



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201405116 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：102119117

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 30 日

(51)Int. Cl. : **G01N21/17 (2006.01)**
G01N21/64 (2006.01)

G01N21/47 (2006.01)

(30)優先權：2012/10/19 美國 61/715,836
2013/04/29 美國 61/816,819
2012/05/30 美國 61/653,245
2012/05/30 美國 61/653,328
2012/10/18 美國 61/715,819

(71)申請人：塞特吉恩公司 (美國) CYTOJENE CORP. (US)
美國

(72)發明人：陳永勤 CHEN, YONG QIN (US)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：173 項 圖式數：30 共 108 頁

(54)名稱

流式細胞儀

FLOW CYTOMETER

(57)摘要

本發明所揭示的流式細胞儀包含：1.一以雷射二極體(LD)為基礎的光學次系統，其用以使一光束撞擊至通過一視域的複數個粒子上；2.一複合顯微鏡物鏡，其用以使由通過該視域的複數個粒子所散射並發出螢光的光聚集並成像；3.一流體次系統，其用以供給一液體鞘流給該視域；4.一蠕動泵浦，其用於注入一載有與該液體鞘流一起通過該視域的複數個粒子的試樣液體至該液體鞘流內；5.一多模式光纖，其接收該複合顯微鏡物鏡所聚集並成像的從該視域發射並發出螢光的光，以及6.一波長分割多工器(WDM)，其用以將透過該光纖接收的光，光學地分成多個有色頻帶。

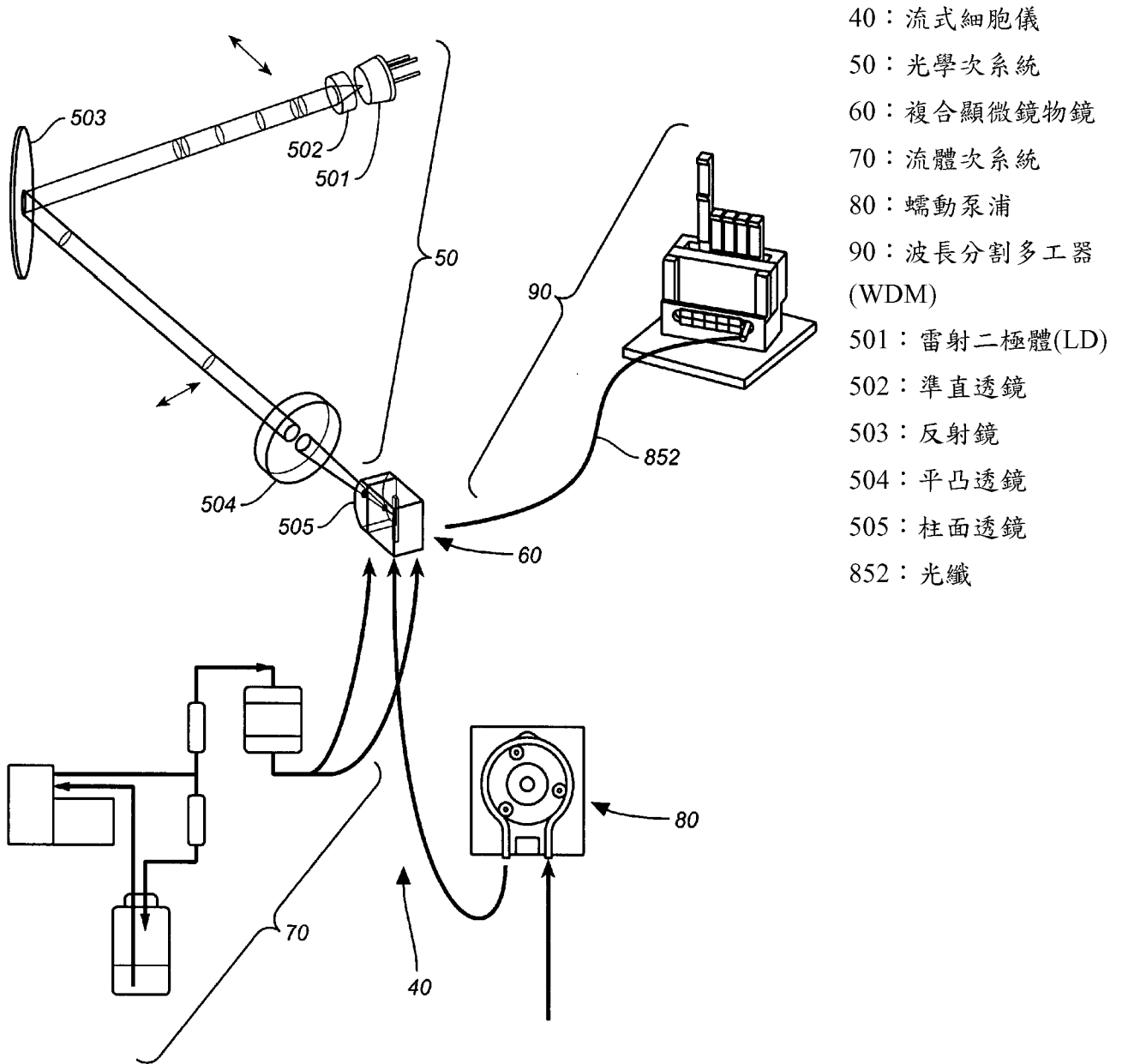


圖 1



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201405116 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：102119117

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 30 日

(51)Int. Cl. : **G01N21/17 (2006.01)**
G01N21/64 (2006.01)

G01N21/47 (2006.01)

(30)優先權：2012/10/19 美國 61/715,836
2013/04/29 美國 61/816,819
2012/05/30 美國 61/653,245
2012/05/30 美國 61/653,328
2012/10/18 美國 61/715,819

(71)申請人：塞特吉恩公司 (美國) CYTOJENE CORP. (US)
美國

(72)發明人：陳永勤 CHEN, YONG QIN (US)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：173 項 圖式數：30 共 108 頁

(54)名稱

流式細胞儀

FLOW CYTOMETER

(57)摘要

本發明所揭示的流式細胞儀包含：1.一以雷射二極體(LD)為基礎的光學次系統，其用以使一光束撞擊至通過一視域的複數個粒子上；2.一複合顯微鏡物鏡，其用以使由通過該視域的複數個粒子所散射並發出螢光的光聚集並成像；3.一流體次系統，其用以供給一液體鞘流給該視域；4.一蠕動泵浦，其用於注入一載有與該液體鞘流一起通過該視域的複數個粒子的試樣液體至該液體鞘流內；5.一多模式光纖，其接收該複合顯微鏡物鏡所聚集並成像的從該視域發射並發出螢光的光，以及6.一波長分割多工器(WDM)，其用以將透過該光纖接收的光，光學地分成多個有色頻帶。

發明摘要

※ 申請案號：102119117

※ 申請日：102-05-30

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

G01N 21/17 (2006.01)

G01N 21/47 (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

流式細胞儀

FLOW CYTOMETER

【中文】

本發明所揭示的流式細胞儀包含：

1. 一以雷射二極體(LD)為基礎的光學次系統，其用以使一光束撞擊至通過一視域的複數個粒子上；
2. 一複合顯微鏡物鏡，其用以使由通過該視域的複數個粒子所散射並發出螢光的光聚集並成像；
3. 一流體次系統，其用以供給一液體鞘流給該視域；
4. 一蠕動泵浦，其用於注入一載有與該液體鞘流一起通過該視域的複數個粒子的試樣液體至該液體鞘流內；
5. 一多模式光纖，其接收該複合顯微鏡物鏡所聚集並成像的從該視域發射並發出螢光的光，以及
6. 一波長分割多工器(WDM)，其用以將透過該光纖接收的光，光學地分成多個有色頻帶。

【英文】

The disclosed flow cytometer (40) includes:

1. a laser diode ("LD") based optical subsystem (50) for impinging a beam of light upon particles passing through a viewing zone;
2. a composite microscope objective (60) for gathering and imaging light scattered from or fluoresced by particles passing through the viewing zone;
3. a fluidic subsystem (70) for supplying a liquid sheath flow to the viewing zone;
4. a peristaltic pump (80) for injecting into the liquid sheath flow a liquid sample flow carrying particles that passes together with the liquid sheath flow through the viewing zone;
5. a multimode optical fiber (852) that receives scattered and fluoresced light from the viewing zone that the composite microscope objective (60) gathers and images; and
6. a wavelength division multiplexer (90) for optically separating into color bands light received via the optical fiber (852).

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

40...流式細胞儀	501...雷射二極體(LD)
50...光學次系統	502...準直透鏡
60...複合顯微鏡物鏡	503...反射鏡
70...流體次系統	504...平凸透鏡
80...蠕動泵浦	505...柱面透鏡
90...波長分割多工器(WDM)	852...光纖

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

流式細胞儀

FLOW CYTOMETER

【技術領域】

發明領域

[0001] 本文揭示大致上係有關於流式細胞計數法的技術領域，及更明確言之，係有關於改良式流式細胞儀連同其中含括的多個個別次總成之結構與操作。

【先前技術】

發明背景

[0002] 流式細胞計數法乃採用於細胞計數、分類、生物標記檢測及蛋白質工程的生物物理學技術。於流式細胞計數法中，細胞懸浮於通過一電子檢測設備的一液流中。流式細胞計數法許可高達每秒數千個細胞的物理及/或化學特性的同時多參數分析。

[0003] 流式細胞計數法具有多項應用包括分子生物學、病理學、免疫學、植物生物學及海洋生物學等領域。流式細胞計數法在藥學上也有寬廣應用用途(特別移植、血液學、腫瘤免疫學及化學治療、產前診斷、遺傳學及用於預先選擇性別的精子分類上)。於海洋生物學中，光合成作用浮游生物的自體螢光性質能夠藉流式細胞計數法探勘決定豐富性及社群組成的特徵。於蛋白質工程學中，流式細

胞計數法係用以結合酵母表達及細菌表達以識別具有期望性質的在細胞表面表達的蛋白質變異體。流式細胞計數法的一種常用變化為基於其性質而以物理性質分類粒子，藉此純化一關注的族群。

[0004] 整個流式細胞儀系統包括下列主要組件。

1. 一流式單元，通過此流式單元，一液流通稱一鞘流、鞘液體或鞘流體攜載且流體力學地排齊細胞或粒子，故呈單行通過該流式單元。

2. 耦接至該流式單元的一度量次系統，其檢測通過該流式單元的細胞或粒子，通常係為：

- a. 阻抗或導電率度量次系統；或
- b. 光照明次系統連同光感測次系統。

3. 一轉換次系統，用以將來自該度量次系統的輸出信號轉換成電腦可處理的資料。

4. 一電腦，用以分析由該轉換次系統所產生的資料。

[0005] 光照明次系統提供平行光束，然後聚焦光束，通常為單一波長的雷射光，衝擊於通過該流式單元的流體力學聚焦液流上。據此，該流式細胞儀系統可具有一或多個光源可包括：

1. 一或多個燈，例如汞燈或氙燈；
2. 一或多個高功率水冷式雷射，例如氫、氬或染料雷射；
3. 一或多個低功率氣冷式雷射，例如氫(188奈米)、HeNe(紅-633奈米)、HeNe(綠)及HeCd(UV)；及/或
4. 一或多個二極體雷射(藍、綠、紅及紫)。

[0006]光感測次系統包括瞄準聚焦液流通過該光束處的一或多個檢測器。此等檢測器可包括：

1. 對齊光束的檢測器(正向散射器或FSC)；
2. 垂直的檢測器(側邊散射器或SSC)；及
3. 螢光檢測器。

[0007]通過該光束的各個懸浮粒子散射該光，存在於該粒子或附接至該粒子的螢光材料藉該衝擊光而發射比該衝擊光更長波長的光。在各個檢測器(針對各個螢光發射峰各有一個)檢測散射光與螢光的組合亮度變化，許可推導出各個個別粒子有關物理及化學結構的各型資訊。FSC與細胞容積有關。由於光被散射離開一個細胞內部的內部組件，SSC係取決於粒子的內部複雜度(亦即細胞核形狀、胞質顆粒數量及類型、或細胞膜粗度)。有些流式細胞儀免除螢光檢測器而只檢測散射光。而其它流式細胞儀形成各個細胞的螢光、散射光、及透射光影像。

[0008]流式細胞儀系統的轉換次系統可包括一或多個放大器，放大器可為線性或對數，通常包括一或多個類比至數位轉換器(ADC)用以將度量次系統的輸出信號轉換成資料，然後藉電腦處理。

[0009]近代流式細胞儀通常包含高達四個雷射及無數螢光檢測器。雷射及螢光檢測器的數目增加許可以數個不同抗體標記細胞，能夠更精準地藉其表現型標記而識別一目標族群。有些儀器甚至能夠拍攝個別細胞的數位影像，許可分析細胞內部或表面上的螢光信號位置。

試樣照明

[0010]於大部分儀器內，關注粒子諸如血球或微球係由鞘流攜載，利用流體力學聚焦入一光試管或或噴射液流內部的一視域，且於該處藉一聚焦雷射束照明。該項技術提供準確地識別與計數關注粒子的手段，不會被出現在登錄時間窗內部的背景雜訊所淹沒(實用流式細胞計數法，Howard M. Shapiro，威利(2003) ISBN 0471411256)。爲了增加檢測敏感度，聚焦雷射束的橫截面通常爲橢圓形，短軸係沿流動方向。爲了維持臨界值完整性，雷射輪廓須具有沿該流向的平滑或鈴形輪廓。產生此種雷射束的一種常見方法係利用由稜鏡或柱面透鏡對製成的一射束放大器，沿流方向細長化近準直的圓高斯束，然後，以球面透鏡將射束聚焦。因在焦點的射束形狀乃該射束於遠場的空間富利葉變換，如此產生高斯形橢圓點，具有沿該流向的短軸。

[0011]習知雷射價昂、體積龐大且耗能。較爲晚近已有雷射二極體(LD)。與習知雷射不同，新一代LD具有成本效益、輕薄短小且具能量效率，且給新一代輕薄短小的生醫儀器重大展望。LD發光具有橢圓形剖面，具有橢圓長軸通稱快軸係垂直LD的接頭，而橢圓短軸通稱慢軸係平行於LD的接頭。不幸地，典型LD的射束品質，特別沿其快軸的射束品質不合期望，因而使得無法廣爲接受用在流式細胞計數應用。

[0012]原則上，藉空間濾波可大爲改良LD的射束品質。若有一小型針孔或單模光纖係位在一透鏡的焦點，使

得透鏡只能接受最低階的空間模型，則通過該針孔或單模光纖的射束將為近完美的高斯形狀。美國專利案第5,788,927號揭示此種射束，然後可於流經細胞儀的流向準直化且擴大，及最後，聚焦成橢圓形高斯射束，具有沿流方向的短軸。不幸地，桌上型器械的尺寸限制了針孔直徑小於5微米。可見光波長單模光纖的核心大小也具有類似的尺寸。此種精密空間濾波器製作上的挑戰及其長期穩定性的維持，不僅只提高以LD為基的雷射系統的成本，同時也減低其可靠度。

[0013]較為晚近地，致力於減少因準直透鏡的有限數值孔徑的邊緣效應所導致的可能的旁波瓣，美國專利案第6,713,019號(「'019專利案」)揭示旋轉LD 90度使其慢軸係平行於流動方向。然後導入射束漫射區段諸如凹面柱面透鏡，以於垂直接流動方向漫射該準直射束，接著為束點形成區段，諸如球面聚焦透鏡以形成在該細胞儀的粒子視域內部的一橢圓形點。如於'019專利案中詳細說明，在束點形成區段後方的雷射束極其像散。更明確言之，於垂直接流動方向，在該視域的射束寬度可媲美流槽寬度或甚至比流槽寬度更寬。如此不僅減少了衝擊粒子上的雷射能量及結果導致信號強度的減低，同時也增加了來自液流細胞界面的非期望背景散射。替代旋轉LD，美國專利案第7,385,682及7,561,267號揭示運用大數值孔徑非球面透鏡於LD的準直。但此種設計無法校正LD的射束輪廓中特有的邊帶效應。結果，目前仍然存在需要有簡單的以LD為基的光學系

統用在流式細胞儀，其能夠可靠地產生沿其短軸具有近高斯形狀及沿其長軸具有寬度之一聚焦橢圓形光束。

視域

顯微鏡物鏡

[0014]近代流式細胞儀包括一空間濾波器，通常為機械針孔或大核心光纖，位在一物鏡的影像位置以防止非期望的背景光進入該細胞儀的檢測器。由於粒子停留在細胞儀的視域歷時數微秒，故須使用具有大型數值孔徑的顯微鏡物鏡以最大化集光效率。如美國專利案第4,727,020號揭示，為了支援於流式細胞儀中的多個空間分開的激光雷射束，也需使用具大視野的一物鏡。為了達成此等目的，美國專利案第6,510,007及7,110,192號揭示物鏡設計，利用修正版複消色差透鏡，附有一凝膠耦合或環氧樹脂黏接近半球透鏡作為最靠近試樣的光學元件，接著為多個凹凸透鏡。雖然此種顯微鏡物鏡提供滿意的數值孔徑及視野，但其顯著犧牲了影像品質，因而：

1. 限制了空間濾波器的有效使用；及
2. 具有不良背景光區別。

又，此種折射型顯微鏡物鏡體積龐大，製作上價昂，且常具嚴重色差。為了克服此等限制，專利合作條約(PCT)公告專利申請案第WO 01/27590號揭示以球面凹面鏡為基的另一種物鏡設計。該項設計提供了大數值孔徑及沿光軸的良好影像品質。但因其離軸特性不良故，此種設計並不適用於具有多重空間分開雷射束的流式細胞儀。

鞘液體供應

[0015]流式細胞儀的效能係關鍵地取決於穩定液體鞘流。更明確言之，具有多重空間分開的激光雷射束或進行小滴分類的流式細胞儀仰賴液體鞘流的恆速用於時間同步化。如揭示於美國專利案第5,245,318號，習知流式細胞儀藉使用氣密式流體系統提供穩定的液體鞘流，該系統：

1. 於鞘液體貯槽內施加恆定氣壓以將該流體推送通過該流式單元；或

2. 藉運用一減壓泵浦從而該鞘液體貯槽抽取該流體通過該流式單元。

此等系統體積龐大，製作上價昂，且常易故障。較為晚近，美國專利案第8,187,888號揭示包括一鞘液體次系統，其泵送該液體鞘流從該鞘液體貯槽進入視域；及一廢鞘液體泵浦，其泵送廢鞘液體從該視域進入廢液槽。雖然顯然所揭示的鞘液體次系統未曾用在速度關鍵流式細胞儀，但本專利案報告所揭示的鞘液體次系統藉下列裝置克服大部分習知液體鞘流穩定化的缺點：

1. 藉設置下列裝置而阻尼泵浦脈動：

a. 在該鞘液體泵浦與該流式單元間之一個流體容器；及

b. 在該流式單元與廢液泵浦間之另一個流體容器；及

2. 一泵浦控制器，其操作係應答一壓力感測器，該壓力感測器係度量該流式單元的入口與出口間之壓力差。

所揭示的鞘液體次系統有其它限制。例如，位在該流式單元的出口附近的該壓力感測器可能為一潛在污染源。

蠕動泵浦

試樣液體供應

[0016] 蠕動泵浦為容積泵浦，其中一組線性移動或圓移動滾軸漸進地壓縮一可壓縮管以擠壓流體通過該管子。蠕動泵浦特別係廣用在泵送潔淨/無菌性或積極性流體以防與暴露的泵浦組件交叉污染。

[0017] 習知蠕動泵浦每次當一滾軸滾離該管子接近泵浦出口時，具有被壓縮管膨脹回其原先形狀所造成的管容積暫時增加所致之脈動。在需要平順流的應用用途中，此種脈動乃非期望者。過去多方面試圖減少脈動。舉例言之，美國專利案第3,726,613及3,826,593號介紹一凸輪操作的推桿，其同步地施加外部壓力於管子上以補償管的膨脹。於美國專利案第4,834,630號中，安裝在分段滾軸上的多根管子在泵浦的入口與出口藉T字形聯軸節接合在一起，使得來自個別管子的脈動藉平均化而減少。美國專利案第7,645,127號提示一泵送管，具有接近入口的略較大內徑，使得接近泵浦出口管子的解壓縮係由接近入口的較大容積管子的壓縮所補償。各個方法或為顯著增加蠕動泵浦的複雜度，或為於減低脈動效應上的成功有限。

多色螢光檢測

[0018] 於許多多色螢光檢測儀器諸如流式細胞儀中(實用流式細胞計數法，Howard M. Shapiro，威利(2003) ISBN

0471411256)，從關注物體發出的螢光為：

1. 藉一顯微鏡物鏡收集；
2. 通過小型針孔或多模光纖而重新成像；
3. 然後準直化及分離成多有色頻帶；及
4. 最後，藉光檢測器檢測，諸如光倍增器管(PMT)、

PIN光二極體或突崩光二極體(APD)。

PMT大致為特用型電子管。此種「前-半導體世代」裝置體積龐大且價格昂貴。此外，具有不良量子效率，及比較以矽為基的半導體檢測器更少可再現性的頻譜響應，特別係用在生物上重要的紅光或近紅外光頻譜區尤為如此。儘管有此等缺點，PMT仍然具有優異的雜訊特性。舉例言之，典型 13 mm PMT(例如得自日本濱松公司(Hamamatsu Corporation)的R9305)的暗電流只有約1 nA。相反地，APD的暗電流可能為十倍大，即便其有源區只有PMT的有源區的1/20亦復如此。結果，PMT已經成為許多商業螢光檢測流式細胞儀的實際運用的低位準光檢測器。唯有在某些科學應用用途上，於該處事件率低，暗電流可藉昂貴的光子計數技術區別時，PMT才以APD檢測器置換。(參考高通量流式細胞計數DNA片段決定大小，A.V. Orden, R.A. Keller, 及W.P. Ambrose, *Anal. Chem.*, 2000, 72(1), p 37-41)。更為晚近，提倡使用蓋格模型APD陣列作為PMT的替代品。(例如，日本濱松公司的多像素光子計數器及愛爾蘭審羅公司(SensL Inc.)的固態光倍增器)。但此等檢測器也有高暗電流及高事件率時為非線性的缺點。

[0019]發現APD廣為人接受的唯一產業是在光通訊。已知若APD的有源區縮小至小於一平方毫米，則相對應的暗電流將減至PMT的相等位準。在光通訊中，該光係為來自單模光纖的一雷射束。此種射束容易準直化，然後聚焦至遠小於一平方毫米的一區。須注意螢光檢測儀器中使用的分色裝置，如美國專利案第6,683,314號及其中參考文獻描述，功能及架構上幾乎與美國專利案第4,482,994及5,786,915號描述的廣用在光通訊的波長分割多工器(WDM)相同。於螢光檢測儀器中避免使用小面積APD的基本理由是眾所周知的光學擴展量保留理論：通過針孔或多模光纖的螢光乃擴延光源，具有光學擴展量比從單模光纖輸出的雷射束更大數百倍。結果，如圖26示例說明，除非射束直徑顯著擴大，否則無法在擴延距離準直化。不幸地，射束直徑愈大，則將射束聚焦成一小點的挑戰愈大。因只能以平行光束經濟地完成有效分色，故小面積APD無法視為對多色螢光檢測應用為可行。顯然，能夠在擴延距離準直化大型光學擴展量光束而不顯著地放大射束直徑的技術乃高度合乎所需。此項技術將許可一類-WDM裝置用在多色螢光檢測而具有與低雜訊半導體檢測器可相媲美的特性。

