

大面積基板塗佈製程解析

吳平耀
工研院工業材料研究所
精密塗佈技術部 研究員

摘要

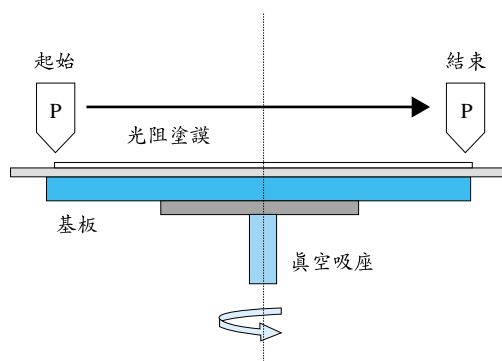
光阻塗佈是製作彩色濾光片的重要製程，Slit and Spin是目前所使用的方法。若只用Slit Die Coating卻有近乎100%材料利用率、較少製程步驟、高Throughput的優點，但實際操作時，會遇到什麼問題？本文就此二技術做一分析。

關鍵詞

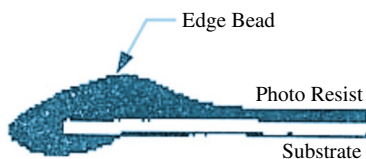
擠壓及旋轉塗佈法(Slit and Sping Coating)；擠壓式塗佈法(Slit Die Coating)；彩色濾光片(Color Filter)

前言

光阻塗佈是製作彩色濾光片的重要製程，目前四代基板(680mm×880mm、730mm×920mm)最常使用的塗佈方式為擠壓及旋轉(Slit and Spin)，如圖一，操作方式是利用Slit Die將光阻塗佈在玻璃基板，再Spin達到厚度要求。但此一方式卻會有Edge Bead的問題（如圖二），因此在乾燥後需做Edge Bead Removal（EBR，如圖三）的動作來除去Edge Bead。整個流程裝置配置如圖四。此一方式比單純只使用Spin Coating會有較高的材料利用率，但是還是浪費掉不少光阻。對此一方式，若在Slit Die將光阻塗佈在基板上時，即可達到厚度及均勻度要求，就無需



▲圖一 擠壓及旋轉塗佈法示意圖



▲圖二 Edge Bead

後續的Spin及EBR動作，不僅可提高Throughput，也可大幅提高光阻的材料利用率至95%以上。Slit Die Coating有這麼多優點，但實際操作時，會遇到什麼問題？尤其目前彩色濾光片廠商正在規劃投資五代基板(1100mm×1250mm)的生產線，是繼續使用Slit and Spin Coating方式，還是採用Slit Die Coating方式，影響投資效益甚大。以下就此兩種技術做一解析。

擠壓及旋轉塗佈法

擠壓及旋轉塗佈法(Slit and Spin Coating)中，擠壓式(Slit Die)係將光阻先塗佈在基板，真正決定厚度的還是旋轉塗佈。旋轉塗佈是流體離心力與黏滯力平衡的結果，光阻在基板上的厚度依黏度、轉速及旋轉時間而定。若光阻是牛頓流體，則光阻厚度與所在位置無關，即從中心到邊緣厚度都一樣，可惜光阻雖是低黏度的牛頓流體，但隨溶劑逐漸揮發而變為非牛頓流體，此時，厚度就會出現由中心向外逐漸遞減的結果，此一結果隨基板尺寸變大而更加明顯。因此，若五代基板用擠壓及旋轉塗佈法即需確認此一厚度差異是否可以接受。

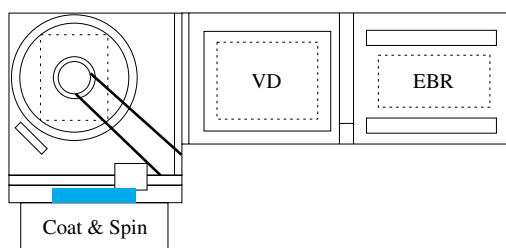
彩色濾光片光阻塗佈有紅、藍、綠三種顏色，在塗佈第二及三個顏色光阻時，基板表面已有圖案(Pattern)，光阻塗佈後會隨表面圖案而起伏(如圖五)，在溶劑揮發的過程中，會發生Leveling使表

