

液晶顯示器用 玻璃基板

平面顯示器已經和我們的生活息息相關，
例如在手提電腦和液晶電視上都可看到它的蹤影。
其中有一項關鍵性的材料－玻璃基板，
它在性能上有什麼特別的要求？又是如何製造的呢？

■ 蔡獻逸



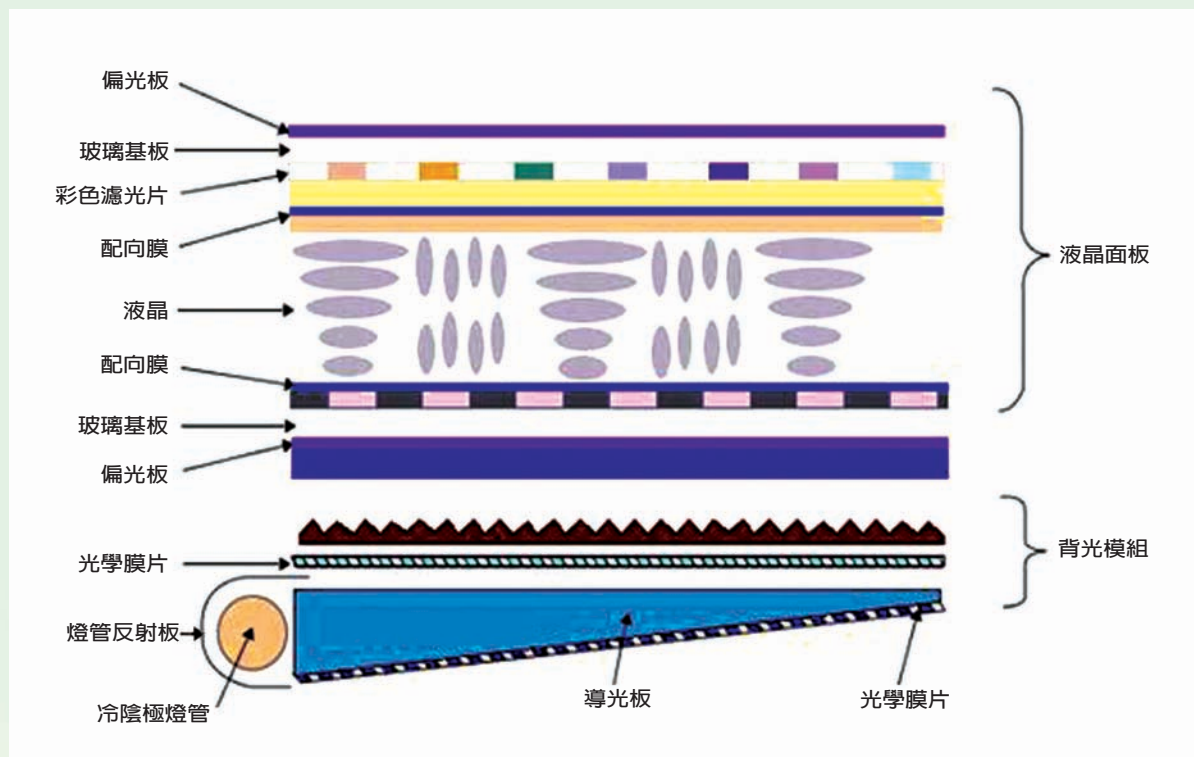


在政府提倡的「兩兆雙星」政策積極引領下，國內薄膜電晶體液晶顯示器（thin-film transistor liquid crystal display, TFT-LCD）的上、中、下游體系日趨完整，已達垂直整合的功效。其中玻璃基板是平面顯示器的重要關鍵材料之一，本文針對 TFT-LCD 面板上所使用玻璃基板的基本特性、製程技術、未來發展方向以及可能面臨的挑戰做一個介紹。