【發明內容】

發明概要

[0020]本文揭示提出一種改良式流式細胞儀連同其中含括的多個改良式組件。

[0021]本發明之一目的係提出一種能夠傳送橢圓形截

面的一聚焦雷射束又簡單又可靠的以LD為基的光學系統，具有針對流式細胞計數應用為最佳化的沿其短軸之一高斯狀強度分布及沿長軸之一寬度。

[0022] 本文揭示之一目的為容易製造、具有長工作距離、大型數值孔徑、大視野及極少色差的一種成像品質顯微鏡物鏡。

[0023] 本文揭示之一目的為一種用於流式細胞儀的簡單流體系統，該系統不僅簡單、短小、容易製造，同時也能夠支援速度具有關鍵重要性的應用，諸如用於附有多個空間上分開的激光雷射束儀器或用於小滴分類器。

[0024] 本文揭示之一目的為高度期望能夠提供無脈衝液體流的蠕動泵浦之簡單設計。

[0025] 本發明之一目的為提出一種具有極少脈動的蠕動泵浦。

[0026] 本發明之一目的為提出一種製造與操作上簡單的蠕動泵浦。

[0027] 本發明之一目的為提出一種裝置能夠在一擴延距離準直化來自一擴延光源的一光束，而不會顯著地擴大該光束直徑。本發明也有一目的為提出一種運用該裝置以將該光束分離成多個有色頻帶之WDM系統。又復，本發明之一目的為提出一種與低雜訊半導體檢測器為可相容的此種WDM系統。此外，由於螢光探頭的多樣化，本發明之一目的為提出一種可重新組配的此種WDM系統。

[0028] 依據本文揭示之一裝置，大致上包括其慢軸係平

行於該流動方向之一雷射二極體(LD)；一準直透鏡，其係將來自該LD的發散光束轉換成一橢圓形平行光束，其長軸係垂直於該流；接著為一聚焦透鏡系統，其將於該視域的雷射束縮小成於垂直於該流方向的一最佳寬度；及最後，一高倍率柱面聚焦元件設置於該視域附近，其軸係於垂直於該流方向。該高倍率柱面聚焦元件將該LD沿其慢軸的該遠場輪廓轉位在沿流之方向在該視域的其富利葉軛合物，同時維持該橫向光束輪廓，使得針對流式細胞計數應用在該視域的該雷射束輪廓為最佳。

[0029] 依據本文揭示之一顯微鏡物鏡，大致上包括一凹面球面鏡、一透明像差補償片、及位在該鏡與該片間之一視域。從在該視域的粒子發射的散射光及螢光係藉該鏡校正且朝向該補償片反射回。源自該鏡的光像差在光通過該補償片後顯著減少。於本文揭示之一個實施例中，該視域係在一矩形玻璃光試管內部，附有一小型矩形槽道，讓載有粒子的流體通過其中。該鏡係由平凸形狀的光學透明材質諸如玻璃或光學品質塑膠製成，在其凸面側上具有一高度反射塗層用於內反射。該鏡的平面側係為凝膠耦合或黏接至該光試管的一側表面。該平面-非球面補償片係由透明材質諸如玻璃或光學品質塑膠製成，而該平面側係為凝膠耦合或黏接至該光試管的一側表面。該平凸鏡及該非球面補償片也係由該光試管之一體成形部分製成。於本文揭示之又另一個實施例中，該視域係於一噴射液流內。該凹面鏡及該補償片二者係與該視域孤立，及該鏡較佳為一前表

面凹面鏡。

[0030] 依據本文揭示之一流體系統，大致上包括一鞘套槽，接著為一流體泵浦，然後為一T形件。該T形件的一臂係連結至一旁路，其回送被泵送的鞘流體之一分量返回該鞘套槽；及另一臂係連結至由一貯槽接著一粒子過濾器及一流式單元組成的該鞘套路徑。然後該流式單元的出口進入廢物槽。沿該旁路的流體阻力係設計成比沿該鞘套路徑的流體阻力更低。結果，只有該鞘流體的一小分量通過該流式單元。注意在流式細胞計數應用中，典型鞘流速為每分鐘數十毫米。因此該旁路許可使用較高流速流體泵浦，其不僅遠較價廉且遠較可靠，同時也以遠更容易衰減的較高脈動頻率操作。因該旁路路徑的出口係連通至大氣，故也用作為大型流體容器，顯著地減少沿該鞘套路徑的脈動。於操作期間，該過濾卡匣的入口部將以空氣填充。因此也用作為流體容器，更進一步減少該流式單元的脈動至可忽略程度。由於在該流式單元的大型流體阻力，捕集在該過濾卡匣的入口附近的空氣被壓縮。若該流體泵浦被關閉，則該捕集的空氣將朝向該貯槽推送回，該貯槽的尺寸係選擇可防止捕集空氣到達該T形件。

[0031] 依據本文揭示之一蠕動泵浦，大致上包括一可壓縮管構件，及用以壓縮該可壓縮管構件的複數個圓形移動滾軸構件，及附有弧形彎曲軌道以導引該可壓縮管構件之一殼體構件。於本文揭示之一個實施例中，該蠕動泵浦殼體構件的軌道含有一凹部，使得當該滾軸構件滾過該凹部

時，該可壓縮管構件漸進地解壓縮至全膨脹，然後壓縮至全閉合。又復，該凹部的位置及形狀提供一構件以維持從該凹部至該泵浦出口的總流體體積保持實質上不變：當一滾軸構件滾出該泵浦出口時的該管膨脹效應係由當緊接在該泵浦出口上游的另一滾軸構件移入該凹部的該壓縮區段時的該管壓縮所補償。於本文揭示之另一個實施例中，該泵浦殼體的軌道可含有複數個凹部，提供在該泵浦出口上游的複數個滾軸構件以漸進地修正在該可壓縮管構件的多個區段中的該管壓縮。該複數個凹部的位置及形狀係設計成使得在此等區段的管壓縮修正實質上補償了因接近泵浦出口的管膨脹所致的效應。於本文揭示之又另一個實施例中，該可壓縮管構件係保持在該滾軸構件下方為全閉合，但該入口及出口區段除外。可變速馬達用以驅動該泵浦。當一滾軸到達該出口區段時，該馬達的轉動係以規劃方式加速以補償因管膨脹所致的效應。

[0032] 依據本文揭示之一裝置大致上包括至少兩個光學元件。該第一元件係用以準直一擴延光源，諸如通過一針孔或多模光纖的光。放大擴延光源例如由針孔或多模光纖核心界定者成為類似該第一光學元件的有效截面大小的一影像，如此形成在該第一光學元件與其影像間之一平行光束。該第二光學元件位在該影像附近，及中繼該第一光學元件，沿該光徑有單元放大，因此有效地加倍了平行徑長。呈相同1:1影像中繼組態的額外光學元件也可包括於本文揭示以進一步延長平行光徑。本文揭示之串級單元放大

影像中繼架構提供了大為延長平行光徑長度而不會大為膨大光束的手段。結果，光通訊業界眾所周知的WDM技術容易調整適用於螢光檢測。更明確言之，多重有色頻帶可沿該光徑使用可沿該光徑使用二色性濾光片分開，及密切聚焦成與低雜訊半導體檢測器為可相容的小點。

[0033]於本文揭示之一個實施例中，該第一光學元件為透鏡，及該第二光學元件為凹面鏡，但熟諳技藝人士顯然易知其它型別的折射性及/或反射性光學組件也可用以達成相同的設計目標。與在光通訊中的對偶部分相似地，在本文揭示的WDM裝置中之光徑可使用二色性濾光片摺疊。於本文揭示之一個實施例中，光徑被摺成鋸齒狀。然後各該濾光片以環氧樹脂黏接至一機械座，該座含有一參考表面其係光學平行於該濾光片的反射表面。結果，全部濾光片藉參考一共用光學平坦面而準確地置放入該光徑，提供了重新組配的可靠手段。

[0034]於本文揭示之另一個實施例中，通過該二色性濾光片的平行光束係使用二次二色性濾光片進一步分支成多個有色頻帶。熟諳技藝人士顯然易知二色性濾光片可插入在由本文揭示之中繼成像所提供的該又長又窄平行光束路徑沿線的任一處，提供使用多個光學組態傳送密切聚焦光束至光檢測器的手段，諸如美國專利案第6,683,314號討論的星形組態、美國專利案第4,727,020號討論的分支組態、及光通訊業界廣泛具現的其它型別的WDM光學組態。凹面鏡也可由曲面二色性濾光片替代，以進一步增加由本文揭

示之WDM裝置所支援的有色頻帶數目。

[0035]從各幅圖式示例說明的後文較佳實施例之詳細說明部分，熟諳技藝人士將更瞭解或顯然易知此等及其它特徵、目的及優點。

【圖式簡單說明】

[0036]圖1為略圖示意地示例說明依據本文揭示之流式細胞儀的一較佳實施例，其包括：

a)一以LD為基的光學照明次系統；

b)從該以LD為基的光學照明次系統發射的光衝擊於其上的一複合顯微鏡物鏡，該複合顯微鏡物鏡具有一流體通過槽道形成貫穿其中，附有一粒子照明視域位在其一光試管內部；

c)用以供給一無脈動的鞘液體流至形成貫穿該複合顯微鏡物鏡的該流體通過槽道之一流體系統；

d)一蠕動泵浦，用以將載有欲被分析的細胞或粒子之一無脈動試樣液體流導入由該流體系統供給的該液體鞘流內；及

e)具有鋸齒組態的一波長分割多工器(WDM)，用以將一光束分離成數個不同有色頻帶，該WDM透過一光纖接收，當細胞或粒子通過該複合顯微鏡物鏡的流體通過槽道且於其中藉從該以LD為基的光學照明次系統發射的光照明時，從該等細胞或粒子散射的光。

圖2為示意圖描繪一典型高功率邊緣發射LD，示例說明從其中發射的光之快軸及慢軸。

圖2A顯示從圖2描繪的LD晶片發射的一雷射束之典型遠場輪廓。

圖3A描繪用於流式細胞計數儀器的一習知先前技術以LD為基的光學照明次系統連同該系統的流式單元之三維視圖。

圖3B描繪從在該系統的流式單元內部通過圖3A描繪的該雷射束於其焦點的一細胞或粒子散射光之一典型時間相依性輪廓圖。

圖4A為橫跨流經該流體通過槽道的該液體之另一先前技術以LD為基的光學照明次系統組態之正視圖，其係改良於該流式細胞儀系統的視域中在其焦點的該束輪廓。

圖4B為沿流經圖4A描繪的該另一先前技術以LD為基的光學照明次系統的該流體通過槽道之該液體的一平面圖。

圖5A為橫過圖1描繪的該複合顯微鏡物鏡之該流體通過槽道之液體的一正視圖，其中該LD的慢軸係橫過該液體流取向。

圖5B為沿流經圖1描繪的該複合顯微鏡物鏡的該流體通過槽道之液體的一平面圖，其中該LD的慢軸係橫過該液體流取向。

圖5C描繪從通過圖1描繪的該複合顯微鏡物鏡的該流體通過槽道的一細胞或粒子散射光之一典型時間相依性輪廓圖。

圖6為適用於一流式細胞儀系統的依據本文揭示之一以LD為基的光學照明次系統的另一實施例之透視圖，其中

液體之一噴射液流係通過該視域。

圖6A為一以LD為基的光學照明次系統的另一實施例之一放大透視圖，以進一步細節描繪通過該視域之該噴射液流。

圖7為適用於一流式細胞儀系統的依據本文揭示之一以LD為基的光學照明次系統的另一實施例之透視圖，其LD的慢軸係平行於流經圖1描繪的該複合顯微鏡物鏡的該液體通過槽道的液體方向取向。

圖8為適用於圖1描繪的流式細胞儀系統中之依據本文揭示之一複合顯微鏡物鏡的透視圖，該複合顯微鏡物鏡係具有一流體通過槽道形成貫穿其中，且有粒子照明視域位在其中之一光試管內部。

圖9A為圖8中沿線9A-9A所取的複合顯微鏡物鏡之剖面正視圖，其包括從視域中三個空間分開位置至物鏡的一影像平面的射線軌跡示例說明散射的及發螢光的發射傳播。

圖9B1-9B3為針對圖9A描繪的三個空間上分開的光發射位置，接近圖9A中描繪的該影像平面之光斑圖。

圖10為類似圖9A之視圖的針對本文揭示之複合顯微鏡物鏡的另一實施例的剖面正視圖，其包括從視域中三個空間分開位置至物鏡的一影像平面的射線軌跡示例說明散射的及發螢光的發射傳播。

圖11為適用於圖1描繪的流式細胞儀系統中之依據本文揭示之一複合顯微鏡物鏡之又另一實施例的透視圖，該複合顯微鏡物鏡之替代實施例係具有一流體通過槽道形成

貫穿其中，且有粒子照明視域位在其中之一光試管內部。

圖12為適用於圖1描繪的流式細胞儀系統中之依據本文揭示之一複合顯微鏡物鏡之又另一替代實施例的透視圖，該複合顯微鏡物鏡之替代實施例係適用於位在圖6及6A描繪的該噴射液流內部的一視域。

圖13為適用於其中一視域係位在一顯微鏡載玻片表面上之依據本文揭示之一複合顯微鏡物鏡之又另一替代實施例的透視圖。

圖14為示意圖描繪依據本文揭示之用以供給穩定液體鞘流至一流式細胞儀流式單元的一流體次系統，其包括：

1. 位在一鞘液體泵浦與該流式單元間之一小型膠囊；及
2. 位在該小型膠囊與該流式單元間之一粒子過濾器，

該粒子過濾器及該小型膠囊二者提供用以阻尼泵浦脈動的空氣貯槽。

圖15為示意圖描繪類似圖14示例說明的一流體次系統之一替代實施例，其係以定長管子置換該小型膠囊用以提供一空氣貯槽。

圖16A及16B為直方圖，其比較當該粒子過濾器的入口部有空氣捕集於其中(圖16A)時，及當該鞘液體泵浦與該流式單元間之該流體次系統內部無空氣時(圖16B)，在該流式單元測得的粒子飛行時間。

圖17為依據本文揭示之3-滾軸蠕動泵浦之透視圖，描繪該泵浦的滾軸、管子及周圍泵浦殼體。

圖18A至18D描繪圖17描繪之3-滾軸蠕動泵浦的數種狀

態之簡化視圖，具有滾軸於不同位置。

圖19為蠕動泵浦的管子被泵浦的滾軸所部分壓縮之細節縱剖面圖。

圖19A及19B為沿圖19中視線19A及19B所取的正交於該蠕動泵浦的管子長度之細節橫剖面圖，示例說明該管子被該滾軸所部分壓縮。

圖20A及20B為示意圖示例說明沿該泵浦的圓座標觀看該泵浦的滾軸及管子以描繪由該蠕動泵浦所提供的無脈動。

圖21為略圖描繪當該滾軸滾動於該可壓縮管的出口區段上時，功能相對於該滾軸位置之關係：

1. 於該泵浦的出離半部中的總液體體積；以及
2. 該泵浦之下列區段中的液體體積：
 - a. 凹陷區段；及
 - b. 出口區段。

圖22為依據本文揭示之一4-滾軸蠕動泵浦的簡化平面圖。

圖23為依據本文揭示之一6-滾軸蠕動泵浦的簡化平面圖。

圖24A為針對具有一轉子附有可規劃速度的依據本文揭示之一脈動最小化3-滾軸蠕動泵浦，滾軸及一可壓縮管的縱剖面示例說明圖。

圖24B為簡化平面圖示例說明具有一轉子附有可規劃速度的依據本文揭示之一脈動最小化3-滾軸蠕動泵浦。

圖24C為略圖描繪圖24B描繪的具有一可規劃速度轉

子的依據本文揭示之一脈動最小化蠕動泵浦：

1. 相對於該滾軸位置的負體積變化率；
2. 轉子速度；及
3. 泵浦流速。

圖25為略圖示例說明依據本發明針對使用鋸齒組態的6-埠波長分割多工器(WDM)之一實施例的光線追蹤。

圖26為略圖示例說明先前技術準直裝置的光線追蹤，顯示該裝置內於準直化一擴延光源的限制。

圖27為依據本文揭示之使用鋸齒與分支組態的一6-埠WDM之一實施例的透視說明圖。

圖28為依據本文揭示之具有一凹面二色性濾光片的一WDM之另一實施例的透視說明圖。

圖29A及29B為透視說明圖，描繪依據本文揭示用以組配用於一可重新組配的WDM之可更換式二色性濾光片總成的組裝方法。

圖29C為依據圖29A及29B之示例說明建構的一可更換式二色性濾光片總成之透視說明圖。

圖30A及30B為依據本文揭示之一WDM的透視說明圖，描繪圖29C顯示的該可更換式二色性濾光片總成安裝入該WDM及從其中移除。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明
流式細胞儀

[0037]圖1描繪依據本文揭示之一流式細胞儀，以元件

符號40標示。流式細胞儀40包括：

1. 一以LD為基的光學次系統50；
2. 一複合顯微鏡物鏡60；
3. 供給一液體鞘流的一流體次系統70；
4. 注入含有有待分析粒子的一液體試樣流至由該流體次系統70所供給的該液體鞘流的一蠕動泵浦80，藉該液體鞘流而變成流體力學聚焦的該液體試樣流通過一視域，複合顯微鏡物鏡60收集與成像由該視域內的粒子所散射的及/或發螢光的光；
5. 一光纖852，其接收該複合顯微鏡物鏡60所收集與成像的由該視域內的粒子所散射的及/或發螢光的光；及
6. 一波長分割多工器90(WDM 90)，其光學處理接收自該光纖852的散射的及/或發螢光的光。

光學次系統50

[0038]光學次系統50包括一LD 501，如圖2以進一步細節描繪，該LD 501從其邊緣發射一發散光束。如圖2及2A更細節圖形描繪，發散光束有一橢圓形剖面輪廓，具有一長軸亦即快軸，及一短軸亦即慢軸。從LD 501發射的發散光束衝擊一準直透鏡502上，該準直透鏡502將從LD 501發射的發散光束轉換成具有橢圓形剖面的準直光束。雖然並非必要，但光學次系統50也可包括一選擇性的反射鏡503，配置以導向該準直橢圓形光束朝向該複合顯微鏡物鏡60。接近該複合顯微鏡物鏡60設置的一平凸透鏡504縮短該橢圓形光束的長軸，該光束係垂直於其中該液體試樣及該周

圍液體鞘流係流經該複合顯微鏡物鏡60內部的該視域之方向取向。在該視域，該橢圓形光束的寬度：

1. 垂直其中該液體試樣流流經該視域的該方向之寬度係較佳地略小於液體鞘流之寬度；而
2. 仍然夠寬，使得試樣流中的粒子以該橢圓形光束的最大強度而通過該光束之一近平坦部。

[0039]依據本文揭示，熟諳技藝人士顯然易知平凸透鏡504可由其它型別的光學元件置換，諸如消色差雙合透鏡或球面透鏡、柱面透鏡、及/或稜鏡對的組合。另外，反射鏡503及透鏡504也可以凹面鏡置換。至於流式細胞儀40的偏振敏感應用用途，一選擇性的偏振調節元件諸如半波片也可設置於從準直透鏡502延伸至平凸透鏡504的該光束之準直區段。最後，在通過該視域之前，該光束通過相鄰該視域設置的一高倍率柱面透鏡505。如圖1描繪，柱面透鏡505之軸係垂直其中該液體試樣流通過該視域的方向定向，及柱面透鏡505的焦距在該視域產生該光束短軸的一密切聚焦。

[0040]光學次系統50比較習知以LD為基的光學次系統之優點從圖2及2A將能更清晰地分辨。適用於一流式細胞儀的大部分市售雷射二極體從其邊緣發射一光束。如圖2描繪，此種LD晶片510的一增益區段509係高度約束於由箭頭511指示的橫向。結果，為了達成高輸出功率LD，製造商經常犧牲了光束品質，特別係平行箭頭511取向的橫軸或快軸方向尤為如此。圖2A顯示從一LD發射的光之此種特性，其中因增益約束所致的多個邊帶512於該被發射光束之短

軸方向的遠場為清晰可見。須注意出現在圖2A之示例說明的邊帶512只含有光束總能量的一小部分，因此對相對應光束輪廓的習知M-平方特性極少有影響。但容後詳述，邊帶512確實對習知流式細胞儀的效能具有不利的影響。另外，沿垂直箭頭511取向的邊緣發射LD的短軸方向，增益約束遠更鬆弛。結果，如圖2A所示，沿該LD光束的慢軸，該遠場光束輪廓係遠更平滑。

[0041]圖3A描繪用於一流式細胞儀的一習知以LD為基的光學次系統。與圖1示例說明的該光學次系統50共通的圖3中描繪的該等元件載有相同的元件符號，但加撇號(')標示區別。如圖3A描繪，習知光學次系統將該LD 501的快軸平行於其中該液體試樣流流經視域的該方向取向。於其最簡化組態中，LD 501'的橢圓光束輪廓係藉該球面聚焦透鏡504'而直接地轉位至該視域內。試圖達成該聚焦光束的最佳縱橫比，除了圖3A描繪者之外，多個不同習知以LD為基的光學次系統也已包括光束成形光學元件。

[0042]針對習知光學次系統沿LD 501'快軸的邊帶512之有害影響明白地出現於圖3B描繪的光散射時間輪廓圖。因散射或螢光強度係與衝擊在一粒子上的局部雷射功率成正比，故沿其中該液體試樣流流經視域的該方向之光束輪廓中的任何細小結構將出現在由該流式細胞儀所產生的該信號的時間輪廓。在時間輪廓內的此等結構係與由小粒子所產生的信號無法區別，因此將造成流式細胞儀的錯誤觸動而錯誤識別粒子。此外，邊帶512也將導致其它細胞儀參

數的度量不確定性，諸如圖3B描繪的脈衝之面積及寬度。

[0043]圖4A及4B描繪又另一個於前摘'019專利案中揭示的先前技術以LD為基的光學次系統流式細胞計數應用。與圖1或3A示例說明的該光學次系統50共通的圖4A及4B中描繪的該等元件載有相同的元件符號，但加雙撇號(")標示區別。如圖4A及4B描繪，藉將該LD 501"的慢軸平行於其中該液體試樣流流經視域的該方向取向，圖4A及4B中描繪的該光學次系統有效地克服前述由邊帶512所造成的問題。不幸地，設置在圖4A及4B中的該球面聚焦透鏡504"前方以漫射垂直於其中該液體試樣流流經視域的該方向之該光束的該光束漫射元件513"產生接近該視域的一高度像散光束。更明確言之，於其中該液體試樣流流經視域的該方向，聚焦此一像散光束在該視域增加了垂直於其中該液體試樣流流經視域的該方向的該光束寬度，使得該光束寬度變成類似於鞘流或甚至比鞘流更寬。結果，圖4A及4B中描繪的該光學次系統不僅消弭了衝擊在流經該視域的粒子上的光能量，該光學次系統50同時也增加了來自該液體鞘流與該複合顯微鏡物鏡60之相鄰部件間之界面的非期望光散射。

[0044]圖5強調'019專利案中揭示的該光學次系統與圖1描繪的該光學次系統50間之主要差異。替代如圖4所示設置一非在平面上的光束漫射元件513"在球面光束聚焦透鏡504前方，圖5A及5B中描繪為柱面平凸透鏡的該高倍率柱面透鏡505係沿該球面光束聚焦透鏡504後方的光束設置，

