

增層多層板之背膠銅箔 生產製造技術

◆游在安

前中華先進塗佈科技公司 副總經理

摘要

背膠銅箔是應用於發展多層板印刷電路板產業的重要關鍵材料之一，

製程特點在於材料具有反應性，加上銅箔是較難處理之基材，

材料成本費遠高於製造費用，

因此生產技術重點在於良品率提昇與產品特性的穩定控制。

關鍵詞

精密塗佈技術(Precision Coating Technologies)、背膠銅箔(Resin Coated Copper Foil)，

雷射鑽孔(Laser Drilling)、無塵室(Clean Room)、環氧樹脂(Epoxy Resin)、增層式載板
(Build-up Substrate)

前言

隨著行動電話、PDA、筆記型電腦、數位相機、DVD等可攜式電子產品逐漸朝向輕薄短小、功能性更多與快速的資訊傳輸、數據處理、大量語音與影像等需求，電路板製程趨向高密度細線路製作。目前國內印刷電路板廠商致力於增層式(Build-up)高密度封裝載板製程技術之開發，以達到微導孔(Micro-via)孔徑小至6 mil、接點密度130 pad/cm²以上、佈線密度117in/in²以上、線寬/間距約3 mil以上等之高密度載板需求。而在多種增層製程方式上，以背膠銅箔直接與

核心板壓合達到增層目的，再搭配雷射成孔技術，在產品厚度、電氣特性及成本上較具優勢，成為現今國內業者進入增層法製程中主要的途徑之一。雖然目前台灣背膠銅箔相關技術發展尚未成熟，但隨著全球攜帶式消費性電子產品市場的成長，增層法多層板的需求量愈來愈大，將具有無限的市場潛力。

目前增層載板主要應用在主機板與裸晶片封裝，如BGA封裝、PC卡、MCM-L等領域，以日本為例，目前仍集中在高密度化與低成本雙重要求較高的筆記型電腦、行動電話、攝錄放影機等產品。展望未來，增層板可望應用在數

表一 傳統銅箔基板與背膠銅箔使用材料之比較

特性項目		背膠銅箔	傳統銅箔基板
耐電性	介質常數 D_k (1 MHz)	3.4	4.7
	介質損耗 D_f (1 MHz)	0.02	0.02
耐熱性	玻璃轉移溫度 T_g (°C)	160 (DMA)	130~160
	熱膨脹係數 $CTE-x y$ (ppm/°C)	16	12~16
物性	最小銅箔厚度(μm)	5	18
	介質層	環氧樹脂	玻纖布環氧樹脂
	難燃性	V-0	V-1

資料來源：電子與材料第一期、工研院經資中心ITIS計畫整理

表二 全球背膠銅箔之市場需求

	1998年	1999年	2000年 (估計)	2004年 (預測)
需求量 (萬 m^2)	63	130	250	1,150
成長率	---	106.3%	92.3%	90%
產值 (百萬日圓)	946	2,000	3,500	15,000
成長率	---	111.4%	75%	82.1%

資料來源：Fuji Chimera Research Institute, Inc.、工研院經資中心ITIS計畫整理

位式攝錄放影機、PHS、PDA下世代筆記型電腦等產品上。根據日本中日社的推估，近年日本增層板可望佔日本國內多層板總產值的20%以上，在製造成本方面，由於製造流程較為簡化，銷售價格上預估較傳統鍍通孔板便宜30%，比內層導通孔板便宜20%。

增層法載板技術的發展主要以日本業者較多，國內印刷電路板產業雖居於全球非常重要的地位，但在增層法多層板許多方式上受限於國外專利致發展受限。目前背膠銅箔製程因與國內現有印刷電路板製程類似，僅需以雷射鑽孔機進行小孔徑加工，並且在製程的專利上障礙較低，所以在增層法多層板發展上，國內業者多朝背膠銅箔方向發展，也因此材料的需求較為殷切，也造就國內許多廠商投入絕緣樹脂的研發與生產。

