

單模光纖及光子晶體光纖的輸出光功率及模態分布 對於橫向耦合位置的關係之比較

Fang-Wen Sheu ^{a,b} (許芳文), Po-Jen Chiu ^b (邱柏仁)

^a Department of Applied Physics, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan

^b Graduate Institute of Optoelectronics and Solid State Electronics, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan

(國立嘉義大學 ^a 應用物理學系, ^b 光電暨固態電子研究所)

Telephone: 05-2717993; Fax: 05-2717909; E-mail: fwsheu@mail.ncyu.edu.tw

(NSC-94-2112-M-415-005)

摘要 --- 我們比較傳統的單模光纖以及光子晶體光纖的輸出光功率與橫向耦合位置的關係, 並觀察光纖輸出端的橫向模態分布影像。我們發現光子晶體光纖不但可以讓輸入光在核心傳播而且也可以讓輸入光在外層外殼中傳播。這是因為外層外殼的材料為玻璃, 其折射率大於光纖外圍的折射率和內層外殼孔洞結構的平均折射率, 所以光可以在外層外殼進行全反射, 並沿著此光纖波導結構傳播。

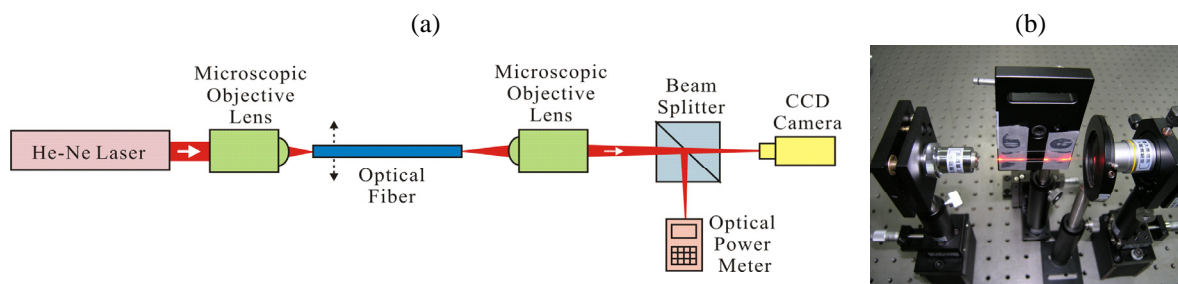
關鍵字: 單模光纖 (Single Mode Fiber)、光子晶體光纖 (Photonic Crystal Fiber)、模態分布 (Mode Distribution)

1. 前言

一般光纖是光在核心 (core) 與外殼 (cladding) 介面進行全反射而傳播, 在光子晶體光纖 (Photonic Crystal Fiber) 中, 核心與外層外殼 (outer cladding) 的材料為玻璃, 其折射率皆大於周圍環境的折射率, 所以我們比較傳統的單模光纖 (Single Mode Fiber) 以及光子晶體光纖的輸出光功率與橫向耦合位置的關係, 並觀察光纖輸出端的橫向模態分布影像。

2. 實驗系統

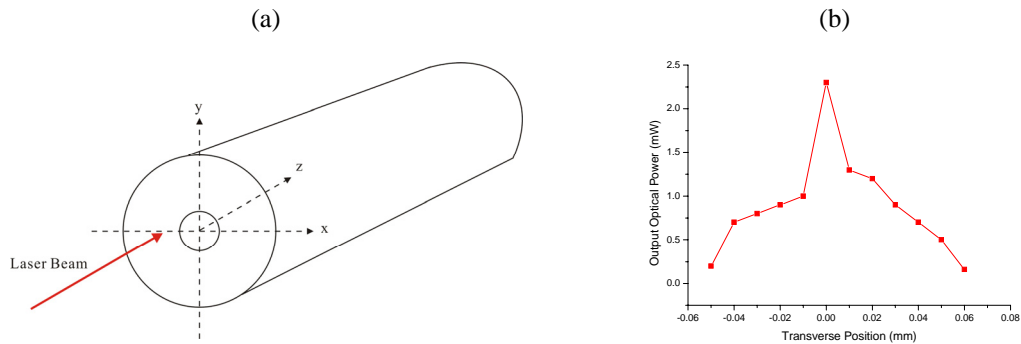
圖(一)為實驗系統之架構圖與實體圖, 我們將波長在 632.8 nm 的氦氖雷射光經由顯微物鏡耦合到光纖中, 再經由顯微物鏡把光纖輸出端面的影像顯示在 CCD Camera, 以觀察光纖輸出端的橫向模態分布影像。並經由分光至光功率計測量光纖橫向位移時的輸出光功率之變化。



