

教育部顧問室
影像顯示科技人才培育計畫
95 年專題實作競賽

1. 參賽題目	利用 1304 nm 光纖輸出式 SLD 寬頻光源 低同調干涉儀量測液晶盒的斷層結構與液晶折射率
2. 參賽組別	工程技術獎
3. 指導教授	許芳文
4. 參賽成員	施永暉
5. 參賽單位	國立嘉義大學光電暨固態電子研究所

摘要

我們自行設計製作一個 1304 nm 寬頻光源 SLD 低同調干涉儀用來測量液晶盒樣本斷層結構厚度與液晶折射率。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，利用一個 50/50 分光二對二的光纖耦合器，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 $28.5 \mu\text{m}$ 的量測解析度。液晶盒樣本的製作是用兩片 ITO 玻璃中間夾住兩條長狀的間隙物，間隙物的厚度使得兩片 ITO 玻璃間形成一個空腔，這個空腔就可以拿來灌入液晶(E7, $n_{\parallel} = 1.7$, $n_{\perp} = 1.52$)，這就是我們的液晶盒樣本。而整個灌液晶的空腔高度是決定於間隙物的厚度，我們先利用自製的干涉儀系統量測出間隙物厚度，並與原本廠商所提供間隙物厚度的數據資料比較，即可得到液晶折射率。

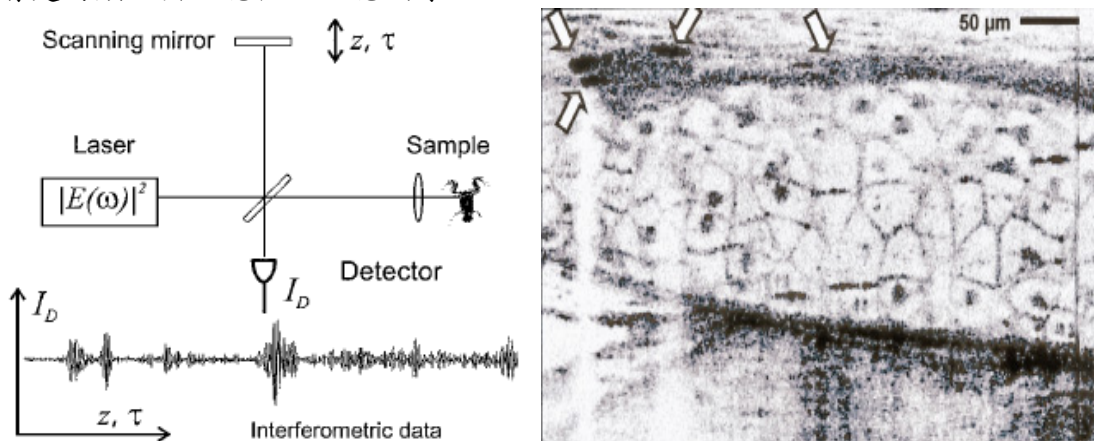
作品簡介

一、 題目

利用 1304 nm 光纖輸出式 SLD 寬頻光源 低同調干涉儀 量測液晶盒的斷層結構與液晶折射率

二、 作品摘要

低同調干涉術 (Low Coherenec 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]。圖一 左邊是一個典型的 OCT 系統架構圖，是在西元 2000 年時由 U. Morgner 等人對非洲牛蛙的蝌蚪所做的二維斷層掃描圖[5]。右圖是掃描的結果，整個系統的解析度分別是深度解析度為 $1 \mu\text{m}$ ，與橫向解析度為 $5 \mu\text{m}$ 。圖中很清楚的顯示出細胞核、細胞膜等。

