

扭轉與水平排列之向列液晶的 電壓保持率與殘餘直流電壓特性

學生：鄭皓文

指導教授：李 偉 教授

國立交通大學

光電系統研究所碩士班

摘 要

本論文係就薄膜電晶體液晶顯示器工業檢測技術所需，設計出結合液晶盒電壓保持率、殘餘直流電壓特性與自動化溫度控制電路的多功能量測設備。為提高此裝置的應用性及量測範圍，本團隊利用簡單的溫度控制系統之電子電路搭配加熱晶片與散熱系統，整合現有系統電路及整體裝置架構，透過資料擷取裝置與虛擬儀控介面達到量測與數值分析高度自動化的結果，提出具可攜式、易操作、高準確性及廣泛應用之溫度可調式液晶盒量測裝置，並且用來探討扭轉與水平排列之向列液晶的電壓保持率與殘餘直流電壓特性。

Voltage-Holding-Ratio and Residual-DC-Voltage Characteristics of Twisted-Nematic and Planar- Alignment Liquid-Crystal Cells

Student: Hao-Wen Cheng

Advisor: Prof. Dr. Wei Lee

Institute of Photonic System
National Chiao Tung University

Abstract

According to the requirement on the detection of display performance in thin film transistor liquid crystal display (TFTLCD), a multi-functional instrument for the measurement of voltage holding ratio (VHR), residual direct current (RDC), and electro-optical characteristics of liquid crystal cells have been developed by our research group. In order to expand the application field and measurement range for the abovementioned parameters, in this study, a simple temperature-control system consisting of heating chips and cooling systems is designed and combined into our proposed instrument. We also integrate various types of circuits and whole framework for the instrument to obtain highly automatic measurement and numerical analysis through the data acquisition and interface of virtual instrument control. Furthermore, electrical properties such as the VHR and RDC, of twisted nematic and planar-aligned liquid crystal cells under specific measuring conditions are presented.

致 謝

在求學的這快 20 年間，感謝我的家人在背後默默地鼓勵以及支持，也讓我在當學生的時期，能夠不用花額外的時間去外面打工，可以專心的讀書做研究。在碩士班的這兩年間，感謝李偉老師在研究上的幫助及指導，讓我省去很多嘗試錯誤的時間，在待人處事上，也讓我注意了很多的小細節，謝謝以前中原大學的學長們帶領我進入液晶的世界，也在我每每遇到難題時，能提供適時的幫助。而與我相處時間最長的在職學長們、博後及博班學長、同學與學弟妹們，謝謝你們在實驗上的所有幫助，不管是在儀器的架設或是文獻的提供，甚至是後期的電路設計以及論文修改的部分，平時也常利用假日的時間陪我一起吃飯、聊天和運動，讓我在碩士班的這兩年期間活得很精彩、很快樂。

目 錄

摘 要	I
Abstract.....	II
致 謝	III
目 錄	IV
圖目錄	VII
第一章 緒 論.....	1
1.1 離子電荷對液晶顯示元件的影響.....	1
1.2 液晶盒內之離子來源.....	2
1.3 離子效應研究方式	4
1.4 本研究目的與論文架構.....	7
第二章 理論背景.....	8
2.1 離子電荷模型	8
2.2 電壓保持率與殘餘直流電壓的研究進展	10
2.3 電壓保持率與殘餘直流電壓的量測原理	12
2.3.1 電壓保持率量測原理.....	12
2.3.2 殘餘直流電壓量測原理.....	15
第三章 樣品製作與實驗儀器開發.....	20

3.1 材料.....	20
3.2 液晶樣品盒.....	20
3.3 實驗裝置與量測.....	21
3.3.1 電壓保持率之量測.....	21
3.3.2 殘餘直流電壓之量測.....	22
3.3.3 自動化溫度控制系統.....	23
3.3.4 通訊軟體.....	24
3.3.5 整合型量測系統.....	25
第四章 實驗結果與討論.....	28
4.1 電壓保持率的量測.....	28
4.1.1 儀器穩定度.....	29
4.1.2 液晶盒長時間放置影響.....	30
4.1.3 頻率與電壓保持率.....	31
4.1.4 變電壓之電壓保持率.....	32
4.1.5 偏壓對電壓保持率的影響.....	32
4.1.6 溫度對電壓保持率的影響.....	33
4.2 殘餘直流電壓的量測.....	33
4.2.1 溫度對殘餘直流電壓的影響.....	34

4.3 UV 曝曬對液晶盒的影響.....	36
第五章 結論與未來展望.....	38
參考文獻.....	40
附錄一 液晶 CYLC-01 之物理特性.....	76
附錄二 液晶 ZLI-2293 之物理特性.....	77
附錄三 液晶 E7 之物理特性.....	78
附錄四 液晶 E44 之物理特性.....	79
附錄五 液晶材料重要參數比較表.....	80
附錄六 配向劑 SE-2170.....	81
附錄七 美相液晶盒.....	82



圖目錄

圖 1.1 光電量測.....	44
圖 1.2 液晶盒內離子受電場影響示意圖.....	44
圖 1.3 暫態電流示意圖，由上至下依序為暫態電流、充電電流、峰值電流 及導電電流對時間之相依關係.....	45
圖 1.4 介電量測.....	46
圖 2.1 電路等效模型.....	47
圖 2.2 離子在液晶盒中的傳導示意圖.....	48
圖 2.3 液晶盒等效模型.....	48
圖 2.4 理想電容器放電行為.....	49
圖 2.5 電壓保持率量測圖.....	49
圖 2.6 殘餘直流電壓形成.....	50
圖 2.7 殘餘直流電壓量測過程.....	50
圖 3.1 電壓保持率量測架構.....	51
圖 3.2 殘餘直流電壓量測架構.....	51
圖 3.3 溫度控制系統架構.....	52
圖 3.4 數字調節顯示器.....	52
圖 3.5 加熱片.....	53

圖 3.6 USB-6259.....	53
圖 3.7(a) LabVIEW 程式人機介面	54
圖 3.7(b) LabVIEW 程式.....	54
圖 3.8 電壓保持率與殘餘直流電壓整合電路.....	55
圖 3.9 整合電路.....	55
圖 3.10(a) 電路板（正面）	56
圖 3.10(b) 電路板（背面）	56
圖 4.1(a) 不同量測時間對 TN 液晶盒的電壓保持率關係.....	57
圖 4.1(b) 不同量測時間對反平行配向液晶盒的電壓保持率關係	57
圖 4.2(a) TN 液晶盒前四個量測週期的電壓保持率關係.....	58
圖 4.2(b) 反平行配向液晶盒前四個量測週期的電壓保持率關係	58
圖 4.3(a) TN 液晶盒長時間的電壓保持率	59
圖 4.3(b) 反平行配向液晶盒長時間的電壓保持率.....	59
圖 4.4(a) TN 液晶盒加入 CYLC-01 長時間的阻抗頻譜.....	60
圖 4.4(b) 反平行配向液晶盒加入 CYLC-01 長時間的阻抗頻譜	60
圖 4.5(a) TN 液晶盒加入 ZLI-2293 長時間的阻抗頻譜	61
圖 4.5(b) 反平行配向液晶盒加入 ZLI-2293 長時間的阻抗頻譜.....	61
圖 4.6(a) TN 液晶盒加入 E7 長時間的阻抗頻譜.....	62

圖 4.6(b) 反平行配向液晶盒加入 E7 長時間的阻抗頻譜	62
圖 4.7(a) TN 液晶盒加入 E44 長時間的阻抗頻譜	63
圖 4.7(b) 反平行配向液晶盒加入 E44 長時間的阻抗頻譜.....	63
圖 4.8(a) TN 液晶盒電壓保持率隨頻率變化的關係.....	64
圖 4.8 (b) 反平行配向液晶盒電壓保持率隨頻率變化的關係	64
圖 4.9(a) TN 液晶盒電壓保持率隨電壓變化的關係。	65
圖 4.9(b) 反平行配向液晶盒電壓保持率隨電壓變化的關係	65
圖 4.10(a) TN 液晶盒加入 CYLC-01 電壓對穿透率的關係.....	66
圖 4.11(a) TN 液晶盒加入 ZLI-2293 電壓對穿透率的關係.....	67
圖 4.11(b) 反平行配向液晶盒加入 ZLI-2293 電壓對穿透率的關係	67
圖 4.12(a) TN 液晶盒加入 E7 電壓對穿透率的關係	68
圖 4.12(b) 反平行配向液晶盒加入 E7 電壓對穿透率的關係.....	68
圖 4.13(a) TN 液晶盒加入 E44 電壓對穿透率的關係	69
圖 4.13(b) 反平行配向液晶盒加入 E44 電壓對穿透率的關係.....	69
圖 4.14(a) TN 液晶盒電壓保持率對不同偏壓的關係.....	70
圖 4.14(b) 反平行配向液晶盒電壓保持率對不同偏壓的關係	70
圖 4.15(a) TN 液晶盒電壓保持率與溫度關係	71
圖 4.15(b) 反平行配向液晶盒電壓保持率與溫度關係.....	71

圖 4.16 對稱結構中產生殘餘直流電壓的機制	72
圖 4.17(a) TN 液晶盒加入 CYLC-01 殘餘直流電壓與溫度關係	73
圖 4.17(b) TN 液晶盒加入 ZLI-2293 殘餘直流電壓與溫度關係	73
圖 4.17(c) TN 液晶盒加入 E7 殘餘直流電壓與溫度關係	74
圖 4.17(d) TN 液晶盒加入 E44 殘餘直流電壓與溫度關係	74
圖 4.18(a) 反平行配向液晶盒加入 CYLC-01 與 E7 電壓保持率隨照射 UV 條件變化之關係.....	75
圖 4.18(b) 反平行配向液晶盒加入 ZLI-2293 與 E44 電壓保持率隨照射 UV 條件變化之關係.....	75



第一章 緒 論

1.1 離子電荷對液晶顯示元件的影響

液晶顯示器對台灣光電產業的發展重要性無庸置疑，其中最重要也是影響我們最深的就是以薄膜電晶體（TFT）作為主動矩陣（active matrix）驅動的液晶顯示器類型。隨著科技的進步，人們對於顯示器的品質要求也逐漸提高，為了要滿足動態視頻上顯示的需要，液晶材料不但要具有高穩定性的化學分子結構以及溫度範圍夠寬的操作液晶相區，還須具備有高電壓保持率、高電阻率、較高的介電異方性（ $\Delta\epsilon$ ）、低旋轉黏滯度、低殘餘直流電壓等特性 [1]。

一般來說，外加的電場除了提供液晶元件驅動之外，還會使得液晶材料解離並且釋放出離子，且其配向層也會因為連接的電極電性不同而使相反電性的離子注入液晶層中，而用於密封液晶盒的黏著劑在加熱的過程中或處於高溫的環境中也會釋放出離子雜質。其中，離子電荷的存在對於薄膜電晶體液晶顯示器的顯示品質影響甚鉅，為降低電壓保持率以及產生影像殘留的主要因素。同時，離子電荷還會造成對比度下降。

電壓保持率過低主要是因為液晶材料內部存在過多的離子電荷，讓原本電阻值極高且接近絕緣體的液晶材料，無法將電壓維持在外加電壓脈衝的峰值，直到下一個脈衝輸入來臨前。而影像殘留現象則是在長時間顯示固定畫面，當切換畫面時，會隱約看到上一畫面的殘影。影像殘留可分為區域殘影（area sticking）以及邊界殘影（boundary sticking）現象，其中，區域殘影是由於驅動訊號內含有直流偏壓（DC component）所致，可藉由調整適當的驅動訊號來改善；而邊界殘影則是由於液晶盒中的離子效應產生，配向膜也會釋放出離子電荷，將或多或少影響著電壓保持率 [2]。

離子效應主要是液晶層中之離子雜質電荷在外加低頻電壓操作下時，正負電荷離子會受外加電場的影響，在液晶層內運動到相反的極性電極上，而形成電雙層（electric double layers），進而影響液晶顯示器的顯示品質。

1.2 液晶盒內之離子來源

在液晶盒中，常會有一些雜質離子存在，稱之為空間電荷（space charge）；當施加電壓於液晶盒時，內部的離子電荷會堆積在液晶層與配向層的交界處，使液晶分子所感受到的有效電壓隨著累積的離子電荷越多而逐漸降低，此現象稱之為離子電荷效應（ion charge effect）。其液晶盒中的離子主要來自於下列四點 [3]：

(1) 液晶材料：

不同類型的液晶材料，在製造出來時，即有濃度多寡不一的離子生成，當液晶材料接觸到外在的水氣或是塵埃，也會使得液晶中的離子增加，若液晶材料被紫外線所照射到，其內部也會分解出離子。

(2) 配向膜材料：

配向膜材料似液晶材料一樣，本身即有部分離子，且在製程鍍膜以及使之固化的過程中也都會有離子的生成。

(3) 電極：

當我們施加較高的電壓於液晶盒時，離子將有可能會穿過配向膜，進而注入液晶層中。

(4) 封膠及間隙物：

為了使液晶盒中兩片玻璃基板能穩固的黏合在一起，會在過程中加入黏著劑，其內部含有許多離子雜質，此外，為了固化黏著劑，常會使液晶盒處於高溫甚至是紫外線曝曬的環境，此情況將會讓黏著劑中的離子增多，而間隙物本身也會產生不純淨的離子。

1.3 離子效應研究方式

過去數十年間，已有許多關於液晶層中離子分布的情形以及液晶分子轉動行為的研究，其實驗研究手法以電壓保持率與離子濃度間之關係 [2, 4]、光電特性的量測 [5-8]、液晶元件電容與阻抗係數量測 [5, 9, 10] 與暫態電流量測 [2, 11, 12] 為主。其中，利用電性量測的方式（電壓保持率、電容與阻抗係數與暫態電流），由於可直接量測到離子電荷在有外加電場時的響應，且可以準確獲得離子電荷的物理特性；故相較於光電特性量測來說，將更適合用來研究離子電荷的傳輸行為。以下分別詳細介紹各種基本量測的機制。

(1) 光電量測：

光電量測之基本架構如圖 1.1（依文獻 [13] 重繪）所示。圖 1.2（引用文獻 [14]）為液晶盒內離子受電場影響示意圖。當施加於液晶盒的電壓為低頻或甚至為直流電壓時，液晶層中的正電荷及負電荷離子將會受外加電壓所影響遷移到兩側，進而形成極性相反的電雙層（electric double layers）；此時快速切換不同電壓，光穿透率變化極大，並可觀察到影像閃爍的現象。若頻率降低，則將發現光穿透率變化增加，影像閃爍愈明顯；當長時間顯示同一個畫面（施加固定直流電壓），在瞬間關掉電壓時，液晶層中的離子早在基板兩側形成電雙層，瞬間將無法讓液晶分子轉向（reorientation），因此會產生影像殘留的現象。光電量測

中，液晶盒被放置於兩正交偏光板之間，且液晶分子導軸與偏光板光軸相夾 45° ，此時為正常顯白（normally white）。若直流電壓由小到大，再從大到小這樣來回施加信號，藉由施加不同的電壓，讓液晶分子有不同程度的旋轉（orientation），如此將會造成相位差的改變，使穿透光的強度產生變化。當離子濃度大時，液晶之閾值電壓會上升，且量測時升高電壓及降低電壓所對應之穿透光強造成的遲滯（hysteresis）寬度也變大。因此，研究上可藉由此方法來比較出液晶盒之離子濃度大小。

(2) 電容量測：

電容量測是利用液晶分子在變動的直流電壓下，其分子轉動造成電容值發生變化來進行量測。施加電壓來回變化過程中，所量測的電容對直流電壓曲線會呈現遲滯的現象，此現象與光電量測理論相似，主要是受到液晶盒內部離子電荷濃度多寡影響；當內部的離子越多，則閾值電壓越大，遲滯寬度也愈大，研究上也可以藉由此方法，來比較出液晶盒內部離子電荷濃度大小。

(3) 暫態電流：

暫態電流量測對於研究液晶元件中離子電荷的特性、種類以及液晶分子轉動反應來說是非常重要的。此量測是藉由液晶盒所受施加電壓影響，使液晶分子轉動及離子運動，觀測電流-時間（ $I-t$ ）曲線，此曲線

可分為充電電流、峰值電流以及導電電流三成分，如圖 1.3(依文獻 [14] 重繪)。其中，充電電流為電容充電行為；峰值電流為液晶分子轉動所造成電位移電流的變化；導電電流則為液晶盒內離子電荷所貢獻。研究上可利用理論公式來擬合電流-時間 ($I-t$) 曲線，來得知離子電荷的濃度和遷移率 [15]，以及液晶材料的介電常數、導電率 (conductivity)、旋轉黏滯度 (rotational viscosity)、預傾角與液晶分子轉動行為等基本物理參數。將可於讓吾人更進一步的了解液晶盒內離子分布狀況。

(4) 介電頻譜術：

介電頻譜術如圖 1.4 (依文獻 [16] 重繪) 為一電性量測方式，此量測方式是固定小交流電場並改變感測電壓頻率 (通常遠小於閾值電壓)，使液晶產生極化，再對其極化鬆弛過程進行探討。藉由量測液晶分子的極化行為，吾人將可得到液晶分子的有效介電常數與介電異方性 ($\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$)，並藉由理論模型擬合離子電荷之密度、擴散、飄移等 [17]。

(5) 電壓保持率：

電壓保持率 (VHR) 量測法是量測液晶元件兩端的開路 (open-circuit) 電壓降與輸入脈衝電壓的比值，此方法簡單且能快速檢測液晶元件之好壞，為一個相當重要的參數及量測方式。當電壓保持率越小，表示液晶元件內部離子電荷濃度越大；反之，則表示離子電荷濃度越小。由於

此量測方式簡單且快速，因此為業界用來檢測薄膜電晶體液晶顯示器（thin-film-transistor liquid-crystal display; TFT-LCD）品質的一種量測方式。

1.4 本研究目的與論文架構

其實在薄膜電晶體液晶顯示器產業的工廠中，不乏電壓保持率和殘餘直流電壓特性之量測儀器，但以其類似一般電路儀表，而非大型機台設備來看，一台動輒數百萬台幣之造價極不合理。因此，本研究目標為透過研究液晶顯示器之電壓保持率與殘餘直流電壓特性量測技術，設計開發出整合該兩種電訊號量測功能之系統，並賦予溫度控制功能，整併為一可簡單操作且準確度高之量測儀器，並且探討其電壓保持率以及殘餘直流電壓特性。

本論文將內容分成五大章節：第一章為緒論，主要內容在介紹液晶元件中離子效應以及產生的方式；第二章則為相關量測的背景及原理介紹，目的在讓讀者對於電壓保持率及殘餘直流電壓有初步的認識並介紹相關量測方式；第三章說明本實驗所使用的材料、樣品製備過程及實驗量測儀器之開發；第四章係就本論文研究中所得到的實驗結果做討論；第五章則將本研究做個總結並提供未來可能的發展以及研究上的精進。

第二章 理論背景

由於生活需求不斷的提升，因此液晶顯示器的性能也需不斷的改進，其中，液晶元件內部的離子對於顯示器的影響，更是被關注的一個焦點，離子雜質有可能在外加電場的作用下衍生出離子的屏蔽效應，此現象是造成液晶感受到的有效電壓下降主要原因之一，且舉凡電壓保持率、閾值電壓 [18]、殘餘直流電壓和灰階位移等，都與離子雜質脫離不了關係，因此，了解液晶元件內部離子的傳輸行為，將是我們改善液晶顯示器的首要之務。

2.1 離子電荷模型

關於液晶元件內部離子分佈以及運動行為，主要的理論架構可以分為下列三種模型：

(1) 電雙層模型 (electric double layer model)

電雙層模型 [3] 必須將體積電荷密度、表面電荷與離子電荷在液晶中的擴散、遷移行為一起考慮，故可以提供液晶元件內部的離子電荷濃度與分佈資訊，並且還可以了解離子電荷的屏蔽效應與液晶分子導軸轉向影響。

(2) RC 電路模型 (RC circuit model)

實驗中由於無法用肉眼觀察到微觀的離子電荷世界，因此為了分析離子特性，有些分析的等效模型就從電路著手，例如：電容、電阻，於是提出了圖 2.1 (引用文獻 [3]) 三種典型的電路等效模型 [19–21]，其中並沒有考慮介面捕捉離子效應，圖 2.1(a) 是將液晶材料和配向層個別看成一電阻電容並聯的等效電路，並且串連起來，圖 2.1(b) 多考慮了液晶層內電雙層的影響，其餘則為相同的電阻電容並聯等效電路，圖 2.1(c) 與圖 2.1(b) 之差異只在把液晶層等效為一時間函數型式。

