

利用低同調干涉儀量測液晶盒的斷層結構

Measuring the fault structure of liquid crystal cell by low coherence interferometer

Fang-Wen Sheu^{a,b} (許芳文), Ching-Huang Chang^b (張境晃) and Yi-Ping Chen^a (陳怡萍)

^a Department of Applied Physics, National Chiayi University.

^b Institute of Optoelectronics and Solid State Electronics, National Chiayi University.
300 Syuefu RD., Chiayi City 60004, Taiwan.

Phone : 05-2717993, Fax : 05-2717909, E-Mail : fwsheu@mail.ncyu.edu.tw

(NSC-93-2112-M-415-004)

Abstract --- 我們設計製作一個低同調干涉儀用來測量液晶盒樣本斷層結構厚度。低同調干涉儀兼具高解析度、高靈敏度、系統結構簡單以及整體儀器價格便宜等優點。整個低同調干涉儀是以麥克森干涉儀為主體，搭配寬頻光源來做系統的光源，利用寬頻光源的低同調特性，我們可以得到約為 14 μm 的量測解析度。我們利用這個系統來測量我們自己製作的液晶盒樣本，而整個灌液晶的空腔高度是決定於間隙物的厚度，由廠商所提供的數據資料間隙物厚度為 50 μm ，我們利用自製的量測系統量測出間隙物的厚度也為 50 μm ，這樣証明了廠商給我們的數據資料是正確的，也証明了我們的量測系統的精確度。

Keywords: 低同調干涉儀、液晶盒、斷層攝影

前言

低同調干涉術 (Low Coherence Interferometry, LCI) 在西元 1972 年由 P. A. Flourney 所發現並用於 10 微米以下細薄膜厚度的量測[1]，開始成為量測元件厚度與折射率的工具之一；隨著半導體光源製程的進步[2]，LCI 所需要的高亮度 (光輸出功率可達 100 mW) 高頻寬 (光源頻譜頻寬可達 100~200 nm) 光源得到良好的改善[3]，因此開始使用於高散射的生物組織深度定位上。在西元 1991 年時，一位日本學家 J. G. Fujimoto 利用低同調干涉術對生物組織做深度的掃描，並搭配對組織的橫向掃描，這樣就得到了組織內部的二維斷層影像，這種新的掃描影像技術稱為光學同調斷層掃描術 (Optical Coherence Tomography, OCT) [4]。

實驗原理

我們利用干涉的方法來測量待測物的厚度，我們實驗的干涉儀的系統是一個麥克森干涉儀架構 (圖 1)，光由光源出來後，經分光鏡分成二道光束，一道光束經反射鏡 M1 反射，另一道光經反射鏡 M2 反射回來，這兩道光再次經過分光鏡後重合然後到達屏幕。兩道光束重合時會因為光程差的不同而讓兩道光的相位產生變化，因此兩道光束會在屏幕上產生干涉現象。不過當兩道光束的光程差遠大於某個距離時就看不到干涉的產生，此距離稱為同調長度 (Coherence length, L_c)。如果光源的同調長度愈長，代表干涉時兩道光束的光程差可以相差很大也會有干涉現象，反之如果光源的同調長度很短的話，那只有在兩道光束幾乎沒光程差的情況下才會形成干涉。然而光源的同調長度和光源的頻寬成反比，所以頻寬越寬的光源其同調長度越短。因此利用寬頻光源同調長度較短的特性，我們可以拿來對待測物體做厚度的測量。只要把原本麥克森干涉儀某一端的反射鏡改換成我們要測量的待測物體，另外一端的反射鏡做掃描移動，當樣本結構中某一個介面會將原本穿透的光束給反向散射回去，並重合於另一道具有相同光程的參考光時就會產生干涉。所以當反射鏡做連續掃描時，我們可以量測到一連串的干涉波包，這些波包代表樣本在不同深度的介面之背向散射光的干涉結果，因此可以得到待測樣本斷層結構的厚度資訊。

我們用高亮度發光二極體 (Superluminescent Diode, SLD) 做為此麥克森干涉儀的光源。SLD 是一個低同調光源，其特性為光源頻譜的頻寬較大，光源的同調長度也較短，圖 2 為 SLD 光源頻譜的測量圖，其中心波長 $\lambda_0 = 836 \text{ nm}$ ，頻寬 (FWHM) $\Delta\lambda = 22 \text{ nm}$ 。由下面的公式可以得到同調長度 (L_c) 與光源中心波長和波長的半高全寬 $\Delta\lambda$ 的關係：

$$L_c = 0.44 * \frac{\lambda_0^2}{\Delta\lambda}$$

由式子可以計算出 SLD 光源的同調長度理論值為 $L_c = 13.9 \mu\text{m}$ 。我們自己利用反射鏡當樣本所量測的同調長度結果為 14 μm (如圖 3)，代表說這套量測系統的解析度為 14 μm ，也就是說這套量測系統能鑑別出 14 μm 以上的厚度距離。

