

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

新型光纖光柵元組件的開發與其應用研究(3/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2215-E-002-006-

執行期間：93年08月01日至94年11月30日

執行單位：國立臺灣大學光電工程學研究所

計畫主持人：王倫

計畫參與人員：王倫 游家瑋 彭子軒 陳弘益

報告類型：完整報告

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 95 年 1 月 25 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

新型光纖光柵元組件的開發與其應用研究(3/3)

計畫類別：一般型研究計畫

計畫編號：NSC 93-2215-E-002 -006-

執行期間：93 年08 月01 日至94 年11 月30 日

執行單位：國立臺灣大學光電工程研究所

計畫主持人：王倫

計畫參與人員：王倫 游家瑋 彭子軒 陳弘益

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中華民國95 年1 月20 日

一、前言：

在光纖光耦合方面，我們分別做了兩個研究，其一是光子晶體光纖的光耦合，承接先前的模擬成果，我們進一步進行雷射二極體與光子晶體光纖的光耦合效率的實驗。其二是具有折射率漸變透鏡的光纖的光耦合模擬。

光子晶體光纖光耦合的部份，我們從實驗上驗證了過去所做的模擬在光耦合行為上是正確的。我們也成功做出具有光纖透鏡的光子晶體光纖，並且量測其光耦合效率。折射率漸變透鏡的部份，我們從模擬的結果上得出新架構可以增加光耦合的效率，並且仍保有長工作距離的特性，並且我們也對於新架構做了最佳化的模擬。

在光纖光源方面，我們實驗並分析極化的複行後向超螢光光纖光源的特性，極化複行後向超螢光光纖光源仍保有對泵激光源功率的低相關性，平均波長穩定性與寬頻的特性，以上都很適合用來做為光纖陀螺儀的光源。

二、研究目的：

在光子晶體光纖的光耦合研究方面，為了由實驗上驗證先前所做的模擬的正確性，我們需提出一種方式可在光子晶體光纖前端裝上一個錐狀透鏡，由於光子晶體光纖內有毛細管，不能直接採用濕蝕刻的方式形成錐狀，因此我們建立了一個簡單的成像系統，使得當光子晶體光纖熔接上一段實心的光纖後，可以藉由即時監看讓蝕刻的部份只在實心的光纖上，而不會破壞到光子晶體光纖的內部結構。另外我們也思考應用此種光纖在多波長光耦合上的可行性。

在折射率漸變透鏡研究方面，為了得到最佳的光耦合效率，透鏡的半徑應適當的設計得以匹配入射光源的相位。在這個研究中，由ABCD方法計算出的透鏡半徑要小於30um，這對於半徑62.5um的光纖在製造上是相當困難的，而且入射的光源的面積會因此變小，使得纖殼模態不易被激發，則長距離光纖光柵無法有效將光耦合到纖核中。因此我們提出使用折射率漸變透鏡的方式來收集光源的入射光，並且有效的匹配其相位。

在超螢光光纖光源方面，承襲過去的實驗研究，我們想更進一步從理論模擬超螢光光纖光源在四個不同架構上的比較，進而了解其優劣以及如何加強其優點。

三、研究方法：

在光子晶體光纖的光耦合研究方面，我們經由實驗的方式，驗證先前模擬的正確性，並且將多個不同波長的光導進光子晶體光纖中，量測其發散角的特性，以及觀察其單模的場形，間接分析應用於多波長光耦合的可行性。

