

液晶面板 Cell Gap 量測技術

莊凱評^a、G. Dyankov^a、劉志祥^a、林友崧^a、王浩偉^b

a. 工業技術研究院量測中心

kpchuang@itri.org.tw

b. 明志科技大學機械工程系

摘要

本論文提出一利用光譜量測的方法來量測液晶層 cell gap 的厚度，待測物為一已經注入液晶的 TN 型式面板，並在已知液晶材料的折射率(波長 589 奈米)及液晶預傾角 (Pre-tilt Angle) 的情況下，我們設計了一量測方法來決定 Cell Gap 厚度，從一開始如何量測液晶扭轉角 (Twist Angle) 及液晶配向角 (Rubbing Direction Angle)，到如何量測計算得到 Cell Gap 厚度。在 Cell Gap 的理論計算上，主要是利用光譜量測方法所計算得到的相位差 (Retardation)，並在已知波長 589 奈米的液晶折射率情況下，我們可以求得 cell gap 的厚度。對於量測的系統架構，我們使用一自行開發的多通道影像式光譜儀來量測樣品的光譜資訊。我們透過量測方法及系統架構的開發，以期滿足線上快速檢測的需求。

關鍵字：液晶、光譜儀、Cell Gap、相位差。

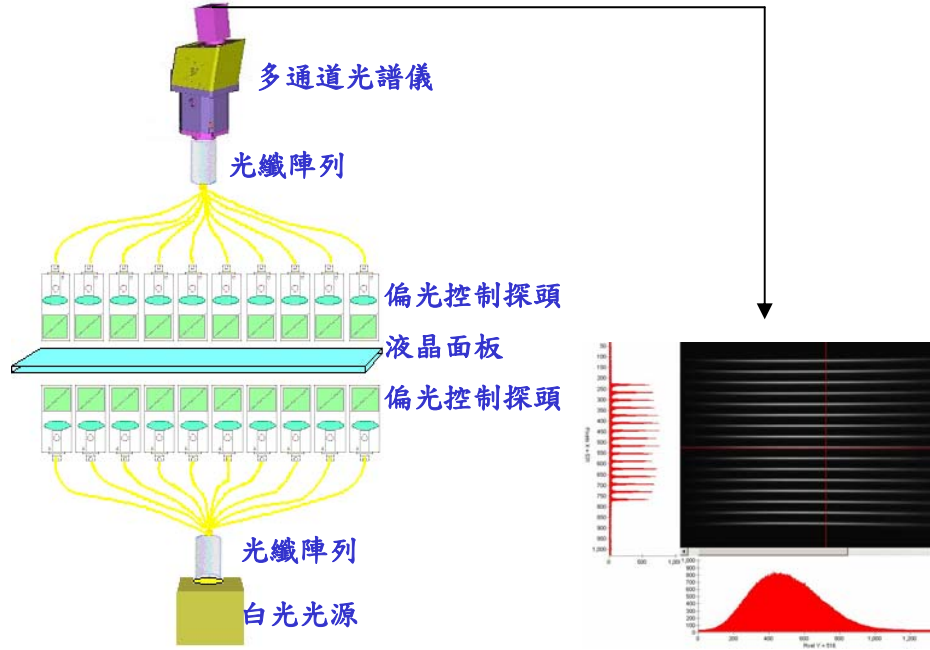
壹 前言

液晶面板模組中的液晶間隙 (Liquid Crystal Cell Gap) 厚度的不均勻，將會直接影響到面板顯示影像的品質，例如影像對比度及 MURA 現象的產生等。目前在面板廠生產線上的 Cell Gap 檢測方式主要是選定面板上特定幾個位置進行抽檢，但是隨著面板尺寸越做越大，在考慮到厚度均勻性問題時，抽檢的位置個數勢必隨著增加，以現有的檢測方式必須藉由單探頭配合待測面板的移動，檢測的時間將會更長。因此，我們在節省設備成本的考慮下提出一多通道的檢測方式來滿足此需求，並達到快速檢測的目的。

