

## 利用近紅外雷射光鉗系統捕捉微粒之應用研究

林于眾<sup>1</sup> (Yu-Chung Lin)，許芳文<sup>2</sup> (Fang-Wen Sheu)，艾群<sup>1</sup> (Chyung Ay)

<sup>1</sup> 國立嘉義大學生物機電工程學系，<sup>2</sup> 國立嘉義大學應用物理學系  
60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號

【**關鍵詞**】光鉗系統、近紅外雷射、細胞操控

### 一、前言

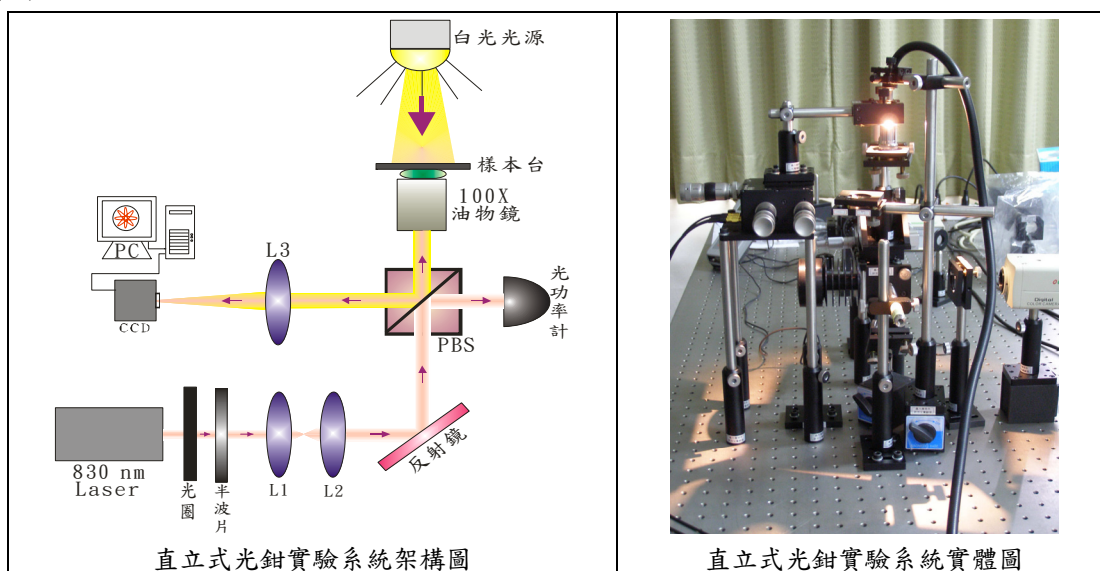
1748 年尤拉即已指出光壓的存在，人們可以從光的電磁理論或光的量子理論推算出光壓的大小，由於光壓非常微小，約  $10^{-12}$  Newton 之數量級，要觀察光壓，一般是觀察光對懸掛在真空中薄片的壓力。而所謂『光學鉗住(Optical Trap)』就是利用光壓對微小物體施力，進而嵌住操控。本研究中，我們將嘗試利用近紅外雷射光源研製出能具有最佳捕捉力與良好成像的光鉗系統平台，以便往後能運用在生物細胞的分類、篩檢與驅動切位酵素切割 DNA，以利 DNA 的序列分析操作使用…等分子手術的應用，也讓各領域的研究探討，從牛頓時代巨觀的研究範圍，一直演進到量子力學微觀的研究範圍，為肉眼看不到的世界開啟另一扇窗。

### 二、實驗儀器與方法

#### (一) 實驗設備

本研究所使用的儀器設備包括了二極體雷射(波長 830 nm; 140 mW)，擴束透鏡組( $f=75$  mm;  $f=150$  mm)，透鏡( $f=200$  mm)，極化分光鏡，反射鏡，白光光源，油物鏡(100X; NA=1.25)，三軸平移台，精密壓電三軸平移台，半波片，偏振片，濾波片，衰減片，光功率計(高功率)，光功率計(低功率)，Detector Card，紅外線觀測器；在影像處理設備包括了桌上型電腦配置一彩色影像擷取卡，CCD 攝影機將所擷取的影像透過影像卡傳至 PC 做處理與存檔，樣本則使用不規則石英微粒、與 3~10  $\mu$ m 乳膠球微粒、1  $\mu$ m 乳膠球微粒、U937 細胞。

#### (二) 實驗系統



直立式光鉗實驗系統架構圖

直立式光鉗實驗系統實體圖

#### (三) 系統架設

1. 在光學桌上選個適當的位置，架設波長 830 nm 功率為 140 mW 的二極體雷射。
2. 依架構圖放上 W1(半波片)，且穿透玻片後還是平行光，並放上 L1(擴束透鏡 1)、L2(擴束透鏡 2)，此玻片組主要作用為擴束，須計算其焦聚準確放置，如此才能達到最佳的擴束效果。(使用的擴束透鏡 1,  $f=75$  mm; 擴束透鏡 2,  $f=150$  mm)
3. 架設反射鏡(mirror)，並確保反射後光路還需是平行光，調整反射鏡使雷射光束穿透擴速透鏡

