著玻璃纖維布強化 (fiber reinforced)，而 4 代表著其介電常數值。玻璃纖維布強化環氧樹脂基板之製程為將玻纖布含浸於環氧樹脂中，與前述之紙基板製程類似，此時供含浸的環氧樹脂仍為液態之單體。含浸後之玻璃纖維布，經垂直立式之烤箱烘烤，完成半熟化的處理，製備成半熟化的膠片。此製程採用立式烤箱的最主要原因，在於玻纖布較紙纖維之含浸性差，若採用水平式乾燥，容易引起垂流，造成二側的樹脂含量不同。環氧樹脂隨配方之不同，其性質可以有頗大的差異。一般的介電常數約在 3.5~3.6 MHz，而其玻璃轉化溫度約為 125~140°C 之間。銅箔與此半熟化的膠片經過壓合後，就完成了 FR-4 基板之製作。國內之玻璃纖維布強化環氧樹脂基板生產廠家，主要為南亞、橡樹等。

複合基板的樹脂主要仍以環氧樹脂為主，稱為複合環氧樹脂基板 (composite epoxy materials, CEM)。其強化材則有各種不同之選擇，較常見的為棉織紙或玻紗蓆 (chopped strand mat)，玻紗蓆是未經編織之玻璃纖維。複合環氧樹脂基板的性能、價格位於上述兩種基板之中。複合環氧樹脂之用途，可用於單面板與雙面板，但少用於多層板。其市場雖然較上述兩種基板為小，但近來有著頗大的成長。複合環氧樹脂基板依絕緣材又可區分為 CEM-1 和 CEM-3，前者是以棉織紙為加強材，後者是以玻紗蓆為加強材。目前台灣廠商使用此類基板以 CEM-1 較多，約為 60%。主要生產廠商以橡樹電子、慶光化工、南亞等公司，其中又以南亞公司的規模較大。

高性能樹脂板材是指附加價值較高之板材，如 BGA 所用之 BT 基板。BT 為 Bismaleimide triazine 之縮寫，Mitsubishi Gas Chemical 是唯一的生產者，加上 BT 是早期唯一經認證通過之 BGA 基板材料，因此其價格與產量舉足輕重。軟板之印刷電路板近來在國內亦有很大的增長，其產值從 1995 年的約一億台幣，成長到 1998 年已有一億九千三百萬。國內的軟板廠家，亦已有多家，如大儷科技。軟板基板與一般硬質基板不同之處，主要在於於

其介電層部份並無強化加強材。軟板因能屈撓，在組裝上對空間之應用，有著較高之自由度。因此逐漸被廣泛應用於對輕、薄、短、小有著較高要求之電子產品，如筆記型電腦、液晶顯示器、數位相機、硬碟、印表機等。

近年來由於對電子產品輕薄短小、高頻、高積集度、高速與高散熱率需求日增，如 BGA、CSP 與 Flip chip 等封裝產品之發展迅速。而其中用以承載積體電路晶片之基板，主要就是高密度之印刷電路板，一般以 IC 基板稱之。IC 基板雖然是印刷電路板之一種，但是連結密度比一般之電路板高出許多；不同之製程方法，如增層法，亦因此應運而生。而適合於增層法使用之基板，自然受到關注。適合用於此種製程中雷射鑽孔等技術之背膠銅箔基板 (resin coated copper, RCC)，是國內全力投入發展之基板。背膠銅箔製程是在銅箔上，塗佈上絕緣的樹脂，經烘烤熟化後，再經捲收、分條、裁切。這些基板並不具有玻璃纖維強化材，適合以雷射方式鑽孔。國內投入背膠銅箔基板的廠商有南亞、長春、利碟與厚生等公司。

綜上所述可知基板的三種主要組成，包括了電鍍銅箔 (ED foil)、樹脂及強化材。強化材中，又以電子級之玻璃纖維為首要。國內的印刷電路板工業之所以具有非常好的競爭力，其基板所需的上游原料工業皆十分完善是很重要的原因。電鍍銅箔的製程，首先為將高純度的銅原料溶解，進入電解液儲槽。電鍍的裝置主要包括了金屬的陰極、石墨的陽極、電解槽及捲取裝置。陰極通常為一巨大之金屬滾輪。電解液中的銅離子在通電的條件下，逐漸於拋光的陰極金屬表面還原。金屬滾輪從接觸到電解液開始，從表面開始產生銅的沉積，在轉動的過程中此銅層逐漸加厚。當此銅層離開電解槽液面後，已成長為具有一定厚度之銅箔，可以從金屬滾輪表面剝離，如圖 10.1 所示。此銅箔的厚度與電流密度、陰陽極的距離、轉動的速度等操作參數皆相關，需隨著產品之規格進行調整。