Cell Gap 的檢測可分為液晶注入之前 (Empty Cell Gap) 及之後 (Filled LC Cell Gap) 做檢測，檢測方式大致上可以分成兩類，分別為單波長 (Single Wavelength) 量測方法[1-3]及光譜 (Spectrum) 量測方法[4-6]。單波長方法主要的缺點是對於 Empty Cell Gap 無法量測。本文所敘述的方法是利用所開發的多通道光譜儀所量測到的光譜曲線來計算 Cell Gap 厚度，此外，並說明如何利用相同的量測架構來決定液晶扭轉角度 (Twist Angle) 及液晶配向角度 (Rubbing Direction Angle)。

貳 實驗方法

本實驗方法主要是利用偏極光通過待測液晶盒 (Liquid Crystal Cell) 所產生的相位差 (Retardation)，藉由控制檢偏器 (Analyzer) 並藉由光譜儀來量得穿透頻譜，以求得液晶盒相位差，並在已知液晶材料的雙折射率 (Birefringence) 下計算 Cell Gap 厚度。實驗架構如圖一所示，量測系統所使用的元件包含：白光光源、光纖陣列 (Fiber Array)、光準直鏡 (Collimator)、偏光片 (Polarizer) 及多通道光譜儀。



圖一 多通道 Cell Gap 量測架構（左圖）及多通道光譜影像圖案（右圖）。

如圖一所示的實驗架構，其為一基本的 PSA（Polarizer-Sample-Analyzer）偏光量測方法，若待測樣品為一向列型扭轉液晶盒（Twist Nematic LC Cell），則由光譜儀所接收到的穿透光譜曲線可以此方程式（1）來表示[5]：

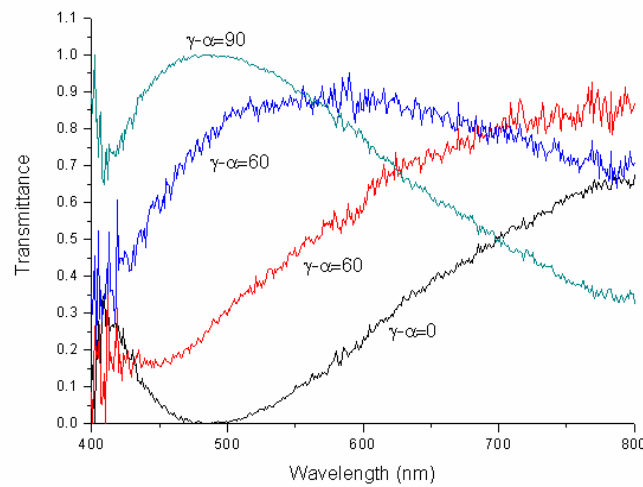
$$T = [\cos \beta \cos(\phi - r + \alpha) + \frac{\phi}{\beta} \sin \beta \sin(\phi - r + \alpha)]^2 + [\frac{\delta}{\beta} \sin \beta \cos(\phi - r - \alpha)]^2 \quad (1)$$

其中 ϕ 是液晶扭轉角度， α 及 r 分別是 Polarizer 及 Analyzer 相對於液晶盒配向之角度，而 $\beta^2 = \delta^2 + \phi^2$ ，其中 $\delta = \pi \Delta n \cdot d / \lambda$ ， d 是 Cell Gap 厚度， $\Delta n = n_e - n_o$ 是雙折射率， n_e 是非尋常光之折射率（Extraordinary Index）， n_o 是尋常光之折射率（Ordinary Index）， λ 是光波波長。對於 TN 型式的液晶面板而言，對於雙折射率參數還必須考慮預傾角 θ （Pre-tilt Angle）因素，因此雙折射率 $\Delta n = n_e - n_o$ 可以寫成如方程式（2）所示，

