

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 96133150

※ 申請日期： 96.9.6

※IPC 分類：

G02B 27/00 (2006.01)

G02F 1/01 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

光鉗裝置及系統

OPTICAL TWEEZERS DEVICE AND OPTICAL TWEEZERS SYSTEM

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章)

國立交通大學 / National Chiao Tung University

代表人：(中文/英文) (簽章)

吳重雨 / Wu, Chung-Yu

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu City, Taiwan 300, R.O.C.

國 籍：(中文/英文)

中華民國/TW

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 趙昌博 / Chao, Paul C.-P.

2. 施凱騰 / Shi, Kai-Teng

3. 丘祺緯 / Chiu, Chi-Wei

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國/TW;

2. 中華民國/TW;

3. 中華民國/TW;

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

光鉗裝置及系統

本發明提供一種光鉗，其包含一光源、一準直器以及一變焦透鏡。該光源能產生一光束，並且透過一光纖傳遞該光束。該準直器固定於該光纖之一端，用以修正該光束成為一平行光束。此外，該變焦透鏡則固定於該準直器之一表面上，用以接收該平行光束，並且將該平行光束聚焦於至少一微小樣本上。

六、英文發明摘要：

The present invention provides an optical tweezers, which includes a light source, a collimator, and a tunable focus lens. The light source is capable of generating a light beam and transmitting the light beam via an optical fiber. The collimator is mounted on an end of the optical fiber, for correcting the light beam to be parallel. Additionally, the tunable focus lens is mounted on a surface of the collimator, for receiving the parallel light beam, and focusing the parallel light beam to the vicinity of at least a minute sample.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1：光鉗

10：平台

12：光源

13：光纖

14：準直器

16：變焦透鏡

2：微小樣本

A、A'：位置

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種光鉗(optical tweezers)，並且特別地，本發明係關於一種能用於操作微小粒子的光鉗。

【先前技術】

利用光的壓力來箝制並且操作微小粒子，如數微米大小的微粒，的應用最早於 1970 年由 Arther Ashkin 提出。他利用兩束雷射光相對入射，並且聚焦於同一處，藉此，兩束雷射光的軸向作用力於該聚焦處相抵消，產生可將微小粒子侷限於其中的位能井(potential well)。

於後續一連串的研究中，Ashkin 進一步發現僅將單束雷射光高度聚焦，能在焦點處產生與光的行進方向相反的軸向吸力，進而穩定地箝制微小粒子。由於這樣的現象如同以鉗子夾住該微小粒子一般，便因此被稱為光鉗。

請參閱第 1 圖，第 1 圖係繪示習知光鉗的示意圖。如第 1 圖所示，該光鉗 7 包含一光源(light source) 70、一濾波構件(spatial filtering device) 72、一擴束構件(beam expanding device) 74、一物鏡(object) 76 以及一平台(platform) 78。

該光源 70，例如一雷射光源，可發射一道連續雷射光 702，並且該雷射光 702 的波長以及功率可視該微小

粒子的材質、種類等進行調整。該濾波構件 72 則可使雷射光 702 更均勻分布，並且可縮減光鉗焦點的尺寸，以增加光鉗的功率以及鉗制力。該擴束構件 74 則協助雷射光 702 以最大角度聚焦、照射該微小粒子，並且能獲得物鏡 76 之最大數值孔徑 (numerical aperture, NA)，也能使光鉗的鉗制力達到最大。該平台 78 則用以置放待操作之微小粒子(未繪示於圖中)。

因此，如第 1 圖所示，該光源 70 發射的雷射光 702 經過該濾波構件 72 以及該擴束構件 74 後，由該物鏡 76 聚焦於該平台 78 上，以鉗住微小粒子。

隨著相關技術的發展，光鉗已經被廣泛應用於微米級的生物醫學細胞、金屬顆粒、塑膠顆粒以及其他材質顆粒的操作，甚至也能被應用於奈米級的 DNA 等微小粒子的二維空間(水平)之操控。

然而，習知技藝所揭露之光鉗大多僅限於二維空間(如日本專利公告號第 2005144281 號所揭露之光鉗以及光纖；以及 Numata, Takayuki、Takayanagi, Atsuo、Otani, Yukitoshi 以及 Umeda, Norihiro, J. Appl. Phys. 45, (2006)；該等係以全文引用方式納入本文中)，對於三維空間的操控不論在實驗架構或是操控範圍皆尚未成熟。

