

利用干涉技術量測玻片元件之色散特性

Yi-Wen Lu ^a(盧羿炘) and Fang-Wen Sheu ^{a,b}(許芳文)

^a Department of Applied Physics, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan

^b Graduate Institute of Optoelectronics and Solid State Electronics, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan

(國立嘉義大學 ^a應用物理學系, ^b光電暨固態電子研究所)

Telephone: 05-2717993; Fax: 05-2717909; E-mail: fwsheu@mail.ncyu.edu.tw

(NSC-95-2112-M-415-004)

摘要: 本實驗以架設簡單的色散量測系統為目標。利用平衡式邁克生干涉儀架構量測玻片元件之色散特性, 探究此架構的可行性, 藉由此實驗尋求更方便且低成本之色散量測架構。

關鍵字: 色散(dispersion)、邁克生干涉儀(Michelson interferometer)、頻譜分析(optical spectrum analysis)

1. 簡介

色散的發現起源甚早, 從最耳熟能詳的稜鏡色散現象到現今應用於光通訊系統三大類色散:

1. 模態色散(Modal dispersion): 指的是不同模態之間所走的路徑長不同所造成的時間差。
2. 材料色散(Material dispersion): 不同波長光在光纖材料中傳播速度不同所造成的時間差。
3. 光波導色散(Waveguide dispersion): 不同波長在同一種模態中的路徑些許不同, 所造成的時間差

而本實驗的所做的玻片色散就類似於第二類的材料色散, 一樣是材料色散, 但是玻片色散則是因為玻片與空氣的折射率不同, 使得光的傳播速度改變造成的時間延遲而造成的色散。

另外, 在本實驗中採用的是平衡式邁克生干涉儀架構來量測玻片的時間延遲特性, 架構簡單且實驗儀器較易取得, 且這種架構適用於任何光學元件。

我們使用寬頻光源, 並將擷取到的干涉頻譜做反複立葉分析, 取出相位差便可得到時間延遲的相關特性曲線。

2. 系統架設與原理

令路徑 1 為通過反射面鏡反射的參考光路徑, 路徑 2 為通過樣本後經反射面鏡所反射的路徑: 則干涉光可表示成:

$$I_{inter}(\omega) = \langle E_1^2(\omega) \rangle + \langle E_2^2(\omega) \rangle + \langle E_1^2(\omega)E_2^2(\omega) \rangle + \langle E_2^2(\omega)E_1^2(\omega) \rangle$$

$$= I_{inter} + I_{reflect} + 2\sqrt{I_{inter} \cdot I_{reflect}} \times \cos\left(\frac{2\pi\Delta L}{\lambda} + \varphi\right)$$

其中 $\Delta L = n_{eff}(L_1 - L_2)$; φ 為測試樣本所造成的相位延遲。

我們可將 I_{inter} 反複立葉轉換, 取其絕對值大小可得到複立葉轉換頻譜圖, 其中橫軸為時間差, 縱軸則為 $I_{inter}(t)$ 的絕對值。圖形中有正負的時間分量是由 $\cos\left(\frac{2\pi\Delta L}{\lambda} + \varphi\right)$ 所貢獻的。

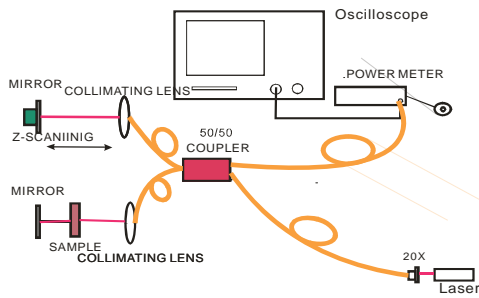
如果我們假設: $x = \left(\frac{2\pi\Delta L}{\lambda} + \varphi\right)$, 則 $\cos x = \left(\frac{\exp(ix) + \exp(-ix)}{2}\right)$ 。

所以會得到兩個分量。另外， ΔL 會造成時間差的產生，而 φ 會造成時間差的分量產生。

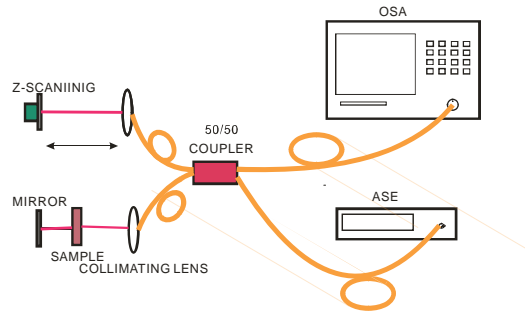
我們只要取出位於第一個時間點的分量即可，並將其位移到正中央後，對該分量再做一次的反複立葉轉換，此時可以得到 $A(\lambda) \cdot \exp[i\varphi(\lambda)]$ ， A 為分量大小。最後再取出 $\varphi(\lambda)$ ，便可獲得測試樣本所造成的時間延遲。

$$\tau_g(\lambda) = -\frac{\lambda^2}{2\pi c} \cdot \frac{d\varphi(\lambda)}{d\lambda}$$