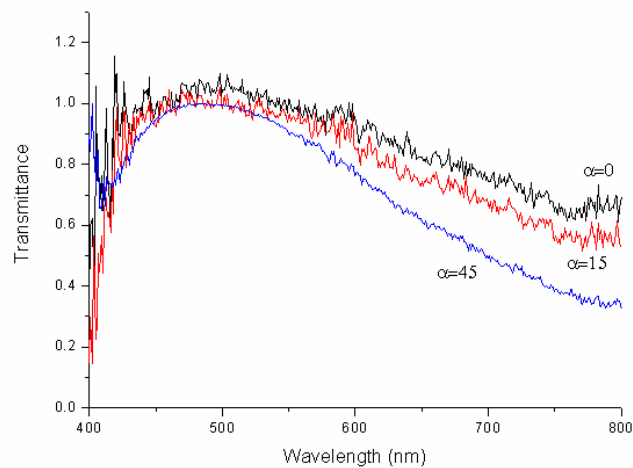
$$\Delta n = \frac{n_e}{\sqrt{1 + (\frac{n_e^2}{n_o^2} - 1) \sin^2 \theta}} - n_o \quad (2)$$

根據方程式（1），為了求得準確的 Cell Gap 厚度，必須先量得實際的液晶扭轉角度。液晶扭轉角度的量測方式為當起始條件 Polarizer 和 Analyzer 光軸相互平行，其中 Polarizer 和 Analyze 的角度是已知，在固定 Polarizer 和待測樣品時，只要旋轉 Analyzer，直至光穿透率為最強，此時 Analyzer 所旋轉改變的角度即為此待測樣品的扭轉角度 ϕ ，如圖二所示，在 $\gamma - \alpha = 90^\circ$ 時為最大，因此扭轉角度為 90° 。接著固定此時的 Polarizer 和 Analyzer 的角度，同步同方向旋轉 Polarizer 和 Analyzer，當得到穿透光譜

曲線長波長對短波長對比為最大及最小時，此時即為液晶配向的角度位置，如圖三所示量測結果為 45 度之液晶配向角度。



圖二 以旋轉 Analyzer 量測液晶扭轉角度。



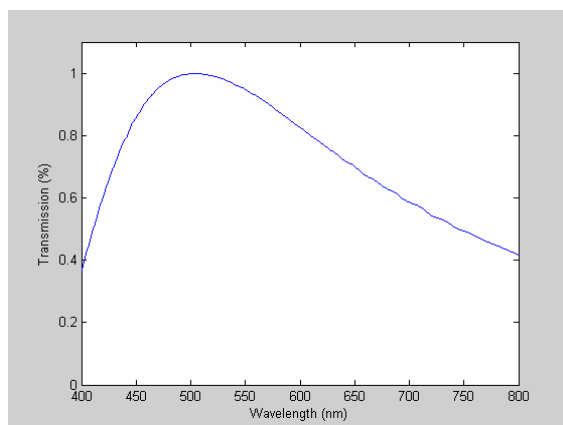
圖三 以同步同向旋轉 Polarizer 和 Analyzer 量測液晶配向角度。

在已知液晶雙折射率 $\Delta n = n_e - n_o$ 、液晶扭轉角度 ϕ 及預傾角 θ 的情況下，且參數 α 及 r 為已知之控制參數，我們可以根據方程式 (1) 來直接計算 Cell Gap 的厚度 d 。對於此由三角函數所組成的方程式，勢必會遇到多組解的問題，我們可以根據液晶材料及面板型式，給予求解方程式時之適當的邊界條件。