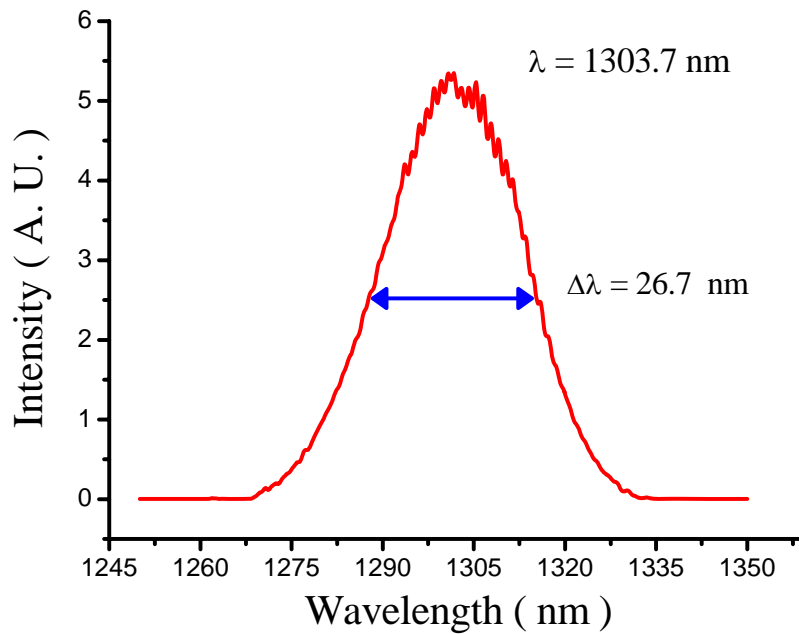


圖一、 左圖為 OCT 的實驗架構圖。右圖為非洲牛蛙蝌蚪的組織的二維斷層影像。

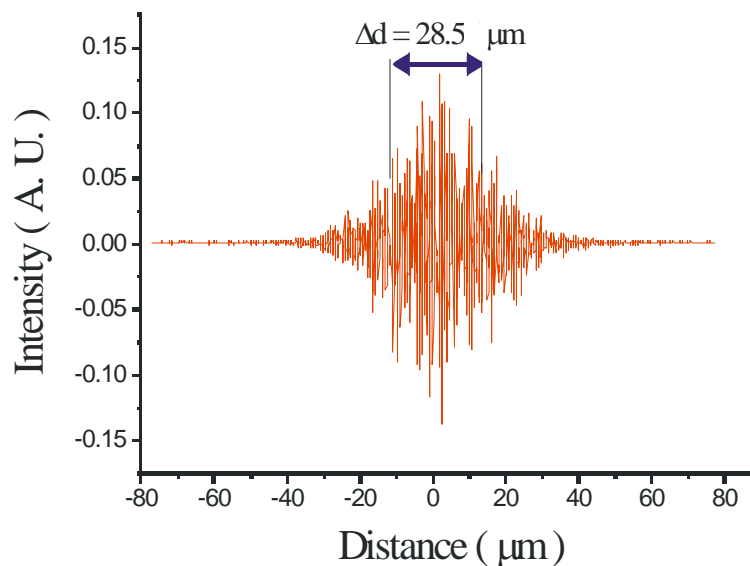
了解液晶材料之各項物性是液晶基礎研究所必需的，對於液晶裝置等工業上之應用開發也是必要的工作，不過對於液晶之光學特性、力學特性及電學特性等各項物性，更需要有良好的實驗量測設計。以液晶盒電容的量測來說，他是一種簡單的且有效率的量測方法，通常適用於介電常數 (ϵ) 或是預傾角的量測 [6][7]。而液晶盒電容大小與其厚度有關係，所以其厚度的量測也是很重要的。

我們自行設計製作一個 1304 nm 寬頻光源 SLD 低同調干涉儀用來測量液晶盒樣本斷層結構厚度與液晶折射率。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，利用一個 50/50 分光 二對二的光纖耦合器，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 $28.5 \mu\text{m}$ 的量測解析度。液晶盒樣本的製作是用兩片 ITO 玻璃中間夾住兩條長狀的間隙物，間隙物的厚度使得兩片 ITO 玻璃間形成一個空腔，這個空腔就可以拿來灌入液晶 (E7, $n_{||} = 1.7$, n_{\perp}

