

精密塗佈製程技術在 印刷電路板產業 之應用

◆游在安

中華先進塗佈科技股份有限公司

副總經理

摘 要

發展精密塗佈技術已成為開發印刷電路板產業上游材料之重要關鍵技術之一。

本文將說明精密塗佈技術之世界發展現況與其關鍵技術，

並以軟性銅箔積層材料為例，

說明製程技術對產品之影響。

關 鍵 詞

精密塗佈技術(Precision Coating Technologies)；軟性銅積層材料(Flexible Copper Clad Laminate)；狹縫式塗佈(Slot Die Coating)；無塵室(Clean Room)；多功能塗佈(Multi-functional Coating)

前 言

十一月底台北濕冷的天氣下，世貿大樓依舊湧入大批人潮參與第一屆的TPCA，顯示國內對於電路板產業都寄予

厚望。根據Prismark的統計，1999年全球電路板產值約為美元364億，而台灣佔有11%，位居第三。在展示的產品中相較以往，更多國內應用塗佈技術生產的上游材料，供應印刷電路板產業使用，如乾

膜光阻(Dry Film Photo Resist; DFPR)、軟性銅箔積層材料(Flexible Copper Clad Laminate; FCCL)與背膠銅箔(Resin Coated Copper Foil; RCC)等。乾膜光阻目前已由長興化工、大東樹脂、長春石化、田其芳與南亞等公司進行生產，總產能趨近飽和，因此可能沒有其他公司再能進入此市場。軟性銅箔積層材料以往仰賴進口，1995年9月國內正式在新竹科學園區設立專業的製造廠，提供材料銷售，至今雖已增至四家以上，但仍有企業規劃生產此產品。至於背膠銅箔則是百家爭鳴，約有十家公司以上在展覽會場展示該項材料。

台灣向來是以資訊產業為主要的印刷電路板訂單來源，例如主機板、筆記型電腦板等產品，但近年來隨著國內印刷電路板業者積極的投入較高階的產品來看，增層式印刷電路板(Build-up PCB)已然成為下一波印刷電路板產品的主流。另外，由於全球可攜式通訊產品、筆記型電腦及液晶顯示器的蓬勃發展，對軟性印刷電路板(Flexible Printed Circuit; FPC)的需求也隨之大增，預估在未來幾年內，軟性印刷電路板的市場需求將會呈現穩定的成長。由以上可知，國內塗佈產品在因印刷電路板上游材料的發展趨勢，正與日本的JPCA所展示的現況相符。

精密塗佈技術簡介

塗佈製程是將基材表面覆蓋均勻的薄層，以達到保護、裝飾、接著及功能化基材的目的，不僅提高其附加價值，也需達到產品結構設計的功能。在印刷電路板製程中應用許多這樣的方式，如玻纖布的含浸、酚醛樹脂、綠漆、內層板光阻塗佈等，至於使用材料上有乾膜光阻、軟性銅箔積層材料與抗焊膠帶等，均應用此一製程，差別在於塗佈製

程是在電路板廠或材料製造廠進行。在電路板廠常採用批次方式處理薄片基板，如浸沾法(Dip Coating)、刷塗法(Brush Coating)、旋轉塗佈法(Spin Coating)、簾幕塗法(Curtain Coating)及噴塗法(Spray Coating)等。而材料製造廠常需使用連續方法，以成捲方式大量製造降低成本，因有塗佈速度快及均勻性高等優點，目前已廣泛被應用於銅箔以及高分子薄膜等製程。

連續式塗佈方法依其流體力學上的差異，主要可分為後計量方式(Poster-metering)與預計量方式(Pre-metered)。二者的差別在於塗膜厚度受製程參數之影響程度，後者由輸送塗料系統決定塗膜厚度；而前者以塗料流變性質與製程參數為重要控制之因素。最普遍使用的如浸沾式塗佈，其塗膜厚度隨塗佈速度增加而變厚，但不成正比關係，若是再繼續增加速度，厚度則趨於定值或反而降低。其它如刮刀式、滾筒式塗佈等都屬於此類型，但有不同的分布趨勢。預計量方式塗膜厚度由輸液系統給定，並不隨塗液的流變性質或塗佈速度而異。這種類型大都是利用擠壓型模頭(Extrusion Die)將塗液作橫向分配後，再均勻塗佈於基材。