此外，習知技藝所揭露之光鉗的光源傳遞多透過多片分光鏡的交互反射達到物鏡，因此在傳遞的過程中光源會有極高的損失問題。

進一步，習知技藝所揭露之光鉗經由單一光纖傳導光線，因此若要同時操作多個微小粒子，則需增加光纖數目使雷射光束增加（如美國專利申請號第 2004/0256542 號所揭露之光鉗裝置；美國專利公告號第 7,049,579 號所揭露之以光學微光束陣列進行活細胞操作；以及 Jenny M. Tam、Israel Biran 以及 David R. Walt，Appl. Phys. Lett. 84，(2004)，該等文獻係以全文引用方式納入本文中），亦即光纖數目需要匹配實驗個體數目，因此造成整個光鉗設備的體積以及成本增加，也使光鉗的設計複雜度增加。

【發明內容】

因此，本發明之一範疇在於提供一種光鉗。特別地，根據本發明之光鉗能實現三維操控，並且能在不大幅增加體積、複雜度以及成本的前提下達到同時操控多個微小粒子的目的。

根據本發明之一較佳具體實施例，一種光鉗被提供，該光鉗包含一光源、一準直器以及一變焦透鏡。該光源能產生一光束，並且透過一光纖傳遞該光束。該準直器固定於該光纖之該底端，用以修正該光束成為一平行光束。此外，該變焦透鏡則固定於該準直器之一表面上，用以接收該平行光束，並且將該平行光束聚焦於至少一微小樣本上。

根據本發明之另一較佳具體實施例，一種光鉗被提

供，該光鉗包含一平台、一光源、一準直器以及一變焦透鏡。該平台係用以置放至少一微小樣本，並且該平台能進行二維空間的移動。該光源係用以產生一光束，並且透過一光纖傳遞該光束。該準直器固定於該光纖之該底端，用以修正該光束成為一平行光束。

此外，該變焦透鏡固定於該準直器之一表面上，用以接收該平行光束，並且將該平行光束聚焦於該至少一微小樣本上。特別地，該變焦透鏡能進行變焦以控制該至少一微小樣本沿著大致與該平台垂直之一方向移動。並且，該變焦透鏡還能使該平行光束準焦聚焦或散焦聚焦於該至少一微小樣本上。

關於本發明之優點與精神可以藉由以下的發明詳述及所附圖式得到進一步的瞭解。

【實施方式】

本發明提供一種能用於操作微小粒子的光鉗。以下將詳述本發明之具體實施例以及實際應用案例，藉以充分說明本發明之特徵、精神及優點。

請參閱第 2 圖，第 2 圖係繪示本發明之一具體實施例的光鉗示意圖。如第 2 圖所示，該光鉗 1 包含一平台 (platform) 10、一光源 (light source) 12、一準直器 (collimator) 14 以及一變焦透鏡 (tunable focus lens) 16。特別地，根據本發明之光鉗 1 可對至少一微小樣本進行三維操作。

該平台 10 係用以置放該至少一微小樣本 2，並且該平台 10 能進行二維空間(水平)的微調移動。該光源 12 可發出一光束(light beam)，例如但不受限於，雷射光束，並且該光束之波長以及功率等特性可視該微小樣本 2 的材質、種類等進行調整。舉例而言，當該為小樣本 2 為生物樣本，如細胞、病毒、細菌等時，該光束之波長較佳地介於約 800 nm 至約 1000 nm 之間。

特別地，該光源 12 最佳地為單一光源。進一步，該光源 12 所發出之光束可透過一光纖(optical fiber) 13 進行傳遞。該光纖 13 可以是但不受限於，如一單模光纖(single mode optical fiber)。單模光纖可減少光束的能量損失，致使能量與作用力之間的轉換能如吾人所預期。

該準直器 14 被固定於該光纖 13 之一端，用以修正該光束成為一平行光束。而該變焦透鏡 16，例如但不受限於液態變焦透鏡(tunable focus liquid lens)，則固定於該準直器 14 之一表面上，用以接收該平行光束，並且將該平行光束聚焦於該平台 10 上之微小樣本 2 上。