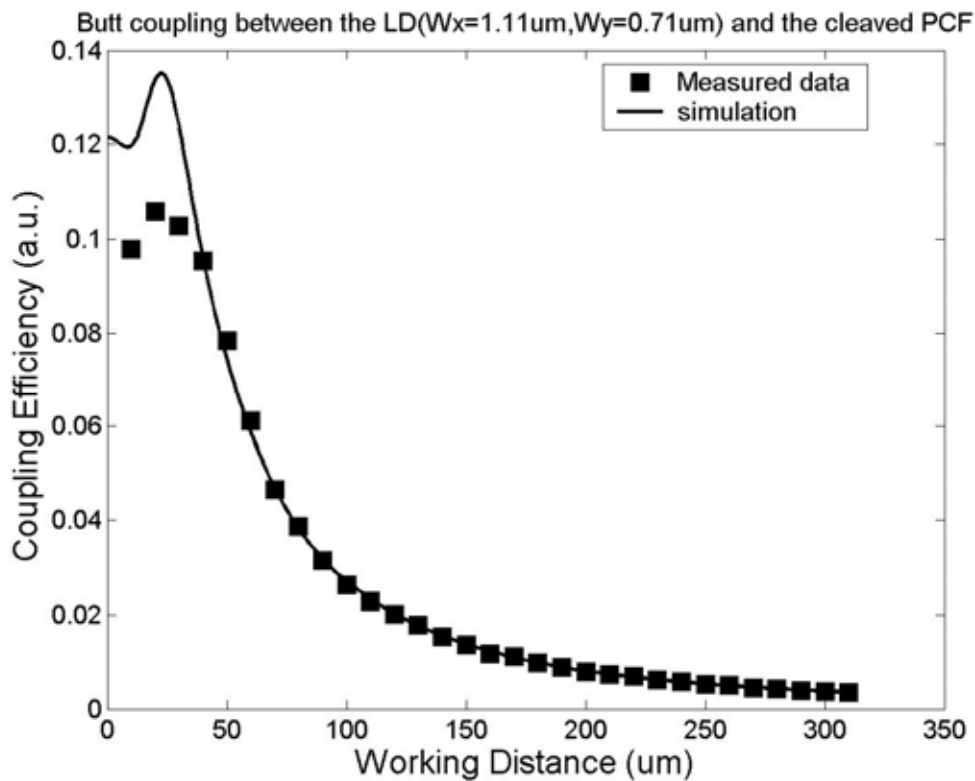
在折射率漸變透鏡光耦合研究方面，由於此種透鏡可增加光纖的可接受入射角度，我們採用寬角度的光束傳播法來進行模擬的計算。同時我們也使用FD-TDM來計算在折射率漸變透鏡面上的反射量。

在極化超螢光光纖光源研究方面，我們利用功率演化方程式來描述ASE與泵激光源，計算的ASE頻譜從1525nm到1565nm。我們也根據模擬的結果，做實驗驗證，並且與單行後向的架構做比較。

