

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫五：先進型線性 / 非線性光纖光柵及鎖模光纖雷射之 設計、製作與應用(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2215-E-009-061-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學光電工程學系(所)

計畫主持人：賴暎杰

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 7 月 5 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

新穎光信號處理元件與模組及其在光通信中之應用 子計畫：先進型線性／非線性光纖光柵及鎖模光纖雷射之設計、製作與應用(1/3)

Design, fabrication, and application of advanced linear/nonlinear fiber gratings and modelocked fiber lasers (1/3)

計畫編號：93-2215-E-009-061-

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

主持人：賴暎杰教授 交通大學 光電工程系（所）

一、中文摘要

近年來光纖科技的進步已經在許多研究領域造成很大的衝擊，幾個最重要的光纖相關技術包括光纖光柵技術、光纖雷射技術、及特殊光纖製作技術（包括光晶體光纖）等都已經有很好的發展。我們過去幾年在光纖光柵技術與鎖模摻鉍光纖雷射技術上已經建立很好的研究基礎，在本計畫中我們將立基於這基礎上來進一步研發更先進之線性／非線性光纖光柵及鎖模光纖雷射的設計、製作與應用技術。更具體言之，我們將（1）開發利用側面繞射干涉法來發展具更精確定位的逐段式光纖光柵曝製技術，並針對特殊光通訊等應用來設計及製作特別的光纖光柵元件；（2）研製 10GHz 及更高脈衝重複率之穩定飛秒級鎖模摻鉍光纖雷射，利用非同步調變等新型方法使光纖雷射可直接輸出高重複率飛秒級脈衝，毋需腔外脈衝壓縮，並將此種雷射實際用於光通訊等應用；（3）利用（1）中建立之逐段式光纖光柵曝製技術配合 electric poling 側磨光纖來研製二次非線性光纖光柵元件，並利用此技術來發展在全光通訊與量子光通訊上之應用；（4）模擬及設計三次非線性光晶體光纖光柵元件，探討在此種三次非線性光纖光柵中之布拉格光固子（Bragg grating soliton）等非線性光學現象，以及這些效應在全光通訊與量子光通訊上之可能應用。我們希望透過未來三年之計畫執行，可以讓我們繼續在這些光纖科技研究領域上進行前瞻性的學術研究與技術開發。

關鍵詞：光纖雷射、光纖光柵

Abstract

In recent years the advance of fiber related technologies has produced significant impacts in many research area. Some of these important fiber related technologies include the fiber grating technology, fiber laser technology, and special fiber technology (including photonic crystal fibers). In the past few years we have established excellent research infrastructure in the research area of fiber gratings and modelocked Er-fiber lasers. Based on these achievements, in the proposed project we plan to develop the design, fabrication, and application techniques of more advanced linear/nonlinear fiber gratings and modelocked fiber lasers for the applications of optical communication and others. To be more specific, we will (1) develop the side-diffraction-interference position monitoring technique for further improving our sequential-writing fiber grating exposure system and begin to design and fabricate special fiber grating devices for special fiber communication and photonic signal processing applications; (2) develop 10 GHz or higher repetition rate stable modelocked fiber lasers that can output femtosecond pulses directly from the laser without the requirement of external pulse compression, and apply the developed lasers to the applications of optical communication;

(3) develop the second order nonlinear fiber grating devices based on the electric-poled side-polished fibers and the fiber grating exposure technique, and utilize these devices in the applications of all-optic communication and quantum-optic communication; (4) model and design third order nonlinear photonic crystal fiber grating devices, investigate the nonlinear optical effects (i.e., Bragg soliton effects) in these devices, and develop their possible applications in all-optic communication and quantum-optic communication. Through the execution of this proposed three-year project, we hope that we can continue to perform more advanced academic research and development on fiber related technologies and continue to make more academic and technological contributions.

Keywords: Fiber laser, Fiber grating

二、緣由與目的

我們過去幾年在光纖光學相關學術研究與技術研發上已經建立很好的基礎，特別是在光纖光柵技術與鎖模摻鉍光纖雷射技術等方面。在本計畫中我們將立基於這基礎上來進一步研發更先進之光纖光學相關技術，包括線性及非線性光纖光柵的模擬、設計、製作、與應用，以及研製 10GHz 及更高脈衝重複率之飛秒級鎖模摻鉍光纖雷射並發展其應用等。我們希望透過未來三年之計畫執行，可以讓我們繼續在這些光纖科技研究領域上進行前瞻性的學術研究與技術開發，並持續在這些研究領域有所貢獻。

