



利用錐形光纖吸引與傳遞介電微粒

Optical attraction using a tapered optical fiber in dielectrophoresis system

吳泓諭¹ (Hong-Yu Wu), 許芳文^{1,2} (Fang-Wen Sheu), 陳思翰^{1,2} (Sy-Hann Chen)

¹ 國立嘉義大學 光電暨固態電子研究所, ² 國立嘉義大學 應用物理學系
60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號

摘要：我們在介電泳系統中沿著電場的垂直方向放置一拉伸過的錐形光纖，接著在光纖一端導入 980 nm 二極體雷射。在光纖拉伸部位上方利用顯微鏡觀察雷射光在光纖拉伸部位所產生的漸逝波對介電微粒的影響，我們發現漸逝波產生的電磁場可以吸引介電微粒並使其吸附於光纖表面，當輸入光強度足夠時可以將微粒沿著光纖表面傳遞。

1. 簡介

我們將雷射光源耦合進入一波導，當雷射光在波導中傳遞時，由於波導與其外面介質的折射率差，會造成雷射光全反射的情況產生，但以電磁波的觀點來看，在發生全反射的介面上，電磁場會有一小段距離透入，我們稱這種現象為漸逝波 (evanescent wave)。

當漸逝波在波導上傳遞時，其漸逝波會對周圍的介電微粒產生吸引力，進而將介電微粒吸附於波導表面，當能量足夠時能帶動微粒在波導表面沿著光波行進方向傳輸[1][2]。

2. 實驗方法與系統架構

我們利用如下圖 1 的架構進行介電微粒的吸引與傳遞觀察。一開始先以 20 倍物鏡將 980 nm 二極體雷射聚焦，將雷射光耦合進入拉伸過的光纖，光纖一端以 Fiber holder 固定，另一端以可調光圈固定，兩端皆架在三軸平移台上以利於實驗進行中對光纖作相對位置的調整。接著在光纖拉伸部位上方以遠距離工作物鏡觀察並於上方裝置 CCD 連接到電腦做實驗紀錄。光纖末端以光功率計偵測雷射光經光纖後輸出光功率大小，用來控制以及紀錄不同雷射光功率。

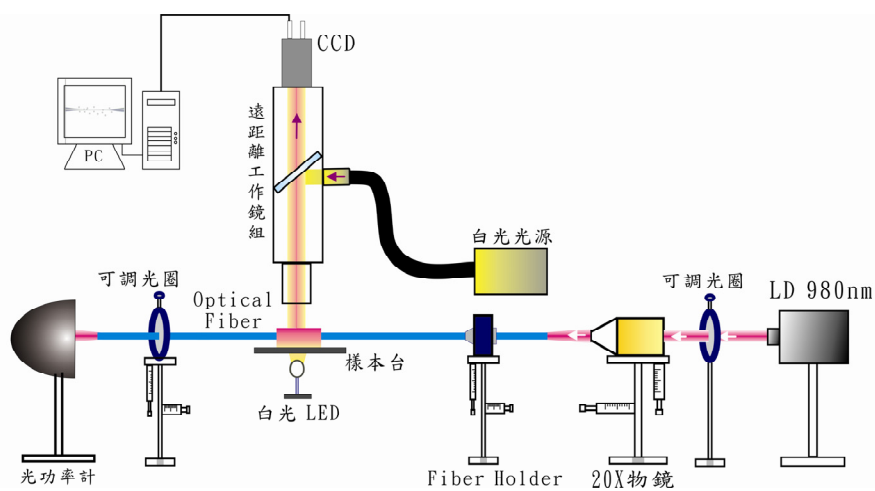


圖 1 實驗系統架構圖

3. 實驗結果與討論

由圖 2 上方可以很明顯的看出，光纖在經過光纖拉引機處理之後，中間部分的寬度由原先的 125 μm 縮減為 50 μm 左右 (core & cladding 層)，拉伸部位兩端有明顯的錐形化情況，這樣的用意在於使雷射光經過時，在拉伸部位有較多的光散射出來，亦即有更多的電磁場透出。另外由圖 2 下方，可以清楚的看到，當改變雷射光強度由 10 mW 增加到 30 mW，雷射光透出的範圍有很明顯的增加。

