

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 高效率智慧型面板之研究-智慧型面板液晶光電特性(I)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2215-E-009-041-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：國立交通大學光電工程學系(所)

計畫主持人：陳皇銘

計畫參與人員：林淇文、蔡昀諺

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

高效率智慧型面板之研究－智慧型面板液晶光電特性 (I)

Electrical and optical properties of the liquid crystal in smart displays (I)

計劃編號: NSC 94-2215-E-009-041-

執行期限: 94 年 8 月 1 日至 95 年 7 月 31 日

計畫主持人: 陳皇銘 國立交通大學顯示科技研究所

計畫參與人: 林淇文、蔡昫諺 國立交通大學顯示科技研究所

## 一、中文摘要

本研究將玻璃態鐵電型液晶 (ferroelectric glassy liquid crystals) 摻雜至 Smectic C host (W206A) 液晶中，調配出廣 SmC\* 液晶態工作溫度之鐵電式液晶材料以利於顯示器之運用。在配製的材料中，FGLC-3 具有最廣的 SmC\* 液晶相 (15.7°C-115.4°C)，將 FGLC-3 摻至 W206A 中可成功地將 SmA\* 液晶態去除。2.0% FGLC-1 混合物在未經特殊表面處理之 2 $\mu$ m 液晶盒中表現出最佳的排列，沒有鐵電式液晶常出現的鋸齒狀缺陷 (zigzag defects)。2.0% FGLC-1 混合物的反應速度  $\tau_{10-90}$  和  $\tau_{90-10}$  分別是 680 $\mu$ s 和 1.1ms 而 4.3% FGLC-3 混合物之反應速度分別是 580 $\mu$ s 和 760 $\mu$ s。此兩種材料之廣 SmC\* 溫度與排列皆有利於快速反應表面穩定電鐵式液晶材料之應用。

此外，本研究提出之混合型液晶盒架構，利用液晶盒之上下基板之表面極性相反的配向膜，以誘導自發性極化方向皆朝向某一特定方向，並因此得到單一層結構之排列，將市售鐵電型液晶 R2301 灌入此混合型液晶盒架構，其對比度可從 29 提升至 144，且視角範圍可達 $\pm 70^\circ$ 。

## 關鍵字:

電鐵型液晶、表面穩定電鐵型液晶、玻璃

態液晶、混合型液晶盒

## Abstract

A series of ferroelectric glassy liquid crystals (FGLCs) were synthesized and evaluated their potential for fast switching ability less than 1 ms. The latest developed FGLC possesses wide chiral smectic C mesophase over 100 °C. The diluted FGLCs mixtures were also investigated using W206A as host. In particular, the 2.0% FGLC-1 mixture obtains better alignment with than R2301 (Clariant, Japan) in the same pre-made 2 $\mu$ m cell (from EHC). In the series of FGLC-3 mixtures, the chiral smectic A phase was completely suppressed within all concentrations. These results provide new promising LC materials for fast switching, field sequential color LC display. In addition to novel FLC mixtures, we applied the concept of hybrid cells to control spontaneous polarization. As the result, the contrast ratio of R2301 was enhanced from 29 to 144 with  $\pm 70^\circ$  viewing angle.

## Keywords:

Ferroelectric liquid crystal, surface stabilized ferroelectric liquid crystal, glassy

## 二、緣由與目的

表面穩定鐵電型液晶最早於西元 1980 年被提出[1]，此模態之鐵電型液晶除了具有雙穩態之特性與其反應時間可達次毫秒外，其較大的視角也優於傳統扭轉向列型液晶(twist nematic LC)。扭轉向列型液晶是最早被使用於顯示器的液晶材料，但由於反應速度過慢，使得快速的動態畫面有模糊的現象，即所謂動態模糊效應(Motion Blurring)，於是快速反應的液晶材料搭配色序法技術[2]，將是一種可預期的解決方法。於此，擁有次毫秒快速反應的鐵電型液晶將被列入優先考量。為了讓鐵電型液晶能被運用於液晶顯示器上，材料本身要有好的排列與較廣的 SmC\* 液晶態工作溫度，在過去已有研究團隊藉由分子的設計得到廣工作溫度的液晶材料[3-4]。在本研究中，我們將以新合成之玻璃態鐵電型液晶 (ferroelectric glassy liquid crystals) 摻雜至 smectic C host (W206A) 液晶中，致力調配廣 SmC\* 液晶態工作溫度之鐵電型液晶材料。

