

逢甲大學學生報告 ePaper

使用布拉格光纖光柵當作光學回授元件以窄化Fabry-Perot雷射線寬

To narrow the linewidth of Fabry-Perot laser by using Fiber Bragg Grating

作者：洪崇祐

系級：光電四甲

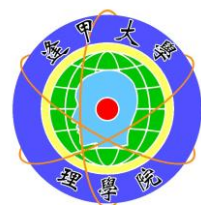
學號：D0356298

開課老師：林泰生

課程名稱：專題研究(一)

開課系所：光電學系

開課學年： 106 學年度 第一 學期



中文摘要

本專題研究計畫主要目的為研製一台窄線寬雷射，並且利用此窄線寬雷射未來能提供雷射光譜以及頻率量測實驗室量測更精細的乙炔(Acetylene)分子之飽和吸收光譜，本研究使用光纖布拉格光柵(Fiber Bragg Grating, FBG)具有篩選特定波長進行光學回授的機制，將光纖布拉格光柵作為Fabry-Perot Laser Diode的光學回授元件，來形成光纖布拉格光柵外腔式二極體雷射(Fiber-Bragg-Grating External Cavity Diode Laser, FBG-ECDL)，並架設具有高解析度且不須額外光源之自我延遲外差法(Delayed Self-homodyne method, DSH)儀器架構以量測其FBG-ECDL線寬，而本專題研究計畫所研究之實驗成果，已成功將雷射線寬窄化至40 kHz，證明出光纖布拉格光柵明顯的具有窄化Fabry-Perot雷射線寬的效果，利用此簡單的架構即可研製成一台具有窄線寬之光纖雷射，而研究成果將提供往後使用此光纖布拉格光柵外腔式二極體雷射之人員作參考。

關鍵字：窄線寬雷射、FBG、自我延遲外差法

Abstract

The development of a narrow linewidth laser is the main purpose of this project. And we will investigate the high resolution saturated absorption spectroscopy of Acetylene in the future by using this narrow linewidth laser in the Laser Spectroscopy and Frequency Metrology Lab. This study uses Fiber Bragg Grating with a mechanism that reflects optical feedback at specific wavelengths. We use Fiber Bragg grating as the optical feedback element for the Fabry-Perot Laser Diode to develop a Fiber-Bragg-Grating External Cavity Diode Laser. And we set up an experimental apparatus with delayed self-homodyne method in the laboratory to measure the linewidth of the FBG-ECDL. The linewidth of this FBG-ECDL was measured as 40 kHz. This result demonstrates that we can narrow the Fabry-Perot laser linewidth by using Fiber Bragg Grating. We can manufacture narrow linewidth laser with a simple experimental scheme. The results of this research will be provided for researchers who will use this Fiber-Bragg-Grating External Cavity Diode Laser.

Keyword : Narrow Linewidth Laser ,Fiber-Bragg-Grating(FBG), Delayed Self-homodyne method(DSH)

目 次

前言	4
介紹	5
實驗架構	7
實驗結果討論	8
未來展望	8
參考文獻	9

前言

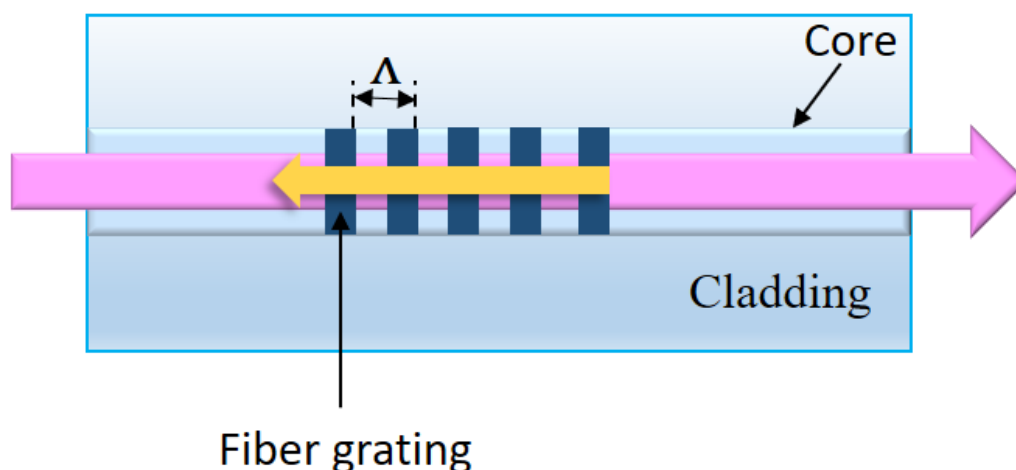
窄線寬且頻率可調的半導體雷射可應用在各種不同的領域，例如對光纖通訊與原子分子飽和吸收光譜，雷射的品質會大大的影響這些研究成果，在光纖通訊的領域中，在 WDM 與 DWDM 的發明後，各國開始研究如何使雷射的線寬更窄[1][2]，以產生更高效率的光通訊系統；對於原子分子飽和吸收光譜領域而言，窄線寬且頻率可調的雷射可以使我們得到更精細的原子分子飽和吸收光譜[6][7]。

