



國立臺北科技大學

光電工程系

專題實務報告

**專題名稱：** Electro-optical Characteristics of the OCB LC  
Cell with Polymer Networks through Different Curing Time

**小組成員：**        100650322 吳昭霆  
                             100650339 張少華  
                             100650302 賴建宏

**指導教授：** 陳殿榮 博士

中華民國 103年6月6日

# 目 錄

目 錄.....	1
壹、製作動機與目的	
一、製作動機.....	2
二、製做目的.....	2
貳、原理簡介	
一、液晶簡介.....	3
二、光學補償彎曲模式(Optically Compensated Bend)簡介.....	5
參、製作設備及材料	
一、製作設備.....	10
二、製作材料.....	10
肆、實驗方法	
一、實驗樣本及製作.....	11
二、實驗量測.....	12
伍、結果與討論	
一、偏光圖結果.....	15
二、高分子濃度對穿透率的影響.....	19
三、高分子濃度對響應時間的影響.....	24
四、總結論.....	28
陸、參考文獻.....	28

## 壹、製作動機及目的

### 一、製作動機

顯示器的發展中，一開始 VA 結構擁有較低的暗態(對比度良好)，而受到業界的歡迎，後來在觸控螢幕普及後，慢慢的改為製造 IPS 的結構。後來又有一段時間透過 3D 電影的風潮，業界開始注意到具有快速響應特性的 OCB 結構，雖然因為製作的技術不夠成熟，而沒有深入發展，但是我認為它還是有研究的價值。

光學補償彎曲(Optically Compensated Bend, OCB) 液晶之液晶分子因排列方式而有快速響應、廣視角等優點的特性。然而，OCB 需較大的轉態電壓及較長的暖機時間，即液晶分子排列由 splay state 到 bend state，因此須外加一臨界電壓克服此極大的能障使液晶分子轉態為 bend state，因而降低了其實用性。而改善至可操作之彎曲態的方法有下列幾種：

(一)在液晶內摻雜入具有對掌性的分子結構，令 OCB Mode 的液晶分子在沒有外加電壓時為呈現 180 度的扭轉型，而沒有斜展型。

(二)利用缺陷形成彎曲核心，如間隙物(spacer)。

(三)利用高分子牆：在液晶內摻入可照光聚合的物質，外加電壓使其達到彎曲態後令部份混合物照光而讓內部的分子聚合，如此一來有照光的部份液晶分子會受到照光後聚合的分子影響，而排列成彎曲態，如此一來就形成彎曲核心，有照光的部份在沒有外加電壓時依然成彎曲態，可以加速其他沒有照光的部份的轉態。

我們想要嘗試利用高分子網的方法，來改善暖機時間太長的問題，並試試不同高分子濃度對其的影響。

### 二、製作目的

本專題研究利用一種光聚合單體(TA-9164)分別以不同濃度調配成三種樣品，並加電壓調變紫外線照射高分子網的時間，可使液晶樣品形成 twist state 的初始態，能有效移除暖機時間。在樣品完成後，同時分析試片的預傾角對光電特性的影響。透過光電量測，觀測 T-V 曲線、偏光圖及響應時間方面的影響，可知不同濃度試片的最大穿透率、門檻電壓、最大亮態電壓、轉態電壓及響應速度。


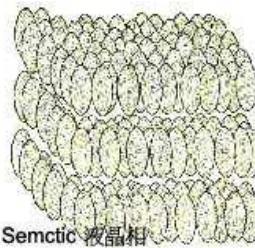
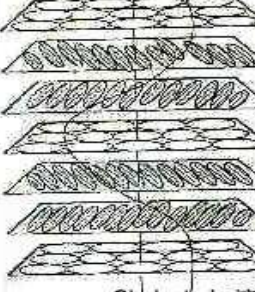
## 貳、原理簡介

### 一、液晶簡介

#### (一) 發現

液晶的發現可回溯到 1888 年，當時奧地利植物學者 Reinitzer 在加熱安息香酸膽石醇時，意外發現異常的融解現象。因為此物質雖在 145°C 融解，卻呈現混濁的糊狀，達 179°C 時突然成為透明的液體。其後由德國物理學者 Lehmann 利用偏光顯微鏡觀察此安息香酸膽石醇的混濁狀態，證實是一種「具有組織方位性的液體」(crystalline liquid)，至此才正式確認液晶的存在，並開始了液晶的研究。其中又因其介於等方向性液體及固體之間的中間狀態，亦稱「中間相」。

#### (二) 分類

<p>向列型液晶</p>  <p>圖(一)</p>	<p>此相為最接近等方向性液體之中間相，液晶分子大致以長軸方向平行，因此具有一度空間的規則性排列。此類型液晶的黏度小，亦即規律度最小，亂度最大的液晶相，分子間並無任何位置上的關係，每個分子可以繞著特定長軸而自由旋轉。</p>
<p>層列型液晶</p>  <p>圖(二)</p>	<p>具有二度空間的層狀規則排列，分子並列為層，層層互相堆疊呈層狀結構，各層間有一度的規則排列。此類液晶因各層的分佈程度不同，又可區分為 A~L 等十二種以上不同的層列型液晶，分別以發現次序之先後命名。例如 SA, SB, 等。</p>
<p>膽固醇液晶</p>  <p>圖(三)</p>	<p>此類型液晶是由多層向列型液晶堆積所形成，為 nematic 液晶的一種，也可以稱為旋光性的 nematic 液晶(chiralnematic; n*)，而各層分子的長軸方向漸次相差一角度，且面與面之間為互相平行，所以分子的排列呈螺旋平面狀的排列，而分子在各個平面上為 nematic。但是各個面上的分子長軸方向不同，當分子軸方向轉 360° 時之分子層厚度，稱為螺距 (pitch)。此螺距的長度會因溫度、壓力、電場和磁場之改變而變化，因此會產生不同波長的選擇性反射，產生不同的顏色變化，故常應用於溫度感測器。</p>

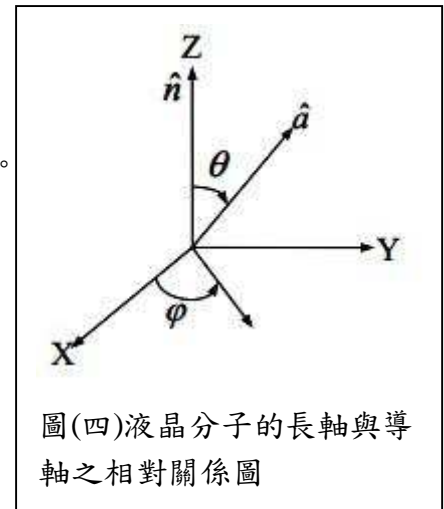
### (三)液晶的應用物性

#### 1.液晶排列的秩序參數

液晶分子會因受熱運動，其主軸會隨時間改變。為了定量討論向列型液晶分子之秩序性，定義秩序參數  $S(\theta)$

(Order Parameter)，其可表示為： $S(\theta) = \frac{1}{2} \langle 3\cos^2\theta - 1 \rangle$ 。

當  $S=1$  時，代表液晶分子整體性做某一個特定方向之整齊排列。 $S=0$  時，則代表液晶分子的排列狀態是不整齊的，如同 Isotropic 等向性之液體。一般而言，向列相液晶在其溫度範圍之內， $S$  值約為 0.4~0.7 之間。圖(四)為液晶分子在空間座標的位置， $a$  為液晶分子之長軸方向， $n$  為導軸方向，長軸與導軸夾角為  $\theta$ ， $\varphi$  為液晶分子在  $x-y$  平面上的投影與  $X$  軸之夾角。



#### 2.介電異方向性

液晶材料具有介電率異方向性，而且可分為平行液晶長軸方向的平行介電率，以及與液晶分子長軸垂直的介電率。受到外加電場的影響下，液晶分子的排列會因分子極性較大的部分受誘導而產生感應偶極矩，分子光軸方向與感應偶極矩方向有很大的關係 ( $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{\parallel} - \varepsilon_{\perp}$ )。當介電率異方向性  $\Delta\varepsilon$  的值大於零時，則此材料稱之為正型的液晶分子，反之則稱為負型液晶分子。正型液晶分子長軸方向與電場方向平行，因而使液晶分子產生配列變化，而負型液晶分子的長軸則是與電場垂直。

$\Delta\varepsilon$  是一重要的液晶參數，其值得正與負，會影響到應用於顯示器之顯示模式，期值會影響臨界電壓 ( $V_{th} = \pi \left( \frac{k_{ii}}{|\Delta\varepsilon|} \right)^{\frac{1}{2}}$ )。

#### 3.雙折射率

液晶分子不但具有光學單一軸性，並且具備有所謂的折射率異方向性，此一特性稱之為雙折射(Birefringence)。在此定義液晶長軸為光軸其而電場振動方向垂直於光軸的光稱為正常光(o-ray)；電場振動方向有平行於光軸分量的光稱為異常光(e-ray)。其中雙折射率之定義為  $\Delta n = n_e - n_o = n_{\parallel} - n_{\perp}$ 。

液晶基於下列的折射率異方向性，而顯現出有用的光學性質：

- (1)入射光的進行方向會向分子長軸方向偏向。
- (2)可改變入射光的偏光狀態(直線、橢圓、圓偏光)及偏光方向。
- (3)可將入射光依左右旋光性而反射或是使透過。

上述光學性質，在液晶顯示材料等的液晶應用上的動作原理，佔了非常重要的特性。

#### 4. 液晶的彈性係數

由於液晶的分子軸方向變化為非常微弱且具彈性的性質，故 C.W.Oseen (1933)、H.Zocher (1933) 及 F.Frank (1958) 等將其視為適用彈性連續理論。由此理論來看，液晶的相同分子排列受外力而變形的狀態，可被視為受某種程度應變的彈性連續體。其相對應的彈性係數稱之為  $k_{11}$ 、 $k_{22}$ 、 $k_{33}$ 。

如大部分的固體及液體一樣，液晶樣品具有曲度形變的伸縮性，液晶分子的彈性係數將決定樣品由平衡狀態受到擾動產生形變後恢復力矩的大小。在液晶顯示器中，外加電場經常用來重新指向液晶分子，因此外加電場所產生的力矩與彈性恢復力矩間的力平衡關係，將決定液晶分子的靜態平衡分布形式，進而決定樣品光電特性。一般來說，任何的液晶分子的靜態平衡分布情況都可由分解成下列三種基本的形式組合：散布(splay)、扭曲(twist)以及彎曲(bend)。

藉由 Oseen-Frank 的理論，可以將形變液晶樣品之彈性能表示成：

$$F = \frac{1}{2}k_{11}(\nabla \cdot \bar{n})^2 + \frac{1}{2}k_{22}(\bar{n} \cdot \nabla \times \bar{n})^2 + \frac{1}{2}k_{33}(\bar{n} \times \nabla \times \bar{n})^2$$

其中， $k_{11}$ 、 $k_{22}$ 、 $k_{33}$  分別代表散布、扭曲及彎曲形變的彈性係數。正如其他的物理特性一樣，溫度會強烈地影響彈性係數。

#### 5. 液晶的黏滯係度

一般在討論液晶流動與黏性有關的物性，均使用 Miesowocz 之黏性度( $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\eta_3$ )表示， $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\eta_3$  各表示向列型液晶配向平行於流速傾斜、平行流動方向和垂直於應力平面的黏性度，此係數對於分子量慣性動量、溫度及分子間吸引力與黏滯性有決定性的關係，其中受溫度影響最鉅， $\eta$  大小甚至影響液晶分子之轉動速度和響應時間，所以是為應用液晶非考慮不可的因素。

## 二、光學補償彎曲模式(Optically Compensated Bend)簡介

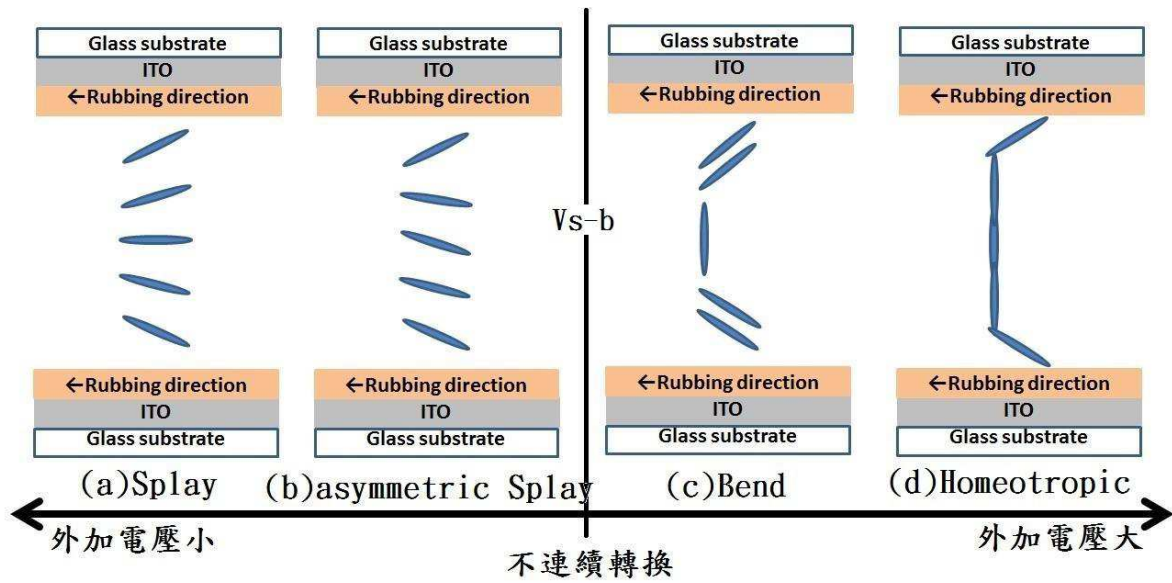
### (一) 起源

P.J.Bos 的研究團隊在 1984 年發現並提出了彎曲向列型液晶模態的結構概念此模式的液晶分子為上下對稱的方式作排列，而上下基板是採用水平配向的結構，在施加電場之後液晶分子呈彎曲(Bend)排列，在光學特性上即可形成「自我補償」的優勢。