在一般對稱式的鐵電型液晶盒內，鐵電型液晶在排列上容易產生缺陷並造成對比度下降，特別是因為自發性極化(Ps) 方向不一致，容易產生水平山形袖章缺陷(horizontal chevron) [8]。Patel 和 Gooby 發現當溫度在轉換溫度附近時加一直流電壓有助於自發性極化排列[8]，然而加直流電壓有產生殘餘電荷之缺點[9]，因此陸續有人提出使用三角波[10]、方波[11]及非對稱矩形波[12]之交流電壓幫助自發性極化排列。

本研究提出混合型(hybrid)液晶盒之架構，利用配向膜表面極性符號之不同[13]，誘導鐵電型液晶分子之自發性極化往相同方向排列，因此消除水平山形袖章之缺陷，藉以提升對比度。

## 三、結果與討論

### 3.1 新電鐵型液晶材料

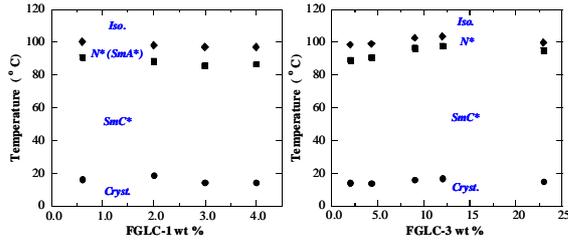
電鐵型液晶材料之配製是將一系列玻璃態鐵電型液晶摻雜至 W206A 液晶中，如表一所示，希望能藉由廣 SmC\* 液晶態的材料擴大玻璃態鐵電型液晶混合物的工作溫度。再者，玻璃態液晶於排列上有優異的表現[5-7]，其低溫呈現的是玻璃態而不是結晶態，希望藉此 SmC\* 液晶態的排列會被維持住，在此研究中我們配製了不同濃度的玻璃態鐵電型液晶混合物並在其中選擇排列良好的材料加以研究。

表一、玻璃態鐵電型液晶及 W206A 相變化溫度。

Material	Phase transition temperature (°C)
W206A	Heating : Cr 14-15 SmC 85.7-86.4 SmA 90.1-90.6 N 99.4-102 I Cooling : I 101.4-98.4 N 90.4-89.9 SmA 86.3-85.6 SmC -0.65 Cr
FGLC-1	Heating: Cr 78 I Cooling: I 52 SmX 29 Cr
FGLC-2	Heating: G 12 SmX 66 SmX 109 SmC* 125 SmA 145 I Cooling: I 140 SmA 119 SmC* 103 SmX 11 G
FGLC-3	Heating: G 15.7 SmC* 115.4 SmA* 146.1 I Cooling: I 141.3 SmA* 109.9 SmC* 14

Cr : Crystalline, Sm : Smectic, N : Nematic,

I : Isotropic, G : Glassy, \* : chiral



圖一、不同濃度之(a) FGLC-1 與(b) FGLC-3 混合物之溫度特性。

溫度特性是由熱差掃描分析儀(DSC)量測所得，不同濃度之 FGLC-1 混合物溫度特性如圖一(a)所示，在偏光顯微鏡(polarizing optical microscope)觀察中發現其 N\*到 SmC\*之液晶相間尚有 SmA\*液晶相存在。而在 FGLC-3 混合物中發現 SmA\*液晶態成功地被去除，其中 12% FGLC-3 混合物含有最廣之 SmC\*液晶態(16.9 °C ~ 97.9 °C)，如圖一(b)所示。液晶排列狀態是由偏光顯微鏡拍攝所得。如圖二(a)所示，純的 FGLC-2 由於黏度過高在注入液晶時因夾帶氣泡產生缺陷。2.0% FGLC-1 混合物在向 EHC 購得未經特殊表面處理之 2 μm 液晶盒中相較於市購之 R2301 材料(Clariant, Japan)表現了較佳的排列，如

