

## 利用雙光束光鉗捕捉旋轉血球

# ROTATION of TRAPPED BLOOD CELLS USING DUAL-BEAM OPTICAL TWEEZERS

藍子凱 (Tzu-Kai Lan)，許芳文 (Fang-Wen Sheu)

國立嘉義大學應用物理學系，60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號

(Department of Applied Physics, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan)

### 一、摘要

本篇論文中，我們首先利用自行設計、組裝的近紅外光鉗系統，捕捉、移動血球。然後我們分別利用玻片與細銅線，將雷射分解成緊鄰的雙光束，可以達到旋轉血球的效果。

**關鍵詞：**光鉗、旋轉、血球、近紅外雷射

### Abstract

In this paper, we present the result of constructing near infrared optical tweezers, which can trap and move blood cells. Furthermore, we demonstrate the technique of rotating blood cells by using a cover slide or a copper wire to let the laser beam become closely spaced dual beams.

**Keywords:** Optical Tweezers, Rotation, Blood Cell, Near Infrared Laser

### 二、緣由與目的

光鉗發展至今已數十年，由於具有在不接觸樣本的情況下操控、鉗住微粒，能將樣本的損害降到最低，在生物、物理或醫學等領域中皆深受青睞。

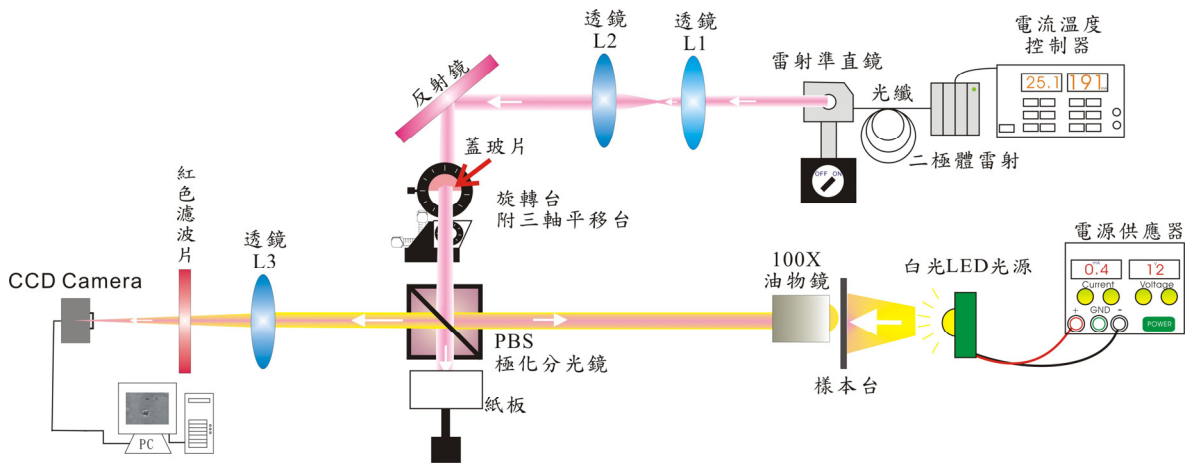
傳統光鉗使用波長為 532、633 nm 等波段的可見光雷射，容易被各種生物、細胞所吸收，造成不可逆的破壞，在生物、醫學等領域中應用有限。相對於可見光雷射，波長為 830、980 nm 等近紅外光雷射較不易被吸收，當我們在觀察細

