



# 部分非同調光源同調性之控制與光纖截面顯微影像之比較

陳浚原<sup>1</sup> (Jiun-Yuan Chen), 許芳文<sup>1,2</sup> (Fang-Wen Sheu)

<sup>1</sup>國立嘉義大學 光電暨固態電子研究所, <sup>2</sup>國立嘉義大學 應用物理學系

60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號

**摘要:** 當我們將經透鏡聚焦的 He-Ne 雷射光打入擴散板時, 原本的高同調雷射光束會被擴散板散射而形成許多大小不一的分裂點狀光源。點狀光源的平均光斑大小與擴散板到雷射焦點的距離有關。距離較小者, 光斑較粗, 其繞射發散角較小。距離較大者, 光斑較細, 其繞射發散角較大, 因而形成光斑大小可調的光源。當我們旋轉擴散板時, 此道通過擴散板的雷射光就會變成均勻的部分非同調光源。若將此非同調光源耦合進光纖, 再輸出投影至 CCD 攝影機上, 可以觀察到光纖光斑會快速變化, 因而形成清晰完整的光纖截面影像。之後我們改變光源的同調性程度, 並觀察、分析光纖的截面影像之變化。

## 1. 簡介

我們將 He-Ne 雷射光源耦合進多模光纖, 在光纖末端觀察光輸出圖案時, 發現光纖截面的影像都會分裂成許多小區域, 這種圖案分裂的情形被稱為光纖光斑 (Fiber-Speckle) [1]。而藉由觀察光纖光斑的變化, 可應用在光纖張力或位移的感測上 [2]。

光纖光斑形成的原因是因為我們使用的 He-Ne 雷射具有高同調的特性, 當光入射到光纖中時, 因為入射角度的不同或是多道反射光的重疊, 因而產生干涉圖案, 所以我們可以在光纖末端觀察到各種光斑的形成。

## 2. 實驗方法與系統架構

我們利用如下圖 1 的架構來調整雷射光源的同調性。一開始將 He-Ne 雷射利用一組透鏡 ( $f=50\text{ mm}$  和  $f=150\text{ mm}$ ) 將雷射光擴束, 再用一個  $f=50\text{ mm}$  的透鏡聚焦。之後在焦點附近放置一個擴散板 (Diffuser), 並將其安裝在一個可以高速轉動的馬達上。雷射光經擴散板之後, 會散射成許多小點, 每個點可視為一個新的點光源。在擴散板高速轉動之下, 每個光點都會快速移動, 所以在平均之後, 輸出光強度變得比較均勻, 接收到的光纖截面影像也會比較清晰, 但是時間與空間的光同調性皆會變低 [3]。接著我們微調擴散板與焦點的相對位置, 來觀察雷射光散射圖案的變化 (如圖 2 所示)。

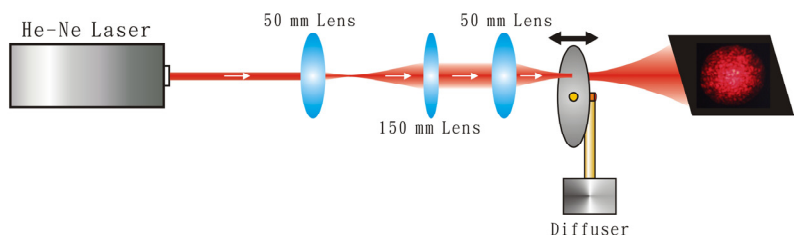


圖 1 實驗系統架構圖

## 3. 實驗結果與討論

由下圖 2 可以看出, 當擴散板遠離透鏡焦點時, 雷射光束散射出來的光點越來越小且較均勻。這是因為靠近焦點時, 雷射光束半徑相當小, 所以通過擴散板的面積相對較小, 擴散的效果不明顯, 因此光束的同調性還是維持在比較高的狀態。反之, 越遠離透鏡焦點, 雷射光束變大, 通過擴散板面積也變大, 所以擴散效果較好, 形成的點狀光源數量較多且均勻。但也因為如此, 光束的空間同調性會變差, 因而將原本高同調性的雷射光轉換成部分非同調的光源。

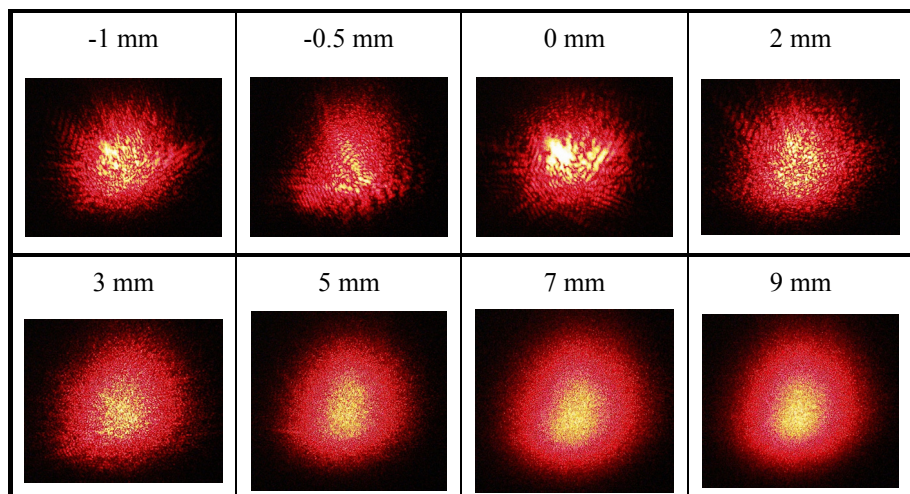


圖 2 改變擴散板與焦點相對位置之雷射光束投影圖案

我們想驗證改變擴散板與透鏡焦點之相對位置 (負值: 焦點左方; 正值: 焦點右方) 除了可以調變雷射光束的同調性之外, 對於光纖耦合效果與光纖截面成像是否有何影響, 因此將同調性調變後的雷射光耦合進一條待測多模光纖 (型號 AFS50/125Y, THORLABS 公司, 長度  $\approx 6\text{ cm}$ ) 中, 並觀察光纖端面輸出圖案的變化。