產品結構與特性說明

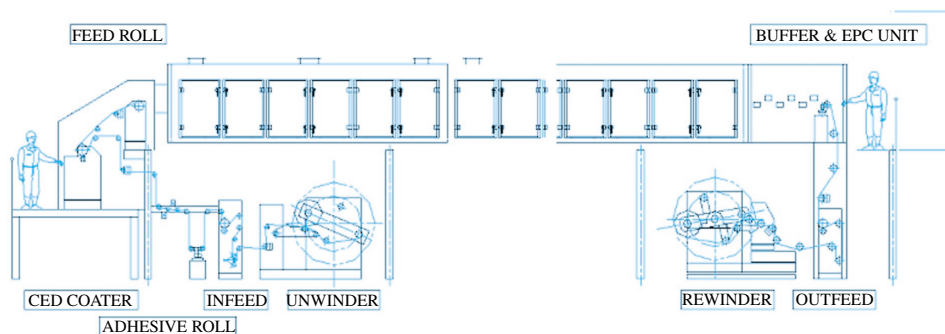
背膠銅箔主要是在銅箔上塗佈一層

絕緣樹脂而成，通常銅箔厚度在9~18 μm ，但目前背膠銅箔厚度是以12、18 μm 為主力；絕緣樹脂層的厚度在50~100 μm ；有時表面會覆蓋25~38 μm 的聚酯膜或聚乙烯膜做保護，以降低材料粉末在表面上的污染。

傳統銅箔基板與背膠銅箔的使用材料比較可見表一，因背膠銅箔中不含玻纖布，直接以絕緣樹脂塗佈於銅箔上，不僅簡化製程上的複雜性，理論成本會降低，在基板的厚度和重量上也大幅度下降，同時介質常數也較傳統銅箔基板為低。在表二所示顯性規格特性上，如玻璃轉移溫度高、介質常數低、吸水率低與無鹵素材料等要求為其特點；但在加工性上的隱性規格，對於鑽孔性、壓合流動性、尺寸安定性、鍍通孔性、電氣穩定性與生產良率等要求，亦是印刷電路業者考量使用材料的重要因素。

國內外發展狀況

根據Fuji Chimera統計，1999年全球



◀圖一 典型背膠銅箔塗佈生產設備

背膠銅箔需求量为130萬平方米，較1998年呈現倍數成長，2000年需求量將成長至250萬平方米，成長率將高達92.3%。在國內市場部分，從間接由國內印刷電路板廠商購進雷射鑽孔機的數目來看，1999年國內約有50台雷射鑽孔機，將會擴充至150台，顯示需求將大幅增加。

目前製造生產背膠銅箔材料的廠商，可分為三大類型：銅箔製造商、銅箔基板製造商與電子材料供應商。國內所使用之背膠銅箔多從國外進口，主要來源為三井金屬礦業、日立化成、太陽油墨、松電工、住友電木、Polycad與Allied Signal等公司。由於樹脂用量多，塗佈技術困難，加上寡佔特性，因此目前背膠銅箔價格比傳統基板貴。工研院亦已完成絕緣樹脂的開發，分別轉移利碟、厚生、長興化工、南亞、亞化、台光電等業者；其他如長春、聯致、聯茂、四維、台虹與李長榮等廠商皆為搶占市場投入研發，相信未來國內在背膠銅箔的佔有率將有所提升。各家的材料特性以玻璃轉移溫度、介質常數、吸水率與無鹵素材料等為其要求特點，目前三井金屬礦業與松電工是具有較大的市場佔有率。

塗佈生產設備需求

背膠銅箔的塗佈製程最大的特點在於被塗薄膜為銅箔基材，常用1/2-1/4 oz

(厚度約為9-18 micron)。由於銅箔有較差之延展性，故與一般使用高分子薄膜之塗佈設備，在設計上有很大的差別。目前在精密塗佈設備製作上，國內生產製造廠還是常以日本設備為主，如井上金屬、平野金屬、市金、中外爐與TEK等。圖一是典型背膠銅箔塗佈生產設備，在生產設備上建議應注意下列項目：