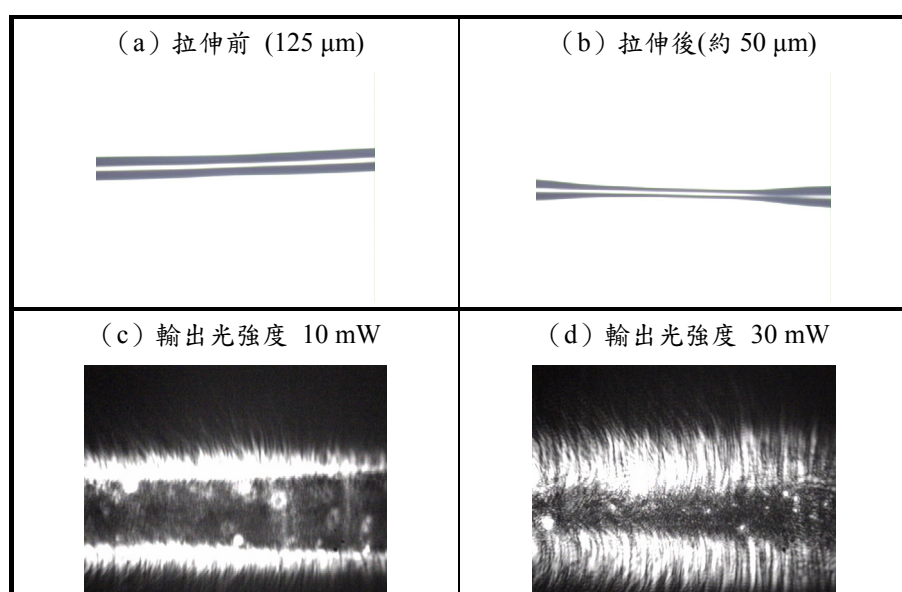


圖 2

我們以 3 μm 、10 μm 直徑大小的聚苯乙烯微粒當作介電物質，再利用玻片、雙面膠、膠帶製作簡易流道，並在兩端接上電線連接電源供應器，利用介電泳驅動微粒使微粒能在光纖兩側間來回流動(如圖 3A 所示)。

圖 3 中，當微粒受電磁波影響沿著光纖表面移動時 (B-C)，我們將可調光圈關閉遮住雷射光路，用以中斷對微粒的作用力，這時可以看到微粒在失去作用力之後向下漂離 (D-F)，這時我們再將光圈打開，使雷射光通入，可以看到微粒再次受電磁波作用而吸附在光纖表面 (G)。