胞、生物時，較能保持樣本的完整性。

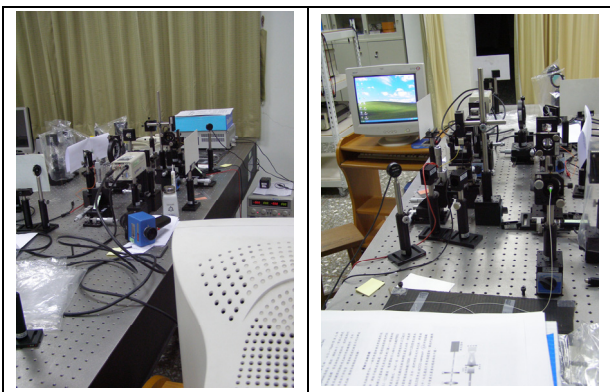
本實驗首先利用波長為 980 nm 的近紅外光雷射，設計、組裝一套橫立式雷射光鉗，嘗試捕捉血球。接著我們利用光具有干涉的性質，將雷射兩半光束透過光程差的調整可分解成雙光束光鉗，進而能夠操控長條微粒的旋轉 [1,2]。我們將類似的另一種方法應用在波長為 830 nm 的直立式光鉗系統中，亦能觀察到血球的旋轉。

### 三、材料與方法

(一) 本實驗首先利用波長為 980 nm 近紅外二極體雷射組裝、設計一套橫立式光鉗系統。系統架構首先將雷射經透鏡 (L1、L2) 擴束後，將雷射通過極化分光鏡 (PBS) 分光，我們將反射面雷射通過油物鏡 (100X，NA = 1.25) 聚焦至樣本，在近紅外光較不易破壞生物細胞的情況下鉗住細胞。成像部分，我們使用白光 LED 作為光源，將微粒影像通過透鏡 (L3) 聚焦收進 CCD camera 中，再利用電腦觀察。其中，由於 CCD camera 能夠接收到近紅外雷射，為了避免雷射嚴重的干涉條紋對實驗所產生的誤差，我們使用紅色濾波片過濾雷射。圖一為實驗系統架構圖；圖二為實驗系統實體圖。