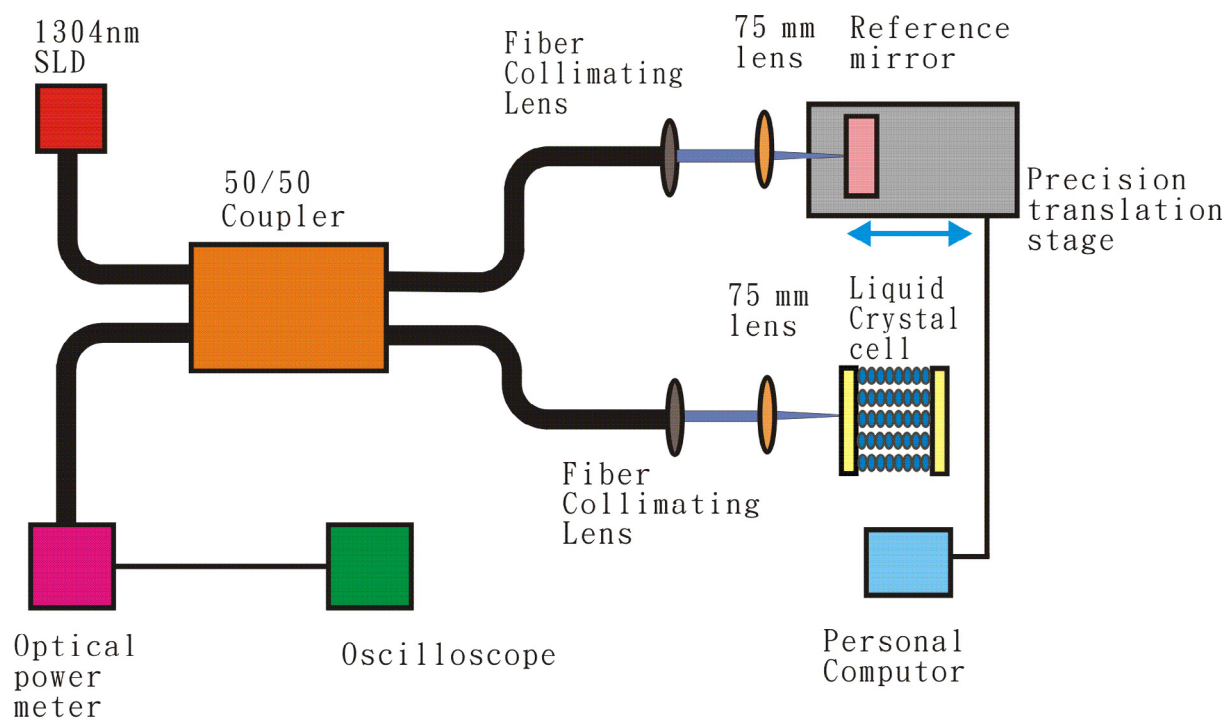
= 1.52)，這就是我們的液晶盒樣本。而整個灌液晶的空腔高度是決定於間隙物的厚度，我們先利用自製的干涉儀系統量測出間隙物厚度，並與原本廠商所提供間隙物厚度的數據資料比較，即可得到液晶折射率。



圖二、1304 nm SLD 寬頻光源 頻譜圖
中心波長為 1303.7 nm，頻寬為 26.7 nm



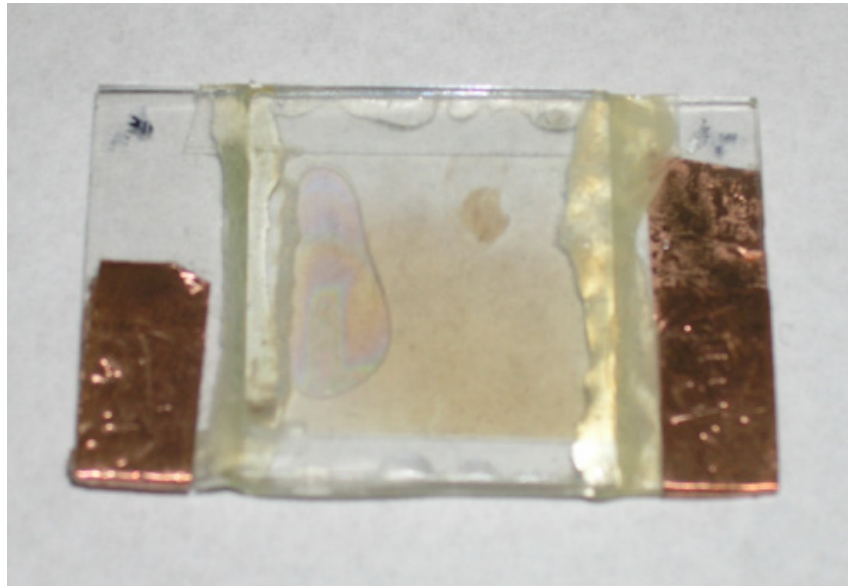
圖三、由反射鏡作為樣本，得到 1304 nm SLD 寬頻光源的同調長度為 $28.5 \mu\text{m}$ ，寬頻光源的同調長度亦為此低同調干涉儀系統的解析度