玻璃基板的基本特性

玻璃基板主要應用在平面顯示器上的薄膜電晶體及彩色濾光片二處，所需的基本要求有 5 項：成分中不能含鹼金屬氧化物，以避免鹼金屬離子經由擴散作用移動至電晶體陣列中，造成電路短路；具耐化學性，以承受高溫製程中所使用的化學藥劑；熱膨脹係數須與薄膜電晶體陣列中的矽相近；高玻璃應變點，使熱收縮較小（低），有助於在 TFT 製程中精確地對準光蝕刻圖形；低的生產成本而能產製高品質的超薄平板玻璃。

其中最後一項要求最難達成，因為要生產不含鹼金屬氧化物的玻璃熔體，本來就不太容易，還要把熔融玻璃體中的不純物、不均質和氣泡完全消除當然更加困難，最後還需要一個能產出超高表面品質的成型製程。既要克服各項技術瓶頸又要兼顧成本因素，這一項要求的困難度不言可喻。



液晶顯示器構造圖

從技術觀點來審視玻璃基板的基本特性，不難發現製造適用於 TFT-LCD 玻璃基板的門檻相當高，其中包括玻璃本身的材料特性，如材質、品質、耐化學性和熱特性；玻璃成型時的表面特

性，像是翹曲、波紋、粗糙度、表面凹凸、平坦度和厚度變化；最後是加工時或運輸過程中所造成的表面損傷。對材料特性而言，其核心技術在找出最合適的玻璃組成和熔解技術，包含澄清和均勻化。對表面特性而言，其核心技術則是尋找最理想的成型技術。

目前全球僅有康寧（Corning）、旭硝子（Asahi Glass Co., AGC）、日本電器硝子（Nippon Electric Glass, NEG）、以及板保科技玻璃公司（NH Technoglass, NHT）4 家廠商可以供應 TFT-LCD 用玻璃基板。在市場需求持續成長下，除了現有廠商積極擴建熔爐增加產量外，新的競爭者也陸續加入，如台灣碧悠國際光電公司。