後能打在反射鏡的中心，在反射鏡的上方，架上極化分光鏡(PBS)，須確認入射光方向與反射光方向。

4. 在 PBS 雷射光反射方向上放置光功率計，可以測得雷射功率，選定適當的位置架設顯微物鏡，必須使光軸與物鏡光軸重合；為避免雷射入射光被擋到，需架高一個三軸平移台。接著架高一個精密壓電平移台，在平移台上架設樣本台，並需考量移動樣本時需要的空間，最後在樣本台的上方架設白光光源。
5. 將 CCD 攝影機架設在極化分光鏡的另一側成相位置，並放上 L3(透鏡,  $f=200\text{ mm}$ ) 聚焦把影像收入攝影機中，為方便影像的觀察，可在 CCD 攝影機前方放置濾波片，使影像更為清晰。

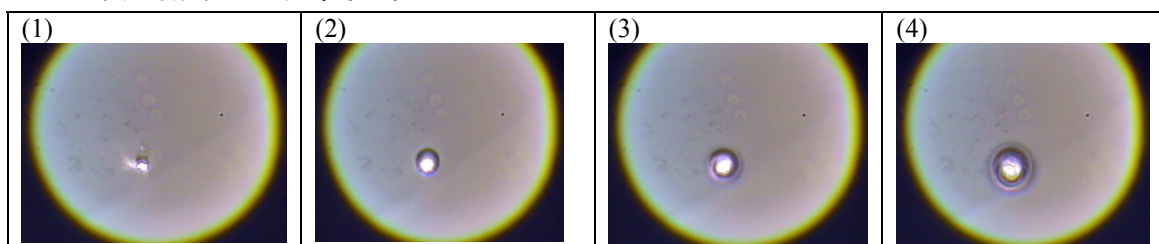
#### (四) 實驗方法

1. 在成像位置先觀察雷射光於物鏡反射之干涉條紋是否為同心圓，確認物鏡與入射光軸重合。
2. 放上樣本，觀察干涉條紋，應也是同心圓，調整其與原干涉條紋中心點重合，重合後可以開始進行微粒捕捉。(布朗運動中的微粒，接近雷射聚焦的中心點時，會自行被吸取並約束住)
3. 想要移動捕捉的微粒時，可微調樣本台，慢慢的移動到想要微粒到達的地方，過程中雷射不中斷，等於是固定住微粒，移動樣本玻片造成相對位移。

