

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 液晶動態特性之研究 ( III )

計畫類別： 個別型計畫            整合型計畫

計畫編號：NSC 90 - 2112 - M - 009 - 048 -

執行期間： 90年 8月 1日至 91年 7月 31日

計畫主持人：王淑霞教授

共同主持人：

計畫參與人員：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學光電工程研究所

中 華 民 國      91年 10月 25日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 子題一：垂直配向多穩態液晶盒的動態機制研究

計畫編號：NSC 90-2112-M-009-048

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：王淑霞 國立交通大學光電工程研究所

### 一、中文摘要

由於雙穩態扭轉型(Bistable TN)液晶盒具有記憶效應，在使用多工驅動時(multiplexed addressing)並不會受到掃描線數的限制，且具有較省電的好處。因此，在被動驅動的顯示器上具有很大的應用價值。已往的雙穩態現象都只有在水平扭轉液晶盒中才觀察得到；然而，本實驗室在垂直配向的液晶盒中一樣可以觀察到多穩態的現象，至於形成多穩態的詳細機制仍不清楚。本研究主要是針對多穩態垂直配向液晶盒的動態機制為研究目標。在本研究中，我們發現在多穩態垂直配向液晶盒的動態切換機制，不僅僅要考慮液晶的流動效應，在極化方向配向的非對稱性更是形成此多穩態元件的必要條件；藉由對此元件動態機制的了解，我們設計一種新的電壓波形來驅動此元件，並且有效地降低維持穩態的驅動電壓。

**關鍵詞：**液晶，雙穩態，流動，動態響應

### Abstract

Due to the memory effect of bistable twist nematic (BTN) cells, it can be applied to the passive addressed liquid crystal display without the limitation of the scanning line numbers and has low power consumption. The general bistability is observed in the parallel-twist nematic liquid crystal cells in the past articles; however, we also observed the multistability in the homeotropic liquid crystal cells. In this proposal, we have investigated the switching mechanism of the multistability in the homeotropically aligned liquid crystal cell. We found that the switching mechanism of the multistability of homeotropically aligned LC cell is not only related to the flow effect of LCs but

also the asymmetrical polar-alignment in the cell. After being aware of the switched mechanism, we designed a new driving waveform to switch this device and reduced the applied voltages.

**Keywords:** liquid crystals, dynamic behaviors, flow effect, bistable

### 二、緣由與目的

利用液晶的動態流動效應，D.W. Berreman 預測扭轉型(twist nematic TN)液晶盒可以藉由外加旋性材料(chiral materials)來獲得雙穩態的現象。由於雙穩態扭轉型(Bistable TN)液晶盒具有記憶效應，在使用多工方法驅動時(multiplexed addressing)並不會受到掃描線數的限制，再加上雙穩態扭轉型液晶盒的穩態切換時間非常快，因此，在被動驅動的顯示器上具有很大的應用價值。近年來，形成 BTN 的機制已經有許多詳盡的研究。已往的雙穩態現象都只有在水平扭轉液晶盒中才觀察得到；然而，我們在垂直配向的液晶盒中也觀察到類似的多穩態現象，至於形成多穩態的詳細機制仍不清楚。本計畫的目的在藉由本實驗室已發展的數值模擬工具來探討構成此多穩態元件的成因，並且了解液晶盒內液晶分子的詳細分佈情況，進而改善此元件的特性。

### 三、結果與討論

在之前的研究文獻中，垂直配向的液晶盒都假設在極化方向的配向沒有錯位，在此情形下，由於液晶分子轉動所造成的引流效應(Backflow effect)會使得上下基板兩旁的液晶分子往相反的方向轉動，使得液晶分子的傾角超過  $90^\circ$ ；在液晶盒的中央部分，由於流動所造成的力矩和電場的力矩是同向，因此引流效應對液晶分子的轉

動具有加速的效應(圖一(a))，依據 D.W. Berremman 的理論，此時若有適當的手徵性材料，應該會形成一個扭轉  $720^\circ$  的介穩 (metastable) 態元件，但由於此介穩態的彈性扭轉自由能較大，這個狀態是不可能存在。因此，在垂直配向的液晶盒中，當液晶的傾角是對稱時，此元件是不是具有多穩態的特性，這和實驗上所觀察的情形是不相同。

在前一個研究計畫裡，我們提出垂直配向液晶盒的動態特性不僅和液晶的流動效應有關，更與液晶分子在基板上的配向條件有著密不可分的關係。當液晶盒的極化配向 (polar alignment) 是非對稱的邊界條件時，引流效應和邊界效應的相互耦合作用會使得上半部的液晶分子往相反的方向轉動(圖一(b))，此時只要在方位角的方向上有小小的擾動，引流效應會使得液晶分子產生一個很大的扭轉態，最後鬆弛回其水平狀態。因此我們推論只要此時在液晶盒中加入適量的手徵性分子，使得水平狀態和  $360^\circ$  的狀態具有相同的總自由能。因此，便可以藉由控制液晶分子的引流效應強弱，則可以使垂直配向的液晶盒在這兩個狀態下切換。圖二為這二個狀態的總自由能隨  $d/p$  ratio 的變化情形( $d$  是液晶盒厚度， $p$  是液晶分子本身的螺旋節距大小)，其外加的電壓為  $14V$ 。由圖上可以得到當  $d/p$  在  $0.5$  左右時，這二個狀態的總自由能非常的接近。圖三為  $d/p=0.5$  和外加電壓是  $14V$  時，這二個狀態的液晶軸向投影在基板上的空間分佈圖，箭頭是液晶軸向在空間中的分佈方向。由於較小的扭轉狀態像一個扇子，在此我們稱之為 F(fan) state，另一個較大扭轉態以 T(twist) state 表示。其實 F 和 T 二個狀態皆是繞著其旋轉軸轉了  $360^\circ$  度，只是此旋轉軸是隨著空間在做改變。F 態其實可以想像成是等效的旋轉軸從 Z 軸的方向向正 X 軸的向傾倒，而 T 態則是倒向負 X 的方向，在此我們是以空間中液晶軸向在基板的投影形狀來命名。

圖四為之前研究計畫中所觀察垂直多穩態垂直配向液晶盒的暫態電光特性，藉由控制驅動波形的上升速度，我們可以控制液晶流動效應的強弱來達到多穩態的現象。利用本實驗室已發展的數值計算工具，我們計算了不同邊條件之垂直配向液

晶盒的暫態電光特性(圖五所示)。上面的曲線代表施加在液晶盒上的驅動波形，前面波形的上升斜率為  $70V/s$ ，後者的斜率為無限大。中間的曲線是對稱型極化配向垂直液晶盒的暫態電光特性；下面的曲線是非對稱型極化配向的結果。由圖上可以明顯地看出垂直配向液晶盒的多穩態現象必須是非對稱的極化配向條件才能夠存在，若極化配向是對稱時，此時元件並無法得到多穩態的現象，這與我們之前的預測相符合。

圖六和圖七是對應於圖五中電壓的斜率為無限大時，非對稱與對稱極化配向液晶盒中液晶軸向在空間中的暫態分佈情形。計算的結果和之前我們推論的情形一樣，在極角配向是非對稱時，當電壓施加在液晶盒上，上半部的液晶軸向會反轉到另一個方向，並且中間層的液晶軸向會轉出 rubbing 平面，最後轉到負 x 軸的位置，形成扭轉角較大的 twist state，此時等效的螺旋軸是倒向負 x 軸的方向；在對稱的情形，基板兩旁的液晶軸向會反轉到另一方向形成非常大的扭轉態，此時，液晶的彈性扭轉自由能較高，所以兩邊的液軸向會朝向 rubbing 平面轉動，形成 Fan state，而無法切換到 twist state。由此可知，垂直配向多穩態液晶盒的切換機制不僅僅與液晶本身的流動效應相關，更與其在基板上的配向條件有著密不可分的關係，這是和水平配向多穩態液晶盒最不相同的地方。