從技術觀點來審視玻璃基板的基本特性，不難發現製造適用於 TFT-LCD 玻璃基板的門檻相當高，其中包括玻璃本身的材料特性，如材質、品質、耐化學性和熱特性。

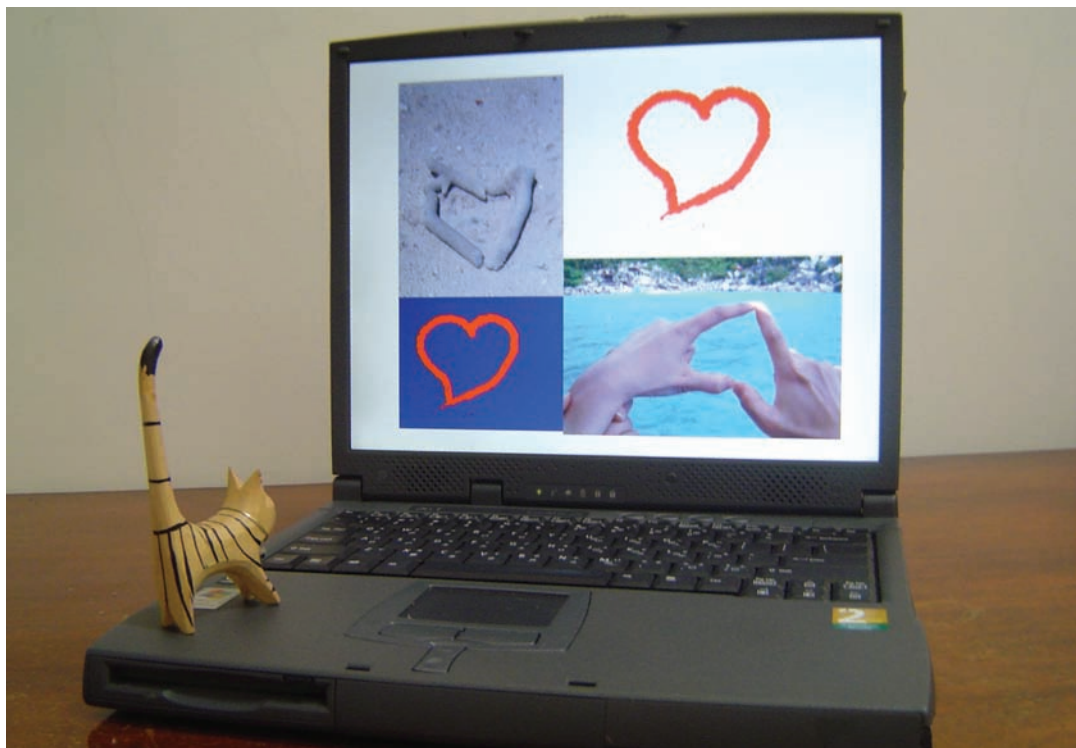
製程技術的關鍵

TFT-LCD 用玻璃基板的成型製程，主要區分為 3 大類型：薄板浮式玻璃製程，溢流融合下拉法製程，以及開口下拉法製程。

薄板浮式玻璃製程是把由熔爐流出的玻璃材料，以漂浮方式通過熔融狀態的金屬錫槽，利用液態錫表面光滑的特性拉出玻璃基板。由這個製程產出的玻璃因與液態錫接觸，須再經過拋光、研磨等後段加工步驟，因此對於成品良率、單位成本、量產速度與後續製程所引發的環保問題都較為不利。目前日本旭硝子公司是利用這個製程產製不含鹼金屬的玻璃。

溢流融合下拉法製程於 1930 年代由 Libbey-Owen-Ford Glass Company 開發出來，並先後獲得多項專利。到了 1960 年代中期，康寧公司為了使產品厚度能更平坦與均勻，改進這個製程的缺點進而獲得多項專利。

這個製程的主要關鍵步驟是使熔爐內熔融



液晶顯示器已是目前電腦螢幕的主流，而玻璃基板是其中的重要關鍵材料之一。



全球各玻璃基板生產商的产品特性分析

	主要產品型號	比重 (g/cm ³)	厚度 (mm)	應變點 (°C)	熱膨脹係數×10 ⁻⁷ mm/mm/°C (30°C~380°C)	剛性◆ (Kg/mm ²)
康寧 Corning	Eagle 2000 ¹ *	2.370	<0.7	668	32.5	6910
	1737 ¹ *	2.545	0.7	666	37.8	6950
	7059	2.752	--	593	46.6	
旭硝子 Asahi	AN-100	2.506	>0.6	670	35.5	
	AN-635	2.77	--	635	48	
日本電器 硝子-NEG	OA-2	--	--	--	--	
	OA-10	2.511	--	651	36.6	
NHT	NA-45	--	--	--	--	
	NA-35 ¹ *	2.500	0.7	650	36.7	6930
POI	POI ¹ *	<2.500	<0.7	≥645	32~37	≥7000

★可為TFT-LCD第5代玻璃基板特性；◆POI 實測值 (取材自：各廠商，全球產業研究中心 2001/02)

狀態的玻璃原料通過耐火導管，再由導管頂部分兩側沿管壁向下溢流而出，並在導管底部匯流融合，以形成單一片狀玻璃基板，利用這種製程所生產的玻璃基板不需再經研磨。因專利早已過期，所以除康寧公司外，NEG及NHT都採用溢流融合下拉法生產 TFT-LCD 用的玻璃基板。