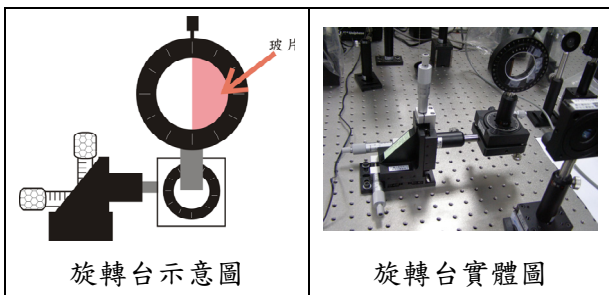


圖一 980 nm 橫立式光鉗系統架構圖



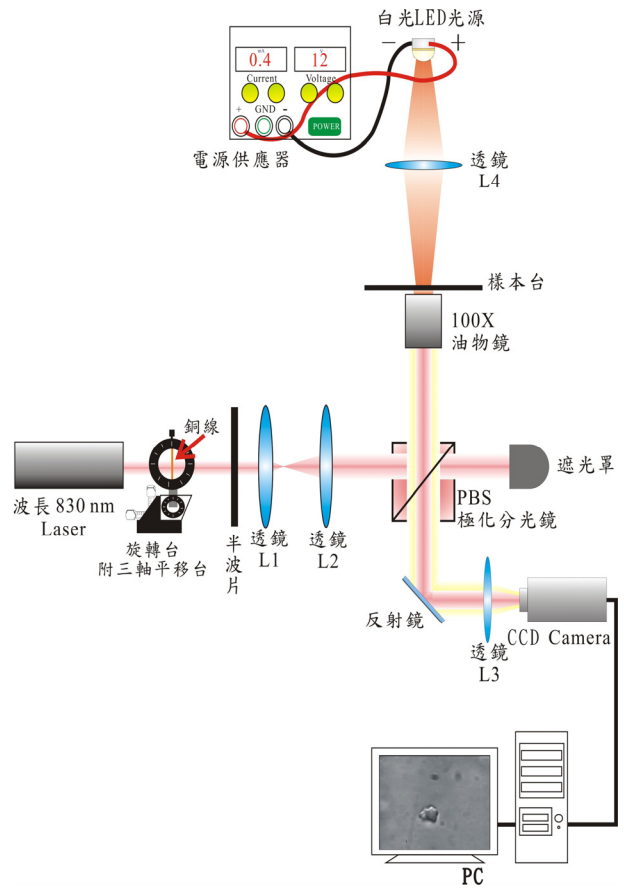
圖二 980 nm 橫立式光鉗系統實體圖

為了使血球旋轉，我們利用光具有干涉的性質，先將蓋玻片黏貼在旋轉台一半處（圖三），然後在雷射光軸中央插入蓋玻片，讓雷射光束有一半經過蓋玻片，另一半不通過蓋玻片，再通過油物鏡聚焦。當這兩半雷射光的光程差調至反相時，雷射中央處便可以形成暗紋，雷射在油物鏡聚焦處便能形成緊鄰的雙光束，因此當我們調整旋轉台的角度時，可使這兩道光束具有角度位移，便能間接控制粒子的旋轉。

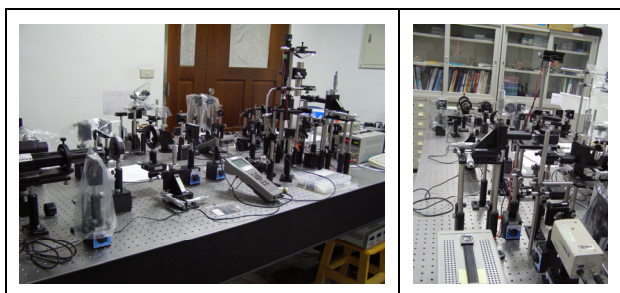


圖三 蓋坡片貼在旋轉台一半處

(二)另外，我們實驗室亦利用波長為 830 nm 近紅外二極體雷射組裝、設計直立式光鉗系統。實驗架構相似於 980 nm 橫立式光鉗，只是將光鉗及成像系統改成直立式，垂直於光學桌面。圖四為實驗系統架構圖；圖五為實驗系統實體圖。

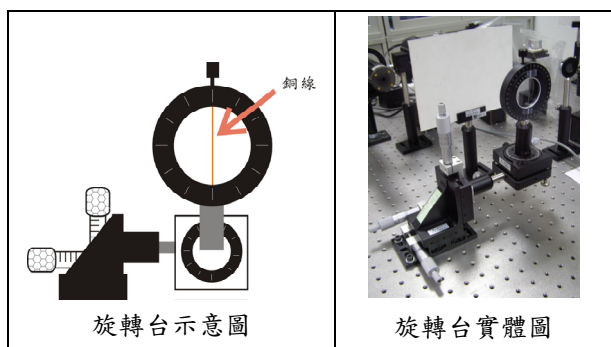


圖四 830 nm 直立式光鉗系統架構圖



圖五 830 nm 直立式光鉗系統實體圖

在此我們改用相似的另一種方法，因為光亦具有繞射的性質，我們在旋轉台上黏貼一條細銅線（圖六），將導線設置在雷射光束中央處，使其形成暗紋，因此雷射光會因為繞射在油物鏡焦點處分解成緊鄰的雙光束，相同地當我們調整旋轉台的角度時，可使這兩道光束具有角度位移，便能間接控制粒子的旋轉。



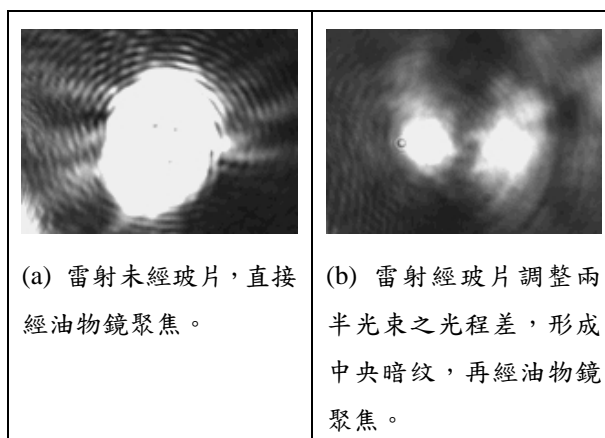
圖六 細銅線貼在旋轉台一半處

（三）血球樣本的準備部份，我們使用從人體所抽取出來的血液，並打入 EDTA 抗凝管中，使血液較不容易因為接觸空氣而凝結，並使用濃度為 0.9% 的生理食鹽水稀釋血液，避免血球因為滲透壓的不同萎縮或破裂。並將樣本滴入由兩條雙面膠帶黏貼在載玻片上的簡單流道中。