由於多穩態垂直配向液晶盒必要藉由電壓來維持其狀態，因為太高的驅動電壓會限制了此元件的應用性，並且非常的耗電。因此我們也探討了 T 和 F state 在不同驗動電壓時，這兩個狀態的自由能之差，如圖八所示，可以發現其自由能的差異非常的小；而由圖六可以發現，此元件的切換時間，主要是在電壓剛施加上去的那段期間所決定。因此，我們設計一種新的驅動電壓波形(如圖九所示)，在此波形的  $100ms$  我外加一個高的電壓( $V_d$ )，使得液晶的流動效應非常的強烈，因而產生很大的扭轉態，然後再施加一個較低的電壓( $V_h$ )去維持此扭轉態。當( $V_d$ )較小時，液晶的流動效應較不顯著，則此元件則會切換到 F state 去。因此，只要利用控制  $V_d$  的大小，我們便可以有效地切換此元件要到那一個狀態。(如圖九所示)而且也不需要太高的電

壓來維持這兩個狀態，圖九所計算的結果，是只要加壓 6V 的電壓便已經足夠。藉由調整液晶的材料參數，此電壓還可以再繼續降低。

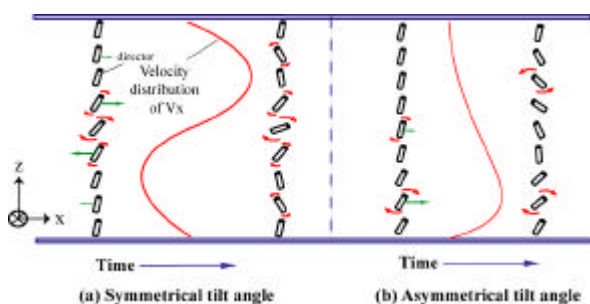
#### 四、計畫結果自評

在本研究計畫，我們發現垂直配向多穩態液晶元件的切換機制不同於已往水平配向的多穩態液晶元件，它不僅和液晶的流動效應有關，更與液晶在基本上的配向條件有著密不可分的關係，這在以往的研究中是沒有人注意到的。此外，我們亦設計一種新的驅動波形來切換這兩個狀態，此新波形可以有效地降低施加在液晶元件上的電壓，我們相信此方法可以大大提高此元件的應用範圍。

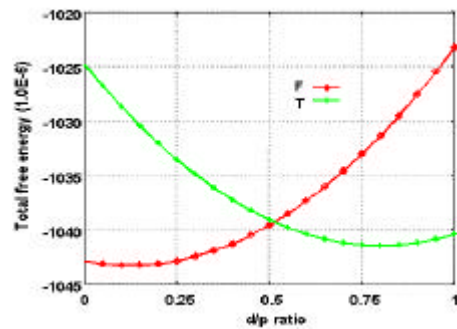
#### 五、參考文獻

- [1] D. W. Berreman and W. R. Heffner, J. Appl. Phys. 52, 3032 (1981)
- [2] T. Tanaka, Y. Sato, A. Inoue, Y. Momose, H. Nomura, and S. Iino, Asia Display 95, 259 (1995)
- [3] T.-Z. Qian, Z.-L. Xie, H.-S. Kwok, and P. Sheng, Appl. Phys. Lett. 71, 596 (1997)
- [4] L. Y. Chen, and S. H. Chen, Appl. Phys. Lett., 74, 3779 (1999)
- [5] C. Y. Hsieh and S. H. Chen, Jpn. J. Appl. Phys., 41, 5264, 2002

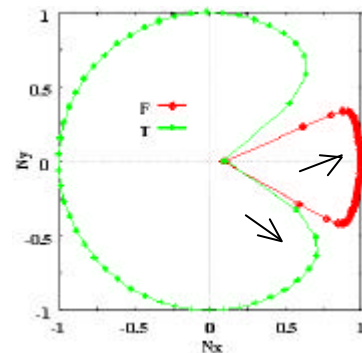
#### 六、附圖



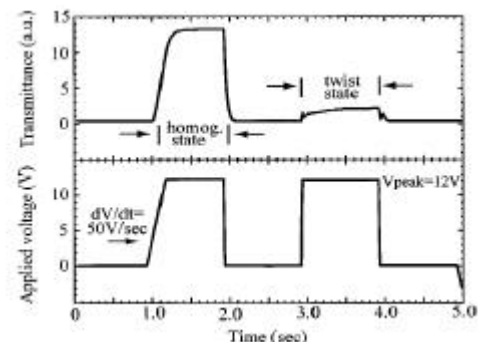
圖一、在垂直配向的液晶盒中，不同的極角配向下所對應該的液晶轉動方向和流速分佈圖。(a) 對稱的極角配向。(b)非對稱的極角配向。



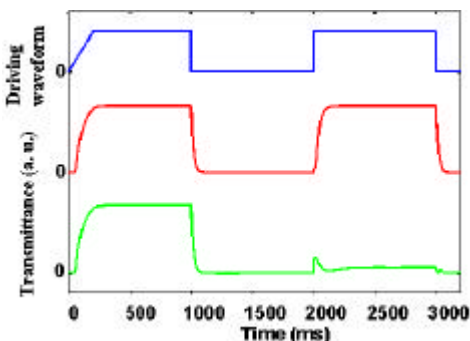
圖二、垂直配向多穩態液晶盒中，不同狀態其總自由能隨 d/p ratio 的變化。d 是液晶盒的厚度，p 是手徵性分子的螺旋節距。



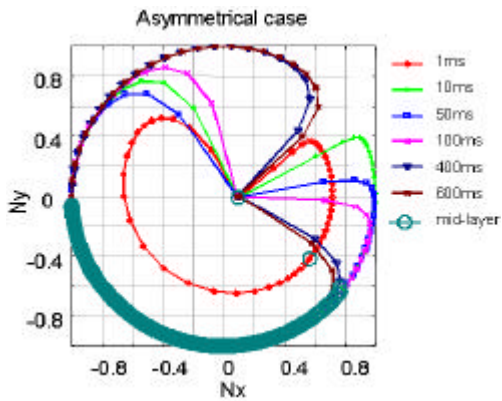
圖三、垂直配向多穩態液晶盒中，兩個狀態的液晶軸向在空間中的分佈情形。



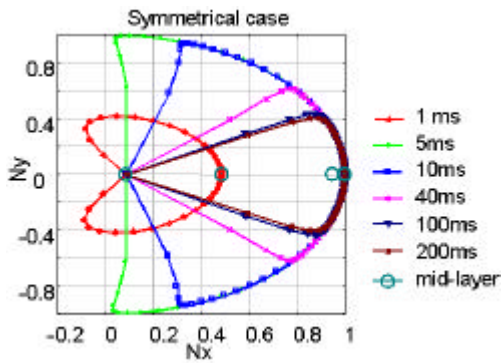
圖四、實驗上所觀察到垂直配向多穩態液晶盒在不同驅動電壓波形時的電光暫態特性。



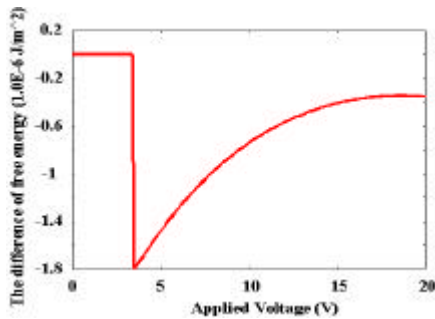
圖五、數值計算在不同邊界條件下，施加不同的電壓波形所得之暫態電光特性，上面的曲線是電壓波形，中間的曲線是對稱的極化配向條件，下面的曲線是非對稱的配向條件。



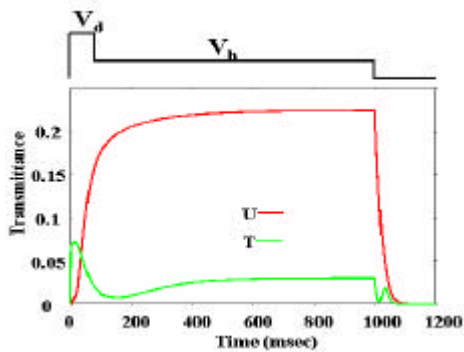
圖六、數值計算所得在不同時間下，液晶軸向在空間中的分佈情形，其極化配向是非對稱。