除上述兩種主要的成型製程外，第3種是德國 EPT 公司開發的開口下拉法。比較目前3種生產玻璃基板的成型製程，「溢流融合下拉法」是目前的主流。

以溢流融合下拉法生產的 TFT-LCD 用玻璃基板，具有以下的優點：較高的玻璃應變點，使玻璃基材具有更佳的熱安定性與熱收縮性；較低的密度，可使玻璃基材較輕和較少的重力熱塑成型；更佳的耐化學性，使製程能在較嚴苛的蝕刻條件下進行；與矽晶體有更接近的熱膨脹係數，因而開啓了在玻璃上製備鑲合晶片的可能性；較高的耐崩角和機械強度；不會有鹼金屬離子（如鈉離子等）經由擴散作用，自玻璃表面遷移至電晶體陣列中，因而破壞電晶體元件。

成型時，溫度在掌控玻璃黏度上扮演重要的角色。在玻璃成型的過程中，可透過溫度控制調整玻璃熔體的黏度。例如在成型時，怕黏度太高而無法製成想要的產品，或是希望在改

變形狀後仍然有時間消除應力，都可以經由溫度控制來達到。

在成型的過程中，若與外界接觸的玻璃表面溫度比較低，內部的溫度比較高，這樣的溫度差會在玻璃材料內部形成無法預知的應力。在使用這種玻璃材料時，因為有無法預知的應力，對玻璃的安全性無法掌握。因此成型後的玻璃材料，大都需要經過一定的熱處理（退火）程序，以消除玻璃材料內部的應力，確保使用者的安全。

光學品質的技術關鍵

成型後玻璃的光學品質極為重要，當其中含有石頭、脈理或氣泡時，就表示有瑕疵，這些物質會影響玻璃的光學品質。做為LCD玻璃基板及光學玻璃的材料，是不允許有這些雜質存在的。

石頭的出現對玻璃的透明度及強度都有不利的影響，造成的原因是玻璃熔解後碰觸到耐火材料的些許粉末，它是一種結晶的礦物。脈理的存在對玻璃折射率有不良的影響，同時會使透過玻璃的影像變形而失真。造成的原因是耐火材料一併熔融於玻璃中，它是一種非結晶型條紋狀的物質。氣泡的來源包括外界空氣氣泡、一次氣泡（原料所生氣泡）、二次氣泡（因溫度改變所產生的氣泡）、耐火材料氣泡、電解

