

## 波長可調摻鉕光纖雷射

### Wavelength Tunable Erbium-doped Fiber Laser

許芳文<sup>1,2</sup> (Fang-Wen Sheu), 邱創堯<sup>2</sup> (Chuang-Yao Chiu), 康榮瑞<sup>2</sup> (Jung-Jui Kang)

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

<sup>1</sup>Department of Applied Physics, <sup>2</sup>Institute of Optoelectronics and Solid State Electronics,  
National Chiayi University, Chiayi, Taiwan.

嘉義市 60004 鹿寮里學府路 300 號

300 Syuefu RD., Chiayi City 60004, Taiwan.

TEL : (05) 2717993, Fax : (05) 2717909, E-Mail : [fwsheu@mail.ncyu.edu.tw](mailto:fwsheu@mail.ncyu.edu.tw)

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

摘要：架設一個環型光纖雷射主要共振腔架構，外加桑克干涉儀光纖迴路，合成 8 字形的光纖雷射架構，調整外加干涉儀迴路的濾波效果可以調制光纖雷射的輸出波長。外加迴路中設置一組光纖極化控制器來改變通過光之極化狀態。可以得到單一波長從 1558nm 到 1574nm 連續調制的雷射輸出光。

關鍵字：波長可調、光纖雷射、桑克迴路、光纖極化控制器。

Keywords: wavelength tunable, fiber laser, Sagnac loop, fiber polarization controller

#### 1. 緒論：

早在 1960 年代就有科學家在光纖中摻雜稀土元素如  $\text{Nd}^{3+}$ 、 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$  製作出摻鉕光纖的雛型[1]。在 1985 年時, Pools 和 Mears 將摻鉕光纖應用在系統中, 作出了可以產生 1550nm 附近波段的摻鉕光纖放大器[2], 泵激摻鉕光纖所產生的波長在 1550nm 附近的光源, 在光纖的長距離傳輸中有較低的損耗。自此之後非常多的研究人員相繼投入光纖雷射的研究, 因為摻鉕光纖放大器產生的波長範圍適合光纖通訊用途, 頻寬和功率的表現也相當的理想。

光纖雷射的應用大致來說分為兩大類：光纖通訊和光纖感測器。在光通訊中最多的研究都是針對將光纖雷射應用在分波多工器(wavelength division multiplexing, WDM)系統中[3], 這部份的研究多是將光纖雷射輸出朝高重複率和短脈衝改進, 也有利用多波長並存的光纖雷射輸出來當作光通訊的光源。光纖感測器出現於 1970 年代並且在 1980 年代逐漸成為系統性的架構[4], 光纖感測器可以應用的部份就非常的多, 可以利用各種環境的變異量來造成觀測結果的改變, 以此達到感測的目的。

#### 2. 實驗設置及結果：

我們的實驗架構就如圖 1 所示, 在光纖雷射主要共振腔中, 我們利用 980nm 雷射二極體當作泵激光源。我們利用分波多工器(wavelength division multiplexer, WDM)將 980nm 的泵激光源耦合進摻鉕光纖中。在摻鉕光纖後的元件是 1550nm 光隔離器(isolator), 此隔離器僅允許 1530nm 到 1570nm 波段的光單方向的通過, 我們利用此一特性來保持光的單一行進方向。在我們的架構中主要光纖雷射腔的光行進方向為逆時針方向。在主要光纖共振腔中還有一個 10:90 一對二光耦合器(1 x 2 coupler), 此光耦合器在輸出端會將輸入訊號功率分為百分之十和百分之九十兩道以不同的路徑輸出。我們取百分之十的功率分歧端當做雷射的輸出端, 並連接上光譜分析儀(optical spectrum analyzer)以觀察輸出雷射光的頻譜。另外百分之九十的光繼續注入主要雷射共振腔, 以這樣的架構成環型光纖雷射共振腔以產生 1550nm 波段雷射光源。在架構圖左側的迴路就是實驗中用來調整輸出波長的機構。我們在主要光纖共振腔中的光隔離器和一對二光耦合器之間使用一個二對二的光耦合器。這個二對二光耦合器的右側兩端接在主要光纖雷射共振腔中, 左側的兩端連接上一個光纖極化控制器, 利用改變極化控制器的角度來控制光纖中通過光的極化狀態從而改變雷射光輸出波長。