(3) 數值分析模型 (numerical analysis model)

圖 2.2 (引用文獻 [3]) 為所有在液晶盒中離子的傳導機制 [3]：

- 漂移 (drift)：因為施加的外在電場，使離子移動而產生傳導電荷。
- 擴散 (diffusion)：液晶盒中的離子雜質若分佈不均，將會使離子由濃度高處往濃度低處進行擴散，因而產生擴散電流。
- 解離復合 (generation and recombination)：離子在液晶盒中，可能會因為外在的能量或是內部離子本身的運動行為，造成離子解離和結合的現象。
- 捕獲 (trapping)：在長時間外加直流偏壓的情況下，離子會往兩側配向層移動，並有部分離子與配向層中的離子結合而吸附在介面上。

- 選擇吸附 (selective adsorption)：配向層對於離子的吸收會因為外加電場的方向而在兩側會有所不同。
- 電荷注入 (charge injection)：假如給予的外加電壓過大，將會使電極上的離子穿越配向層，而注入到液晶層中。
- 可移動與不可移動離子 (mobile and immobile ions)：離子在液晶盒中又可分為高速移動的離子和低流動性的離子。
- 液晶偶極鬆弛 (LC dipole relaxation)：極化鬆弛時間的長短，將會影響離子在液晶層中的分佈。

2.2 電壓保持率與殘餘直流電壓的研究進展

從 1990 年開始，有關電壓保持率的文章就一直不斷地被發表出來。除了一般從液晶材料本身或配向劑的化學結構來研究其對電壓保持率的影響之外 [1, 2]，Seiberle 與 Schadt 在 1994 年更提出以等效電路模型來模擬電壓保持率的概念，研究中指出當數據線 (data line) 的電壓訊號大於 0.2 伏特時，液晶盒的放電曲線就會呈現一個雙指數遞減的行為，由此可知，施加大小不同的電壓於液晶盒所造成 VHR 值差異可能比預期中來的劇烈 [22]；Colpaert 等人為了解釋電壓保持率與暫態電流的關係以及其內部的離子運動，在 1996 年以電壓保持率求得離子濃度及遷移率等參數 [6]。

1998 年 Sasaki 利用液晶層內離子效應的理論，在暫態的電壓保持率研究方面，結合實驗量測與理論的模擬，探討出暫態的電壓保持率會隨著外加電壓脈衝的極性而產生不同的現象 [23]；但很快的在 2002 年 Nakanishi 等人的研究中修正了該論點，同樣經過實驗驗證離子電荷運動理論模擬後，得知真正影響暫態的電壓保持率原因，是來自於電壓脈衝訊號的個數—當脈衝訊號為奇數個時，電壓保持率較大；反之為偶數時，則較小 [24]。

1997 年，日本學者 Oh-e 等人研究不同於一般電場垂直於玻璃基板的共面切換模式，並利用等效的電路模型來解釋其研究：在水平電極驅動(in plane switching; IPS)的操作模式下，電壓保持率對環境的敏感度較低，且該模式所量測出來的電壓保持率亦較扭轉向列型液晶 (twisted nematic) 來的高 [25]。

接著到了 2004 年，韓國學者 Jeon 等人在同樣的 IPS 結構下，試著改變液晶材料中氰基 (CN) 的濃度，並藉此改變液晶的電阻率，研究電阻率對電壓保持率的相關性，結果顯示，當液晶電阻率越高時，其電壓保持率也會隨之增大 [26]。

有關殘餘直流電壓的研究，在 1999 年亞洲資訊顯示研討會中由 Nakazono 等人所提出，在液晶材料與配向層之間，由於離子吸附所產生的

電位及表面極化現象，是液晶元件中殘餘直流電壓產生的主要原因 [19,27]。液晶材料中離子的濃度與電壓保持率有著極大的關係，因此在剛開始研究殘餘直流電壓之際，液晶中的離子濃度與殘餘直流電壓有著什麼樣的關係，一樣令人好奇。一直到了 2006 年，Inoue 等人說明了：殘餘直流電壓、離子濃度與電壓保持率之間並無關係，液晶盒中，配向層的電阻率才是主要影響殘餘直流電壓的因素—配向層電阻率越高，則殘餘直流電壓越高，其顯示出來的影像閃爍 (flicker) 現象也越嚴重。近年來則試圖添加奈米粒子於液晶材料之中，用來減少液晶材料之中的離子雜質濃度 [28]，由此可知，液晶材料中的離子濃度越低，電壓保持率越大；配向層電阻越低，殘餘直流電壓越小 [29]。

2.3 電壓保持率與殘餘直流電壓的量測原理

2.3.1 電壓保持率量測原理

主動式液晶顯示器 AMLCDs 使用所謂的幀儲存技術 (frame memory technique)，電荷會儲存在驅動的像素中，直到下一個驅動幀來之前。如果一個像素所能保持電荷的能力，不足以維持到下一個驅動幀時，則對比度會降低，甚至可能發生亮度不均勻及圖像閃爍的現象。像素中所能保持電荷的能力被稱之為電壓保持率 (voltage holding ratio; VHR)，並且被定義為在一

幀期間內像素的均方根電壓比：

$$\text{VHR} = \frac{1}{V_0} \sqrt{\frac{1}{T_f} \int_0^{T_f} V_0 e^{-t/RC} dt} \quad (1)$$

其初始電壓值 V_0 是施加的電壓而 RC 是像素的時間常數。電壓保持率取決於液晶混合物中的化學結構和極性、配向層、液晶盒的製作和其它的因素（水含量、雜質、玻璃等）。因此，若在有完全相同的生產及液晶盒的製作實驗條件下，則電壓保持率較實用。也因此，電壓保持率必須被看作是一個系統參數（液晶盒和液晶），而不能只是作為獨立的液晶參數。根據實驗，發現了 $\Delta\varepsilon$ 越大，則將導致電壓保持率降低。增加有機或無機雜質濃度，將會使電壓保持率降低 [30]。

一般主動式矩陣驅動之薄膜電晶體的使用方式為利用數據線 (data line) 來控制畫素內液晶的轉動，讓背光源的光在經過液晶層之後產生亮暗的變化並形成灰階畫面，再藉由彩色濾光片以及空間、時間上的搭配安排來合成色彩。而後，為了要降低耗損電功率與提升反應速度，因此配合了掃描線 (scan line) 來控制薄膜電晶體的開關切換，使數據線所提供的電壓可以週期性規律的充入液晶盒中。在電壓的脈衝與脈衝之間，液晶盒兩側呈現開路放電的狀態，因此可將液晶盒視為一種以液晶材料為介電質，並且具有微小漏電流 (leakage current) 的電容器，其等效模型如圖 2.3 (引用文獻 [31])。

其中，可以將一電容值為 C 之電容和一電阻值為 R 之電阻並聯，藉著此 RC 並聯電路可等效為漏電流產生的情形。由電路學可知，一個非理想的電容器，其放電行為如圖 2.4 (引用文獻 [31])，可以利用指數遞減的方程式描述在某一時間 t 的電壓值 [32]：

$$V(t) = V_0 e^{-t/RC} \quad (2)$$

為了避免離子雜質在液晶盒內部兩側上堆積，進而造成離子屏蔽效應，在技術上我們採用交流方波的形式，做為數據線提供的訊號，並藉由掃描線的脈衝訊號，使薄膜電晶體週期性短暫的接收到一正負交錯脈衝訊號，控制液晶盒內部液晶分子的導向。

實驗中實際量測所得的電壓保持率訊號如圖 2.5 (引用文獻 [31])，圖中施加在液晶盒兩側的訊號以藍粗線標示；液晶盒放電行為則以細黑線標示。定義電壓保持率為：

$$\text{VHR} \equiv \frac{V_t}{V_i} \times 100\% \quad (3)$$

其中 V_i 表示施加於液晶盒兩側的脈衝電壓大小，而 V_t 則表示在下次轉換極性前，液晶盒瞬間所保有的電壓值。

2.3.2 殘餘直流電壓量測原理

液晶顯示器中有明顯的影像殘留是不理想的，但可能發生在長時間的顯示處理中。在所有的 AMLCDs 中，都有一個直流部分的驅動電壓，而導致離子雜質吸附在聚酰亞胺配向層的表面。其現象是一個空間充電極化的過程，且其配向層表面所吸附的離子雜質將不會脫附出來，這將會在液晶層中形成一個穩定的電場和偏振。這種離子吸附效應的大小取決於離子的數量、離子遷移率和所涉及的特徵時間常數吸附和脫附過程。為了減少影像殘留的現象，液晶材料必須盡可能包含低濃度的離子雜質。

直流殘餘電壓是由於液晶顯示器在驅動液晶時會施加直流偏壓訊號，而此直流偏壓訊號將會使液晶元件內部的離子雜質受到電場的驅動，最後吸附在配向層所致。當外部不再給予電壓訊號時，其吸附離子所形成的內電場將會造成離子在液晶元件內發生二次移動，而產生了直流殘餘電壓。其過程如圖 2.6 [29]：當液晶盒感受到外加的直流偏壓時（圖 2.6(a)），內部的離子雜質會移動並開始產生屏蔽效應（圖 2.6(b)）；而當移除外加直流偏壓且使液晶盒兩側短路，讓其液晶盒兩側達到等電位，此時對於液晶盒內部而言，先前的離子屏蔽效應反倒成為了方向相反的內電場（圖 2.6(c)）；而當離子因此再次反向移動並且電位趨於平衡時（圖 2.6(d)），直流殘餘電壓即在此

過程中形成 (圖 2.6(e))，而隨著時間過去，吸附在配向層兩側的離子將慢慢脫附出來，直流殘餘電壓也將慢慢降低 (圖 2.6(f))。

研究上，直流殘餘電壓的量測方法有三種，分別是電容對電壓遲滯的量測法 [33]，光穿透度閃爍消除法 [26, 27, 34, 35]，以及本論文研究中所採用的介電吸收法 [29]。使用介電吸收法量測直流殘餘電壓特性時，首先，需先提供一長時間的穩定直流電壓於液晶盒上，用以模擬液晶顯示器運作時的直流偏壓訊號，而後關掉電壓瞬間使液晶盒兩側短路，目的在讓液晶盒兩側等電位，最後開路使液晶盒內部的離子雜質平衡電場，此時將會放出一長時間的直流殘餘電壓，而這樣緩慢的放電情形將會造成液晶顯示器的影像殘留。

吾人以圖 2.7 (引用文獻 [31]) 解說本團隊研究直流殘餘電壓量測的概念：為了使液晶盒內部的離子穩固的吸附於兩側配向層，充電時間 T_1 可設定為 10 分鐘至 1 小時，短路時間 T_2 設定為 1 秒；最後一階段為了觀察長時間的穩態響應，測量時間 T_3 則設定為 30 分鐘至 1 小時甚至更長。定義輸入的直流偏壓為 V_L ，在上述 T_3 的時間中，直流殘餘電壓的最大值為 V_{mRDC} ，而經過 T_3 時間後穩定的殘餘電壓值為 V_{sRDC} ，在定義殘餘直流電壓上，實驗可固定 V_L 與 T_3 來比較 V_{sRDC} 的大小，或是單純比較 V_{mRDC} 的值，抑或是藉由在 V_{mRDC} 與 V_{sRDC} 之間特定時間內差值來定義。

控制電路方面，直流殘餘電壓量測步驟為：

- (1) 以正電壓做為控制線 1 的輸入訊號，並且以負電壓做為控制線 2 的輸入訊號，此時，外部的直流正偏壓將會使液晶盒兩端存在電壓差，讓液晶盒內部的離子開始運動。
- (2) 將控制線 1 輸入端的訊號切換為負電壓，且控制線 2 輸入端訊號給予正電壓，電路上的設計即可讓液晶盒兩側達到短路的效果。
- (3) 將兩控制訊號皆施予負電壓，即可使液晶盒呈現開路狀態來量測所放出的直流殘餘電壓。

當液晶盒兩側給予一外加偏壓時，液晶層中的離子電荷會漂移到配向層與液晶層的介面處，時間一長，會有部分的離子吸附在配向層表面，而 V_{RDC} 就會隨著被吸附離子的密度增加而升高。利用單一離子模型，我們可寫出被吸附的離子密度方程式 [27]：

$$\frac{dn_a(t)}{dt} = k_a [n_f - n_a(t)][N - n_a(t)] - k_d n_a(t) \quad (4)$$

其中 $n_a(t)$ 為構成 V_{RDC} 的吸附離子密度； N 為吸附於配向層表面的離子密度(單位為 m^{-2})； n_f 為存在於液晶層中的自由離子密度； k_a (單位為 $m^2 \cdot s^{-1}$) 和 k_d (單位為 s^{-1}) 分別為具有不同單位的吸附與脫附時率常數。假設 $n_a(t)$

遠小於 n_f ，式 (4) 可改為：

$$\frac{dn_a(t)}{dt} = k_a n_f [N - n_a(t)] - k_d n_a(t) \quad (5)$$

解式 (5)，可以得到：

$$n_a(t) = \frac{k_a n_f}{k_a n_f + k_d} N \{1 - \exp[-(k_a n_f + k_d)t]\} \quad (6)$$

吾人可利用式 (6) 去分析離子電荷吸附的過程。 $n_a(t)$ 與 $V_{RDC}(t)$ 之間的關係式為：

$$Q(t) = qAn_a(t) = C_{LC}V_{RDC}(t) \quad (7)$$

其中 $Q(t)$ 為表面電荷； A 為電極面積； q 為基本電荷； C_{LC} 為液晶層的電容值，將式 (7) 轉換為 $n_a(t) = C_{LC}V_{RDC}(t)/qA$ 代入式 (6)，可得下列方程式：

$$V_{RDC}(t) = \left(\frac{qA}{C_{LC}}\right) \left(\frac{k_a n_f}{k_a n_f + k_d}\right) N \{1 - \exp[-(k_a n_f + k_d)t]\} \quad (8)$$

當 t 很長時， $V_{RDC}(t)$ 為：

$$V_{RDC}(t \rightarrow \infty) = \left(\frac{qA}{C_{LC}}\right) \left(\frac{k_a n_f}{k_a n_f + k_d}\right) N \Rightarrow V_S \quad (9)$$

V_S 為在持續的外加電壓作用下， V_{RDC} 所達到的飽和電壓值。相反的，若外

加電壓在 $t=0$ 時關閉，則為在放電過程中

$$n_a(t) = n_a(0) \exp\left(-\frac{t}{\tau_R}\right) \quad (10)$$

其中 $n_a(0)$ 為當停止給予外加電壓時的吸附離子電荷密度，這關係到一開始的 V_{RDC} ； τ_R 為放電時間常數。放電的過程與離子電荷的脫附行為有密切的關係，可將其寫成

$$V_{RDC}(t) = \left(\frac{qA}{C_{LC}}\right) n_a(t) = \left(\frac{qA}{C_{LC}}\right) n_a(0) \exp\left(-\frac{t}{\tau_R}\right) \quad (11)$$

藉由觀察外加電壓的供給與放電過程，離子電荷在配向層上的吸附和脫附行為可由公式來分析，殘餘直流電壓的研究也是以此為基礎。本章節文字參考引用自文獻 [31]。

第三章 樣品製作與實驗儀器開發

3.1 材料

實驗中所用到的材料包含 CYLC-01、ZLI-2293、E7 以及 E44，詳細材料參數依序列於表見附錄一至附錄四；附錄五為這些液晶的重要參數比較表。

3.2 液晶樣品盒

本實驗主要使用的液晶盒為購買自美相公司，內側有氧化銦錫（ITO）導電膜之透明玻璃基板，並且鍍有配向膜（SE-2170，附錄六），其為反平行水平配向（ 180° ）厚度為 $6.8 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 以及 TN 配向（ 90° ）厚度為 $4.8 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 。

最後，使用阻抗分析儀（HIOKI3522-50 LCR HiTESTER）測量空液晶盒，可得電容 C ，由電容公式如下：

$$C = C_0 \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right) = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 A}{d} \quad (12)$$

ε 為介電物質的電容率， ε_0 為真空電容率， ε_r 為相對電容率，由於在室溫條

件下，空氣之 ϵ_r 趨近於 1， A 為電極面積， d 為液晶盒厚度，經計算後即可求得精確的液晶盒厚度。

3.3 實驗裝置與量測

3.3.1 電壓保持率之量測

在量測電壓保持率之前，本團隊必須先行開發設計出一套包含所有量測時所需的電路。實驗中，本團隊所選擇的方法為使用 IC4066（具四組雙向開關 IC）取代薄膜電晶體的功能，一般我們利用訊號產生器輸出數據線（data line）與掃描線（scan line）的電壓訊號，將液晶盒兩端接上示波器即可觀測其電壓的變化。

數據線部分使用訊號產生器（Tektronix AFG 3022B）給予振幅為 5 V 的方波，圖框掃描時間（frame time）為 16.67 ms；掃描線也是使用訊號產生器（Tektronix AFG 3022B）。輸出振幅 5 V 的脈衝，脈衝寬度（pulse width）為 15.6 μ s，頻率為 60 Hz。提供直流電源的是以電源供應器（Topward Electric Instruments Co., Ltd. TPS-4000）產生正負電壓，最後將輸出訊號端接上示波器（Tektronix TDS 1012）來產生電壓保持率的量測波型。

實驗設備架構如圖 3.1 (引用文獻 [31])，由於液晶盒的電阻通常高達數十至數百 $M\Omega$ ，與示波器的輸入阻抗來比較時，相對的大很多，如此一來電路上的負載效應 (load effect) 會非常的強烈，將使量測到的液晶盒電壓變化會有誤差，故本團隊在液晶盒輸出訊號端與示波器接收訊號端之間接上一電壓緩衝器 (voltage buffer)，藉此抑制負載效應，進而提升量測時的準確性 [34]。實驗中所使用的電壓緩衝器為一運算放大器，由於其內部為場效電晶體，因此差動對輸入阻抗高達 $3 T\Omega$ ，而輸出端阻抗僅 25Ω 。若將整個系統分為三級 (stage) 電路，分別為：第一級—液晶盒、第二級—緩衝器以及第三級—示波器。對第一級電路來說，第二級電路的輸入阻抗遠高於第一級電路的輸出阻抗；同理，第三級的輸入阻抗也遠大於第二級的輸出阻抗，因此可以避免負載效應的影響，進而測得準確的電壓值。

3.3.2 殘餘直流電壓之量測

在殘餘直流電壓特性量測方面，整個過程並不如量測電壓保持率時，只是單純地從外部給予訊號即可，而是由充電、短路及放電三個過程所組成，實驗上本團隊依舊使用 IC4066 (具四組雙向開關 IC)，由於此 IC 能藉由給予的正負電壓訊號來做腳位的切換，使液晶兩側可產生短路與開路的效果，其殘餘直流電壓的量測電路如圖 3.2 (引用文獻 [31])。

電路完成後，首先，吾人使用電源供應器（Topward Electric Instruments Co., Ltd. TPS-4000）給予一 10 V 的直流偏壓讓液晶盒充電 60 min 後，再利用訊號產生器（Tektronix AFG 3022B）產生 10 V 電壓給雙向開關 IC，接著再使用訊號產生器（Tektronix AFG 3022B）產生一正脈衝使液晶盒短路 1 s，最後連結至示波器並與電腦連線。

3.3.3 自動化溫度控制系統

本團隊嘗試整合比例-積分-微分（PID）溫度控制器、加熱及冷卻系統與樣品腔體之製作於單一系統內，以利操作者取得在不同溫度下液晶盒之各種電性測量數據。實驗中所設計溫度控制系統架構如圖 3.3（唐振育繪製）所示，首先選用阿自倍爾股份有限公司（azbil）的數字調節顯示器（C15TVCRA0300）如圖 3.4，該儀器可以即時顯示當時溫度，並依照操作者所需之溫度，做加熱及冷卻系統的電壓輸出，最重要的一點，是此儀器具有通訊傳輸的功能，能輕易的使用電腦來寫入及讀取溫度，達到自動化溫度控制的目標。

在升溫系統方面，本團隊利用電致加熱的方式進行升溫，由於數字調節顯示器所供給的電壓為 12 伏特，遠遠不及加熱片如圖 3.5（唐振育繪製）所需電壓，因此需由外部提供更高的電壓，實驗上將加熱片連結至 24 伏特的

電源上，並加上一固態繼電器，其一端接至數字調節顯示器，作用在於利用數字調節顯示器所輸出之小電壓，來操控固態繼電器內部開路亦或是短路，另外一端，固態繼電器接上加熱片，除了可以由外部提供更高的電壓外，更可以防止因加熱片過熱而造成儀器或電路損毀。