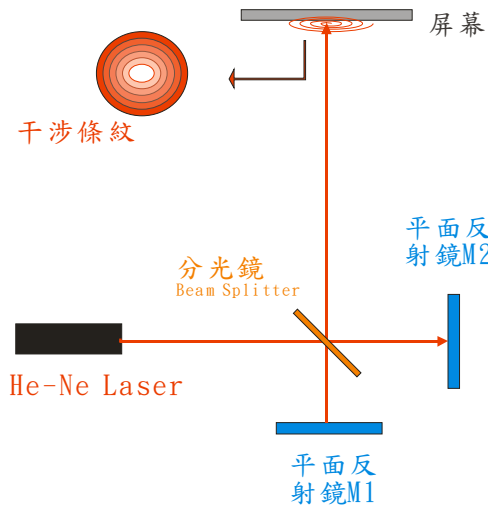


圖 1 麥克森干涉儀。

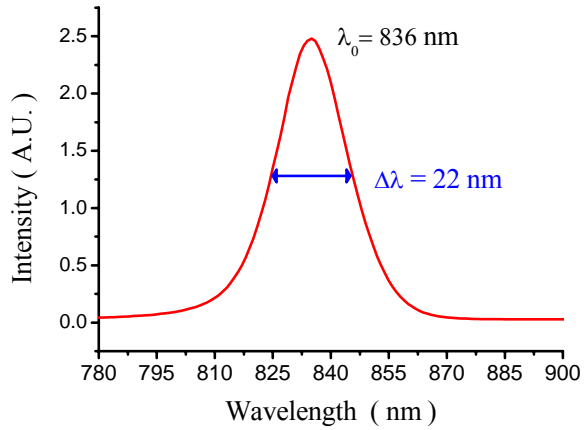


圖 2 SLD 寬頻光源的頻譜測量結果。

實驗方法

我們對液晶盒樣本中的間隙物做厚度的測量。由廠商給我們的間隙物厚度的數據資料為 $50\ \mu\text{m}$ ，因此我們利用低同調干涉儀來檢測間隙物的厚度，以驗證廠商所提供的數據資料的正確性。液晶盒樣本的製作方式是先將間隙物裁成兩條長條形狀，再利用兩片蓋玻片將兩長條形狀的間隙物夾住（圖 4），這樣間隙物會讓兩片蓋玻片間形成空隙，由於其空氣介質的折射率為 1，所以兩蓋玻片間的空隙的（等效）距離即為間隙物的厚度，因此我們只要測量兩蓋玻片間的距離就可以知道間隙物真正的厚度。

我們把液晶盒樣本做好後，將它貼在我們低同調干涉儀中的樣本固定架上。整個低同調干涉儀實驗系統架構如圖 5，由高亮度發光二極體（Superluminescent Diode, SLD）發出低同調光源，經過一個準直透鏡（Collimating Lens）將光源聚焦為平行光束。平行光束經過一個分光鏡（Beam Splitter, BS）後光束會分成兩道光束，一道光束為穿透光束（量測光束），另一道光束為反射光束（參考光束）。反射光束由分光鏡分出後光路行進至一個參考面鏡（Reference Mirror）後再將反射光束反射回到分光鏡，部分的反射光束會穿透分光鏡然後被光檢測器給接收。穿透光束行進至待測樣品後會有部分的光束被待測樣本給反向散射回到分光鏡，然後再被分光鏡反射並與參考光束重合干涉後被光檢測器（Photodetector）給同步接收。我們將參考面鏡裝在一個自動平移台上，藉由自動平移台來改變參考面鏡的位置以控制兩道光束的光程差。光檢測器同時接收了由參考面鏡反射的參考光與由待測樣品反射回來的量測訊號光，然後光檢測器將光訊號轉換成電訊號後傳到數位示波器（Digital Oscilloscope）來觀看其干涉結果。