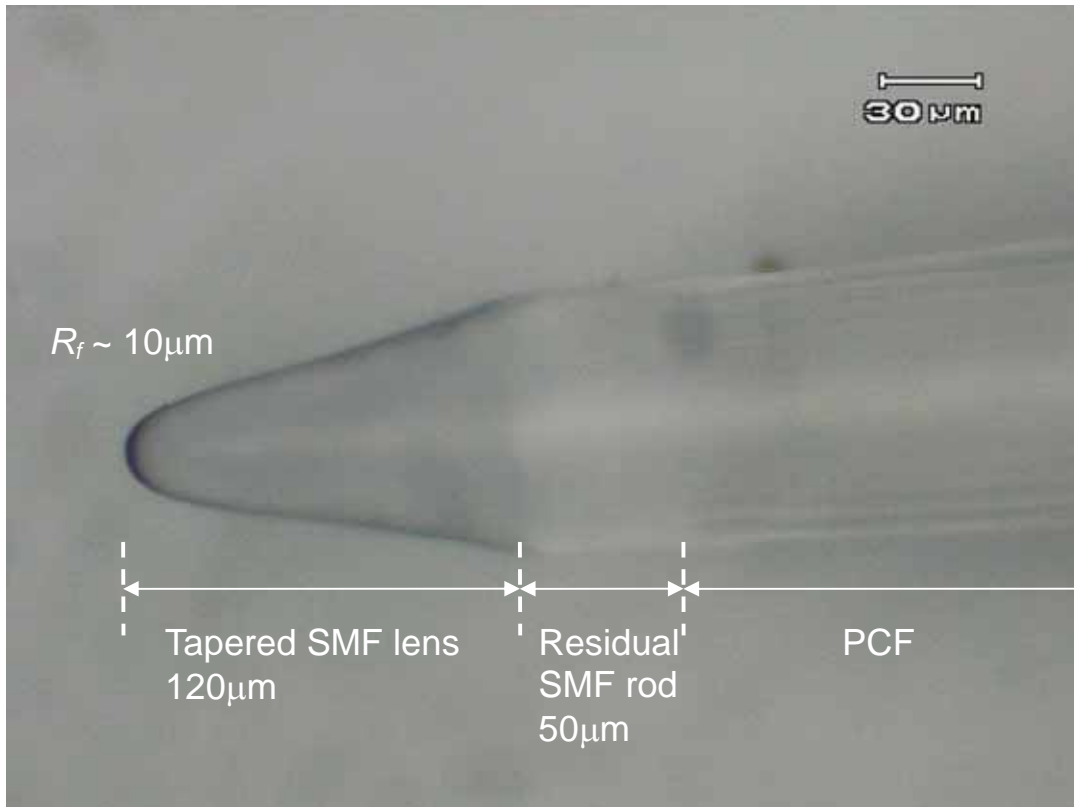
四、結果與討論：

在光子晶體光纖的光耦合研究方面，我們驗證了過去模擬光子晶體光纖的光場在光

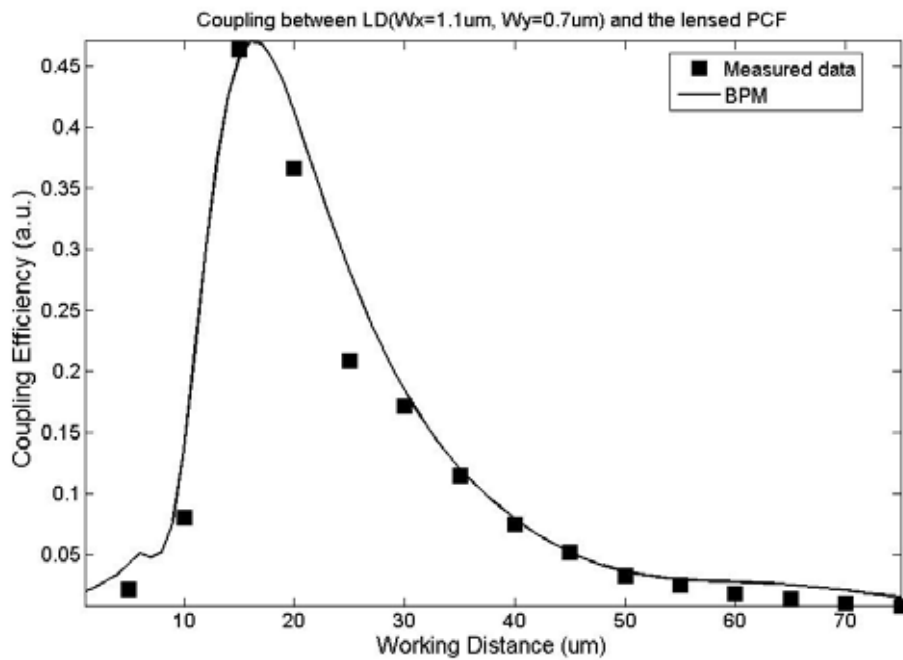
耦合實驗上的正確性(圖一)，我們也成功的實現在光子晶體光纖上裝上透鏡的想法(圖二)，並且也針對光耦合實驗所使用的光源，做了最佳匹配的曲率半徑的曲面，在實作上透鏡的形狀比較接近於拋物面，目前最佳的光耦合效率為46%(圖三)，另外我們也發現在光子晶體光纖前端熔接上的實心光纖，有纖核的會比無纖核在效率上較好，原因有可能是有纖核的光纖會將光局限在纖核中，使得光在經過逐漸變細的光纖時，光場不易再度擴散造成相位不匹配。在單一波長下的研究，光子晶體光纖的光耦合行為與單模光纖無異，我們在其他文獻上得知光子晶體光纖在多波長上的行為與單模光纖明顯不同[1-3]，針對這個現象我們也做了實驗量測(圖四)。光子晶體光纖有著對於多波長的發散角幾乎是線性的特性，表示其光場的直徑是幾乎不變的，這一點我們認為有潛力發展作為多波長的光耦合模組。