彎曲向列型液晶模態因同向研磨(Rubbing)的關係，在上下液晶分子有預傾的效果，故造成暗態的漏光原因。1993 年 Philips.J.Bos 和 T.Uchida 等人提出了光學補償彎曲向列型液晶顯示器的技術，這種技術是在液晶層上外加二軸性相位差膜(Biaxial film)於基板上，作為光學補償暗態的功能，於是這項技術被稱為「光學補償彎曲(Optically Compensated Bend)模式」。此改良結構使得驅動電壓大幅降到 7 伏以下，使得 OCB mode 可以在 TFT 的主動驅動元件條件下操作。在外加電壓使內部液晶達到彎曲態時，上下玻璃基板表面的液晶分子平行排列，但內層的液晶分子不會扭曲，只是在一個平面內彎曲排列，而在彎曲態中，液晶分子分布呈上下對稱，加上光學補償膜後，此模式能克服視角受到液晶分子傾斜造成光學特性變化的影響，因此 OCB Mode 有著廣視角的優點。

(二) 操作機制

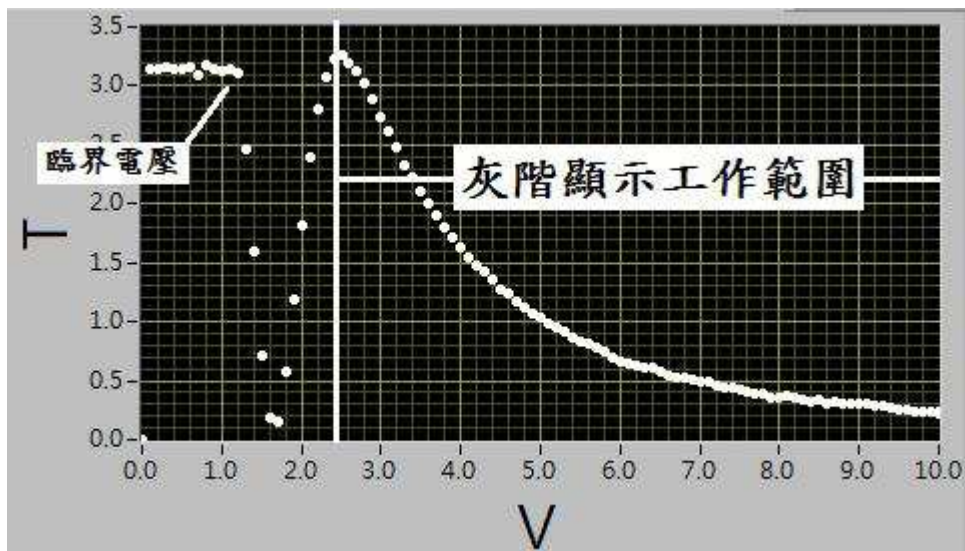
1. 升電壓之情況



圖(五)液晶分子與施加電壓的變化情形

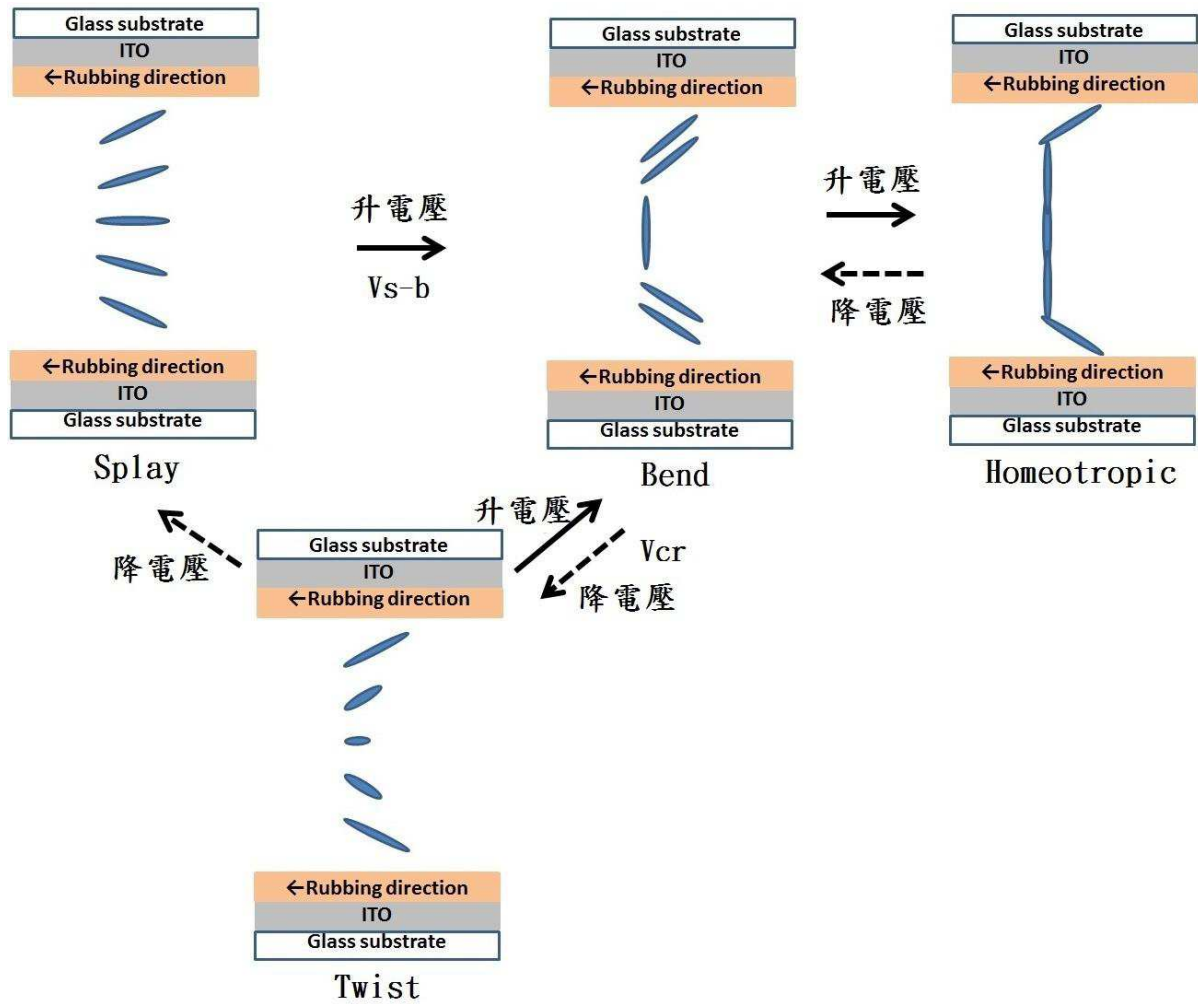
$V=0V$	液晶分子的初始排列會呈現 Splay。
$V_{s-b} > V > 0V$	液晶分子會呈現高傾角的 Splay 排列，當外加電壓持續上升，排列方式會從高傾角的 Splay 變成非對稱的 Splay 狀態。
$V > V_{s-b}$	由非對稱的 Splay 狀態變成 Bend 的排列，其中液晶分子的排列狀態變換是不連續的。 隨著電壓的持續上升，會呈現高傾角的 Bend，最後會變為 homeotropic。

其中彎曲向列型液晶顯示器的操作，主要是在 Bend 和 homeotropic 之間作灰階的顯示。



圖(六)電壓-穿透率關係圖

## 2.降電壓之情況



圖(七) 升降電壓時液晶分子的變化情形

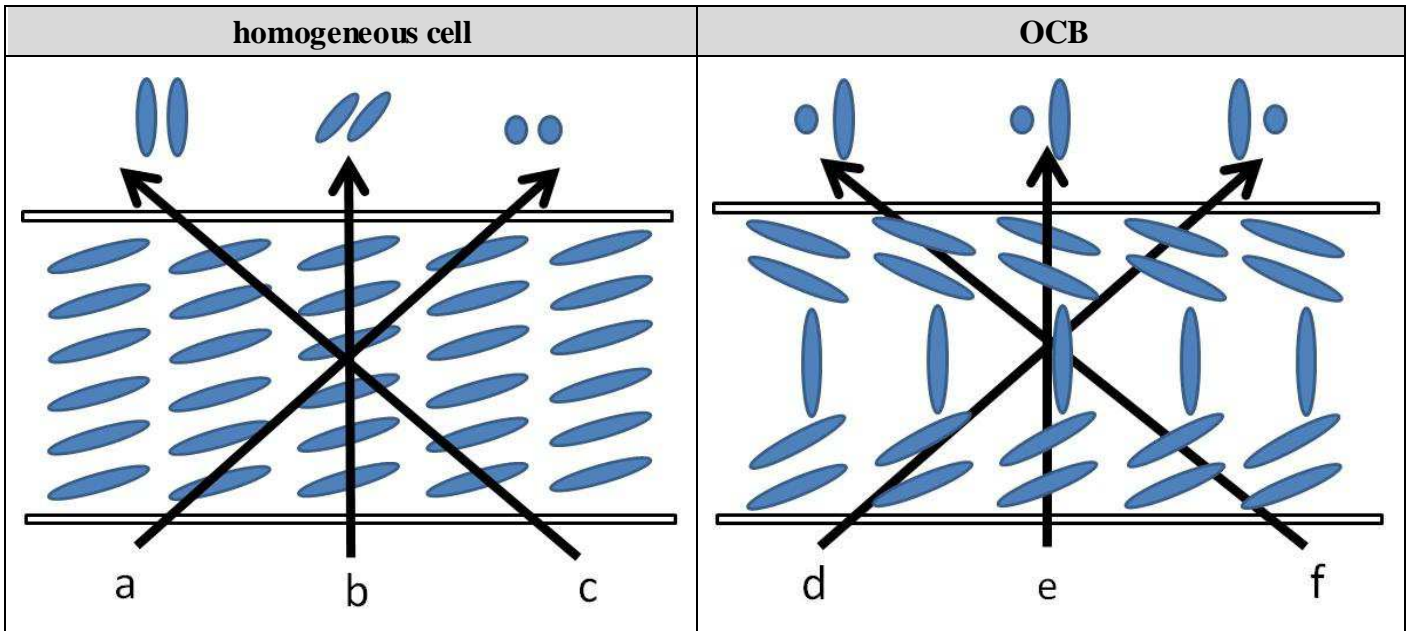
在降電壓的過程中，液晶分子不會按照原來升電壓的排列順序回到 Splay 狀態，當施加電壓  $V \ll V_{cr}$  時，液晶分子會從 Bend 轉變成 Twist 排列，再慢慢回到 Splay 狀態，其中 Bend 轉變成 Twist 的排列是連續的，所以看不到 domain 形成的現象。



(三) 自我補償特性

彎曲向列型液晶模態主要因為結構方面使液晶層上下排列的對稱，能形成光學自我補償的特性，他的視角會比其他類型的液晶結構來的寬廣。起先從 homogeneous cell 來觀察視角特性，若 a 光從正面入射液晶層，光穿透的亮度是介於最亮與最暗之間，然而 a 光從左邊入射液晶層時，發現只有經過液晶層的短軸，從 c 光入射，就看到液晶的長軸，在相位延遲上有明顯的差距，造成左右視角有亮度上的差異。

而對於 OCB 來說，若從 d 光入射，會在下層遇到液晶的長軸，上層遇到液晶的短軸，使相位延遲量得以互補；若從 f 光入射，會在下層遇到液晶的短軸，上層遇到液晶的長軸，使相位延遲量也得以互補，因此在水平方向便沒有色差問題。



(四) 動態特性

一般液晶顯示器所使用的液晶為向列型液晶，其上升時間( $\tau_{rise}$ )及下降時間( $\tau_{decay}$ )的公式

$$\text{如下：}\tau_{rise} = \frac{\gamma_1 d^2}{K\pi^2[(V/V_{th})^2 - 1]} \quad \tau_{decay} = \frac{\gamma_1 d^2}{K\pi^2[(V_b/V_{th})^2 - 1]}$$

(d：液晶盒厚度                      K：彈性係數                       $\gamma_1$ ：旋轉滯係數  
 $V_{th}$ ：臨界電壓                       $V_b$ ：偏壓                      V：施加電壓)