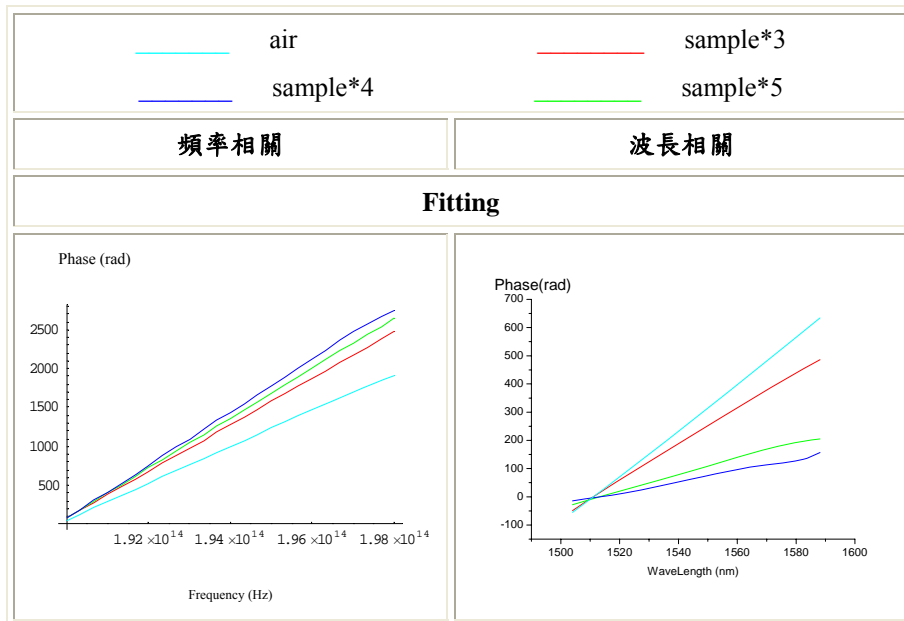
圖一 光路對光架構

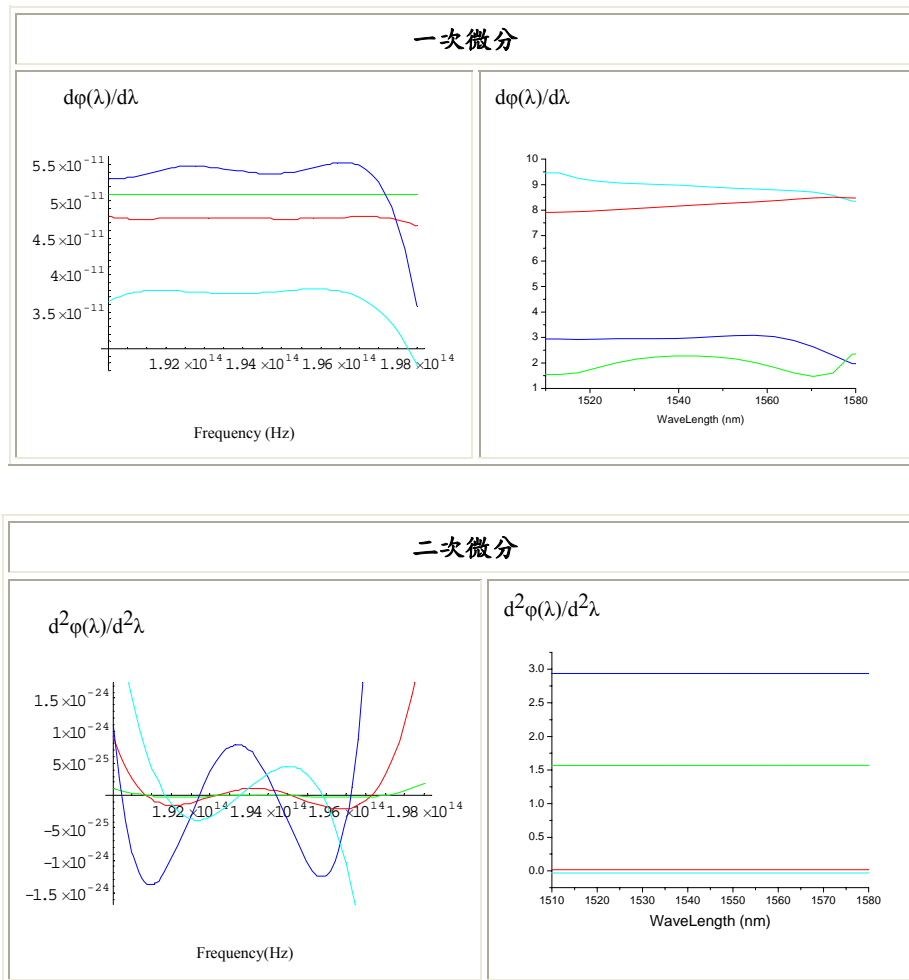


圖二 頻譜量測架構



3. 實驗結果





4. 結論

此實驗量測的元件僅為玻片，但事實上此種架構還可以量測光纖、光柵等等的色散特性。實驗中遇到的困難部份是 COUPLER 的兩邊調出的功率誤差容易相差甚多，對於該項困難的克服我們採用的方法是利用衰減片將較強的一端衰減到與另一邊相近，這也是此架構的一項缺點，若兩邊功率強度比太大將在頻譜呈現雜訊過大的情況或者是看不出明顯干涉訊號的情況，因此在未來我們將繼續改進尋求最佳的改良，以期得到更快速便捷的色散特性量測架構

參考資料

1. 陳建銘，“干涉技術量測光纖被動元件色散特性之研究 (Dispersion measurement of fiber passive components by interferometric technique)”，元智大學 電機工程研究所 碩士論文。Jun. 2005。
2. J.Y. Lee and D.Y. Kim, “Versatile chromatic dispersion measurement of a single mode fiber using spectral white light interferometry,” Opt. Express **14**, 11608 (2006).
3. Johannes Skaar, “Measuring the group delay of fiber Bragg gratings by use of end-reflection interference,” Opt. Lett. **24**, 1020 (Aug.1999).
4. 蔡孟璋，“光纖光柵色散特性量測及光柵結構之反推”，國立交通大學 光電工程研究所碩士論文。May 2003。