且較佳地係與複合顯微鏡物鏡60並排。如圖5A及5B所示，柱面透鏡505將該光束的短軸聚焦於該視域，而留下該光束的長軸大致上不變。

結果，圖1、5A及5B描繪的光學次系統50在該視域建立一光束輪廓，其為橢圓形具有：

1. 一緊密聚焦短軸，其跨據該綜合液體試樣流及液體鞘流；及
2. 於該綜合液體試樣流及液體鞘流之方向的一平滑短軸輪廓，其為沿該LD 501短軸的該遠場光束輪廓之富利葉軛合物。

同時，如圖5B所示，非在平面的光束寬度係不受柱面透鏡505影響。圖5C顯示使用圖1、5A及5B描繪的光學次系統50，從一微小粒子散射光之一度量時間輪廓。用以進行圖5C呈示的度量之LD 501係與出現於圖3B中用以從微粒散射光而產生該度量時間輪廓的LD相同。如圖5C所示，沿LD 501的快軸，由邊帶512造成的旁波瓣不再對流式細胞儀40的效能產生任何實質影響。

[0045]圖6描繪適用於一流式細胞儀依據本發明之又另一個以二極體雷射為基的光學次系統。與圖1、5A及5B示例說明的該光學次系統50共通的圖6及6A中描繪的該等元件載有相同的元件符號，但加三撇號(’’)標示區別。如圖6A及6B描繪的光學次系統50’’)幾乎係與圖1、5A及5B描繪的光學次系統50相同，但視域的出現沒有複合顯微鏡物鏡60，原因在於出現在自由流動噴射流519，包括從一噴嘴518

射出的試樣流及鞘流二者。結果，針對圖6A及6B描繪的光學次系統50'''組態，該高倍率柱面透鏡505係與位在該噴射流519內部的視域分離。

[0046]於圖1、5A、5B、6A、及6B描繪的本文揭示之具體實施例中，LD 501的短軸亦即慢軸係垂直於其中該液體試樣流流經視域的該方向取向。但熟諳技藝人士顯然易知可利用另一種光學組態，LD 501的長軸亦即快軸可重新定向為垂直於其中該液體試樣流流經視域的該方向取向。圖7描繪光學元件的此種替代組態之一個實施例。與圖1、5A、5B、6A、及6B示例說明的該光學次系統50共通的圖7中描繪的該等元件載有相同的元件符號，但加四撇號('''')標示區別。如圖所示，LD 501''''的慢軸係於z方向定向。然後從LD 501''''發射的光束藉一對九十度(90度)反射鏡523a及523b旋轉至同平面y方向。於圖7之示例說明中，該第一橢圓形光束轉向鏡523a的法線係於x-y平面與x軸夾角45度定向，及該第二橢圓形光束轉向鏡523b的法線係於y-z平面與z軸夾角45度定向。

複合顯微鏡物鏡60

[0047]圖8描繪依據本文揭示針對圖1、5A、5B及7描繪的複合顯微鏡物鏡60之一個實施例。如圖8描繪，該複合顯微鏡物鏡60成像一視域，該視域係位在一小流槽604內的一稜柱形玻璃光試管603內部，該流槽較佳具有矩形剖面形狀，載有粒子的該綜合液體試樣及鞘流流經其中。含括在該複合顯微鏡物鏡60的一平凹後表面鏡601係由較佳地具

有與該玻璃光試管603之折射率相似的折射率之一光學透明材質，諸如玻璃或光學品質塑膠製成。爲了減少光耗損，該後表面鏡601包括一平坦前表面，該平坦前表面係光耦合至該稜柱形光試管603的一毗連平坦表面。後表面鏡601光耦合至該光試管603可採用指數匹配凝膠、光黏膠、或直接光黏接。另外，該後表面鏡601也可與該光試管603一體成形。

[0048]複合顯微鏡物鏡60也包括一平面-非球面校正器板602，也係由較佳地具有與該玻璃光試管603之折射率相似的折射率之一光學透明材質，諸如玻璃或光學品質塑膠製成。爲了減少光損耗，該校正器板602的一平坦表面可光耦合至該稜柱形光試管603的一毗連平坦表面，在該光試管603的與該後表面鏡601直徑上相對的一面上。該校正器板602的光耦合至該光試管603可採用指數匹配凝膠、光黏膠、或直接光黏接。該校正器板602之最遠離該校正器板602的非球面表面可載有抗反射塗層以減少光透射損耗，但依據本文揭示此種塗層並非複合顯微鏡物鏡60的強制要求。該校正器板602的非球面表面形狀係類似傳統司密特相機的形狀(Schmidt, B., Mitt. Hamburg Sternwart 7 (36) 1932)。如熟諳技藝人士已知，司密特相機的校正器板包括一圓形中性區段，於該處該校正器板不會偏向通過該板的光線。爲了用在複合顯微鏡物鏡60，在該校正器板602的中性區段外側，於該處該板厚度爲最薄，該校正器板602具有負光倍率，而在該校正器板602的中性區段內側，該校正器板602具有正光倍率。該非球面校正器板602的確切形狀方便由業

界的任何熟諳技藝人士運用任何市售光線追蹤工具獲得。注意於流式細胞儀40中，由圖1、5A、5B及7描繪的光學次系統50產生的光束垂直於流槽604進入光試管603，通過該光試管603兩面中不毗連該後表面鏡601或校正器板602的該一面。

[0049]圖9描繪針對圖8示例說明之複合顯微鏡物鏡60該實施例的光線追蹤結果。如圖9A描繪，在接近光試管603中心的該流槽604中，從三個空間分開位置發射的散射及螢光：

1. 最初，朝向後表面鏡601傳播，欲由該後表面鏡601內反射；
2. 然後，首先通過光試管603；
3. 接著，通過非球面校正器板602；及
4. 最後，形成接近一影像平面605的三個離散影像。

注意橫過圖9A描繪的複合顯微鏡物鏡60之射線幾乎為光學一致，及在接近光試管603中心的發射的該光以接近法線入射而橫過該校正器板602。結果，複合顯微鏡物鏡60在接近光試管603中心的發射的該光極少導入色散。

[0050]又復，在天體物理學社群眾所周知，司密特相機提供一快焦比與具有近繞射有限光學效能的一大視域的不平行組合。習知司密特相機的主要缺點為影像表面係位在儀器內部。針對複合顯微鏡物鏡60，接近光試管603中心的光係於習知司密特相機之方向的反向傳播，因此影像表面係位在複合顯微鏡物鏡60外部。結果本發明可完整利用司密特相機的光學效能而無需受其限制。圖9B1至圖9B3描繪

針對在流槽604內的視域中三個發光位置接近影像平面605的光斑圖，三個位置彼此分隔150微米。圖9B1至圖9B3描繪的全部影像直徑皆係小於35微米。

[0051]從圖8及9A中描繪的複合顯微鏡物鏡60之流槽604內部的該視域，橫過該非球面校正器板602發射之光有小量色差。圖10描繪依據本文揭示圖1、5A、5B及7中描繪的複合顯微鏡物鏡60之另一實施例。與圖8及9A示例說明的該複合顯微鏡物鏡60共通的圖10中描繪的該等元件載有相同的元件符號，但加撇號(')標示區別。圖10中描繪的後表面鏡601'及像差校正器板602'的形狀係略經修改以產生接近流槽604'內部的該視域之該等發光位置的準直無焦點影像。於圖10中，複合顯微鏡物鏡60'也包括插在該校正器板602'與該影像平面605'間的一色差補償雙合透鏡609。除了聚焦來自該校正器板602'的發光至該影像平面605'上外，該雙合透鏡609也用以進一步減少由該非球面校正器板602'所導入的殘餘色差。

[0052]校正器板602的平坦表面並非必要光耦合至該光試管603。圖11描繪本發明的複合顯微鏡物鏡60之另一實施例。與圖8及9A示例說明的該複合顯微鏡物鏡60共通的圖11中描繪的該等元件載有相同的元件符號，但加雙撇號(")標示區別。圖11描繪與光試管603"光學解耦的像差校正器板602"。雖然並非複合顯微鏡物鏡60"操作上所必要，但爲了改良光學透明效率，校正器板602"的二表面及光試管603"的暴露平坦面可載有抗反射塗層。須瞭解圖11顯示的校正

器板602”係藉圖11中未描繪的一機械支持而與後表面鏡601及光試管603的組合維持成固定關係。類似分別地於圖9A及圖10描繪的複合顯微鏡物鏡60及60’，具有脫離的校正器板602”之該複合顯微鏡物鏡60”可經組配以提供有限焦距影像，或無焦點系統，該系統又轉而藉增加該色差補償雙合透鏡609而聚焦至一有限距離影像平面。

[0053]圖12描繪複合顯微鏡物鏡60之又另一實施例。與圖8、9A及11示例說明的該複合顯微鏡物鏡60共通的圖12中描繪的該等元件載有相同的元件符號，但加三撇號(’’)標示區別。圖12描繪的複合顯微鏡物鏡60’’)係適用以收集載於由該噴嘴518發射的噴射流519中之細胞或其它顯微粒子的散射及螢光發射。複合顯微鏡物鏡60’’)係由一凹面球面形狀的前表面鏡610及一像差校正器板612組成。該前表面鏡610可由玻璃或在其凹面表面611上具有高度反射性塗層的其它硬材質製成，或由具有拋光凹面表面611的金屬製成。類似校正器板602，平面-非球面校正器板612係由一塊薄型透明材料製成，諸如玻璃或光學品質塑膠。非球面表面可形成於校正器板612的任一側上。較佳地，校正器板612的兩面上皆塗覆以一抗反射塗層，但此種塗層並非依據本文揭示之校正器板612的強制要求。須瞭解前表面鏡610與校正器板612係藉圖12中未描繪的一機械支持而維持成固定關係。在噴射流519內部視域中的細胞或其它類別的顯微粒子所發射的散射及螢光係藉前表面鏡610的凹面表面611反射。因來自凹面表面611的反射所致之像差係於光橫過校

正器板612後藉校正器板612校正。熟諳技藝人士將瞭解複合顯微鏡物鏡60'''可經組配以提供類似圖9A描繪的有限聚焦影像，或準直無焦點影像，該影像係藉類似圖10描繪的消色差雙合透鏡609的一色差校正雙合透鏡而聚焦在距該複合顯微鏡物鏡60'''的一有限距離。

[0054]圖13描繪用以成像固定至透明基體諸如載玻片表面的檢體之複合顯微鏡物鏡60的一調整。與圖8、9A及11示例說明的該複合顯微鏡物鏡60共通的圖13中描繪的該等元件載有相同的元件符號，但加四撇號(''')標示區別。圖13描繪的複合顯微鏡物鏡60'''包括二光學元件，一者為透明材質諸如玻璃或光學品質塑膠製成的平凹後表面鏡617，及一者為像差校正器板618。如圖13描繪，欲成像的檢體係固定至透明通常為玻璃載玻片616的一前表面615。載玻片616較佳地係使用指數匹配流體的一薄層而光耦合至後表面鏡617的平坦面。由檢體所發射的散射及螢光：

1. 最初傳播通過載玻片616及後表面鏡617；
2. 由後表面鏡617內部反射向後通過載玻片616；
3. 然後通過校正器板618；及
4. 最後在超過校正器板618位置的一影像平面形成一影像。

流體次系統70

[0055]圖15描繪依據本文揭示之流體次系統70，其包括一鞘液體貯槽702及從該鞘液體貯槽702抽取鞘液體的一液體泵浦701。該液體泵浦701可為隔膜泵浦、或蠕動泵浦、

或活塞泵浦、或任何型別的連續流體泵浦。該液體泵浦701的一出口係連結至從該液體泵浦701接收鞘液體的一T字形聯軸節703的入口。該T字形聯軸節703具有兩個出口，兩個出口中之第一者係連結至一旁路導管710，用以將由T字形聯軸節703接收自該液體泵浦701的鞘液體之一分量回送至鞘液體貯槽702。將由T字形聯軸節703接收自該液體泵浦701的鞘液體之一分量回送至鞘液體貯槽702，因二理由故為優異。

1. 如圖1描繪，旁路導管710係任其開放至周圍空氣，有效地阻尼脈動，藉此顯著地減少液體泵浦701操作中本有的脈動。

2. 將由T字形聯軸節703接收自該液體泵浦701的鞘液體之一分量回送至鞘液體貯槽702也有效地減少液體泵浦701的輸出，因而許可於流式細胞儀40使用較高流速的低成本泵浦。

標示旁路導管710的流動阻力為「 r 」，及從T字形聯軸節703至光試管603的流槽604之路徑的流動阻力為「 R 」。至鞘泵浦的輸出阻力則為

$$R_p = \frac{rR}{r+R} \quad (1)$$

因 $R \gg r$ ，故液體泵浦701的表現係由旁路導管710的阻力掌控，旁路導管710的流體動力學性質為溫度不敏感。如此，圖15描繪的流體次系統70之組態也提供簡單機制用以達成至流槽604的溫度不敏感鞘液流。

[0056] 如圖15描繪，T字形聯軸節703的第二個出口係連結至流槽604，該流槽604較佳地首先透過一小型貯槽膠囊704及然後透過一過濾器卡匣705而延伸通過光試管603。如圖16描繪，一段約4呎長的管子704'可取代該小型貯槽膠囊704。於該流體次系統70之起始期間，有些空氣變成捕集在過濾器卡匣705接近其入口，如圖15描繪，該入口係位在過濾器卡匣705出口的上方。捕集在過濾器卡匣705的空氣係作為額外流體容器，有效地減少發射進入該流槽604內部的鞘液體內的脈動至可忽略程度。由於在流槽604有大型流體阻力，捕集在過濾器卡匣705的空氣變成被壓縮。當液體泵浦701被關閉時，捕集在過濾器卡匣705內部的空氣朝向T字形聯軸節703推送，類似洩放的容器。若沒有該小型貯槽膠囊704，則從過濾器卡匣705射出的有些空氣因其流體阻力低之故，到達旁路導管710，一旦液體泵浦701再度啟動時將被推送出流體次系統70之外。若無額外空氣供應，則此種景況將一再重複直到大部分空氣從流體次系統70掃除出，造成過濾器卡匣705喪失其作為脈動阻尼器的有效性為止。因此小型貯槽膠囊704或該段管子704'的目的係提供一貯槽隔開該過濾器卡匣705與旁路導管710，確保儘管液體泵浦701的重複開關操作，捕集在過濾器卡匣705內部的空氣仍維持在流體次系統70內部。

[0057] 接近過濾器卡匣705入口的捕集空氣之脈動阻尼效應在圖16A及16B描繪的直方圖中清晰可見。圖16A描繪當一袋空氣被捕集在接近過濾器卡匣705的入口時，在流槽

604測得的粒子飛行時間。圖16B描繪當捕集的空氣從流體次系統70被掃除出時，在流槽604測得的粒子飛行時間。圖16A及16B之直方圖中描繪的結果係使用間隔約200微米的二刀刃形雷射束聚焦接近流槽604中心做出。圖16A及16B之水平軸乃粒子從一個雷射束至另一個雷射束所耗飛行時間，藉記錄以距激光束90度而從該粒子散射光的到達時間峰值。兩種情況下，粒子跨越二雷射束的平均飛行時間為相同。如圖16A所示，當過濾器卡匣705保有一些空氣時，全部粒子耗用約略等量時間來跨越二雷射束。如圖16B所示，當過濾器卡匣705不保有任何空氣時，飛行時間的分布不僅變寬，同時也變成雙模。換言之，有些粒子耗用較少時間，而其它粒子耗用比平均時間量更長的時間來跨越二雷射束，此乃容易歸因於在流槽604的鞘液體速度脈動的現象。

[0058]於至目前為止討論的本發明之具體實施例中，沿旁路導管710以及在T字形聯軸節703與流槽604間的流體阻力無法調整。如熟諳技藝人士顯然易知，節流器諸如固定式節流器或可調式閥711、711'及712、712'可優異地插入旁路導管710以及在T字形聯軸節703與流槽604間，以許可調整流經流槽604的流速。另外，流經流槽604的鞘液體速度也可使用液體泵浦701調整，該液體泵浦701係藉可變速無刷DC馬達驅動。

蠕動泵浦80

[0059]依據本文揭示之蠕動泵浦80的一個實施例係見於圖17。泵浦包括具有弧形彎曲軌道808之一殼體809、附

接至在殼體809內部可旋轉的轉子816的三根滾軸810、811及812、及夾置在該殼體809的可壓縮管807與該等滾軸810、811及812間的一可壓縮管807。如圖18A至18D示意地描繪，蠕動泵浦80的滾軸810、811及812係環繞轉子816的周邊以實質上相等角度距離、間隔、或間距彼此隔開。為求簡明，假設於後文討論中，轉子816係逆時針旋轉，但須瞭解該等討論係同等適用於順時針方向旋轉的蠕動泵浦。該殼體809的可壓縮管807可劃分成數個區段：

1. 點801與點806間之一開放區段，於該處可壓縮管為無壓縮；
 2. 點801與點802間之一泵浦入口區段，於該處當一滾軸在該區段滾動時該可壓縮管係漸進地壓縮直至全關；
 3. 點802與點803間及點804與點805間之二泵送區段，於該處該可壓縮管係藉滾軸而全關；
 4. 點803與點804間之一凹陷區段，於其中當一滾軸滾動通過從點803至點813該凹縮區段的膨大部分時，可壓縮管漸進地膨脹從全關至全開；
 5. 然後，當一滾軸滾動通過從點813至點804該凹縮區段的一壓縮部分時，可壓縮管漸進地被壓縮至全關；及
 6. 點805與點806間之一出口區段，於該處當一滾軸滾動通過該區段時，可壓縮管漸進地膨脹從全關至全開。
- 換言之，一滾軸從入口點801至出口點806逆時間方向滾動時，該可壓縮管之內部間隙：

1. 從點801的全開漸進地縮小至點802的全關，且維持

關閉直至點803；

2. 然後漸進地膨脹回點813的全開；

3. 然後漸進地縮小至點804的全關，且維持關閉直至滾軸到達點805；及

4. 最後地，漸進地膨脹回點806的全開。

可壓縮管的內部間隙大小係示意地示例說明於圖18A至圖18D為虛線圓與實線可壓縮管807間間距。如圖18A至圖18D中之示例說明，於蠕動泵浦80之此一實施例中，點801與803、點802與813、點813與805、以及點804與866間之角度距離、間隔、或間距係與相鄰滾軸間的角度相同。結果如圖18A至圖18B描繪，當滾軸810從點804至點805滾動通過泵送區段時，其與可壓縮管間的互動完全決定了蠕動泵浦80的流體流速。如圖18C所示，一旦滾軸810到達點805與806間的出口區段，在滾軸810下方的可壓縮管開始漸進膨脹，間隙開始成長。同時，滾軸811到達凹陷區段的壓縮部分，開始漸進地壓縮該可壓縮管。於蠕動泵浦80中，沿該可壓縮管807在點813與點804間之凹陷區段的壓縮部分形狀係使得藉在點813與點804間之凹陷區段的壓縮部分中下方滾軸811壓縮而被推送出的液體體積實質上填滿了點5與6間的出口區段在滾軸810下方的可壓縮管所產生的容積。在此週期期間，該可壓縮管在滾軸810及811二者下方為部分開放，而在滾軸12下方為部分關閉。結果，泵送動作主要係由滾軸12傳遞。更明確言之，由於藉由設計，在點13與點6間之該區段中的液體總體積在此週期期間維

持實質上恆定，在圖18C顯示的狀態中，蠕動泵浦80的流速維持與圖18A及圖18B顯示的狀態實質上相同。一旦滾軸810通過點806，滾軸811到達點804與點805間之泵送區段。注意在滾軸810、811及812間並無實體差異，因此整個處理過程中，蠕動泵浦80的流速維持實質上恆定。

[0060]若遵照滾軸的移動沿一圓形座標觀看，則將可更清楚地瞭解本發明的無脈衝蠕動泵浦之機制。參考圖19， V 表示從出口至關閉一可壓縮管819的最近滾軸820的該可壓縮管819內部的流體體積，亦即圖19顯示的斜線區818表示的流體量。顯然， V 係取決於滾軸20的角位置 θ 及由全部其它下游滾軸施加的管壓縮量 δ 。

$$V = V(\theta, \delta_1, \delta_2, \dots) \quad (1)$$

結果，蠕動泵浦的流速 F 係與 V_c 的時間導數以下式相關：

$$-F = \frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial \theta} R + \sum_i \frac{\partial V}{\partial \delta_i} \frac{d\delta_i}{dt} \quad (2)$$

此處 R 為轉子的轉速，及下標係用以識別多個下游滾軸。方程式(2)右側第一項表示來自該關閉管子的滾軸的貢獻。因而偏導數 $\frac{\partial V}{\partial \theta}$ 與 θ 獨立無關。求和項表示來自部分壓縮該可

壓縮管819的全部其它下游滾軸的貢獻。現在假設 ΔS 為可壓縮管819藉滾軸壓縮所致的截面積變化，及 L 為截面形狀受管壓縮影響的管長度。則熟諳技藝人士顯然易知 L 係與管壓縮 δ 成正比，及 ΔS 係與其平方 δ^2 成正比。結果，因管子被滾

軸壓縮所致的流體損耗量 ΔV 係遵照方程式(3)：

$$\Delta V \propto L \cdot \Delta S \propto \delta^3 = (D - G)^3 \quad (3)$$

於該處D為該可壓縮管的內徑，及G為圖19、19A及19B指示的最小間隙，於圖18A至18D也係以虛線圓與殼體809的實線可壓縮管807間の間距表示。現在參考圖20A及20B，於該圓形座標系中相對應於圖18A及18B顯示的泵浦狀態。於此週期期間，並無滾軸810'下游滾軸，故方程式(2)中的求和項消失。圖20B係相對應於圖18C所示泵浦狀態。可壓縮管由滾軸12'關閉，及由滾軸810'及811'部分壓縮。但由二滾軸810'及811'導入的體積變化實質上彼此抵銷。結果，方程式(2)中的求和項也消失。結果，蠕動泵浦80的流速維持實質上恆定而與滾軸位置無關。

[0061]滿足如上要求的可壓縮管807之形狀易從方程式(3)推導。參考圖18C，若於點813與點804間的凹陷區段之壓縮部分 $G_{13,4}$ ，及於點805與點806間之出口區段 $G_{5,6}$ 間之弧形可壓縮管807の間隙係遵照方程式

$$(D - G_{13,4})^3 + (D - G_{5,6})^3 = D^3 \quad (4)$$

則二區段的總流體體積維持實質上恆定，如圖21之例示說明。於蠕動泵浦80中，泵浦殼體809的形狀相對於其中線為對稱性，使得泵浦殼體809的入口半部乃出口半部的鏡像，如圖17之例示說明。因此，蠕動泵浦80可以極少脈動而於逆時針及順時針旋轉操作，但須瞭解對稱性並非必要的要求以實現依據本文揭示之無脈衝蠕動泵浦。舉例言之，只要於點13與點3間的區段 $G_{13,3}$ ，及於點2與點1間之區段 $G_{2,1}$ 間之弧形可壓縮管807の間隙係遵照方程式(5)，

$$(D - G_{13,3})^3 + (D - G_{2,1})^3 = D^3 \quad (5)$$

則當轉子816係順時針方向旋轉時，依據本文揭示之蠕動泵浦將具有極少脈動。

[0062]圖22描繪依據本文揭示之一蠕動泵浦的替代實施例。與圖17示例說明的蠕動泵浦80共通之該等圖22描繪的元件載有相同的元件符號，但加撇號(')標示。蠕動泵浦80'包括一可壓縮管807'，具有二凹部820及821，及四根滾軸822、823、824及825。於圖22描繪之實施例中，因接近泵浦出口的管子膨脹導致的流體體積損失係由滾軸822及823壓縮接近二凹部820及821的該可壓縮管之組合效應補償。