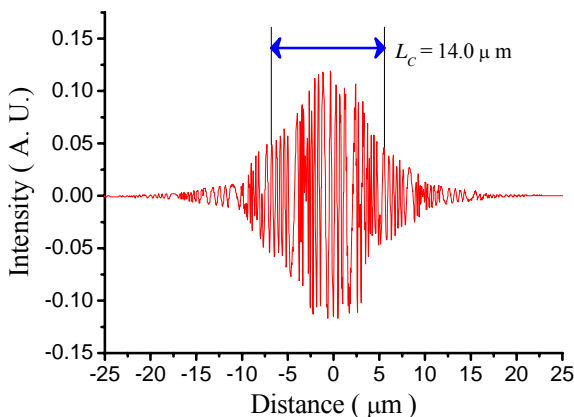


圖 3 用反射鏡當樣本所量測的干涉波包圖形。

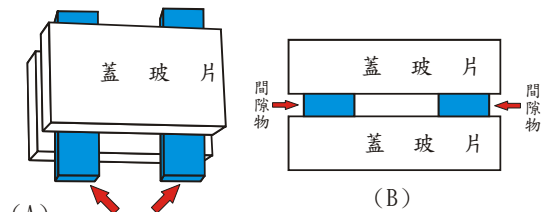


圖 4 液晶盒樣本的示意圖。(A)為俯視圖。(B)為側視圖。

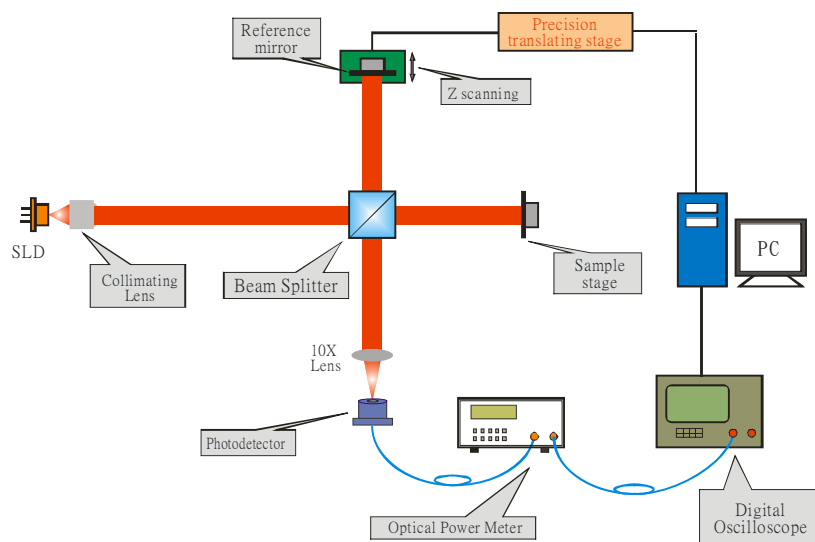


圖 5 低同調干涉儀系統的架構圖。

實驗結果

由圖 6 中我們量測到四個干涉波包，分別為兩片蓋玻片的介面所造成的，中間兩個干涉波包最大值之間的距離，就是兩蓋玻片間的距離，由量測數據中我們可以得知其距離為 $50\ \mu\text{m}$ ，這也就是間隙物的厚度，證明了間隙物厚度的實驗值與廠商給我們的數據資料是完全一致的，也同時證明了此套低同調干涉儀系統具有極佳的精準度。另外從圖 6 中我們也可以知道兩個蓋玻片的等效厚度分別為 $250\ \mu\text{m}$ 和 $261\ \mu\text{m}$ ，因為玻璃對空氣的折射率為 1.5，所以其真正的厚度分別為 $166.7\ \mu\text{m}$ 和 $174.0\ \mu\text{m}$ 。

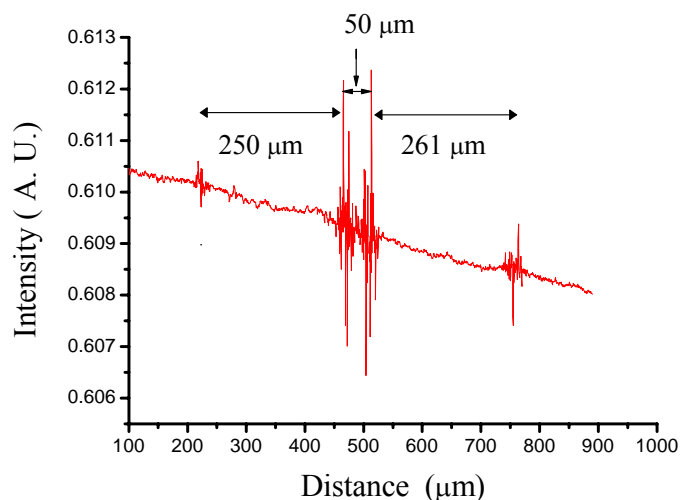


圖 6 中間兩個干涉波包最大值之間的距離就是液晶盒間隙物的厚度。

REFERENCES

- [1] P. A. Flourney, "White-light Interferometric Thickness gauge", Appl. Opt. 11, 1907-1915(1972).
- [2] K. Takada, I. Yokohama, K. Chida, J. Noda, "New Measurement System for Fault Location in Optical Waveguide Devices" Appl. Opt. 26, 1603-1606(1987).
- [3] B. E Bouma, G. J. Tearney, I. P. Bilinsky, B. Golubovic. J. G. Fujimoto, " Self-phase-modulated Kerr-lens Mode-locked Cr : forsterite Laser Source for Optical Coherence Tomography" , Opt. Lett. 22, 1839-1841(1996).
- [4] D. Huang, E. A. Swanson, C. P . Lin, J. S. Schuman, W. G. Stinson, W. Chang, M. R. Hee, T. Flotte, K. Gregory, C. A. Puliafito, J. G. Fujimoto, "Optical Coherence Tomography", Science 254, 1178-1181(1991).