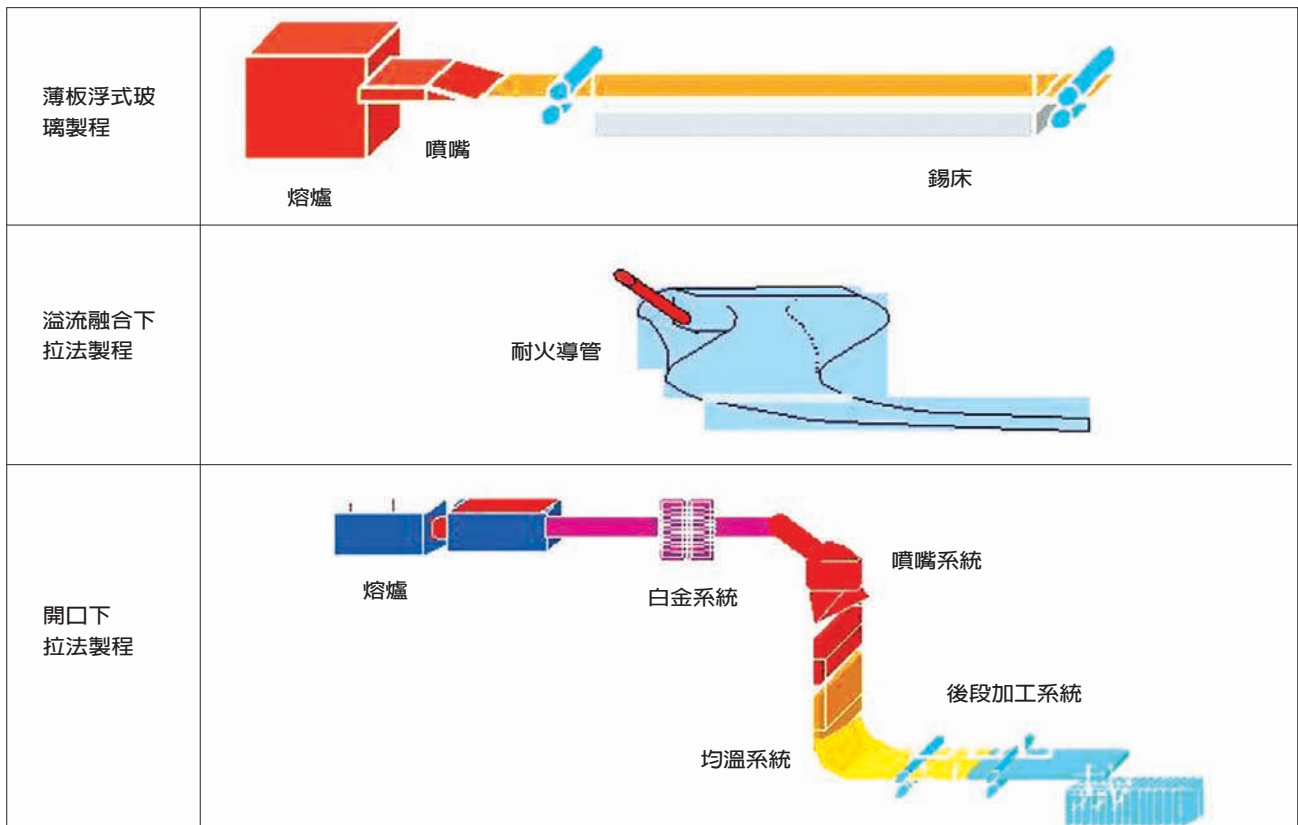
氣泡等，對玻璃的透明度也有不利的影響。

為避免玻璃中石頭和脈理的產生，可使用

白金或其合金當耐火材，要避免氣泡的產生，則須在玻璃原料中加入好的澄清劑。雖然綠色

玻璃基板3大成型製程各種條件的比較

項 目	薄板浮式玻璃製程	開口下拉法製程	溢流融合下拉法製程
重量 (噸/日)	400~700	5~20	5~20
熔解溫度	高	高	高
熔爐建造所需的空間	占地廣闊	所需面積較小但需挑高	所需面積較小但需挑高
投資金額	大	中間	大
建造時間 (月)	18~24	15~18	15~18
熔解的方式	天然氣/重油/電力輔助	電力/天然氣/燃油	電力/天然氣/燃油
有無氣體控制	有 (N ₂ /H ₂)	無	無
拉出的方向	水平	垂直向下	垂直向下
成型的介質	液態錫	鉑銠合金流孔漏板	可供溢流的熔融幫浦
所用的物理原理	利用液態錫與玻璃膏間不同的密度	重力	重力
控制厚度的方法	熔爐的引出量、導桿施力的大小和水平方向玻璃平板的拉出速率	熔爐的引出量、流孔開口的大小和下拉的速率	玻璃膏的溢流量和下拉的速率
厚度的範圍	0.5~25mm (毫米)	30~110 μm (微米)	0.5~2.5mm
成型的瓶頸	如何從槽窯中熔製均質且穩定地引出均質的玻璃膏	如何保持鉑合金所製成玻璃導膏槽的流孔不變形	如何維持熔融幫浦的水平度、如何維持均質玻璃膏的穩定流量
所形成平板玻璃的大小	大面積	中小面積	中大面積
退火方式	水平方向線上退火	垂直方向線上退火	垂直方向線上退火
平坦度	合格	合格	合格
原始玻璃表面數	單面	無	雙面
後續再加工性	居中	最高	最低