本研究的目的，為建立一套價格低廉、穩定、窄線寬且頻率可調的雷射光源，我們使用的方法為利用 FBG 當作光回授元件，研製一台窄線寬且頻率可調之光纖布拉格光柵外腔式二極體雷射(Fiber-Bragg-Grating External Cavity Diode Laser, FBG-ECDL)，供往後使用此雷射的研究人員作參考。

介紹

(1)Fiber Bragg Grating(FBG)

布拉格光纖光柵是在單模光纖中加入折射率週期性的調制，當光波於光纖中傳遞，遇到布拉格光纖光柵時，只會反射符合布拉格條件波長之光波，其餘波長之光波則直接穿透(如圖一)，因此我們可以說布拉格光纖光柵具有反射特定波長之雷射光進行光學回授的機制[6][7]。

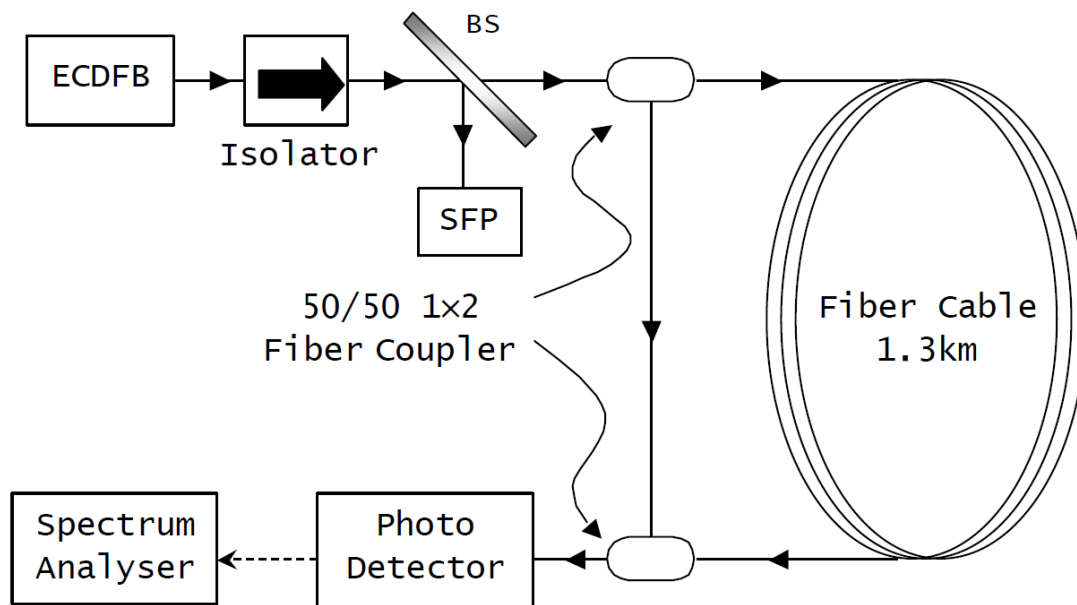


圖一、FBG 示意圖

(2)Delay self-homodyne method(DSH)

自我延遲外差法為量測雷射線寬的方法之一，此方法是利用兩道不同光路的雷射光產生差頻，此方法有極高的解析度且不需額外的雷射光源[7]。

由示意圖(圖二)可知，其中一道光經過光纖長度較長之光纖而延遲一段時間以破壞其二道雷射光之同調性，其後兩道光進行拍頻。再由快速光偵測器偵測兩道光之拍頻訊號，最後送入RF頻譜分析儀進行分析。由均勻增寬特性得知失去同調性的雷射光，在頻譜分析儀上將會得到兩倍的線寬。由文獻[4]中的(2-32)式 $R_E(\tau)=A^2 \text{Exp}i\omega\tau \cdot \text{Exp}\{-2[R_\psi(0)-R_\psi(\tau_0)]\}$ ，可判斷DSH的雷射頻寬。所得的譜線型為羅倫茲線型分佈，且頻寬為原始的兩倍。



BS : Beam Splitter
 SFP: Scanning Fabry-Perot
 ECDFB: External cavity DFB Diode Laser

圖二、DSH線寬量測示意圖(引用文獻[4])

(3) Fiber-Bragg-Grating External Cavity Diode Laser (FBG-ECDL)