面平坦化，至於Leveling所需時間，則受重力、光阻的黏度、表面張力及欲平坦化高度等因素的影響，詳細計算可利用數值方法來估算，在此不多作說明。

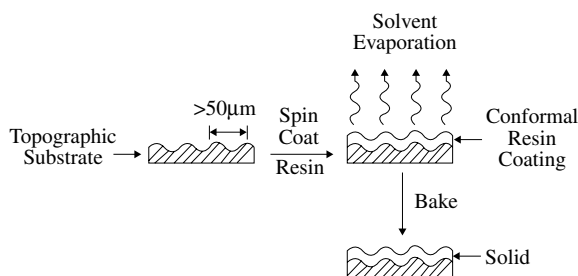
以上是對擠壓及旋轉塗佈法的簡易分析。與擠壓及旋轉塗佈法相較，擠壓式塗佈法雖然製程步驟較少，但技術問題卻較多，以下針對擠壓式塗佈法的重要技術問題加以說明。

擠壓式塗佈法

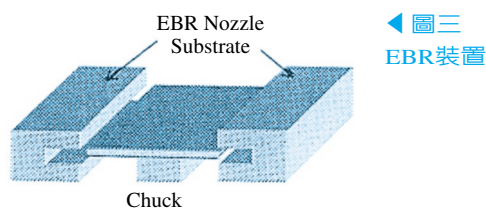
圖六 是擠壓式塗佈系統的簡單示意圖，主要包括Slit Die、Pump供料系統、Slit Die移動系統、防止Slit Die乾燥系統、真空吸座、塗佈間隙量測系統及其他相關設施等。操作時，Slit Die一面移動，同時光阻由Slit Die的狹縫(Slot)流出，塗佈在玻璃基板，光阻百分之百利用，似乎相當簡單，卻是有相當多的技術問題，一一說明如下。



▲圖四 擠壓及旋轉塗佈法裝置配置圖



▲圖五 旋轉塗佈法在表面有圖案(Pattern)之基板

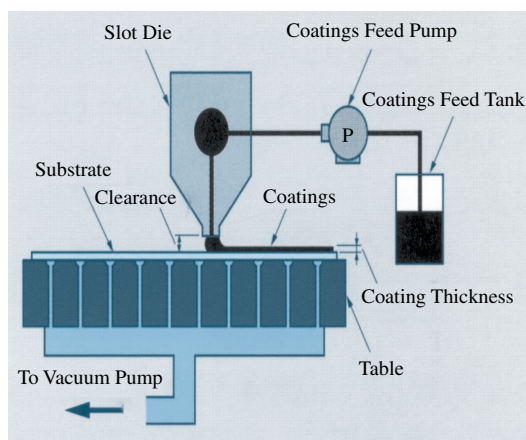


◀圖三 EBR裝置

一、Slit Die

以Slit Die進行光阻塗佈，首先必須要能在寬度方向產生均勻流量的Slit Die。Slit Die的設計包括內部流道的幾何尺寸與Slit Die出口Lip形狀設計，光阻在Slit Die出口的流量均勻度則取決於Slit Die內部流道的幾何尺寸設計，光阻在Slit Die出口是否穩定操作則與Slit Die出口Lip形狀有關。這些幾何尺寸的決定則與流體物性（黏度、密度、固含量、表面張力）、操作參數（流量、溫度、Coating Gap）、產品要求（乾膜厚度、均勻度）等因素有關，同時要避免在內部流道產生滯流區（Dead Area，操作久了Pigment會在此區域沉降）或漩渦（光阻停在此區域久了可能會變質）。其設計流程如圖七。

內部流道幾何尺寸可透過模擬計算來完成，但機械加工卻是Slit Die是否能用在五代基板光阻塗佈的一個考驗，由於光阻黏度相當低，塗佈濕膜厚度也相當小（約 $10\mu\text{m}$ ），所以Slit Die的Slot Gap也相當小（ $50\sim 75\mu\text{m}$ ），但光阻在Slit Die出口流量卻與Slot Gap的三次方成正比，若Slot Gap有1%的誤差，流量就有3%的