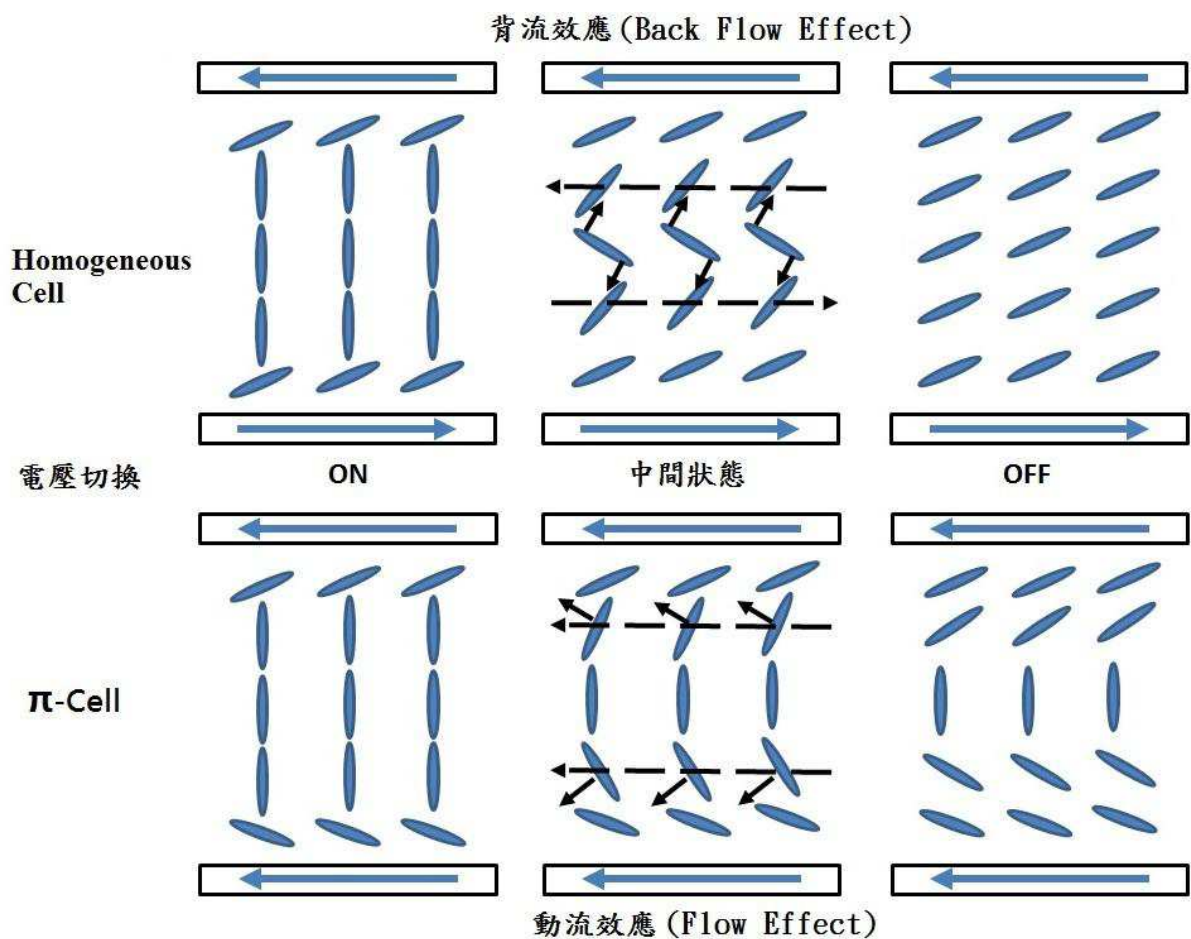
從公式中，可將影響響應時間的參數分成兩個部分：

1. 驅動電壓： $V_b$ (偏壓)、V(施加電壓)
2. 液晶材料：K(彈性係數)、 $\gamma_1$ (旋轉滯係數)

其中以液晶材料及改變其排列方式改善響應時間角為有效。

響應時間的快慢，主要原因是來自液晶層內有著物理學上常見的液態流體效應。例如觀察 homogeneous cell 從電壓 ON 到 OFF 的變換過程中，發現液晶層中有「背流(Back Flow)」的現象產生，此時液晶層中間的分子產生了反方向的扭轉力矩，所以使液晶分子的指向和原本應該旋轉的方向相反，造成液晶層的中間分子擾動而無法達到穩態，此時就拖慢了響應時間。

然而在彎曲向列型液晶就不會有背流現象發生，我們可以仔細觀察  $\pi$ -cell 從電壓 ON 到 OFF 的變換過程中，液晶體流動的現象仍然存在，可是  $\pi$ -cell 的液晶流動方向和 homogeneous cell 的液晶流動方向相反，而上下層液晶分子流動的方向與液晶分子的指向一致，使得中間的液晶分子從電壓 ON 到 OFF 的過程中是一直維持著垂直不變。因此使液晶分子的響應時間加快，此現象為「動流效應(Flow Effect)」。



圖(八) Homogeneous cell 及  $\pi$ -cell 內的流體效應

## 參、製作設備及材料

### 一、製作設備

表 1 製作設備表

項次	名稱	單位	數量
1	玻璃切割平台	台	1
2	超音波振洗機	台	1
3	烤箱	台	1
4	旋轉塗布機	台	1
5	摩擦配向機	台	1
6	壓合機	台	1

### 二、製作材料

表 2 製作材料表

項次	名稱	規格	單位
1	ITO 玻璃	10~15Ω，2cm*2cm	片
2	E7	Δn = 0.2246、Δε = 13.8， 景明化工	個
3	C3	TA-9164，大同大學	個
4	PI	AL-12G(水平)	個
5	UV 膠		個
6	spacer	4、5 微米	個

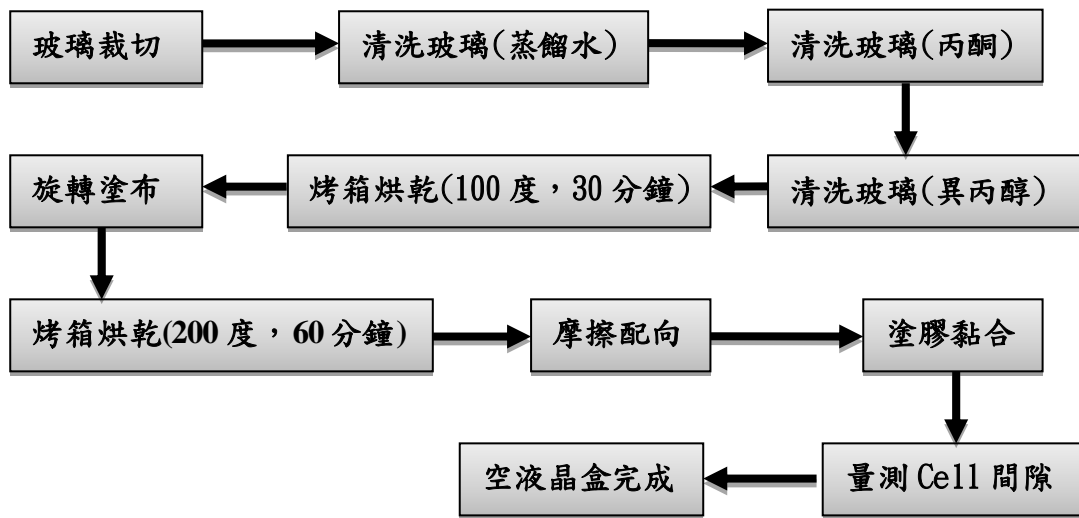
其中液晶及高分子摻雜濃度為  $\frac{C3}{E7+C3} \times 100\%$

總共製作三個濃度之液晶樣品，分別為 1.5wt%、2.0wt%、2.5wt%(液晶 cell 間距皆為 4.5 μm)

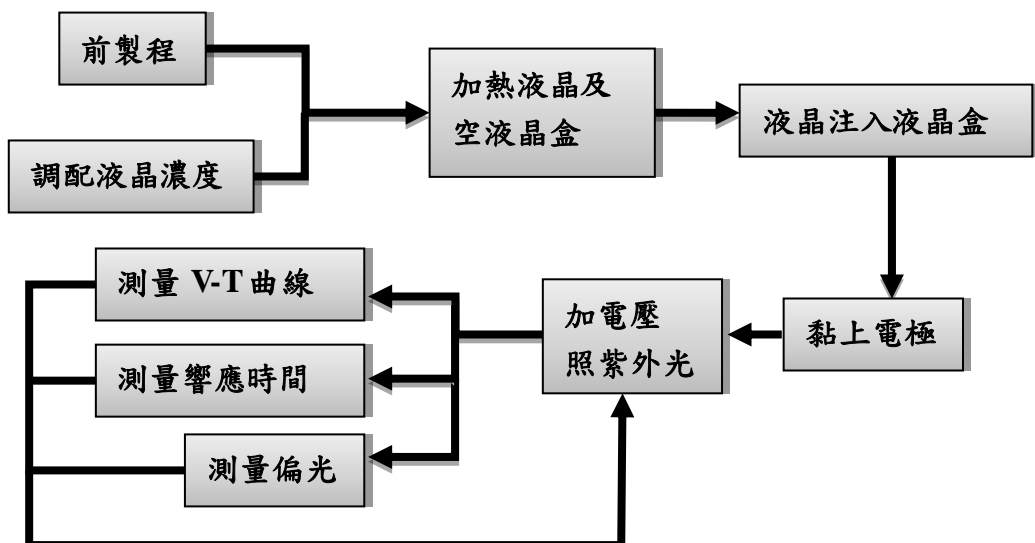
## 肆、實驗方法

### 一、實驗樣本及製作：

製作過程流程圖如下。



圖(九) 製作過程流程圖。(前製程)

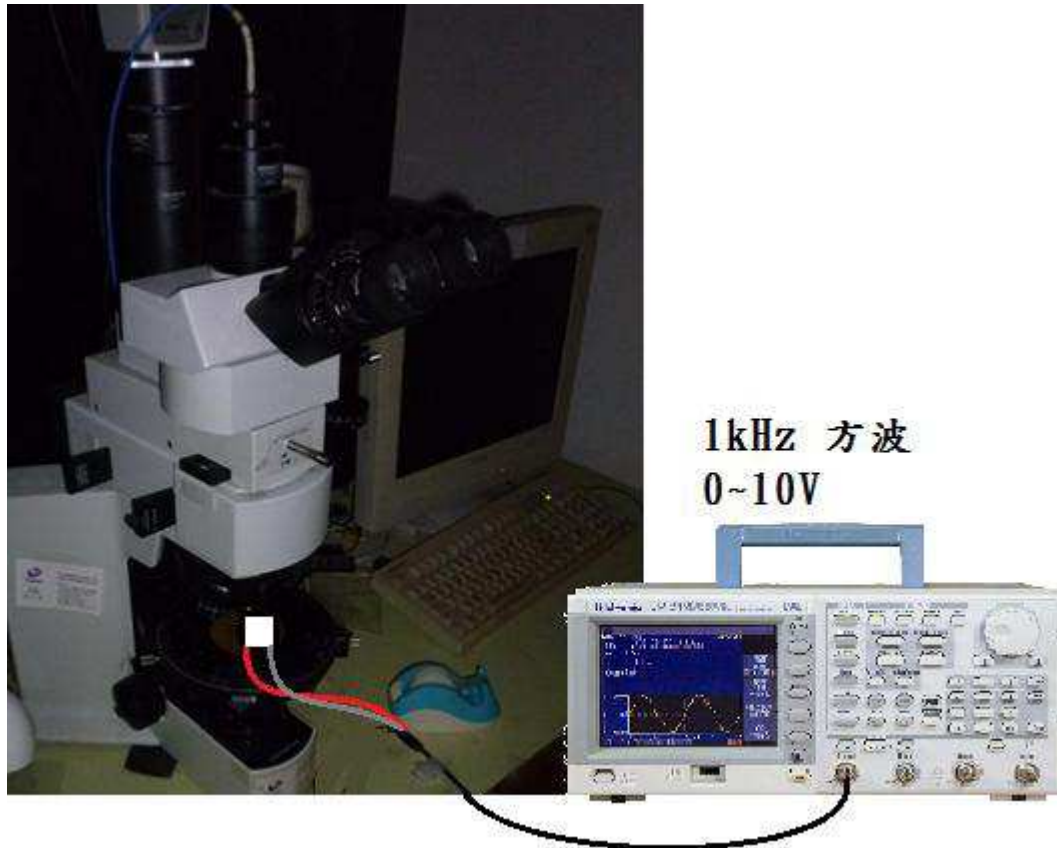


圖(十) 製作過程流程圖。(後製程及測量)

## 二、實驗量測：

### (一)偏光量測

#### 1.架構：



圖(十五)偏光量測架構

#### 2.量測方式：

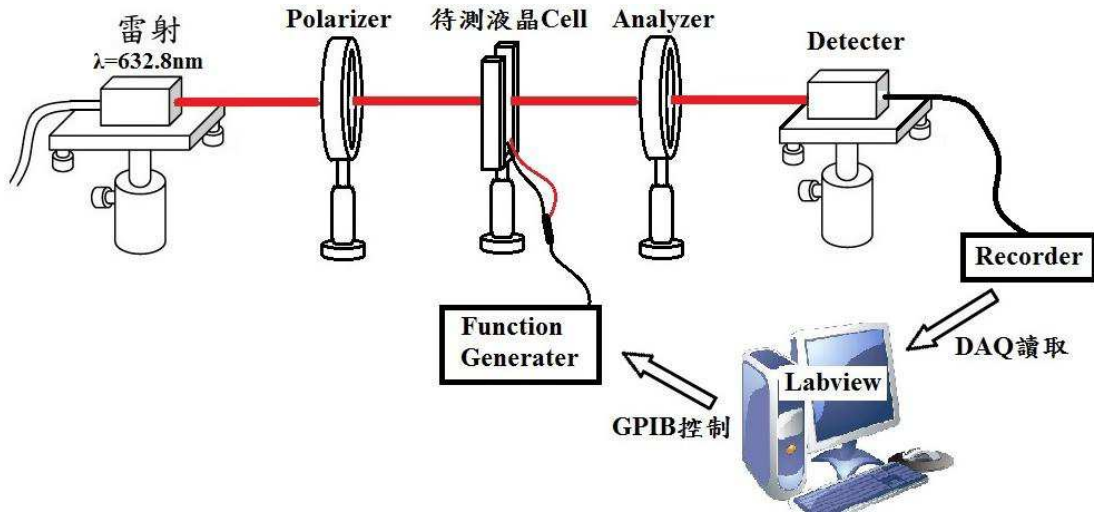
在偏光顯微鏡中，調整上下兩偏振片正交，並有下方打入光源，利用 10X 目鏡及 10X 物鏡完逞影像放大，接著放上液晶 Cell，旋轉 Cell 直到影像量度最亮，代表該位置與兩偏振片夾角 45 度，調整完畢後，在液晶 Cell 電極上加入 1kHz 的方波訊號，由 0V 加至 10V，間隔 1V 記錄一次影像。