[0063]圖23描繪依據本文揭示之一蠕動泵浦的又另一替代實施例。與圖17示例說明的蠕動泵浦80及圖22示例說明的蠕動泵浦80'共通之該等圖23描繪的元件載有相同的元件符號，但加雙撇號('')標示。蠕動泵浦80''包括六根滾軸及一可壓縮管807''具有二凹部818''及819''。於蠕動泵浦80''中，因接近泵浦出口的管子膨脹導致的流體體積損失係由靠近泵浦出口的一個凹部818''及819''的該滾軸作用補償。

[0064]接近蠕動泵浦出口的可壓縮管膨脹導致的脈動也可藉具有可規劃轉子速度的一蠕動泵浦克服。圖24A至24C示例說明依據本文揭示針對3-滾軸蠕動泵浦，用以最小化蠕動泵浦脈動的機制之替代實施例的相關面相。如圖24B描繪，在泵浦入口區段與泵浦出口區段間的軌道828為實質上圓形。結果，如虛線圓829與軌道828的實曲線間間距指示，可壓縮管係藉該泵浦的三個滾軸826、827及829中之各

者在泵浦入口與泵浦出口間完全封閉。圖24A示意地示例說明針對圖24B描繪的蠕動泵浦，於圓形座標系中之滾軸位置。由於只有一個下游滾軸關閉管子，故方程式(2)遠更簡化：

$$-F = R \left(\frac{\partial V_c}{\partial \theta} + \frac{\partial V_c}{\partial \delta} \frac{d\delta}{d\theta} \right) \quad (6)$$

此處管補償 $\delta(\theta)$ 係明確地表示為滾軸位置 θ 的函數。括號內部各項表示流體體積相對於滾軸位置的改變速率。第一項為來自關閉該管的滾軸之貢獻，亦即圖24A之滾軸827，及第二項為來自出口區段的滾軸之貢獻。注意藉由定義，當在出口區段無滾軸時，體積變化率為負及括號內的第二項消失。圖24C的虛曲線為負體積變化率相對於滾軸位置的代表性作圖。在接近泵浦出口，當一滾軸滾過管子因管子膨脹造成沿該曲線的隆起時，乃具有恆定轉子速度的習知蠕動泵浦的脈動起因。但針對圖24A至24C闡釋的蠕動泵浦，圖24C中以虛曲線顯示的轉子速度 R 係設定為與轉子位置同步改變，且與流體體積改變率成反比。結果，泵浦之流速亦即轉子速度與流體體積改變率的乘積維持恆定，如圖24C頂端的實線指示。注意方程式(6)括號內部各項係由泵浦的機械結構獨特地決定。因此，轉子速度輪廓易根據方程式(3)從軌道828之形狀產生。對熟諳技藝人士而言有多種方式可以實現可規劃轉子，例如使用步進馬達或DC伺服馬達。

WDM裝置90

[0065]圖25顯示使用鋸齒組態，本文揭示之6-埠口波長分割多工器之實施例的光線軌跡。如圖25所示，通過針孔或從多模光纖諸如圖1描繪的光纖852小面發射的螢光形成

在位置901，亦即WDM 90的光輸入端的一擴延物件或光源。該物件大小係由針孔直徑或多模光纖的核心直徑界定。注意針孔的實際大小或多模光纖的核心直徑係以毫米度量，相較於單模光纖的直徑係以微米度量。結果，螢光源的光學擴展量定義為光束大小與其發散角的乘積，比其對偶部分在光學傳輸上的大數百倍。依據光學擴展量保留理論(Julio Chaves, 非成像光學元件介紹, CRC出版社, 2008 [ISBN978-1420054293])，來自此種擴展來源的光，類似來自手電筒的光，只能維持平行歷經極有限距離，特別當平行部的直徑須為小直徑時尤為如此。

[0066]如圖25描繪，一準直光學元件於此例中為消色差雙合透鏡902捕集來自光源901的光，及投射物件的放大影像接近終聚焦透鏡905。接近終聚焦透鏡905的影像大小維持與準直光學元件902的有效大小約略相等。結果，在透鏡902與透鏡905間傳播的光束係有效地準直。如圖25所示，只要放大因數維持為小，例如小於約10，使用簡單單元透鏡905，準直光束易聚焦在比由WDM 90在位置901所接收的光束之點更小的一點。光束聚焦在如此小尺寸的能力許可將一小區半導體檢測器置於該聚焦透鏡905的一焦點906用於有效光檢測。

[0067]以傾斜角取向的二色性濾光片903係插入準直光學元件902與透鏡905間之約半途的光徑。二色性濾光片903通過關注的色帶，而反射光束中的其餘色彩用於WDM 90內部的進一步處理。選擇性的帶通濾波器904可插在二色性

濾光片903後方以進一步改良WDM 90的分色能力。

[0068]從二色性濾光片903反射的光衝擊在一第二選擇性元件907，較佳為凹面鏡上。凹面鏡907具有約略等於準直光學元件902與接近聚焦透鏡905的影像間距的曲率半徑。因此凹面鏡907形成接近一第二聚焦透鏡908的準直光學元件902之一第二影像。凹面鏡907與在透鏡908的第二影像間之光束係具有與準直透鏡902與接近聚焦透鏡905的第一影像間之光束的相同直徑。因而中繼成像凹面鏡907有效地加倍了準直光束路徑而不擴大光束直徑。再度，擴延但又平行的光束容易聚焦至比901的光源更小的一點。然後第二二色性濾光片909插入中繼成像凹面鏡790與接近聚焦透鏡908的第二影像間的約略半途。第二二色性濾光片909通過由WDM 90在位置901接收光束的另一色帶，而反射衝擊光束的其餘部分用於進一步處理。

[0069]如圖25所示，額外中繼準直光學元件910、911、912、913及二色性濾光片914、915、916、917可以相同方式串級以產生接近聚焦透鏡918、919、920及921的多個影像，此等影像各自係相對應於WDM 90在位置901接收光束的一特定色帶。如圖25所示，由於本文揭示的1:1成像中繼架構故，由聚焦透鏡906、908、918、919、920及921所產生的光點皆比光束光源更小，因而易由小面積APD捕捉。

[0070]雖然圖25示例說明針對來自擴延光源的一光束之6-埠波長分割多工器，但熟諳技藝人士顯然易知依據本文揭示容易建構具有不同埠數的WDM。熟諳技藝人士也顯

然易知雖然WDM 90較佳地使用消色差雙合透鏡作為第一準直光學元件，但也可使用單元透鏡，原因在於在聚焦透鏡906、908、918、919、920及921之前產生的影像幾乎全部接近單色。替代使用凹面鏡以中繼從二色性濾光片反射的光束，也可使用折射光學元件作為中繼元件以擴延平行光束的光徑。但用於WDM 90的鋸齒形架構的明確優點為可能使用陣列檢測器，將導致適用於可攜式器械的更精簡的WDM。

[0071]圖26示例說明先前技術準直裝置的光線軌跡。圖26描繪的技術廣泛用在習知多色螢光儀器，例如於美國專利案第6,683,314號。如圖26所示，該光束快速地發散超過由準直光學元件923所形成的影像924。結果，組成多色裝置的唯一選項係將二色性濾光片插在準直光學元件923與影像924間。

[0072]由於光學擴展量保留的約束，平行光束的直徑須顯著擴大以接納在該區段的多個二色性濾光片。已擴大的光束構成重大挑戰，需要重新聚焦平行光束至適合小面積半導體檢測器的小點。為了克服此等困難，有些儀器製造商選擇使用Mt排它地用於螢光檢測，諸如用於由貝迪(Beckton-Dickinson)、貝庫(Becman Coulter)及派特(Partec)製造的主流流式細胞儀及奇異阿默山(GE Amersham)製造的DNA排序器MegaBACE系列。其它儀器諸如魯米尼(Luminex)多工化帶分析儀已選擇具有已知明亮螢光的某些色帶，及利用大面積APD來檢測擇定色帶的光。

[0073]圖27示例說明運用鋸齒與分支組合組態的一6-埠WDM 90之替代實施例之透視圖。該設計乃圖25描繪的鋸齒組態的修正。於圖27描繪的替代實施例中，圖25之帶通濾波器904係由二色性濾光片904'置換。濾光片904'係設置成讓一色通過其中，而以90度反射其它色。通過二色性濾光片904'及從二色性濾光片904'反射的光束之光徑長度使得一臂係由透鏡905聚焦，而另一臂係由透鏡905'聚焦至與位在焦點位置906及906'的小面積半導體檢測器可相容的小點。如圖25所示，由二色性濾光片903反射光的剩餘色彩係藉凹面鏡907中繼成像，包括光學元件903、904'、905及905'的組態係再串級兩次以形成一6-WDM。

[0074]圖28示例說明一8-埠WDM 90之一替代實施例的透視圖。藉以凹面形二色性濾光片907'及910'置換圖27的凹面中繼成像鏡907及910，圖28描繪的WDM提供比圖25及27描繪的WDM更多兩個色帶。

[0075]多年來已發展用在流式細胞儀的無數螢光探頭。更為晚近，多種螢光蛋白質也已經變成生醫研究上的主要工具。為了因應不同類型的螢光探頭，業已開發多項技術以使得使用者選擇適合其特定需要的二色性濾光片。可更換式二色性濾光片的一大挑戰為避免經塗覆的濾光片表面直接接觸任何硬質流式細胞儀參考框架。經塗覆的濾光片表面與任何硬質參考框架重複地直接接觸，可能損害可更換式二色性濾光片。目前，解決此項問題的大部分習知解決方案係使用精密機製機械隔件以將可更換式二色性

濾光片保持定位。此種解決方案之一例係出現在美國專利案第6,683,314號。但若檢測器的作用面積小於1.0平方毫米，則此種解決方案變不可靠。

[0076] 圖29A及29B描繪製作適用於小面積檢測器的圖29C示例說明的可更換式二色性濾光片總成934。可更換式二色性濾光片總成934的組裝係始於圖29A，描繪組成一參考樣板用於其製作。該參考樣板為由二光學平行玻璃片925及926製成的樓梯間。以光學接觸將二玻璃片925及926黏結在一起，確保玻璃片925的一表面929變成光學平行於玻璃片926的一表面930。然後可更換式二色性濾光片927的一前表面932朝向樣板表面929加壓。鬆鬆地嵌合二色性濾光片927的濾光片座928包括一參考表面931及一濾光片插槽933。於該可更換式二色性濾光片的組裝期間，該濾光片插槽933係以環氧樹脂黏著劑部分填補，濾光片座928的參考表面931係朝向樣板表面930加壓，同時濾光片座928滑動朝向二色性濾光片927。當環氧樹脂黏著劑硬化時，朝向二色性濾光片927及濾光片座928加壓，部分二色性濾光片927維持座落在濾光片插槽933內部。熟諳技藝人士顯然易知環氧樹脂黏著劑可為紫外光可硬化或熱可硬化，或藉摻混A/B混合物成分製備。圖29C描繪如圖29A及29B描繪及如前述製造的E934~。如圖29A及29B描繪及如前述組裝方法確保可更換式二色性濾光片總成934的前表面將光學地平行於參考表面931，及以由玻璃片925的厚度準確地決定的間隔，相對於該參考表面931凹陷。

[0077]圖30A及30B描繪本文揭示之一實施例，於該處前述可更換式二色性濾光片總成934係用在WDM 90以光學處理來自擴延光源的光束。WDM 90的值得注目的特徵為具有光學平坦表面的一玻璃參考區塊935。如熟諳技藝人士顯然易知，玻璃參考區塊935可由其它材料製成。如圖30B所示，當安裝一二色性濾光片927時，該可更換式二色性濾光片總成934的該參考表面931係背對玻璃參考區塊935的平坦表面滑動，藉一載荷彈簧的螺絲936保持接觸。結果，可更換式二色性濾光片總成934之經塗覆的前表面932維持光學平行於光學平坦表面及準確定位。同時，前表面932相對於參考表面931的凹陷保護其在濾光片更換期間不與任何物件作實體接觸。

[0078]熟諳技藝人士顯然易知所描述的可更換式二色性濾光片總成934之實施例的多項修正及變化係屬可能。舉例言之，本文揭示之替代實施例為使用第一及第二圓形光學平坦表面組裝的基座。當組裝該可更換式二色性濾光片總成934時，一濾光片座的參考表面座落在第一光學平坦表面之一表面上，及該二色性濾光片的經塗覆表面座落背向第二光學平坦表面之一表面上。然後，環氧樹脂黏接將該二色性濾光片的經塗覆表面維持光學平行於一濾光片座的參考表面，但由該第二光學平坦表面之厚度準確地決定之一凹陷距離。

工業應用性

[0079]雖然已經以若干細節描述用於流式細胞計數應

用的以LD為基的光學系統依據本文揭示之一具體實施例，也已針對基於液流的流式細胞計數儀器描述同等優異的實施例，但熟諳技藝人士顯然易知可不悖離如申請專利範圍各項中陳述的本文揭示之原理及構想而可能鑑於前文教示做出所述實施例的多項修改與變化。

[0080]雖然已經以若干細節描述本文揭示之數個實施例，但熟諳技藝人士顯然易知可不悖離如申請專利範圍各項中陳述的本文揭示之原理及構想而可能鑑於前文教示做出所述實施例的多項修改與變化。

[0081]已經以若干細節敘述本文揭示之若干具體實施例，但熟諳技藝人士顯然易知可不悖離如申請專利範圍各項中陳述的本文揭示之原理及構想而可能鑑於前文教示做出所述實施例的多項修改與變化。

[0082]雖然已經以若干細節描述本文揭示之數個實施例，也已描述另三個同等優異的實施例，但熟諳技藝人士顯然易知可不悖離如申請專利範圍各項中陳述的本文揭示之原理及構想而可能鑑於前文教示做出所述實施例的多項修改與變化。

[0083]雖然已經以若干細節描述用以將得自一擴延光源的光束分離成多個色帶之波長分割多工裝置依據本文揭示之數個實施例，也已描述若干其它同等優異的實施例，但熟諳技藝人士顯然易知可不悖離如申請專利範圍各項中陳述的本文揭示之原理及構想而可能鑑於前文教示做出所述實施例的多項修改與變化。

[0084]雖然本文揭示已經以目前較佳實施例作說明，但須瞭解此等揭示內容係純粹為示例說明而非解譯為限制性。結果，不背離本文揭示之精髓及範圍，無疑地熟諳技藝人士已經研讀前文揭示後，本文揭示的多項變更、修正、及/或替代應用將更為彰顯。因此，意圖後文申請專利範圍各項係解譯為涵蓋落入於本文揭示之真正精髓及範圍內的全部變更、修正、或替代應用。

【符號說明】

9A-B、19A-B...視線

40...流式細胞儀

50、50'、50''、50'''...光學次系統

60、60'、60''、60'''、60''''...複合顯微鏡物鏡

70、70'...流體次系統

80、80'、80''...蠕動泵浦

90...波長分割多工器(WDM)

501、501'、501''、501'''、501''''...雷射二極體(LD)

502、502'、502''、502'''、502''''...準直透鏡

503、503'、503''...反射鏡

504...平凸透鏡

504'、504''、504'''、504''''...球面聚焦透鏡

505...柱面透鏡

509...增益區段

510...LD晶片

511...箭頭

512...邊帶

- 513''...光束漫射元件
- 518...噴嘴
- 519...噴射流
- 523a...第一橢圓形光束轉向鏡
- 523b...第二橢圓形光束轉向鏡
- 601、601'、601''、617...後表面鏡
- 602、602'、602''、612、618...像差校正器板
- 603、603'、603''...稜柱形玻璃光試管
- 604、604''...流槽
- 605、605'...影像平面
- 606、607、608...光斑圖
- 609...色差補償雙合透鏡
- 610...前表面鏡
- 611...凹面表面
- 615...前表面
- 616...載玻片
- 701、701'...液體泵浦
- 702、702'...鞘液體貯槽
- 703、703'...T字形聯軸節
- 704、711、711'、712、712'...小型貯槽膠囊
- 704'...一段管子
- 705、705'...過濾器卡匣
- 710、710'...旁路導管
- 801-806、813...點
- 807、819、819''...可壓縮管

- 808、808'、808''、828...軌道
- 809...殼體
- 810、810'、811、811'、812、812'、817、822-827、829...滾軸
- 816...轉子
- 818、818''...斜線區
- 820、821...凹部
- 852...光纖
- 901...光源
- 902、923...消色差雙合鏡片、準直光學元件
- 903、903'、909、914-917、927...二色性濾光片
- 904、904'...帶通濾波器
- 905、905'、906、906'、908、918-921...聚焦透鏡
- 907、907'、910、910'...第二光學元件、凹面鏡
- 910-913...中繼準直光學元件
- 924...影像
- 925、926...玻璃片
- 928...濾光片座
- 929、930...表面
- 931...參考表面
- 932...前表面
- 933...濾光片插槽
- 934...可更換式二色性濾光片總成
- 935...玻璃參考區塊
- 936...載荷彈簧的螺絲

申請專利範圍

1. 一種流式細胞儀，其包含：

a)一以雷射二極體(LD)為基礎的光學次系統，其用以導引一光束進入一攜載粒子的試樣液體流通過的該流式細胞儀之視域內，該試樣液體係為一亦流經該視域的液體鞘流而流體力學地聚焦在該視域內，該光學次系統包括：

i. 一雷射二極體(LD)，其用以從其一邊緣發射一發散光束，該發散光束具有一有一長軸及一短軸二者之橢圓形狀的橫截面輪廓；

ii.一準直透鏡，其用以令從該LD發射的該發散光束轉換成一準直橢圓形光束，其中該準直橢圓形光束之短軸係配向成平行於粒子通過該視域之一方向；

iii. 一光束壓縮光學元件，其用以在該視域內縮減該橢圓形光束之大小，藉此被配向成垂直於粒子通過該視域之方向的橢圓形光束之該長軸的寬度小於該液體鞘流的寬度；以及

v. 一柱面聚焦元件，其位置相鄰於該視域，該柱面聚焦元件之一軸係配向成垂直於粒子通過該視域的該方向，藉此：

1)使該光束之短軸聚焦於該視域；及

2)在該視域內的該橢圓形光束的該長軸大

小維持基本上不變；

b) 一複合顯微鏡物鏡，其用以使由存在於該視域內的一粒子所散射並發出螢光的光成像，該複合顯微鏡物鏡包括：

i. 一凹面鏡，該散射並發出螢光的光撞擊至其上，

ii. 一由光學透明材料製成的像差校正器板，其中該像差校正器板係為一非球面透鏡，其具有：

1) 該像差校正器板之一第一區域，其在該像差校正器板的中間區域之外，該像差校正器板於該處：

A. 係最薄的；及

B. 具有負的光學倍率；以及

2) 在該中間區域內的該像差校正器板之一第二區段，其具有正的光學倍率，

從該複合顯微鏡物鏡反射的光通過該像差校正器板，

該流式細胞儀的該視域係位在該凹面鏡與該像差校正器板之間；

c) 一流體次系統，其用以供給該液體鞘流給該視域，該液體鞘流不具脈動，該流體次系統包括：

i. 一液體泵浦，其用於供給抽取自一貯槽的液體；

ii. T字形聯軸器，其具有至少一個入口及兩個

出口，

1)該T字形聯軸節的入口從該液體泵浦接收液體；

2)由該入口所接收的該液體之第一分量經過該等出口中之一第一者並經過一旁路導管流回該貯槽；及

3)由該入口所接收的該液體之第二分量經過該等出口中之一第二者並經由一粒子過濾器而流至該流式細胞儀的該視域；

d) 一蠕動泵浦，其用於供給載有該等粒子的該試樣液體，該試樣液體係藉由該液體鞘流而流體力學地聚焦於該視域內部，該蠕動泵浦包含：

i. 一泵浦殼體，其具有形成於其中的弧形彎曲的軌道，該弧形彎曲的軌道係延伸於一泵浦入口與一泵浦出口之間；

ii. 附接至一轉子的複數個滾軸，該等滾軸在各對緊鄰的滾軸間具有一實質上相等的角間距，該轉子可與附接其上的該等滾軸一起在該泵浦殼體內部旋轉；及

ii. 一可壓縮管，其夾置於該等滾軸與該泵浦殼體的該弧形彎曲軌道之間，該弧形彎曲軌道包括：

1)一出口區段，其中當一滾軸滾動通過該出口區段時，相鄰該滾軸的該可壓縮管從在該

出口區段之起點處的完全關閉，漸進地擴張至在該泵浦出口處的完全打開；在該泵浦出口處，該滾軸破壞與該可壓縮管之接觸；及

2) 至少一個泵送區段，其在該泵浦入口與該泵浦出口之間沿著該弧形彎曲軌道其中該可壓縮管係藉由該等滾軸中之至少一者壓縮至完全關閉；及

e) 一波長分割多工器(WDM)，用以將初始從該視域發射且藉該複合顯微鏡物鏡成像進入一以傳輸至該WDM之光纖的一光束分成多個有色頻帶，該WDM係包含：

i. 一準直光學元件，其放大一擴展光源(extended light source)以產生與該準直光學元件的有效尺寸實質上相同大小的一影像；

ii. 至少一個二色濾色鏡，其位於該準直光學元件與該影像之間，其中該二色濾色鏡將該準直光束分離成具有區別性色彩的二分支；

iii. 一聚焦光學元件，其位於該等分支之一者中，其中於該分支中的光束係藉由該聚焦光學元件聚焦至一具有小於1.0毫米直徑的點；及

iv. 一影像中繼光學元件，其位於藉由在另一分支內的該準直光學元件所產生的影像附近，其中該影像中繼光學元件以實質上單元放大來產生該準直光學元件之一影像。

2. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其中該光試管係具有一矩形橫截面，及其中該流式細胞儀的該視域係位在座落於該光試管內部具有一矩形橫截面的一槽道內部。
3. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其中該光試管係具有一管形橫截面，及其中該流式細胞儀的該視域係位在座落於該光試管內部具有一圓形橫截面的一槽道內部。
4. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其中該試樣液體及該液體鞘流係形成一噴射液流，該流式細胞儀的該視域係位在其中。
5. 如申請專利範圍第2項之流式細胞儀，其中該柱面聚焦元件係與該矩形光試管之一入口面作光接觸。
6. 如申請專利範圍第2項之流式細胞儀，其中該柱面聚焦元件係與該矩形光試管分開。
7. 如申請專利範圍第3項之流式細胞儀，其中該柱面聚焦元件係與該管形光試管分開。
8. 如申請專利範圍第4項之流式細胞儀，其中該柱面聚焦元件係與該噴射液流分開。
9. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其係進一步包含一偏振調理元件，該準直橢圓形光束係通過其中。
10. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其中該視域之一光學影像係形成於該複合顯微鏡物鏡外部。
11. 如申請專利範圍第10項之流式細胞儀，其中該視域係位在包括於由光學透明材料製成的一矩形光試管內的一流槽內部。

12. 如申請專利範圍第11項之流式細胞儀，其中該凹面鏡係為由一光學透明材料製成的一平凹後表面鏡。
13. 如申請專利範圍第12項之流式細胞儀，其中該平凹後表面鏡之該平面表面係光耦合至該光試管之一平坦表面。
14. 如申請專利範圍第13項之流式細胞儀，其中一光學黏著材料係完成該光耦合。
15. 如申請專利範圍第13項之流式細胞儀，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。
16. 如申請專利範圍第13項之流式細胞儀，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。
17. 如申請專利範圍第13項之流式細胞儀，其中光學接觸黏接係完成該光耦合。
18. 如申請專利範圍第13項之流式細胞儀，其中該平凹後表面鏡係與該光試管構件一體成形。
19. 如申請專利範圍第11項之流式細胞儀，其中該像差校正器板係為一平面-非球面透鏡。
20. 如申請專利範圍第19項之流式細胞儀，其中該像差校正器板之一平面表面係光耦合至該平凹後表面鏡相對側的該光試管之一平坦表面。
21. 如申請專利範圍第20項之流式細胞儀，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。
22. 如申請專利範圍第20項之流式細胞儀，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。
23. 如申請專利範圍第20項之流式細胞儀，其中光學接觸黏