圖七、數值計算所得在不同時間下，液晶軸向在空間中的分佈情形，其極化配向是對稱。



圖八、T 與 F states 在不同施加電壓下，兩個狀態的總自由態之差。



圖九、當  $V_b = 6V$  時，在不同  $V_d$  電壓下，垂直配向多穩態液晶盒的暫態電光特性。U state 是  $V_d = 6V$ ，而 T state 是  $V_d = 14V$ 。

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 子題二：液晶分子取向擾動之散射光研究

計畫編號：NSC 90-2112-M-009-048

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：王淑霞 國立交通大學光電工程研究所

### 一、中文摘要

一般而言線狀液晶(Nematic Liquid Crystal)對光的散射較普通各向同性液體高了數個數量級.根據 P.G. De Gennes 的說明,當入射一個線偏極光在很小的偏角的地方可以發現很大的散射光且散射光的偏極為與入射光互相垂直的線偏極態.此散射光的產生可從液晶分子的取向擾動或熱擾動而來.故當散射光起源於外加場造成液晶分子取向擾動再加上液晶本身對光的非等向性,在散射光通過液晶層時可以觀測到散射光的干涉條紋.在本計劃中,我們觀察此散射光干涉條紋在不同外加場的條件下會有何有趣的現象產生,亦即在固定光場的條件下觀察散射光干涉條紋在電場改變時會有何變化,以及在固定電場的條件下觀察散射光干涉條紋在光場改變時會有何變化.除此之外我們亦觀察出射散射光的光功率隨外加場改變的變化情形.再來我們嘗試從理論來說明觀察到的散射光干涉條紋隨外加場變化的有趣現象

**關鍵詞**：線狀液晶, 非線性光學, 散射光干涉紋

### Abstract

Generally speaking, the power for the nematic liquid crystal to scatter light is several orders higher than that for the conventional isotropic liquid. According to the description by P.G. De Gennes, we can see a strong linear polarized scattering light with its polarization state perpendicular to that of the incident linear polarized light at small scattering angle. The origin for the scattering light is owing to the orientational or thermal fluctuations of the liquid crystal molecules. Since liquid crystal is optically anisotropic, we can see the interference patterns

of the scattering light if the scattering light results from orientational fluctuations induced by externally applied field. In this project, we will observe how the interference patterns change when we vary the external fields. We are going to observe the changes of the interference patterns with fixed optical field and varying electric field. Furthermore, we will observe the changes of the interference patterns with fixed electric field and varying optical field. By the way, we will also measure the power of the output scattering light. After these observations, we will try to explain the results in a theoretic way.

**Keywords**: Nematic Liquid Crystal, Nonlinear Optics, Interference Patterns of Scattering Light

### 二、緣由與目的

線狀液晶對光具有很高的散射能力,這一方面的研究最早可推至 1948 P.Chatelain[1]所做的詳盡實驗研究.不過之後的數十年,這方面的研究都限於將液晶視為固定的散射源,是以所產生的散射光並非同調的.1972年 P.G. De Gennes[2]從液晶指向矢的微小擾動方面著手是以得出兩個重要的結論:(1) 散射角小 (2) 入射及散射光的偏極態互相垂直 時會有大的散射光.此後在 1980 年代及 1990 年代初期學者對線狀液晶的散射光理論做了很多的研究,Y.R. Shen 及 E. Santamatos[3]對激發性的散射光(Stimulated Light Scattering)做了理論和實驗上的說明,大部分的學者都在對散射光的起源和特性作研究.

由於線狀液晶對光具有雙折射的非等向特性,當我們產生同調的散射光時,通過液晶層後會有干涉的現象產生,本實驗室在先前的研究中發現在低電場偏壓下散射光

在通過液晶層後會有圓形的干涉條紋,且此干涉條紋會隨偏壓的增加而有變化[4]而這是之前未觀察到的新干涉現象.

在本計劃中我們將繼續觀察散射光的干涉條紋在外加電場比較大時會有何種有趣的變化出現,既然液晶的排列會受外加場的影響而改變,所以我們亦將觀察在固定電場的偏壓下改變入射光場的強度散射光的干涉條紋又會有何有趣的現象出現.另外我們亦將對散射光光功率隨外場改變的變化情形作量測.

### 三、結果與討論

在本計畫的實驗中,我們的實驗架構如圖一所示,我們的實驗樣品是200um水平排列的線狀液晶薄膜(E7),圖二是樣品在conoscope下的圖樣,明顯的雙曲線代表了液晶分子非常好的水平排列情況.

在固定入射光功率(266mW)而改變外加電壓的情形中.先前的研究中發現在低電場偏壓下散射光在通過液晶層後會有圓形的干涉條紋,由本計畫所做的實驗觀察,我們發現我們可以將此散射光干涉條紋的週期變化區分為三個區域,依序為:低壓圓形圖樣區,中壓橢圓圖樣區,及高壓雙曲線圖樣區.

在低壓圓形圖樣區中(0V~1.230V),散射光干涉紋週期改變的趨勢是周期性的圓形干涉紋,如表一所示,隨著電壓的增加在超過某一個臨界後(Threshold voltage for Fredericks Transition~0.9Volt),中心暗點會向外擴,變成圓形暗環,再出現中心暗點,如此周期性的出現.

在中壓橢圓圖樣區中(1.237V~1.4V),散射光干涉紋週期改變的趨勢是周期性的橢圓形干涉紋,如表二所示,隨著電壓的增加,中心暗點會向外擴,變成橢圓形暗環,再出現中心暗點,如此周期性的出現.

在高壓雙曲線圖樣區中(1.4V以上),散射光干涉紋週期改變的趨勢是周期性的雙曲線干涉紋,如表三所示,隨著電壓的增加,中心交會的雙曲線會變成不交會的右上左下的雙曲線且間距慢慢變大,再來又變成中心交會的雙曲線,再變成左上右下的雙曲線且間距慢慢變大,簡單來說就是雙曲線的趨勢是交於中心,右上左下,交於中心,左上右下,交於中心 如此周期性的

出現.

除了電壓的效應之外,我們也分別在低壓和高壓區固定電壓的情況下去看干涉紋圖樣隨光場變化的情形,如表四所示.由表四我們可以看到,分別在低壓和高壓區,固定電壓的情況下,改變光功率,干涉紋也是會產生圓形,和雙曲線的週期變化.

除了觀察散射光干涉紋隨外加場的變化情形,我們亦量測了出射光功率的大小,出射光功率隨光場改變的趨勢比較單純,如表六,表七所示,是隨著光場增加而單調性的增加,但出射光功率在固定光場的情形下,隨著電壓增加的改變趨勢就比較複雜些,如表五所示,在低壓區的出射光功率較小,也有週期的起伏,但在中高壓區,出射光功率除了小起伏之外,總出射光功率明顯的高了許多.(最高約6mW)

事實上,散射光的光強除了和入射光的偏極態和出射角度有關外,液晶分子和入射光的夾角也是一個重要的考量因素,在我們的實驗架構中,電壓和光場的角色在改變液晶分子的傾角,兩個外場基本上是相互影響的地位,外加電壓傾向把液晶分子拉起,而光場傾向於將液晶分子拉平,所以當電壓大到某一值時,液晶分子被拉起到某一個傾斜程度,讓液晶分子和入射光行進方向的夾角達某一值,致使出射光功率變大,這是在中高壓區出射光功率上升的原因,而表五中除了明顯的上升的大趨勢之外還包含了許多的小起伏,原因可能是因為偵測器的面積不大,偵測到的範圍無法涵蓋全部,而光中心又有干涉紋的週期亮暗變化,所以在干涉紋改變時偵測的出射光功率也有小起伏的出現.

在參考文獻[4]中,利用簡單的干涉原理我們已解釋了圓形干涉紋的週期變化,在本計畫中,我們考慮將散射光在觀測面的等相位曲線求出,在假設單一散射,每一層液晶散射的光強度都相同的情形下,我們所導出的等相位分佈曲線仍然是一個圓形的曲線分佈,以致尚無法在理論上明確的表示橢圓和雙曲線的情形,所以我們可能需要再考慮其他的效應,因為散射光的強度和液晶分子與入射光行進方向間的夾角有關,不同層的液晶分子的不同散射光強度可能不能理想的視為相同,再加上折射效應,都可能造成影響整體合成的干涉圖案,故理論方面尚須再去探討.