至於冷卻系統方面，起初，想使用致冷晶片來進行降溫，但市面上致冷晶片的冷熱面最大溫差約為 60°C 左右，若樣品腔體在實驗過程中，加熱溫度過高，則致冷晶片中的冷面溫度也會因此被迫升溫，在沒有外接水循環系統的情況下，致冷晶片完全無法發揮其冷卻的作用，因此選用風扇來將儀器內部的熱氣吹散，來達到降溫的效果。然而，在與數字調節顯示器做連結時，由於該儀器只有單一輸出電壓腳位，因此提供風扇驅動電壓的責任，便需另外交由繼電器來做切換，該繼電器為四切換的開關，其中一個開關在尚未接上電源時，呈現短路的狀態，另外三個開關在尚未接上電源時，則為開路的狀態，因此我們可利用該儀器在接上電源後，其內部開關會切換的效果，來達到對於降溫風扇的控制。

3.3.4 通訊軟體

儀器設備中有兩個部分需與電腦連結，其一為負責對電壓保持率及殘餘直流電壓做輸入訊號和接收訊號的 BNC 類比輸入輸出儀器(NIUSB-6259)

如圖 3.6，與其對應的資料擷取卡 (DAQ card)，另外一個部分則是負責聯繫控制及顯示溫度的數字調節顯示器的轉接器，由於數字調節顯示器所提供的輸出為 RS485 的介面，電腦主機的插槽並沒有相符的插槽，因此需額外外接一 RS485 to RS232 的轉接器。

電腦軟體端方面，本團隊使用 LabVIEW 來撰寫電壓保持率與殘餘直流電壓兩套系統，並且加入自動化溫控的量測程式，人機介面如圖 3.7 所示。這樣的整合性系統開發簡便了整個量測過程，不再需要多項量測設備（如電源供應器、訊號產生器與示波器）來進行實驗，只需要有本團隊開發的電路與電腦（內含已撰寫完成之 LabVIEW 量測程式）即可進行。

3.3.5 整合型量測系統

由於電壓保持率與殘餘直流電壓的量測電路相似度極高，因此重新將兩電路規劃安排，設計出一具備雙量測功能的整合電路如圖 3.8（林育霆繪製；詳 Y.-T. Lin and W. Lee, Taiwan Patent No. I 379094, issued 12/11/2012）。

在電壓保持率的測量模式下，第三輸入 206 會接收一控制訊號 224 以控制第一開關 208 關閉（即該處為通路），第二開關 210 與第四開關 214 為開啟（即該處為斷路）。由於第三輸入 206 所輸入的控制訊號 224 會先通過

NOT 閘 218 再進入第一開關 208，控制訊號 224 會因為第一 NOT 閘 218 而極性反轉，所以第一開關 208 保持通路而第二開關 210 與第四開關 214 保持斷路。

藉由這樣的設計，讓第一輸入 202 所輸入的交流訊號不會因為第二開關 210 前的二極體 226（該處為斷路）而產生整流的效果，完整的資料訊號可以通過第一開關 208 輸入至第三開關 212，並藉由第二輸入 204 所輸入之掃描線訊號而使得第三開關 212 的輸出訊號為測量電壓保持率所需之極性交錯的脈衝訊號。

另外，因第四開關 214 保持開啟（斷路），可確保此時測量之液晶盒 222 兩側無論任何情況皆不會發生短路的情況。由於第二輸入 204 之訊號為需不斷切換第三開關 212 的開啟與關閉狀態，同時也會不斷切換第五開關 216 之開啟與關閉狀態，因此第四開關 214 在電壓保持率的測量模式下必須保持斷路，液晶盒 222 兩端則不會不斷的短路，如此一來可以確保達成電壓保持率之測量。值得一提的是，第四開關 214 與第五開關 216 可整合為一短路迴路 228，其分別電性連接第二輸入 204 與液晶盒 222 此短路迴路 228 係藉由第四開關 214 與第五開關 216 的通路與斷路，來控制液晶盒 222 的短路狀態。

當測量裝置在殘餘直流電壓測量模式下，第三輸入 206 所輸入之控制訊號 224 極性反轉，則第一開關 208 切換成斷路，而第二開關 210 與第四開關 214 切換成通路。在殘餘直流電壓的測量模式下，第一輸入 202 會先輸入一直流訊號，並在測量開始時切斷，由於第一開關 208 保持斷路，因此第二開關 210 前的二極體 226 可使電流不致回流，使第一開關 208 達到即時切換的效果。另外由於第四開關 214 保持關閉（通路），使第五開關 216 因為第二輸入 204 的控制而保持通路，達到液晶盒 222 兩端的短路效果，進而達到殘餘直流電壓特性的測量。

而後，由於加熱片、風扇、數字調節顯示器和資料擷取卡所需之電壓皆不同，為了簡化電源端，在電路上再做精進，加入了各種電壓的轉換。如圖 3.9，有三種電壓需要轉換，12、10 和 5 伏特，其中，12 伏特和 5 伏特轉換電壓的部分，使用了高頻率切換 IC，使其 IC 本身不會在轉換電壓過程中，因為壓差轉成熱能而造成電路不穩，並且選擇適當的電感以及蕭特基二極體來做穩壓，而 10 伏特的轉換 IC 則需要與雙向開關 IC 相鄰，才不至於電壓在傳輸過程中造成壓降，由於電感所佔的面積太大，經測試會造成壓降，因此選擇了不用高頻率切換 IC，轉而使用一般轉壓 IC，也因此電路板背面，鋪上一整面地，讓其 IC 可以散熱較快，如圖 3.10。

第四章 實驗結果與討論

4.1 電壓保持率的量測

早在 1998 年，日本的元件分析技術實驗室 (Device Analysis Technology Laboratory) 和日本電氣 (NEC Corporation)，即對於電壓保持率下降的原因，提出了合理的解釋 [23]。

當實驗上所使用的液晶材料屬於介電異方性 $\Delta\varepsilon$ 為正 ($\varepsilon_{\parallel} > \varepsilon_{\perp}$) 的正型液晶時，給予液晶盒兩側一個短暫的脈衝訊號，若此脈衝訊號夠大，則此訊號在液晶盒兩側所造成的電壓差，將會使得液晶分子受到電場的驅動，而旋轉至幾乎與電場相同方向 (此時所量測到的 ε 值最大，為 ε_{\parallel})，且液晶盒內部的正負電荷離子雜質也會隨著電場分別往相反電極的方向移動，最後在液晶層與配向層的介面處開始堆積形成電雙層 (electric double layer) 效應，過程的時間若加長，將會產生強大的反向內電場。

當移除脈衝訊號後，液晶分子失去外加電場的作用，開始旋轉回初始未加電壓時的平衡狀態 (此時所量測到的 ε 值會減小)，又因為可將液晶盒視為一平行板電容器，得知電容將會跟著減小，電阻與電容的乘積 (RC) 也隨之降低。且當液晶盒內部的正負離子雜質越多時，由於離子帶有電荷具有

導電性，因此也會讓液晶盒整體的電阻值降低，造成液晶元件所能保持住電壓的能力下降。

由此可知，其主要造成電壓保持率下降的原因有兩大因素：

- 液晶盒在自然放電時，液晶分子鬆弛的轉動過程會使介電常數 ϵ 變小，進而讓 RC 時間常數乘積變小使得電壓保持率降低。
- 液晶元件內所含的離子雜質數量，將會大大的影響其電壓保持率，當內部的離子數目越多時，液晶元件整體的電阻值將會越小，且因離子數目越多，所形成之電雙層造成的內電場也會相對變大，進而使電壓保持率下降 [36]。

4.1.1 儀器穩定度

首先，在量測電壓保持率之前，吾人好奇液晶盒是否在剛開始供給電壓時，會因為內部的液晶分子以及離子雜質排列不均勻，以至於在前幾個脈衝週期有不相同的電壓保持率，且吾人也好奇自製的儀器是否在平均多個週期的電壓保持率時，會有顯示出不同的電壓保持率值。

因此如圖 4.1，吾人先分別量測前 1、5、10、15、20、25 和 30 秒的平均電壓保持率，其中，由於程式上設定掃描線（scan line）頻率為 60 Hz，

故每一秒內等於平均了 $(1 \times 60) / 2$ 個資料線 (data line) 週期，以此類推，可以看到不管儀器量測的時間長短，亦或是不同配向，其誤差都能在 3% 以內，也同時確保了儀器量測準確度有一定的穩定度。

在確定了儀器的穩定度後，接著研究液晶盒在給予電壓後的前四個週期，是否會因為剛施加電壓而造成電壓保持率的變化，如圖 4.2 所示，前四個週期的電壓保持率的值，近乎是一條水平線，因此可以斷定液晶盒在剛感受到電壓時，即可以有如預期的分子轉動且內部的離子電荷也會均勻地分佈在液晶盒中。

4.1.2 液晶盒長時間放置影響

當購買來之液晶材料開封後，常會有外在的雜質進入到液晶中，像是在潮濕的環境下外界的水氣，或是每次在灌注液晶材料時，因瓶口呈現打開的狀態，也會讓空氣中的懸浮微粒進入到液晶材料中，故吾人試圖觀察在一長時間下，外在的水氣及懸浮微粒是否會因此影響其電壓保持率。實驗上，不僅僅量測電壓保持率的變化，也做了介電頻譜上的量測，如圖 4.3，經過五天的觀察，可以看到 TN 以及反平行配向的液晶盒，其電壓保持率幾乎維持著相同的數值，由於此實驗結果與先前讀過之文獻略有出入（放置時間越長，電壓保持率越低），因此也同時使用介電頻譜術來驗證，由圖 4.4-4.7 可以

很明顯的看到，其四支液晶不管在何種配向模態之下，在觀察的五天時間內，介電常數虛部，也代表著導電率，幾乎不會有任何的變化，且相隔 96 小時後的阻抗值也與 0 小時所量測到的大同小異，因此，吾人可以確定的是，在良好的放置條件下（液晶盒放入密封袋，至於防潮箱中），其水氣及外在塵埃對液晶材料的電性影響，微乎其微，相較於過去文獻中的結論，合理懷疑是封邊所使用的黏著劑，亦或是保存環境不佳所造成。

4.1.3 頻率與電壓保持率

早期主動式液晶顯示器的掃描線（scan line）大多設定為 60 Hz，主要是為了讓液晶元件內部的離子在高頻率的切換狀態下，不會推積在液晶層與配向層的介面處而形成電雙層，進而降低液晶層所能感受到的電壓，使顯示器的灰階減少。因此實驗中探討液晶盒的電壓保持率對於頻率的變化，由液晶盒等效成 RC 並聯電路來看 $V(t) = V_0 e^{-t/RC}$ ，在其他條件固定的情況下，頻率切換越快也代表著在未施加電壓時， RC 充放電現象將會越不明顯，並由電壓保持率 $VHR \equiv \frac{V_t}{V_i} \times 100\%$ ，可以想見，在頻率越高時，電壓保持率將會越高。且由於 90° 配向的 TN 型式，在反應時間上快了許多，因此在高頻時，其電壓保持率爬升的現象仍維持幾乎一樣的斜率，而反平行配向的液晶盒，在頻率升高時，則有慢慢趨緩的現象，如圖 4.8。

4.1.4 變電壓之電壓保持率

在實驗中，吾人使用了兩種不同配向的美相空液晶盒，分別為 90° 配向的 TN 以及 180° 配向的反平行排列液晶盒，由於兩種液晶盒的厚度 (cell gap) 不相同，因此先前的實驗都是在外加相同電場的條件下進行量測，也就是說，在量測 TN 時，給的數據線 (data line) 是 4.8 伏特，而在量測反平行排列液晶盒時則是給予 6.8 伏特的電壓，因此吾人欲了解在不同電壓時的電壓保持率情形。由圖 4.9(a)，TN 液晶盒大約兩伏特左右時，由於液晶分子開始轉動，在電壓對穿透度的量測圖中可得知，如圖 10-13，介電常數因此變大，可以看到電壓保持率有一明顯上升現象產生，而後再繼續加大電壓，雖然依舊會有一線性上升的趨勢，但是其斜率就沒有液晶分子剛開始轉動時來的大，而反平行配向的驅動電壓則大約 2-4 伏特之間圖 4.9(b)。

4.1.5 偏壓對電壓保持率的影響

由於吾人觀察到購買自美相公司的空液晶盒，其兩玻璃基板上的電極圖案並非完全一致，如附錄七 (本圖由美相液晶公司提供)，實驗上以刻有文字的玻璃基板為正面。當液晶盒兩端給予一大小不同之偏壓後，其電壓保持率如圖 4.14，可以看到施加正或負直流偏壓於液晶盒中，其 VHR 值皆隨著偏壓上升而下降且趨勢不隨外加直流電場極性而變，呈現對稱的狀態。

4.1.6 溫度對電壓保持率的影響

一般在量測電壓保持率時，大約是在室溫 25 °C 的環境下，但液晶材料常需操作在非室溫的環境下，像是液晶顯示器或者是汽車儀表板顯示，其溫度通常都在 40–60 °C，甚至是更險峻的環境溫度，因此我們勢必需要考慮在各種溫度下所量測到的電壓保持率。

實驗上，吾人先升溫至各液晶材料的澄清點，再慢慢降回室溫，其中，每降溫一度會先等待溫度穩定 5 分鐘再做量測，如圖 4.15 所示，可以發現的是，當中四支液晶，除了 CYLC-01 屬於 TFT 級的液晶材料外，另外三支液晶很明顯的在電壓保持率的量測中，不能有效的克服溫度上的變化，尤其 E7 與 E44，皆在約 40 °C 時，電壓保持率即降至 0 附近。

4.2 殘餘直流電壓的量測

液晶元件內部或多或少都充斥著離子雜質，當供給一長時間的直流電壓後，液晶層中的離子電荷會吸附在與配向層交界的表面，而此吸附的現象又可分為物理吸附（凡德瓦力）與化學吸附（化學鍵）。由於本研究所使用的美相空液晶盒，雖然電極面積重疊處為 1×1 cm，但是其兩側玻璃基板上的電極面積並非完全對稱，所以在外加直流電場的量測上，我們定義了有標

示數字的玻璃基板為正面（接正電壓），而沒有標示數字的玻璃基板為背面（接負電壓）。

此外，液晶盒中的配向層可視為一良好的絕緣性材料，一旦帶有電荷，在短時間內幾乎無法回復到初始狀態，即電壓關閉後，吸附的離子電荷需長時間才有可能完全擴散回液晶材料中，恢復成原始均勻分佈狀態。

4.2.1 溫度對殘餘直流電壓的影響

延續上一節探討溫度對電壓保持率的影響，吾人對於影響顯示器品質，造成影像殘留現象的重要量測參數—殘餘直流電壓也做了相對應的研究。

首先，需先了解殘餘直流電壓產生的原因，在 1999 年，Nakazono 等人詳細說明了殘餘直流電壓發生的過程 [19]：當實驗中給予液晶元件一長時間的直流電壓模擬液晶顯示器操作的直流偏壓時，液晶元件內部的液晶材料分子主軸，傾向與外加電場方向相同做排列，此時，內部的正負離子也將分別游離至負正兩電極相鄰的配向層，並吸附於液晶層與配向層的交界面上；此外，液晶分子也將因為外加電場的影響而產生偶極極化（dipole polarization）現象，而吸附於配向層上的正負離子將產生表面極化（interfacial polarization）。接著，為了使液晶盒兩側等電位，在移除電壓使液晶盒兩側

短暫的短路時，原先吸附於配向層兩側的正負離子將脫附出來。最後，再將液晶盒兩側做開路，且開始量測殘餘的直流電壓。Nakazono 等人假設在開始測量後，原先吸附於配向層的正負離子將需要與充電時間相同的一段時間來擴散回初始狀態，這段期間內所量測到最大的殘餘直流電壓，定義為 V_{mRDC} (V_{mRDC} 為最大殘餘直流電壓)，是由來自於液晶分子的偶極極化現象以及正負離子吸附於負正兩電極相鄰的配向層上之離子所產生的表面極化作用；而經過一長時間（本研究上取 30 分鐘）後所量測到的穩態殘餘直流電壓，定義為 V_{sRDC} (V_{sRDC} 為穩態後的殘餘直流電壓)，貢獻主要是仍然吸附於配向層上，需要長時間才能脫附的少數正負離子（adsorbed ions）殘餘直流電壓，其數量多寡則取決於配向層的吸附離子能力，示意如圖 4.16（引用文獻 [19]）。

因此，可以了解到其支配殘餘直流電壓的因素有兩個：

- 液晶元件內部離子雜質的數量—離子數量愈多，將會直接增加因離子而產生的表面極化能力。
- 配向層吸附與脫附離子雜質的能力—若配向層吸附離子能力愈強，則殘餘直流電壓變會相對上升。

如圖 4.17，隨著溫度上升， V_{mRDC} 與 V_{sRDC} (V_{mRDC} 為最大殘餘直流電壓； V_{sRDC} 為穩態後的殘餘直流電壓) 也隨之下降，其原因為當溫度上升時，雖然加熱時將有可能造成離子數量的增加，但由於在高溫的環境下，在短暫將液晶盒兩側短路的過程中其擴散回液晶材料的速度也較低溫時來的快，故吸附於配向層表面的離子將會減少許多。而分別比較四支液晶材料的 V_{mRDC} ，可以看到屬於 TFT 級的 CYLC-01，由於本身內部的離子雜質較少，故吸附於配向層的離子數目相對也較其它三支液晶來的低了許多，而在經過三十分鐘後所量測到的 V_{sRDC} ，也有了同樣的結果。

4.3 UV 曝曬對液晶盒的影響

液晶盒在製作液晶盒的過程中，需要使用封膠讓兩玻璃基板能夠黏合。例如，若使用 UV 膠，在黏合後需要照射 UV 燈源使膠能固化。由過去的經驗得知，當液晶材料照射到 UV 光源時，將會使液晶產生裂解，隨著照射時間以及 UV 燈源的強度增加，會直接的影響到液晶材料中的離子雜質生成，但是吾人好奇此離子雜質的生成，並非只單單來自於液晶材料，其配向層因照射 UV 光源而生成的離子數量多寡也會大大的影響實驗結果，故實驗中預備了三種製作方式：

1. 單純的美相液晶盒直接灌注液晶材料。

2. 美相液晶盒先經過強度為 15 mW/cm^2 的 UV 光源照射 45 分鐘後，等液晶盒冷卻至室溫狀態，再灌入液晶材料 (UV 45 min treated cell)。
3. 先灌入液晶材料於美相液晶盒後，再放置於強度為 15 mW/cm^2 的 UV 光源下曝曬 45 分鐘 (LC + UV 45 min)。

由圖 4.18(a)為反平行配向液晶盒在分別灌入 CYLC-01 以及 E7，經不同 UV 照射條件處理後，所量測到之電壓保持率隨時間變化關係圖。由結果可以看出，UV 曝曬對具高阻抗之液晶材料 (CYLC-01) 而言，雖然電壓保持率略有降低，但整體來說影響並不大。然而，針對低阻抗液晶 E7，經 UV 曝曬的液晶盒，和未經 UV 處理之對照組相比，其電壓保持率下降許多。此結果表示，配向層與液晶經一定時間 UV 照射後，均會劣化進而產生離子雜質。其注入離子的程度隨材料本身阻抗的上升而降低。由於配向膜均為高阻抗材料，因此在 E7 的樣品中，以照射含液晶之樣品條件，其電壓保持率下降幅度最大。在隨時間變化方面，不論是 CYLC-01 或 E7 以及照射 UV 與否，其各自所量測到之 VHR 隨時間變化近乎為常數。相同的變化趨勢亦可在使用 E44 以及 ZLI-2293 液晶材料的條件下觀察到，如圖 4.18(b) 所示。

第五章 結論與未來展望

在第三章的部分已說明了電路的架構，並且設計出具有量測電壓保持率以及殘餘直流電壓的自動溫控儀器，而在資料擷取和訊號給予方面，則已利用資料擷取卡與撰寫好之 LabVIEW 程式來進行電訊號上的輸入輸出，使儀器在人為操控上能夠簡易使用。