#### Conoscope：

由於液晶分子是單光軸晶體，所以尋常光折射率  $n_o$  與非尋常光折射率  $n_e$  並不相同，在不同排列的情況下會得到不同的折射率，因此可以使用聚光干涉術(Conoscope)方法檢驗液晶分子排列的狀態，雷射光經一偏振片在聚焦到液晶 cell 上，透射光再通過一與第一偏振片正交的檢偏片，最後即可在後方的屏幕上看到明暗的條紋，其主要原理是利用偏極光由不同角度（物鏡聚焦所得）入射的光在照射到液晶分子時會因為光程差的不同，產生旋光性而出現明暗不同的條紋。

## (二)光穿透率量測

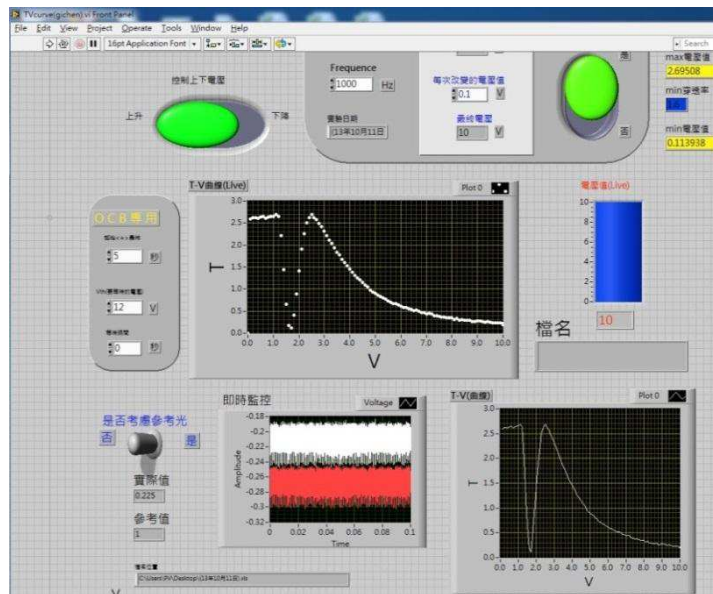
### 1.架構：



圖(十一)光穿透率量測架構

### 2.量測方式：

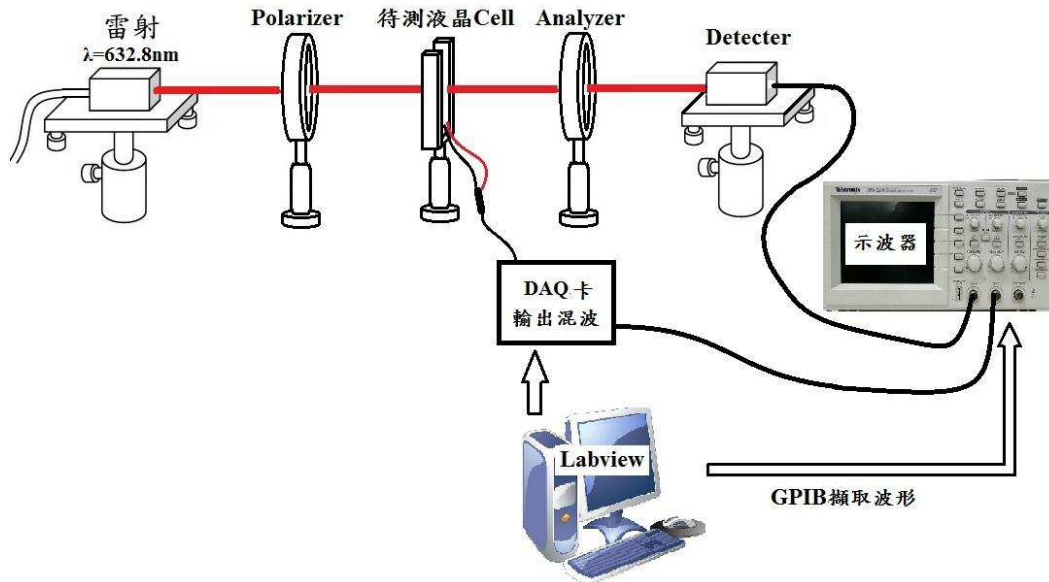
在光穿透率的量測上，我們必須先找到偏光板、檢光板及待測液晶 Cell 的光軸所在方向。首先，將偏光板與檢光板呈平行，中間先不放置待測液晶 Cell，量測最大穿透率並將數值記錄起來，接下來改變檢光板角度，使之與偏光板呈正交，而待測液晶 Cell 置於兩板之間，與兩板夾角 45 度。最後待測液晶 Cell 的電極接上 Function generator，便可開始測量其電壓與穿透率之關係。(註：此量測架構為自動化量測，其流程為 Function generator 藉由 Labview 軟體控制其電壓，改變待測液晶 Cell 之光穿透率，在 Detector 接受到光之後，將訊號由 Labview 配合 DAQ 卡做計算及處理)



圖(十二)利用 Labview 處理光穿透率的量測

### (三)響應時間量測

#### 1.架構：



圖(十三)響應時間量測架構

#### 2.量測方式：

在響應時間的量測上，其量測的的架構與穿透率量測裝置相類似，差異之處在於輸入待測液晶 Cell 的電壓不再是由 Function generator 提供，而是由設計好的自動化 Labview 程式，經過 DAQ 卡將交流混合波形之電壓訊號輸入至待測液晶 Cell 中。

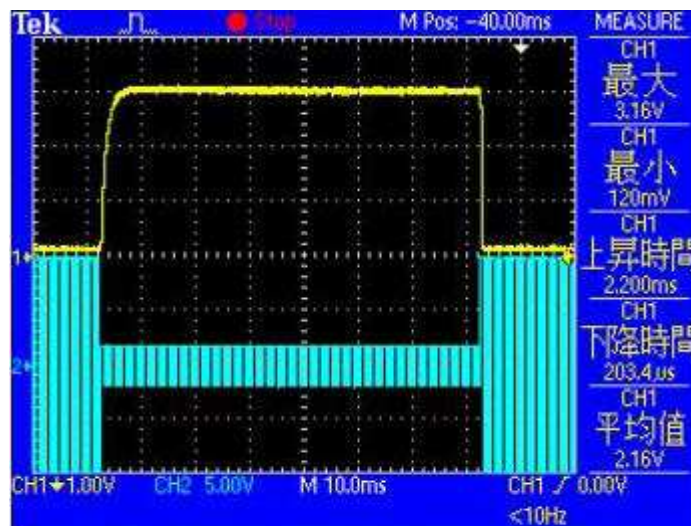
其中此波形為一頻率 10Hz 的方波，而波包內含 1KHz 的混合波形(只給單一頻率的訊號時，易經會因頻率過低，而造成電荷積存效應，進而產生內建電場來抵銷輸入的外加電壓，反之，要是頻率過高，會造成液晶分子來不及反應，使得量測出來的穿透率在上升尚未完全飽和時又被急促的下降，因而無法量測實際的上升時間，因此我們需要一個同時具備高頻及低頻的混合波形來解決這個問題。)

#### 光學響應時間

=上升時間(rise time,  $T_r$ )+下降時間  
(decay,  $T_d$ )

上升時間：施加電壓時穿透率從 10% 變化到 90% 所需要的時間。

下降時間：施加電壓時穿透率從 90% 變化到 10% 所需要的時間。



TDS 2002 - 下午 04:29:40 2013/9/7

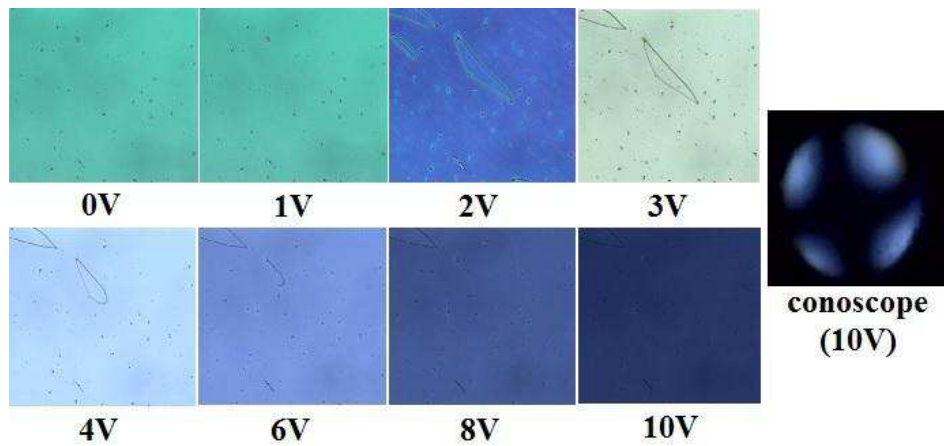
圖(十四)示波器所測之混合輸入訊號

## 伍、結果與討論

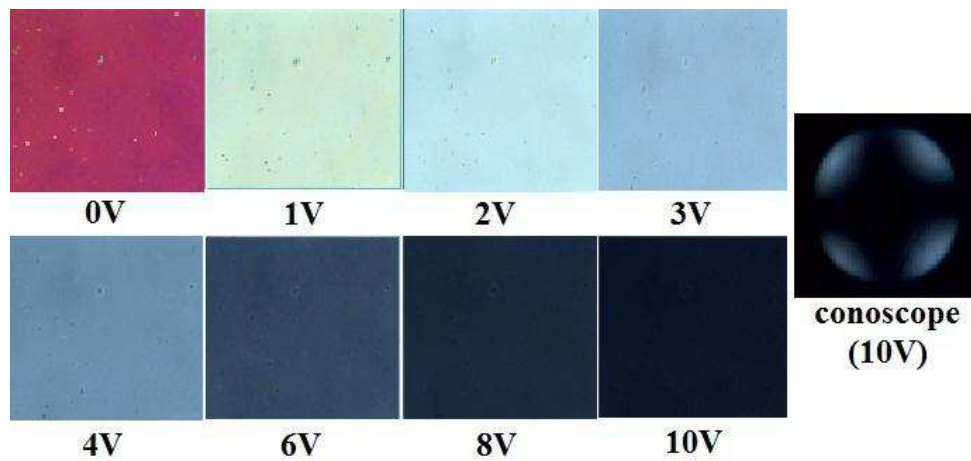
### 一、偏光圖結果：

#### (一)1.5wt%

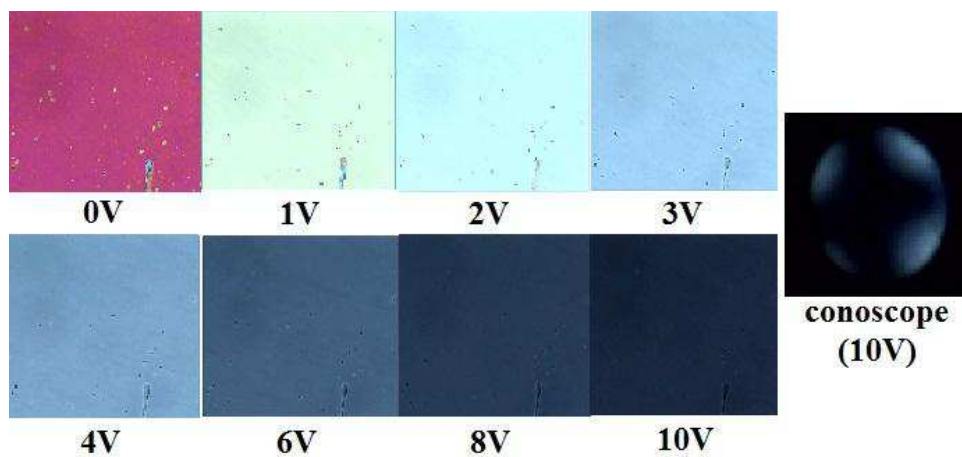
Curing time : 0 minute(1.5wt%)



Curing time : 2 minute(1.5wt%)

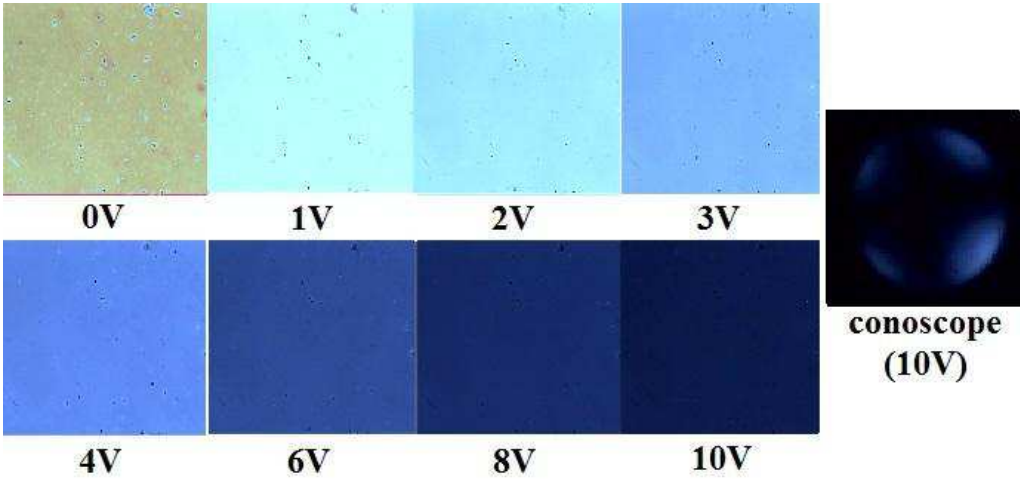


Curing time : 4 minute(1.5wt%)