▲圖六 擠壓式塗佈法示意圖

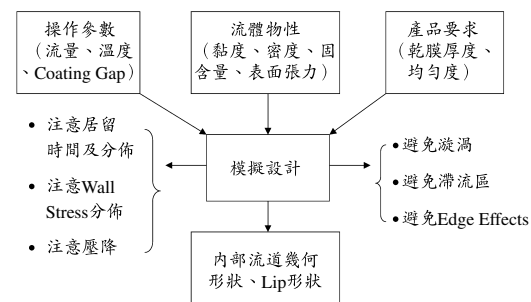
誤差，而要在110cm寬的平面，維持平坦度 $<1\mu\text{m}$ 其實是不容易。為了降低Slot Gap的誤差，較好的做法是直接做Slot Gap，而非用墊片（Shim）來做Slot Gap，因為上、下板及墊片的加工及組裝後的誤差總是比只有上、下板的誤差大，當然此一做法也使Slit Die失去彈性，無法變化Slot Gap。

二、適合擠壓式塗佈法的光阻

Slit Die由於Slot Gap很小，因此光阻在流過Slot區域時受到的剪切力很大，光阻的分散平衡性有可能被破壞。所以也不是每種光阻都適合擠壓式塗佈法。但不管是否有此情形發生，為了達到良好的塗佈效果，調整光阻物性以適合擠壓式塗佈法其實是有必要的。

三、Pump供料系統

Slit Die是靠Pump將光阻擠出Slit Die，而光阻在玻璃基板上的厚度等於Pump流量/（Slit Die速度 $\times$ Slit Die塗佈寬度），因此，Pump流量及Slit Die移動速度的穩定度就會影響光阻塗佈厚度，讀者可根據可接受的厚度誤差，推算出Pump流量及Slit Die移動速度的精度要求。



▲圖七 Slit Die設計流程

上述說明是在穩定塗佈時，但玻璃基板塗佈更重要的是塗佈起始與結束，因此Pump起動與結束（光阻是否因Slit Die內之背壓而繼續流出）的流量控制就變得很重要，它必需與Slit Die移動的起始與結束密切配合，才能使塗佈在起始與結束有良好的塗佈厚度分佈。

四、Die Lip防乾系統

由於玻璃基板塗佈是一非連續塗佈製程，當Slit Die不塗佈時，光阻在Die Lip可能因溶劑揮發而乾掉，這會造成下一片基板塗佈時出現所謂Streak Line的塗佈缺陷（異物卡在Slot內或Coating Gap內、或Die Lip撞傷也會出現此種缺陷），如圖八。因此，設計一個在不塗佈時保持Die Lip濕潤不乾燥的系統，對Slit Die

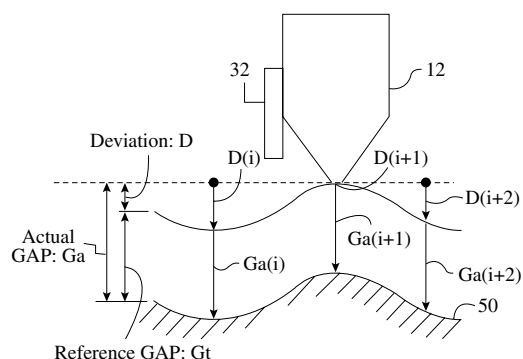


▲圖八 Streak Line 塗佈缺陷

Coating是很重要的。

五、塗佈間隙監控系統

Die Lip與基板之間的間隙稱Coating Gap，塗佈時若左右Coating Gap不



同，情況嚴重時是有可能造成光阻塗佈厚度不均或其他塗佈缺陷。LCD玻璃雖然平坦度要求很高，但厚度仍有其誤差，如圖九。尤其是五代基板，厚度誤差會更大，因此可在Slit Die兩邊設計一厚度監測系統，隨時偵測基板與Die Lip間距，並調整至設定的Coating Gap以利塗佈進行。雖經此設計，五代基板的平坦度將是影響擠壓式塗佈法操作的重要因子。