第四章的部分針對程式上能調控的數值做一系列的探討，在確定了儀器的穩定性後，首先可以看到的是液晶樣品盒在經過長時間的放置下，並不會影響電壓保持率，其整體的阻抗也維持一定值，此外，電壓保持率則會隨著電壓與頻率的增加而提高，呈現一正比關係，而當施加一偏壓於液晶盒時，則會導致離子吸附於其配向層表面，進而使電壓保持率降低，另外，在經過紫外線的曝曬過後，實驗中可以發現的是，不僅僅是液晶材料經過紫外線的照射後會產生裂解現象，其在單純照射配向膜的情形下，也同樣會產生雜質離子，造成整體的電壓保持率下降。最後在溫度與電壓保持率及殘餘直流電壓的關係圖中可以知道，隨著溫度的提升，雖然會使內部離子增多，讓電壓保持率逐漸降低，但在對於影像殘留的殘餘直流電壓量測中，卻會因此使得配向層表面所吸附的離子更利於回復至初始均勻分布的狀態，而讓殘餘直流電壓值也呈現逐漸下降的趨勢。

在完成電壓保持率與殘餘直流電壓的儀器開發後，對於一些內部的設計，還有一些想法，由於在量測電壓保持率以及殘餘直流電壓時，給予液晶盒訊號亦或是操作驅動 IC 的訊號，都是由 USB-6259 這台 NI 公司的儀器來負責，以外觀及體積來說，USB-6259 幾乎佔據了整台儀器大部分的體積，且重量也會讓儀器在攜帶上較費力，而輸出及輸入的訊號的 BNC 接孔，實際上在實驗中也僅僅使用 5 個，表示過多的功能和接孔都只成為裝飾，因此，接下來將試著使用可自行寫入程式的 IC，不僅可以讓儀器的體積和重量都大大降低之外，在整體的電路整併上也更像一個系統。

加熱冷卻系統方面，由於本研究中使用的數字調節顯示器為實驗室原有之儀器，因此與實驗中所預期的加熱冷卻操作上略有不合，舉例來說，此數字調節顯示器只有單一輸出腳位，故在實驗中才需額外加入繼電器來分別對加熱片及風扇供給電壓，且因為此機器對於允許之感溫裝置中，並不包含 K-Type，因此實驗上吾人改採用熱電阻形式之感溫棒，其感測出之溫度將有可能因為周遭環境溫度的影響，不如 K-Type，可包覆於樣品的腔體之中，確保其感測到之溫度完全與待測物相同。

參考文獻

- [1] I.-K. Huh and Y.-B. Kim, “Fluoro-isothiocyanated liquid crystal materials with high dielectric anisotropy and voltage holding ratio,” *Japanese Journal of Applied Physics* **41**(11A), 6466–6470 (2002).
- [2] M. Nishikawa, T. Suganuma, Y. Tsuda, N. Bessho, Y. Imura, and S. Kobayashi, “Properties of voltage holding ratio of liquid crystal cells using organic-solvent-soluble polyimide alignment films,” *Japanese Journal of Applied Physics* **33**(8A), 1113–1116 (1994).
- [3] 陳伯綸，〈離子電荷效應對液晶盒物理特性之影響〉，博士論文，交通大學光電工程研究所，民 89 年 6 月。
- [4] T. Nakanishi, T. Takahashi, H. Mada, and S. Sato, “Transient behavior of voltage holding ratio in nematic liquid crystal cells,” *Japanese Journal of Applied Physics* **41**(6A), 3752–3757 (2002).
- [5] W. Lee, C.-Y. Wang, and Y.-C. Shih, “Effects of carbon nanosolids on the electro-optical properties of a twisted nematic liquid-crystal host,” *Applied Physics Letters* **85**(4), 513–515 (2004).
- [6] C. Colpaert, B. Maximus, and A. De Meyere, “Adequate measuring techniques for ions in liquid crystal layers,” *Liquid Crystals* **21**(1), 133–142 (1996).
- [7] W. Lee, J.-S. Gwa, and H.-Y. Chen, “Electro-optical properties of planar nematic cells impregnated with carbon nanosolids,” *Applied Physics B: Lasers and Optics* **81**(2/3), 171–175 (2005).
- [8] H.-Y. Chen and W. Lee, “Electro-optical characteristics of a twisted nematic liquid-crystal cell doped with carbon nanotubes in a DC electric field,” *Optical Review* **12**(3), 223–225 (2005).
- [9] H. Mada and H. Suzuki, “Reverse hysteresis loop of nematic liquid crystals in C - V characteristic due to static electric field,” *Japanese Journal of Applied Physics* **26**(7), L1092–L1094 (1987).

- [10] P.-L. Chen and S.-H. Chen, “Anomalous capacitance bounces and bumps of liquid crystal cells in dc electric fields,” *Japanese Journal of Applied Physics* **39**(4A), L297–L299 (2000).
- [11] H. Mada and S. Yoshino, “Absorption current and impurity ions in nematic liquid crystal cells,” *Japanese Journal of Applied Physics* **27**(8), L1361–L1364 (1988).
- [12] H. Naito, M. Okuda, and A. Sugimura, “Transient discharging processes in nematic liquid crystals,” *Physical Review A* **44**(6), 3434–3437 (1991).
- [13] 唐振育，《添加二氧化鈦奈米粒子液晶盒之光電與電學特性》，碩士論文，中原大學應用物理研究所，民 100 年 1 月。
- [14] 王俊才，《劣化與還原液晶之光電及電學特性》，碩士論文，中原大學應用物理研究所，民 100 年 1 月。
- [15] M. Imai, H. Naito, M. Okuda, and A. Sugimura, “Determination of rotational viscosity of nematic liquid crystals from transient current: numerical analysis and experiment,” *Japanese Journal of Applied Physics* **33**(6A), L3482–L3487 (1996).
- [16] 林威廷，《高分子分散型液晶之介面極化》，碩士論文，中原大學應用物理研究所，民 101 年 7 月。
- [17] S. Uemura, “Ionic contribution to the complex dielectric constant of a polymer under dc bias,” *Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition* **10**(11), 2155–2166 (2009).
- [18] N. Toshima, “Polymer-Metal Nanoparticle Complexes for Improving the Performance of Liquid Crystal Displays,” *Macromolecular Symposia* **304**, 24–32 (2011).
- [19] Y. Nakazono, T. Takagi, A. Sawada, and S. Naemura, “Evaluation of residual DC of LC cell,” *Proceedings of the 5th Asian Symposium on Information Display*, 219–222 (1999).

- [20] Y. Nakazono, H. Ichinose, M. Bremer, and K. Tarumi, "Characterization of LC materials with negative dielectric anisotropy for active matrix LCDs," *Journal of the Society for Information Display*, 65–68 (1999).
- [21] A. Sawada, H. Sato, and Y. Nakazono, "Influence of Ions in LC Materials on Optical Threshold Voltage of Passively Addressed LCDs," *Journal of the Society for Information Display*, 190–193 (1999).
- [22] H. Seiberle and M. Schadt, "LC-conductivity and cell parameters: Their influence on twisted nematic and supertwistednematic liquid crystal displays," *Molecular Crystals and Liquid Crystals* **239**(1), 229–244 (1994).
- [23] N. Sasaki, "Simulation of the voltage holding ratio in liquid crystal displays with a constant charge model," *Japanese Journal of Applied Physics* **37**(11), 6065–6070 (1998).
- [24] T. Nakanishi, T. Takahashi, H. Mada, and S. Saito, "Transient behavior of voltage holding ratio in nematic liquid crystal cells," *Japanese Journal of Applied Physics* **41**(6A), 3752–3757 (2002).
- [25] M. Oh-e, Y. Umeda, M. Ohta, S. Aratani, and K. Kondo, "Unusual voltage-holding ratio characteristics using in-plane switching on nematic liquid crystals," *Japanese Journal of Applied Physics* **36**(8A), 1025–1028 (1997).
- [26] Y.-J. Jeon, J.-Y. Hwang, and D.-S. Seo, "Voltage holding ratio and residual DC property of the IPS-LCD on rubbed polymer layers by voltage-transmittance hysteresis method," *Molecular Crystals and Liquid Crystals* **410**(369), 897–908 (2004).
- [27] M. Mizusaki, T. Miyashita, T. Uchida, Y. Yamada, Y. Ishii, and S. Mizushima, "Generation mechanism of residual direct current voltage in a liquid crystal display and its evaluation parameters related to liquid crystal and alignment layer materials," *Journal of Applied Physics* **102**(1), 014904-1–6 (2007).

- [28] C.-Y. Tang, S.-M. Huang, and W. Lee, “Electrical properties of nematic liquid crystals doped with anatase TiO₂ nanoparticles,” *Journal of Physics D: Applied Physics* **44**, 355102–355106 (2011).
- [29] M. Inoue, K. Takatoh, and S. Kobayashi, “Recent measurement of liquid crystal material characteristics,” *Proceedings of the 13th International Display Workshops*, 647–650 (2006).
- [30] M. Heckmeier, G. Lussem, K. Tarumi, and W. Becker, “Liquid Crystals for Active Matrix Displays,” *MERCK* (2009).
- [31] 胡建霆，《層化高分子/液晶複合薄膜的電壓保持率與殘餘直流電壓特性》，碩士論文，中原大學應用物理研究所，民 98 年 7 月。
- [32] C. K. Alexander and M. N. O. Sadiku, *Fundamentals of Electric Circuits* (McGraw-Hill, New York, 2007).
- [33] H.-C. Moon, Y.-H. Bae, J.-Y. Hwang, K.-W. Kim, and D.-S. Seo, “Residual DC characteristic on twisted nematic liquid crystal display on the polyimide surface by the thermal stress,” *Molecular Crystals and Liquid Crystals* **443**(1), 161–166 (2005).
- [34] A. R. M. Verschueren, P. Kohsiek, M. T. Johnson, and R. van Asselt, “DC current measurements on liquid crystal cells as indicative tool for image retention phenomena,” *Journal of the Society for Information Display*, 55–58 (2000).
- [35] M. Mizusaki, T. Miyashita, and T. Uchida, “Kinetic analysis of image sticking with adsorption and desorption of ions to a surface of an alignment layer,” *Journal of Applied Physics* **112**, 044510-1–9 (2012).
- [36] M. Oh-E, and K. Kondo, “Advantageous voltage-holding ratio characteristics induced by in-plane electric fields, and the optimization concept of liquid crystals for an in-plane switching electro-optical effect,” *Liquid Crystals* **25**(6), 699–709 (1998).

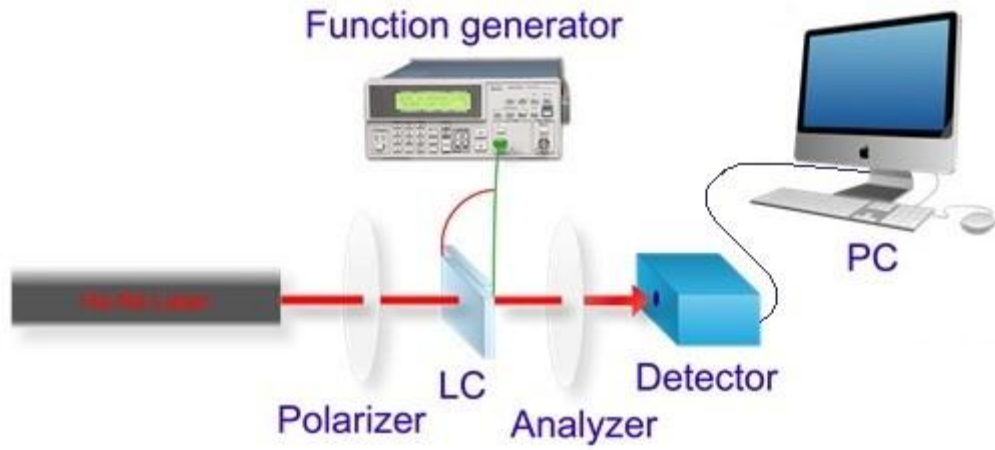


圖 1.1 光電量測

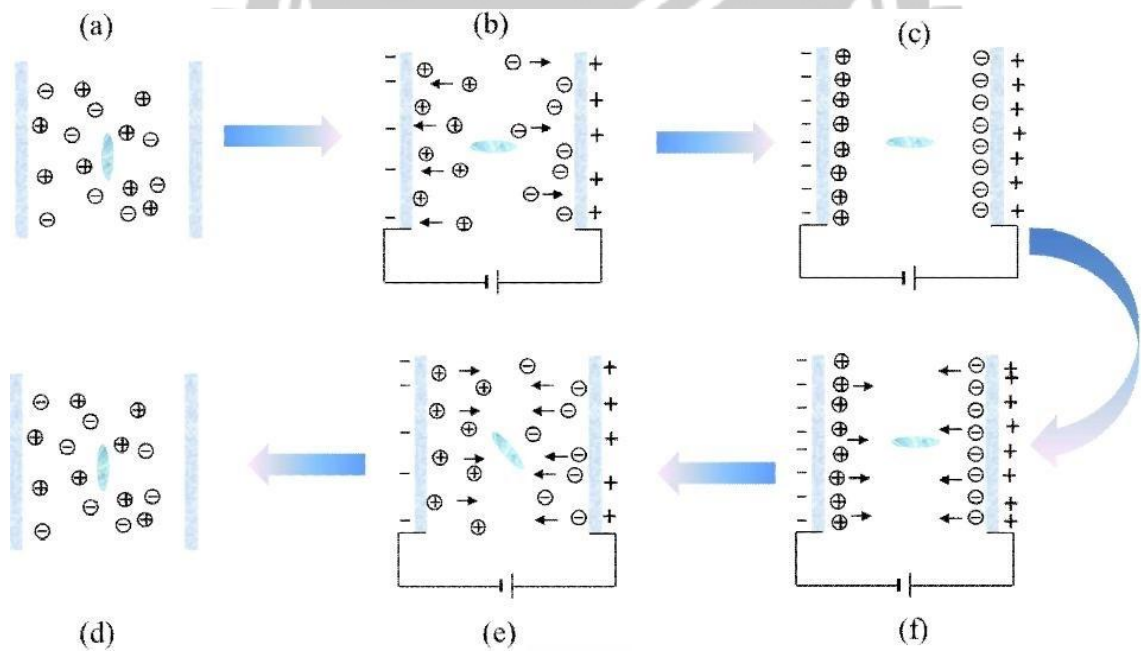


圖 1.2 液晶盒內離子受電場影響示意圖

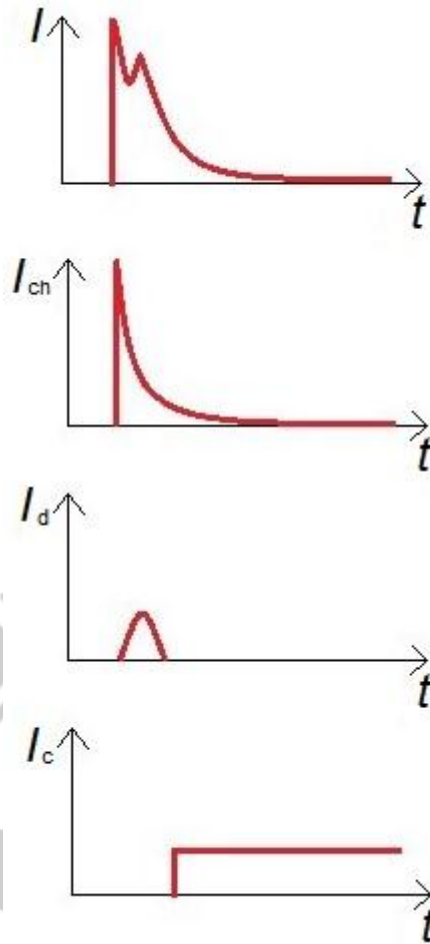


圖 1.3 暫態電流示意圖，由上至下依序為暫態電流、充電電流、峰值電流及導電電流對時間之相依關係

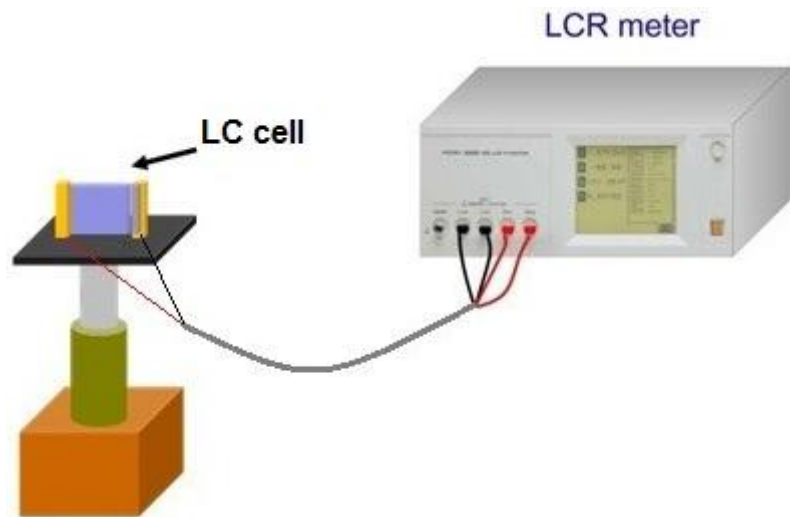
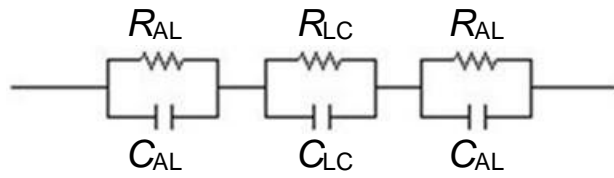
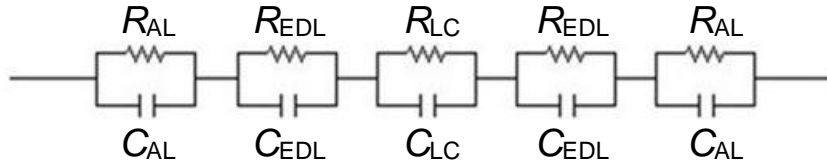


圖 1.4 介電量測

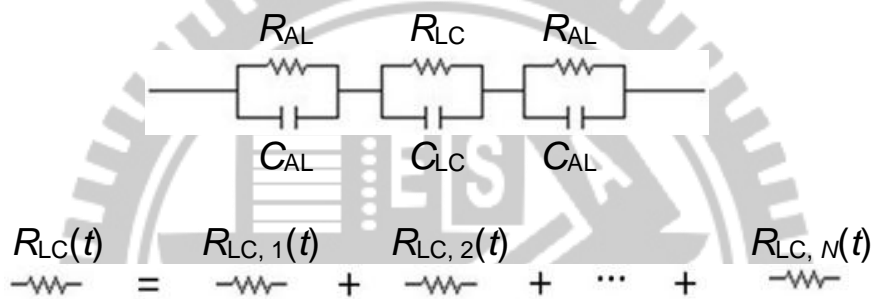




(a)



(b)



(c)