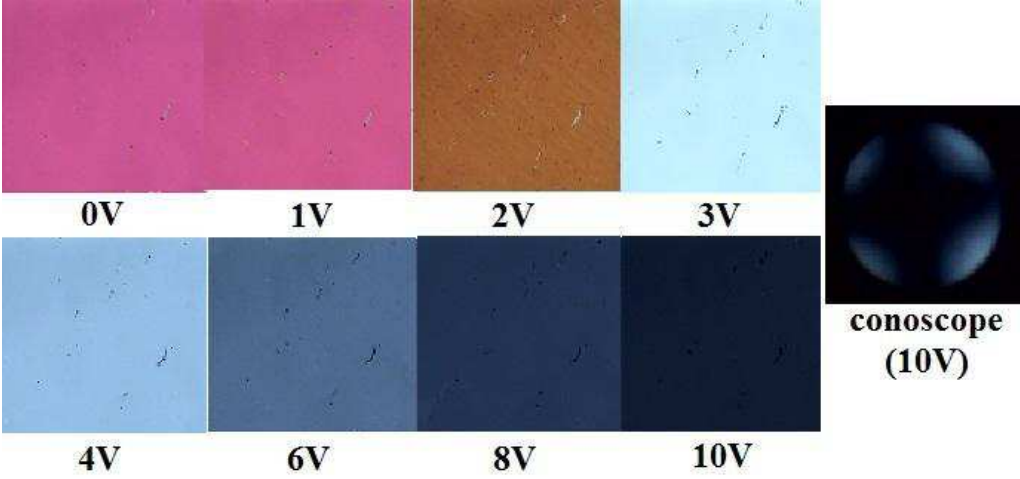


Curing time : 6 minute(1.5wt%)

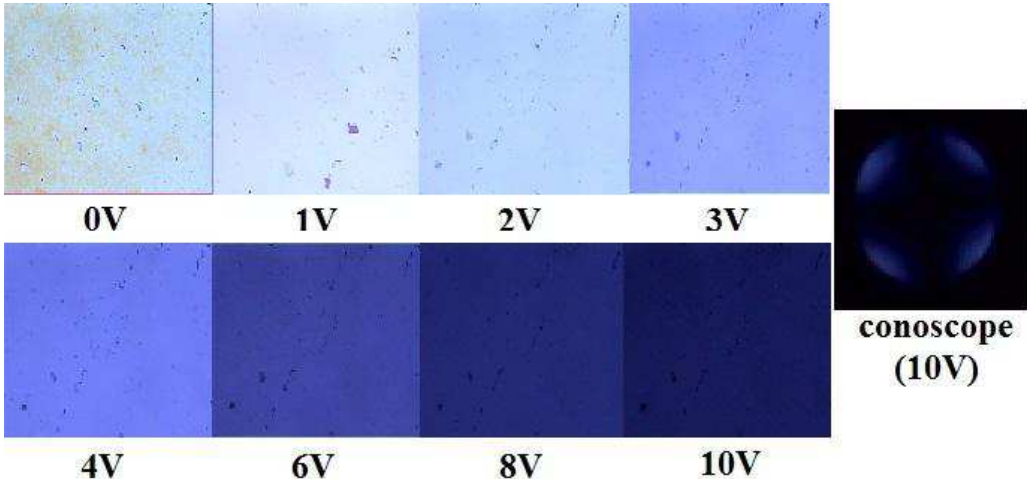


(二)2.0wt%

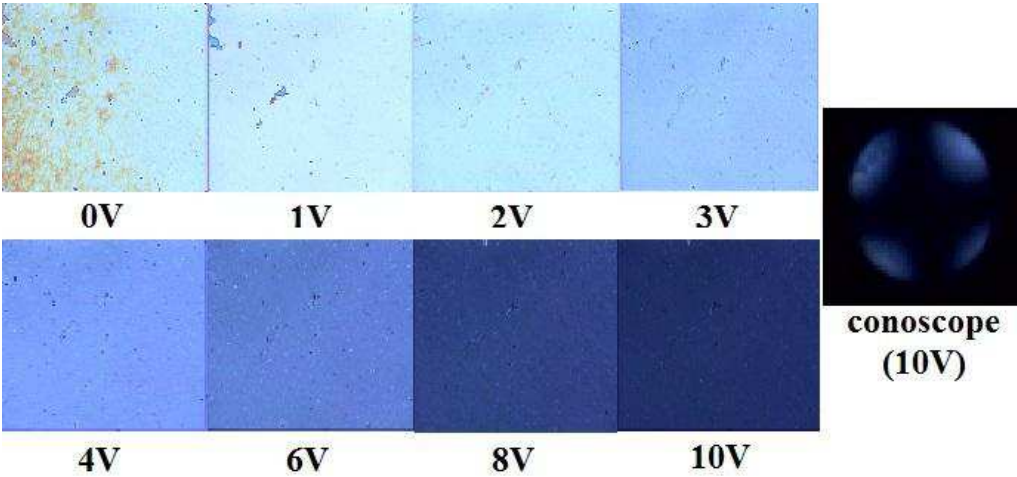
Curing time : 0 minute(2.0wt%)



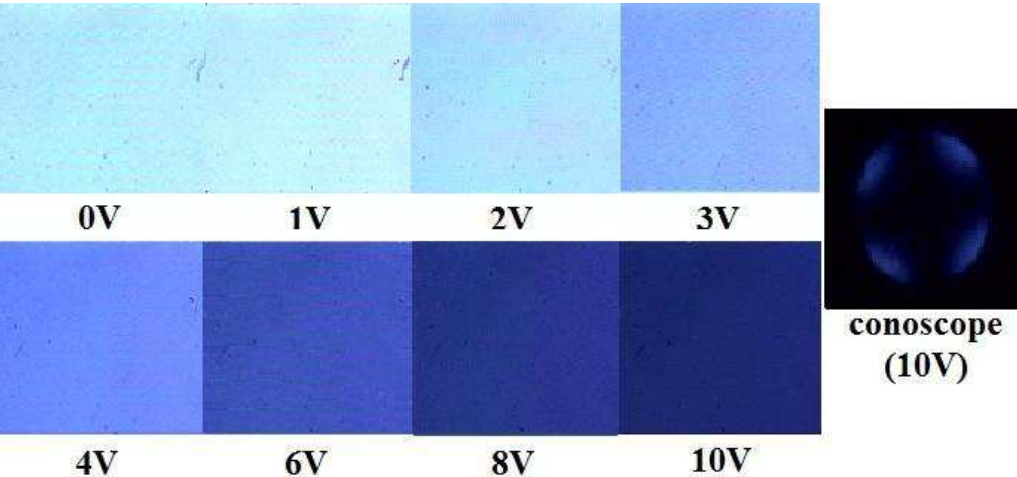
Curing time : 2 minute(2.0wt%)



Curing time : 4 minute(2.0wt%)

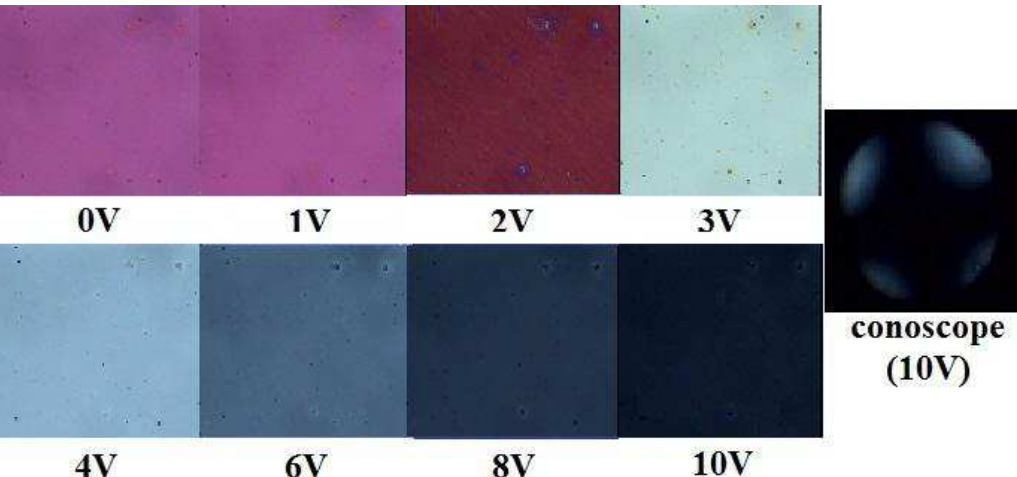


Curing time : 6 minute(2.0wt%)

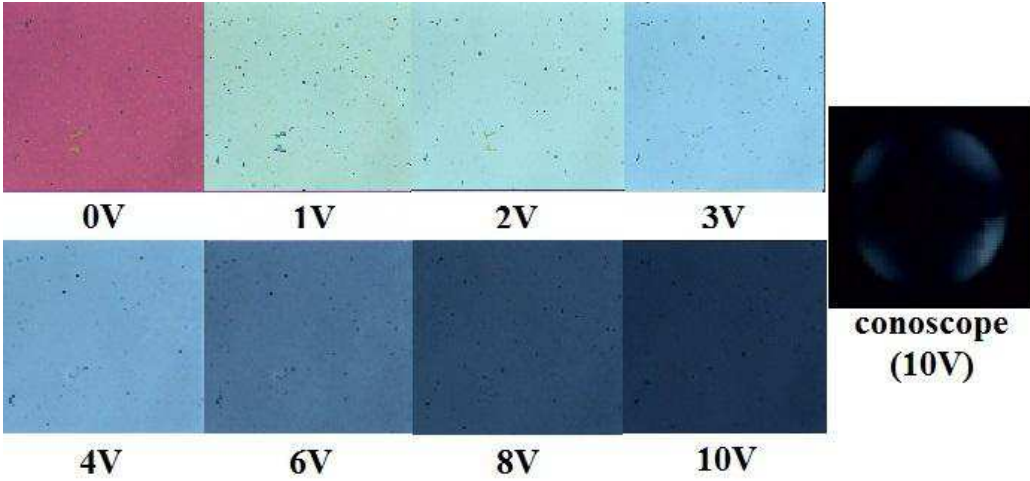


(三)2.5wt%

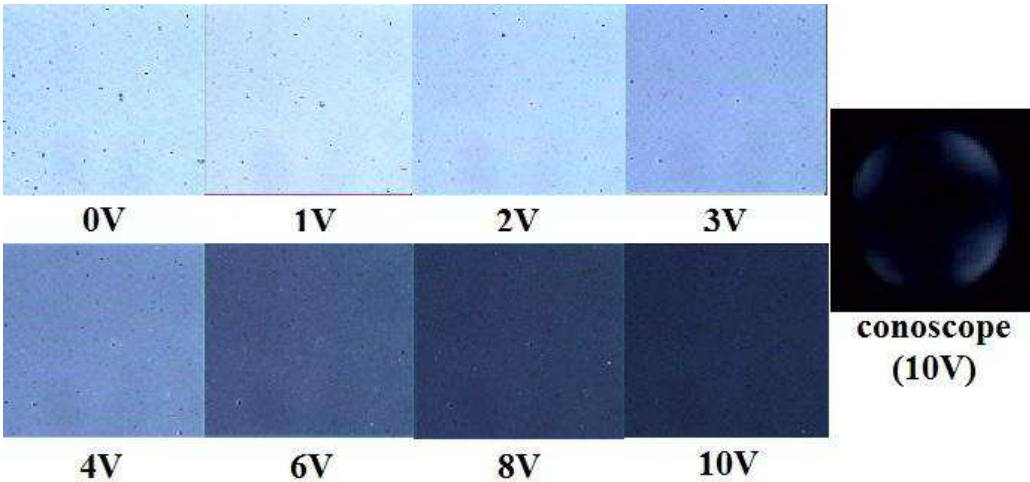
Curing time : 0 minute(2.5wt%)



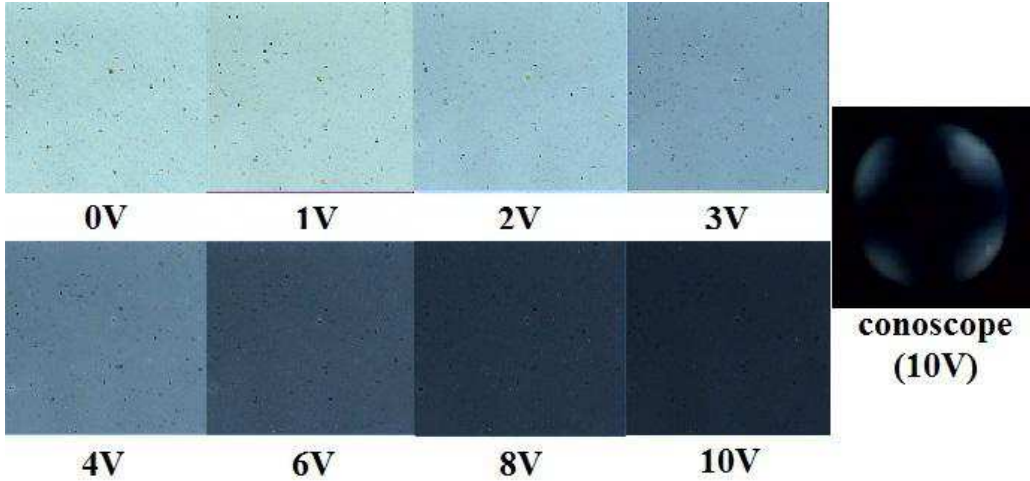
Curing time : 2 minute(2.5wt%)