基本上，預計量方式具有密閉性與穩定性，是較被普遍應用於電子材料的塗佈生產。

國際上應用精密塗佈技術現況

Hiroshi在1997年提出，在21世紀來臨之時，塗佈技術已儼然成為尖端產業的關鍵技術之一，文中提及日本未來功能性塗佈產品的相關應用。其中電子與生醫產業相關產品，均為未來之明星產業。以美國為例，塗佈技術應用橫跨許多不同的重要產業。1990年其產值估計

有3400億美金左右，其中電子相關產品就佔了1000億美金，而在1996年更高達7400億美金。傳統影像工業已將塗佈技術在多層塗佈、高速生產以及大量製造上發展成熟。目前的電子產品（如圖一）之應用，已有間斷式塗佈、光學材料塗佈、雙面同時塗佈、基板式等新式技術可因應。鋰電池的開發需應用間斷式與雙面同時塗佈，對於高量懸浮顆粒的電極材料，塗料穩定性的控制與塗佈方式的要求，增加技術應用的困難度。基本上雙面塗佈需用垂直方式，但乾燥速率的控制是以水平方式有較佳的控制，二者皆需要穩定的張力與效率高之乾燥。

平面顯示器使用的光學膜，不僅需要薄層塗佈，同時對於液晶材料需再有偏極化處理。在塗佈設備上，日本的康井精機、平野金屬、Toray Engineering與井上金屬等都積極開發此類的產品生產設備。

國際知名之電子材料生產廠，都具備有自行開發精密塗佈之生產能力，如表一所示。但對於不同產品則有不同的要求，通常衡量之指標有良率、塗幅、生產速度、塗膜厚度、膜厚均勻性控制與多層塗佈等項目。在表二說明各種電子材料對於塗佈技術能力之不同的要求，而塗膜厚度是較重要的指標，同時

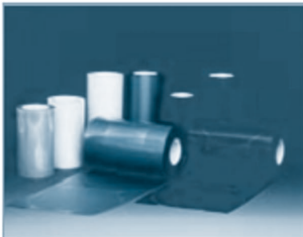
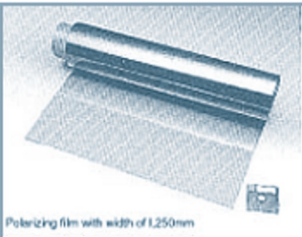
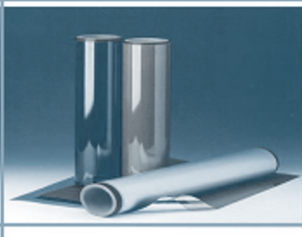
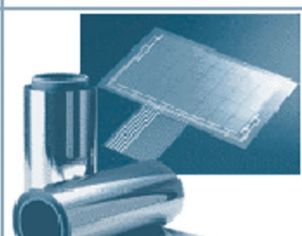
也影響塗佈方式的使用與生產速度，愈薄的厚度應配合低黏度與較高的產速，因此生產規劃前，應明確了解這些特性的差異與關聯性。