銅箔的厚度一般以重量來表示，如稱為一盎司的銅箔，表示該種銅箔每平方英尺重一盎司，其厚度約為 $35\ \mu\text{m}$ (1.35 mil)。同理 0.5 盎司的銅箔，表示此種銅箔厚約 $17\ \mu\text{m}$ (0.7 mil)。因為此電鍍銅箔製程的特性，其所得銅箔之二個表面性質並不同。貼在金屬鼓的那面較為光亮，稱為光澤面 (shiny side)；與電鍍液相接的那面表面較為粗糙，稱為粗化面 (matte side)。此二種不同的表面性質，並未帶來應用上之困擾，相反的此

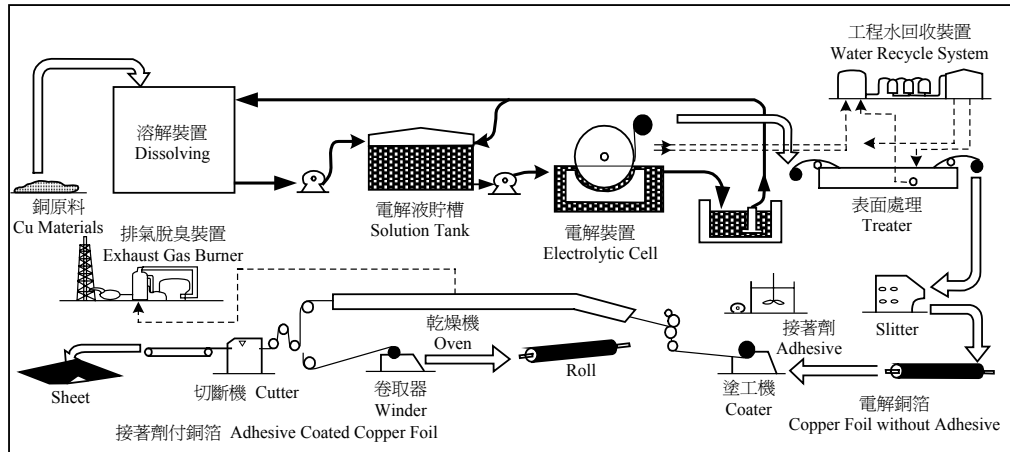


圖 10.1

為製作電路板性質之所需。光澤面之用途主要在於與光阻乾膜相接，粗化面主要用於與絕緣層相接。因為應用之處不同，對物性之要求也就有所不同。如光澤面重視其油墨附著性與錐錫濕潤性，且為求線路之精密，表面須力求平坦。而粗化面則重視其耐熱剝離性、抗酸剝離性與漂錫耐熱性等，表面粗糙度為能達到上述之目的之主因。銅箔棕化與黑化等表面處理，即在於藉由氧化銅之生成，增加銅箔表面之粗糙度。目前國內主要的製造商，包括了台灣銅箔、長春石化與南亞等公司。

加強材主要為玻璃纖維與紙纖維，紙纖維以進口居多。用於 FR-4 基板的為經過編織的電子級 (E 級) 玻纖布。國內 E 級玻纖布的生產，始於 1982 年橡樹公司的織布，而玻璃紗則依賴進口。1989 年福隆玻纖公司開始抽絲，生產玻璃紗，年產量約 9600 噸。1990 年台玻開始生產玻璃紗與玻纖布，1994 年南亞必成開始生產玻紗與玻纖布。建榮工材則於 1995 年投入玻纖布之生產，並於 1997 年收購位於竹東之明達公司，亦準備進行玻紗之生產。雖然國內電子級玻纖之發展不算早，但與電子工業之發展同步，玻纖工業在全球已佔一席之地，國內大廠皆屬世界級之玻纖布大廠。國內玻璃纖維工業之發展十分蓬勃，廠家十分之多，但主要皆是做為供應強化塑膠等工程等級之產品。電子級玻璃纖維布因要求層次較高，所以形成了市場主要僅由有台玻、南亞、橡樹及建榮等大公司佔有的情形。

一般電子級玻纖的組成為 52~56% SiO_2 - 12~16% Al_2O_3 - 15~25%

CaO-0~6% MgO-8~13% B₂O₃。玻纖布的生產從配料開始，首先依如上述之配方將原物料秤重後混合，此混合後之陶瓷粉粒經高溫加熱，形成均勻混合之融湯。此融湯再流經拉絲盤，抽出形成玻璃細絲。拉絲盤為一底部有非常多細孔之白金坩堝，玻璃融湯從底部細孔被抽出。抽離坩堝底部的細絲，因週遭的溫度遠低於其熔點，遂迅速凝固成為細絲。表 10.1 為其主要的物理性質，其介電常數約為 5.5 MHz。玻璃紗捲取成為紗束，即可進行如織玻纖布之後續加工。一般而言，為了改善玻纖的表面性質與加工的特性，通常在抽絲的過程中會有上漿 (sizing) 之製程。上漿後的玻纖將有助於後續的捲取與編織過程中，避免玻纖的折損等破壞。織布的製程包括了整經、上漿、穿綜、織布、退漿等製程。與一般的紡織比較，除了人纖通常有製造纖維皺折之假捻動作外，製程上是頗為類似的。而用於複合基板之玻紗蓆，則是由未經織布製程之短纖維所成。