圖 2.1 電路等效模型

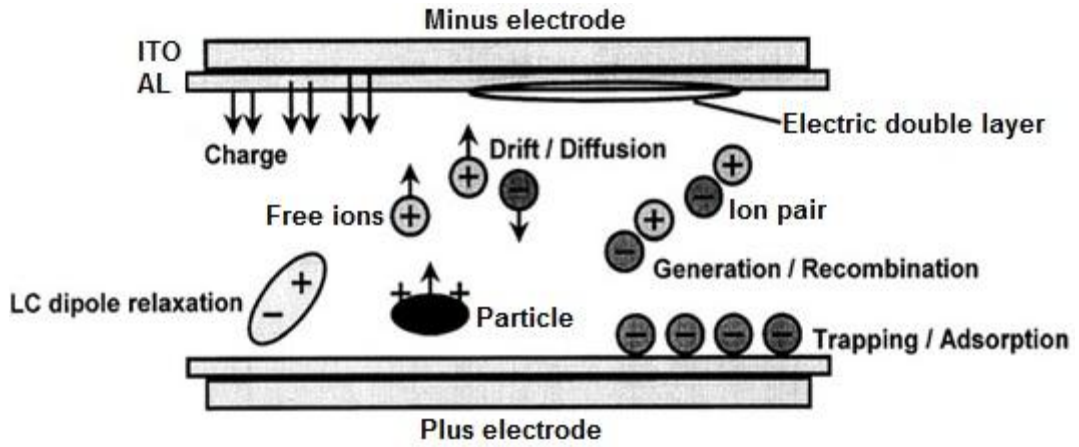


圖 2.2 離子在液晶盒中的傳導示意圖

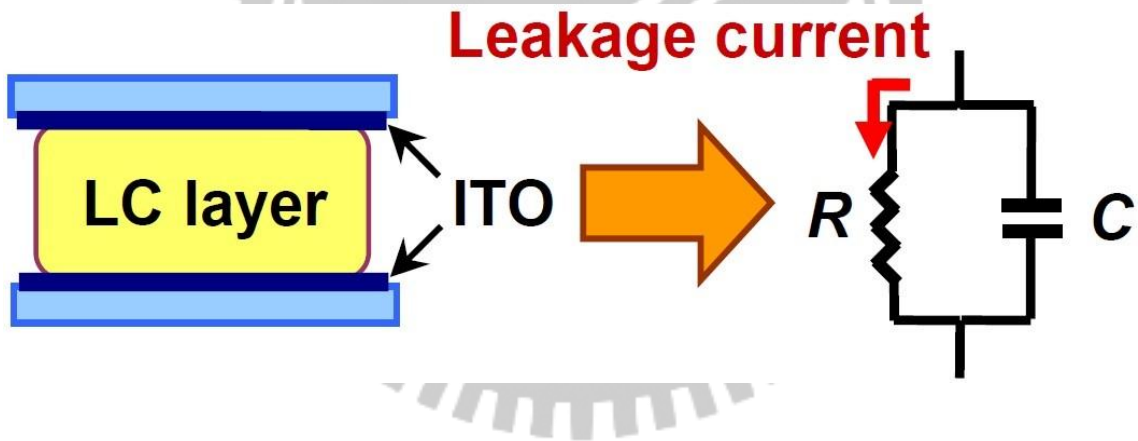


圖 2.3 液晶盒等效模型

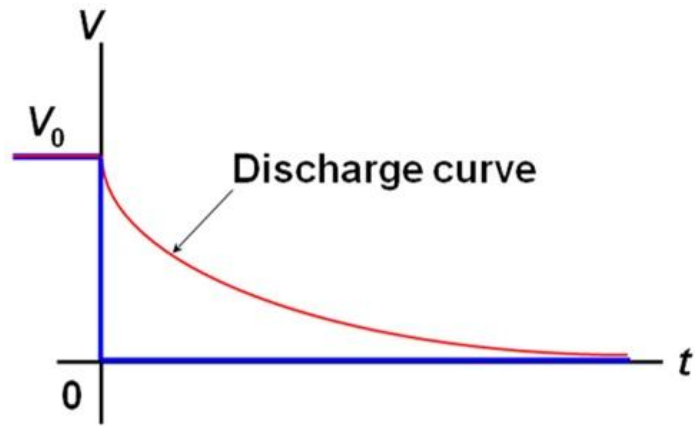


圖 2.4 理想電容器放電行為

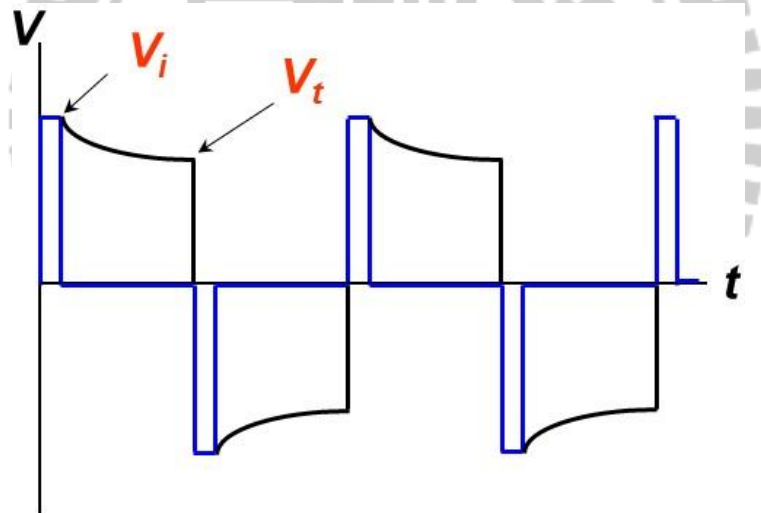


圖 2.5 電壓保持率量測圖

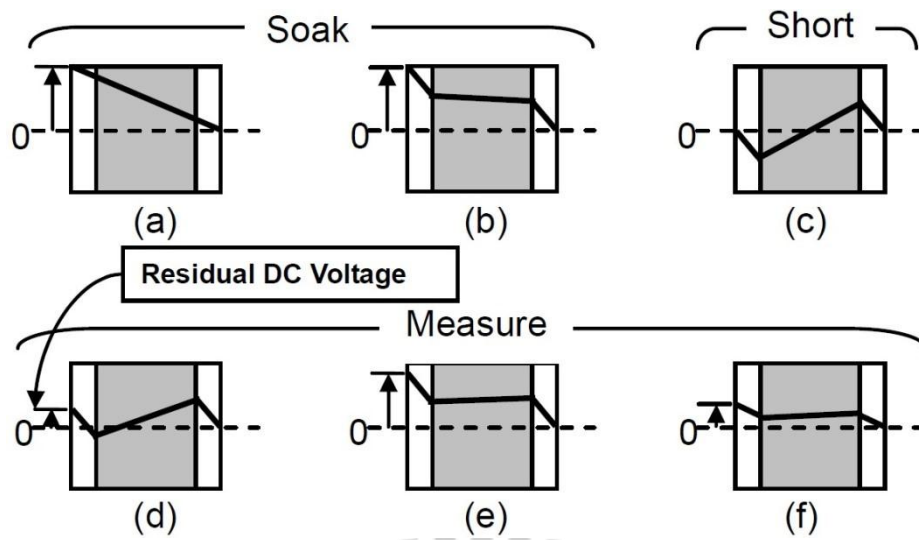


圖 2.6 殘餘直流電壓形成

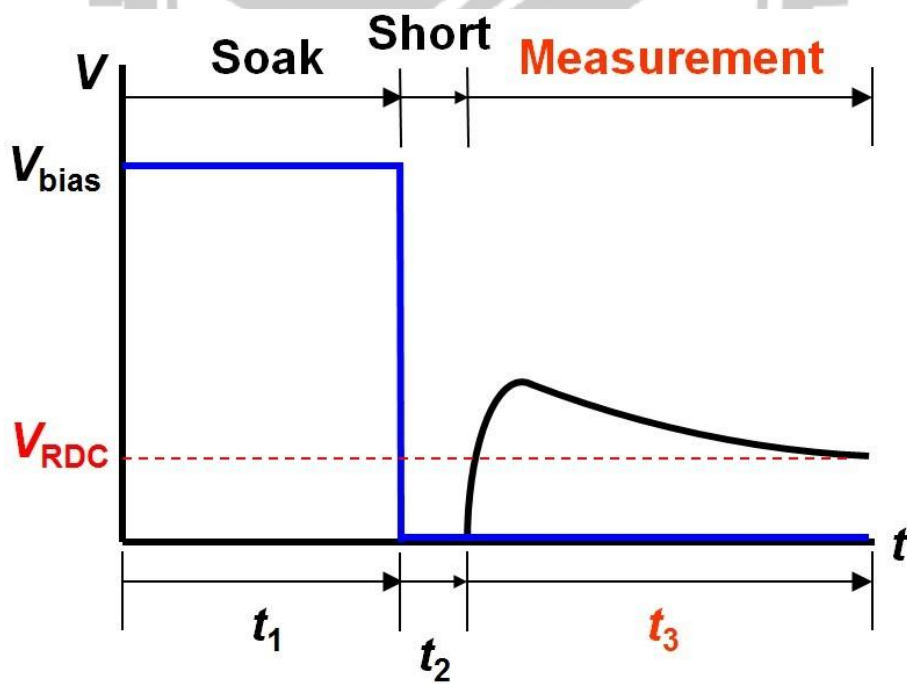


圖 2.7 殘餘直流電壓量測過程

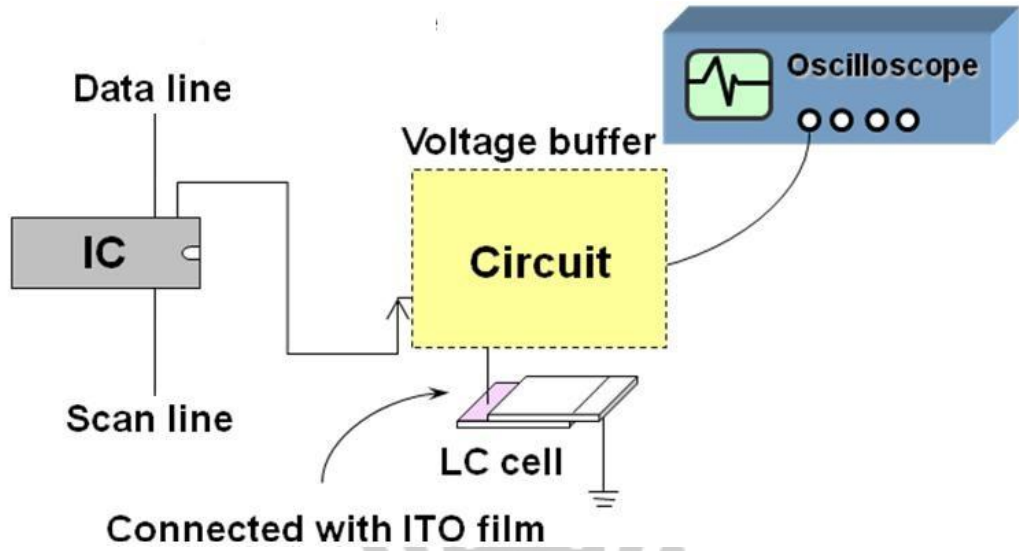


圖 3.1 電壓保持率量測架構

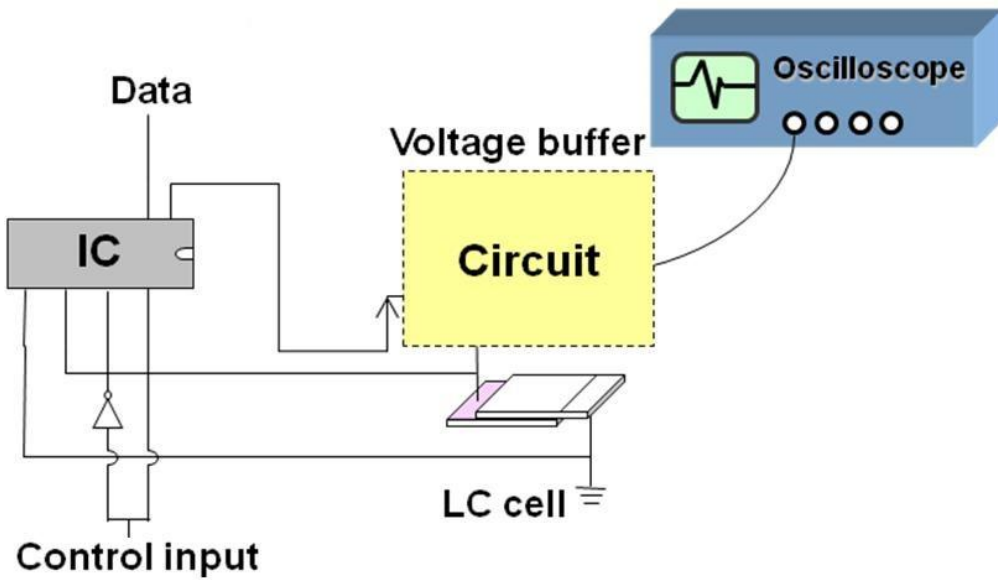


圖 3.2 殘餘直流電壓量測架構

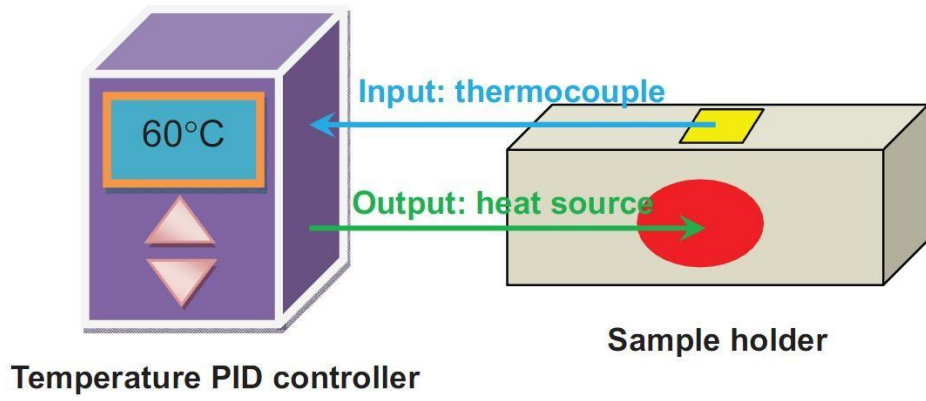


圖 3.3 溫度控制系統架構

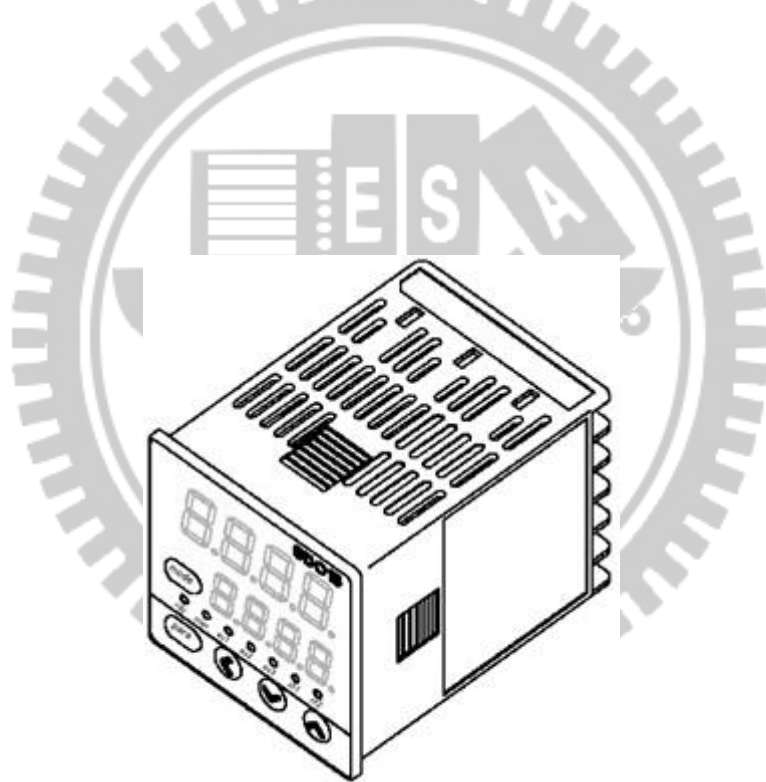


圖 3.4 數字調節顯示器

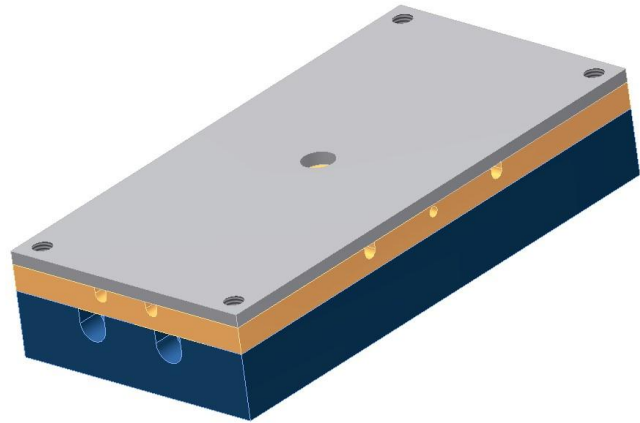


圖 3.5 加熱片



圖 3.6 USB-6259

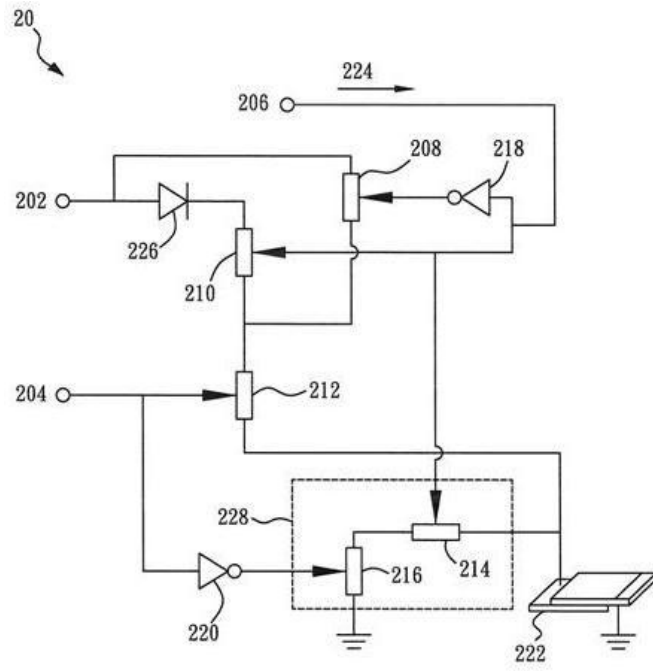


圖 3.8 電壓保持率與殘餘直流電壓整合電路

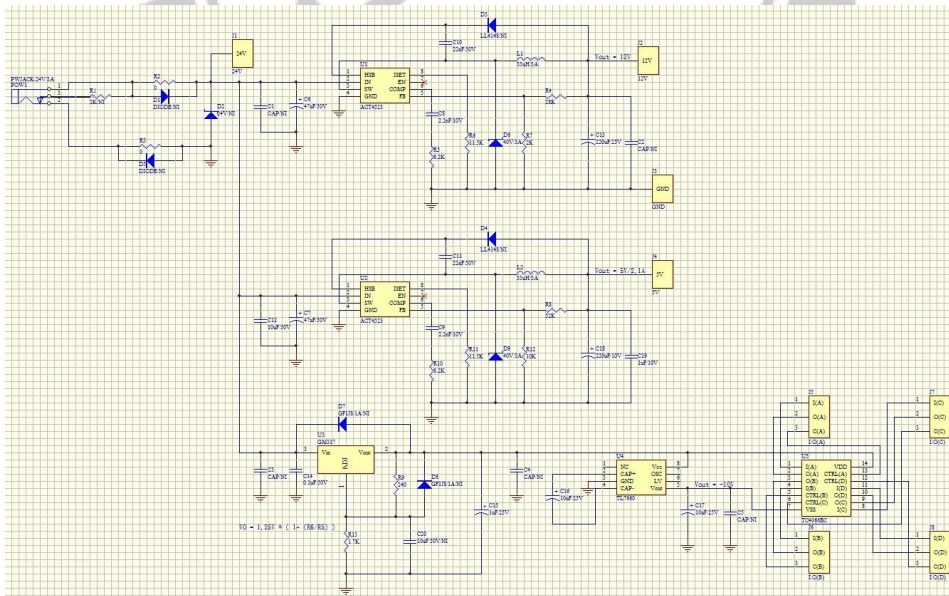


圖 3.9 整合電路

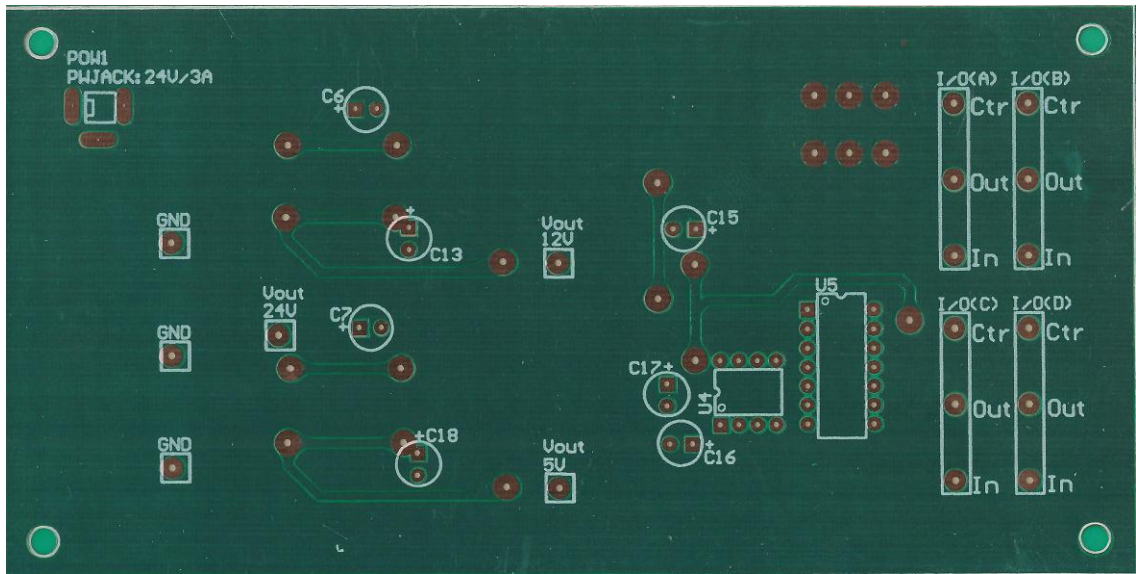


圖 3.10(a) 電路板 (正面)