精密塗佈關鍵技術

對於傳統的塗佈技術上的描述已有許多報導，本文將就其應用於精密塗佈技術及產品製程特色加以說明，而提高良率（或材料利用率）與產品穩健性是使用精密塗佈的主要目的。

一、良率控制

為穩定的控制良率，製造中常需要在無塵室的環境進行，印刷電路板材料常控

		 Polarizing film with width of 1.250mm
UV Tape	Medical tape	Polarizing film
		
Diffuser for LCD	FCCL	Inkjet media
		
Lead frame tape	Conductive film	Dry film photo resist

▲圖一 應用精密塗佈技術生產的電子材料

表一 電子材料發展公司與其產品項目

公司名稱	國別	產品項目
1. 3M	USA	●Electrical tape ●Optical films
2. Ablestik	USA	●LOC tape ●Medical tape
3. Agfa	Germany	●Photography films ●Conductive films
4. Arisawa	Japan	●FCCL ●Optical film
5. Bertek	USA	●Medical tape
6. CP films	USA	●Optical film ●Solar film
7. DuPont	USA	●Dry film ●FCCL
8. Fuji film	Japan	●Wide viewing film ●Photography films
9. Furukawa	Japan	●Resin coated copper ●UV tape
10. Hitachi Chemical	Japan	●LOC tape ●Dry film
11. Iford Imaging		●Inkjet media
12. Keiwa	Japan	●Diffuser
13. Kimoto Technology	Japan	●Inkjet media ●Optical film
14. Kodak	USA	●Photography films
15. Konica	Japan	●Photography films
16. LINTEC	Japan	●Release liner ●Medical tape ●Optically functional films ●UV tape
17. Mitsui Chemicals	Japan	●UV tape
18. Nippon Steel Corp.	Japan	●FCCL
19. Nitto Denko	Japan	●Polarizer ●Electrical tape
20. Rexam graphics	USA	●Inkjet media
21. Saehan	Korea	●Lead frame tape
22. Sekisui Chemical	Japan	●Protective tape
23. Sheldahl	USA	●FCCL
24. SKC	Korea	●Inkjet media
25. Sony Chemicals	Japan	●FCCL
26. Sumitomo Chemicals	Japan	●Polarizer
27. Tomoegawa	Japan	●Lead frame tape ●TAB carrier tape
28. Toray	Japan	●Film carrier tape for TAB
29. Tsujiden	Japan	●Diffuser for LCD
30. W H Brady	USA	●Lead frame tape

表二 各種電子產品對於製程特性之需求

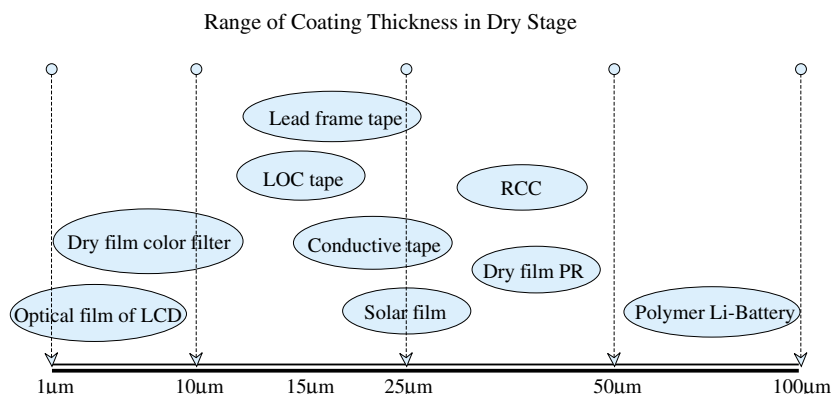
產品別	良率	膜厚均勻性	生產速度	塗幅	塗膜厚度	粉塵控制	多層塗佈
1. Resin coated copper foil	√		√	√			
2. Release liner for LCD			√		√	√	
3. Diffuser for LCD	√	√		√		√	
4. Protective tape						√	
5. Optical films					√	√	
6. LOC tape	√						
7. Lead frame tape	√		√	√			
8. FCCL	√						
9. Medical tape	√		√	√			
10. Inkjet media			√	√			
11. UV tape		√				√	
12. Dry film	√	√	√	√			
13. Solar film		√	√				
14. Photography films		√	√		√		√