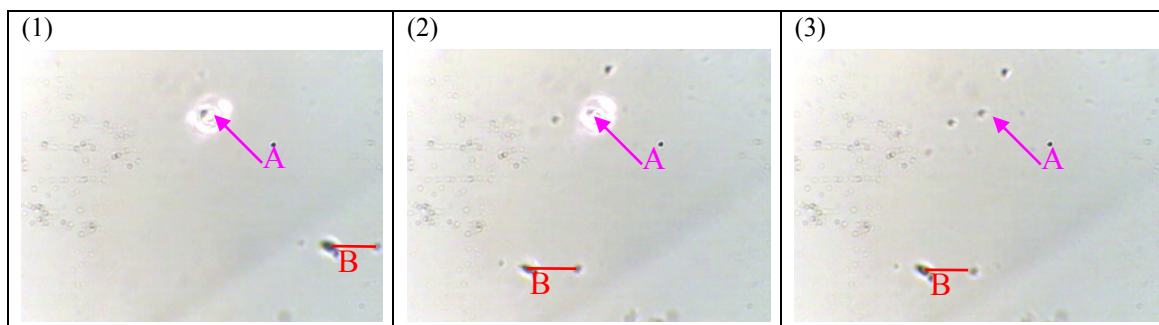
### 三、實驗結果與討論

#### (一) 實驗結果

1. 雷射使樣本溶液形成氣泡膨脹



2. 捕捉不規則石英

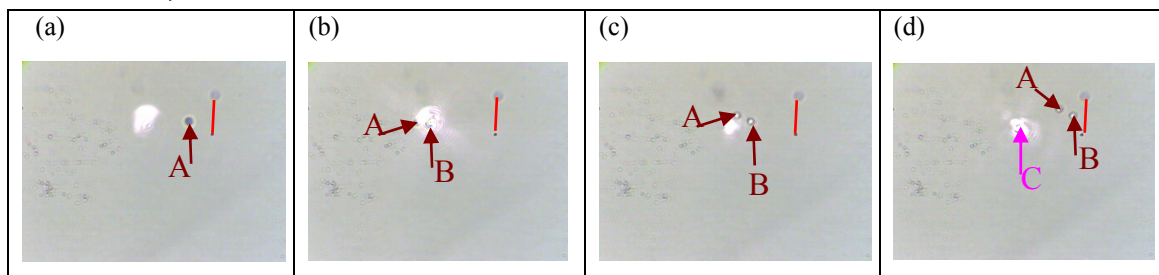


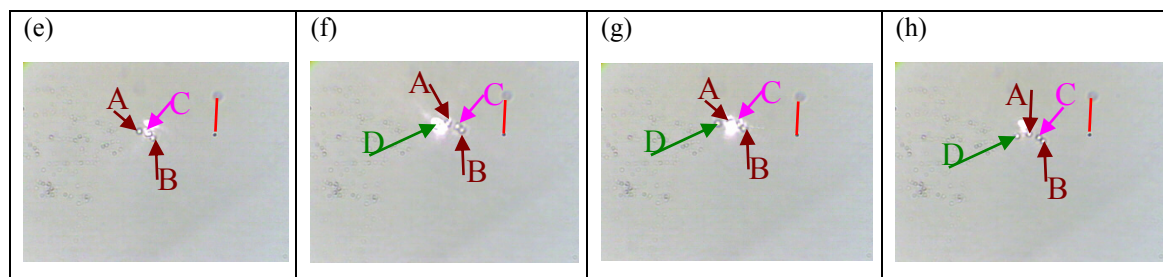
圖(1)，開啟雷射光源，抓住石英微粒 A。

圖(2)，定住石英微粒 A，些微移動樣本台，將紅色背景連線 B 往左方移動。

圖(3)，遮閉雷射光源，確認石英微粒 A 仍在原處。

3. 操控  $1\ \mu\text{m}$  微粒





圖(a)，開啟雷射，微粒 A 接近中，紅色連線圍觀察背景。

圖(b)，抓取微粒 A，並增強雷射功率，從底層也抓取得到微粒 B。

圖(c)，些微移動樣本台，使定住的微粒 A、微粒 B，離開雷射焦點處。

圖(d)，雷射又從底層抓取微粒 C。

圖(e)，些微移動樣本台，把微粒 C 帶到微粒 A 與微粒 B 之間並定住。

圖(f)、圖(g)，些微移動樣本台，把雷射焦點移到微粒 A 的左側，並增加雷射功率，從底層抓取微粒 D，並定住。

圖(h)，可看到觀察框上定住微粒 A、B、C、D。

## (二) 討論

由觀察結果可知，波長 830 nm 的雷射還是容易被水分子吸收，造成周圍的溫度瞬間上升，往後可改用波長 1064 nm 的雷射較為適合，也由於沒有適當波長的濾波片，所以，CCD 攝影機所接收到的影像都還是有雷射干擾，不能同時觀察捕捉的過程，可以選用避開這波段的 CCD 攝影機，或是採用可以濾掉雷射的濾波片。架設中由於需考慮到雷射光的光路，所以整個工作平台都得提高，也因此得想辦法克服系統的穩定性，因為些微的調整或碰觸到光學桌就會造成晃動。

## 四、結論

在這個架構中，是採用直式光鉗平台，雷射波長為 830 nm，最大功率為 140 mw，在整體架構上，擁有了雷射及功率控制系統，擴束系統，載物平台控制系統，以及觀察辨識系統，可說是個成熟的光鉗工作平台了，除了便於捕捉、觀察各式微粒子，也適用於生物細胞上的應用。未來，希望能完成架設生物單分子光鉗工作平台，因為其空間解析度得達到 1 nm 才有辦法做到 DNA 的切割手術，並整合實驗室的螢光顯微系統，以便於往後在研究生物單分子上能有個觀察平台，並將系統往自動控制的方向邁進，讓系統操控能更精準，避免人為的觸碰而產生不必要的干擾。相信這套系統的持續改良，在未來能對人類醫療與生物科技貢獻有很大的幫助，並能將雷射光鉗的好處與便利性發揮到最大值。

## 五、參考文獻

1. 陳永昇，“光鉗的製作與其特性的了解”，國立成功大學物理研究所，民國九十年七月。
2. 黃煥常、王仕康，“雷射光鉗技術簡介及其應用”，國家衛生研究院電子報第 96 期 (2005-04-28)。
3. 林俊元、蕭建隆、楊宗憲、黃建銘、王俊杰、徐明裕，“光學實驗手冊”，國立中正大學物理系。
4. 簡育生，“電驅動式微混合器及整合光鉗之細胞操控平台於生醫檢測之應用”，國立中山大學機械與機電工程研究所，民國九十四年六月。
5. 曾誠，“以光鉗構裝細胞組織之平台設計”，國立清華大學動力機械工程研究所，民國九十五年七月。
6. 陳之碩，“高解析度雷射光鉗子系統之組建與系統研究”，國立清華大學原子科學系分子生醫光電組，民國九十三年七月。
7. 高豐生，“光鉗系統之建置校正及基礎應用之研究”，國立交通大學機械工程研究所，民國九十五年七月。