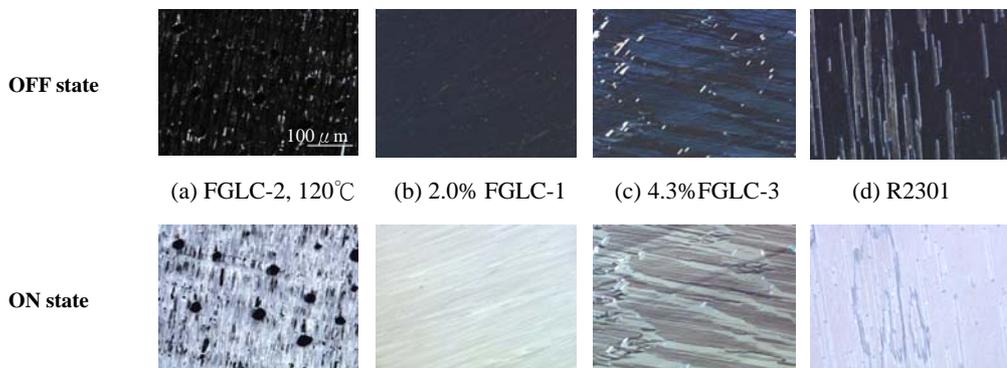
圖二(b)、(d) 所示，而 4.3% FGLC-3 混合物在排列中會出現鋸齒狀缺陷(zigzag defects)，如圖二(c)所示。

表二、玻璃態鐵電式液晶混合物之反應速度。

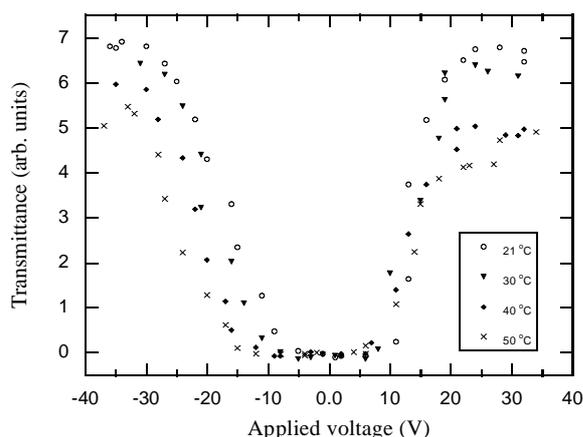
Material	Rise Time ( $\tau_{10} \rightarrow \tau_{90}$ , us)	Fall Time ( $\tau_{90} \rightarrow \tau_{10}$ , us)
2.0% FGLC-1	680	1100
4.3% FGLC-3	580	760

反應速度是由 30V, 1KHz 方波量測所得，如表二所示。2.0% FGLC-1 混合物的反應速度  $\tau_{10-90}$  和  $\tau_{90-10}$  分別是 680 μs 和 1.1 ms 而 4.3% FGLC-3 混合物之反應速度分別是 580 μs 和 760 μs。此兩種材料之快速反應皆有利於色序法技術之應用。

在圖三中，2.0% FGLC-1 混合物的光電特性中呈現了 V 型驅動模態(V-mode switching)，其飽和電壓及臨界電壓分別為 23V 及 8V 左右。而在不同溫度的量測中發現其穿透率隨著溫度提高而降低，並表現出不對稱性。