#### 四、計畫成果自評

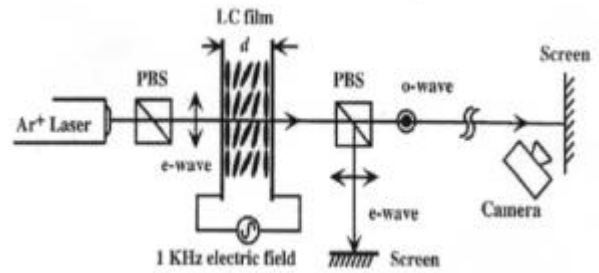
在本計畫中，我們已經完整的觀察到散射光干涉紋隨外加電壓和外加光場的圖案改變的趨勢，及量測出射光功率隨外加場變化的情形，雖然在簡單推導等相位曲線的理论中尚無法合理的解釋橢圓和雙曲線的干涉紋圖案，但如果再多考慮其他可能的因素，相信在已建立的基礎上可以盡快的完成理論的解釋。

在完成完整的實驗觀察後，我們發現了更多的有趣現象，橢圓，雙曲的干涉紋圖案，出射光功率的變化等等都可以讓我們對這個有趣的光學現象作深入的探討。

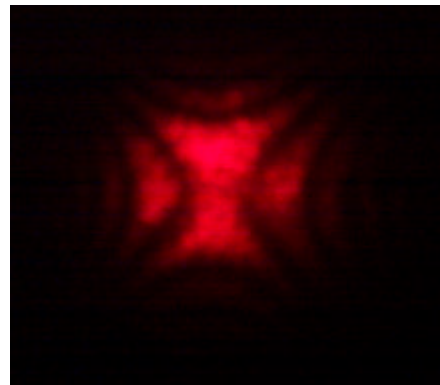
#### 五、參考文獻

- [1] Chatelain, P. Acta Crystallogr. 1, 315 (1948)
- [2] P.G. De Gennes and J. Prost, The Physics of Liquid Crystals (Clarendon, Oxford, 1993), pp.139-150
- [3] E. Santamatos and Y. R. Shen, Physical Review Letters, Vol.61, No.1, pp.113-116,(1988)
- [4] Yuhren Shen, Shu-Hsia Chen, Ching-Hsiang Hsu, and Yinchieh Lai, Optics Letters, Vol.23, No. 12, pp. 891-893 (1998)
- [5] I. C. Khoo and Y. Liang, Physical Review E, Vol. 62, No. 5, pp.6722-6733, (2000)

#### 六、附圖與表格



圖一 實驗裝置圖利用兩個偏振分光菱鏡入射非尋常光而在屏幕上觀察尋常光的干涉圖像



圖二 200um 水平排列液晶樣品在聚光干涉儀下的圖樣

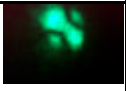
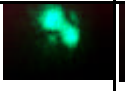
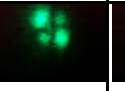
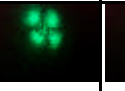
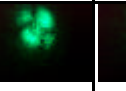
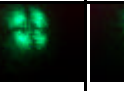
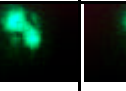
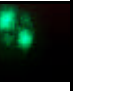
Voltage (Volt)	0	1.181	1.188	1.191	1.195	1.199	1.206	1.230
Patterns								

表一 低電壓時，入射光功率 266mW 時干涉圖樣隨電壓改變的趨勢(低壓圓形圖樣)



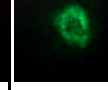
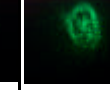
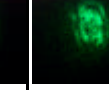
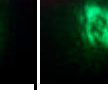


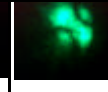
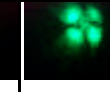
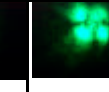
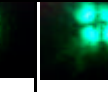
Voltage (Volt)	1.237	1.241	1.245	1.248	1.252	1.259
Patterns						

表二 中電壓時，入射光功率 266mW 時干涉圖樣隨電壓改變的趨勢(中壓橢圓形圖樣)

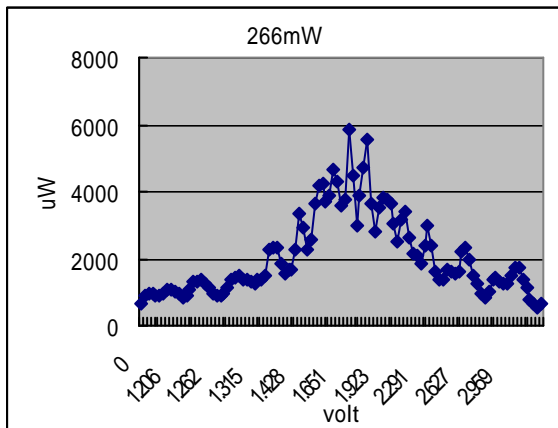


Voltage (volt)	2.291	2.319	2.355	2.436	2.468	2.489	2.581	2.648
Patterns								

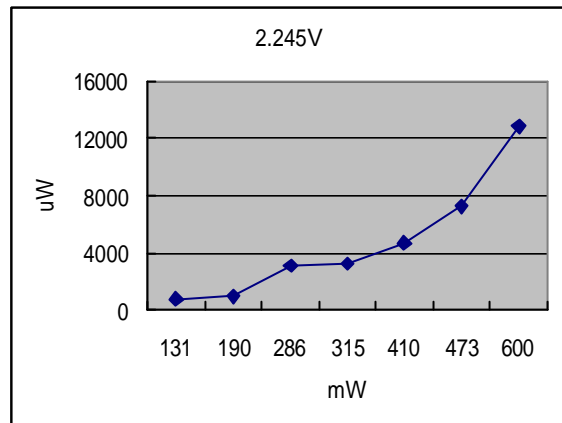
表三 高電壓時，入射光功率 266mW 時干涉圖樣隨電壓改變的趨勢(高壓雙曲線圖樣)

	150mW	180mW	235mW	280mW	344mW	390mW
1.209V						
	131mW	190mW	286mW	315mW	410mW	473mW
2.245V						

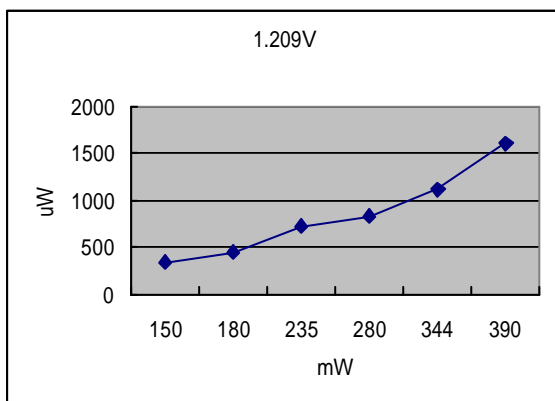
表四 低電壓及高電壓，改變入射光功率，干涉圖樣週期改變的情形。



表五 入射光功率 266mW 時，出射光功率隨外加電壓改變的曲線，我們可明顯看出在 1.5V~2.3V 間の出射光功率明顯增加，可能與液晶分子與入射光行進方向所夾的角度有關。