六、留邊控制與Edge Bead的消除

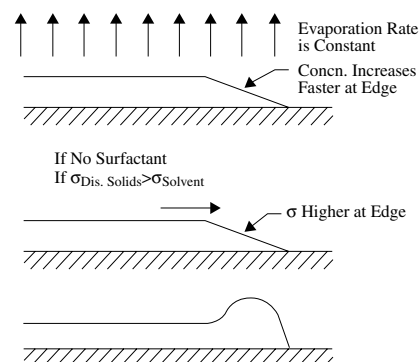
以Slit Die進行塗佈有一好處，就是塗佈寬度可預先設計決定，因此可預先決定兩邊邊緣要留下多少區域不塗佈，前後不塗佈區域則由塗佈起始及結束的定位點來決定，不像旋轉塗佈要用EBR裝置來洗邊。雖是如此，光阻在乾燥過程，邊緣因乾燥速率不同及表面張力的關係（如圖十），還是會形成Edge Bead，所幸此一問題可透過Slit Die的設計來解決。

擠壓式塗佈法操作參數的設定

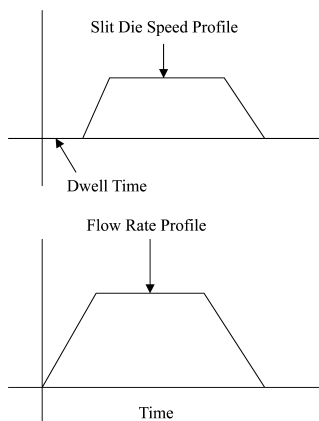
在進行塗佈時，塗佈速度依Tact Time要求設定，光阻物性、濕膜厚度、

◀圖九 玻璃基板表面形狀示意圖

▶圖十 塗佈邊緣易因表面張力及乾燥速率不同而形成Edge Bead



► 圖十一 Pump 流量及Slit Die移動速度之分佈



► 圖十二 光阻自Slot流出塗佈在玻璃基板之連續變化



塗佈寬度、Slit Die尺寸都已決定，其他可以決定的操作參數如下。

一、Coating Gap的設定

由於有玻璃表面平坦度及第一及第二種光阻圖案在基板表面，造成Coating Gap並非每一處都相同，為減輕這些因素的影響，Coating Gap當然是儘可能設大，但並非沒有上限，因為太大，將無法成膜。至於Coating Gap的上限，是與欲塗佈光阻厚度、光阻黏度、表面張力及Slit Die移動速度有關。Coating Gap有上限，為維持光阻塗佈時操作的穩定，Coating Gap也有下限，此一下限值也是與上述幾個參數有關，至於如何決定，限於篇幅，在此不作說明。決定出Coating Gap的上下限之後，再考量玻璃基板厚度誤差，即可決定出安全操作的Coating Gap區間。

二、塗佈起始與結束參數設定

Pump起動到穩定或由穩定至停止，存在著加（減）速度及加（減）速時間

的設定問題，Slit Die移動的起始與停止也同樣有這些參數待設定，此二者如何搭配（如圖十一）是影響塗佈厚度均勻性的重要因素。若Slit Die起始加速太快或停止減速太慢，都會造成前後兩區域厚度太薄；反之則太厚。至於這些參數如何決定，除參數間彼此有關係，也與光阻物性、Lip幾何尺寸、

Coating Gap有關。至於如何決定，由於參數眾多，理論分析或可提供一些參考。圖十二是透過計算流體力學模擬光阻從Slit Die的Slot流出，塗佈在玻璃基板的連續變化，可瞭解在此參數設定下，塗佈起始的厚度是否適當。

結語

擠壓式塗佈法用在彩色濾光片光阻塗佈雖然有近乎100%材料利用率、較少製程步驟、高Throughput的優點，若要應用在五代基板，在技術上仍有許多問題要解決，如Slit Die機械加工精度、塗佈起始與結束的流量控制、如何防止Die Lip在光阻不塗佈時，因溶劑揮發而乾掉、玻璃基板表面平坦度與Coating Gap的問題、消除Edge Bead的Slit Die設計、適合擠壓式塗佈法光阻黏度及表面張力的調整、塗佈後光阻因基板表面圖案的Leveling問題等，此外Slit Die的組裝、操作、保養對Slit Die壽命，供料系統光阻過濾、塗佈時塗佈缺陷的消除等對生產良率都有很大的影響。但這些問題，若對擠壓式塗佈法的機制能充分瞭解，其實都是可以解決的。