本研究是利用 FBG 所具有篩選特定波長的光進行光回授的機制，當雷射光進入 FBG 時，FBG 只會反射特定波長之雷射光，也就是產生特定的光學回授(Optical feedback)。在本研究中，我們使用之二極體雷射光源射入 FBG，我們可測得 FBG 反射率為 0.4%，當 FBG 反射回雷射二極體之回授光的量到一定值，之後的雷射線寬便不會有太大的變化[4]，所以這結果對本研究是極為有利的。



F-P LD 1558nm:1558nm Fabry-Perot Laser, OFC: Optical Fiber Coupler,
 FBG: Fiber Bragg Grating

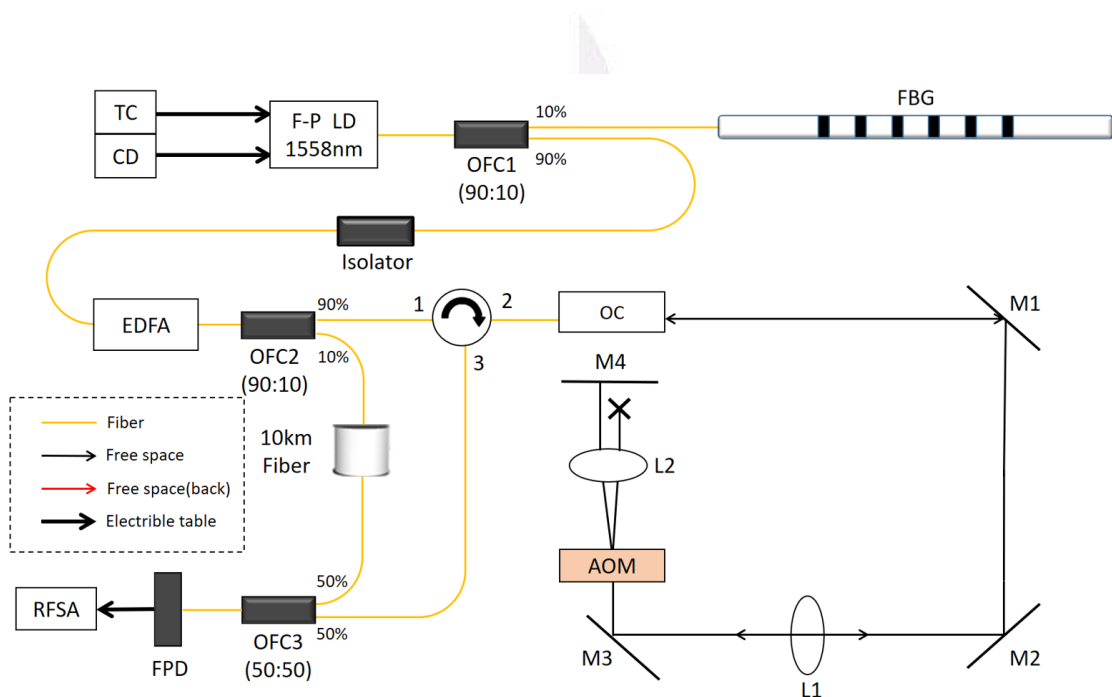
圖三、FBG-ECDL 架構示意圖

實驗架構

如圖四實驗架構，先利用溫度控制器使雷射工作溫度控制在 25 °C，再調整電流驅動器使雷射達到工作電流 90 mA，雷射成功出光後先讓光通過一個 90:10 的光纖耦合器，其中 10%的光射到 FBG，利用 FBG 反射部分回雷射產生光學回授。

窄化雷射之 90%的光，先經過 Isolator 防止光回授，再經過 EDFA 進行光放大，再進入 DSH 量測線寬架構量測其線寬，接下來我們再利用 90:10 的光纖耦合器，其中 10%進入 10 km 光纖，90%則經由 circulator port 1 進 port 2 出光後進入光路，其中偏振片以及 PBS 的兩個儀器架構是配合學長研究的架構，與我們量測線寬並無太大的關連。

當雷射光進到 AOM 會將雷射光頻率頻移二次至 220 MHz 並產生 0 階繞射光以及 -1 階繞射光，在本研究中，把 0 階繞射光遮住，-1 階繞射光經由 M4 反射回 AOM 同樣也會產生繞射光，我們所使用之光為 -1 階的 0 階光，再經由光路回到 Circulator，由 2 進 3 出光，產生的光再與我們經由 10 km 光纖之光產生拍頻，經過光偵測器進入 RF 頻譜分析儀做分析。