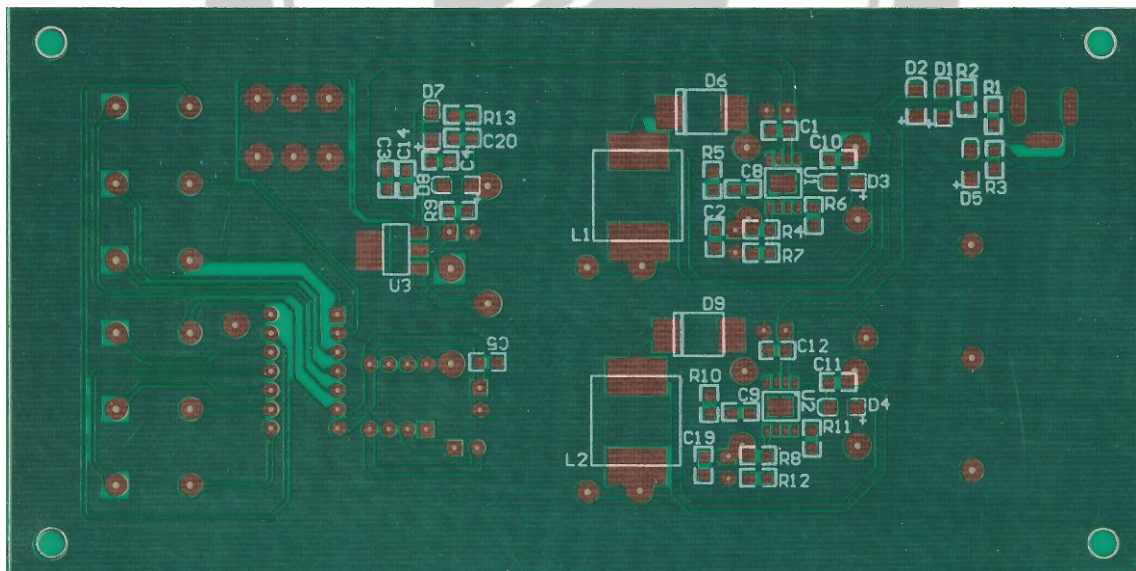


圖 3.10(b) 電路板 (背面)