一、張力控制系統

因為銅箔不似高分子薄膜具有延展性，無法容許太大的張力變動，因此張力控制的穩定性要求較高。加上銅箔發生皺摺無法回復，所以一旦發生，產品即無法使用而造成損耗。生產背膠銅箔屬於低張力使用，約在3-5 kg，因此在低張力範圍，應有較佳穩定表現。同時在張力切斷時，應減少壓輪的使用，改以S型或以吸引輪方式，以降低皺摺的發生。

二、機械與傳動精度

穩定塗膜厚度的控制來自於精密的機械傳動，因此穩定的機械精度與傳動速度，不僅可穩定產品品質，亦可提高生產效率。目前常用的生產寬幅為600mm左右，但面對產品售價日益下

降的趨勢，提高生產製作寬幅的能力是降低製作費用的有效方式。因此寬幅1200mm生產提昇了設備精度的要求。由於材料具有脆性，因此塗佈乾燥後，材料經過惰輪常有脆裂發生，因此惰輪安排需避免大幅轉彎且需增加惰輪直徑在150mm以上，以降低表面脆裂的發生。

三、塗佈方式

圖二是背膠銅箔塗佈示意圖，由於塗膜厚度大，因此並沒有嚴格方式上的差異，主要在於膜厚穩定性的控制，常用的是擠壓式塗佈與密閉式Comma塗佈。另外常見塗膜會有邊厚的現象，需要在塗佈處做調整，明顯的邊厚會減少收捲長度，降低產品良率。

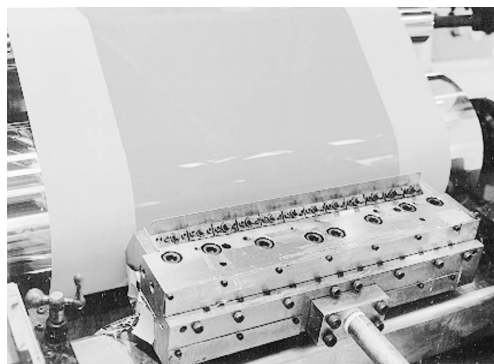
四、烘箱設計

由於背膠銅箔使用於細線路製作，因此需要控制烘箱內粉塵與異物，通常應該控制其潔淨度在class 1000以下。烘箱內因常處於高溫狀態，加上溶劑與低沸點材料之釋出，因此會有污染產生，除需安裝濾網裝置外，還需定期清潔以維持烘箱內之潔淨度。

五、附屬機構

为了提高產品良率，建議可利用下列機構，改善生產問題。如：

(1)黏塵輪(Tacky Roll)：有時銅箔粉末、外來粉塵、異物與纖維等，沾覆於基材表面，經塗佈樹脂後會造成外觀表面突起之缺陷，因此可利用黏塵輪加以黏附去除；另外亦可使用該裝置去除背膠輪與壓合輪上之外來異物，以提高產



▲圖二 背膠銅箔塗佈示意圖

品外觀良率。

(2)線上膜厚測量儀：膜厚穩定性常受塗佈間隙、供料流湍、過濾壓力、樹脂黏度與傳動速度等參數影響，會有無法預期之不穩定發生，因此可使用該儀器監控膜厚變化分布與穩定性。但當使用紅外線膜厚儀時，應注意樹脂反應性可能引起吸收峰訊號之差異， β -ray膜厚儀應是較佳的選擇。

(3)無塵室設計：無塵室是以區間化設計，由外而內提高潔淨度，在操作環境至少應在class 10,000等級以下，在塗佈、壓合、乾燥等區域則需在class 1,000等級以下。其實，更重要的是工作管理與環境維護，對於重要區域如塗佈區、乾燥區、壓輪區域與收捲區等位置，會因粉塵異物造成塗膜與銅面受損等產品缺陷位置，應加強使用工具與人員的管制。