當本發明之光鉗 1 聚焦於該微小樣本 2 上時，其可鉗制該微小樣本 2，此時可將平台 10 水平微調，直到平台 10 上之一預期位置被移動至該微小樣本 2 之位置，即完成水平方向(二維)的操控。此外，由於變焦透鏡 16 可進行垂直於平台 10 方向(如第 2 圖中之虛線箭頭所示之方向)的焦點變換，可藉此控制該微小樣本 2 沿著垂

直於平台垂直之方向移動。因此，本發明之光鉗便可控制該微小樣本 2 進行三維操控。

請參閱第 3A 圖以及第 3B 圖，第 3A 圖以及第 3B 圖係繪示本發明之光鉗垂直移動微小樣本之示意圖。如第 3A 圖所示，該光鉗 1 之變焦透鏡 16 可先聚焦於平台 10 上之微小樣本 2 上(位置 A)。當該變焦透鏡 16 變焦後，聚焦於第 3B 圖中之位置 A' 時，也將該微小樣本 2 提高到位置 A'，因此完成了該微小樣本 2 的垂直移動。

特別地，本發明之變焦透鏡 16 可使該平行光束準焦 (in-focus) 聚焦或散焦 (off-focus) 聚焦於該至少一微小樣本上。進一步，當該變焦透鏡使該平行光束準焦聚焦於該至少一微小樣本上時，該光鉗能捕捉其中一個微小樣本。而當該變焦透鏡使該平行光束散焦聚焦於該至少一微小樣本上時，由於光束的強度與分佈範圍增加，因此該光鉗能捕捉其中複數個微小樣本。

此外，該變焦透鏡之一鏡面尺寸可以視需求而進行設計，例如介於約 $10\ \mu\text{m}$ 至約 $100\ \mu\text{m}$ 之間。當該變焦透鏡之鏡面尺寸為微米等級時，其聚焦後的光腰尺寸更小，因此可箝制並且操控奈米等級的微小樣本。

於實際應用中，前述之液態變焦透鏡可基於微機電系統 (Micro-Electro-Mechanical System, MEMS) 並且配合單模光纖的核心尺寸進行製造，藉此，其能改變一電壓以控制包含於其中的液體以達到變焦效果。

於實際應用中，該準直器 14 與該光纖 13 之間，以

及該變焦透鏡 16 與該準直器 14 之間皆是以黏合方式固定，並且需要對齊，使光束在黏合處不會發生偏折現象。當然，該準直器 14 與該光纖 13 之間，以及該變焦透鏡 16 與該準直器 14 之間也可藉由其它適當的方式進行固定。

綜上所述，本發明之光鉗可藉由變焦透鏡的焦距改變以及對焦方式的調整而同時操作多個樣本，也可對樣本進行三維操控。此外，相較於習知技藝中的光鉗，本發明之光鉗能在不增加光源、光纖以及透鏡數目的情況下達到前述目的，因此具有架構簡單以及成本低廉等優點。

雖然本發明已藉由較佳實施例以及圖示揭露如上，然其係用以闡述而非限制本發明之範圍，任何熟習該項技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與修飾。因此，本發明之範圍應以後面之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係繪示習知光鉗的示意圖。

第 2 圖係繪示本發明之一具體實施例的光鉗示意圖。

第 3A 圖以及第 3B 圖係繪示本發明之光鉗垂直移動微小樣本之示意圖。

【主要元件符號說明】

1、7：光鉗

10、78：平台

12、70：光源

13：光纖

14：準直器

16：變焦透鏡

2：微小樣本

A、A'：位置

72：濾波構件

74：擴束構件

76：物鏡

702：雷射光

十、申請專利範圍：

- 1、 一種光鉗(optical tweezers)，其能對至少一微小樣本進行三維操控，該光鉗包含：
 - 一平台，用以置放該至少一微小樣本，並且該平台能進行二維空間的移動；
 - 一光源(light source)，用以產生一光束(light beam)，並且透過一光纖(optical fiber)傳遞該光束；
 - 一準直器(collimator)，固定於該光纖之一端，用以修正該光束成為一平行光束；以及
 - 一變焦透鏡(tunable focus lens)，固定於該準直器之一表面上，用以接收該平行光束，並且將該平行光束聚焦於該至少一微小樣本上，並且該變焦透鏡能進行變焦以控制該至少一微小樣本沿著大致與該平台垂直之一方向移動，並且該變焦透鏡能使該平行光束準焦(in-focus)聚焦或散焦(off-focus)聚焦於該至少一微小樣本上。
- 2、 根據申請專利範圍第 1 項之光鉗，其中該光源係單一光源。
- 3、 根據申請專利範圍第 1 項之光鉗，其中該光纖係一單模光纖(single mode optical fiber)。
- 4、 根據申請專利範圍第 1 項之光鉗，其中當該變焦