印刷電路板基板常使用的高分子樹脂，有環氧樹脂 (epoxy)、酚醛樹脂 (phenolic resin) 等。環氧樹脂的主要供應商有南亞、長春、興亞、亞化，酚醛樹脂則有長興、長春等。這些充沛且價格低廉的原物料供應，對我國印刷電路板產業的發展頗為有利。環氧樹脂屬於反應型之高分子，其主要之特徵在於其官能性之環氧基。環氧樹脂可以有各種之配方，以達成印刷電路板各種性質之要求。如耐燃劑之引進，以滿足電子產品耐燃性之要求。因此目前其環氧樹脂主要是由 diglycidyl ether 與四溴丙二酚 A 系 (tetrabromobisphenol-A) 所製成。然而鹵素耐燃劑會產生戴奧辛等問題，基於綠色產品與永續之信念，推動不含鹵素耐燃劑之無鹵基板是基板材料

表 10.1 玻璃纖維的基本物理性質

材 料	Quartz	E-glass	S-glass
彈性係數 (10 ⁶ psi)	10.0	10.5	12.5
介電常數	3.8	5.5	—
熱膨脹係數 CTE (10 ⁻⁶ /K)	0.54	5.5	2.6
比重	2.2	2.54	2.49
熱傳導係數 (W/mK)	0.30	0.32	—
吸濕性	0	0	0

很重要之發展。歐盟之 WEEE 亦已立法要求 2004 年起，不得使用含鹵素耐燃劑之產品。國內對於無鹵基板之開發十分之投入，行政院於 90 年 12 月所頒佈的「新興重要策略性產業屬於製造業及技術服務業部分獎勵辦法」，就清楚的將無鹵材料之開發訂為其中之一項，並已有十分良好之開發成果。

除了基板與生產基板所需之化學品外，印刷電路板工業尚需製備線路所用之各種化學品，如光阻乾膜、防焊綠漆及各種電鍍液等。印刷電路板之稱為印刷，是因其早期之線路之製備工程，主要是藉由於銅箔上印刷上蓋住線路之防蝕油墨而來。當今之印刷電路板主要已不用印刷之方法，其線路之製備與積體電路之製備類似，是藉由光阻覆蓋、曝光顯影之製程而來。印刷電路板所用之光阻劑主要為固體薄膜狀之型式，因此常被稱為乾膜 (dry film)。選擇裁切所需大小之光阻乾膜，於線路製備過程中，將之壓附在銅箔之上。此與積體電路業中習用之溼式光阻不同，溼式光阻之光阻劑是溶於溶劑之中成為液體狀，再以旋轉塗佈之方法施加於矽晶圓之上。光阻乾膜之配方亦可以有許多不同之選擇，然而與所有之光阻相同，主要可以區分為負型光阻與正型光阻等。國內光阻之生產廠家有長興化工、大東樹脂與南亞等。

印刷電路板線路完成後，需要以防焊漆將除了接點以外之線路覆蓋。以防止於焊接的過程中，錫錫沾染到其它不需連結之部份。防焊漆之顏色常為接近綠色，所以又常被稱為綠漆。除了防焊外，綠漆之使用亦具有保護線路之功用。因此綠漆除了需具備不沾錫之基本性質外，亦需具有一定之機械強度，防止可能之碰撞刮傷等。目前主要使用之綠漆，皆是感光型的綠漆；也就是塗佈時通常是完整的塗佈，然後再以曝光顯影的辦法，將接點附近的綠漆去除。防焊綠漆大致上可以區分成為熱熟化型 (thermal cured)、光熟化型 (photo cured)、乾膜型 (dry film)，與液態光顯相型 (liquid photo imagable solder mask) 等。其組成主要包含了載劑、填充劑、染色劑，與添加物，如 Novolak 樹脂、acrylic acid 等，顯影劑之選擇則可為 Na_2CO_3 水溶液。綠漆之塗佈方法可以是網印 (screen printing)、curtain coating、spray coating、rolling coating、dip coating，與乾膜壓附 (dry film lamination) 等。上綠

漆前通常需先用刷磨、微蝕等方法將印刷電路板銅表面做適當的粗化清潔處理，以增加接著之能力，然後再將液態感光綠漆塗覆於電路板表面。經烘烤乾燥，將之經紫外線曝光機中曝光。於受照區產生聚合反應，而未受光照的區域則可選取合適之顯影液將之去除。最後再加以高溫烘烤，使綠漆中完全硬化。屬於日裔的台灣太陽油墨股份有限公司，是國內主要之綠漆生產廠家。



參考文獻

1. 台灣印刷電路板業之簡介，白蓉生主編，電路板資訊雜誌，1996。
2. 白蓉生，工業材料，第 118 期，1996，pp.98-114。
3. Electronic Materials Handbook, Vol. 1, Packaging, ASM, 1989.



本章習題

1. 印刷電路板基板的分類主要有那些？
2. 何謂 FR-4 基板？
3. 簡述電鍍銅箔之特性與製程。
4. 簡述玻纖布之製程。
5. 何謂乾膜？
6. 何謂綠漆？