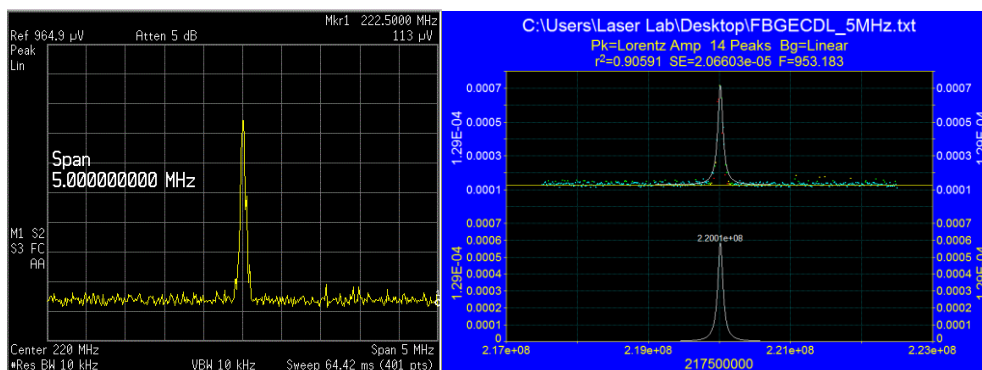
TC:Temperature Controller CD:Current driver F-P LD:Fabry-Perot Laser diode EDFA:Erbium-doped Optical Fiber Amplifier M:Mirror L:Lens OC:Optical Collimator OFC:Optical Fiber Coupler FPD:Fiber Photodetector



圖四、FBG-ECD 以及線寬量測整體架構

實驗結果與討論

本研究使用之 Fabry-Perot 雷射原本線寬經 DSH 架構以及軟體分析出來數據結果為 148500 Hz，從 RF 頻譜分析儀我們便可以明顯比對 Fabry-Perot 雷射以及 FBG-ECDL 二者所觀察到線寬已經成功窄化，數據分析處理方面，利用 RF 頻譜分析儀所測量的數據檔，放入 Peakfit 軟體中進行分析(如圖五)，從軟體中得到的數據資料顯示此 FBG-ECDL 之雷射線寬窄化至 43038.6554 Hz。



圖五、左圖為 RF 頻譜分析儀分析結果，右圖為 Peakfit 軟體 fitting 結果

所量測原本之 Fabry-Perot 雷射線寬已只有 0.14 MHz，已經有被窄化之現象，此結果之原因可能來自於光纖連接器已經造成些微的光反射產生，但在加上 FBG 之後所得之結果已有明顯的窄化雷射線寬效果，所以此研究結果證實了使用 FBG 當作光回授元件，可以達成窄化 Fabry-Perot 雷射線寬。

未來展望

從我們量測線寬的數據結果可知，加入 FBG 之後的雷射線寬會具有明顯的窄化線寬效果，未來更會嘗試替 FBG 進行溫控以及加入壓電致動器(Piezoelectric Materials Element, PZT)觀察是否會有更明顯得窄化線寬效果，接下來此 FBG-ECDL 會當作乙炔分子飽和吸收的研究之光源進行研究，期望能看到更好的乙炔分子飽和吸收光譜。

參考文獻

- [1]H. Bissessur, C. Caraglia, B. Thedrez, J.-M. Rainsant, and I. Riant,IEEE
“Wavelength-Versatile External Fiber Grating Lasers for 2.5-Gb/s WDM
Networks”PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 11, NO. 10,pp. 1304-
1306,1999
- [2]Jun-Ichi Hashimoto, T. Takagi, T. Kato, G. Sasaki, Member, IEEE, M. Shigehara, K.
Murashima, M. Shiozaki, and T. Iwashima, “Fiber-Bragg-Grating External Cavity
Semiconductor Laser (FGL) Module for DWDM Transmission”JOURNAL OF
LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 21, NO. 9, pp. 2002-2009,2003
- [3]Hong-Gang Yu, Chang-Qing Xu, Senior Member, IEEE, Yong Wang, Member, IEEE,
Jacek Wojcik, Zhi-Lin Peng, and Peter Mascher, “External-Cavity Semiconductor Laser
With Bragg Grating in Multimode Fiber”IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY
LETTERS, VOL. 16, NO. 10,pp.2341-2343 ,2004
- [4]許立原 “1.55 μm DFB 半導體雷射頻寬窄化及穩頻研究”東海大學物理學系碩
士班碩士論文,(2002)
- [5]楊惠民“光纖光柵外部共振腔雷射研製及特性之研究”國立中山大學光電工程
研究所博士班博士論文,(2004)
- [6]王士奇“超窄線寬光纖布拉格光柵外腔半導體雷射”國立臺北科技大學機電整
合研究所碩士班碩士論文,(2013)
- [7]蔡宗衡“高穩定度超窄線寬光纖布拉格光柵外腔半導體雷射之設計”國立臺北
科技大學製造科技研究所碩士班碩士論文,(2014)