在圖 3 H-L 中，可以清楚的觀察到，聚苯乙烯微粒被電磁波影響後，快速吸引至光纖中央，接著沿著表面移動至下方後再沿著表面移動。

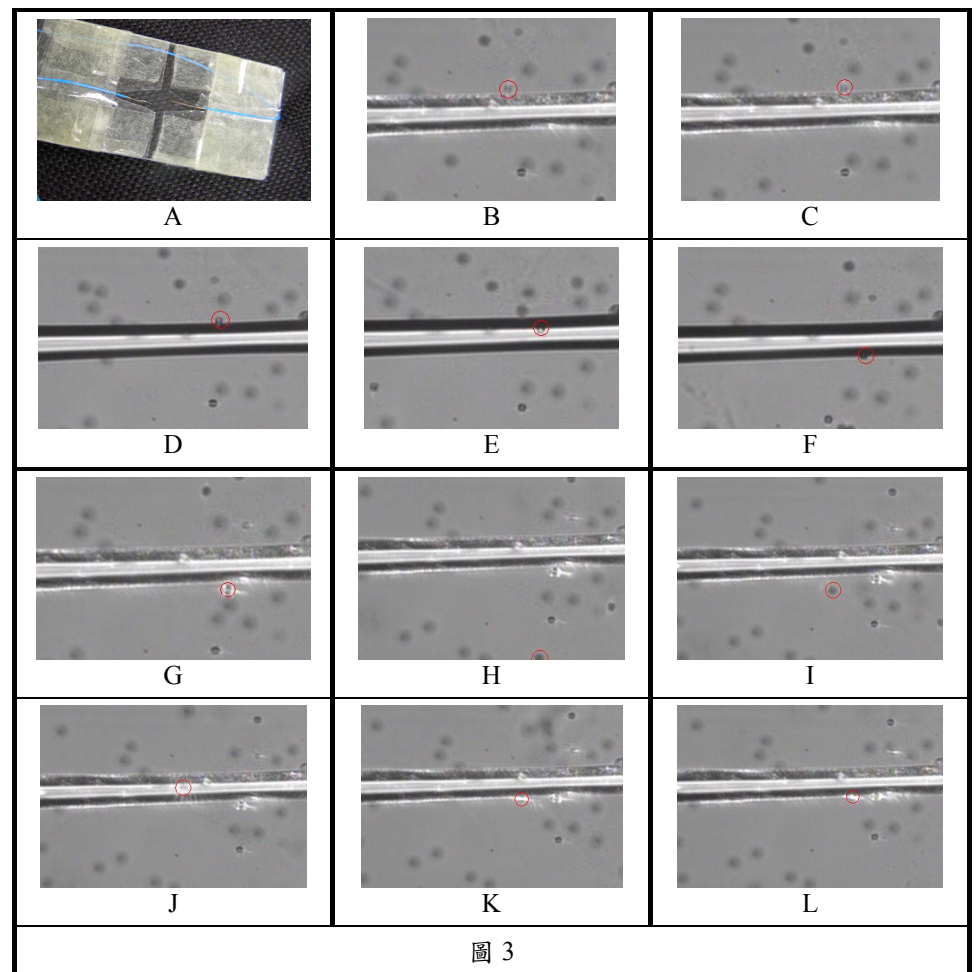


圖 3

在圖 4 A-D 中，紅色圈為 10 μm 、藍色圈為 3 μm 聚苯乙烯微粒，我們可以發現 10 μm 的微粒其移動速度較快 (10 μm 微粒約為 25 $\mu\text{m}/\text{s}$; 3 μm 微粒約為 10 $\mu\text{m}/\text{s}$)，這與相關文獻實驗結果相符[1]。

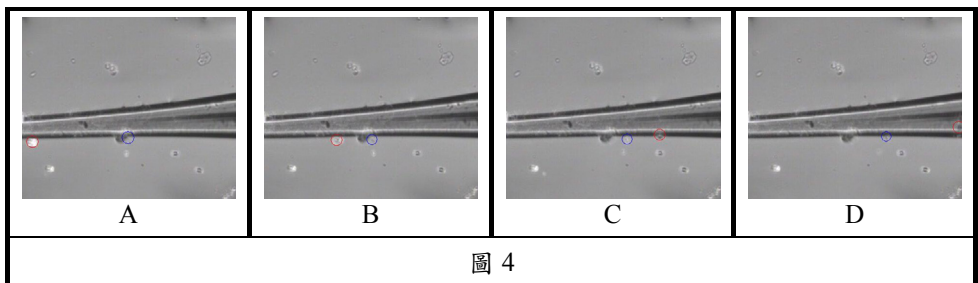


圖 4

4. 結論

我們利用光纖當作波導，並經由光纖拉引機處理，將光纖工作區拉伸使其寬度由 125 μm 縮減至 50 μm 左右，接著在一端導入 980 nm 二極體雷射，當雷射光在光纖內傳遞通過拉伸部位時，會有較多的光透射出來，藉由透射出來的光所產生漸逝波的電磁場，可以用來吸引介電微粒，當輸入光強度足夠時可以將微粒沿著光纖表面傳遞[3]。

5. 參考資料

- [1] Bradley S. Schmidt, Allen H. J. Yang, David Erickson, Michal Lipson, "Optofluidic trapping and transport on solid core waveguides within a microfluidic device," Opt. Express 15, 14322 (2007).
- [2] Allen H J Yang, David Erickson, "Stability analysis of optofluidic transport on solid-core waveguiding structures," Nanotechnology 19, 045704 (2008).
- [3] G. Brambilla, G. Senthil Murugan, J. S. Wilkinson, and D. J. Richardson, "Optical manipulation of microspheres along a subwavelength optical wire," Opt. Lett. 32, 3041 (2007).

* 致謝：This project is financially sponsored by the National Science Council, Taiwan, through Project NSC 97-2112-M-415-002-MY3.