Curing time : 4 minute(2.5wt%)

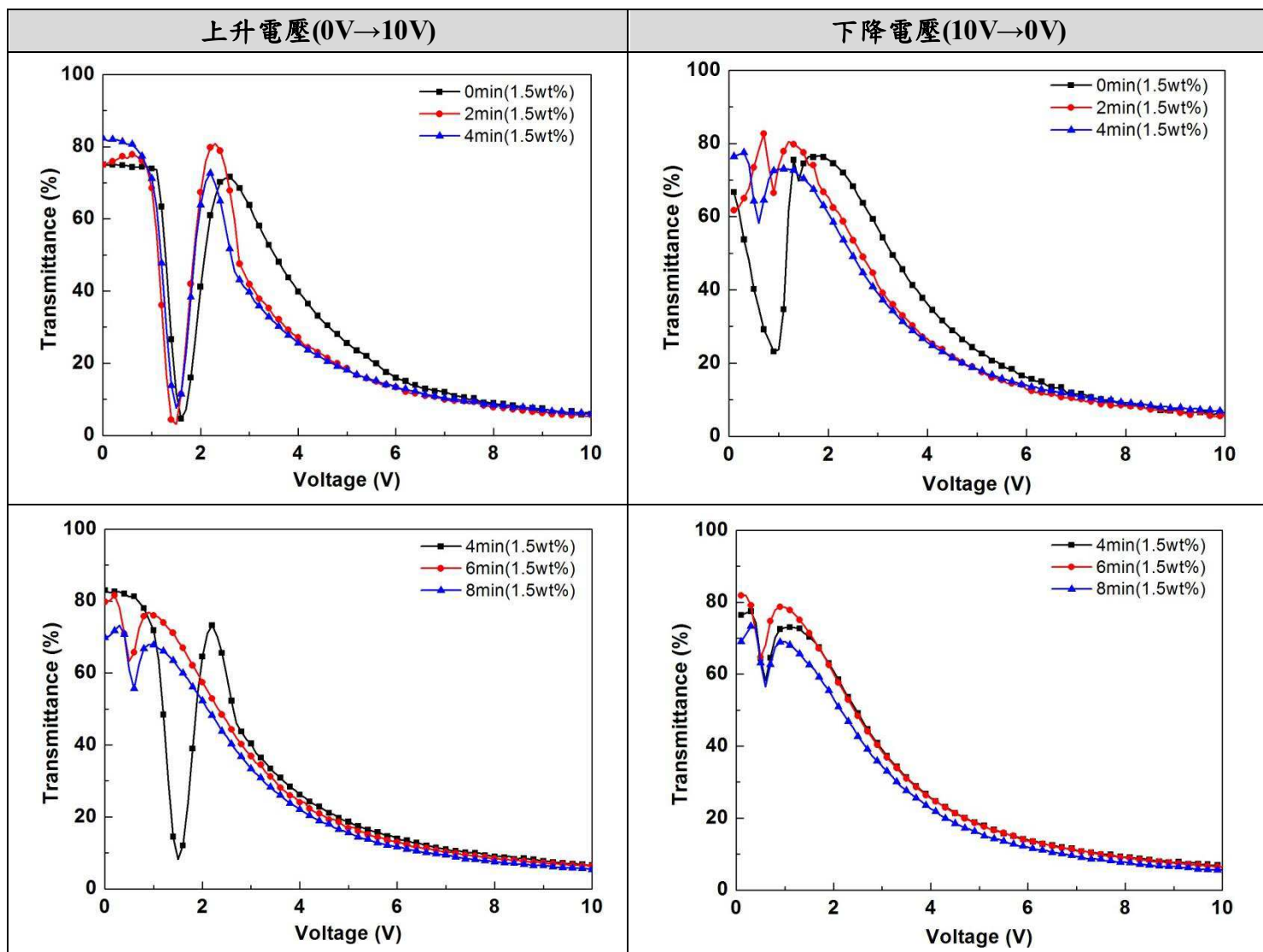


Curing time : 6 minute(2.5wt%)



## 二、高分子濃度對穿透率的影響：

### (一) 1.5wt%



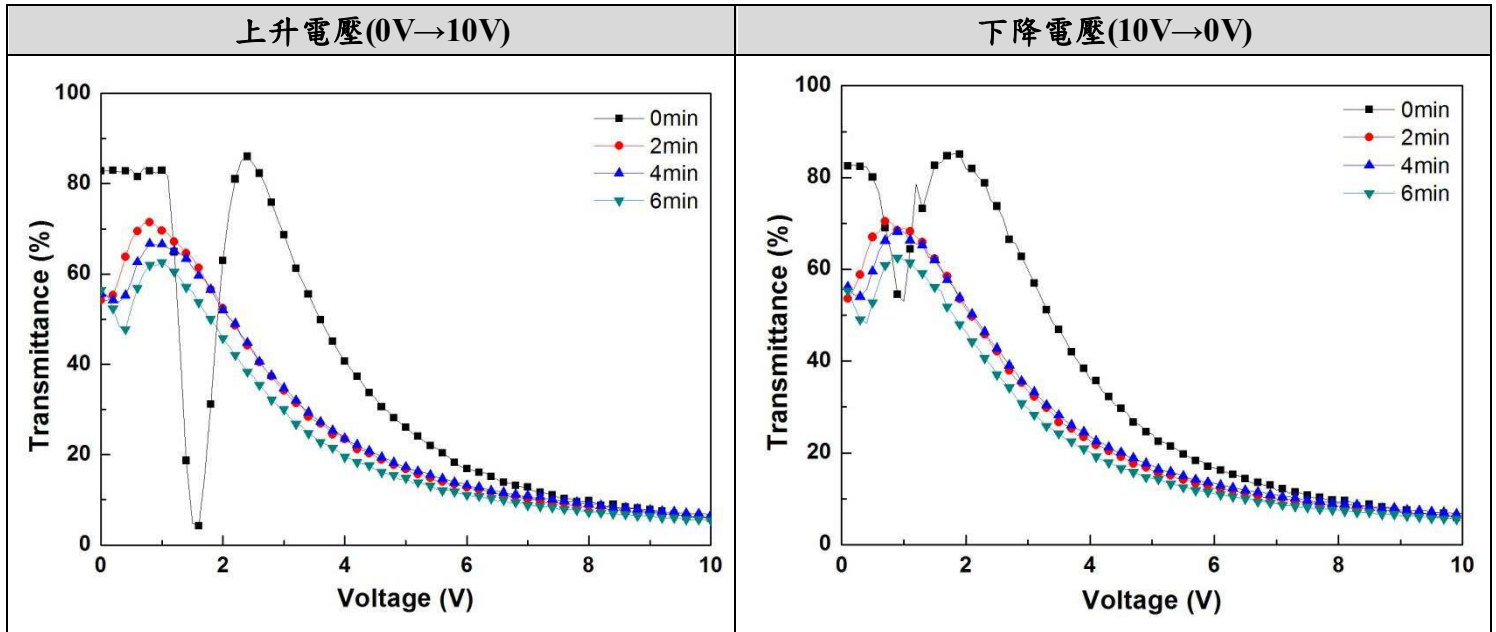
上升曲線之亮態電壓

	0 min	2 min	4min	6 min	8 min
Transmittance	71.66%	80.84%	72.64%	76.83%	67.93%
Voltage	2.6V	2.3V	2.2V	0.9V	0.9V

下降曲線之亮態電壓

	0 min	2 min	4min	6 min	8 min
Transmittance	76.69%	80.56%	73.05%	78.69%	69.05%
Voltage	1.8V	1.2V	1.1V	0.9V	1V

(一) 2.0wt%



2.0wt%

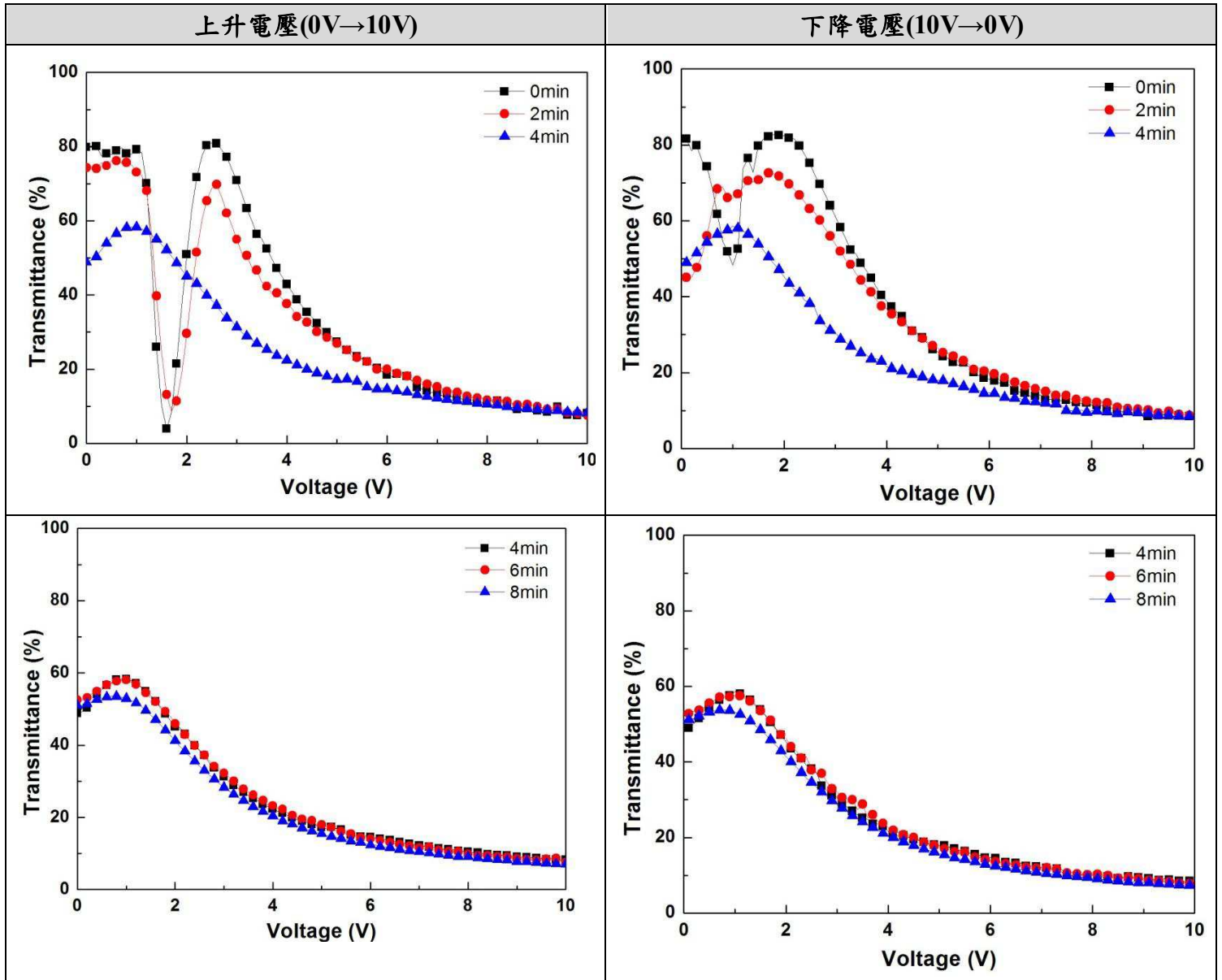
上升曲線之亮態電壓

	0 min	2 min	4 min	6 min
<b>Transmittance</b>	86.04%	71.46%	66.73%	62.63%
<b>Voltage</b>	2.4V	0.8V	0.8V	1V

下降曲線之亮態電壓

	0 min	2 min	4 min	6 min
<b>Transmittance</b>	85.22%	70.42%	68.16%	62.52%
<b>Voltage</b>	1.8V	0.7V	0.9V	0.9V