透鏡使該平行光束準焦聚焦於該至少一微小樣本上時，該光鉗能捕捉其中一個微小樣本。

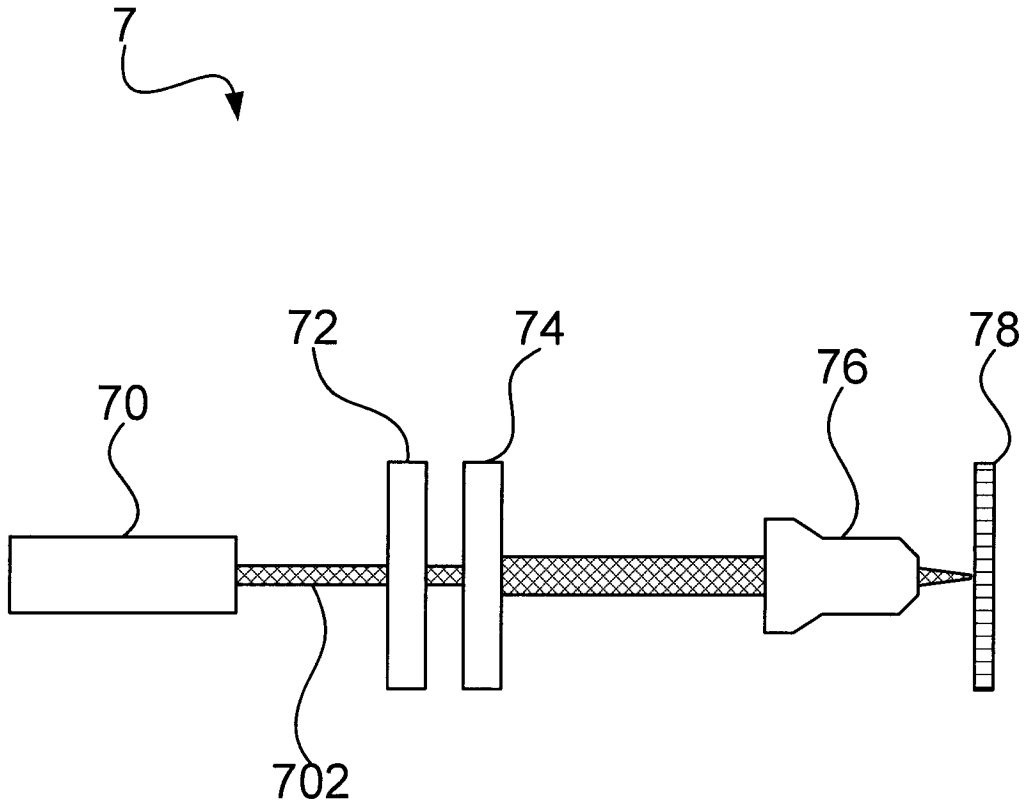
- 5、 根據申請專利範圍第 1 項之光鉗，其中當該變焦透鏡使該平行光束散焦聚焦於該至少一微小樣本上時，該光鉗能捕捉其中複數個微小樣本。
- 6、 根據申請專利範圍第 1 項之光鉗，其中該變焦透鏡係一液態變焦透鏡(tunable focus liquid lens)。
- 7、 根據申請專利範圍第 6 項之光鉗，其中該液態變焦透鏡係基於微機電系統(Micro-Electro-Mechanical System, MEMS)，其能改變一電壓以控制包含於其中的液體以達到變焦效果。
- 8、 根據申請專利範圍第 1 項之光鉗，其中該變焦透鏡之一鏡面尺寸介於約 10 μm 至約 100 μm 之間。
- 9、 根據申請專利範圍第 1 項之光鉗，其中該微小樣本係一生物樣本。
- 10、 根據申請專利範圍第 9 項之光鉗，其中該光束之波長介於約 800 nm 至約 1000 nm 之間。
- 11、 一種光鉗(optical tweezers)，包含：
 - 一光源(light source)，用以產生一光束(light beam)，並且透過一光纖(optical fiber)傳遞該光束；