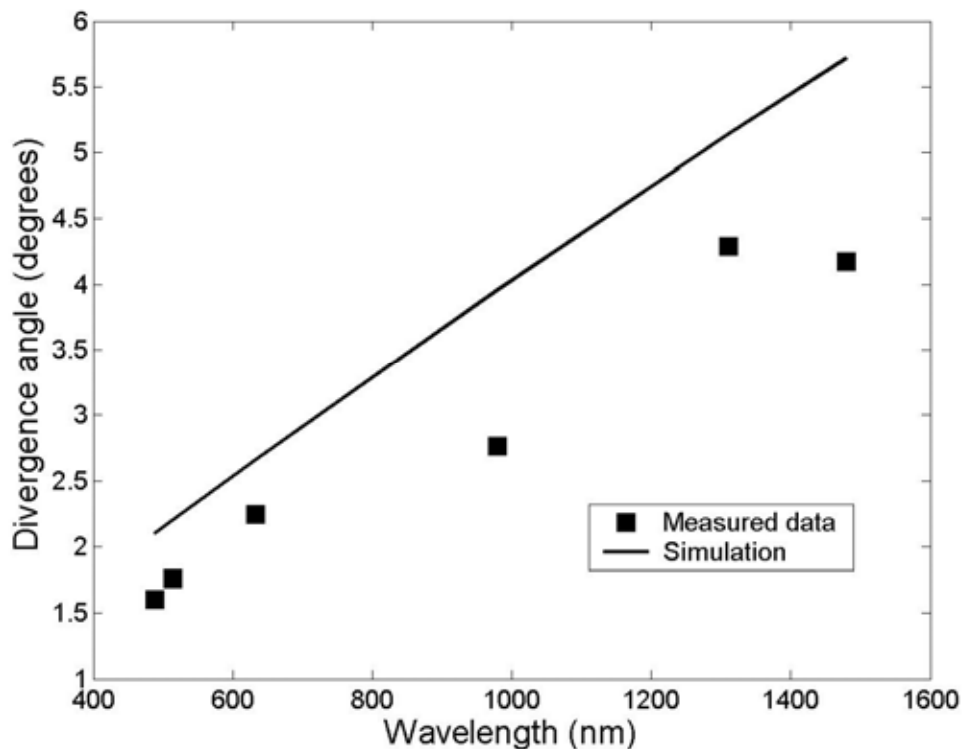
圖一 雷射二極體與光子晶體光纖在不同工作距離下光耦合行為的實驗與模擬



圖二 具載實心光纖透鏡的光子晶體光纖

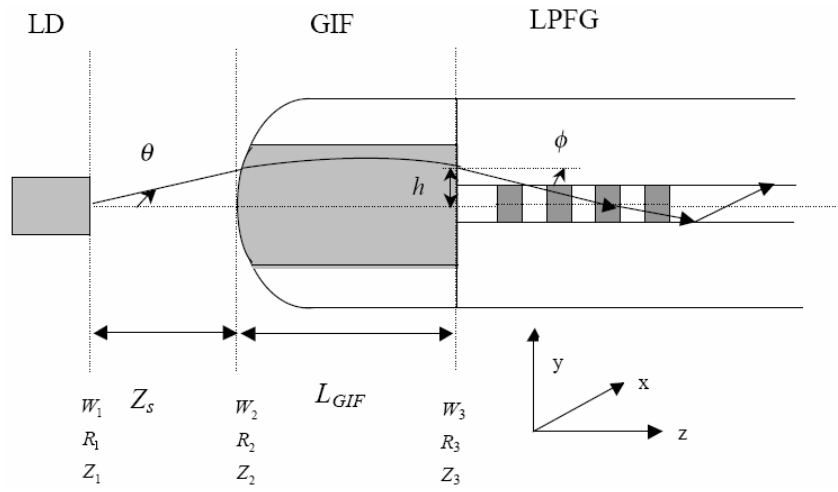


圖二 具載實心光纖透鏡的光子晶體光纖與雷射二極體在不同工作距離下的光耦合行為以及模擬

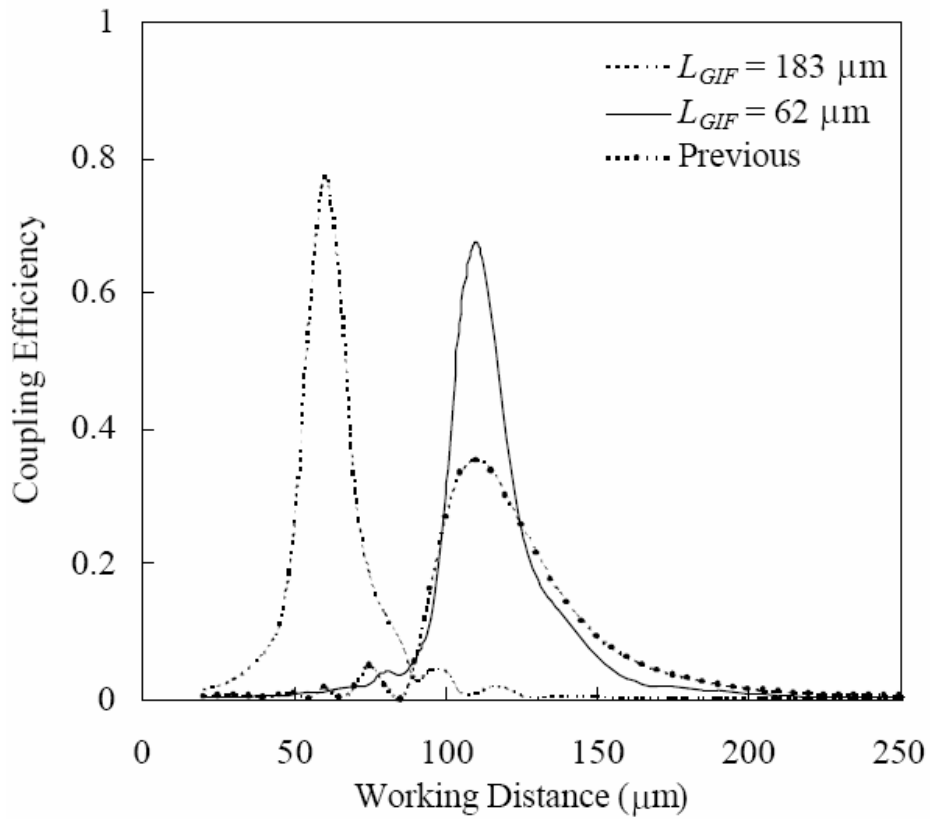


圖四 光子晶體光纖在不同波長下的發散角

在具載折射率漸變透鏡的光耦合研究裡(圖五)，我們使用寬角度的光束傳播法模擬，計算的結果指出比起過去的架構[4-6]，加上折射率漸變的透鏡可使得光耦合效率增加到68%(圖六)，同時仍保有極佳的長工作距離特性，調整折射率漸變透鏡的參數，可使得光耦合效率達到77%，但是其工作距離變短至60um，其結果整理在表一中。另外我們也計算出若要得到最佳的光耦合效率(80%)，則折射率漸變透鏡的折射率差異須大於2.5%。入射光在透鏡面的反射量，經由FD-TDM計算的結果，對應工作距離是60um與110um的架構，其反射量分別為~2.8%與2%。