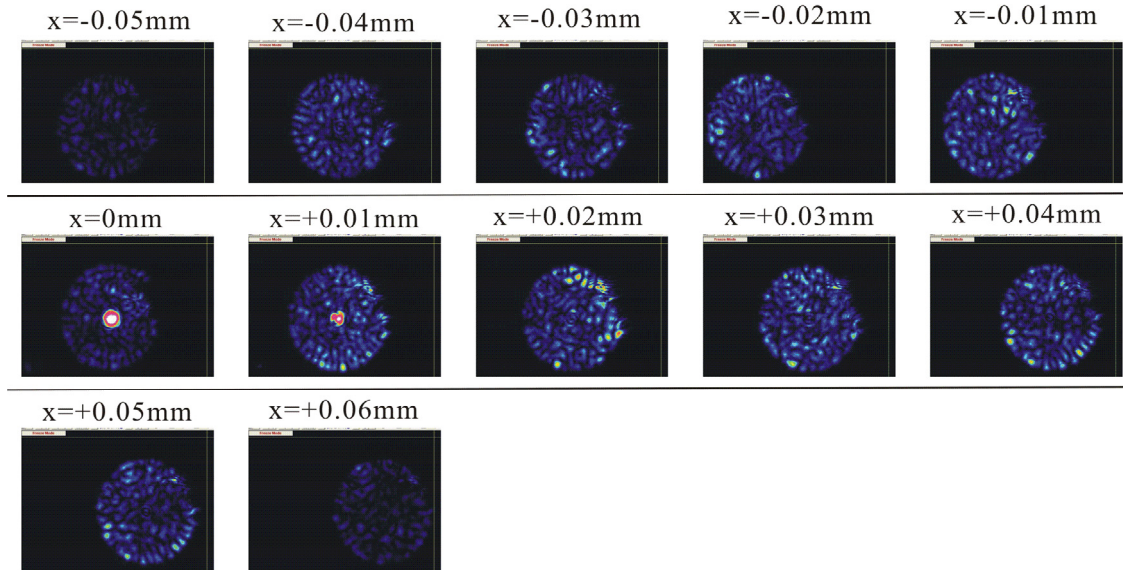
圖(一)、實驗系統：(a)架構圖、(b)實體圖。

3. 單模光纖的實驗結果

一般的傳統光纖是利用光在核心 (core) 和外殼 (cladding) 界面的全反射，使得光在折射率較高的核心中傳播，形成一個波導結構。我們首先使用的光纖為 1550 nm 單模光纖 (Corning SMF-28, 8.3- μm core diameter, 125- μm cladding diameter)，使用的長度為 9.2 cm。圖(二)-(a)為單模光纖輸入端橫截面。因為光纖為圓柱對稱，利用平移台沿著 x 方向橫移即可得到輸出光功率對橫向耦合位置的關係。以光在核心傳播時的位置為參考原點，分別沿著 (+x) 和 (-x) 方向移動，每移動 0.01 mm 測量一次輸出光功率。圖(二)-(b)為測量到的輸出光功率對橫向耦合位置關係圖。因為核心的折射率大於外殼的折射率，所以光在核心中傳播時可以得到最高的耦合功率。圖(三)是用 CCD camera 記錄單模光纖輸出端的傳播模態的光強度分布圖案，每一個圖案對應到每一個橫向耦合位置取樣點。