制在class 1,000~ 10,000。無塵室可將一定空間範圍內之溫溼度、潔淨度、室內壓力、氣流速度、氣流分佈、噪音振動、照明及靜電控制等影響良率的變數，控制在需求範圍內。所給予特別設計之空間，其最主要的作用在於控制與產品接觸大氣的潔淨度與溫溼度，以便產品能在一個良好的環境空間中生產製造。因為製造空間龐大，為降低成本常不使用整體高潔淨度的設計，而是由外而內，使用局部區隔方式，每個區域之無塵室等級均不相同，逐步提高到最佳的潔淨度。在無塵室的維護管理上，需對無塵室的人員加以規範管理外，原物料與設備的進出也必須透過無塵室管理程序，方不至於影響無塵室的潔淨度。精密塗佈產品長期的穩定性與良率，操作人員的習慣養成與完善管理是最重要的因素。

二、密閉系統設計

許多使用於電路板上游材料，仍是以溶劑型居多。在塗佈過程中，塗料的

穩定性決定產品的穩定性。因此塗料的供應方式，逐漸由過去泵浦供應至塗料槽或人工添加方式轉變為密閉式供應的方式。材料在塗佈基材前才會與空氣接觸，以降低溶劑揮發與變質。自日本井上金屬株式會社配合Extrusion Dies Inc.發展狹縫式(Slot Die Coating)塗佈設備，受到同業的注目，具有相當好的實績。這台採用能進行50cps~50,000cps塗佈之高精度塗佈模具(Slot Die)，可符合近來追求多樣化、高速化塗佈生產的需求。過去的滾輪式塗佈(Roll Coater)，已不足應付高濃度塗料的塗佈精度需求，可以此取代。滾輪式和狹縫式塗佈基本上差別在於，後者的塗料裝置於封閉空間內，而且塗料被完全使用，前者的塗料則是在開放供膠槽內以滾輪帶上，再以計量輪(Metering Roll或Bar)將多餘的塗料刮下，以適量塗料塗佈。使用過去的縫式塗佈時，保持基材和模唇面間一定的間隙，並降低背膠輪的接觸壓，減少背膠輪及模唇的磨損，而新式設計上為達更薄的厚度，則提高模唇的平行度精度與懸空直接與基材接觸。



◀圖二 應用精密塗佈技術生產的電子材料在塗膜厚度的要求

▼圖三 軟性銅箔積層材料之塗佈與壓合製程

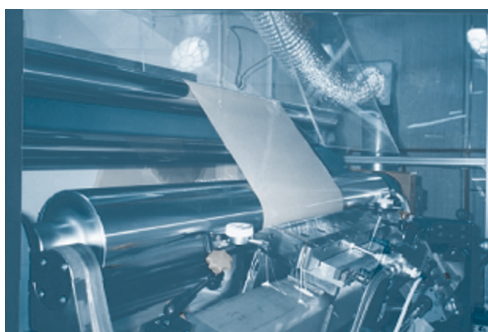
三、多功能塗佈方式 (Multi-functional Coating)

產品上有多層的材料結構或是複雜的設計，常需要使用多層同時塗佈、條紋塗佈及塊狀塗佈，相較於其他加工技術，精密塗佈技術是一種高投資、技術密集，且具高報酬率之加工方式，

軟性銅箔積層材料製程 技術應用現況

在60年代，軟板首先在美國被用做多條同型之排線或多股連線，成為電子裝配量產時的代替品，才開始在消費性電子產品市場上嶄露頭角。其中最大宗的應用是汽車工業，將原來耗時又費力的電纜線束，簡化成為軟性的扁平排線板，使各種儀錶的連接更為單純而可靠，事實上這種單面軟板，並無鍍通孔也不能裝載零件，只有導電的功能而已，此時尚不能稱上軟性電路板。

在60年代的同期，美國照相機工業一直努力把相機往小型多功能化發展，以推廣到『個人化商品』的廣大市場上，而軟板的輕、薄，正可以取代麻煩又佔體積的多處繞線裝配，甚至可進一步裝載部份的零件，以濃縮其體積而成為方便攜帶的商品。如此一來，軟板就必須具有鍍通孔及可焊接的能力。當軟板具備裝載零件的能力後，在微型化上