接係完成該光耦合。

24. 如申請專利範圍第20項之流式細胞儀，其中該平面-非球面透鏡係與該光試管一體成形。
25. 如申請專利範圍第19項之流式細胞儀，其中該像差校正器板係與該光試管分離。
26. 如申請專利範圍第10項之流式細胞儀，其中該視域係在一噴射液流內部。
27. 如申請專利範圍第25項之流式細胞儀，其中該凹面鏡係為一前表面鏡。
28. 如申請專利範圍第10項之流式細胞儀，其中該視域係位在一平坦透明基體的一表面上。
29. 如申請專利範圍第28項之流式細胞儀，其中該凹面鏡係為由一光學透明材料製成的一平凹後表面鏡。
30. 如申請專利範圍第29項之流式細胞儀，其中該平凹後表面鏡的該平面表面係光耦接至該平坦透明基體。
31. 如申請專利範圍第30項之流式細胞儀，其中一光學黏著材料係完成該光耦合。
32. 如申請專利範圍第30項之流式細胞儀，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。
33. 如申請專利範圍第30項之流式細胞儀，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。
34. 如申請專利範圍第30項之流式細胞儀，其中光學接觸黏接係完成該光耦合。
35. 如申請專利範圍第29項之流式細胞儀，其中該平凹後表



- 面鏡係與該平坦透明基體一體成形。
36. 如申請專利範圍第28項之流式細胞儀，其中該像差校正器板係與該平坦透明基體分離。
 37. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其中該粒子過濾器具有用以接納來自該T字形聯軸節的液體至其中的入口，該粒子過濾器的該入口係配置成使得空氣變成捕集於在其入口的該粒子過濾器內部。
 38. 如申請專利範圍第37項之流式細胞儀，其中當該液體泵浦係關閉時，空氣無法進入該旁路導管內部。
 39. 如申請專利範圍第38項之流式細胞儀，其係進一步包含配置於該T字形聯軸節的該等出口中之該第二者與該粒子過濾器間的一小型膠囊，用以當該液體泵浦關閉時儲存從該粒子過濾器射出的空氣。
 40. 如申請專利範圍第38項之流式細胞儀，其係進一步包含配置於該T字形聯軸節的該等出口中之該第二者與該粒子過濾器間的一定長管子，用以當該液體泵浦關閉時儲存從該粒子過濾器射出的空氣。
 41. 如申請專利範圍第38項之流式細胞儀，其係進一步包含位在該T字形聯軸節的該等出口中之該第一者與該貯槽間的該旁路導管內用以約束流經其間的液體流之一可調式閥。
 42. 如申請專利範圍第38項之流式細胞儀，其係進一步包含位在該T字形聯軸節的該等出口中之該第二者與該視域間的用以約束流經其間的液體流之一可調式閥。

43. 如申請專利範圍第38項之流式細胞儀，其中該液體泵浦之該通量係為可調整。
44. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其中該泵浦殼體之該弧形彎曲軌道係包括至少兩個泵送區段，該弧形彎曲軌道係進一步包括位在沿該弧形彎曲軌道的該等泵送區段間之至少一個凹陷區段，及其中在該凹陷區段的該可壓縮管變成解壓縮至完全膨脹，然後當該等滾軸中之一者係滾動通過該凹陷區段時壓縮至完全封閉。
45. 如申請專利範圍第44項之流式細胞儀，其係包括於該泵浦出口上游沿該弧形彎曲軌道的複數個凹陷區段，相鄰於該泵浦出口的該凹陷區段之該壓縮部分與該弧形彎曲軌道之該出口區段間之該角間距係與各對緊鄰滾軸間之該角間距實質上相同。
46. 如申請專利範圍第44項之流式細胞儀，其中該凹陷區段相鄰於該泵浦出口的該壓縮部分係具有與該弧形彎曲軌道之該出口區段的一形狀互補的一形狀，以當該等滾軸中之一者漸進地滾離該弧形彎曲軌道之該出口區段時，維持在該可壓縮管從該凹陷區段延伸至該泵浦出口的一區段之該總流體體積實質上不變。
47. 如申請專利範圍第44項之流式細胞儀，其係具有複數個凹陷區段分別地分散在緊鄰成對之複數個泵送區段間。
48. 如申請專利範圍第46項之流式細胞儀，其中下述二者：
 - a)相鄰成對凹陷區段間之角間距；及
 - b)該弧形彎曲軌道之該出口區段與該出口區段之

一相鄰凹陷區段間之角間距

係與各對緊鄰滾軸間之該角間距實質上相同。

49. 如申請專利範圍第47項之流式細胞儀，其中該弧形彎曲軌道之複數個凹陷區段的形狀係互補該弧形彎曲軌道之該出口區段之一形狀，以當該等滾軸中之一者漸進地滾離該弧形彎曲軌道之該出口區段時，維持在該等複數個凹陷區段及該出口區段的該可壓縮管之區段中的一流體體積實質上不變。
50. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其中該轉子之一速度係經規劃地控制以與因接近該弧形彎曲軌道之該出口區段的改變壓縮所致之該可壓縮管內與該流體體積變化率實質上成反比而改變。
51. 如申請專利範圍第1項之流式細胞儀，其中至少一個額外二色性濾光片係位在該影像中繼光學元件與由該影像中繼光學元件所產生的該影像間，其中該二色性濾光片產生具有離散色彩的光束之二分支。
52. 如申請專利範圍第51項之流式細胞儀，其中另一個聚焦光學元件係位在該等分支中之一者，及將該分支中的光束聚焦成具有小於1.0毫米直徑的一點。
53. 如申請專利範圍第52項之流式細胞儀，其中該影像中繼光學元件、二色性濾光片及聚焦光學元件的連續組合係經串級以針對該光束的多個有色頻帶產生具有小於1.0毫米直徑的額外聚焦點。
54. 如申請專利範圍第52項之流式細胞儀，其中該二色性濾

光片係使用一樣板組裝，該樣板包括二光學平坦玻璃片黏接成光學接觸，及其中該二色性濾光片係使用該樣板黏接至一濾光片座，使得該二色性濾光片的一經塗覆的濾光片表面係凹陷且光學平行於該濾光片座的一參考表面。

55. 如申請專利範圍第54項之流式細胞儀，其中該濾光片座的該參考表面係背向抵靠包括於該波長分割多工器的一參考區塊的一光學平坦表面，藉此當安裝該二色性濾光片入該波長分割多工器時提供一致的光學對齊。

56. 一種用以衝擊一光束進入其中存在有一粒子的一視域內的以雷射二極體為基的光學次系統，該光學次系統係包含：

a) 從其一緣發射一發散光束的一雷射二極體(LD)，該發散光束具有一橢圓形橫截面輪廓附有一長軸及一短軸二者；

b) 將從該LD發射的該發散光束轉換成一準直橢圓形光束的一準直透鏡，其中該準直橢圓形光束之該短軸係平行於其中粒子通過該視域之一方向取向；

c) 在該視域縮小該橢圓形光束之大小的一束壓縮光學元件，藉此該橢圓形光束垂直於其中粒子通過該視域的該方向取向的該長軸之一寬度係小於該液體鞘流之一寬度；及

d) 位置與該視域相鄰的一柱面聚焦元件，該柱面聚焦元件之一軸係垂直於其中粒子通過該視域的該方

向取向，藉此：

- i. 該光束之該短軸變成聚焦於該視域；及
- ii. 於該視域該橢圓形光束的該長軸之大小維持大致上不變。

57. 如申請專利範圍第56項之光學次系統，其係進一步包含具有一矩形橫截面的一光試管，及其中該視域係位在座落於該光試管內部具有一矩形橫截面的一槽道內部。
58. 如申請專利範圍第56項之光學次系統，其係進一步包含具有一管形橫截面的一光試管，及其中該視域係位在座落於該光試管內部具有一圓形橫截面的一槽道內部。
59. 如申請專利範圍第56項之光學次系統，其中該試樣液體及該液體鞘流係形成一噴射液流，該視域係位在該噴射液流中。
60. 如申請專利範圍第57項之光學次系統，其中該柱面聚焦元件係與該矩形光試管之一入口面作光接觸。
61. 如申請專利範圍第57項之光學次系統，其中該柱面聚焦元件係與該矩形光試管分開。
62. 如申請專利範圍第58項之光學次系統，其中該柱面聚焦元件係與該管形光試管分開。
63. 如申請專利範圍第59項之光學次系統，其中該柱面聚焦元件係與該噴射液流分開。
64. 如申請專利範圍第56項之光學次系統，其係進一步包含一偏振調理元件，該準直橢圓形光束係通過其中。
65. 一種使用一以LD為基的光學次系統遞送一橢圓形光束

之方法，該光束在其短軸的一焦點其係位在一試樣液體流經其中的一視域具有一平滑輪廓，該試樣液體係藉一液體鞘流其也係流經該視域而流體力學地聚焦在該視域內部，該方法係包含下列步驟：

a)設置一雷射二極體(LD)，該LD係從其一緣發射一發散光束，該發散光束具有一橢圓形橫截面輪廓附有一長軸及一短軸二者；

b)將由該LD所發射的該發散光束衝擊於一準直透鏡上，該準直透鏡係將用以從該LD發射的該發散光束轉換成一準直橢圓形光束，其中該準直橢圓形光束之該短軸係平行於其中粒子通過該視域之一方向取向；

c)在通過該準直透鏡後，將該準直橢圓形光束衝擊於一束壓縮光學元件上，該束壓縮光學元件係用以在該視域縮小該橢圓形光束之大小，藉此該橢圓形光束垂直於其中粒子通過該視域的該方向取向的該長軸之一寬度係小於該液體鞘流之一寬度；及

d)在通過該束壓縮光學元件後，將該光束衝擊於位置與該視域相鄰的一柱面聚焦元件上，該柱面聚焦元件之一軸係垂直於其中粒子通過該視域的該方向取向，藉此：

i. 該光束之該短軸變成聚焦於該視域；及

ii. 於該視域該橢圓形光束的該長軸之大小維持大致上不變。

66. 如申請專利範圍第65項之方法，其中該視域係位在座落於一光試管內部具有一矩形橫截面的一槽道內部。

67. 如申請專利範圍第65項之方法，其中該視域係位在座落於一光試管內部具有一圓形橫截面的一槽道內部。
68. 如申請專利範圍第65項之方法，其中該視域係位在一噴射液流內部。
69. 如申請專利範圍第66項之方法，其係進一步包含在該柱面聚焦元件與該光試管之一入口面間建立一光學接觸之一步驟。
70. 如申請專利範圍第66項之方法，其係進一步包含在該柱面聚焦元件與該光試管間建立一間距之一步驟。
71. 如申請專利範圍第67項之方法，其係進一步包含在該柱面聚焦元件與該光試管間建立一間距之一步驟。
72. 如申請專利範圍第68項之方法，其係進一步包含在該柱面聚焦元件與該光試管間建立一間距之一步驟。
73. 如申請專利範圍第65項之方法，其係進一步包含將一偏振調理元件插置於該準直透鏡與該束壓縮光學元件間藉此該準直橢圓形光束係通過該偏振調理元件之一步驟。
74. 一種適用以成像由存在於該視域內部的一粒子散射的及發螢光的光之複合顯微鏡物鏡，其係包含：
 - a) 該散射的及發螢光的光衝擊其上之一凹面鏡；
 - b) 由光學透明材料製成的一像差校正器板，其中該像差校正器板係為一非球面透鏡，其具有：
 - i. 在其一中性區段外部的該像差校正器板之一第一區段，於該處該像差校正器板：
 - 1) 係為最薄；及

2) 具有負光學倍率；及

ii. 在該中性區段內部的該像差校正器板之一第二區段具有正光學倍率，

從該複合顯微鏡物鏡反射的光通過該像差校正器板，

該視域係位在該凹面鏡與該像差校正器板間。

75. 如申請專利範圍第74項之複合顯微鏡物鏡，其中該視域之一光學影像係形成於該複合顯微鏡物鏡外部。

76. 如申請專利範圍第75項之複合顯微鏡物鏡，其中該視域係位在包括於由光學透明材料製成的一矩形光試管內的一流槽內部。

77. 如申請專利範圍第76項之複合顯微鏡物鏡，其中該凹面鏡係為由一光學透明材料製成的一平凹後表面鏡。

78. 如申請專利範圍第77項之複合顯微鏡物鏡，其中該平凹後表面鏡之該平面表面係光耦合至該光試管之一平坦表面。

79. 如申請專利範圍第78項之複合顯微鏡物鏡，其中一光學黏著材料係完成該光耦合。

80. 如申請專利範圍第78項之複合顯微鏡物鏡，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。

81. 如申請專利範圍第78項之複合顯微鏡物鏡，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。

82. 如申請專利範圍第78項之複合顯微鏡物鏡，其中光學接觸黏接係完成該光耦合。



83. 如申請專利範圍第78項之複合顯微鏡物鏡，其中該平凹後表面鏡係與該光試管構件一體成形。
84. 如申請專利範圍第76項之複合顯微鏡物鏡，其中該像差校正器板係為一平面-非球面透鏡。
85. 如申請專利範圍第84項之複合顯微鏡物鏡，其中該像差校正器板之一平面表面係光耦合至該平凹後表面鏡相對側的該光試管之一平坦表面。
86. 如申請專利範圍第85項之複合顯微鏡物鏡，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。
87. 如申請專利範圍第85項之複合顯微鏡物鏡，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。
88. 如申請專利範圍第85項之複合顯微鏡物鏡，其中光學接觸黏接係完成該光耦合。
89. 如申請專利範圍第85項之複合顯微鏡物鏡，其中該平面-非球面透鏡係與該光試管一體成形。
90. 如申請專利範圍第84項之複合顯微鏡物鏡，其中該像差校正器板係與該光試管分離。
91. 如申請專利範圍第75項之複合顯微鏡物鏡，其中該視域係在一噴射液流內部。
92. 如申請專利範圍第90項之複合顯微鏡物鏡，其中該凹面鏡係為一前表面鏡。
93. 如申請專利範圍第75項之複合顯微鏡物鏡，其中該視域係位在一平坦透明基體的一表面上。
94. 如申請專利範圍第93項之複合顯微鏡物鏡，其中該凹面

鏡係為由一光學透明材料製成的一平凹後表面鏡。

95. 如申請專利範圍第94項之複合顯微鏡物鏡，其中該平凹後表面鏡的該平面表面係光耦接至該平坦透明基體。
96. 如申請專利範圍第95項之複合顯微鏡物鏡，其中一光學黏著材料係完成該光耦合。
97. 如申請專利範圍第95項之複合顯微鏡物鏡，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。
98. 如申請專利範圍第95項之複合顯微鏡物鏡，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。
99. 如申請專利範圍第95項之複合顯微鏡物鏡，其中光學接觸黏接係完成該光耦合。
100. 如申請專利範圍第94項之複合顯微鏡物鏡，其中該平凹後表面鏡係與該平坦透明基體一體成形。
101. 如申請專利範圍第93項之複合顯微鏡物鏡，其中該像差校正器板係與該平坦透明基體分離。
102. 使用一顯微鏡物鏡裝置以決定顯微鏡種類特徵之方法，該顯微鏡物鏡裝置係包含：
 - a) 一凹面鏡；
 - b) 由光學透明材料製成的一像差校正器板，其中該像差校正器板係為一非球面透鏡，該板構件的位在該中性區段外部之該區段，其中該板構件的該厚度為最薄，具有負光學倍率，及在該中性區段內部之該區段具有正光學倍率；
 - c) 位在該凹面鏡與該像差校正器板間之一視域。



- 103.如申請專利範圍第102項之方法，其中該視域的一光學影像係形成於該裝置外部。
- 104.如申請專利範圍第103項之方法，其中該視域係位在包括於由光學透明材料製成的一矩形光試管構件內的一流槽內部。
- 105.如申請專利範圍第104項之方法，其中該凹面鏡係為由一光學透明材料製成的一平凹後表面鏡。
- 106.如申請專利範圍第105項之方法，其中該平凹後表面鏡之該平面表面係光耦合至該光試管之一平坦表面。
- 107.如申請專利範圍第106項之方法，其中一光學黏著材料係完成該光耦合。
- 108.如申請專利範圍第106項之方法，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。
- 109.如申請專利範圍第106項之方法，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。
- 110.如申請專利範圍第106項之方法，其中光學接觸黏接係完成該光耦合。
- 111.如申請專利範圍第106項之方法，其中該平凹後表面鏡係與該光試管一體成形。
- 112.如申請專利範圍第104項之方法，其中該像差校正器板係為一平面-非球面透鏡。
- 113.如申請專利範圍第112項之方法，其中該像差校正器板之一平面表面係光耦合至該平凹後表面鏡相對側的該光試管之一平坦表面。

- 114.如申請專利範圍第113項之方法，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。
- 115.如申請專利範圍第113項之方法，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。
- 116.如申請專利範圍第113項之方法，其中光學接觸黏接係完成該光耦合。
- 117.如申請專利範圍第113項之方法，其中該平面-非球面透鏡係與該光試管一體成形。
- 118.如申請專利範圍第112項之方法，其中該像差校正器板係與該光試管分離。
- 119.如申請專利範圍第102項之方法，其中該視域係在一噴射液流內部。
- 120.如申請專利範圍第119項之方法，其中該凹面鏡係為一前表面鏡。
- 121.如申請專利範圍第102項之方法，其中該視域係位在一平坦透明基體的一表面上。
- 122.如申請專利範圍第121項之方法，其中該凹面鏡係為由一光學透明材料製成的一平凹後表面鏡。
- 123.如申請專利範圍第122項之方法，其中該平凹後表面鏡的該平面表面係光耦接至該平坦透明基體。
- 124.如申請專利範圍第123項之方法，其中一光學黏著材料係完成該光耦合。
- 125.如申請專利範圍第123項之方法，其中一指數匹配凝膠係完成該光耦合。

- 126.如申請專利範圍第123項之方法，其中一指數匹配流體係完成該光耦合。
- 127.如申請專利範圍第123項之方法，其中光學接觸黏接係完成該光耦合。
- 128.如申請專利範圍第122項之方法，其中該平凹後表面鏡係與該平坦透明基體一體成形。
- 129.如申請專利範圍第128項之方法，其中該像差校正器板係與該平坦透明基體分離。
- 130.一種供給不含脈動的該液體鞘流給該視域的一流體次系統，該流體次系統係包括：
- a) 供給抽取自一貯槽的液體之一液體泵浦；
 - b) 具有至少一個入口及兩個出口的一T字形聯軸節，
 - i. 該T字形聯軸節的該入口係從該液體泵浦接收液體；
 - ii. 由該入口所接收的該液體之一第一分量係流經該等出口中之一第一者及經由一旁路導管而流回該貯槽；及
 - iii. 由該入口所接收的該液體之一第二分量係流經該等出口中之一第二者及經由一粒子過濾器而流至該流體次系統的該出口。
- 131.如申請專利範圍第130項之流體次系統，其中該粒子過濾器具有用以接納來自該T字形聯軸節的液體至其中的入口，該粒子過濾器的該入口係配置成使得空氣變成捕集於其入口的該粒子過濾器內部。

- 132.如申請專利範圍第131項之流體次系統，其中當該液體泵浦係關閉時，空氣無法進入該旁路導管內部。
- 133.如申請專利範圍第132項之流體次系統，其係進一步包含配置於該T字形聯軸節的該等出口中之該第二者與該粒子過濾器間的一小型膠囊，用以當該液體泵浦關閉時儲存從該粒子過濾器射出的空氣。
- 134.如申請專利範圍第132項之流體次系統，其係進一步包含配置於該T字形聯軸節的該等出口中之該第二者與該粒子過濾器間的一定長管子，用以當該液體泵浦關閉時儲存從該粒子過濾器射出的空氣。
- 135.如申請專利範圍第132項之流體次系統，其係進一步包含位在該T字形聯軸節的該等出口中之該第一者與該貯槽間的該旁路導管內用以約束流經其間的液體流之一可調式閥。
- 136.如申請專利範圍第132項之流體次系統，其係進一步包含位在該T字形聯軸節的該等出口中之該第二者與該視域間的用以約束流經其間的液體流之一可調式閥。
- 137.如申請專利範圍第132項之流體次系統，其中該液體泵浦之該通量係為可調整。
- 138.一種供給一不含脈動的液體流至該流體次系統之一出口的方法，該方法係包含：
- a) 供給抽取自一貯槽的液體之一液體泵浦；
 - b) 具有至少一個入口及兩個出口的一T字形聯軸節，
 - i. 該T字形聯軸節的該入口係從該液體泵浦接



收液體；

ii. 由該入口所接收的該液體之一第一分量係流經該等出口中之一第一者及經由一旁路導管而流回該貯槽；及

iii. 由該入口所接收的該液體之一第二分量係流經該等出口中之一第二者及經由一粒子過濾器而流至該流體次系統的該出口。

139.如申請專利範圍第138項之方法，其中於正常操作期間某個空氣量係被捕集於該過濾卡匣構件的該入口部附近。

140.如申請專利範圍第139項之方法，其中該貯槽構件盛裝足量液體使得當該泵浦構件被關閉時，在該T字形構件與該貯槽構件間的該管子部分仍係以液體填充，防止該被捕集的空氣洩漏入該旁路構件內。

141.如申請專利範圍第140項之方法，其中該貯槽構件係為一膠囊。

142.如申請專利範圍第140項之方法，其中該貯槽構件係為一段管子。

143.如申請專利範圍第140項之方法，其中一可調式限流器構件係設置於該旁路途徑。

144.如申請專利範圍第140項之方法，其中一可調式限流器構件係設置於該鞘途徑。

145.如申請專利範圍第140項之方法，其中該鞘泵浦的該通量係為可調整。

146.一種蠕動泵浦，其係包含：

a) 具有形成於其中的一弧形彎曲軌道之一泵浦殼體，其係延伸於一泵浦入口與一泵浦出口間；

b) 附接至一轉子的複數個滾軸，該等滾軸具有在各對緊鄰滾軸間具有一實質上相等的角間距，該轉子可連同附接其上的該等滾軸一起在該泵浦殼體內部旋轉；及

c) 夾置於該等滾軸與該泵浦殼體的該弧形彎曲軌道間之一可壓縮管，該弧形彎曲軌道包括：

i. 一出口區段，其中當一滾軸滾動通過該出口區段時，相鄰該滾軸的該可壓縮管從該出口區段之一起點的全關，漸進地膨脹至於該泵浦出口的全開，於該泵浦出口該滾軸制動器接觸該可壓縮管；及

ii. 沿該弧形彎曲軌道在該泵浦入口與該泵浦出口間之至少一個泵送區段，其中該可壓縮管係藉該等滾軸中之至少一者而壓縮至完全關閉。

147.如申請專利範圍第146項之蠕動泵浦，其中該泵浦殼體之該弧形彎曲軌道係包括至少兩個泵送區段，該弧形彎曲軌道係進一步包括位在沿該弧形彎曲軌道的該等泵送區段間之至少一個凹陷區段，及其中在該凹陷區段的該可壓縮管變成解壓縮至完全膨脹，然後當該等滾軸中之一者係滾動通過該凹陷區段時壓縮至完全封閉。