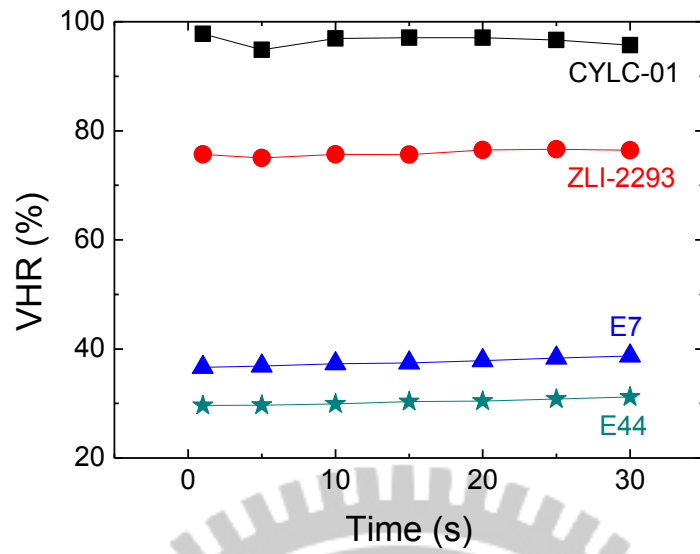


圖 4.1(a) 不同量測時間對 TN 液晶盒的電壓保持率關係

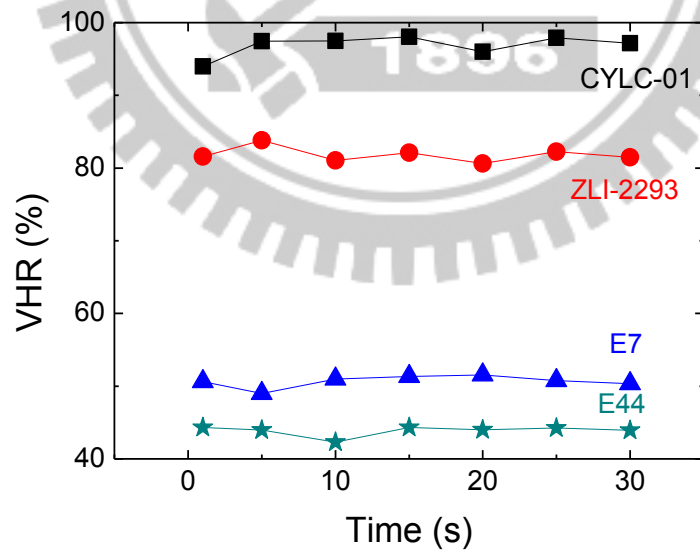


圖 4.1(b) 不同量測時間對反平行配向液晶盒的電壓保持率關係

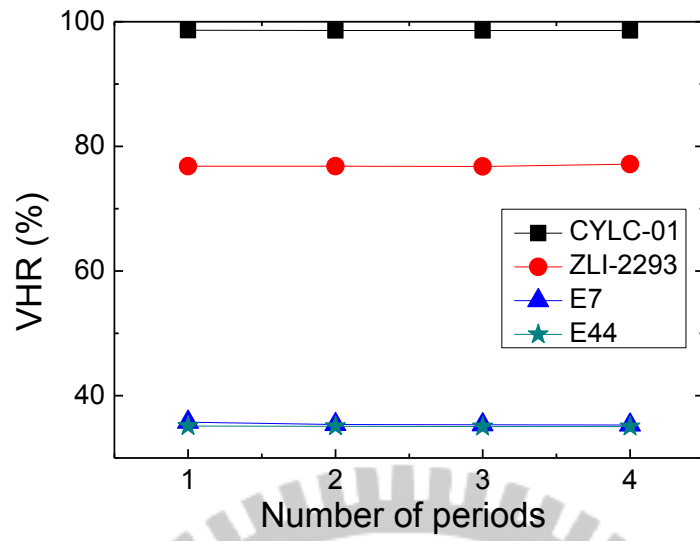


圖 4.2(a) TN 液晶盒前四個量測週期的電壓保持率關係

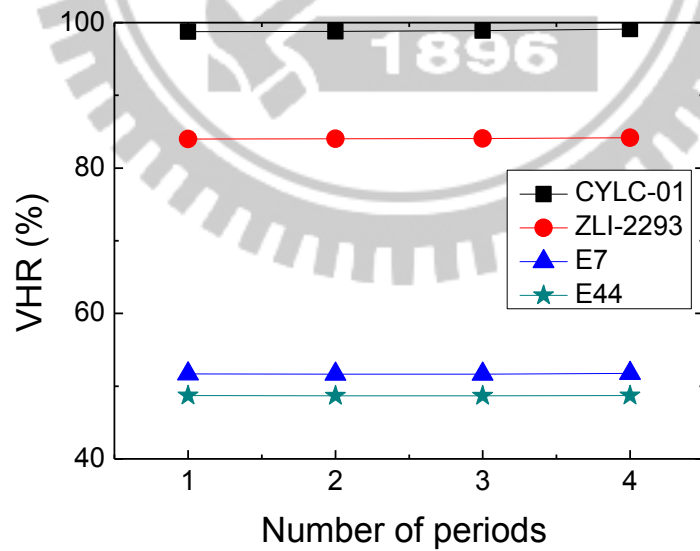


圖 4.2(b) 反平行配向液晶盒前四個量測週期的電壓保持率關係

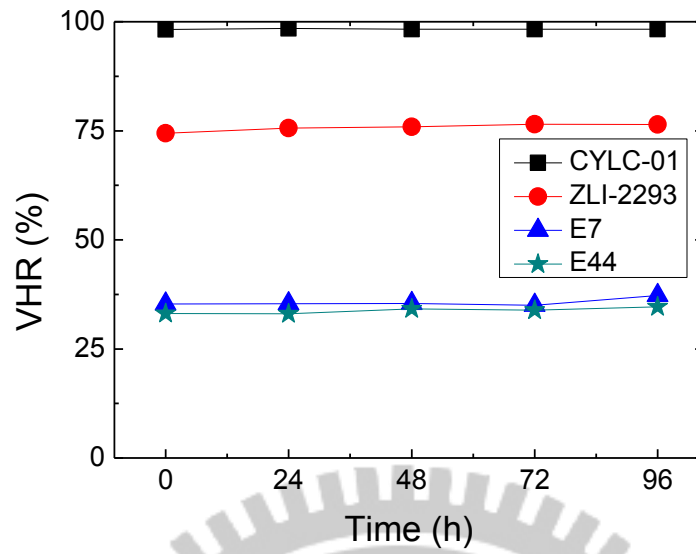


圖 4.3(a) TN 液晶盒長時間的電壓保持率

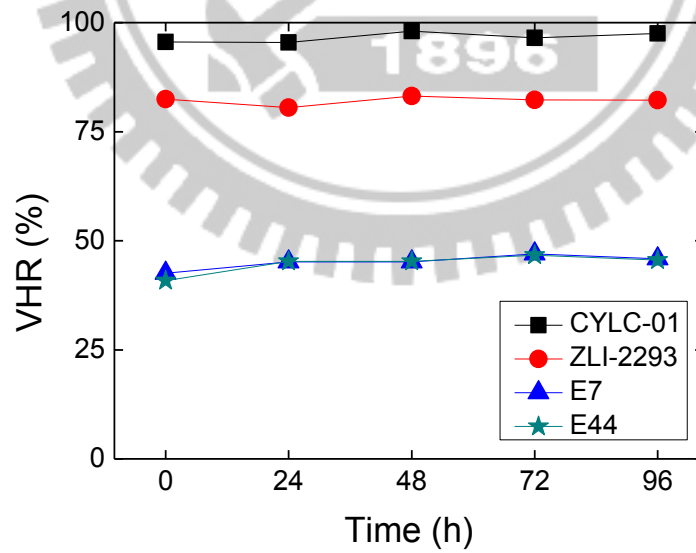


圖 4.3(b) 反平行配向液晶盒長時間的電壓保持率

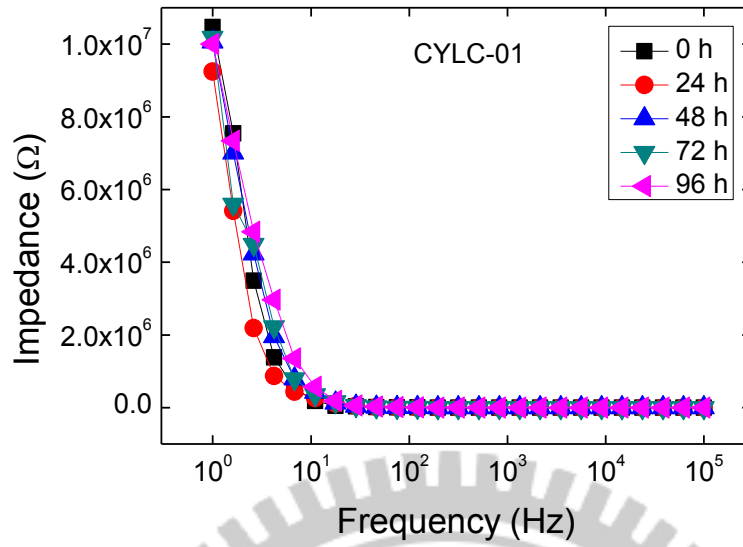


圖 4.4(a) TN 液晶盒加入 CYLC-01 長時間的阻抗頻譜

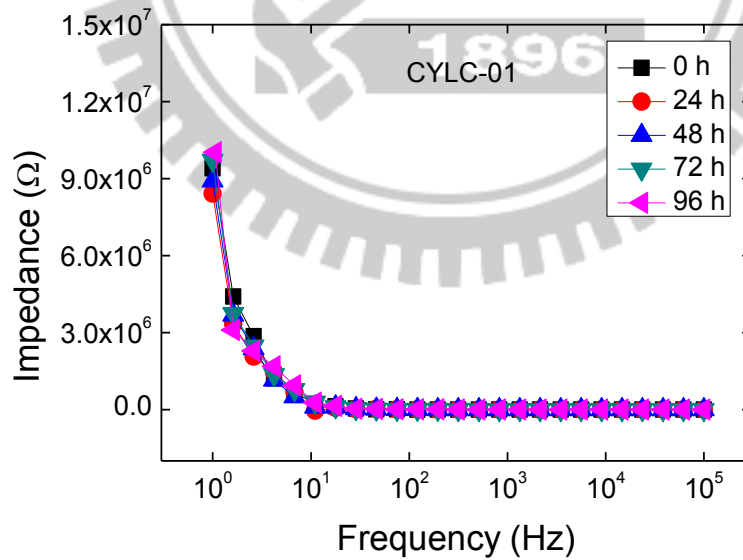


圖 4.4(b) 反平行配向液晶盒加入 CYLC-01 長時間的阻抗頻譜

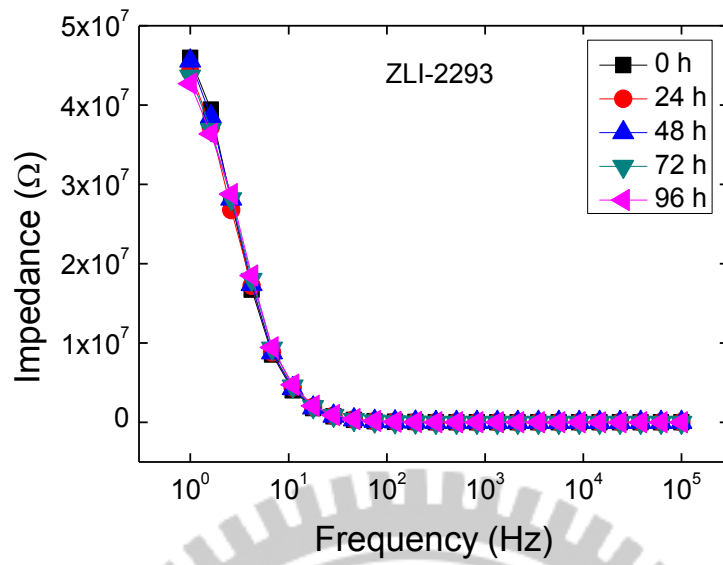


圖 4.5(a) TN 液晶盒加入 ZLI-2293 長時間的阻抗頻譜

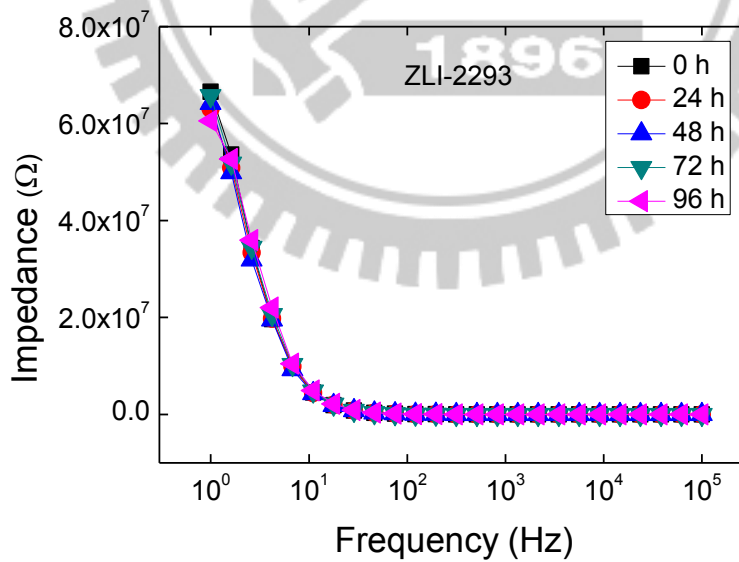


圖 4.5(b) 反平行配向液晶盒加入 ZLI-2293 長時間的阻抗頻譜

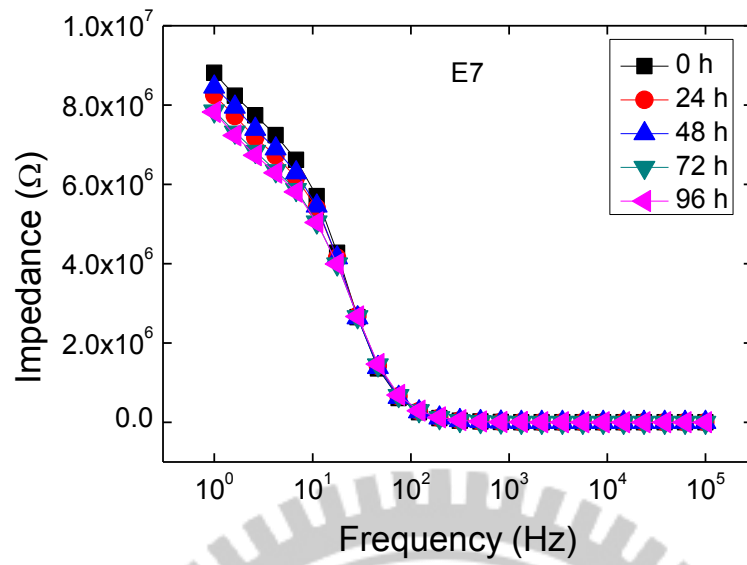


圖 4.6(a) TN 液晶盒加入 E7 長時間的阻抗頻譜

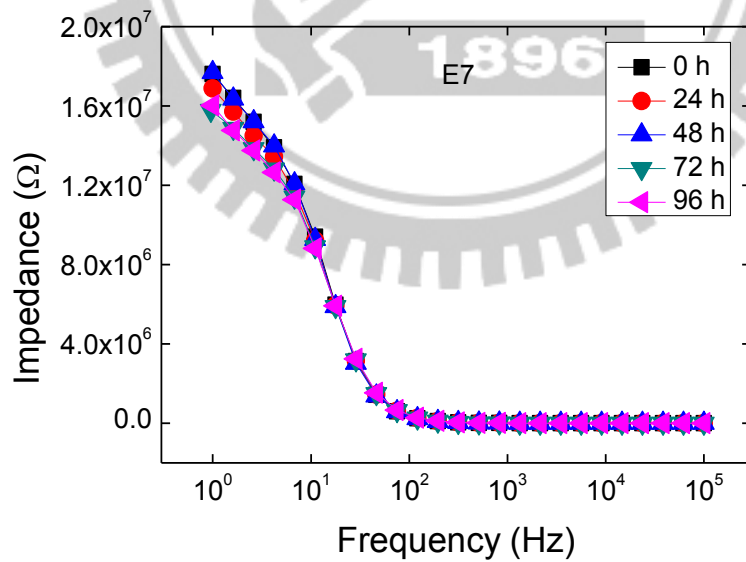


圖 4.6(b) 反平行配向液晶盒加入 E7 長時間的阻抗頻譜

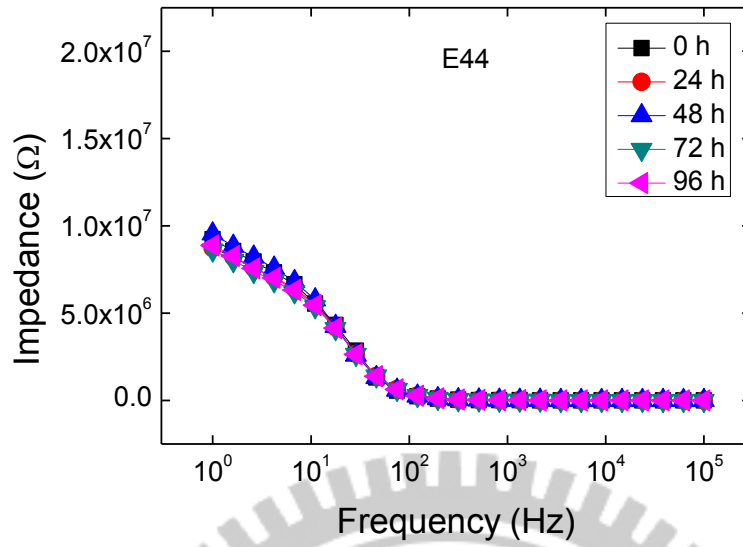


圖 4.7(a) TN 液晶盒加入 E44 長時間的阻抗頻譜

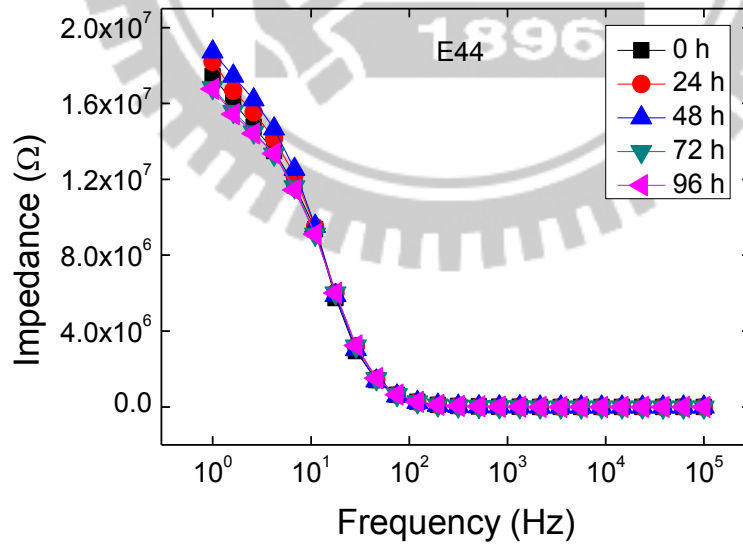


圖 4.7(b) 反平行配向液晶盒加入 E44 長時間的阻抗頻譜

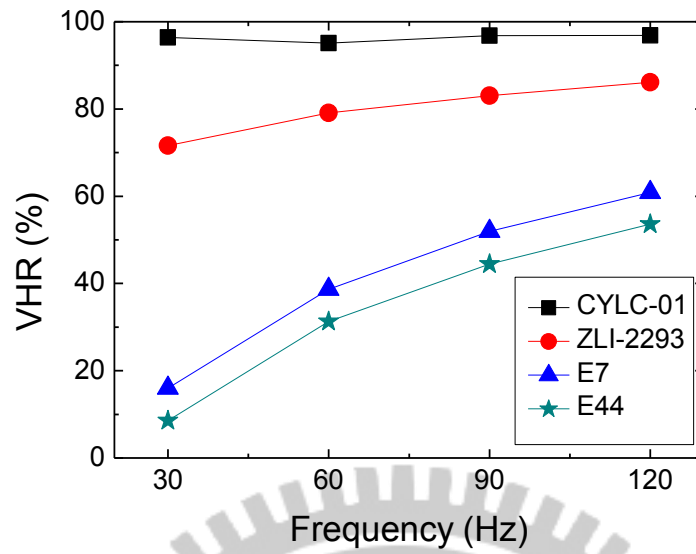


圖 4.8(a) TN 液晶盒電壓保持率隨頻率變化的關係

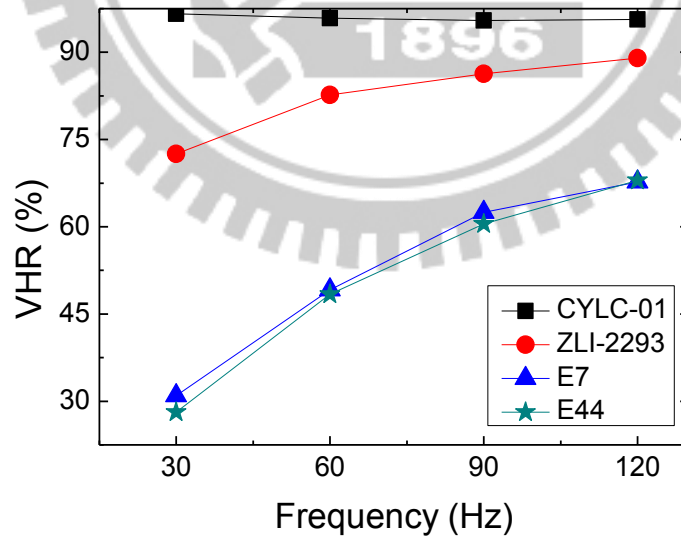


圖 4.8 (b) 反平行配向液晶盒電壓保持率隨頻率變化的關係

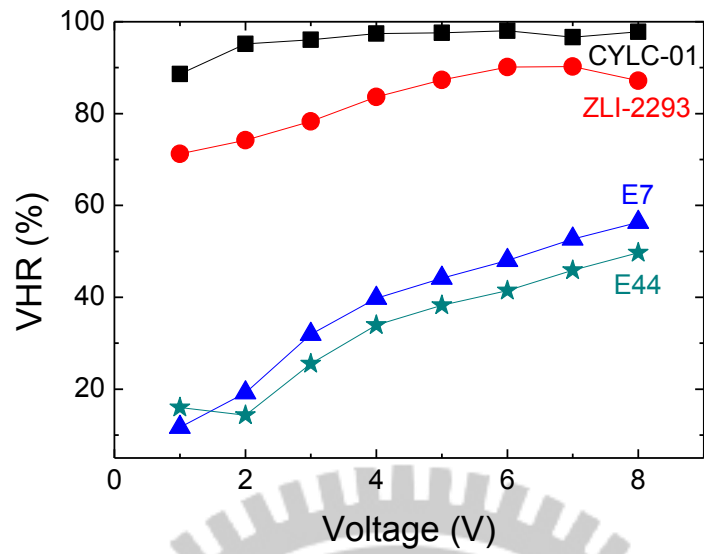


圖 4.9(a) TN 液晶盒電壓保持率隨電壓變化的關係。

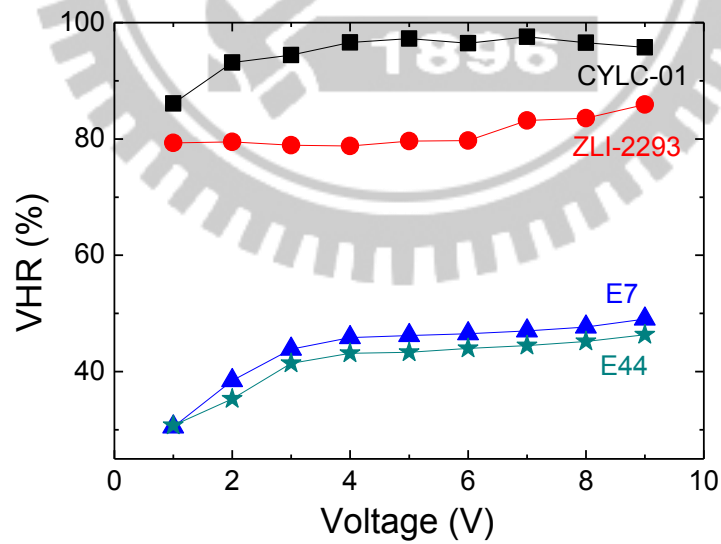


圖 4.9(b) 反平行配向液晶盒電壓保持率隨電壓變化的關係

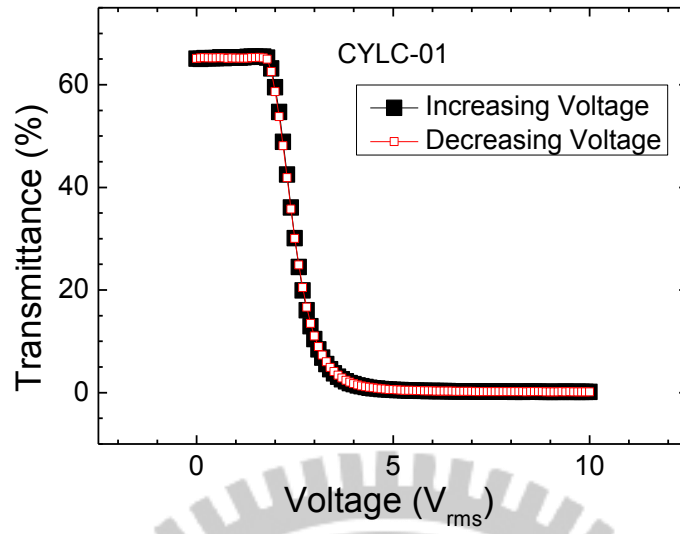


圖 4.10(a) TN 液晶盒加入 CYLC-01 電壓對穿透率的關係

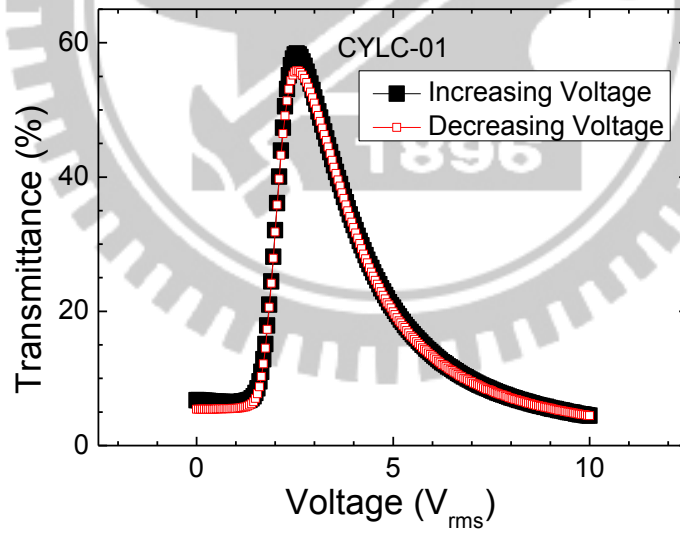


圖 4.10(b) 反平行配向液晶盒加入 CYLC-01 電壓對穿透率的關係

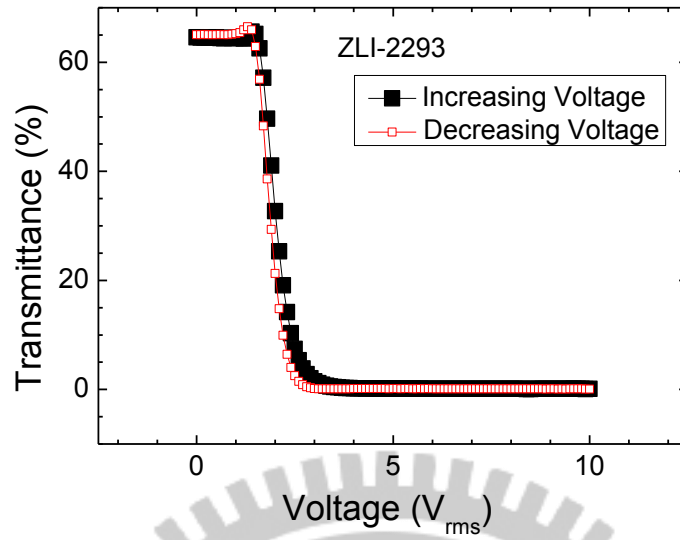


圖 4.11(a) TN 液晶盒加入 ZLI-2293 電壓對穿透率的關係

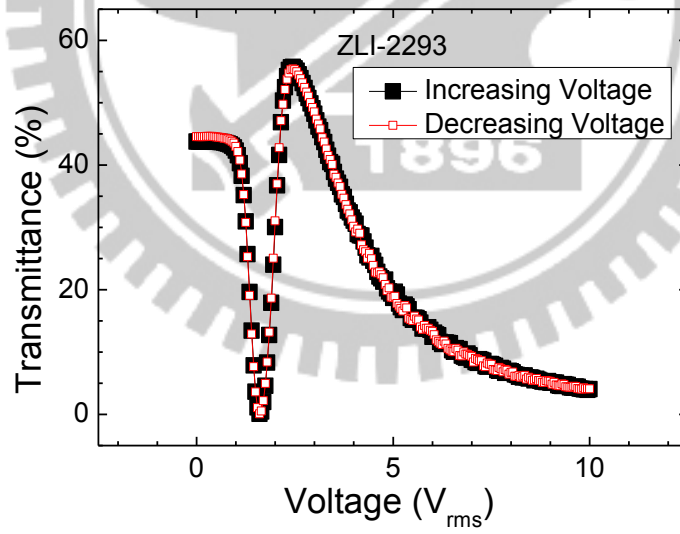


圖 4.11(b) 反平行配向液晶盒加入 ZLI-2293 電壓對穿透率的關係

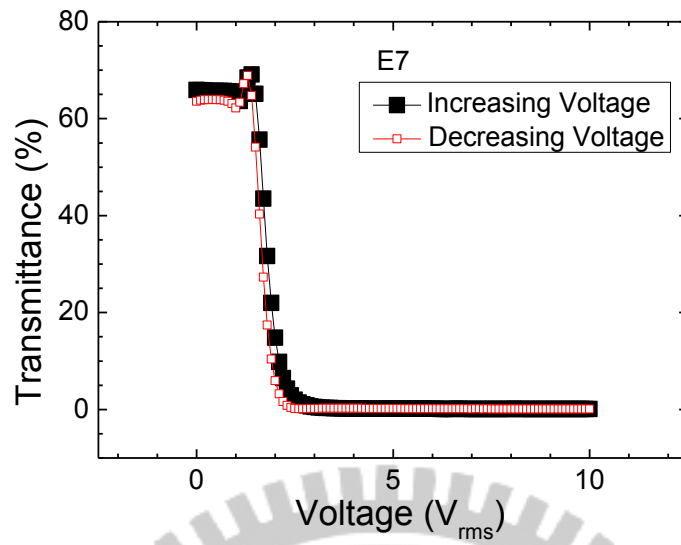


圖 4.12(a) TN 液晶盒加入 E7 電壓對穿透率的關係

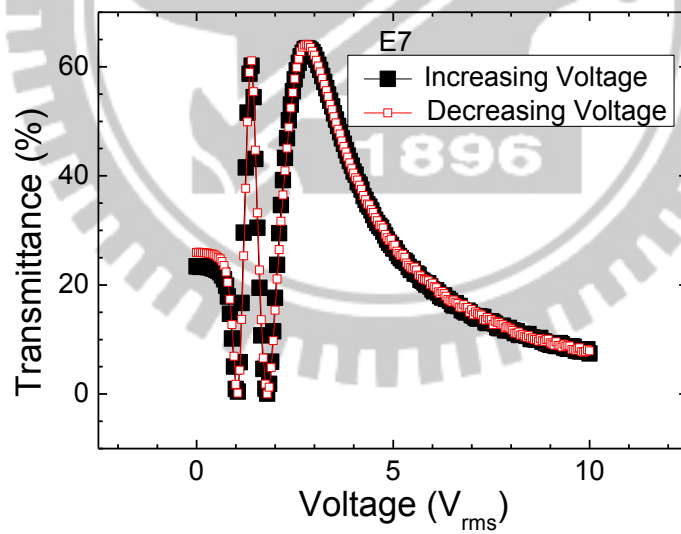


圖 4.12(b) 反平行配向液晶盒加入 E7 電壓對穿透率的關係

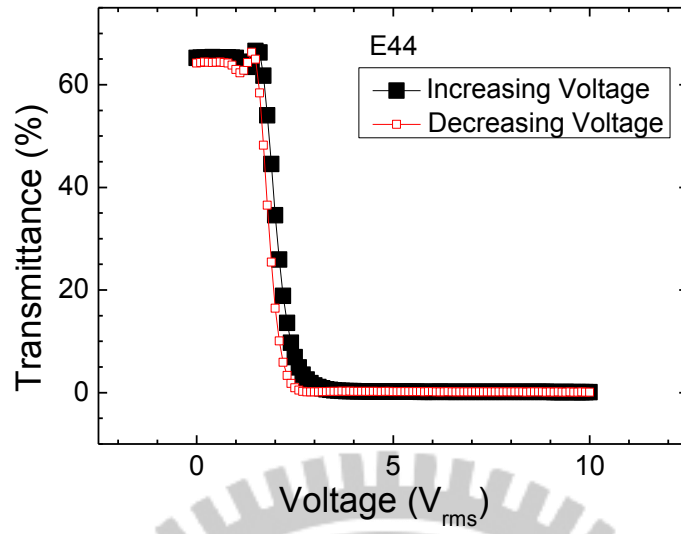


圖 4.13(a) TN 液晶盒加入 E44 電壓對穿透率的關係

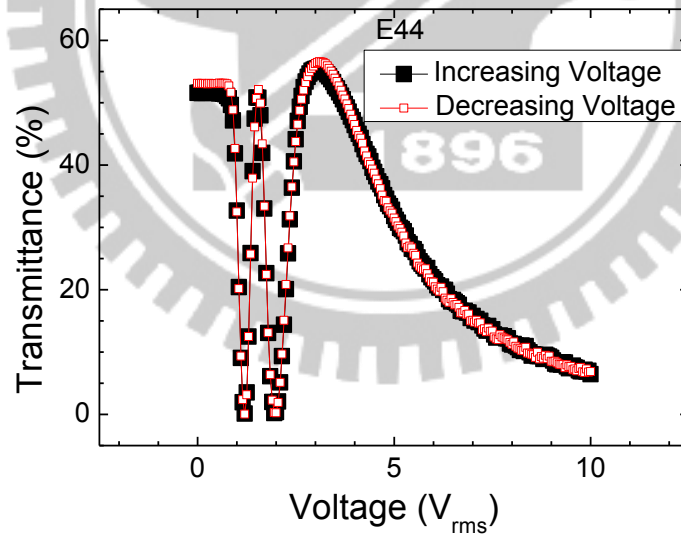


圖 4.13(b) 反平行配向液晶盒加入 E44 電壓對穿透率的關係

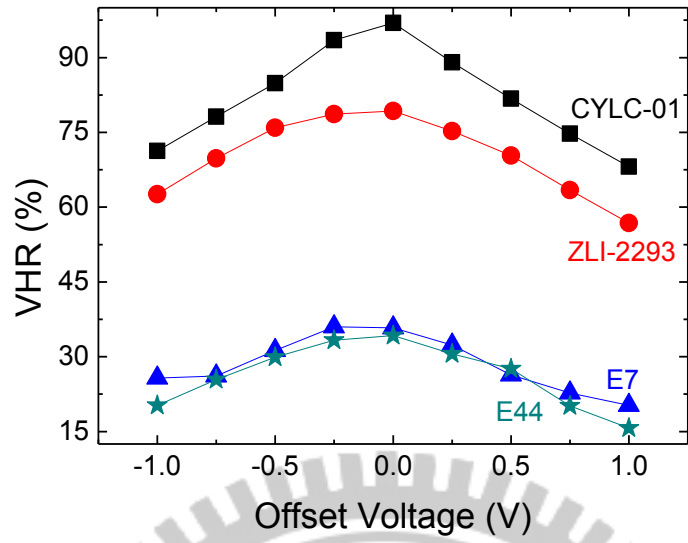


圖 4.14(a) TN 液晶盒電壓保持率對不同偏壓的關係

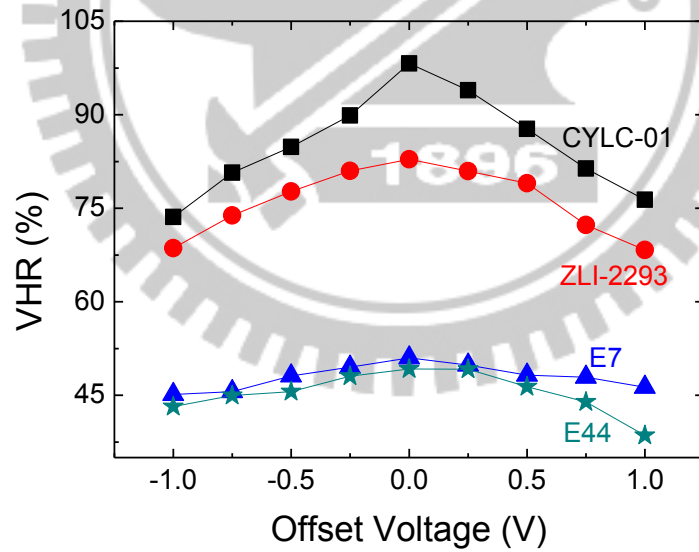


圖 4.14(b) 反平行配向液晶盒電壓保持率對不同偏壓的關係

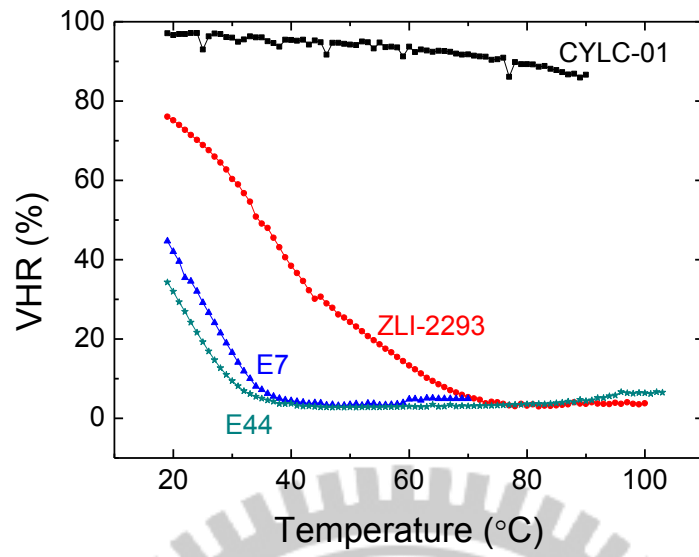


圖 4.15(a) TN 液晶盒電壓保持率與溫度關係

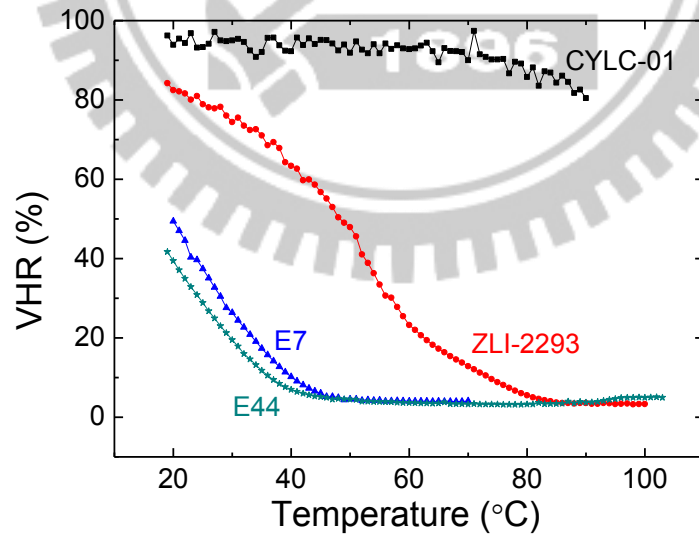


圖 4.15(b) 反平行配向液晶盒電壓保持率與溫度關係

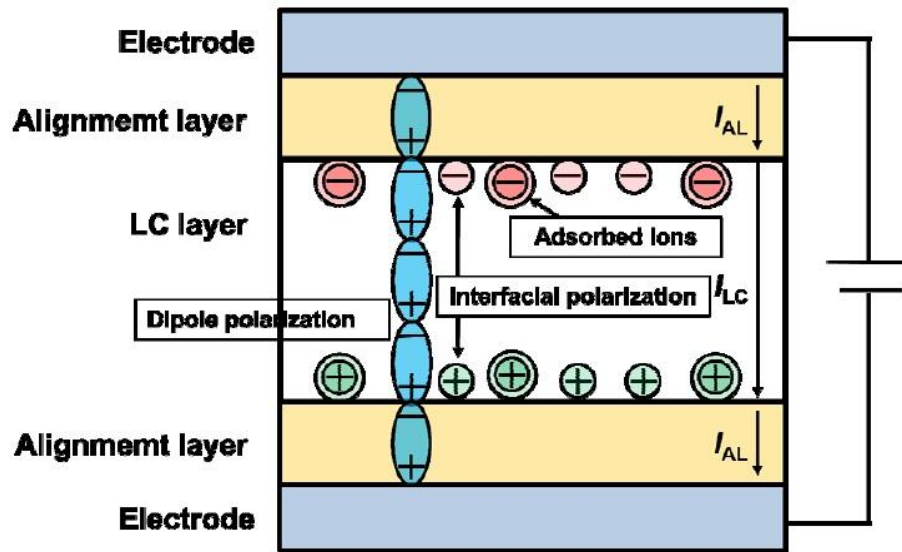


圖 4.16 對稱結構中產生殘餘直流電壓的機制



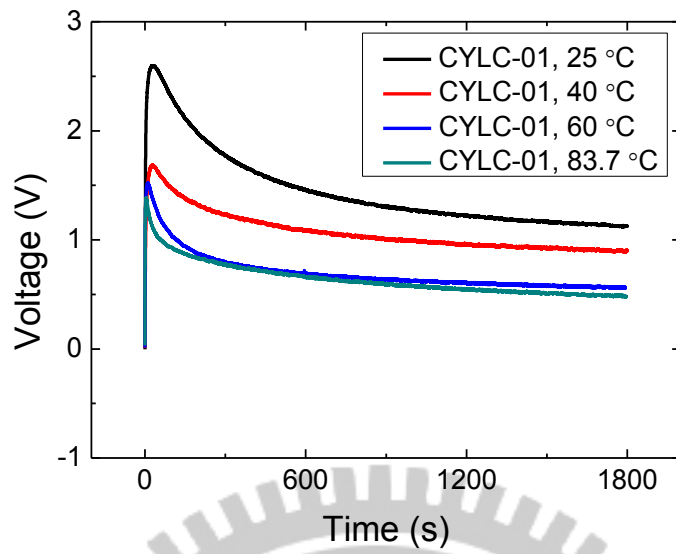


圖 4.17(a) TN 液晶盒加入 CYLC-01 殘餘直流電壓與溫度關係

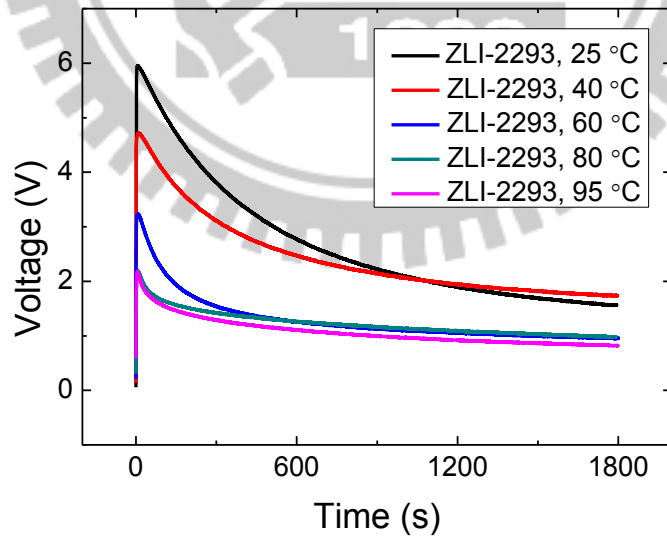


圖 4.17(b) TN 液晶盒加入 ZLI-2293 殘餘直流電壓與溫度關係

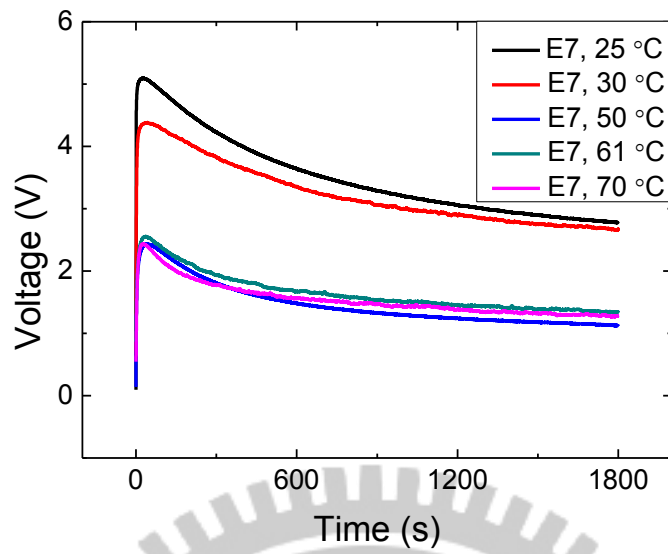


圖 4.17(c) TN 液晶盒加入 E7 殘餘直流電壓與溫度關係

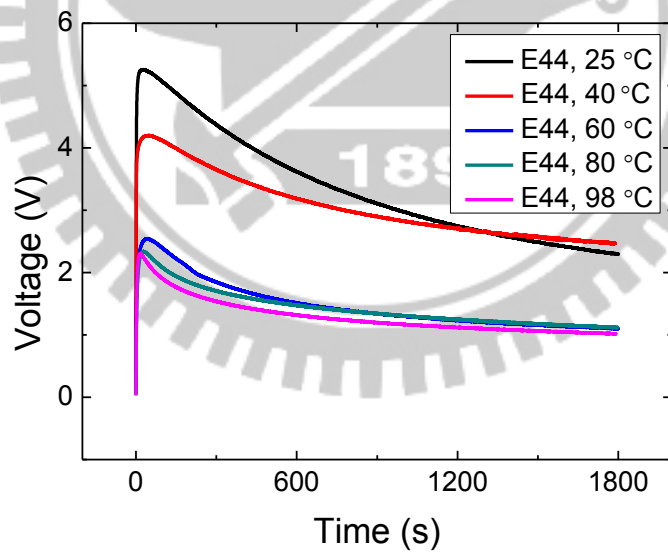