圖五 具載折射率漸變透鏡的光耦合模擬架構圖

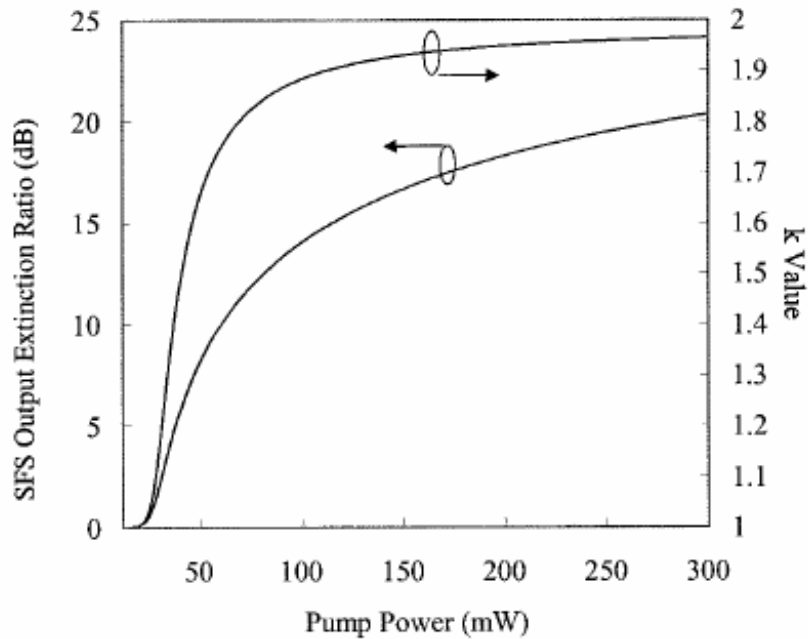


圖六 光耦合行為在不同工作距離下的模擬結果比較

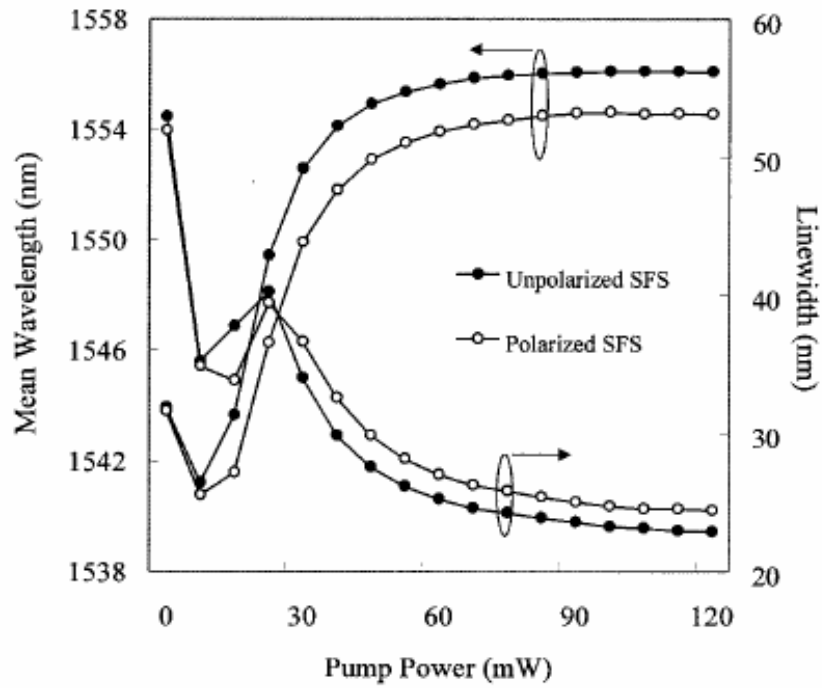
表一 二個新架構與先前架構的比較

Unit: (μm)	Length of GIF (L_{GIF})	Lens Radius (R_f)	Working Distance (Z_s)	Coupling Efficiency
Reported scheme	0	50	110	42 %
Improved scheme	62	75	110	68 %
Improved scheme	183	75	60	77 %