圖四、1304 nm SLD 寬頻光源 低同調干涉儀系統架構圖



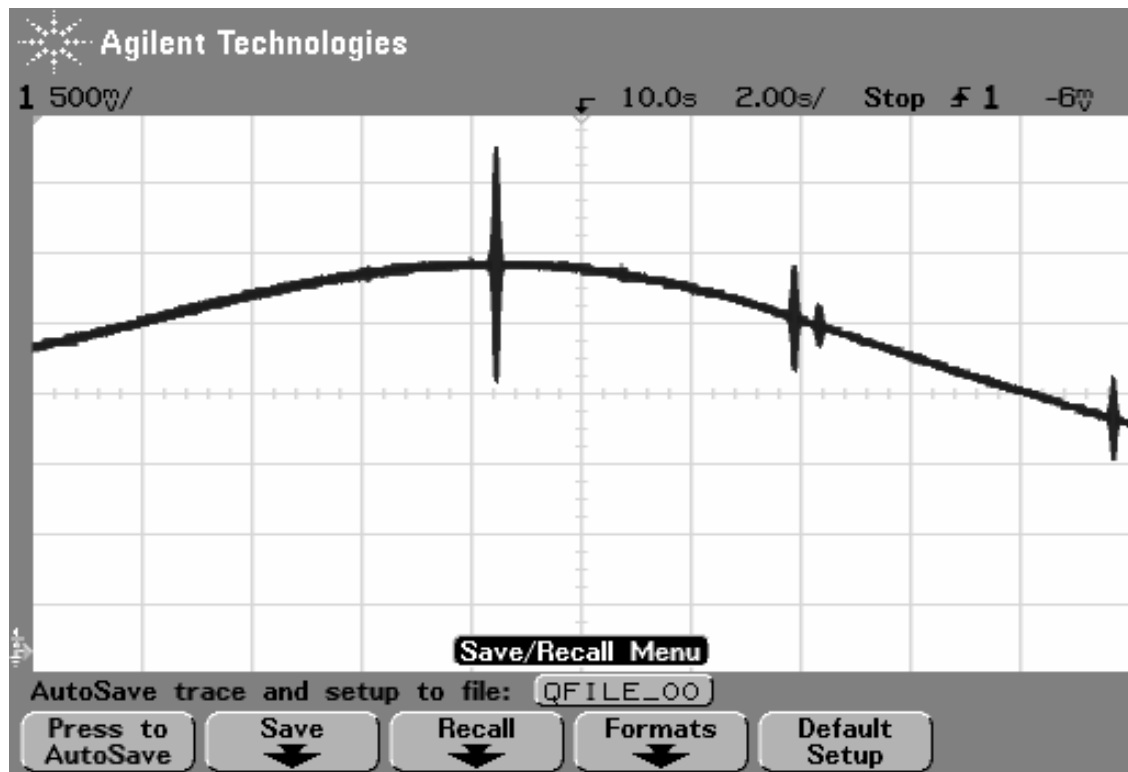
圖五、1304 nm SLD 寬頻光源低同調干涉儀系統實體圖



圖六、 液晶盒：水平配向，材料為 E7

三、 創新性說明

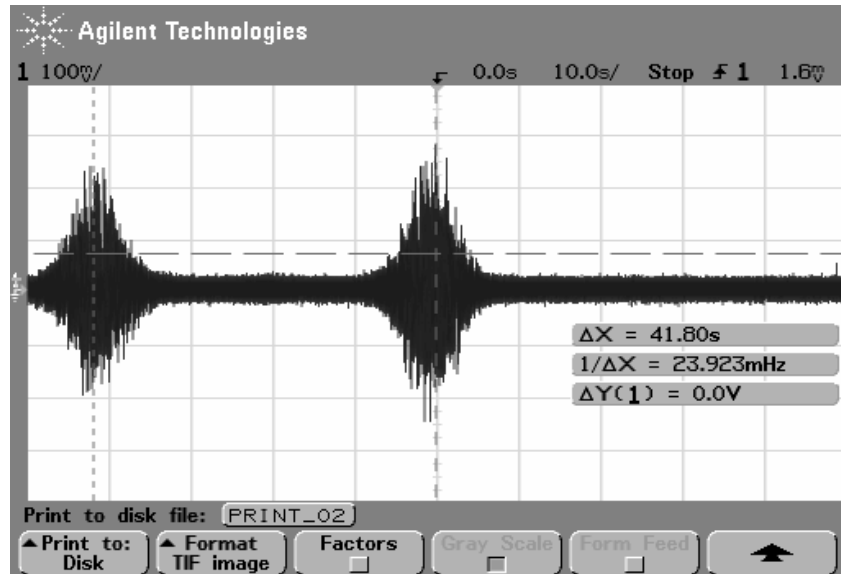
本實驗室原本已有架設這一套低同調干涉儀[8]，但由於是用 20X 的顯微物鏡，其所能量測的斷層結構厚度只有幾百 μm ，以致於超過此厚度的樣本就沒有辦法量測。所以當時只能利用蓋玻片製作液晶盒樣本。後來我們把顯微物鏡換成焦距為 75mm 透鏡之後，發現可以量測的厚度明顯的達到幾 mm 的斷層厚度。這樣子，我們就可以利用此低同調干涉儀量測由 ITO 玻璃製作的液晶盒樣本之斷層結構，並藉由施加電壓，探討液晶受電場調變時的光學特性。