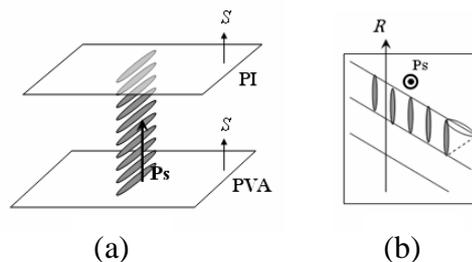
圖二、鐵電型液晶材料之排列。



圖三、2.0% FGLC-1 混合物在不同溫度下的光電特性 (10 Hz triangular wave)。

### 3.2 混合型液晶盒實驗

本研究所提出之混合型液晶盒架構如圖四(a)所示，液晶盒之上下基板使用兩種表面極性符號相反之不同配向膜，以誘導自發性極化方向皆朝向某一特定方向，並因此得到單一層結構之排列，如圖四(b)所示。實驗所使用之配向膜材料為聚亞醯胺(Polyimide, PI: PIAX201-G01, from Chisso)，及聚乙 烯 醇 (Polyvinyl Alcohol, PVA: Mw 13,000 ~ 23,000, 98 % hydrolyzed, from Sigma-Aldrich)。配向膜薄膜以旋轉塗佈方式備製，而配向是採用水平摩擦配向，液晶盒間隙則控制在 1.6  $\mu\text{m}$  左右。液晶材料則選用市售鐵電型液晶 R2301 (from Clariant)和 R3206 (from AZ Electronic Materials)。混合型液晶盒由聚亞醯胺(PI)及聚乙 烯 醇 (PVA)不同配向膜所組成。



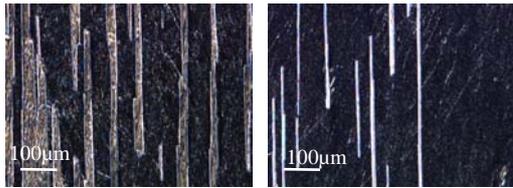
圖四、(a)混合型液晶盒架構示意圖;(b)鐵電型液晶層結構示意圖(俯視圖)

#### 3.2.1 配向深度實驗

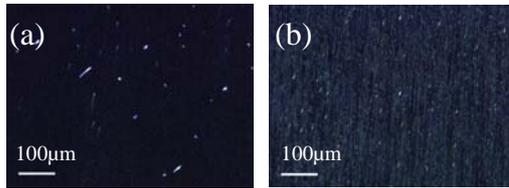
實驗目的在於找出最佳配向深度，以達到液晶盒暗態漏光最少，對比度最佳的表現。本實驗採用摩擦配向做為配向方法，因此配向深度是以刷毛壓入量做為比較之參數，而最佳配向深度之認定，則是觀察液晶排列在暗態漏光最少時為最佳條件。實驗結果發現，PI 的最佳配向深度為 0.2 mm; PVA 的最佳配向深度為 0.23 mm。

#### 3.2.2 液晶排列之觀察

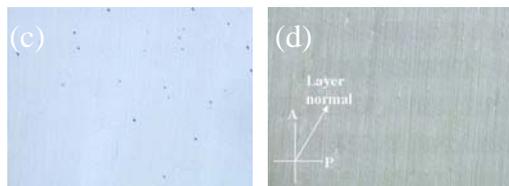
在注入之液晶材料的選擇上，我們使用單穩態 half-V (HV)型之鐵電型液晶—R2301(from Clariant)和 R3206 (from AZ Electronic Materials)。圖五所示，偏光顯微鏡下觀察液晶在對稱型液晶盒所產生之水平山形袖章(horizontal chevron)排列之缺陷。在注入混合型液晶盒中，如圖六所示，液晶盒在頻率 100 Hz 的電壓驅動下，R2301 和 R3206 均表現出單一層結構之排列，如此可有效地消除如圖五所示之水平山形袖章(horizontal chevron)之排列缺陷。



圖五、出現一般對稱型液晶盒之水平山形袖章缺陷



OFF STATE



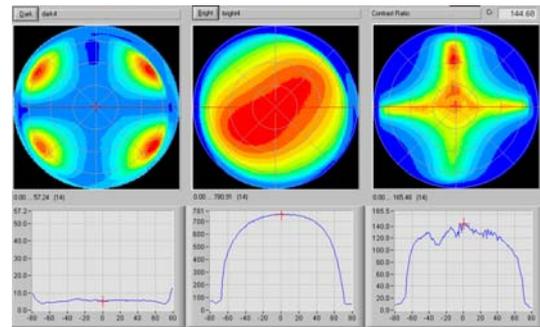
ON STATE

圖六、鐵電液晶 R2301 在混合型液晶盒中於電壓驅動下之(a)暗態(c)亮態。及鐵電液晶 R3206 在混合型液晶盒中於電壓驅動下之(b)暗態與(d)亮態。

隨著水平山形袖章缺陷消除，液晶盒之對比亦隨之提升，由 ConoScope 量測之結果如表三所列，鐵電型液晶 R3206 在一般對稱型液晶盒(即上下基板皆使用相同配向膜)內對比度相對低，約只有 18，在混合型液晶盒中其對比度即提升到 86。此外 R2301 在混合型液晶盒中對比度可達到 144。又因為液晶分子在液晶盒內的運動機制近似於平面切換型液晶(In-Plane Switching mode, IPS mode)，可視角範圍可達到 $\pm 70^\circ$ ，如圖七所示。