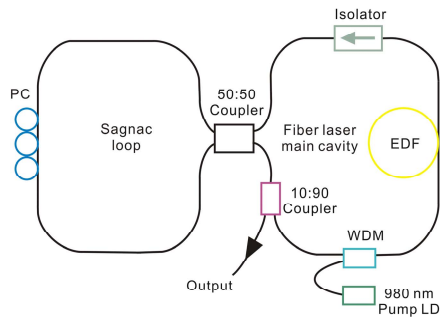
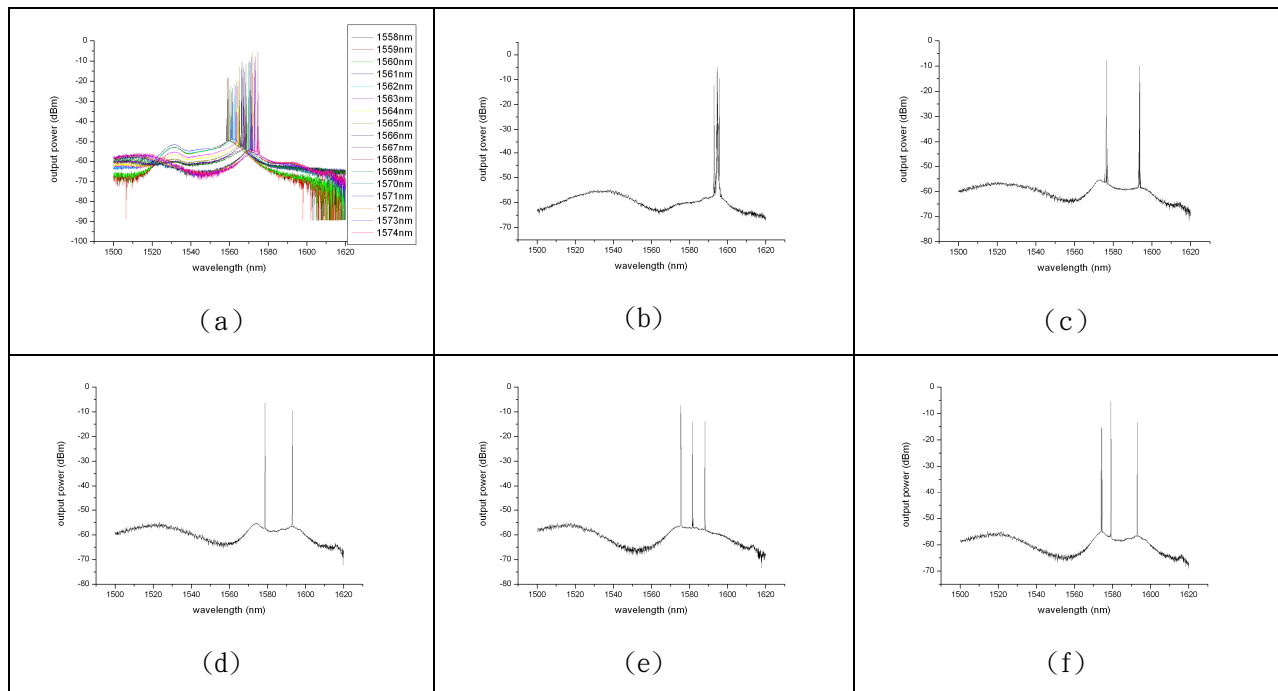


圖 1 波長可調摻鉕光纖雷射實驗架構圖及實際拍攝圖

在我們的實驗架構中的摻鉕光纖長度為二十公尺，在實驗的過程中，極化控制器的調整方法是利用一個量角器來定位極化控制器的三個相位延遲片。將三個延遲片都先定位在  $0^\circ$ ，接下來緩緩的移動第一個四分之一波片從  $0^\circ \sim 180^\circ$  並且觀察其輸出。當第一個延遲片的角度都試過之後就繼續調整下一個，經由這樣緩慢角度的變化來觀察我們的雷射輸出。實驗的 980nm 泵激雷射光源使用約 110mW 的光功率來注入摻鉕光纖。經過上述的實驗過程後，我們發現其雷射輸出有單一波長連續可調和多波長同時存在兩種形式。以下會詳細的介紹各種不同的輸出型式（如圖 2 所示）。

圖 2 (a) 是二十公尺摻鉕光纖時的單一波長連續可調輸出光譜合併圖。在此圖中我們可以看出單一波長連續可調的範圍是 1558nm 到 1574nm。以二十公尺摻鉕光纖作為增益介質時的多波長輸出有雙波長、三波長、四波長或六波長同時存在的輸出光譜。在圖 2 (b) 所顯示的光譜圖是在 1594nm 附近有多模態同時存在的情況。圖 2 (c) 和圖 2 (d) 中我們可以看到雙波長同時存在的雷射輸出。圖 2 (e)、圖 2 (f) 和圖 2 (g) 都是三波長同時存在的光譜，但是個別的波長間距和所輸出的波長分布都不相同。圖 2 (h)、圖 2 (i) 和圖 2 (j) 都是四波長同時存在的輸出光譜，兩個圖形之間的差別在於圖 2 (j) 較靠近長波段的範圍。最後要看的圖形是在我們的實驗中所觀測到最多波長同時存在的輸出光譜。圖 2 (k) 為六波長同時存在的輸出光譜，這個光譜圖不只是我們實驗中最多波長同時存在的圖形，其中的最長波長也是我們所觀察到最長的波長 1597nm。