圖 4.17(d) TN 液晶盒加入 E44 殘餘直流電壓與溫度關係

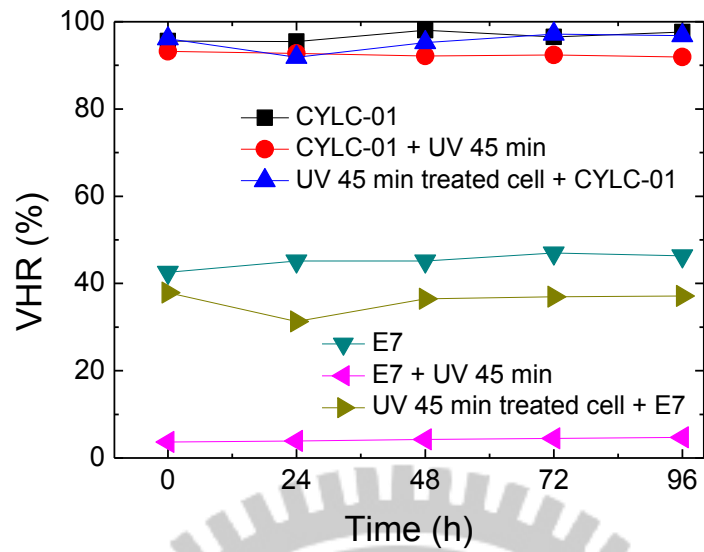


圖 4.18(a) 反平行配向液晶盒加入 CYLC-01 與 E7 電壓保持率隨照射 UV 條件變化之關係

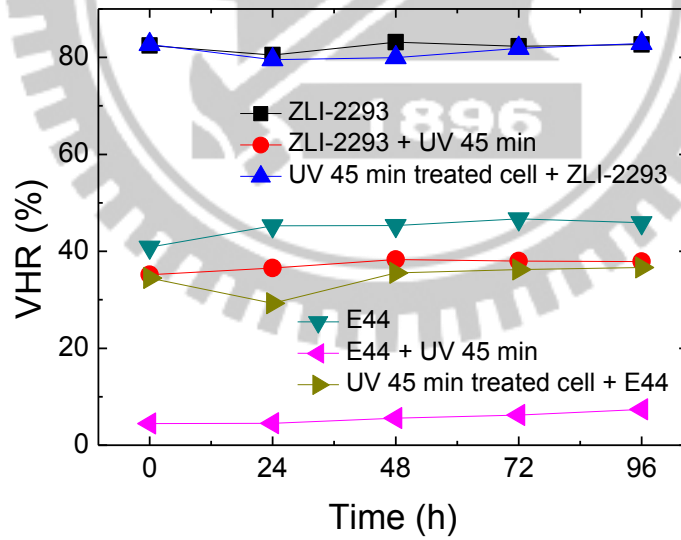


圖 4.18(b) 反平行配向液晶盒加入 ZLI-2293 與 E44 電壓保持率隨照射 UV 條件變化之關係

附錄一 液晶 CYLC-01 之物理特性

Physical property	Notation	Value	Units
Clearing point	T_c	80.1	°C
Optical anisotropy (589 nm, 20 °C)	Δn	0.0863	
	n_e	1.5719	
	n_o	1.4856	
Dielectric anisotropy (1 kHz, 20 °C)	$\Delta\varepsilon$	4.6	
	$\varepsilon_{ }$	7.5	
	ε_{\perp}	2.9	
Rotational viscosity (20 °C)	γ_1	82	mPa·s
Elastic constants (20 °C)	K_1	11	pN
	K_3	5.9	pN

附錄二 液晶 ZLI-2293 之物理特性

Physical property	Notation	Value	Units
Clearing point	T_c	85	°C
Optical anisotropy (589 nm, 20 °C)	Δn	0.1322	
	n_e	1.6312	
	n_o	1.4990	
Dielectric anisotropy (1 kHz, 20 °C)	$\Delta\varepsilon$	10	
	$\varepsilon_{ }$	14	
	ε_{\perp}	4.1	
Rotational viscosity (20 °C)	γ_1	162	mPa·s
Elastic constants (20 °C)	K_1	12.5	pN
	K_3	17.9	pN
	K_3/K_1	1.43	

資料來源：默克公司

附錄三 液晶 E7 之物理特性

Physical property	Notation	Value	Units
Clearing point	T_c	59	°C
Optical anisotropy (589 nm, 20 °C)	Δn	0.2255	
	n_e	1.7472	
	n_o	1.5217	
Dielectric anisotropy (1 kHz, 20 °C)	$\Delta\varepsilon$	14.3	
	$\varepsilon_{ }$	19.5	
	ε_{\perp}	5.2	
Rotational viscosity (20 °C)	γ_1	232.6	mPa·s
Elastic constants (20 °C)	K_1	11.01	pN
	K_3	17.01	pN
	K_3/K_1	1.54	

資料來源：大立高分子公司

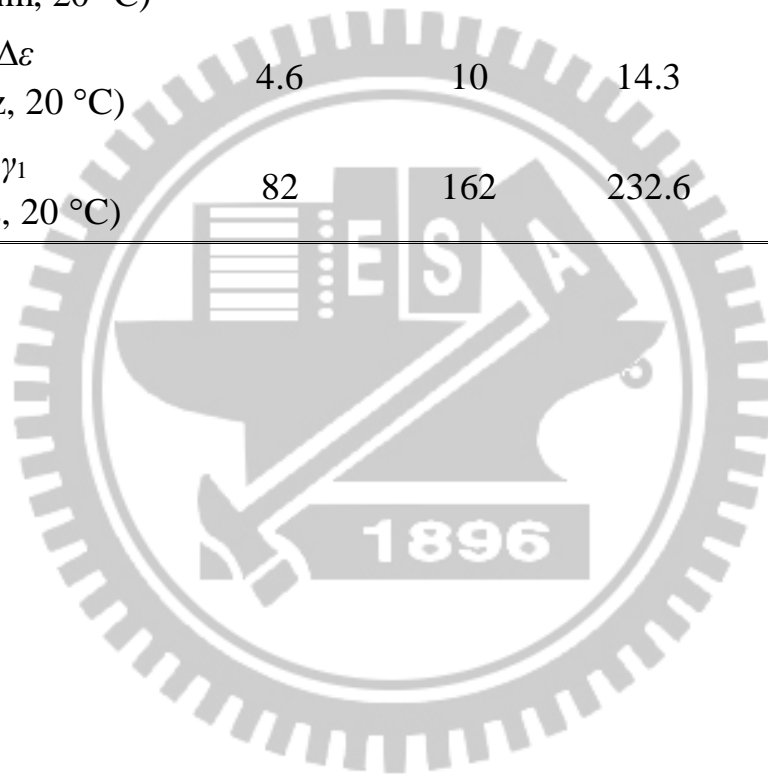
附錄四 液晶 E44 之物理特性

Physical property	Notation	Value	Units
Clearing point	T_c	92.9	°C
Optical anisotropy (589 nm, 20 °C)	Δn	0.2627	
	n_e	1.7904	
	n_o	1.5277	
Dielectric anisotropy (1 kHz, 20 °C)	$\Delta\varepsilon$	14.38	
	$\varepsilon_{ }$	19.42	
	ε_{\perp}	5.04	
Rotational viscosity (20 °C)	γ_1	303.24	mPa·s
Elastic constants (20 °C)	K_1	15.5	pN
	K_3	28	pN
	K_3/K_1	1.81	

資料來源：大立高子分子公司

附錄五 液晶材料重要參數比較表

Property	CYLC-01	ZLI-2293	E7	E44
T_c (°C)	80.1	85	59	92.9
ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	4.6×10^{14}	$>1.0 \times 10^{15}$	1.8×10^{12}	2.9×10^{11}
Δn (589.3 nm, 20 °C)	0.0863	0.1322	0.2255	0.242
$\Delta \varepsilon$ (1 kHz, 20 °C)	4.6	10	14.3	17.2
γ_1 (mPas, 20 °C)	82	162	232.6	303.24

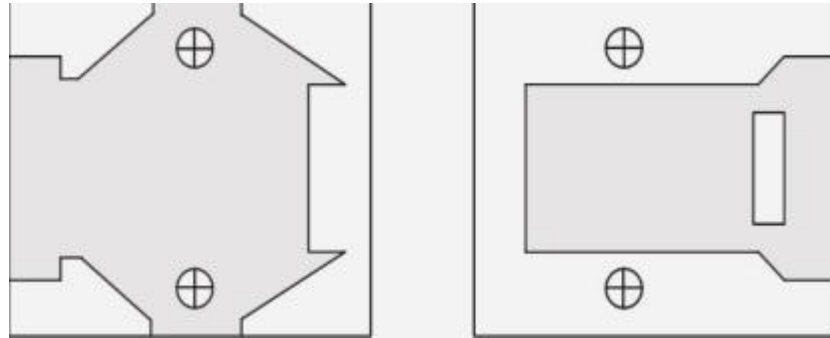


附錄六 配向劑 SE-2170

Appearance	Clear pale brown
Solid content	8.0 ± 0.4 %
Viscosity	220 ± 30 cps
Density	1.02
Solvent	NMP / Butylcellosolve = 7.2 / 2
Impurity Na	Below 1.0 ppm
Decomposition temp	350 °C
Film pencil hardness	H ~ 2H
Visible transmission	91 %
Water absorption	1.3 %
Reflective index	1.69
Dielectric constant	3.0
Pretilt angle	2 deg

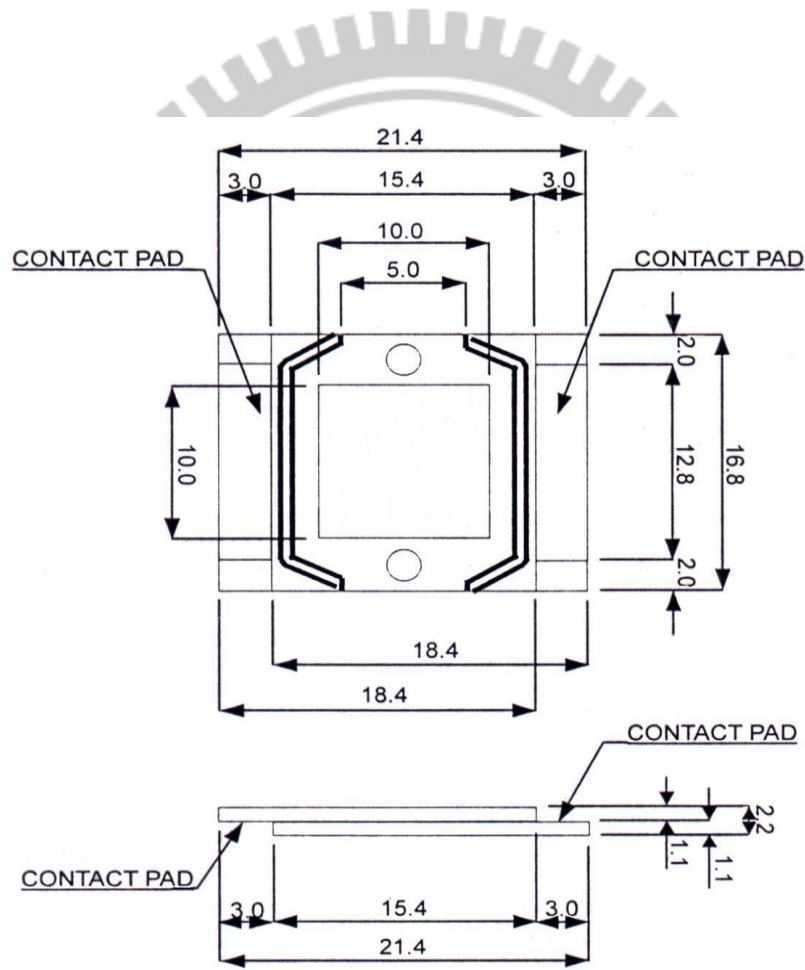
資料來源：NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD

附錄七 美相液晶盒



(a)

(b)



(c)

(a) 上基板；(b) 下基板；(c) 上視和側視圖