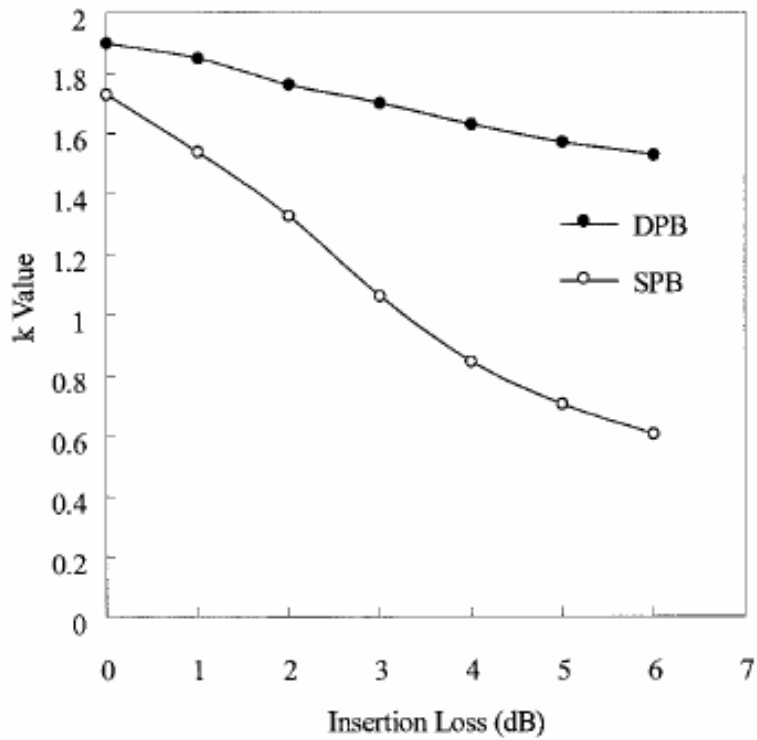
在超螢光光纖光源方面，極化的複行後向超螢光光纖光源的功率幾乎是非極化的2倍，極化轉換效率(k value)約為1.88，(極化)消光比(ER)是13.3dB(圖七)，放置極化器的位置是在反射鏡上。不像其他的架構，極化的複行後向超螢光光纖光源對於極化器的內在光損失是不敏感的，其極化轉換效率的變化是-0.06/dB。複行後向超螢光光纖光源仍保有對泵激光源功率的低相關性，平均波長穩定性(圖八)與寬頻的特性，以上都很適合用來做為光纖陀螺儀的光源。該研究結果已發表於2005 Applied Optics[7]。



圖七 極化轉換效率與極化消光比對泵激光源功率的相關性



圖八 極化與非極化的超螢光光纖光源
對泵激光源功率的平均波長穩定性與頻寬比較



圖九 複行後向與單行後向兩種架構
其極化轉換效率對於極化器的插入損耗的相關性比較

五、參考文獻：

- [1] N.A. Mortensen, J.R. Folken, P.M.W. Skovgaard, and J. Broeng, "Numerical aperture of single-mode photonic crystal fibers," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, **14**, 1094-1096, 2002.
- [2] M.J. Gander, R. McBride, J.D.C. Jones, T.A. Birks, J.C. Knight, P.St.J. Russell, P.M. Blanchard, J.G. Burnett, and A.H. Greenaway, "Measurement of the wavelength dependence of beam divergence for photonic crystal fiber," *Opt. Lett.*, **24**, 1017-1019, 1999.
- [3] M. Koshihara and K. Saitoh, "Structural Dependence of Effective Area and Mode Field Diameter for Holey Fibers," *Opt. Exp.*, **11**, 1746-1756, 2003.
- [4] W. T. Chen and L. A. Wang, "Laser-to-fiber coupling scheme by utilizing a lensed fiber integrated with a long-period fiber grating," *IEEE Photon. Technol. Lett.* **12**, 501-503, 2000.
- [5] W. T. Chen and L. A. Wang, "Optical coupling method utilizing a lensed fiber integrated with a long-period fiber grating," *Appl. Opt.* **39**, 4490-4500, 2000.
- [6] W. Y. Su, G. W. Chern, and L. A. Wang, "Analysis of cladding-mode couplings for a lensed fiber integrated with a long-period fiber grating by use of the beam-propagation method," *Appl. Opt.*, **41**, 6576-6584, 2002.
- [7] Lon A. Wang, Chun Te Lee, and Gia Wei You, "Polarized erbium-doped superfluorescent fiber source utilizing double-pass backward configuration," *Appl. Opt.*, **44**, 77-82, 2005.

六、計畫成果自評：

就整體三年計畫的結尾來看，這一年雖持續有研究結果，但是計畫的完成度主持人自認為不甚理想，原因在於人力資源不足加上青黃不接所致，預期假以時日可陸續補回。