(4)外觀監視系統(Inspection System)：監控外觀缺陷，如氣泡、破孔與皺摺等，並加以紀錄與標示，以維持外觀品質上之穩定。

(5)資料擷取系統(Data Acquisition System)：舉凡製程參數如傳動速度、基材張力、烘箱溫度、風嘴風速、烘箱內溶劑濃度、塗膜厚度與流湍供給量等，都是影響產品特性的重要因素，因此都

需利用資料擷取系統加以紀錄與分析，以掌握製程穩定性。

生產製造技術分析

背膠銅箔的製程特點在於材料具有反應性，隨著時間的變化，需要隨時監控樹脂的流動特性及穩定性；加上銅箔是較難處理之基材，材料成本遠高於製造費用，因此生產技術重點在於良品率提昇與產品特性的穩定控制。以下針對各段製程做說明：

一、絕緣樹脂材料

主要以環氧樹脂材料系統為主，再配合適量的柔軟劑以符合塗佈乾燥生產製程中可繞性的要求。同時為達到高耐熱性與低介質常數要求，常需加入Polyimide、PES、PBT等材料。在環氧硬化劑上常用Amine與Anhydride系列。常用的耐燃劑有鹵素系列，但為因應環保需求，則改用磷氮系列添加劑。

二、進料品管

材料上線生產前的品質控制，將影響產品的穩定，一般考量有：

(1)化學原料：為保持良好的電氣性質及穩定性，在使用工業級學原料時，需要在不純度與其吸水率上做嚴格控制。

(2)銅箔基材：常用的銅箔種類為電解銅箔，規格為1/4-1/2oz，相當厚度在9-18 μm 。雖然目前銅箔有許多供應來源，如Olin、三井金屬、日鑛銅箔與古河電工等，但是還有供不應求的現象，使成本仍高，而在背膠銅箔方面主要還是使用三井金屬、日鑛銅箔與古河電工等。目前國內李長榮銅箔、金居銅箔、台日古

河相繼完成試產，將可舒緩銅箔短缺現象。銅箔在上線生產前應注意表面破孔、銅粉、顏色不均等現象，需要在塗佈前做外觀上的品檢。

(3)樹脂材料：因材料具有反應性，且特性隨著時間變化，所以上線塗佈前需要做測量。在反應性控制上常用樹脂黏度、膠化時間以及殘餘反應熱等方法監控。較短的膠化時間，雖可有效提升生產效率，但也容易發生脆化與膠化時間控制不易之異常。通常在特性曲線的平坦區間，是較適合做塗佈上線範圍。

三、樹脂之塗佈上線前處理

通常樹脂塗佈前需要做消泡與過濾的處理。消泡的方式有靜置、加溫與抽真空等方式，採用的方式與樹脂黏度、溶劑系統與其反應性有關。反應性快與低沸點溶劑，應注意後二者的使用。樹脂過濾的方式常用濾芯式，以適用較高黏度與穩定的過濾效果。

四、塗佈與乾燥製程

本製程的目的在提供穩定均勻的膜厚與外觀，相關的部分有：

(1)供料裝置：因材料具有反應性，因此應選用可徹底拆裝清洗、耐壓性佳的蠕動式幫浦較適合，與樹脂接觸的管件應選用SUS304或鐵氟龍等材質，以降低鐵銹等異物污染之產生。