(一) 2.5wt%



2.5wt%

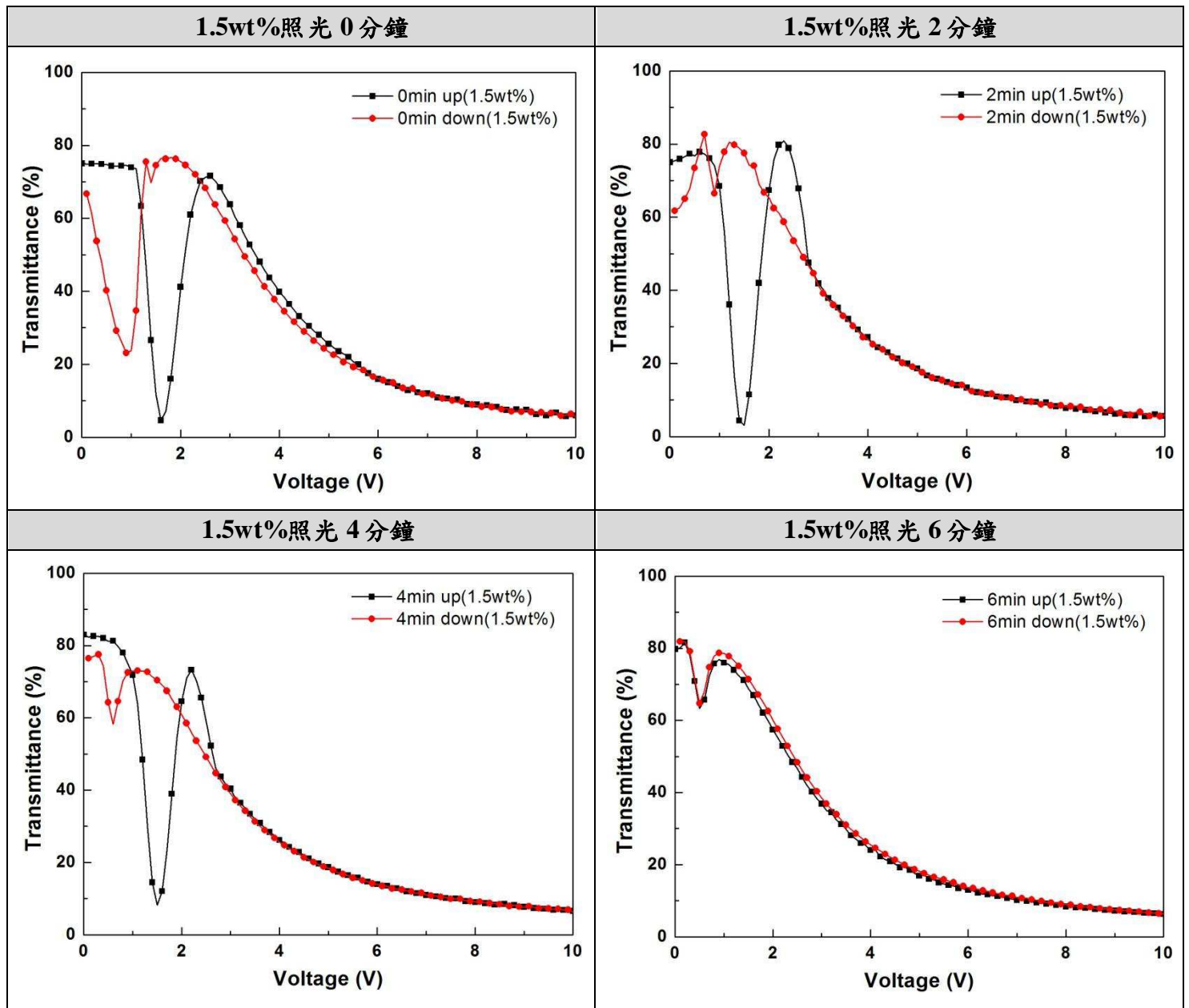
上升曲線之亮態電壓

	0 min	2 min	4min	6 min	8min
Transmittance	80.98%	69.77%	58.24%	58.06%	53.7%
Voltage	2.5V	2.6V	0.9V	1V	0.7V

下降曲線之亮態電壓

	0 min	2 min	4min	6 min	8min
Transmittance	82.7%	72.94%	58.54%	57.57%	53.74%
Voltage	1.8V	1.6V	1V	1V	0.7V

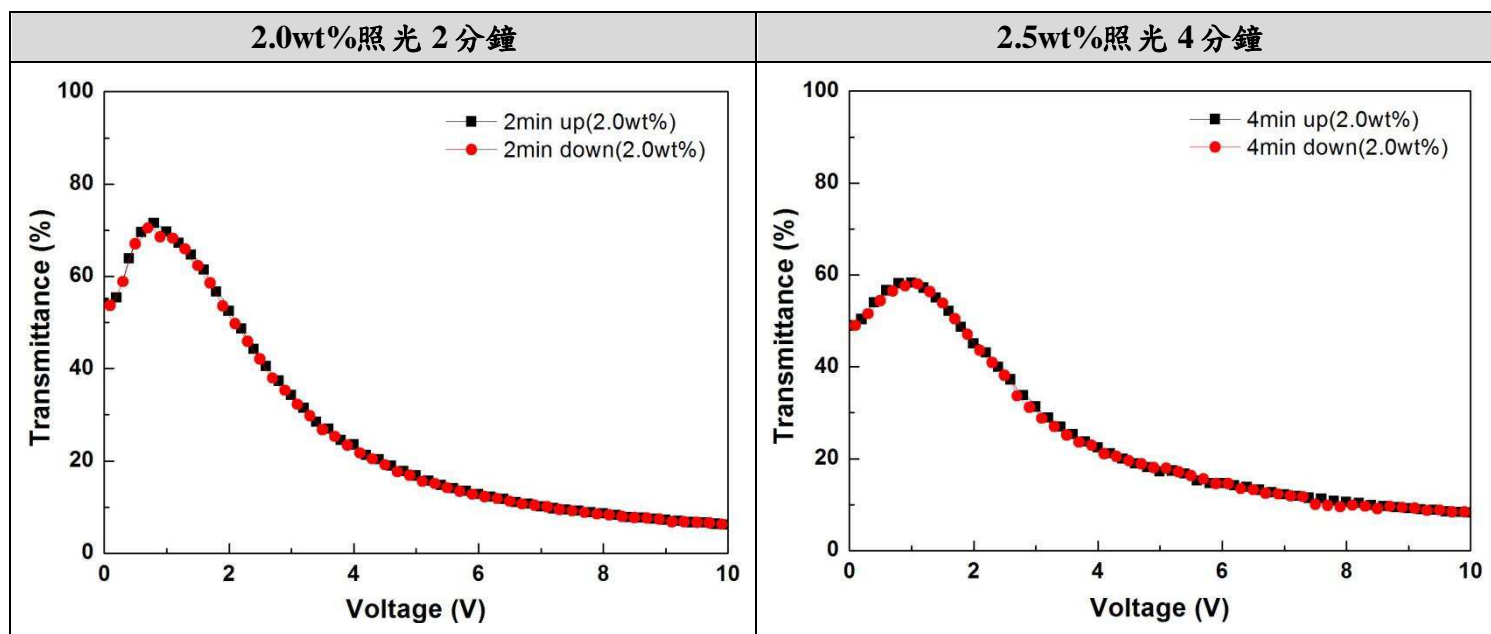
1.5wt%上升、下降曲線對照：



上升、下降曲線在六分鐘時，電壓與穿透率的關係完全相同，這樣的關係，正是我們所需要的：

- 1.將液晶分子排列關係呈 twist 狀態，可達到移除暖機時間，且有良好亮態的效果。
- 2.上下行電壓曲線完全吻合，在顯示器的使用上不會因為升電壓或是降電壓出現不同的亮度。

2.0wt%及 2.5wt%上升、下降曲線對照：



	1.5wt%照光 6分鐘	2.0wt%照光 2分鐘	2.5wt%照光 4分鐘
最大穿透率	76.83%(0.9V 時)	71.46%(0.8V 時)	58.25%(0.9V 時)
可操作灰階顯示電壓範圍	0.9V~10V	0.8V~10V	0.9V~10V

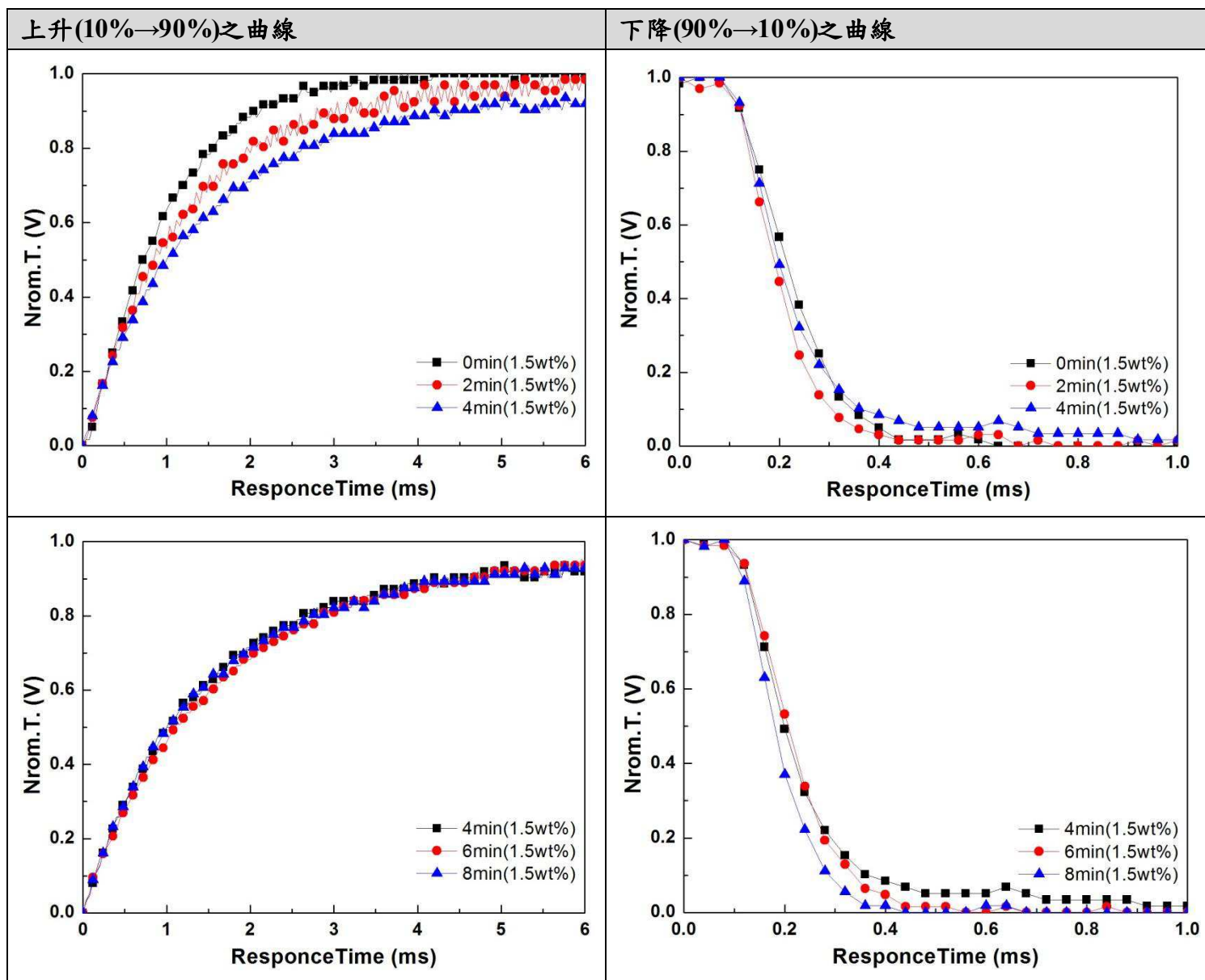
同理，2.0wt%及 2.5wt%濃度的液晶 Cell 也分別在 2分鐘及 4分鐘時，電壓與穿透率的關係完全相同，在液晶分子排列關係方面，可以從曲線來判斷是呈現 bend 狀態。

三種濃度的比較中，可以發現使用的高分子濃度愈高，加上 1kHz、8V 的方波訊號照射紫外光後，光的穿透率愈低，其原因有兩個部分，第一個部份是使用了愈高濃度的高分子，愈容易形成高分子網，使得液晶分子的預傾角愈大，造成經過液晶 Cell 後的延遲量不足，使得穿透率下降；第二個部分是高分子會造成光的散射，因此高分子濃度愈高，散射量愈大。在灰階顯示操作範圍中，液晶分子排列狀態為 bend，從上表可以發現可操作的範圍都大約在 0.9V~10V。