148.如申請專利範圍第147項之蠕動泵浦，其係包括於該泵浦出口上游沿該弧形彎曲軌道的複數個凹陷區段，相鄰於該泵浦出口的該凹陷區段之該壓縮部分與該弧形彎

- 曲軌道之該出口區段間之該角間距係與各對緊鄰滾軸間之該角間距實質上相同。
- 149.如申請專利範圍第147項之蠕動泵浦，其中該凹陷區段相鄰於該泵浦出口的該壓縮部分係具有與該弧形彎曲軌道之該出口區段的一形狀互補的一形狀以當該等滾軸中之一者漸進地滾離該弧形彎曲軌道之該出口區段時，維持在該可壓縮管從該凹陷區段延伸至該泵浦出口的一區段之該總流體體積實質上不變。
- 150.如申請專利範圍第147項之蠕動泵浦，其係具有複數個凹陷區段分別地分散在緊鄰成對之複數個泵送區段間。
- 151.如申請專利範圍第149項之蠕動泵浦，其中下述二者：
- a)相鄰成對凹陷區段間之角間距；及
 - b)該弧形彎曲軌道之該出口區段與該出口區段的一相鄰凹陷區段間之角間距
- 係為實質上與各對緊鄰滾軸間的角間隔相同。
- 152.如申請專利範圍第150項之蠕動泵浦，其中該弧形彎曲軌道之複數個凹陷區段形狀係與該弧形彎曲軌道之該出口區段形狀互補，當該等滾軸中之一者漸進地滾離該弧形彎曲軌道之該出口區段時，以將在該等複數個凹陷區段與該出口區段的該可壓縮管之區段內的一流體體積維持實質上不變。
- 153.如申請專利範圍第146項之蠕動泵浦，其中該轉子之一速度係經規劃地控制以與因接近該弧形彎曲軌道之該出口區段的改變壓縮所致之於該可壓縮管內與該流體

體積變化率實質上成反比而改變。

154.一種使用一蠕動泵浦遞送液體之方法，該方法係包含：

- a) 附有弧形彎曲軌道之一泵浦殼體；
- b) 附接至在該泵浦殼體內部可旋轉的一轉子構件之複數個滾軸；
- c) 該等複數個滾軸彼此間隔實質上相等角間距；
- d) 夾置於該等滾軸與該泵浦殼體之該弧形彎曲軌道間之一可壓縮管；
- e) 該泵浦殼體之該弧形彎曲軌道包括一出口區段，其中當在該泵浦出口該等滾軸中之一者滾離該可壓縮管時，該可壓縮管係漸進地解壓縮至完全膨脹；
- f) 在該泵浦入口與泵浦出口間沿該泵浦殼體的該弧形彎曲軌道之至少一個泵送區段其中該可壓縮管係被該等滾軸中之一者壓縮至全閉合。

155.如申請專利範圍第154項之方法，其中該泵浦殼體之該弧形彎曲軌道係包括至少兩個泵送區段，該弧形彎曲軌道係進一步包括位在沿該弧形彎曲軌道的該等泵送區段間之至少一個凹陷區段，及其中在該凹陷區段的該可壓縮管變成解壓縮至完全膨脹，然後當該等滾軸中之一者係滾動通過該凹陷區段時壓縮至完全封閉。

156.如申請專利範圍第155項之方法，其係包括於該泵浦出口上游沿該弧形彎曲軌道的複數個凹陷區段，相鄰於該泵浦出口的該凹陷區段之該壓縮部分與該弧形彎曲軌道之該出口區段間之該角間距係與各對緊鄰滾軸間之



- 該角間距實質上相同。
- 157.如申請專利範圍第155項之方法，其中該凹陷區段相鄰於該泵浦出口的該壓縮部分係具有與該弧形彎曲軌道之該出口區段之一形狀互補之一形狀以當該等滾軸中之一者漸進地滾離該弧形彎曲軌道之該出口區段時，維持在該可壓縮管從該凹陷區段延伸至該泵浦出口之一區段之該總流體體積實質上不變。
- 158.如申請專利範圍第155項之方法，其係具有複數個凹陷區段分別地分散在緊鄰成對之複數個泵送區段間。
- 159.如申請專利範圍第157項之方法，其中下述二者：
- a)相鄰成對凹陷區段間之角間距；及
 - b)該弧形彎曲軌道之該出口區段與該出口區段之一相鄰凹陷區段間之角間距
- 係為實質上與各對緊鄰滾軸間的角間隔相同。
- 160.如申請專利範圍第155項之方法，其中該弧形彎曲軌道之複數個凹陷區段形狀係與該弧形彎曲軌道之該出口區段形狀互補，當該等滾軸中之一者漸進地滾離該弧形彎曲軌道之該出口區段時，以將在該等複數個凹陷區段與該出口區段的該可壓縮管之區段內的一流體體積維持實質上不變。
- 161.如申請專利範圍第154項之方法，其中該蠕動泵浦的該轉子之一速度係經規劃式控制以與因接近該弧形彎曲軌道之該出口區段的改變壓縮所致之於該可壓縮管內與該流體體積變化率實質上成反比而改變。

162.一種用以分離來自一擴延光源發射的一光束成爲多個有色頻帶之波長分割多工器(WDM),該波長分割多工器(WDM)係包含:

a) 一準直光學元件,其係放大一擴延光源以產生與該準直光學元件的該有效大小實質上相等大小的一影像;

b) 位於該準直光學元件與該影像間之至少一個二色性濾光片,其中該二色性濾光片係將該準直光束分離成具有分開色彩的二分支;

c) 位於該等分支中之一者的一聚焦光學元件,其中於該分支的該光束係由該聚焦光學元件聚焦至具有小於1.0毫米直徑的一點;及

d) 位於由該另一分支內的該準直光學元件所產生的該影像附近的一影像中繼光學元件,其中該影像中繼光學元件以實質上單元放大而產生該準直光學元件之一影像。

163.如申請專利範圍第162項之WDM,其中中至少一個額外二色性濾光片係位在該影像中繼光學元件與由該影像中繼光學元件所產生的該影像間,其中該二色性濾光片產生具有離散色彩的光束之二分支。

164.如申請專利範圍第163項之WDM,其中另一個聚焦光學元件係位在該等分支中之一者,及將該分支中的光束聚焦成具有小於1.0毫米直徑的一點。

165.如申請專利範圍第164項之WDM,其中該影像中繼光學



- 元件、二色性濾光片及聚焦光學元件的連續組合係經串級以針對該光束的多個有色頻帶產生具有小於1.0毫米直徑的額外聚焦點。
- 166.如申請專利範圍第164項之WDM，其中該二色性濾光片係使用一樣板組裝，該樣板包括二光學平坦玻璃片黏接成光學接觸，及其中該二色性濾光片係使用該樣板黏接至一濾光片座，使得該二色性濾光片的一經塗覆的濾光片表面係凹陷且光學平行於該濾光片座的一參考表面。
- 167.如申請專利範圍第166項之WDM，其中該濾光片座的該參考表面係背向抵靠包括於該波長分割多工器的一參考區塊的一光學平坦表面，藉此當安裝該二色性濾光片入該波長分割多工器時提供一致的光學對齊。
- 168.一種使用一波長分割多工器(WDM)用以分離來自一擴延光源發射的光束成爲有色頻帶之方法，該波長分割多工器(WDM)係包含：
- a) 一準直光學元件，其係放大一擴延光源以產生與該準直光學元件的該有效大小實質上相等大小的一影像；
 - b) 位於該準直光學元件與該影像間之至少一個二色性濾光片，其中該二色性濾光片係將該準直光束分離成具有分開色彩的二分支；
 - c) 位於該等分支中之一者的一聚焦光學元件，其中於該分支的該光束係由該聚焦光學元件聚焦至具有小於1.0毫米直徑的一點；及

- d) 位於由該另一分支內的該準直光學元件所產生的該影像附近的一影像中繼光學元件，其中該影像中繼光學元件以實質上單元放大而產生該準直光學元件之一影像。
- 169.如申請專利範圍第168項之方法，其中至少一個額外二色性濾光片係位在該影像中繼光學元件與由該影像中繼光學元件所產生的該影像間，其中該二色性濾光片產生具有離散色彩的光束之二分支。
- 170.如申請專利範圍第169項之方法，其中另一個聚焦光學元件係位在該等分支中之一者，及將該分支中的光束聚焦成具有小於1.0毫米直徑的一點。
- 171.如申請專利範圍第170項之方法，其中該影像中繼光學元件、二色性濾光片及聚焦光學元件的連續組合係經串級以針對該光束的多個有色頻帶產生具有小於1.0毫米直徑的額外聚焦點。
- 172.如申請專利範圍第170項之方法，其中該二色性濾光片係使用一樣板組裝，該樣板包括二光學平坦玻璃片黏接成光學接觸，及其中該二色性濾光片係使用該樣板黏接至一濾光片座，使得該二色性濾光片的一經塗覆的濾光片表面係凹陷且光學平行於該濾光片座的一參考表面。
- 173.如申請專利範圍第172項之方法，其中該濾光片座的該參考表面係背向抵靠含括於該波長分割多工器的一參考區塊的一光學平坦表面，藉此當安裝該二色性濾光片入該波長分割多工器時提供一致的光學對齊。