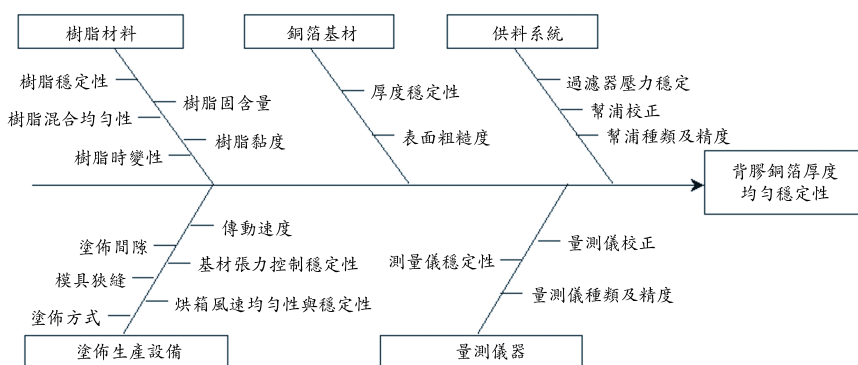
(2)塗佈技術：最重要是厚度穩定性的控制，由於背膠銅箔的塗膜厚度大，在方式上並沒有適用上的差異，但是常見塗膜邊緣會有厚起的現象，而留邊控制能力是與選用的塗佈方式息息相關。愈小留邊控制，會有較高的材料利用率，而且材料經乾燥後，離開烘箱後會

表三 背膠銅箔之產品缺陷分析

缺陷現象	可能原因	解決方法
●塗膜內異物	◇來自樹脂 ◇來自管件 ◇來自銅箔	✓降低樹脂過濾壓力 ✓降低過濾器孔徑 ✓選用適用過濾器型式 ✓使用多層式過濾方式，加強過濾效果 ✓徹底清潔接頭及管件 ✓加強銅箔進料品檢 ✓檢查黏塵輪效果
●塗膜表面異物	◇外來異物 ◇來自烘箱	✓加強無塵室管理與局部清潔 ✓烘箱內部清潔 ✓更換烘箱HEPA
●全面氣泡	◇乾燥條件異常 ◇塗佈間隙過大	✓變動乾燥條件，先試用降低溫度 ✓調整樹脂溶劑系統 ✓縮小塗佈間隙
●偶有氣泡	◇來自樹脂 ◇經過供料幫浦產生 ◇經過過濾器產生 ◇經過塗佈模具產生 ◇烘箱內發生	✓確認消泡程序及效果 ✓確認幫浦組合 ✓確認過濾器排氣流程 ✓確認塗佈模具組合及排氣流程 ✓變動乾燥條件
●塗膜突起	◇銅面凹陷	✓清潔惰輪粉塵 ✓加強無塵室管理與局部清潔
●膜面刮傷	◇烘箱內發生	✓增加銅箔與噴嘴之距離 ✓增加烘箱內上噴嘴風速 ✓調整烘箱內銅箔張力
●銅面凹陷	◇惰輪粉塵	✓清潔惰輪粉塵 ✓加強無塵室管理與局部清潔
●銅面刮傷	◇烘箱內發生	✓增加銅箔與噴嘴之距離 ✓調整烘箱內銅箔張力 ✓增加烘箱內下噴嘴風速
●銅面皺摺	◇基材張力不均 ◇惰輪平行度誤差太大	✓調整張力控制器 ✓校正張力控制器正確性 ✓應用分厘表調整惰輪平行度
●直線條紋	◇塗佈塞膜	✓提高塗佈間隙 ✓降低過濾器孔徑
●橫向條紋	◇塗佈間隙不穩定	✓確認背膠輪真圓度 ✓確認機台無震動
●斜向寬紋	◇乾燥後發生	✓調整乾燥時基材張力均勻性
●厚度左右不均	◇塗佈間隙不均 ◇模具狹縫不均	✓應用厚薄規確認塗佈間隙 ✓應用厚薄規確認模具狹縫