#### 四、結果與討論

##### （一）980 nm 橫立式光鉗的捕捉與旋轉：

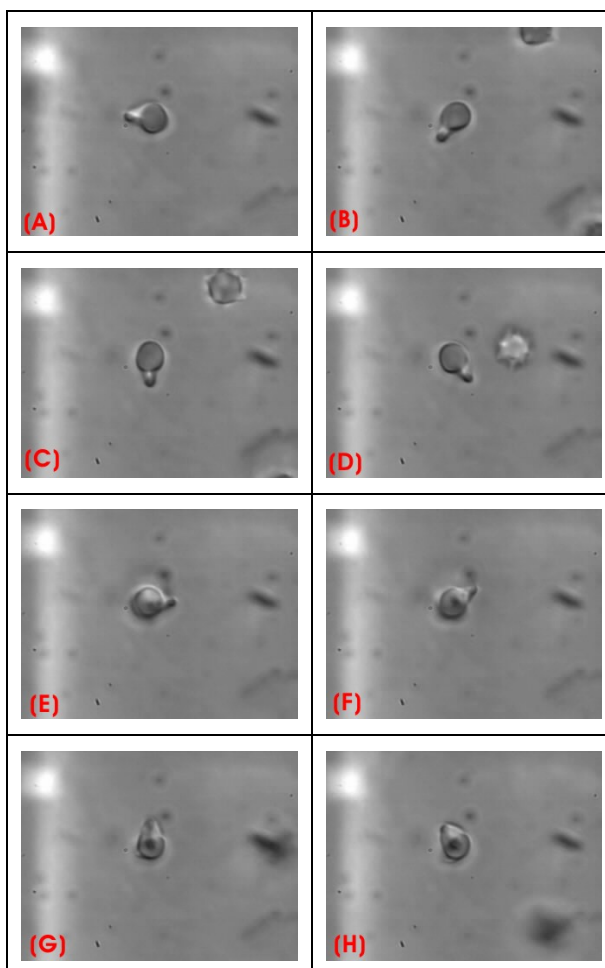
首先我們利用波長為 980 nm 近紅外雷射所組裝的橫立式光鉗系統，並使用蓋玻片分解成緊鄰的雙光束。圖七為雙光束經聚焦後，藉由旋轉台控制雷射兩半光束旋轉的情形，圖八為鉗住紅血球並控制旋轉的情形。入射雷射光功率約為 25 mW。