表七 外加電壓 2.245V，出射光功率隨入射光功率改變的曲線，我們可明顯看出出射光功率隨入射光功率增加而單調增加。



表六 外加電壓 1.209V 出射光功率隨入射光功率改變的曲線，我們可明顯看出出射光功率隨入射光功率增加而單調增加。

# 行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

報告人姓名	王淑霞	服務機構 及職稱	國立交通大學光電工程研究所/ 教授
會議 時間 地點	06/30/2002~07/05/2002 英國愛丁堡	本會核定 補助文號	NSC 90-2112-M-009-048
會議 名稱	(中文)第十九屆國際液態晶體研討會 (英文)19 <sup>th</sup> International Liquid Crystal Conference		
<p>第十九屆國際液態晶體研討會” The 19<sup>th</sup> International Liquid Crystal Conference” 於 2002 年 6 月 30 日到 7 月 5 日於英國愛丁堡舉行。台灣除了教授外，尚有多位研究生參加，對我國學術國際化有相當助益。雖然液晶顯示器已有大規模的產業，對此液晶學術研討會仍然非常熱絡，液晶的確是學術研究非常好的題材，將來的應用也只是顯示器而已，值得國人多多參與研究。</p> <p>適逢台灣明年二月十八日到二十一日將在台北國際會議廳舉辦 IDMC ( International Display Manufacturing Conference), 其中液晶顯示器佔了相當大的比重，因此我們特地在此次會議期間拜會國際液晶學會會長 Prof. Jone W. Goodby, 並以我國液晶學會理事長以及 IDMC Technical Program Committee 的身份，邀請他來給一個邀請論文演講。他欣然答應，講題為”Liquid Crystals for Applications in Photonics”。</p> <p>此次在大會晚宴上與日本 Prof. S. Kobayashi 及地主國晚宴主持人法國的 Prof. G. W.Gray 亦有良好的互動，且第一次在國際液晶研討會的晚宴上播放中文的國際液晶歌，Prof. Gray 還伴著唱了一斷英文版，使晚宴增色不少，與在美國工作的台灣研究者也有熱烈的交談，希望能吸收人才回國服務或合作研究，也有良好的回應。</p> <p>此次參加研討會帶回摘要與光碟片各一份。</p>			

# 行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

報告人姓名	謝志勇	服務機構 及職稱	國立交通大學光電工程研究所 博士班研究生
時間 會議 地點	06/30/2002~07/05/2002 英國愛丁堡	本會核定 補助文號	NSC 90-2112-M-009-048
會議 名稱	(中文) 第十九屆國際液晶研討會 (英文) 19 <sup>th</sup> International Liquid Crystal Conference		
發表 論文 題目	改善似垂直配向液晶盒的光學反應 Improvement of the optical rising response of a quasi-homeotropic liquid crystal cell.		
<p>第十九屆國際液態晶體研討會 ” the 19<sup>th</sup> International Liquid Crystal Conference ” 於 2002 年 6 月 30 日到 7 月 5 日在英國愛丁堡舉行。感謝國科會的補助，讓我這次能夠順利成行。本次的研討會共有六個大會演講，四個博士論文獎的專題演講，二十個邀請演講，口頭論文報告與壁報論文共有九百多篇。此次的會議與我之前去過的”國際顯示器研討會”在性質上有非常的大差異，那個會議主要是偏向應用和技術方面，所以業界的參與非常的踴躍，論文的發表也較偏向技術方面；此次的研討會性質主要是偏向學術研究方面，輔以一些顯示器和光通訊技術上的應用，由其發表的論文分類：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(01) Amphiphilic, Colloidal and Microphase-separated Systems</li> <li>(02) Biological Materials and Applications</li> <li>(03) Bulk Properties</li> <li>(04) Chiral Phases</li> <li>(05) Display Applications</li> <li>(06) Materials and Synthesis</li> <li>(07) Nanostructured Systems</li> <li>(08) Polymeric and Oligomeric Materials</li> <li>(09) Structural Characterisation</li> <li>(10) Surfaces and Confined Systems</li> <li>(11) Telecommunications and Other Applications</li> <li>(12) Theory and Simulation – Microscopic and Macroscopic</li> </ol> <p>可以清楚的感受出來。</p> <p>由此次所發表的論文來看，主要還是新型態的液晶合成和其性質的探討居多，尤其是以 Antiferroelectric Liquid Crystals 的研究為多，除了有新型的 Banana-Shaped Mesogens 開發外，對其的 Switching Mechanism 和相轉變特性上也有不少相關的研究；此外，會議中 V-Shape 的鐵電性液晶也是另一門非常熱門的課題，由於其具有快速反應速度的好處，不少研究群亦開發出新型的 V-Shape 液晶材料。Blue phase 的研究亦是本次研討會的重點，在四篇博士論文獎中，就有一篇是由分子結構的觀點來研究 Smectic Blue Phase 的特性。</p>			

在應用領域方面，近一二年來由於液晶顯示器的快速成長，在本次的研討會中，與液晶顯示器相關的研究文章也愈來愈多，主要的課題除了傳統的廣視角和快速反應速度技術外，在表面配向材料的研究也愈來愈多，尤其是以光配向技術和表面配向的機制研究最為熱門。此外，還討論到矽基板液晶顯示器的應用方向和有可能所遭遇到的問題。除了顯示器外，本次大會在應用方面上亦探討了液晶材料在光通訊上所可能伴演的角色。

此次會議的大會演講中，讓我印象最深刻和感受良多可算是諾貝爾物理獎得主 P-G de Genees 的演講，他提到了液晶在人造肌肉的傳動器中所能夠伴演角色，以目前 nematic 材的反應速度來看並無法滿足其需求，而鐵電性液晶材料由於具有較快的反應速度，或許可以伴演某一程度的角色，不過目前這方面的研究仍屬少數。

在這次的研討會中，交大王淑霞老師熱心地將國際液晶學會的液晶歌翻譯成中文歌，更在這次會議的晚宴中撥放給國際友人欣賞，成為當晚唯一的娛興活動，也為台灣做了最佳的宣傳。

此次參加液晶研討會帶回摘要與光碟片各一份。

# Improvement of the Optical Rising Response of a Quasi-Homeotropic Liquid Crystal Cell

Chih-Yung Hsieh\* and Shu-Hsia Chen

*Institute of Electro-Optical Engineering, National Chiao Tung University*

*Hsinchu, Taiwan, 300, R.O.C.*

## **Abstract**

The quasi-homeotropic liquid crystal (QHLC) cell is widely used in direct-view and projection displays owing to its excellent contrast ratio. However, the flow effect of liquid crystals (LCs) and the boundary conditions have a crucial influence on the transient electro-optical response in the rising period. In some cases, the flow effect with the small deviation of boundary condition induces complicated twisted structure and produce optical bounces. The optical-bounce phenomena slow down the optical response speed and this drawback limits the application of QHLC cells and cause some problems. For instance, the slow response results in the lower dynamical contrast ratio, stroboscopic motion and image blurring when liquid crystal display is showing motion pictures. Therefore, in order to improve optical rising speed of QHLC cells, reducing the influence of the flow effects with small deviation on the boundary condition is necessary.

In this study, we proposed a method to compress the influence of the flow-induced twist structure and accelerate optical rising response of the QHLC cell by using different driving waveforms. Our experimental results and numerical simulation show that the optical-bounce phenomenon have been eliminated significantly and the rising time of the cell with  $6\text{-}\mu\text{m}$  thickness were improved effectively and achieved very short switching time less than the frame period ( $16.7\text{ msec}$ ).

## **Acknowledgement**

This work was partially supported by the National Science Council, R.O.C., under the Contract No. NSC-90-2112-M-009-048.

## **References**

- <sup>1</sup>. S. H. Chen and L. Y. Chen, Appl. Phys. Lett., (1999), Vol.74, p.3779
- <sup>2</sup>. L. Y. Chen and S. H. Chen, Jpn. J. Appl. Phys., (2000), Vol.39 , p.L368