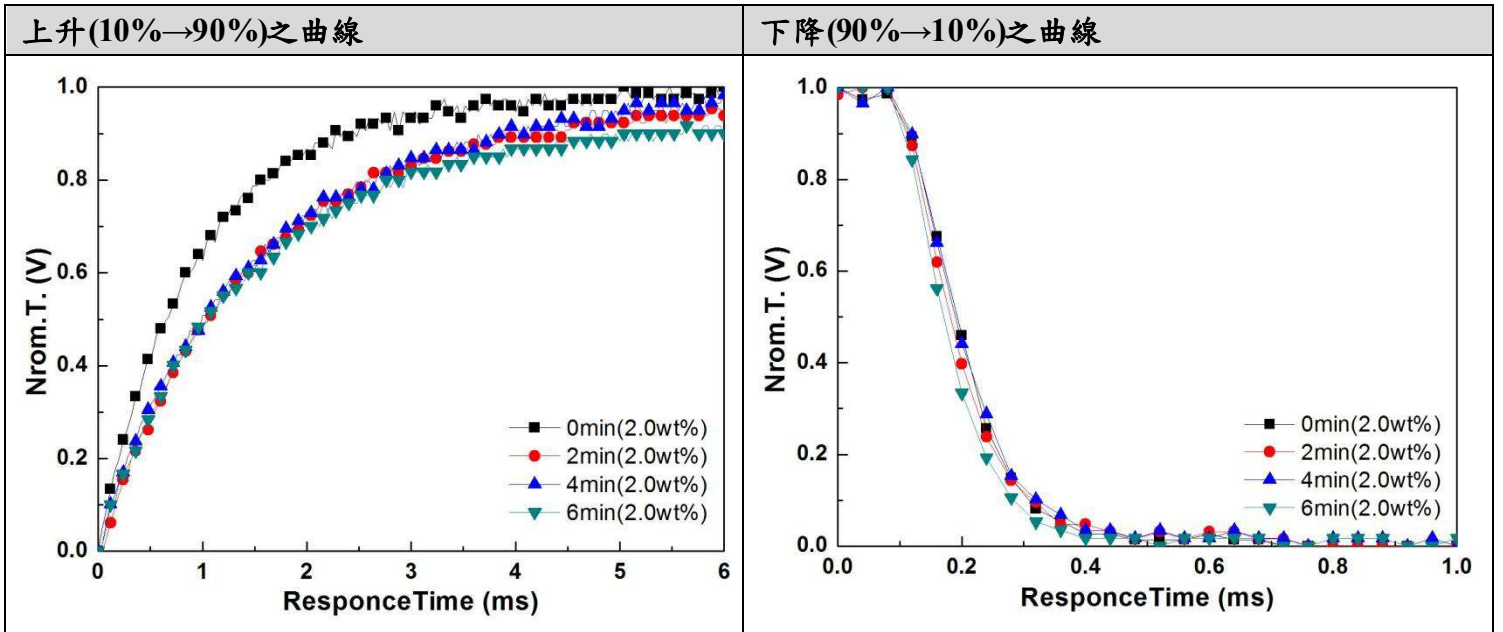
### 三、高分子濃度對響應時間的影響：

#### (一) 1.5wt%



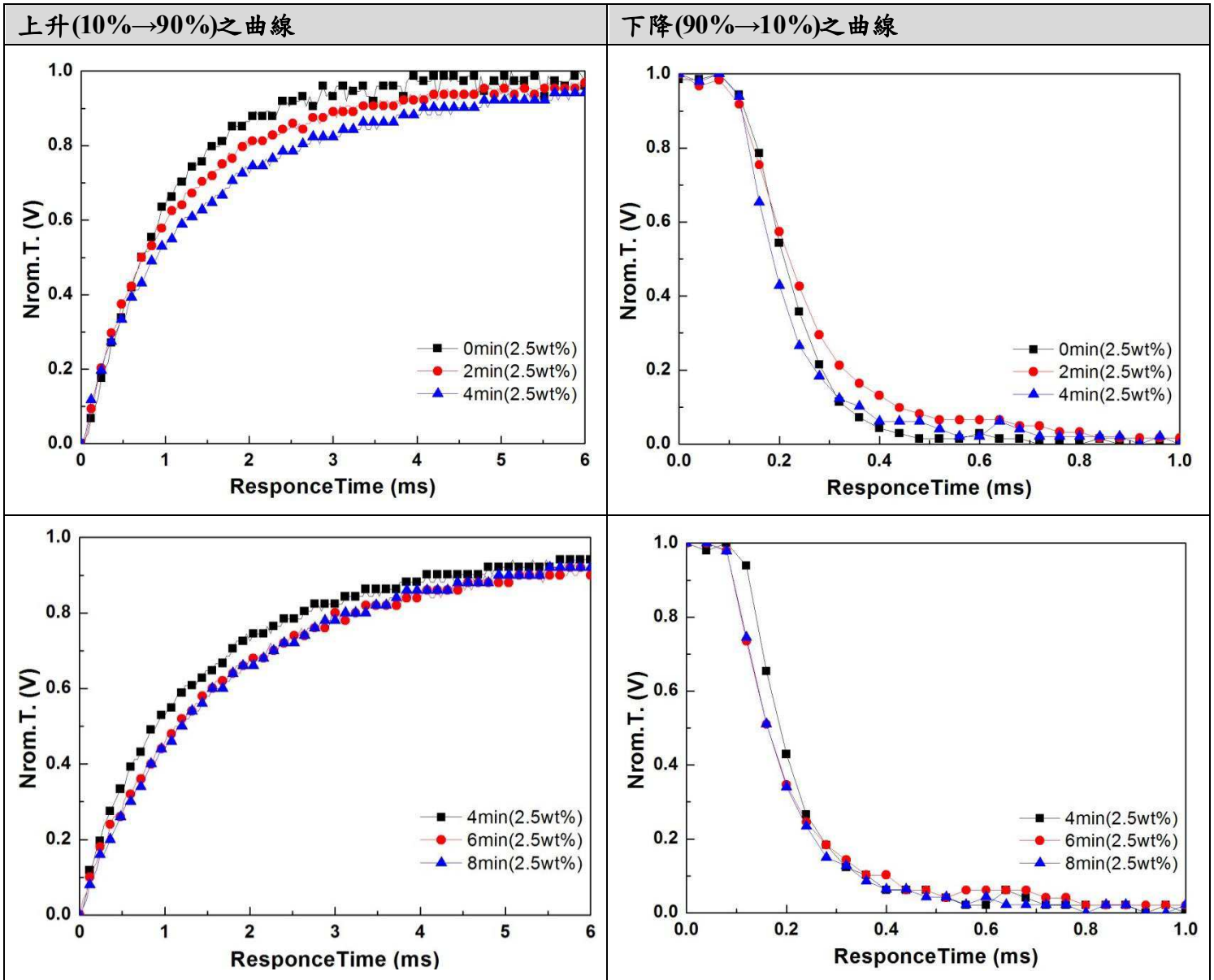
	0min(Vc=1.8V)	2min(Vc=1.2V)	4min(Vc=1.1V)	6min(Vc=0.9V)	8min(Vc=1V)
上升時間	1.88ms	2.66ms	3.68ms	3.88ms	3.72ms
下降時間	236.0us	190.0us	250.0us	213.3us	180.0us
總時間	2.12ms	2.85ms	3.93ms	4.09ms	3.9ms

(二)2.0wt%

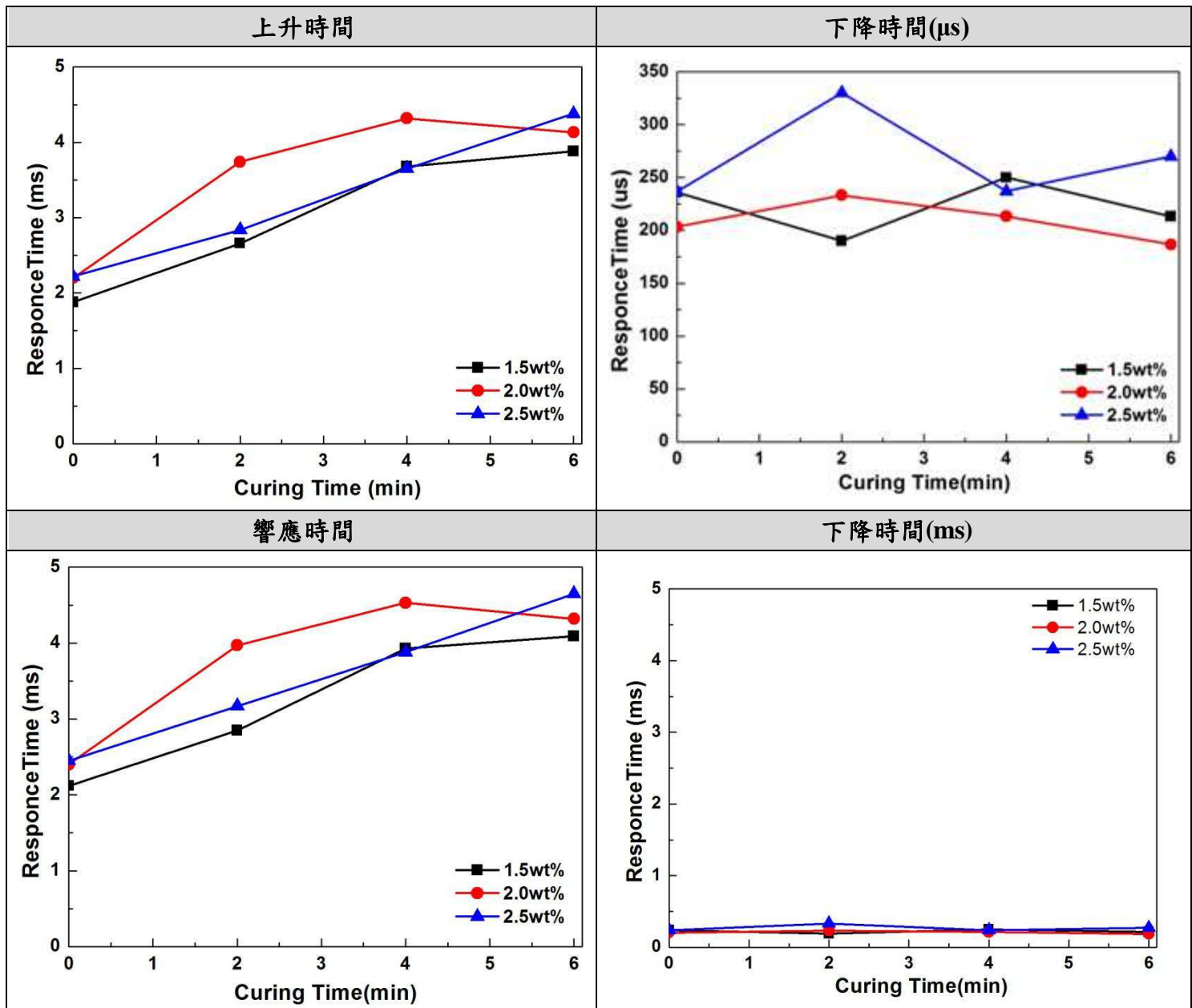


	0min(Vc=1.8V)	2min(Vc=0.7V)	4min(Vc=0.9V)	6min(Vc=0.9V)
上升時間	2.200ms	3.740ms	4.320ms	4.133ms
下降時間	203.4μs	233.3μs	213.3μs	186.7μs
總時間	2.4034ms	3.9733ms	4.5333ms	4.3197ms

(三)2.5wt%



	0 min(Vc=1.8V)	2 min(Vc=1.7V)	4min(Vc=1V)	6min(Vc=1V)	8min(Vc=0.7V)
上升時間	2.22ms	2.84ms	3.65ms	4.38ms	4.44ms
下降時間	236.7us	330us	237.1us	270us	256.4us
總時間	2.45ms	3.17ms	3.88ms	4.65ms	4.69ms



在 Response time 的分析上，我們將不同高分子濃度的樣品數據，依照紫外光時間與響應時間繪製成曲線，其中將其上升時間、下降時間、響應時間分開繪製。

在整體數據上，下降時間的單位是 $10^{-6}$ second 等級，而響應時間的單位是 $10^{-3}$ second 等級，因此在比較上，下降時間曲線上的數值飄動影響是不大的。整體來看，三種濃度的樣品，都會因為照射紫外光的時間增加，而讓響應時間也變長，其原因是因為紫外光會讓內部的分子聚合，液晶分子會受到照光後聚合的分子影響。

在響應時間與高分子濃度的關係中，會因為高分子網而造成響應時間有些微緩慢，雖然響應時間會因為分子的濃度增加而增加，但是在濃度增加到一定程度後就會飽和。從上圖結果(總響應時間)來看，2.0wt%濃度的樣品是響應時間最長的，原因就與分子網的形成程度有關。

#### 四、總結論

本實驗利用三種不同高分子濃度之樣品，來觀察液晶預傾角的變化與其對 OCB 液晶試片光電特性的影響。摻雜高分子能讓液晶分子會受到聚合的作用下，而排列成彎曲態。

其中，在穿透率量測的結果，根據三種濃度的比較，可以發現使用的高分子濃度愈高，加上電壓照射紫外光後，光的穿透率愈低，其原因有兩個部分，第一個部份是使用了愈高濃度的高分子，愈容易形成高分子網，使得液晶分子的預傾角愈大，造成經過液晶 Cell 後的延遲量不足，使得穿透率下降；第二個部分是高分子會造成光的散射，因此高分子濃度愈高，散射量愈大。在灰階顯示操作範圍中，液晶分子排列狀態為 bend，從上表可以發現可操作的範圍都大約在 0.9V~10V。

在 Response time 的分析上，整體來看，三種濃度的樣品，都會因為照射紫外光的時間增加，而讓響應時間也變長，其原因是因為隨著濃度愈高，造成試片的錨定能愈大，進而改善了試片的響應時間，然而，隨著照射 UV 光的時間愈久，高分子的聚合也愈緊密，使得響應時間愈長。

在響應時間與高分子濃度的關係中，會因為高分子網而造成響應時間有些微緩慢，雖然響應時間會因為分子的濃度增加而增加，但是在濃度增加到一定程度後就會飽和。從總響應時間來看，2.0wt%濃度的樣品是響應時間最長的，原因就與分子網的形成程度有關。

液晶分子排列關係上，1.5wt%濃度的樣品在加電壓照射紫外光後呈現 twist 狀態，而 2.0wt%及 2.5wt%是呈現 bend 狀態。

#### 陸、參考文獻

- [1] L. G. Chen and R. Shanks “Thermoplastic polymer-dispersed liquid crystal prepared from solvent-induced phase separation with predictions using solubility parameter”, *Liq. Cryst.*,34, 12,1349-1356(2007)
- [2] Wei-Yen Wu, “Chen-Chen Wang, and Andy Ying-Guey Fuh , Controlling pre-tilt angles of liquid crystal using mixed polyimide alignment layer”(2008)。
- [3] <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1585>(國科會高瞻自然科學教學平台)
- [4] [http://csot.acesuppliers.com/meg/meg\\_1\\_2811122820071510405464063\\_8308.html](http://csot.acesuppliers.com/meg/meg_1_2811122820071510405464063_8308.html)([封面故事]快速反應液晶- 《化合物半導體·光電技術》雜誌)
- [5] 陳智全,“高分子穩定配向液晶顯示器之光電特性研究”(民國九十五年六月)