- 一準直器(collimator)，固定於該光纖之一端，用以修正該光束成為一平行光束；以及
- 一變焦透鏡(tunable focus lens)，固定於該準直器之一表面上，用以接收該平行光束，並且將該平行光束聚焦於至少一微小樣本上。
- 12、根據申請專利範圍第 11 項之光鉗，進一步包含：
一平台(platform)，用以放置該至少一微小樣本，並且該平台能進行二維空間的移動。
- 13、根據申請專利範圍第 11 項之光鉗，其中該光源係單一光源。
- 14、根據申請專利範圍第 11 項之光鉗，其中該光纖係一單模光纖(single mode optical fiber)。
- 15、根據申請專利範圍第 11 項之光鉗，其中該變焦透鏡能使該平行光束準焦(in-focus)聚焦或散焦(off-focus)聚焦於該至少一微小樣本上。
- 16、根據申請專利範圍第 15 項之光鉗，其中當該變焦透鏡使該平行光束準焦聚焦於該至少一微小樣本上時，該光鉗能捕捉其中一個微小樣本。
- 17、根據申請專利範圍第 15 項之光鉗，其中當該變焦透鏡使該平行光束散焦聚焦於該至少一微小樣本上時，該光鉗能捕捉其中複數個微小樣本。
- 18、根據申請專利範圍第 11 項之光鉗，其中該變焦透