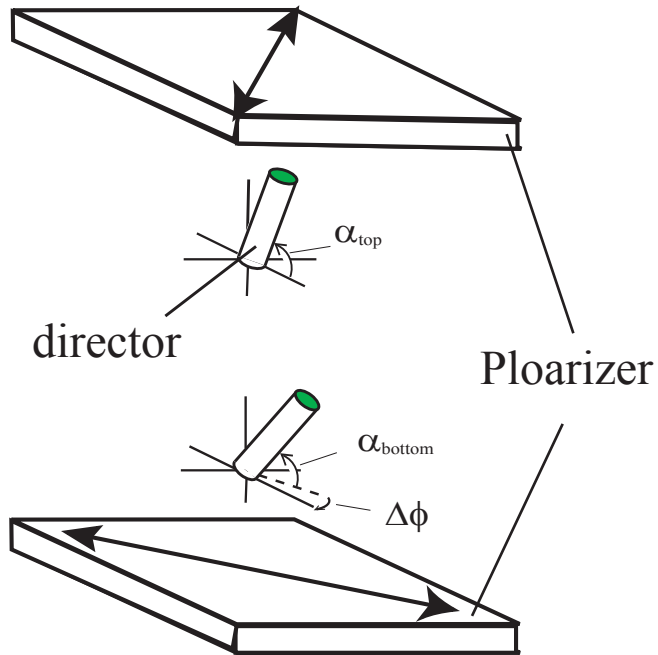
# Abstract

---

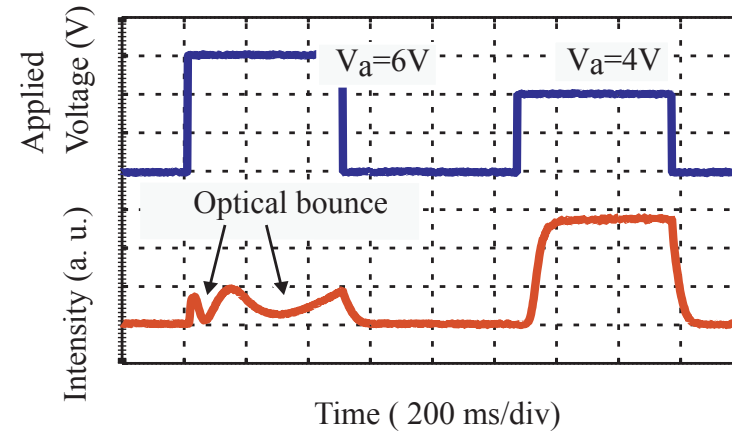
In the quasi-homeotropic liquid crystal (QHLC) cell, the flow effect with the small deviation of boundary condition induces complicated twisted structure and produce optical bounce. The optical-bounce phenomena slow down the optical response speed and this drawback limits the application of QHLC cells and cause some problems.

In this study, we proposed a method to compress the influence of the flow-induced twist structure and accelerate optical rising response of the QHLC cell by using different driving waveforms. Our experimental results and numerical simulation show that the optical-bounce phenomenon have been eliminated significantly and the rising time of the cell with 6-mm thickness were improved effectively.

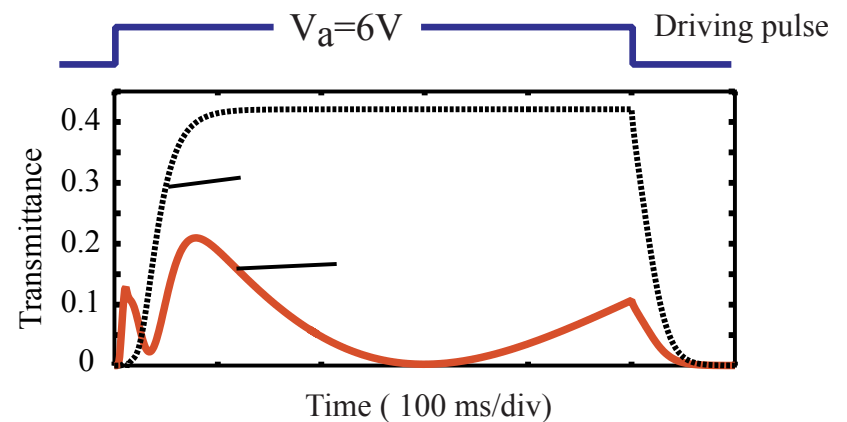
# The Optical Bounce of the QHLC Cell



The structure of the QHLC cell where  $\alpha_{top}$  is different from the  $\alpha_{bottom}$  and the  $\Delta\phi$  is not zero.



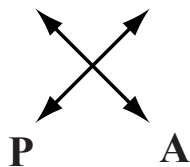
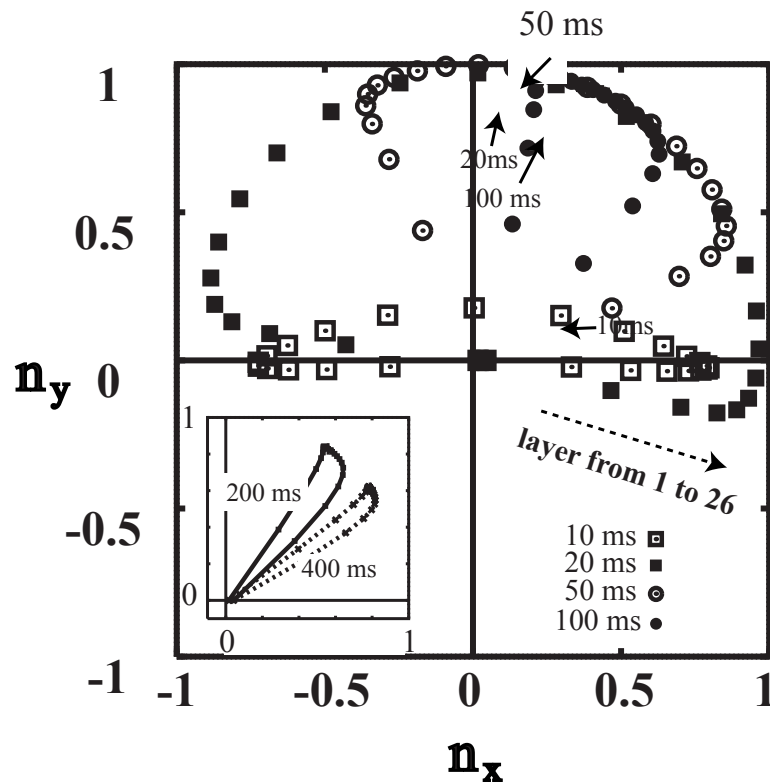
Measured transient transmittance of the QHLC cell with different driving pulse.



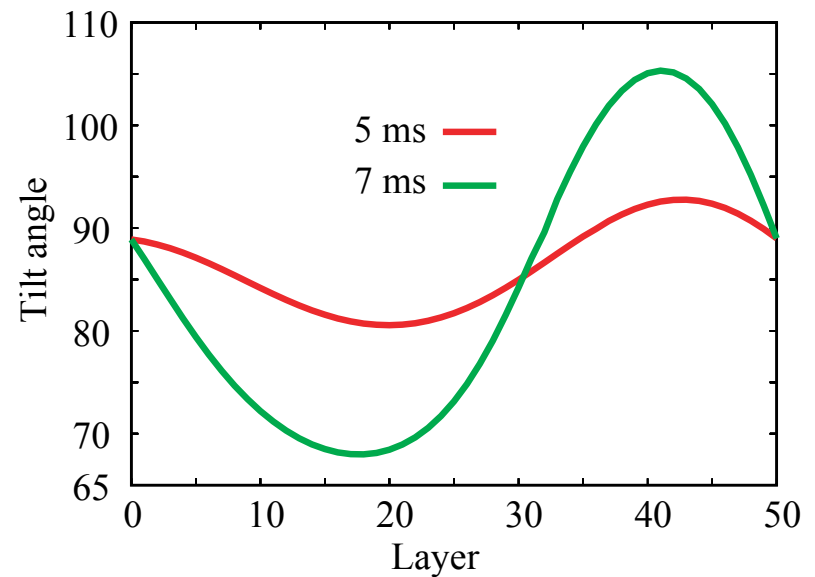
Calculated transient transmittance of the QHLC cell with alignment condition.