圖七、在每秒 250 μm 下可以看到 3mm 厚度

四、具體成果說明

(一)、液晶垂直配向：實際厚度為 $120\ \mu\text{m}$

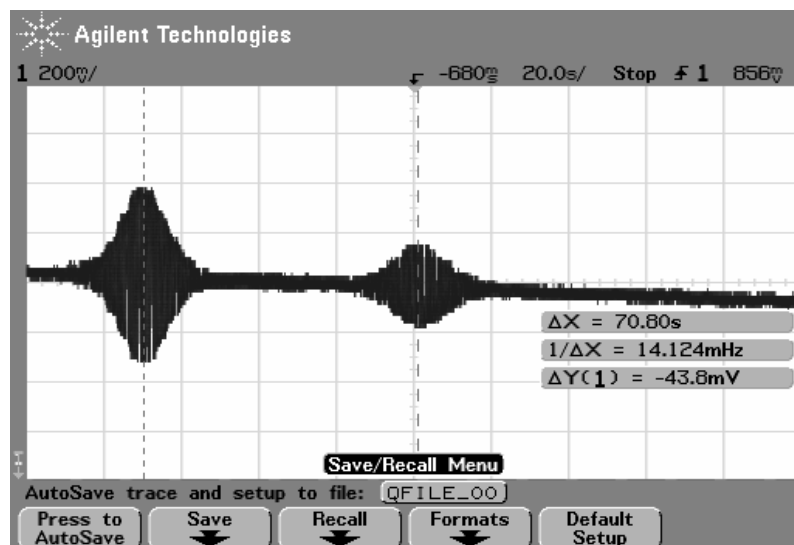


液晶厚度量測值為 $41.8\ \text{s} * 4.45\ \mu\text{m} / \text{s} = 186.01\ \mu\text{m}$

液晶折射率 = $186.01 / 120 = 1.55$

實際慢軸折射率為 1.52，所量測為 1.55，誤差約 1.97%。

(二)、液晶水平配向：實際厚度為 $85\ \mu\text{m}$



液晶厚度量測值為 $70.8\ \text{s} * 2.01\ \mu\text{m} / \text{s} = 142.308\ \mu\text{m}$

液晶折射率 = $142.308 / 85 = 1.67$

實際快軸折射率 1.74，所量測為 1.67，誤差約 4.02%。

五、 結論

我們架設出一個以 1304 nm 波長的 SLD 寬頻光源的低同調干涉儀，其系統的解析度為 $28.5 \mu\text{m}$ ，並利用此解析度來量測液晶盒的厚度與液晶的折射率。由實驗的結果，在不同配向所得到的快慢軸折射率與廠商所給的數據很接近。這表示了我們成功的將液晶分子快慢軸折射率量測出來。

六、 參考文獻

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).
5. U. Morgner, W. Drexler, F. X. Kärtner, X. D. Li, C. Pitris, E. P. Ippen, and J. G. Fujimoto, "Spectroscopic optical coherence tomography", *Opt. Lett.* **25**, 111-113(2000).
6. T. J. Scherffer and J. Nehring, "Accurate determination of liquid crystal tilt bias angles", *J. Appl. Phys.* **48**, 1785-1786 (1977).
7. K R Welford, F Mimms and J R Sambles, "A new technique for determining the dielectric constants of a nematic liquid crystal", *Appl. Phys.* **21**, 1320-1325 (1988).
8. 張境晃，"低同調干涉儀之研究"，國立嘉義大學光電暨固態電子研究所碩士論文 (2005)