表三、鐵電型液晶於不同結構液晶盒中對比度

結構 材料	對稱型液晶盒	混合型液晶盒
R2301	29	144
R3206	18	86



圖七、R2301 於混合型液晶盒之暗、亮態與對比圖。

#### 四、計畫成果自評

綜合以上實驗結果可得知此玻璃態鐵電型液晶材料的優點如下：

1. 新合成材料 FGLC-3 具有  $100^\circ\text{C}$  之廣 SmC\* 工作溫度。
2. FGLC-3 摻雜至 smectic C host (W206A) 中有效地抑制 SmA\*，表現出維持 SmC\* 液晶態之能力。
3. 玻璃態鐵電型液晶材料有達到較好排列的潛力，未來在相同的特殊表面處理中，FGLC 混合物將較容易達到良好排列，並適用於色序法技術。

混合型液晶盒結構之優點如下：

1. 消除水平山形袖章缺陷，提升對比。
2. 利用表面極性誘導自發性極化排列，無須外加電場，也無殘餘電荷之虞。
3. 視角寬廣，不加補償膜情形下上下左右範圍可達 $\pm 70^\circ$ ，45 度角可達 $\pm 50^\circ$ 。

本年度產出之成果如下：

1. 針對配向膜，與工研院材化所共同合作並發表一篇 APL 論文：“Nanoimprinting lithography induced self-aligned liquid crystals for novel multi-functional optical films” Appl.

*Phys. Lett.* **2006**, 88, 073509 (計畫主持人為 corresponding author)

2. 兩篇 2006 Society for Information Display International Symposium SID papers:  
“Nanoimprinting lithography as novel tool inducing self-aligned liquid crystals for alignment layer” (Oral presentation, 27.4)  
“Novel Ferroelectric liquid Crystals Consisting Glassy Liquid Crystal as Chiral Dopants” (Poster presentation, P.170)

*AM-LCD'96/IDW'96*, 237 (1996)

- [10] K. Myojin, H. Moritake, M. Ozaki, K. Yoshino, T. Tani, K. Fujisawa, *Jpn. J. Appl. Phys.* **33**, 5491 (1994)
- [11] Y. Asao, T. Togano, M. Terada, T. Moriyama, S. Nakamura, J. Iba, *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, 5977 (1999)
- [12] A. Hotta, R. Hasegawa, K. Takatoh, *Jpn. J. Appl. Phys.* **43**, 6243 (2004)
- [13] J. Dijon, C. Ebel, L. Mulatier, *Ferroelectrics* **85**, 47 (1988)

## 五、參考文獻

- [1] N. A. Clark, S. T. Lagerwall, *Appl. Phys. Lett.*, **36**, 899 (1980).
- [2] S. Kobayashi, J. Xu, H. Furuta, Y. Murakami, S. Kawamoto, M. Oh-kouchi, H. Hasebe, H. Takatsu, *Opt. Eng.* **43**, 290 (2004).
- [3] C. S. Hsu, L. J. Shih, G. H. Hsiue, *Macromolecules* **26**, 3161 (1993).
- [4] G. H. Hsiue, C. P. Hwang, J. H. Chen, R. C. Chang, *Liq. Cryst.* **20**, 45 (1996).
- [5] S. H. Chen, H. M. P. Chen, D. Katsis, J. C. Mastrangelo, *ACS Symposium Series* **888**, 290 (2005).
- [6] H. M. P. Chen, D. Katsis, S. H. Chen, *Chem. Mater.* **15**, 2534 (2003).
- [7] H. P. Chen, D. Katsis, J. C. Mastrangelo, S. H. Chen, S. D. Jacobs, P. J. Hood, *Adv. Mater.* **12**, 1283 (2000).
- [8] J. S. Patel, J. W. Goodby, *J. Appl. Phys.* **59**, 2355 (1986)
- [9] N. Manabe, M. Inoue, J. Akanowatari,