3 種不同類型的玻璃基板成型製程示意圖



專題報導 玻璃的藝術與科技

液晶顯示器用玻璃基板



各世代玻璃基板切割數

生產線世代		第5代	第6代		第7代
玻璃基板尺寸 (mm)		1,100 × 1,250	1,500 × 1,800	1,500 × 1,850	1,870 × 2,200
基板面積比		1	1.96	2.02	2.99
液晶監視器	17英寸	12片 (86%)	25片 (95%)	25片 (93%)	36~40片 (90%以上)
	19英寸	9片 (80%)	16片 (76%)	16片 (74%)	28片 (87%)
	21~22英寸	6片 (65%)	16片 (92%)	16片 (90%)	24片 (90%)
液晶電視 (15:9或16:9)	32英寸	2~3片 (44%~66%)	8片 (90%)	8片 (91%)	12片 (92%)
	36~37英寸	2片 (55%)	6片 (84%)	6片 (84%)	8片 (91%)
	40英寸	2片 (68%)	3片 (54%)	3片 (52%)	8片 (92%)
	42英寸	2片 (75%)	3片 (59%)	3片 (58%)	6片 (76%)
	46英寸	2片	3片 (70%)	3片 (68%)	6片 (90%)

註：括弧內是切割效率。資料來源：DigiTimes Research，2004/1製表：黃銘章、柯博偉

環保玻璃是未來產品發展的趨勢，但到目前為止，玻璃材料的製作仍然使用三氧化二砷做為澄清劑，因為三氧化二砷是已知能耐最高溫度的澄清劑。

這意味著即使在很高的熔解溫度（例如攝氏1,450度）下，玻璃熔體中的三氧化二砷仍會持續釋出氧氣，這種在高溫下釋放出氧氣的動作，有助於生產玻璃時在熔解與澄清階段移除內部氣泡。至於熔融初期的較低溫度階段，玻璃中的氧氣極易被三氧化二砷吸附。利用三氧化二砷的特性，分別在高溫及較低溫的狀態下，協助移除玻璃中的氣泡，在兩階段的相互配合下，基本上能產出沒有氣泡的玻璃成品。

玻璃基板的發展與挑戰

玻璃基板的未來發展，會以大型化及高精細化兩個方向為主。由於電視大型化的比重逐漸提高，2005年時大於20英寸的液晶螢幕電視在市場上已超過7成，現階段面板廠商量產的LCD TV產品最大尺寸是47英寸，展示品最大尺寸已達57英寸（南韓三星），並且有朝更大型化發展的趨勢。

為了因應新產品周期縮短，新世代玻璃基板更新的速度也同時加速，新周期由原來的3年縮短為1~2年，基板面積在10年內增加了16倍，尺寸提高到第6代生產線（1,500 × 1,850 mm²）及第7代生產線（1,870 × 2,200 mm²，

1,850 × 2,150 mm²）的規格，並已著手第8代生產線的規畫。

以經濟效益而言，5代線（1,100 × 1,250 mm²）基板可切割出3片32英寸面板（16:9），基板利用率是6成，第6代生產線（1,500 × 1,850 mm²）可切割出8片，基板利用率則提高至9成。雖然投資額增加約7成，整體經濟效益的提升卻超過一倍以上，因此追求更大面積的基板生產線，是面板廠商進軍大尺寸電視的必要手段。而玻璃廠商在因應基板大型化的趨勢中，勢會面臨製程與搬運技術、良率提升等的挑戰。

台灣TFT-LCD平面顯示器產業發展主軸，在早期「進口替代」政策推動下，整體產業的上、中、下游結構已日趨成熟茁壯。惟上游材料玻璃基板仍受到國外廠商策略性缺貨的箝制，以致影響平面顯示器產業的擴廠、技術開發、以及新產品開發，甚至智慧財產權都受到牽制。建議政府制定產業政策，投入更多的資源，扶持玻璃產業所需的周遭設備/高溫材料/元件，使平面顯示器上、中、下游產業結構能更趨健全，期能儘早搶占全球市場商機。□

蔡獻逸

碧悠國際光電股份有限公司