塗佈製程



壓合製程

將更有潛力，這種厚度很薄且具有通孔、可焊錫，以及可撓性的雙面或多層線路薄板，才能稱為軟性電路板。

所謂軟性印刷電路板乃是將電子電路製作於軟性的塑膠絕緣膜上，其最大的特點乃是改善一般硬質電路板不可彎

表三 軟性銅箔積層材料生產流程

產品別	生產流程	
三層式軟性銅箔積層材料： ●特點：量產性佳 ●缺點：接著劑限制材料使用溫度 ●公司：DuPont、Mektec	Single	
	Double	
無接著劑軟性銅箔積層材料 — 預鑄法 ●特點：性能佳厚度可降低 ●缺點：產速低 ●公司：Nippon Steel Chemicals、Wirex	Single	
無接著劑軟性銅箔積層材料 ●特點：性能佳厚度可降低 ●缺點：生產成本高 ●公司：3M、Sumitomo、UBE	Single	
	Double	
	Single	
	Double	

曲性的不便。此種可撓性或彎曲性對於某些須有動作功能的電路是非常重要的。除此之外，還可就產品可利用空間大小及外形進行立體配線，使產品符合輕、薄、短、小的需求，其中對使用者有較明顯的利益，在節省成本達30%、減輕重量70%與節省空間30%等都是應用的特點。

軟性銅箔積層材料基本上依照黏著

劑的使用，可分為三層式（使用接著劑）與無接著劑兩種。常使用之絕緣基材為聚亞醯胺膜(Polyimide Film)與聚脂膜；銅箔則有電解銅箔與壓延銅箔。但生產流程上，依照材料的設計而有不同的生產方式，如表三所示，大約可分為塗佈（或預鑄）式與真空蒸鍍。無接著劑軟性銅箔積層材料由於製程的成熟度與生產成本高，還未普遍使用。

表四 製程因素對產品特性之影響

影響項目	塗料	基材	塗料輸送	基材張力	塗佈	乾燥	壓合	收捲張力	熟成	分條
生產穩定性	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
產品外觀	√	√	√		√	√	√	√	√	√
產品物性										
●耐熱性	√									
●接著力	√	√			√		√		√	
●尺寸安定性	√	√		√		√	√		√	
●撓曲度	√	√								
●電性	√	√								
●加工性	√					√			√	
●儲存性	√					√			√	

三層式軟性銅積層材料 製程技術

由表四可知，各種製程參數都將直接或間接影響產品之物性與外觀，進而在市場競爭性造成差異。基本上軟性銅箔積層材料主要在生產製程上，需要考量良率、尺寸安定性、加工儲存性與外觀的要求。

一、材料系統

常使用環氧樹脂與壓克力樹脂兩種。材料的配方決定了產品大部分的物性，藉由摻入添加劑（通常為粉體顆粒），提高物性與加工性，但負面效應也會降低塗料的穩定性與儲存性，造成塗料過濾阻塞現象，衍生塗佈穩定性的問題。

二、基材

使用絕緣膜與銅箔，但由於單價之昂貴與供應量不足，常在使用上有所限制。而聚亞醯胺薄膜將影響產品的接著

與尺寸安定性；銅箔種類則影響產品的耐折性。

三、生產設備

至少需要塗佈、乾燥與壓合等功能，至於表面處理、靜電消除、清潔輪等器具，則是各家製程技術know-how，在無塵室控制上，則是由外而內，使用局部區隔方式，每個區域之無塵室等級均不相同，逐步提高到最佳的潔淨度，操作人員的習慣養成與完善管理是影響產品良率最重要的因素。

結論

對於國內產業提昇產品附加價值與市場競爭力，國內材料的自主供應是未來的發展趨勢。拓展精密塗佈技術已是開發印刷電路板產業上游材料之重要關鍵技術之一。國際知名之電子材料生產廠，都具備有自行開發精密塗佈之生產能力，但對於不同產品則有不同的要求，塗膜厚度是重要的指標，而精密塗佈生產穩定性與良率，則端賴操作人員的習慣養成與完善管理。