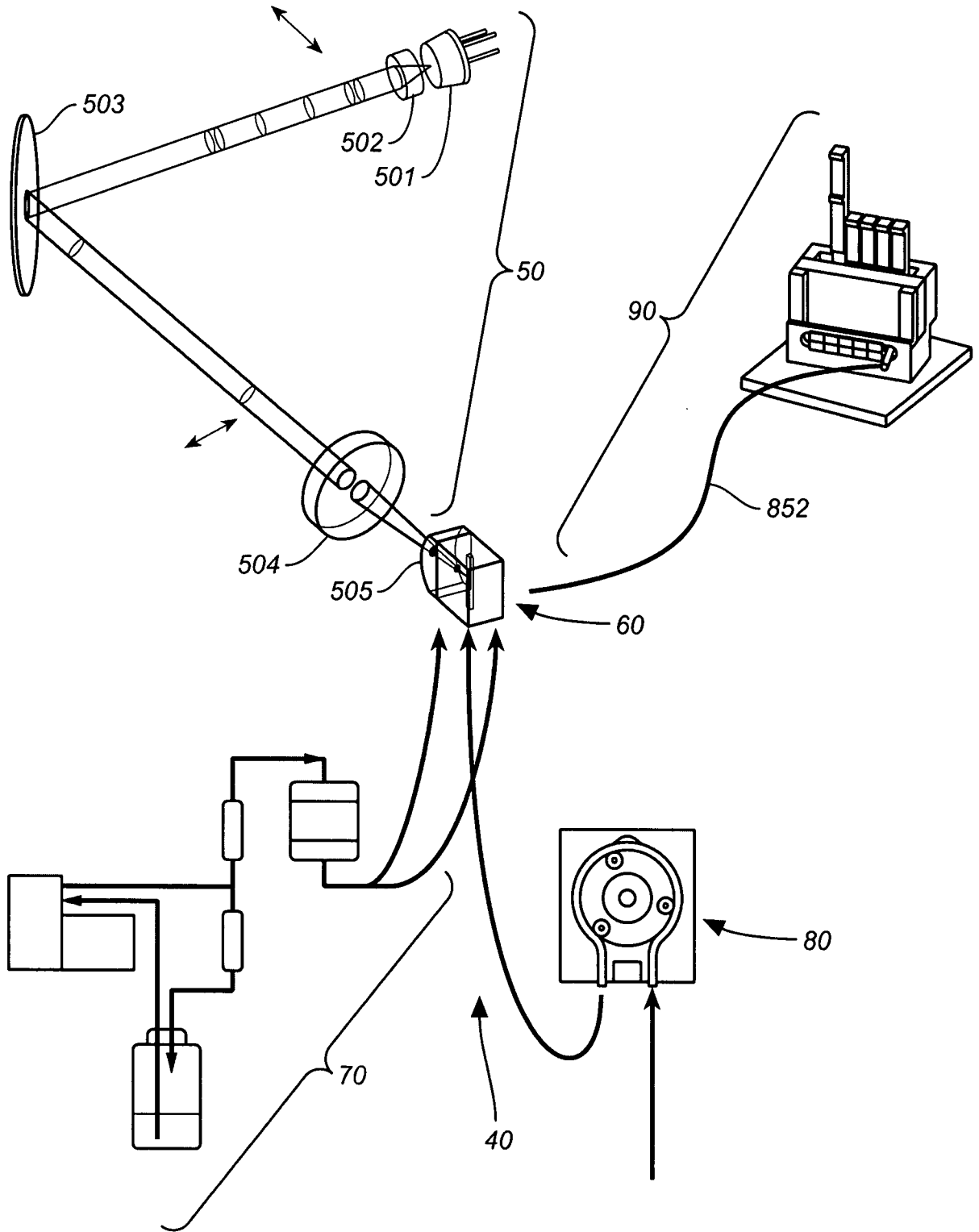


圖 1

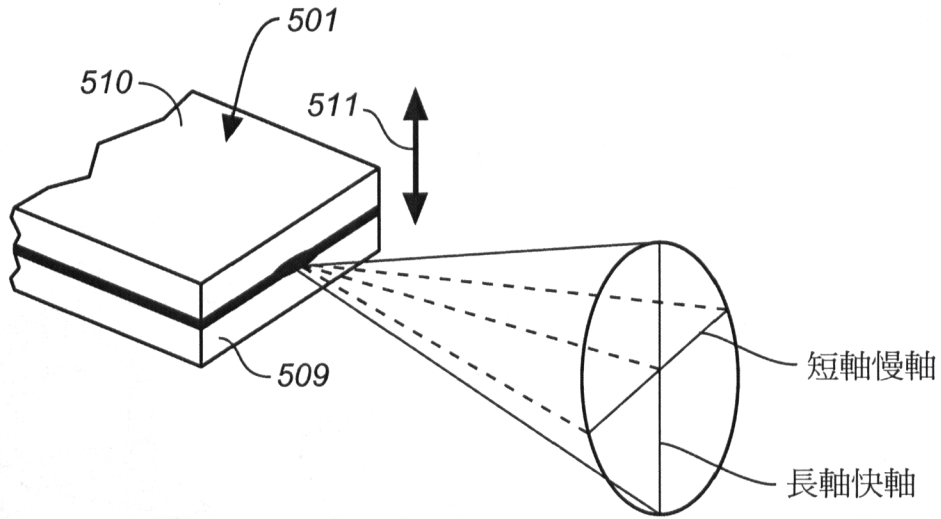


圖 2

512

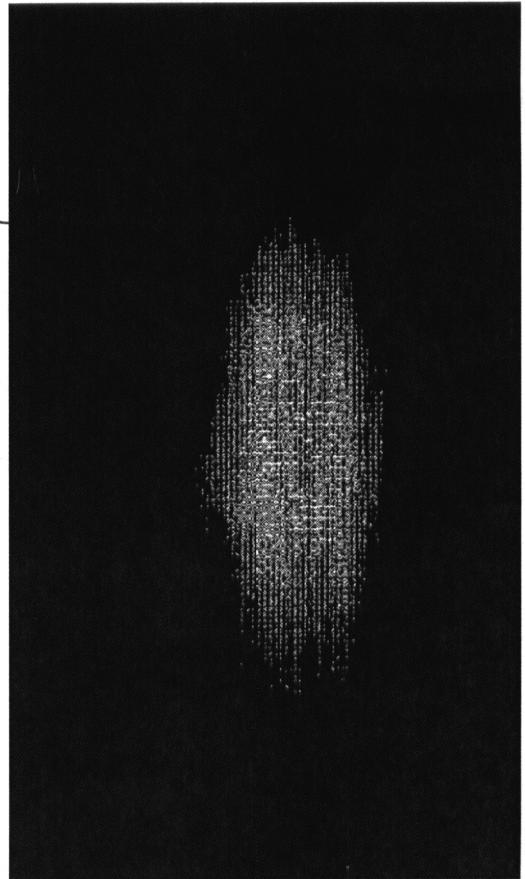


圖 2A

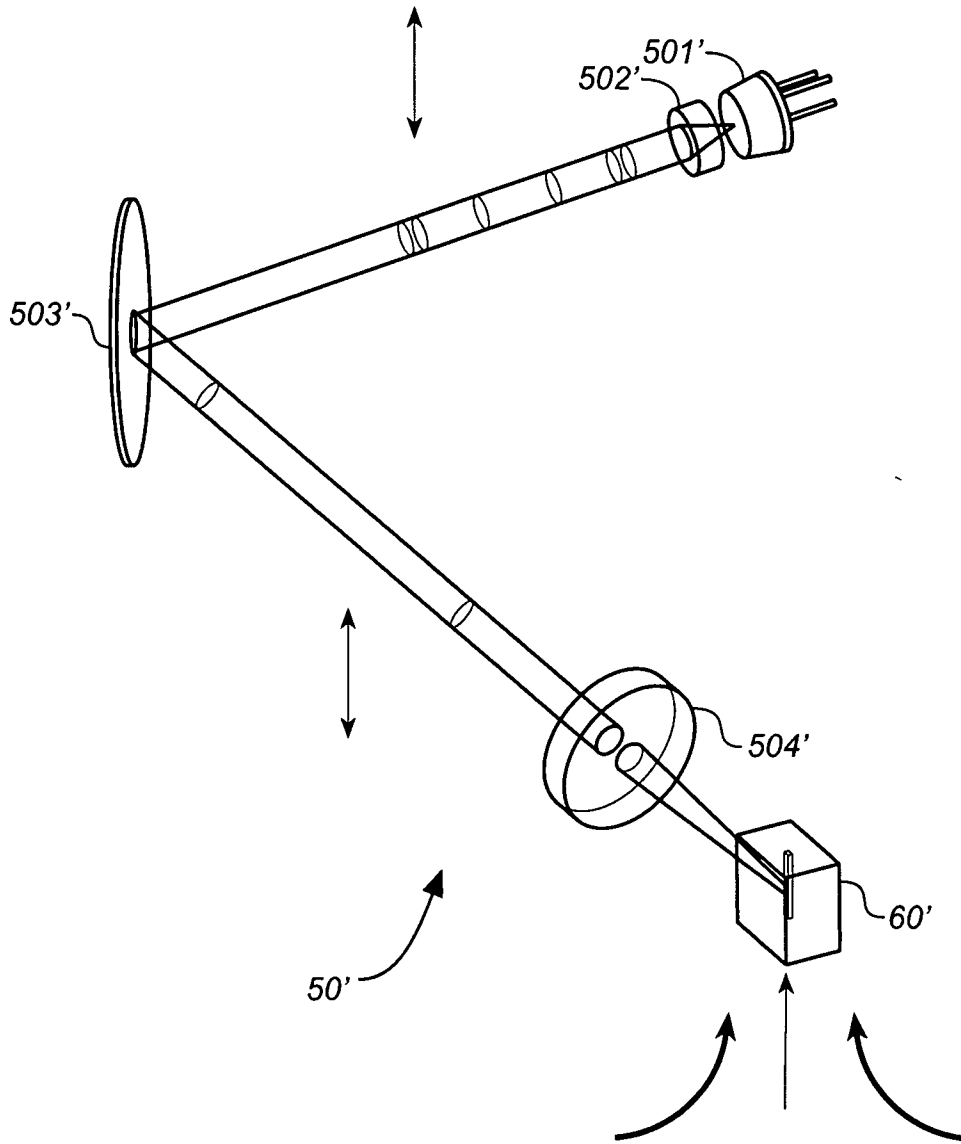


圖 3A

4 / 23

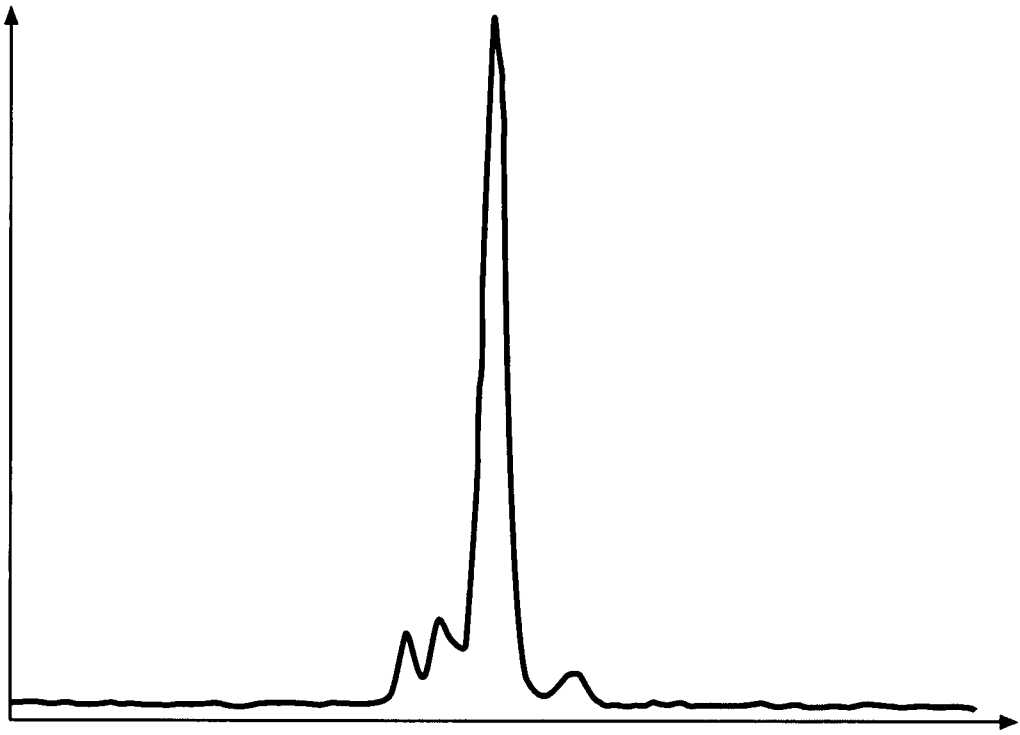


圖 3B

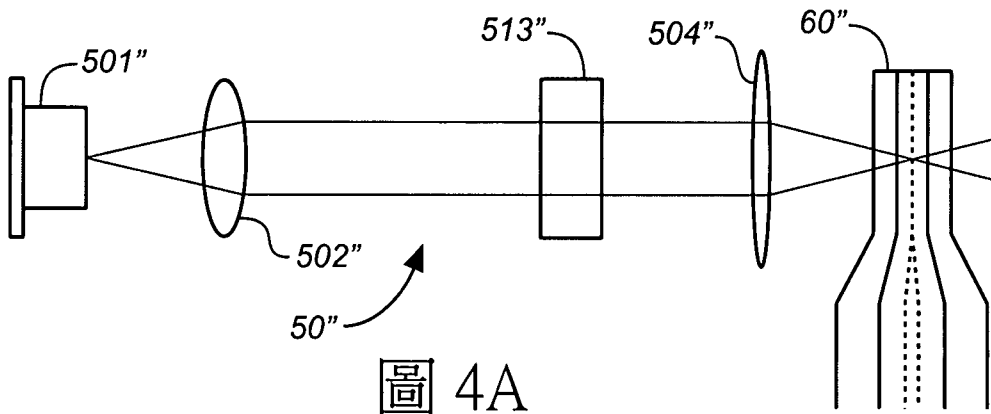


圖 4A

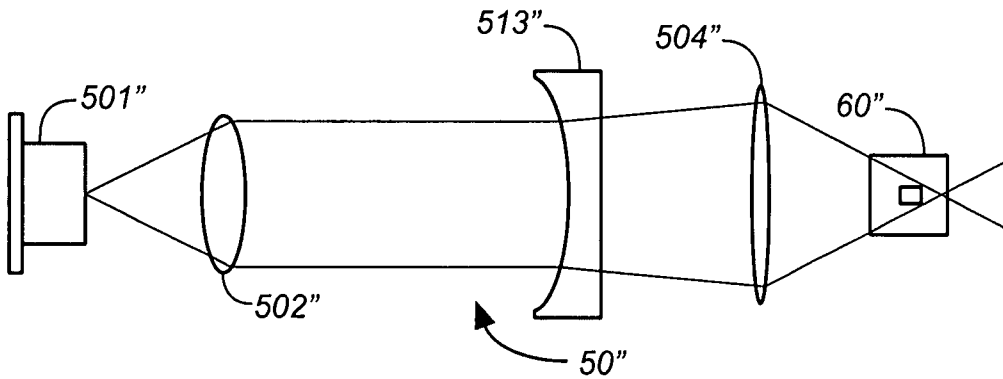


圖 4B

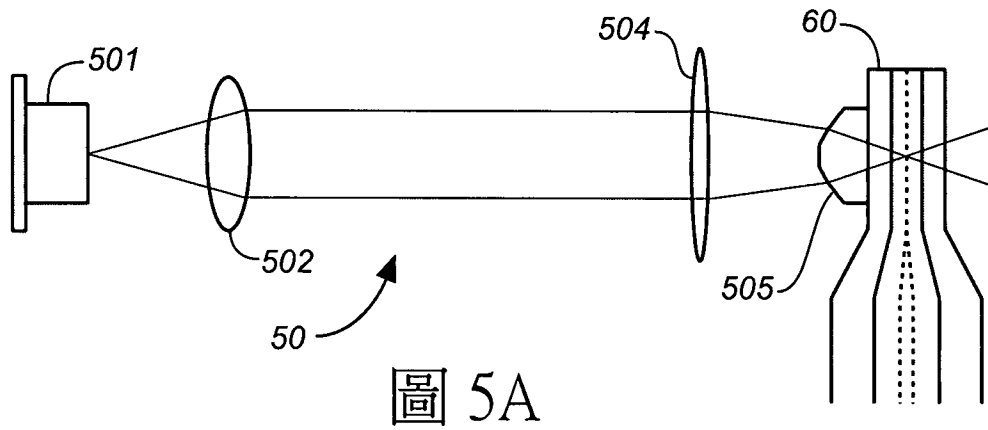


圖 5A

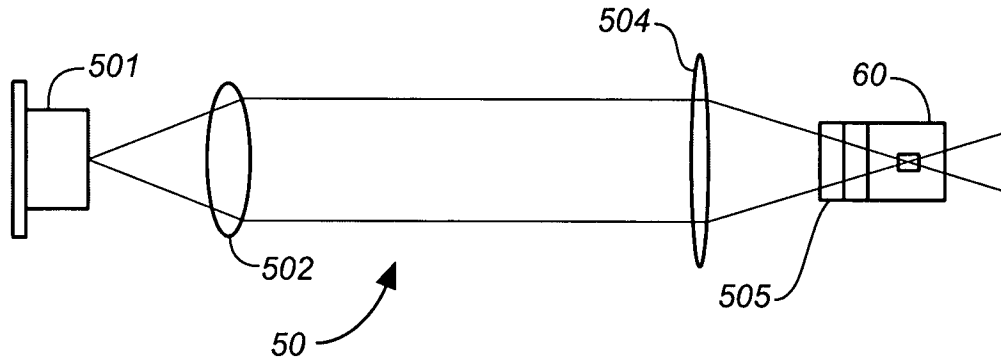


圖 5B

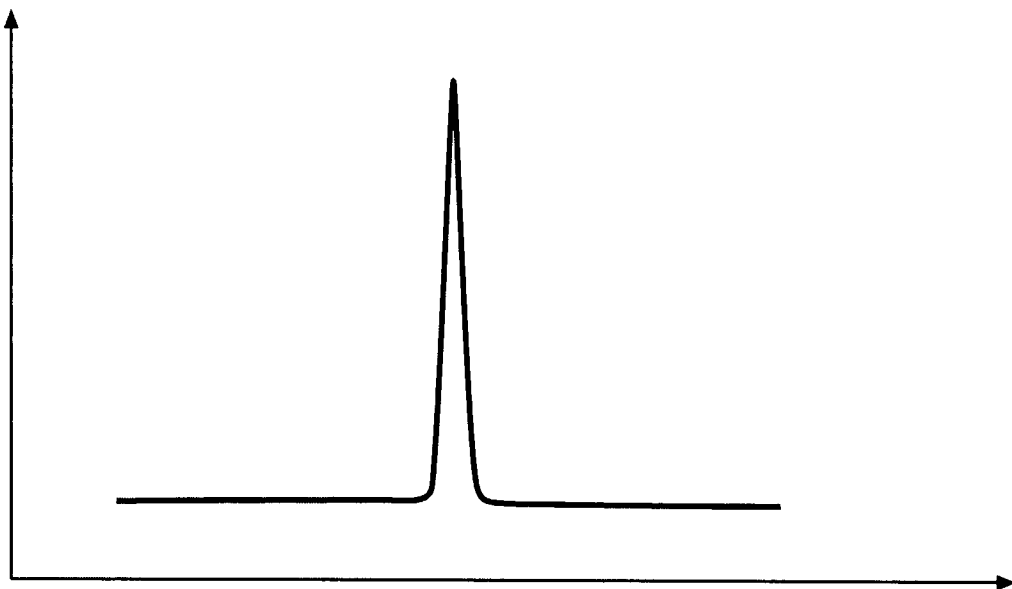


圖 5C

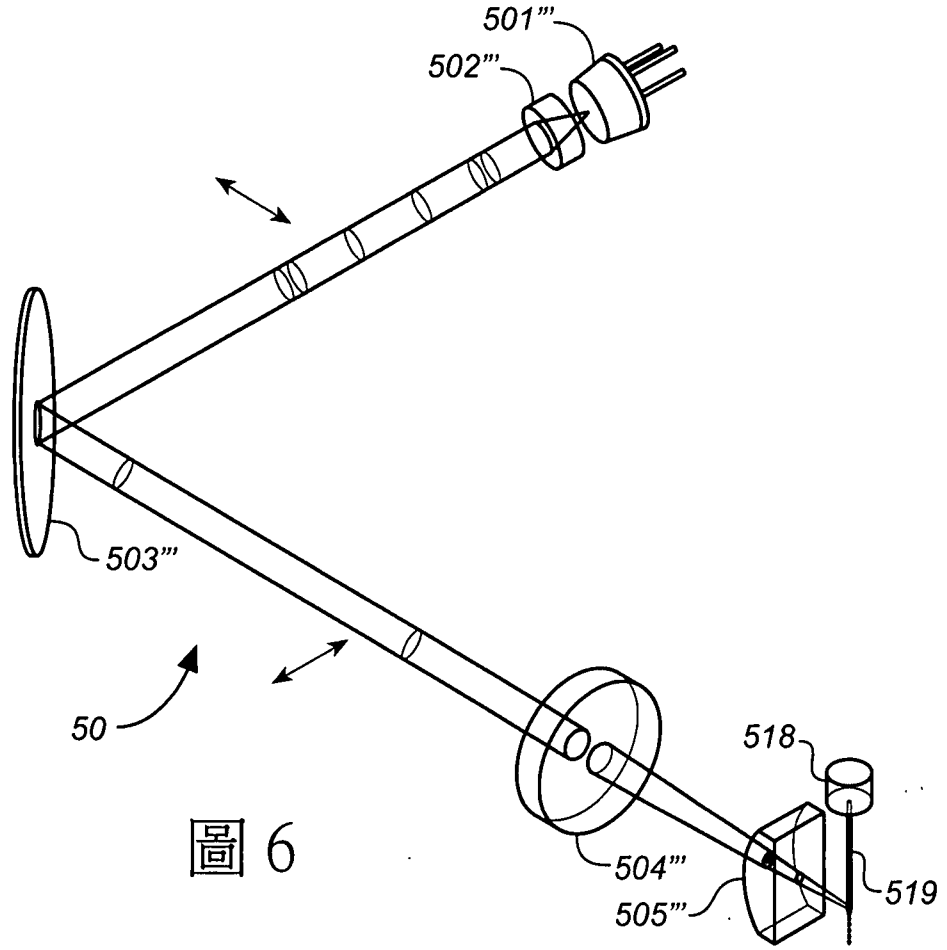


圖 6

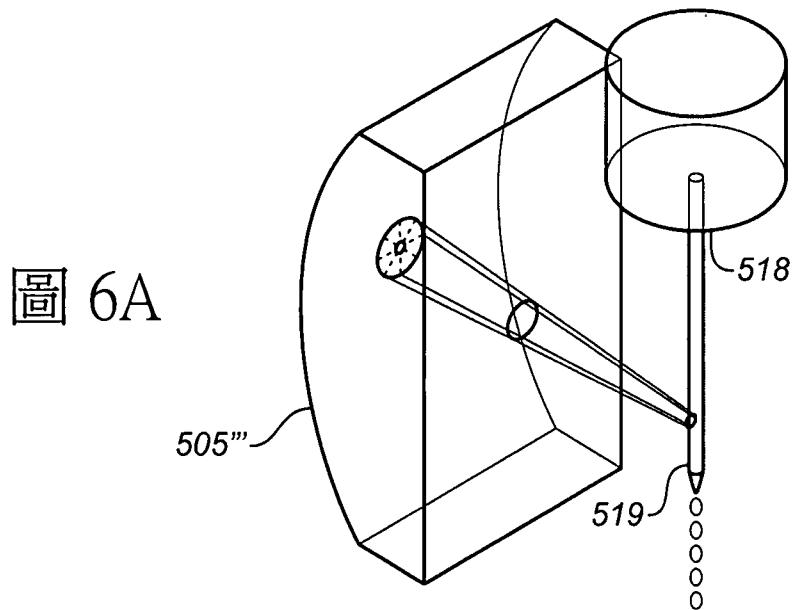


圖 6A

7 / 23

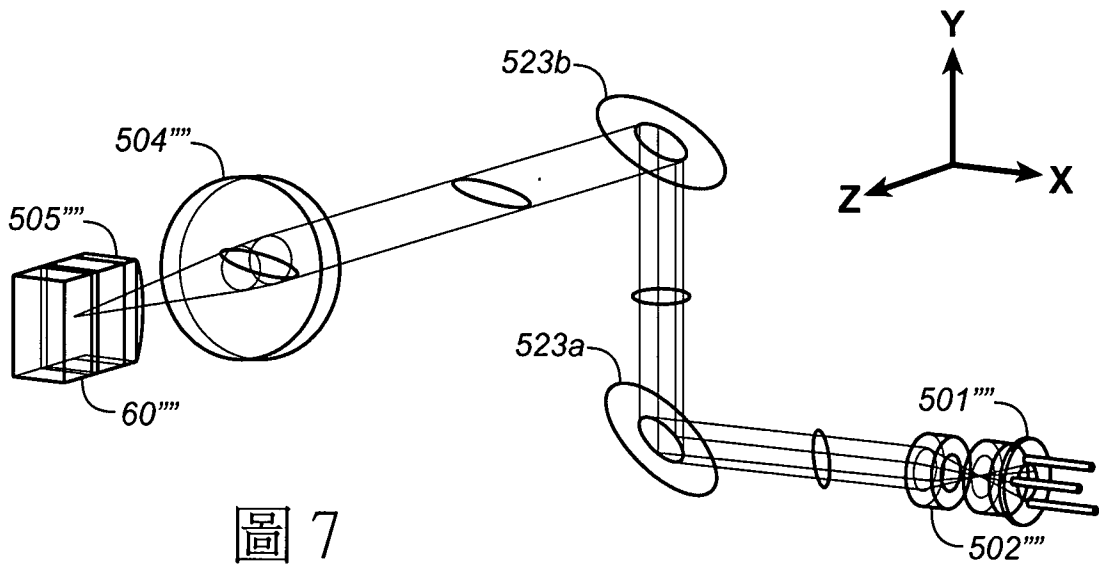


圖 7

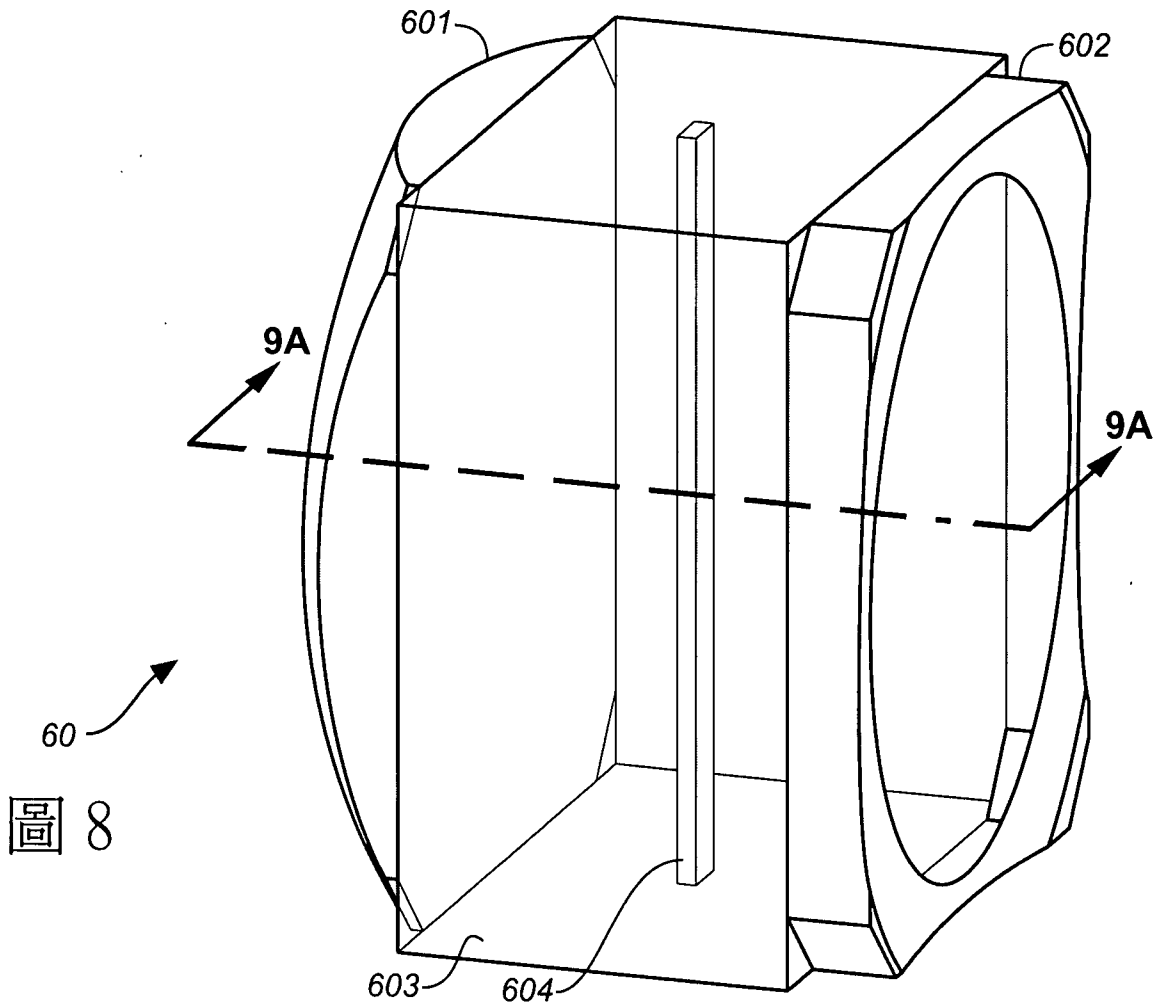


圖 8

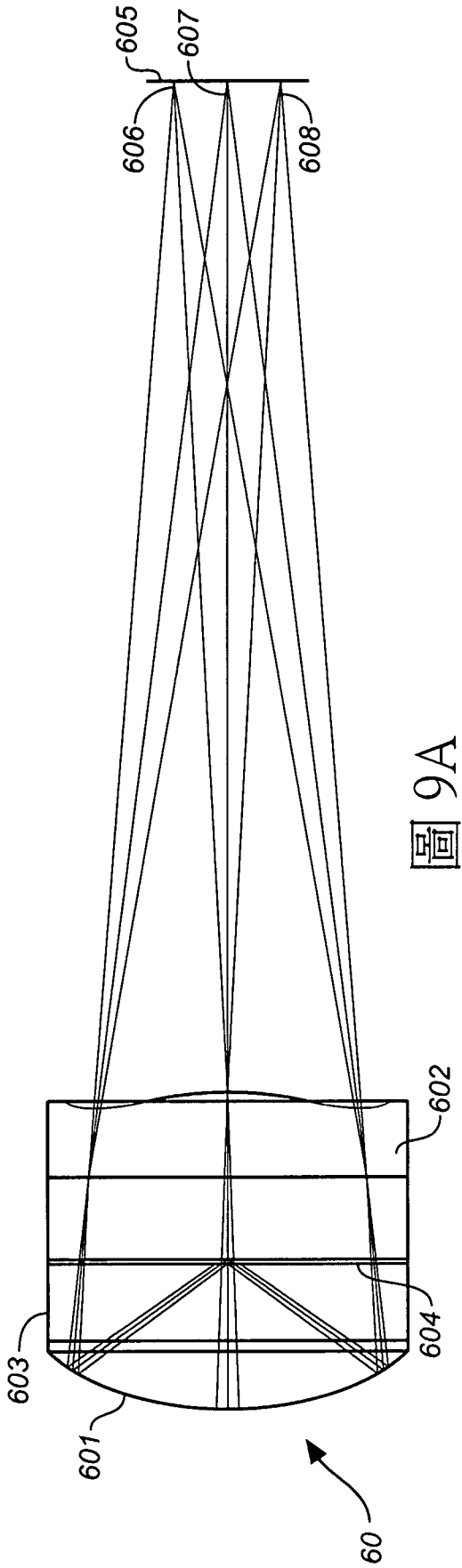


圖 9A

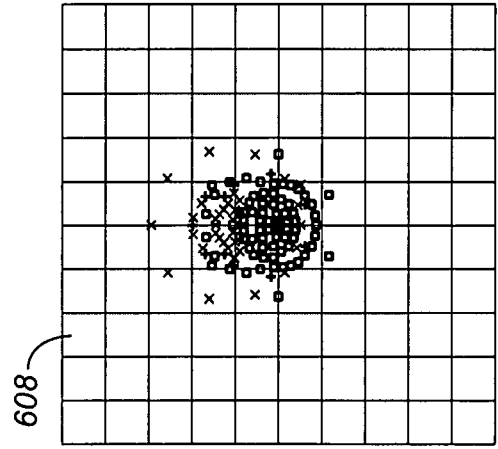


圖 9B3

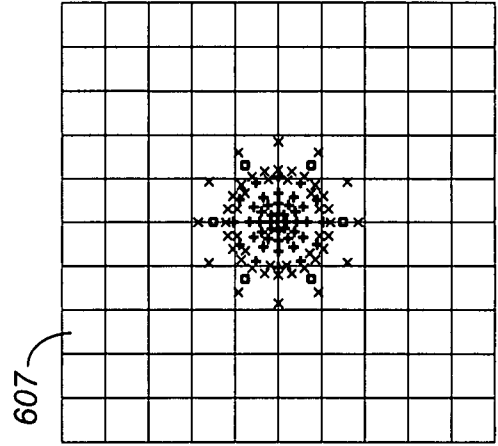


圖 9B2

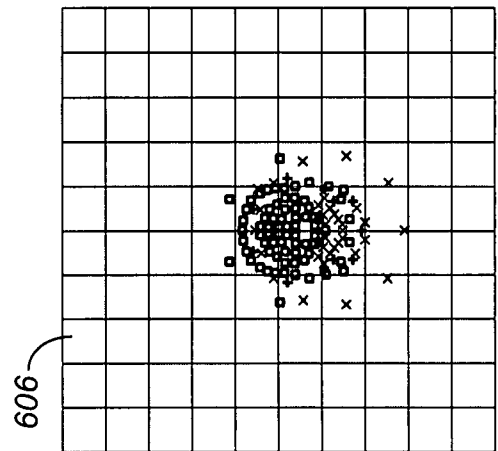


圖 9B1

...