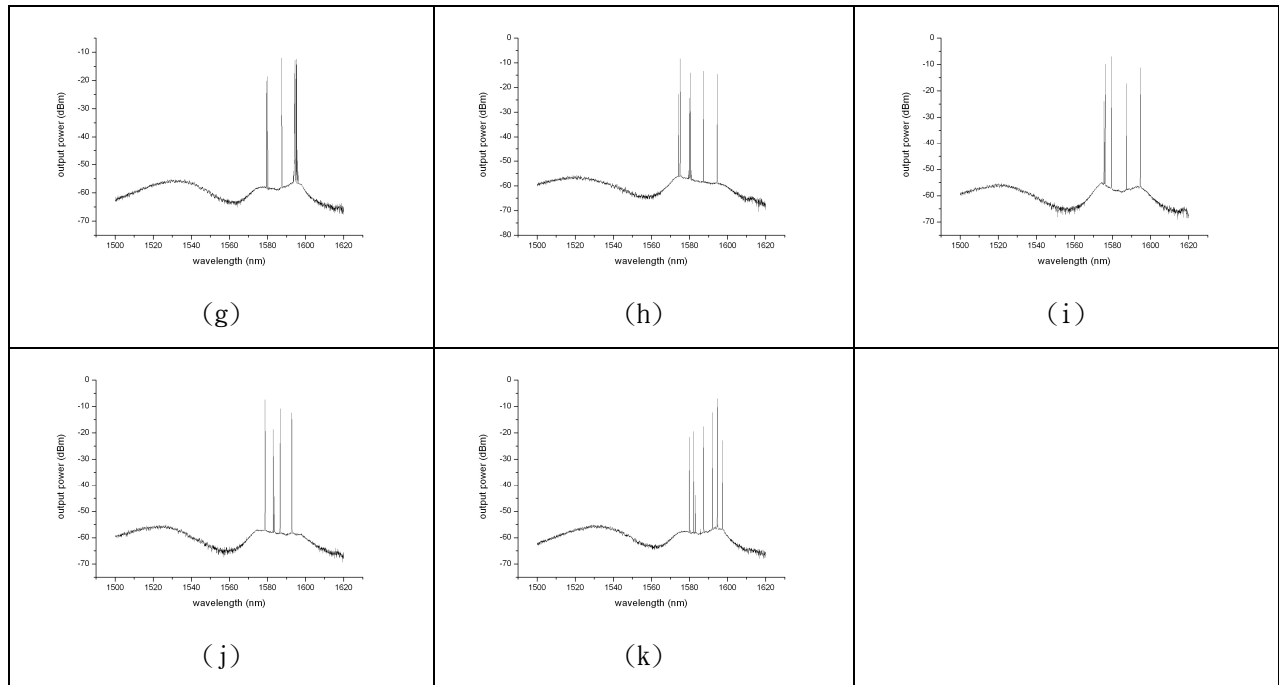


圖 2 (a) 單一波長連續可調輸出光譜合併圖(1558nm~1574nm)，每隔 1nm 記錄一次。(b) 多波長輸出光譜(在 1594nm 附近)。(c) 雙波長輸出光譜(1576nm、1593nm)。(d) 雙波長輸出光譜(1578nm、1593nm)。(e) 三波長輸出光譜(1575nm、1581nm、1588nm)。(f) 三波長輸出光譜(1574nm、1579nm、1592nm)。(g) 三波長輸出光譜(1580nm、1587nm、1594nm)。(h) 四波長輸出光譜(1575nm、1580nm、1587nm、1594nm)。(i) 四波長輸出光譜(1576nm、1579nm、1587nm、1594nm)。(j) 四波長輸出光譜(1578nm、1582nm、1586nm、1592nm)。(k) 六波長輸出光譜(1579nm、1582nm、1587nm、1592nm、1594nm、1597nm)。

### 3. 結論：

在這個實驗中，我們成功利用調整光纖極化控制器以改變外加 Sagnac 光纖迴路中光的極化狀態，在摻鉕光纖的長度為二十公尺的情況下，其雷射輸出效果有單一波長輸出和多波長輸出兩種。單一波長的輸出波長可以在 1558nm 到 1574nm 之間連續調制，多波長輸出則有雙波長、三波長、四波長或六波長同時存在等各種情況，多波長輸出的分布範圍在 1576nm 到 1597nm 之間。以此為基礎或許能夠發展出利用觀察雷射輸出波長變化來感測環境因素變異量的光纖感測器。

### 4. 參考文獻：

- [1] E. Snitzer, "Optical Maser Action of  $\text{Nd}^{3+}$  in a Barium Crown Glass", *Phys Rev. Lett.* **7**, 444 (1961).
- [2] S.B. Poole, D.N. Payne, and M.E. Fermann, "Fabrication of low loss optical fibres containing rare-earth ions", *Electron. Lett.* **21**, 737 (1985).
- [3] J. Hübner, P. Varming, and M. Kristensen, "Five wavelength DFB fibre laser source for WDM systems", *Electron. Lett.* **33**, 139 (1997).
- [4] 張連壁, "光纖感測器", 文笙書局(1991).