●厚度逐漸下降	◇供料幫浦轉速下降 ◇過濾器壓力上升 ◇樹脂黏度變化	✓確認馬達轉速 ✓調整過濾器孔隙 ✓穩定樹脂黏度變化
●厚度逐漸上升	◇供料幫浦轉速上升 ◇樹脂黏度變化 ◇樹脂固含量變化	✓確認馬達轉速 ✓穩定樹脂黏度變化 ✓穩定樹脂固含量變化
●厚度不穩定	◇塗佈間隙不穩定 ◇膜厚儀不穩定	✓確認背膠輪真圓度 ✓確認機台無震動 ✓確認膜厚儀讀數正確性 ✓校正膜厚儀讀數
●表面龜裂	◇乾燥後發生 ◇收捲前發生 ◇邊緣處發生	✓調整乾燥條件 ✓調整生產速度 ✓加大惰輪外徑 ✓增加基材路徑轉彎角度 ✓降低邊厚現象
●邊緣捲曲	◇乾燥後發生	✓降低留邊 ✓調整乾燥條件 ✓調整乾燥時基材張力
●外觀異常	◇表面光澤不均 ◇表面顏色不均 ◇銅亮面變色 ◇橘皮現象	✓烘箱內溶劑濃度 ✓調整溫度設定 ✓確認銅處理面外觀 ✓確認烘箱內溫度左右均勻性 ✓加強銅箔進料品檢 ✓確認銅箔亮面外觀及抗氧化層處理 ✓確認銅箔儲存環境與使用壽命 ✓調整烘箱之溫度與風速設定 ✓調整生產速度
●收捲平整性異常	◇收捲前發生	✓調整收捲張力 ✓應用分厘表調整惰輪平行度 ✓收捲管外徑不均 ✓降低邊厚現象
●殘餘溶劑量異常	◇殘餘溶劑量不穩	✓確認溫度穩定性 ✓確認排風機運作正常 ✓確認塗膜厚度
●膠性時間異常	◇膠性時間不穩	✓確認溫度穩定性 ✓確認塗膜厚度 ✓確認熱板表面溫度穩定性
●產品長度不足	◇計碼器誤差	✓校正計碼器

有較小的捲區現象。膜厚穩定性的控制，主要在於塗佈間隙與模具狹縫，而厚度均勻性的規格應在 $\pm 2\mu\text{m}$ 以內，以符合使用者需求。



▲圖三 影響厚度穩定之因素分析

而明顯邊厚的現象，通常需要在塗佈區域使用機構做改善，或以鐘擺式收捲處理，以增加收捲長度提高產品良率。

(3)乾燥製程：各種樹脂系統有不同的乾燥條件，但乾燥過程所造成所有外觀的不平整如橘皮、氣泡、突起與波紋等都是不被允許的。為確保較佳的外觀，乾燥過程常需經持溫、昇溫、高溫與冷卻等過程。

(4)製程中品管項目：常用溶劑殘存量、厚度均勻性、膠性時間與外觀缺陷等監控半成品品質。

(1)厚度穩定控制：圖三表示可能影響厚度穩定性之因子，在穩定的樹脂與供料系統下，配合精密塗佈生產設備，將可確保厚度之穩定。

(2)產品缺陷分析：依照IPC-CF-148A對背膠銅箔外觀的規範，任何明顯的皺摺與刮傷是不被允許的，但生產過程中可能發生的問題十分複雜且交互影響，在固定的特性規格要求下，限制了能夠改善問題的方法。表三略示常見製程中可能發生之現象及其其原因，筆者提出粗淺的建議改善方法，提供生產業者參考。

結論

背膠銅箔是應用於發展多層板印刷電路板產業的重要關鍵材料之一，而其製程特點在於材料具有反應性，加上銅箔是較難處理之基材，材料成本費遠高於製造費用，因此生產技術重點在於良品率提昇與產品特性的穩定控制。經由本產品製造能力的建立，將有助與國內塗佈技術與電子材料生產技術的提昇。

五、後加工

在此製程需做未塗佈部分的去除與分條處理，同時全面外觀檢測亦在此進行。針對背膠銅箔材料易脆的特性與銅箔易皺摺等特點，分條機的張力控制與刀具的選擇決定最終產品良率。

六、常見之問題與缺陷檢討

背膠銅箔生產上最重要的是厚度穩定性的控制與產品良率的提昇。茲針對此做一詳細分析：