圖(二)、(a) 單模光纖輸入端橫截面。(b)輸出光功率對單模光纖橫向耦合位置作圖。

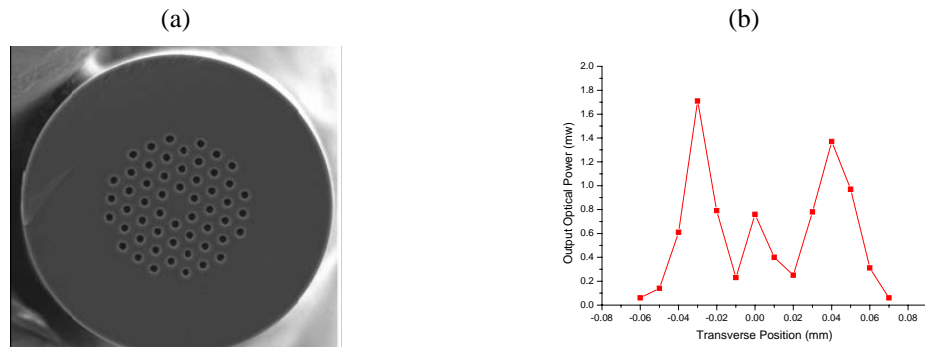


圖(三)、經由 CCD camera 得到的單模光纖輸出端的橫向模態分布影像，每個圖案分別對應到的每一個橫向耦合位置取樣點。

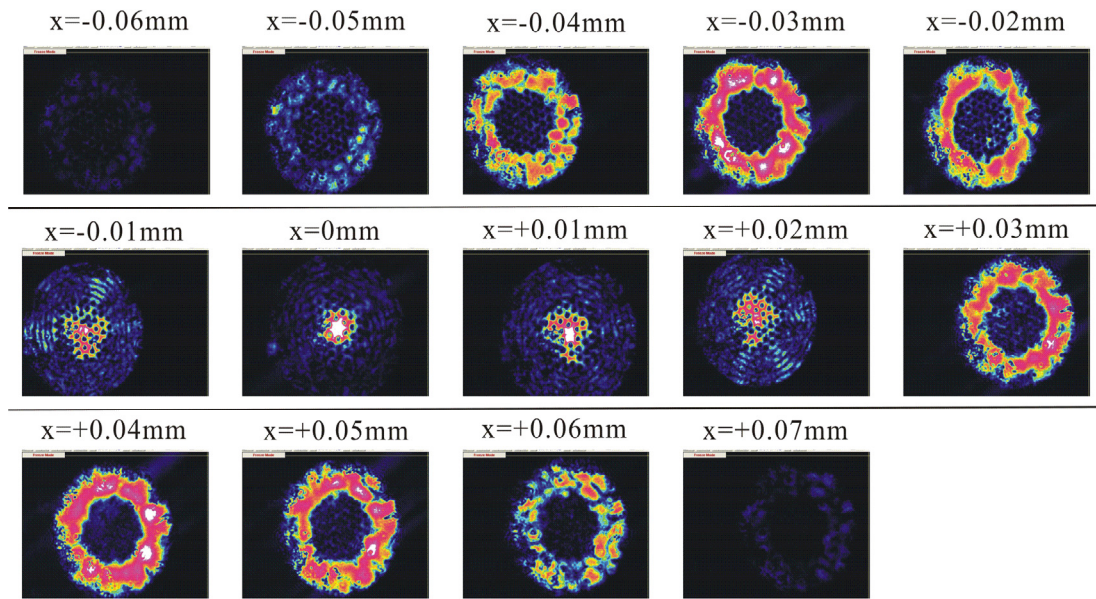
4. 光子晶體光纖的實驗結果

其次，我們換掉單模光纖改用光子晶體光纖 (BlazePhotonics, ESM-12-01, 12- μm core diameter, 125- μm outside diameter, 220- μm coating diameter, pitch $\Lambda = 8 \mu\text{m}$, $d/\Lambda = 0.46$) 並重複相同的實驗步驟。光子晶體光纖使用長度為 6.6 cm。圖(四)-(a)為光子晶體光纖輸入端橫截面的電子顯微掃描影像 (廠商提供)。圖(四)-(b)為測量到的光子晶體光纖輸出光功率對橫向耦合位置關

係圖。其中參考原點為光在核心中傳播的位置，兩端的峰值對應到光在外層外殼傳播的位置。我們認為因為外層外殼的面積遠大於核心的面積，所以耦合進外層外殼的光會比耦合進核心的光還要多，所以除了中央峰值，兩端還會有更大的峰值。圖(五)為光子晶體光纖輸出端的橫向模態分布影像，其中每一個圖案對應到每一個橫向耦合位置取樣點。從圖可以發現光也可以在外層外殼傳播，因為外層外殼的折射率跟核心的折射率都大於內層外殼孔洞結構與光纖外圍空氣或 coating 層的折射率。



圖(四)、(a)光子晶體光纖橫截面。(b)輸出光功率對光子晶體光纖橫向耦合位置作圖。



圖(五)、經由 CCD camera 得到的光子晶體光纖輸出端的橫向模態分布影像。每個圖案分別對應到每一個橫向耦合位置取樣點

5. 結論

跟單模光纖比較，我們發現光子晶體光纖不但可以讓輸入光在核心傳播而且也可以讓輸入光在外層外殼中傳播。這是因為外層外殼的材料為玻璃，其折射率大於光纖外圍的折射率和內層外殼孔洞結構的平均折射率，所以光可以在外層外殼進行全反射，並沿著此光纖波導傳播。而且由於外層外殼的面積遠大於核心的面積，所以耦合進外層外殼的光會比耦合進核心的光還要多。

參考文獻

1. T. A. Birks, J. C. Knight, and P. St. J. Russel, "Endlessly single-mode photonic crystal fiber," Opt. Lett. **22**, 961 (1997).