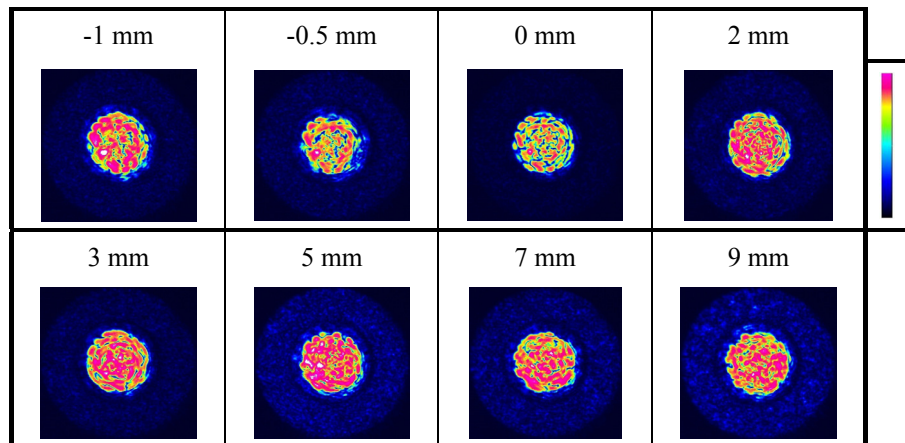


圖 3 擴散板靜止時, 改變擴散板與焦點相對位置之光纖光斑觀察

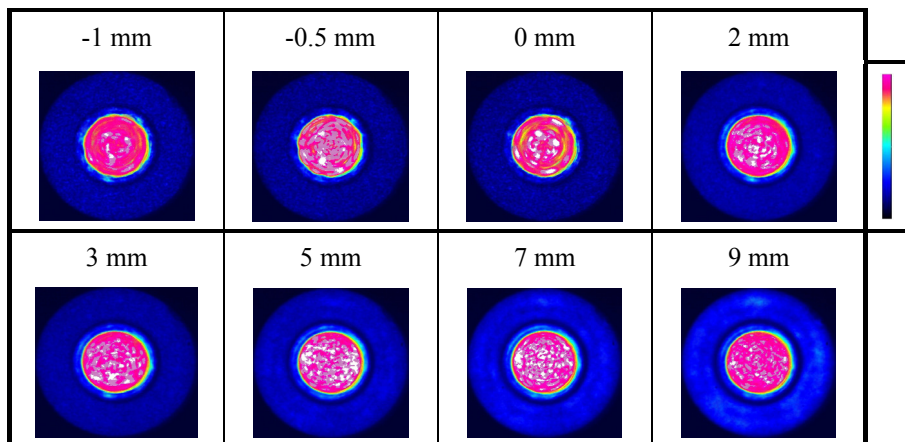


圖 4 擴散板轉動時, 改變擴散板與焦點相對位置之光纖光斑觀察

由圖 3 和圖 4 均可看出, 當擴散板遠離透鏡焦點時, 光纖輸出圖案顯示出 Cladding 部分的光強度越來越高, 亦即代表有越多的光洩漏到光纖外層 Cladding 裡面。我們可解釋為當擴散板遠離焦點時, 雷射光束因為發散的關係雷射光束半徑變大, 因而打在擴散板上的面積也比較大。經過擴散板上各個折射率不同的微小區域時, 光被散射的程度會影響光源的同調性。當光束通過擴散板截面積越大, 散射出來的點光源就會越多, 因此相對來講光源的同調性也就會越低。

## 4. 結論

當我們將 He-Ne 雷射光打入擴散板時, 原本的高同調雷射光束會因為擴散板裡眾多微細的分立介質其折射率的差異, 導致相位差的產生, 並因干涉而形成許多大小不一的分裂點狀光源。較大的點光源其發散角較小, 入射光纖時可以在 Core 內傳播。較小的點光源其發散角較大, 可以在 Cladding 內傳播, 而形成光纖光斑。當我們旋轉 Diffuser 時, 通過的雷射光會變成部分非同調的均勻光源。將其耦合進光纖後, 光傳播模態、光纖光斑便會快速變化, 因而形成清晰完整的光纖截面影像 [4]。

## 5. 參考資料

- [1] Vale'rie Doya, Olivier Legrand, Fabrice Mortessagne, "Speckle statistics in a chaotic multimode fiber," Phys. Rev. E **65**, 056223 (2002).
- [2] Zhijun Zhang, Farhad Ansari, "Fiber-optic laser speckle-intensity crack sensor for embedment in concrete," Sens. and Actu. A **126**, 107 (2002).
- [3] Matthew Mitchell, Zhigang Chen, Ming-feng Shih, Mordechai Segev, "Self-Trapping of Partially Spatially Incoherent Light," Phys. Rev. Lett. **77**, 490 (1996).
- [4] Fang-Wen Sheu and Jiun-Yuan Chen, "Fiber cross-sectional imaging by manually controlled low coherence light sources," Optics Express **16**, 22113 (2008 Dec).

\* 致謝: This project is financially sponsored partly by the National Science Council, Taiwan, through Projects NSC 95-2112-M-415-004 and NSC 97-2112-M-415-002-MY3, and partly by the National Chiayi University, through Project NCYU 97T001-05-04-001.