# The Transient Director Distribution of the Quasi-Homeotropic Liquid Crystal Cells

Asymmetrical polar alignment with small azimuthal alignment deviation ( $V_a=6V$ )



The tilt angle distribution of the QHLC cell at the 5ms and 7ms

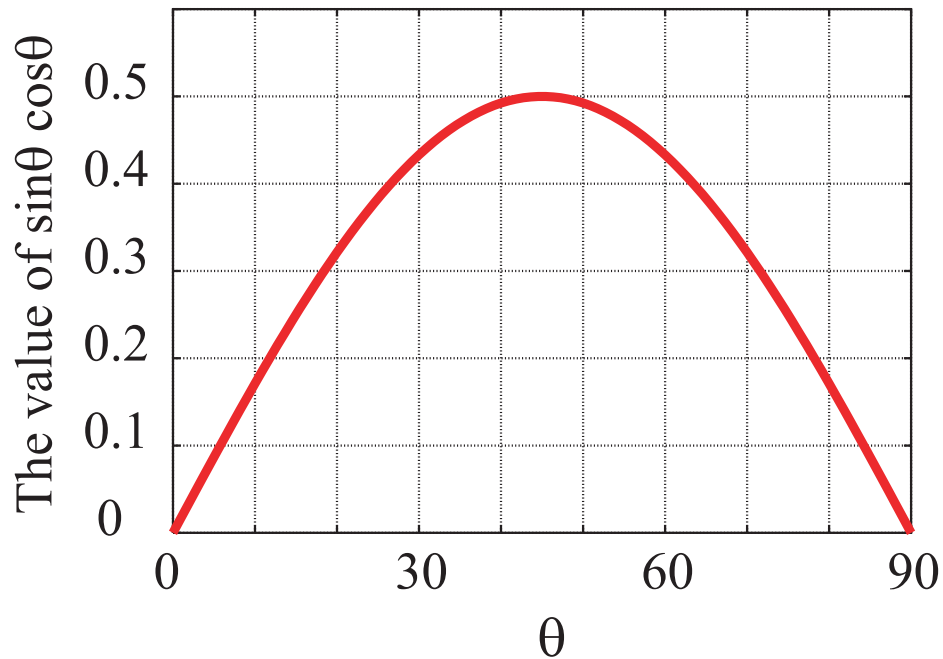


The top half part of the directors were tipped over  $90^\circ$ . It was easy to induce a large and complicated twist deformation by the flow-induced viscous torque.

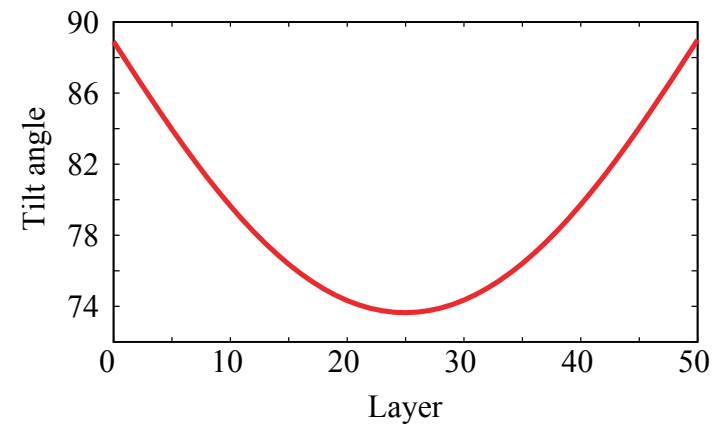


# The External Electric Torque of the director in the QHLC Cell

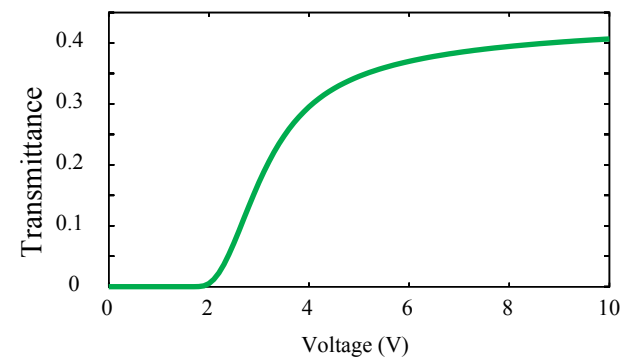
Electric torque of the director  
 $\tau = 0.5 \varepsilon D E \cos\theta \sin\theta$



The tilt angle distribution of the QHLC cell with applied the 1.9 V.



The transmission v.s. voltage of the QHLC cell.

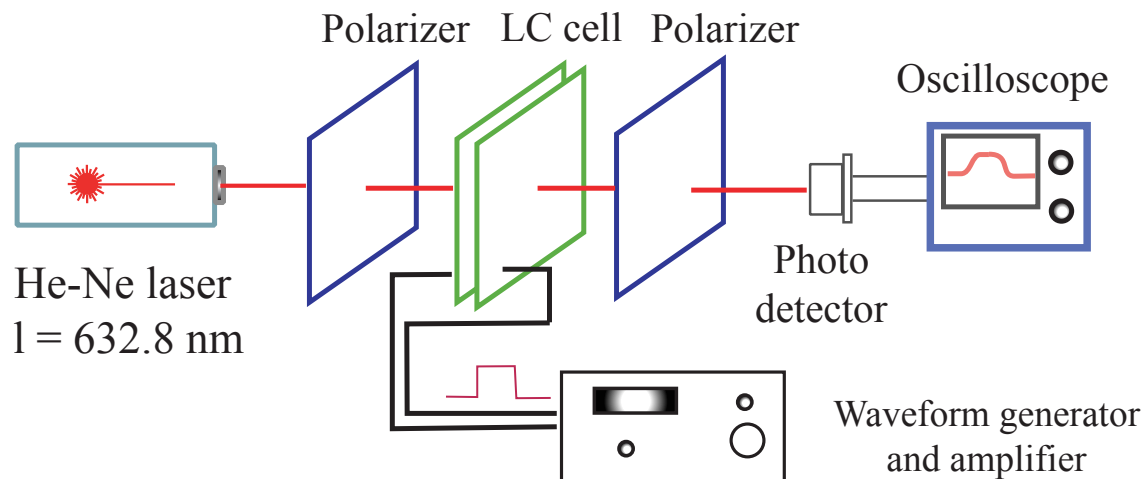


# Numerical Simulation and Experimental Setup

## Numerical Simulation

The numerical calculation is based on the Ericksen-Leslie theory by using finite difference method. The surfaces of the cell were assumed to have rigid anchoring. The transmittance was calculated by the Jones matrix method.

## Experimental Setup



**Table.** Parameters of liquid crystals and cell properties used in the simulation.

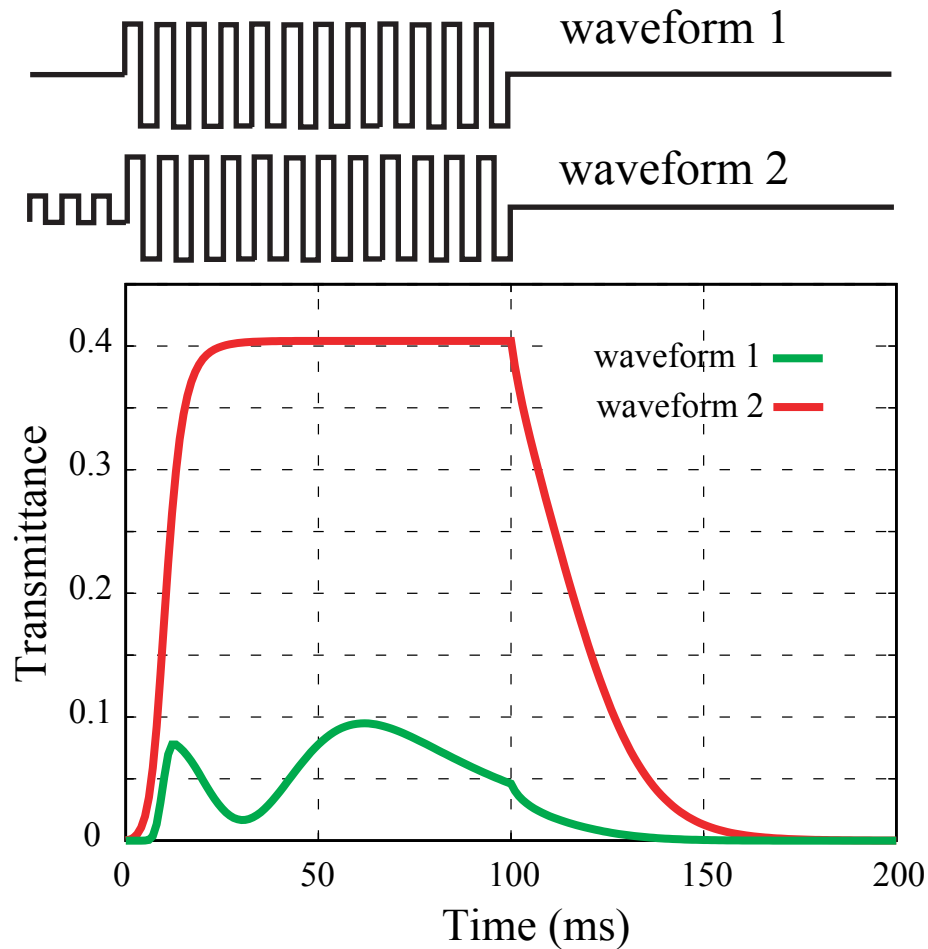
Cell gap	6.3 $\mu\text{m}$	Tilt <sub>top</sub> angle	89.0°
Wavelength	543.5 nm	Tilt <sub>bottom</sub> angle	88.9°
$K_1$	14.9 pN	Twist angle	0.1°
$K_2$	7.9 pN	$\alpha_1$	-21.5 mPa·s
$K_3$	15.4 pN	$\alpha_2$	-153 mPa·s
$n_e$	1.5183	$\alpha_3$	-0.7 mPa·s
$\Delta n$	0.0437	$\alpha_4$	109.5 mPa·s
$\epsilon_{\parallel}$	3.3	$\alpha_5$	107 mPa·s
$\Delta \epsilon$	-4.8	$\alpha_6$	-46 mPa·s