三、研究成果

在這第一年裏我們的研究成果主要是在以下這幾方面：

- 1、開發利用側面繞射干涉法來發展具更精確定位的逐段式光纖光柵曝製技術。
 - 2、研製 10GHz 脈衝重複率之穩定飛秒級鎖模摻鉍光纖雷射。
 - 3、模擬設計新型的 holy fiber 結構。
- 以下即針對這幾點來進行說明：

- 1、開發利用側面繞射干涉法來發展具更精確定位的逐段式光纖光柵曝製技術（發表文獻[1]）

我們發展出如下圖的側面繞射干涉法及信號處理方式來精確定位逐段式光纖光柵曝製系統，並以之製作出 3-dB bandwidth 只有 0.07 nm 的光纖光柵。

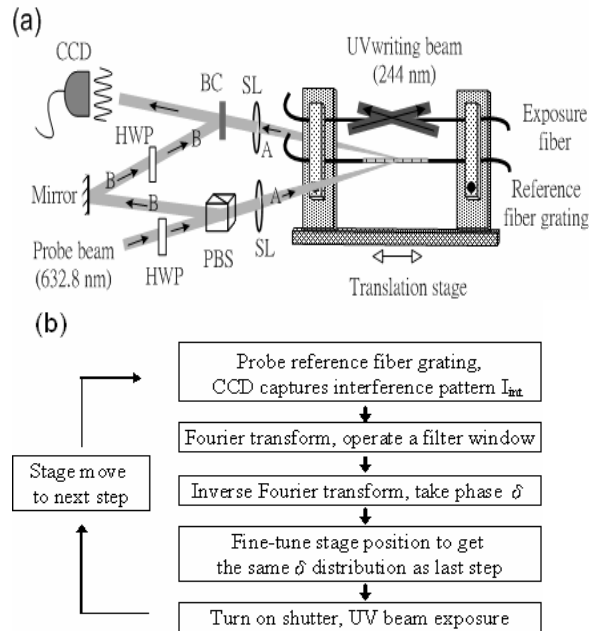


Fig. 1. (a) Real-time side-diffraction position monitoring setup by probing the reference grating. (b) Flow chart of the algorithm..

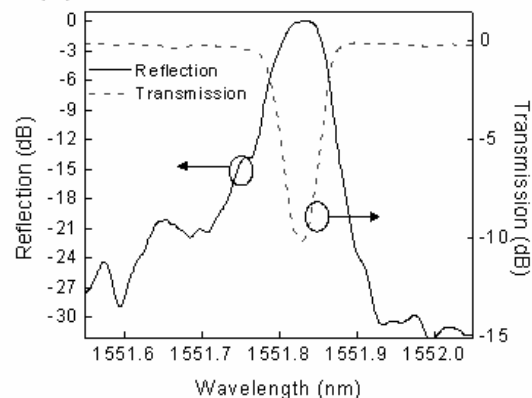


Fig. 2. Reflection and transmission spectra of a 0.07-nm Gaussian apodized 70-mm long FBG.

- 2、研製 10GHz 脈衝重複率之穩定飛秒級鎖模摻鉍光纖雷射（發表文獻[2]）
- 我們發展出如下圖的非同步鎖模光纖雷射系統，達到 10GHz 脈衝重複率，輸出脈寬僅 816fs，超模抑制比超過 70dB。