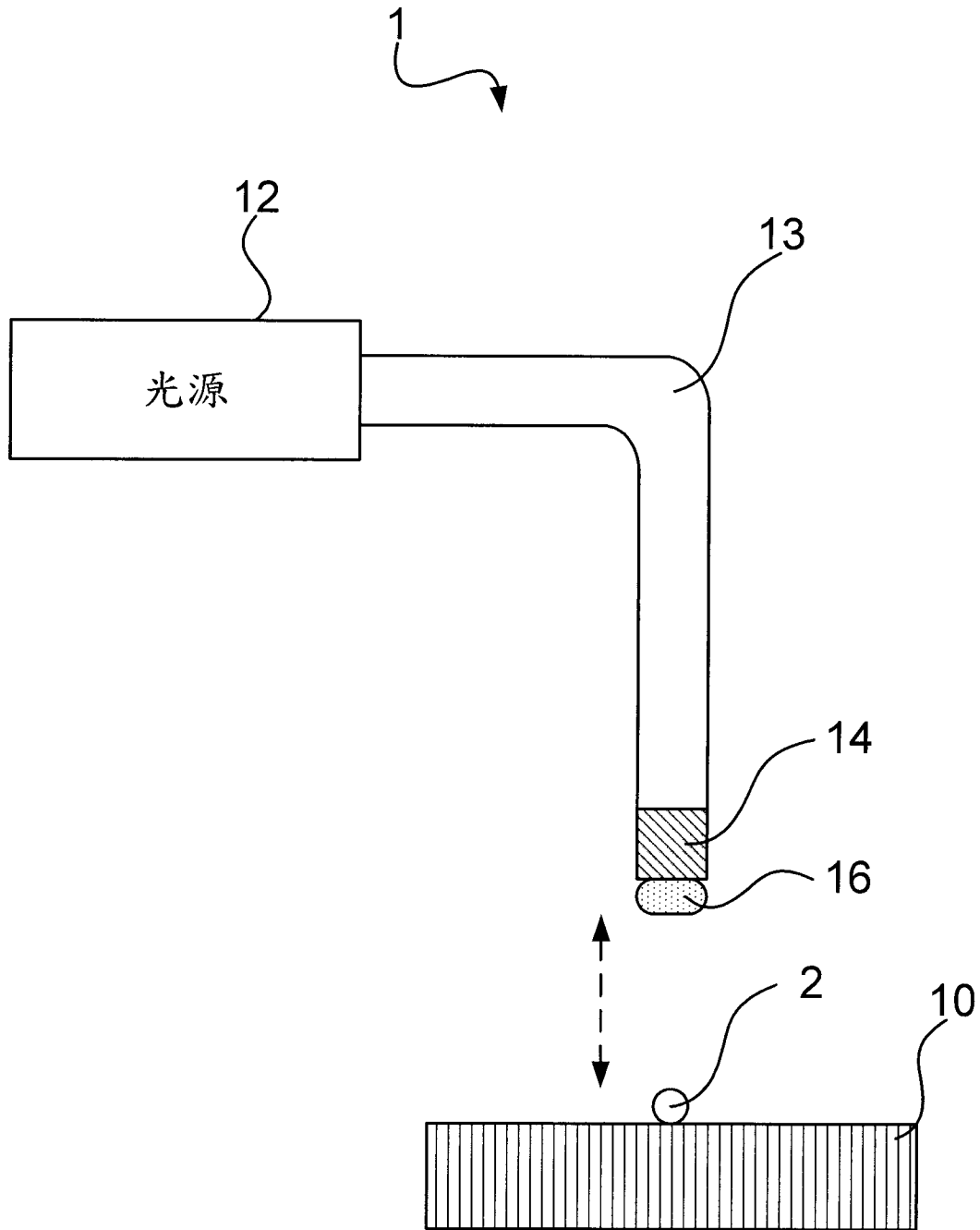
鏡係一液態變焦透鏡(tunable focus liquid lens)。

- 19、根據申請專利範圍第 18 項之光鉗，其中該液態變焦透鏡係基於微機電系統(Micro-Electro-Mechanical System, MEMS)，其能改變一電壓以控制包含於其中的液體以達到變焦效果。
- 20、根據申請專利範圍第 11 項之光鉗，其中該變焦透鏡之一鏡面尺寸介於約 10 μm 至約 100 μm 之間。
- 21、根據申請專利範圍第 11 項之光鉗，其中該微小樣本係一生物樣本。
- 22、根據申請專利範圍第 21 項之光鉗，其中該光束之波長介於約 800 nm 至約 1000 nm 之間。