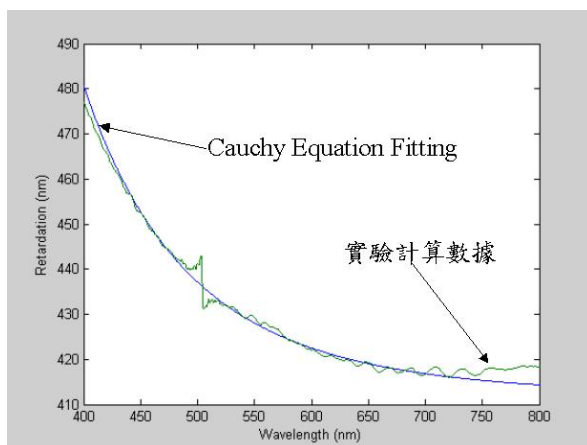
參 實驗結果

我們量測一 TN 樣式的液晶面板，其在波長 589nm 的 $\Delta n = n_e - n_o = 0.1$ 和預傾角 $\theta = 0$ 度，且控制參數 $\alpha = 45$ 度及 $r = 135$ 度，我們可以藉由光譜儀量測光譜曲線分布，在經過 Savitzky-Golay 平滑的處理以消除高頻雜訊，得到如圖四之光譜曲線。將此實驗參數及量測到的光譜數據帶入方程式 (1)，

求得如圖五中所示的由實驗值所計算而得的相位差數據曲線，此計算而得的數據為非連續之離散值，因此，透過 Cauchy Equation ($\Delta n = A + B \frac{1}{\lambda^2} + C \frac{1}{\lambda^4}$) 做曲線的逼近，得到圖五中的逼近曲線。由此計算而得的相位差分布在波長 589nm 的值為 426.1nm，我們將此數值除以雙折射率 0.1，可以得到 Cell Gap 厚度為 4261nm。



圖四 光譜儀所量得之穿透光譜曲線。



圖五 在不同波長的相位差分布圖。

肆 結論

我們透過 Analyzer 的旋轉，可以得到向列型扭轉液晶盒的扭轉角度，並藉由同時旋轉 Polarizer 和 Analyzer 可以決定液晶配向角度。另外，藉由量測到的穿透光譜計算得到波長 589nm 的相位差值，並根據已知之液晶雙折射率來計算 Cell Gap 厚度。除了量測預傾角外，此論文敘述了一利用光譜方法針對 Cell Gap 參數的量測方式，然而計算 Cell Gap 厚度方式除了本文所提之直接求解法外，仍有許多其它方法可以求解，影響所及不外乎求解的速度及準確度。本文另外一個重點即提出一多通道的量測方法，利用實驗室已經開發完成之多通道光譜儀，來達到提升量測速度及降低設備成本的需求。

伍 參考文獻

- [1] Y. Zhou, Z. He, and S. Sato, "A novel method for determining the cell thickness and twist angle of a twisted nematic cell by stoke parameter measurement", Jpn. J. Appl. Phys., Part 1 36, 2760 (1997).
- [2] J. S. GWAG, K.-H. PARK, G.-D. LEE, T.-H. YOON and J. C. KIM," Simple Cell Gap Measurement Method for Twisted-Nematic Liquid Crystal Cells", Jpn. J. Appl. Phys., 43, L30 (2004).
- [3] V. Durán, J. Lancis, E. Tajahuerce and Z. Jaroszewicz," Cell parameter determination of a twisted-nematic liquid crystal display by single-wavelength polarimetry", J. Appl. Phys., 97, 043101, (2005).
- [4] S-T Wu and G. Xu," Cell Gap and Twist Angle Determinations of a Reflective Liquid Crystal Display", IEEE Trans. on Elect. Devices, 47, 12 (2000).
- [5] S. T. Tang and H. S. Kwoka," Transmissive liquid crystal cell parameters measurement by spectroscopic ellipsometry", J. Appl. Phys., 89, 80, (2001).
- [6] J. S. Chaea and S. G. Moon," Cell parameter measurement of a twisted-nematic liquid crystal cell by the spectroscopic method" J. Appl. Phys., 95, 3250, (2004).