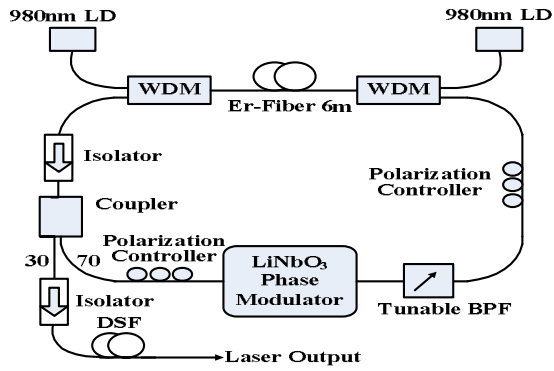


Fig.3 Modelocked Er-fiber laser by asynchronous modulation

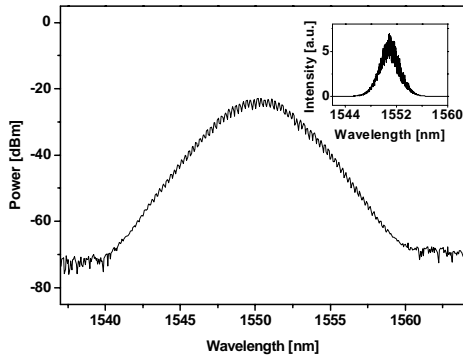


Fig.4 Output optical spectrum

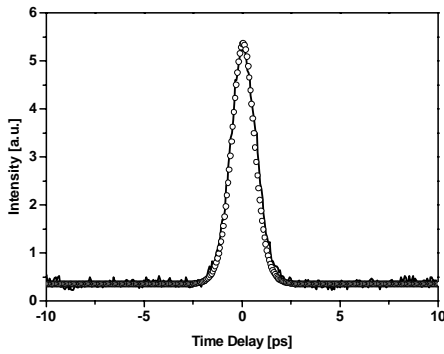


Fig.5 Autocorrelation of the output pulses

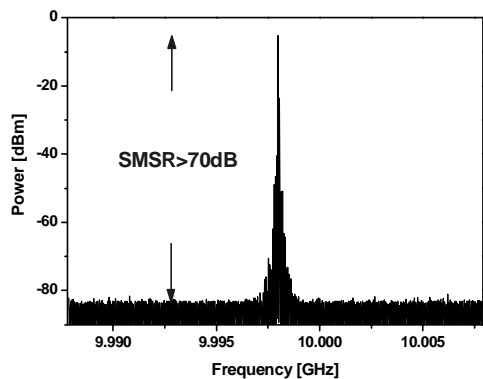


Fig.6 RF spectrum of the output pulses

3、模擬設計新型的 holy fiber 結構 (發表文獻[3])

我們探討了如下圖的 Square- and rectangular-Lattice Holey Fibers with Elliptical Air Holes, 以有限元素法計算了其 birefringence 及 loss。

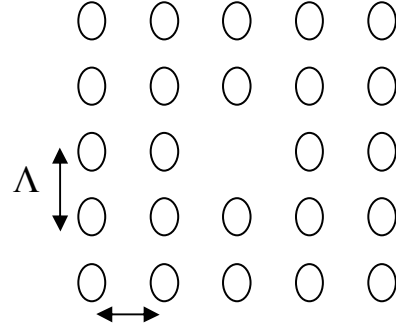


Fig.7. The structure of the square- and rectangular- lattice HF with elliptical air holes

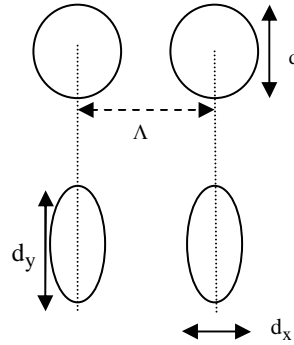


Fig.8. Illustration of the structure parameters

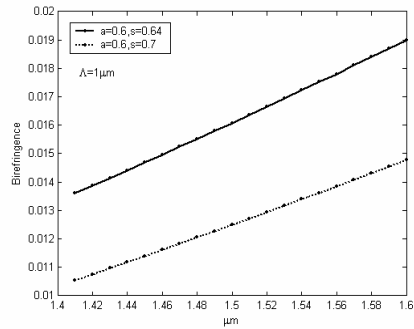


Fig.9. The birefringence for $\Lambda = 1 \mu\text{m}$, $a=0.6$.

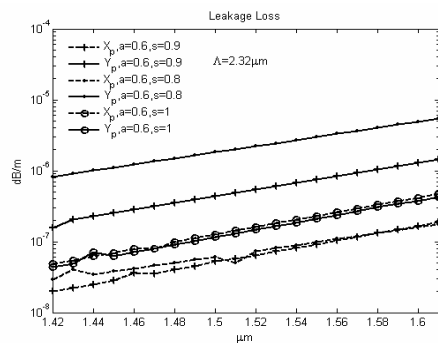


Fig.10. The leakage loss for the cases with $\Lambda=2.32 \mu\text{m}$, $a=0.6$.

四、結論

本計畫於今年度已完成利用側面繞射干涉法來發展具更精確定位的逐段式光纖光柵曝製技術、研製 10GHz 脈衝重複率之穩定飛秒級鎖模摻鉍光纖雷射、以及模擬設計新型的 holy fiber 結構，都有很不錯的結果，也已經有國際論文的發表。這些成果將可作為我們第二年研究的基礎。

五、發表文獻

- [1] K.-C. Hsu, L.-G. Sheu, K.-P. Chuang, S.-H. Chang and Y. Lai, "Fiber Bragg grating sequential UV-writing method with real-time interferometric side-diffraction position monitoring," *Optics Express* vol.13, No.10, p.3795 (2005).
- [2] C.-Y. Lin, W.-W. Hsiang, M.-F. Tien and Y. Lai, "Direct generation of 10GHz 816fs pulse train from an asynchronous modelocked Er-fiber laser", paper CTuCC5, CLEO 2005. (to be published on *Optics Letters*)
- [3] Y. C. Liu and Y. Lai, "Optical birefringence and polarization dependent loss of square- and rectangular-lattice holey fibers with elliptical air holes: numerical analysis", *Optics Express*, Vol.13, No.1, 225-235 (2005).