LC cell gap 5~7  $\mu\text{m}$

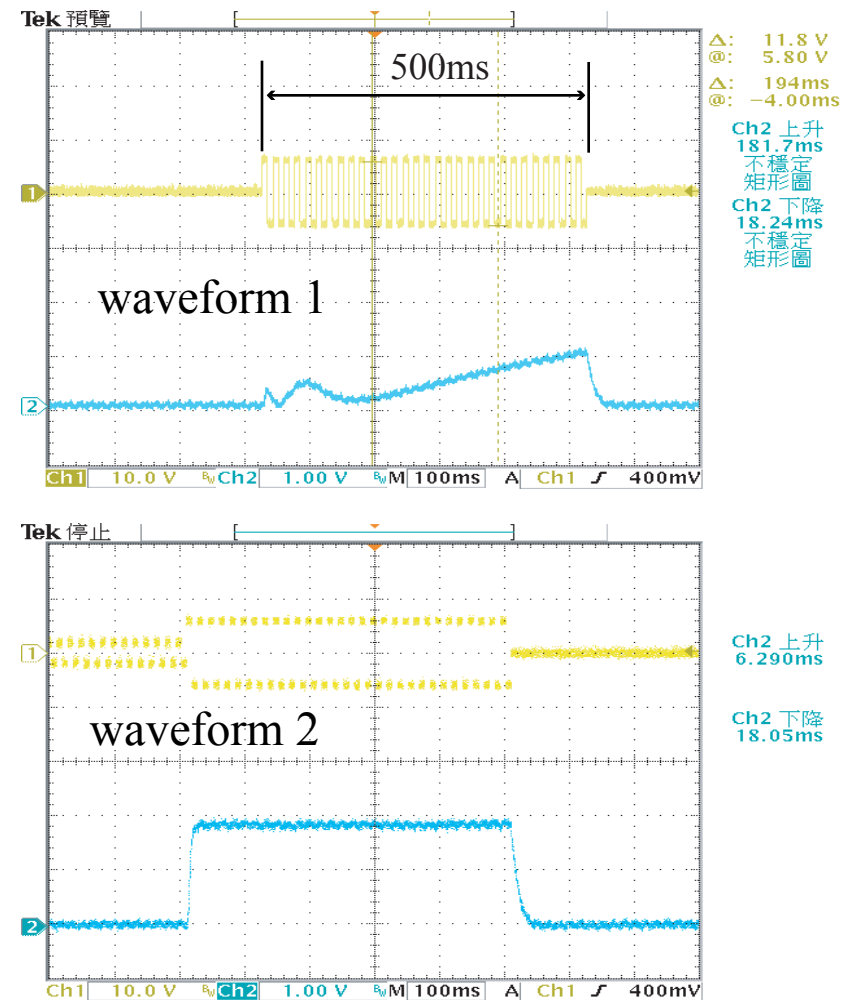
LC hosts: ZLI-2806

# Measured and Calculated Results

Calculated transient transmittance with different driving waveforms



Measured transient transmittance



# Transient director distribution of the QHLC cell with applied the waveform 2

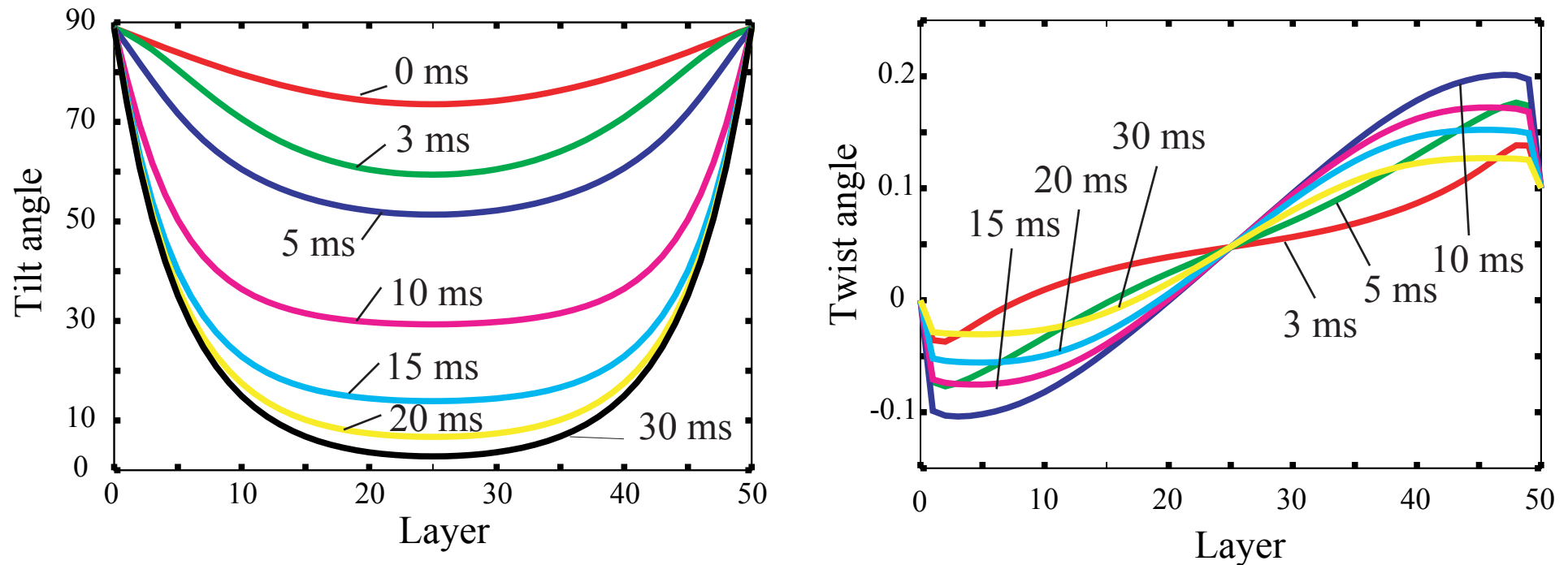


Illustration of the transient tilt and twist angle distribution of the quasi-homeotropic liquid crystal cell. After switching on the waveform 2, the tilt angle were tilted down monotonically and the flow-induced twist deformation was very small.

# Conclusion

---

- The transient electro-optical behaviors of the Qusai-Homeotropic liquid crystal cell was investigated by experiments and numerical simulation.
- The influence of the flow effects with small deviation on the boundary condition in the QHLC cell can be reducing effectively by using a special waveform. Our experimental results and numerical simulation show that the rising optical bounce of the QHLC cell has been suppressed and the rising response time has been improved significantly.

# Reference

---

1. S. H. Chen and L. Y. Chen, Appl. Phys. Lett., (1999), Vol.74, p.3779
2. L. Y. Chen and S. H. Chen, Jpn. J. Appl. Phys., (2000), Vol.39 , p.L368
3. C. Y. Hsieh and S. H. Chen, was accepted in Jpn. J. Appl. Phys., (2002)

## Acknowledgements

This work was partially supported by National Science Council, R. O. C., under the contract No. NSC 90-2112-M-009-048. The authors are indebted to Dr. Li-Yi Chen for useful discussion.