(a) 雷射未經玻片，直接經油物鏡聚焦。

(b) 雷射經玻片調整兩半光束之光程差，形成中央暗紋，再經油物鏡聚焦。

圖七 利用蓋玻片將兩半雷射光的光程差調至相反時，雷射中央處便可以形成暗紋，經聚焦後可形成雙光束，當我們調整旋轉台的角度時，可使這兩道光束具有角度位移。

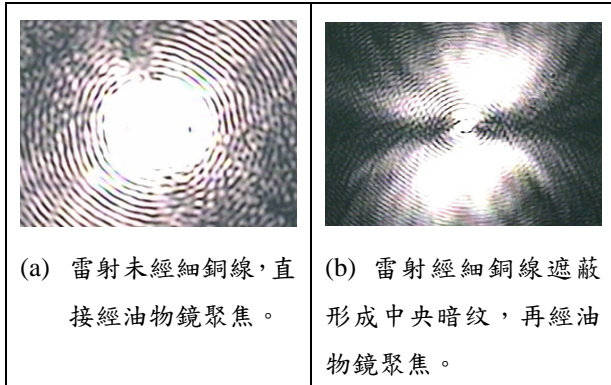


圖八 紅血球受雷射鉗住後，透過改變雙光束的角度位移(如圖七)，可以旋轉血球。圖(A)→(H)，血球沿逆時針方向旋轉。

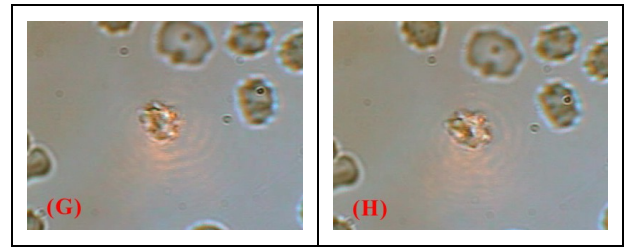
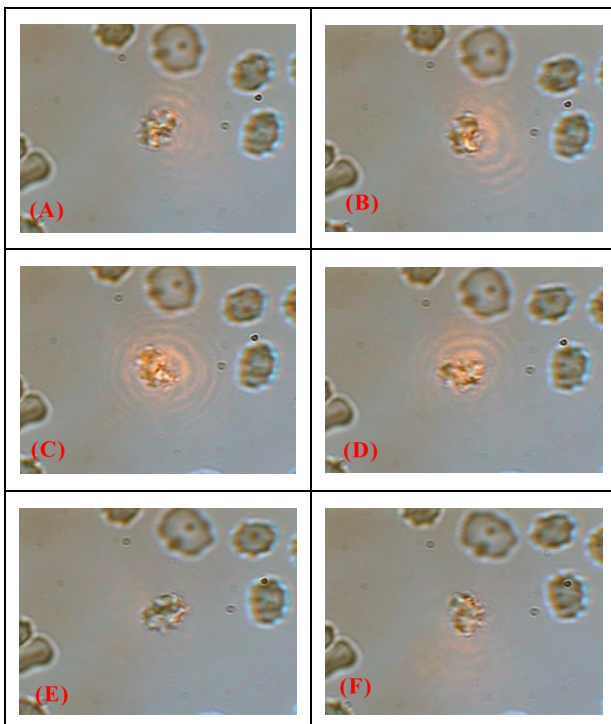


## (二) 830 nm 直立式光鉗的捕捉與旋轉：

接下來，我們嘗試利用波長為 830 nm 近紅外雷射所組裝的直立式光鉗系統，在光束中央處擺放細銅線，藉由光具有繞射的性質，改變成為兩道相鄰的雷射光束。圖九為雙光束經聚焦後，藉由旋轉台控制雷射兩半光束旋轉的情形，圖十為鉗住血球細胞（先前已破裂）並控制旋轉的情形。入射光功率約為 28 mW。



圖九 將雷射中央處擺放細銅線，經聚焦後可形成雙光束，當我們調整旋轉台的角度時，可使這兩道光束具有角度位移。



圖十 血球細胞受雷射鉗住後，透過改變雙光束的角度位移(如圖九)，可以旋轉血球。圖(A)→(H)，血球沿逆時針方向旋轉。

## 五、結論

本實驗自組近紅外光鉗系統，並分別利用雷射具有干涉、繞射的性質，以蓋波片、細銅線，將雷射分解成緊鄰的雙光束，藉由改變兩道分裂雷射光束的相對角度位置，我們可以達到旋轉血球的效果。

## 六、致謝

本篇論文，感謝國立嘉義大學獸醫學系吳瑞得助理教授幫忙抽取血液，並感謝生物機電工程學系學弟陳雄熱情提供血液，以致實驗得以順利完成。

## 七、參考文獻

- [1] Mohanty SK, Verma RS, and Gupta PK *Trapping and controlled rotation of low-refractive-index particles using dual line optical tweezers* (2007) *Appl. Phys. B* 87: 211–216.
- [2] Bingelyte V, Leach J, Courtial J, and Padgett MJ *Optically controlled three-dimensional rotation of microscopic objects* (2002) *Appl. Phys. Lett.* 82: 829-831.