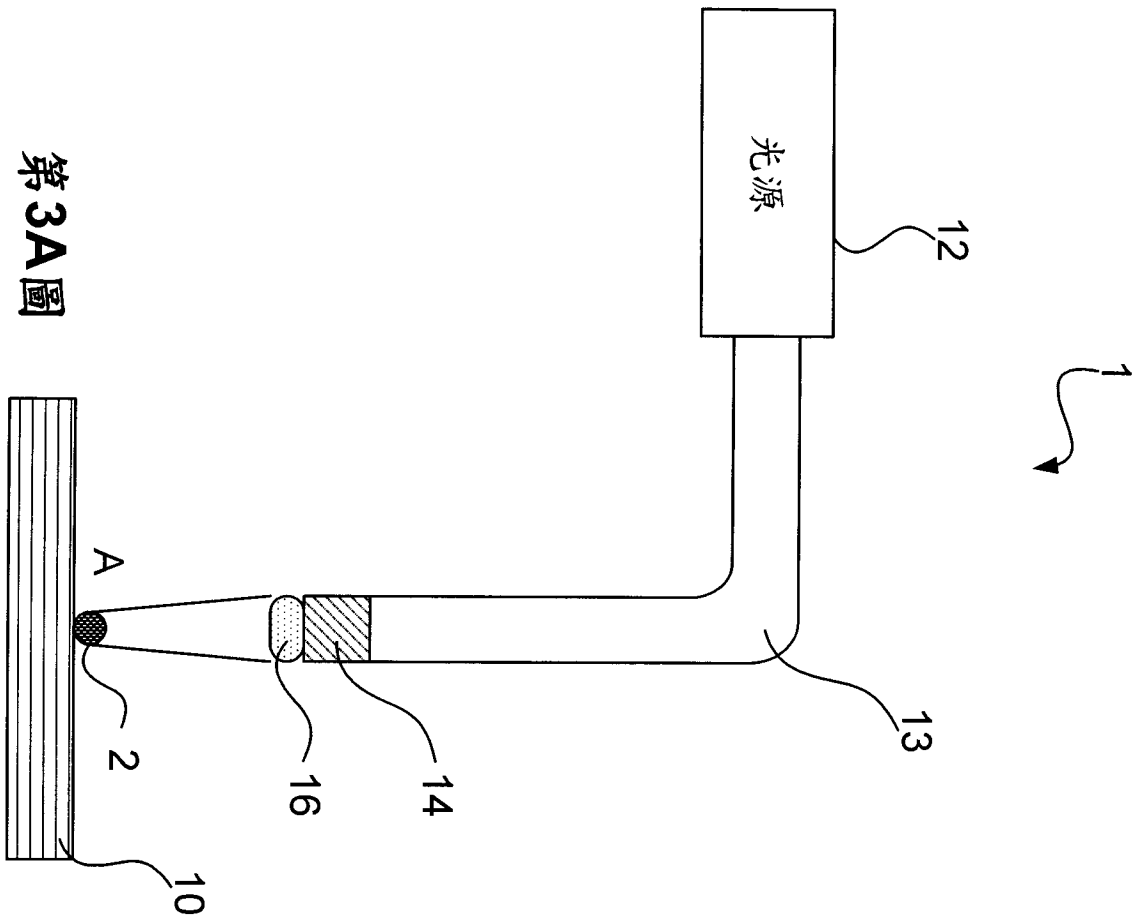
十一、圖式：



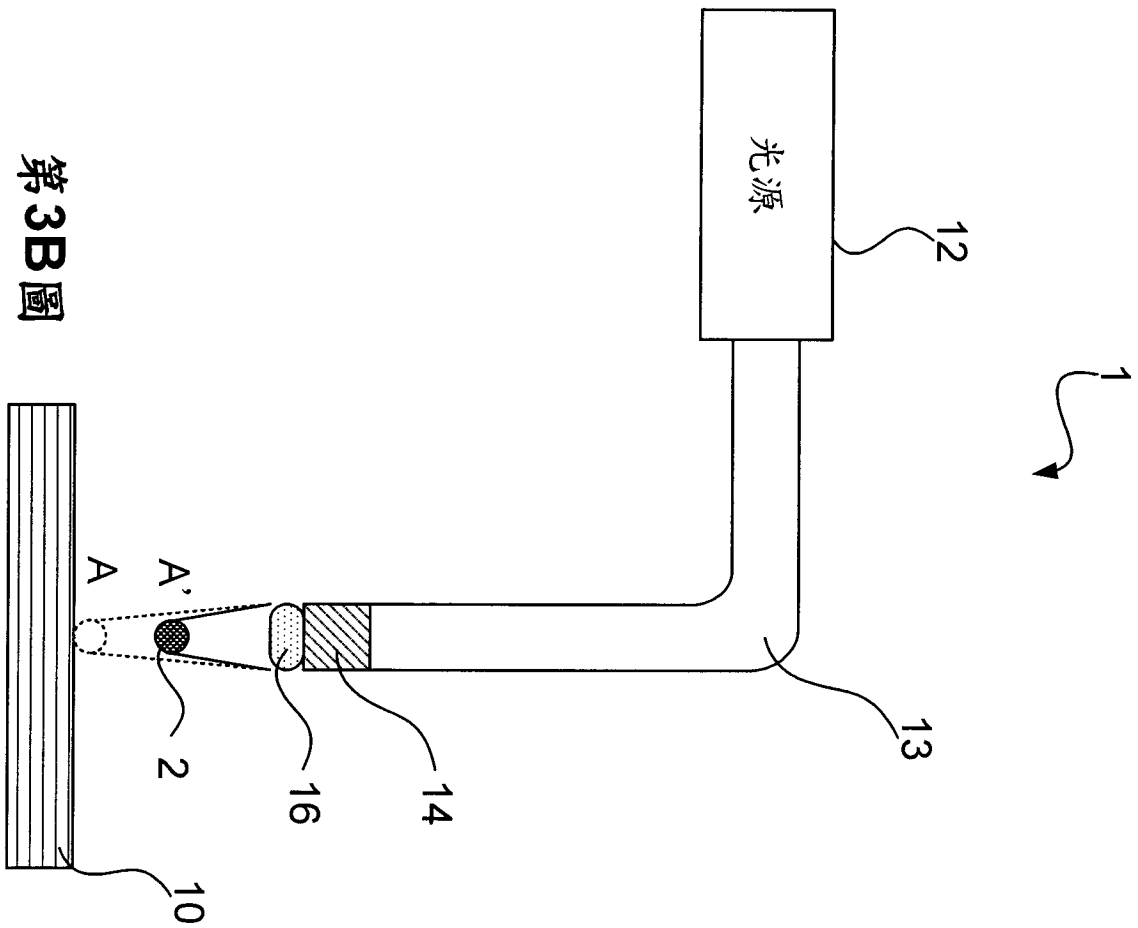
第1圖 (習知技藝)



第2圖



第3A圖



第3B圖