9 / 23

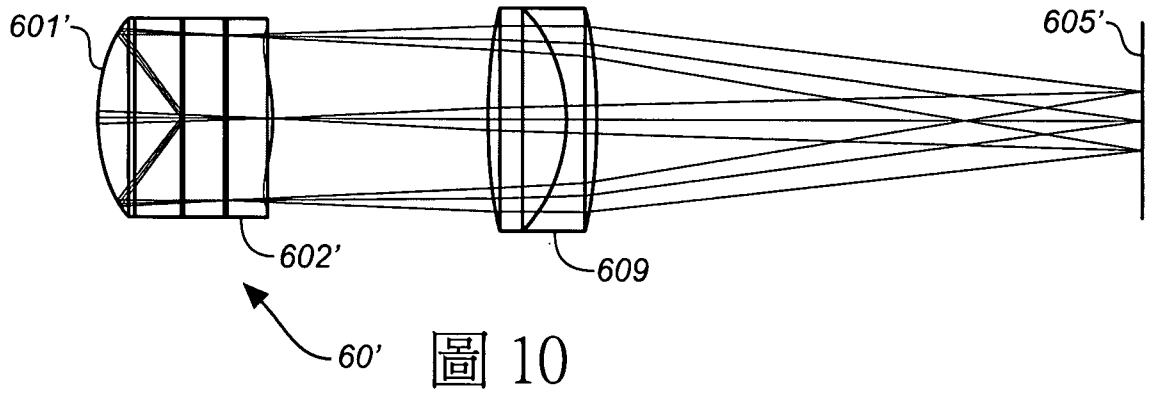


圖 10

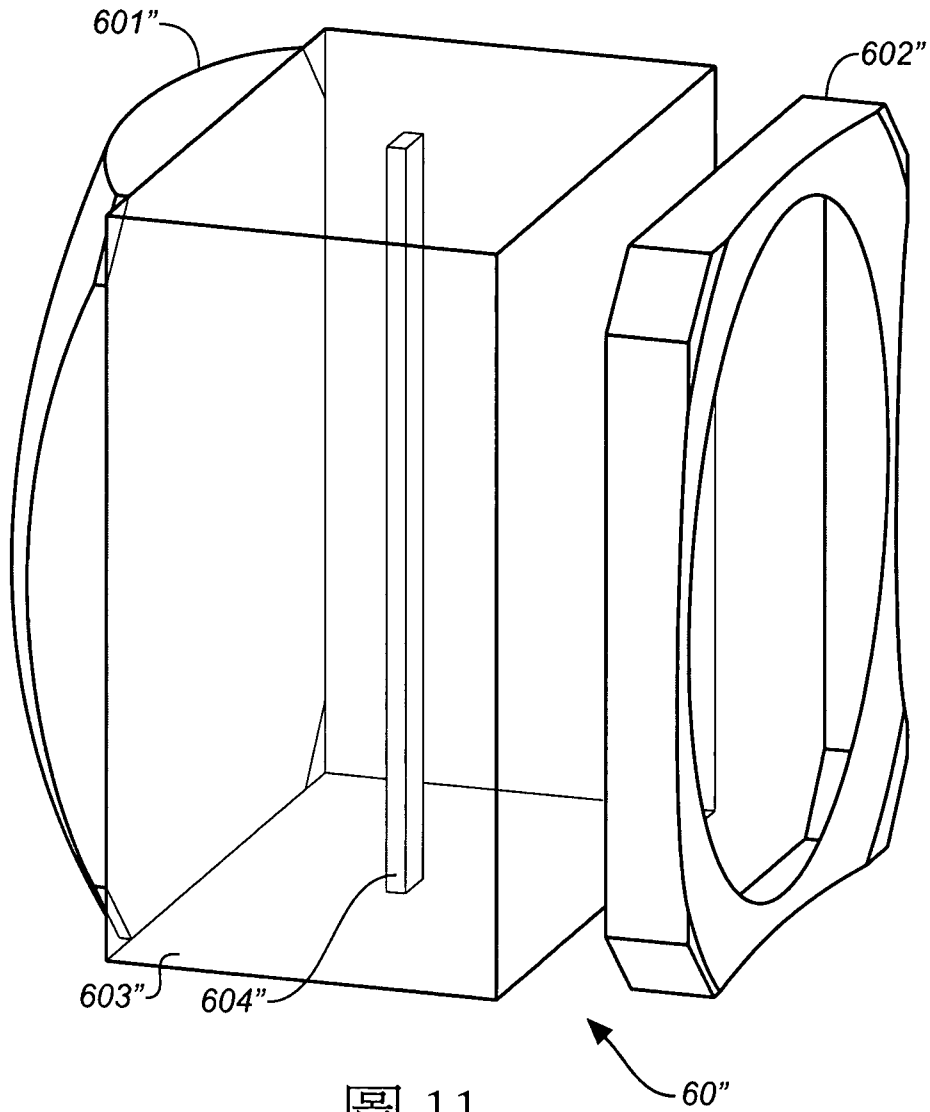


圖 11

圖 12

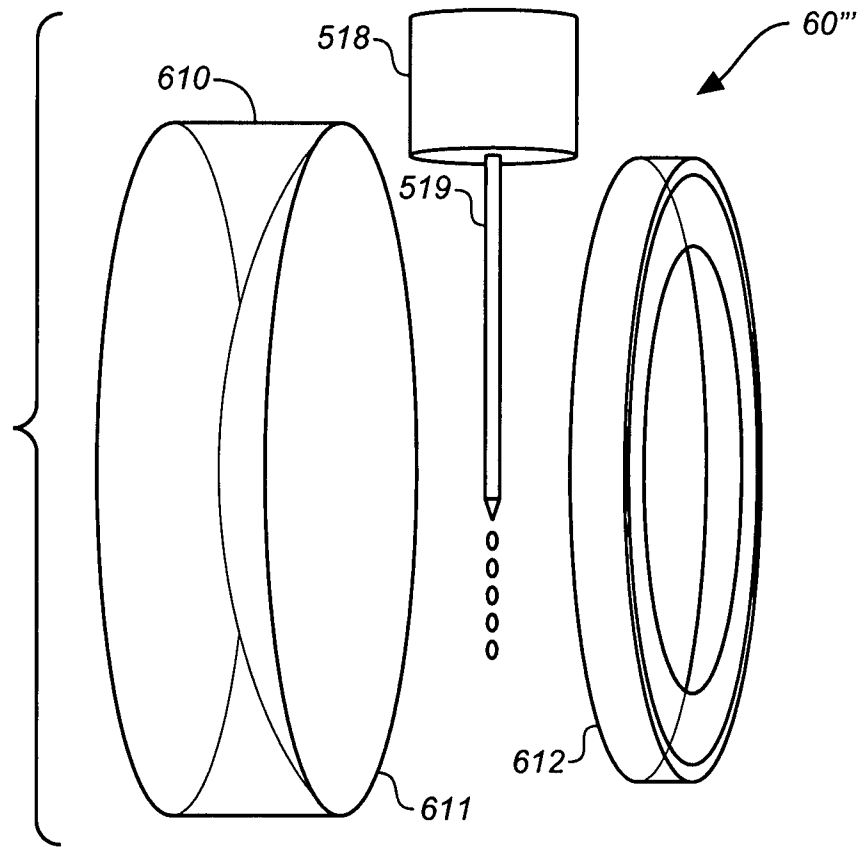
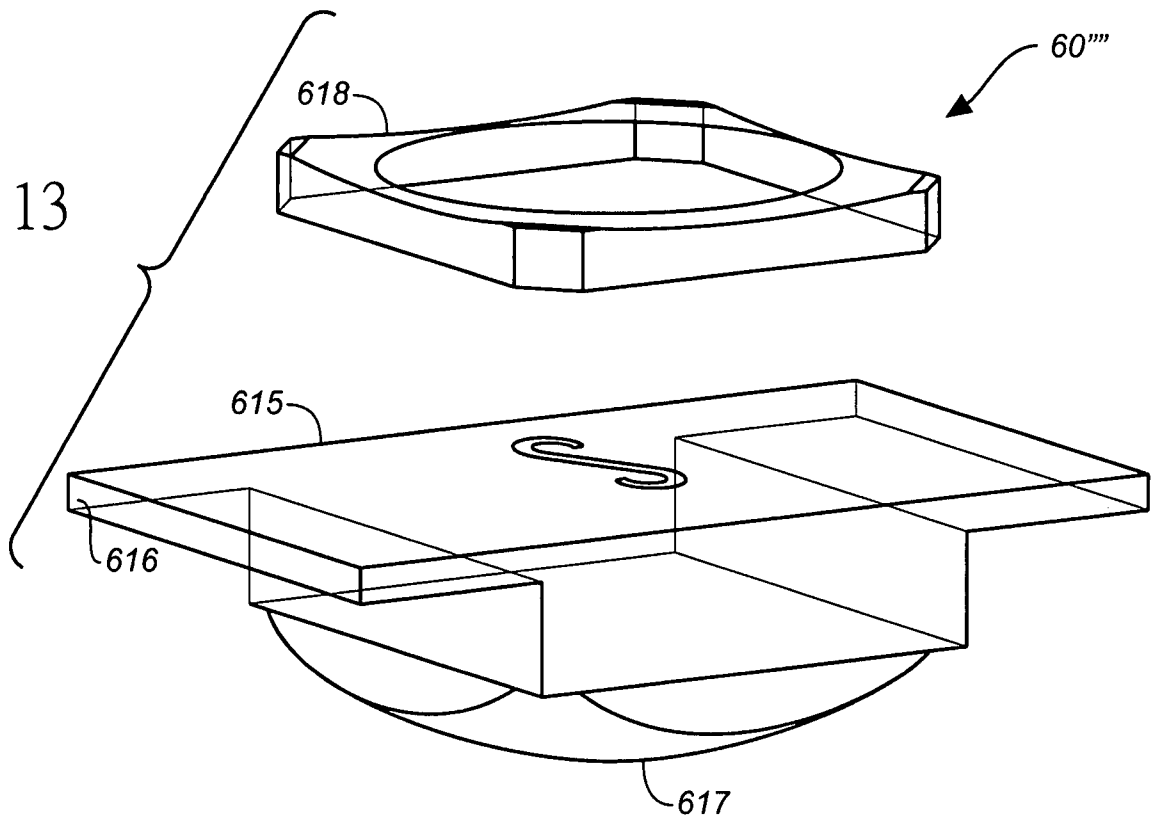


圖 13



...

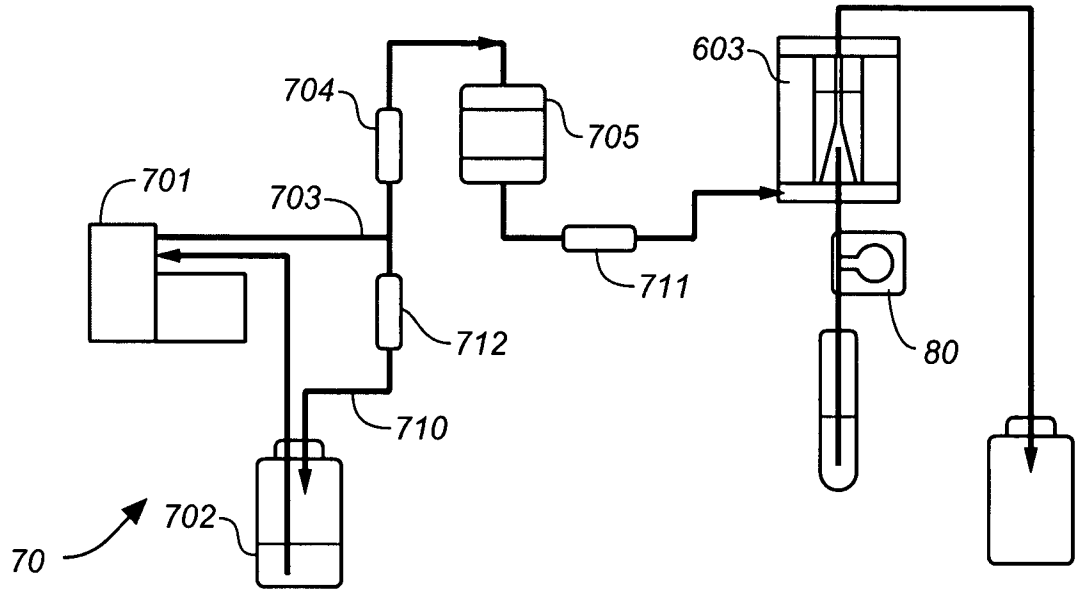


圖 14

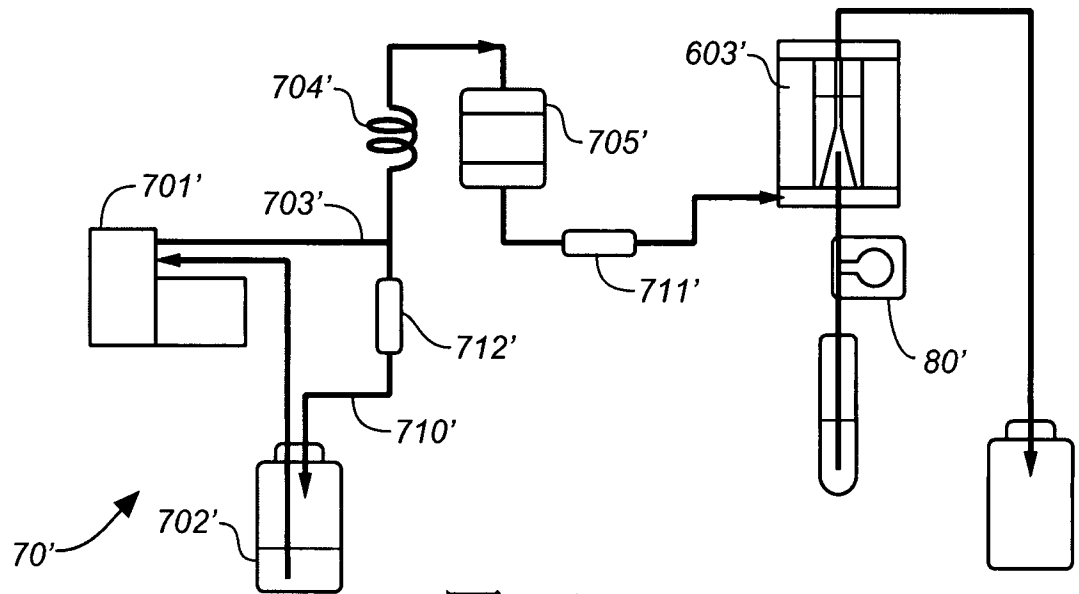


圖 15

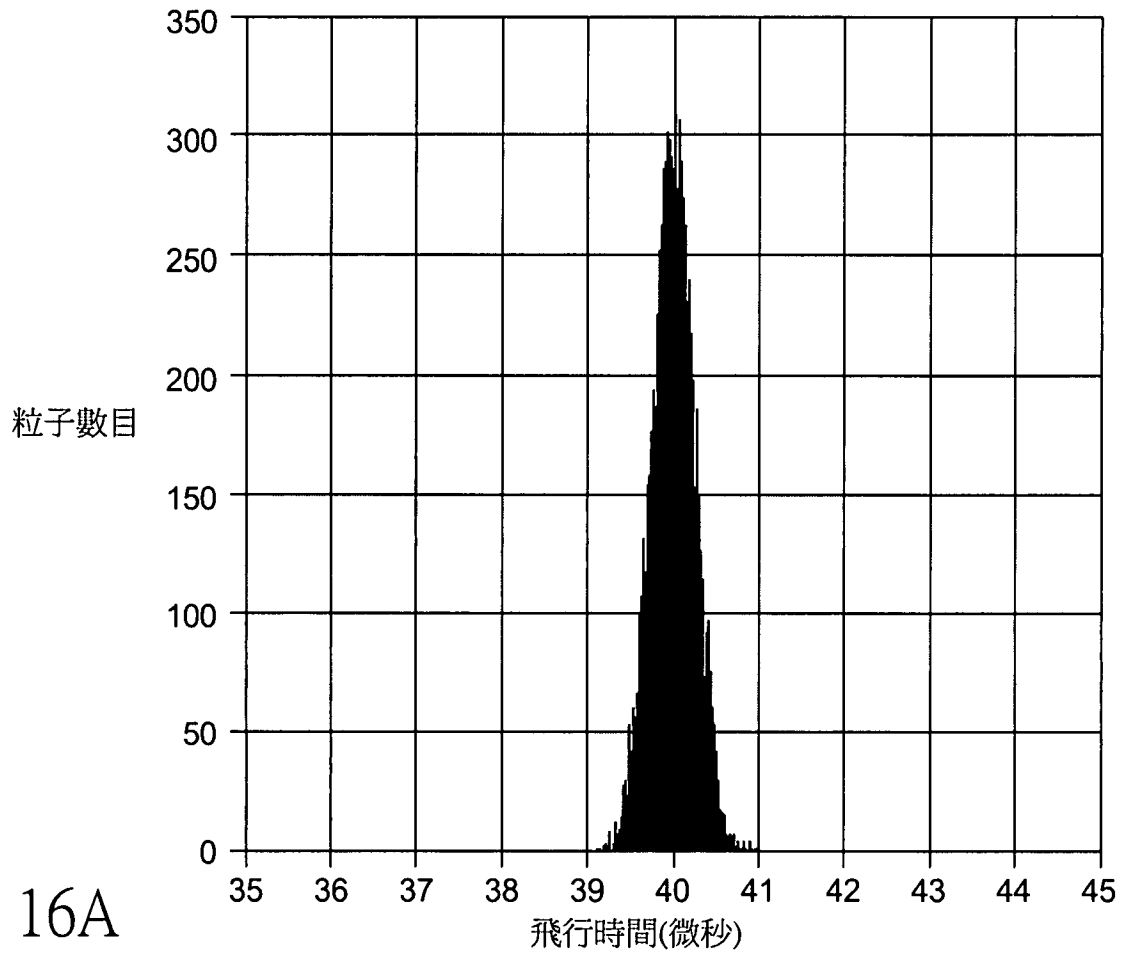


圖 16A

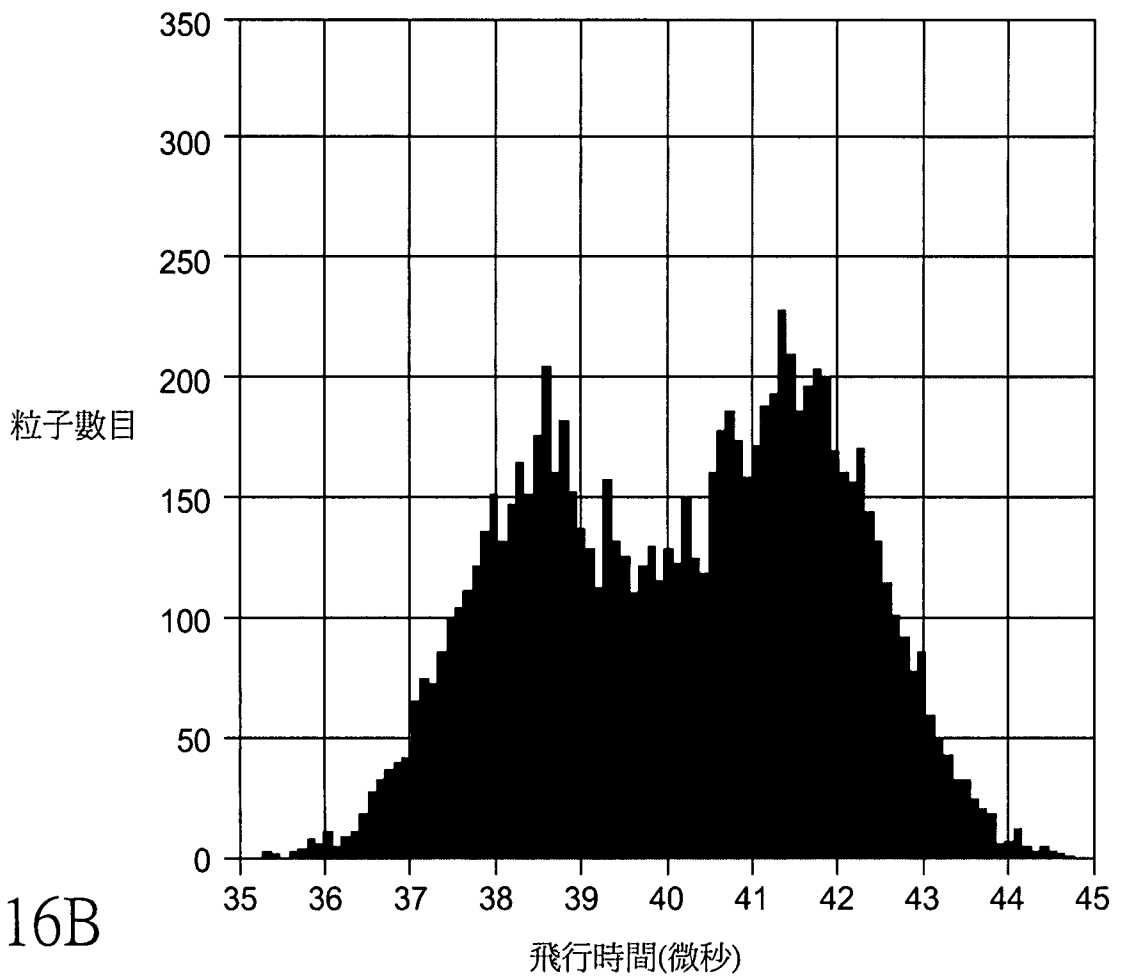


圖 16B

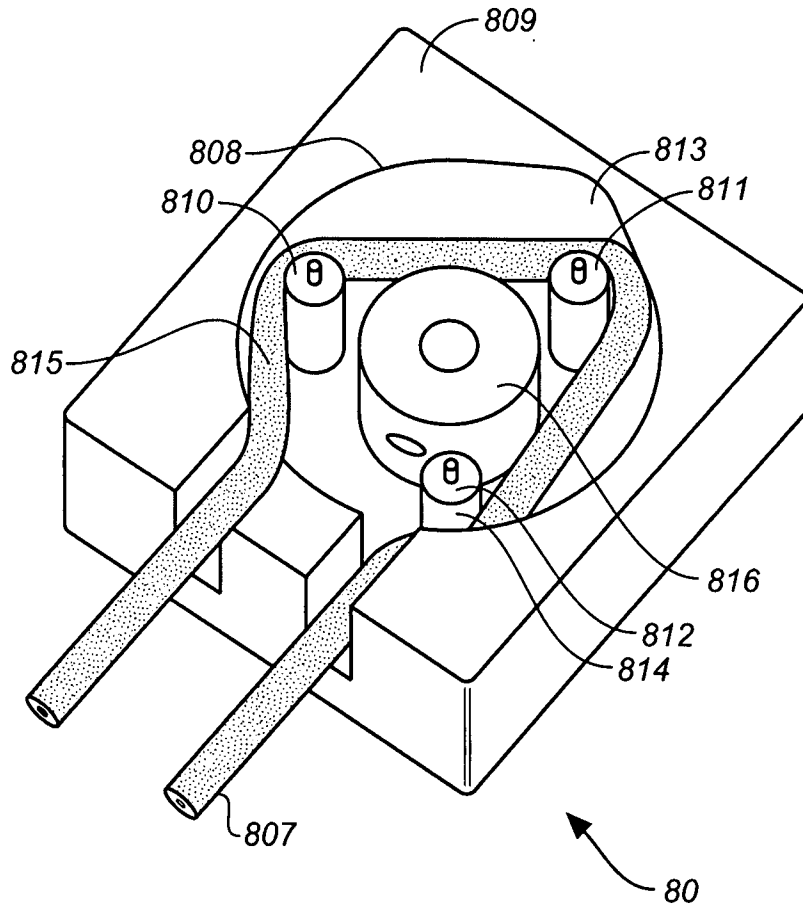


圖 17

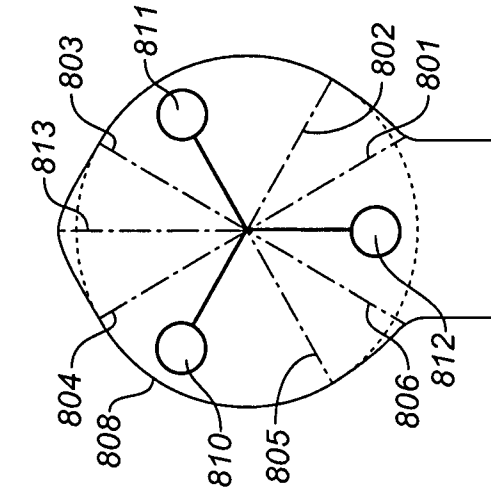


圖 18A

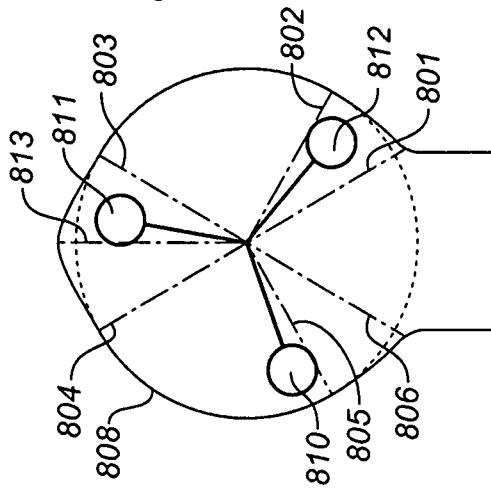


圖 18B

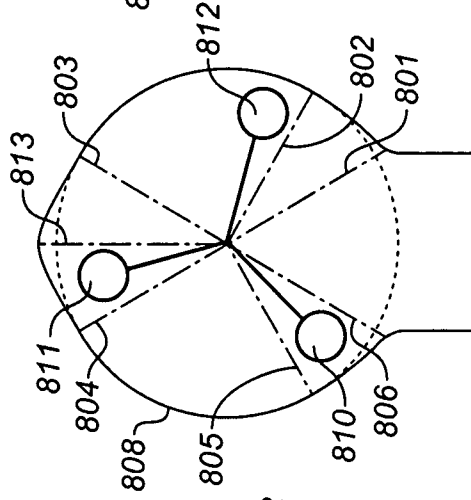


圖 18C

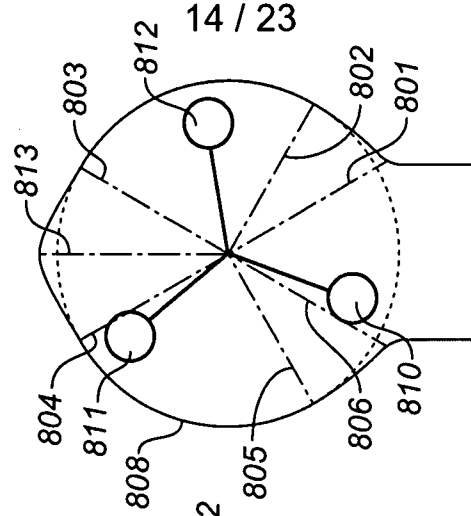


圖 18D

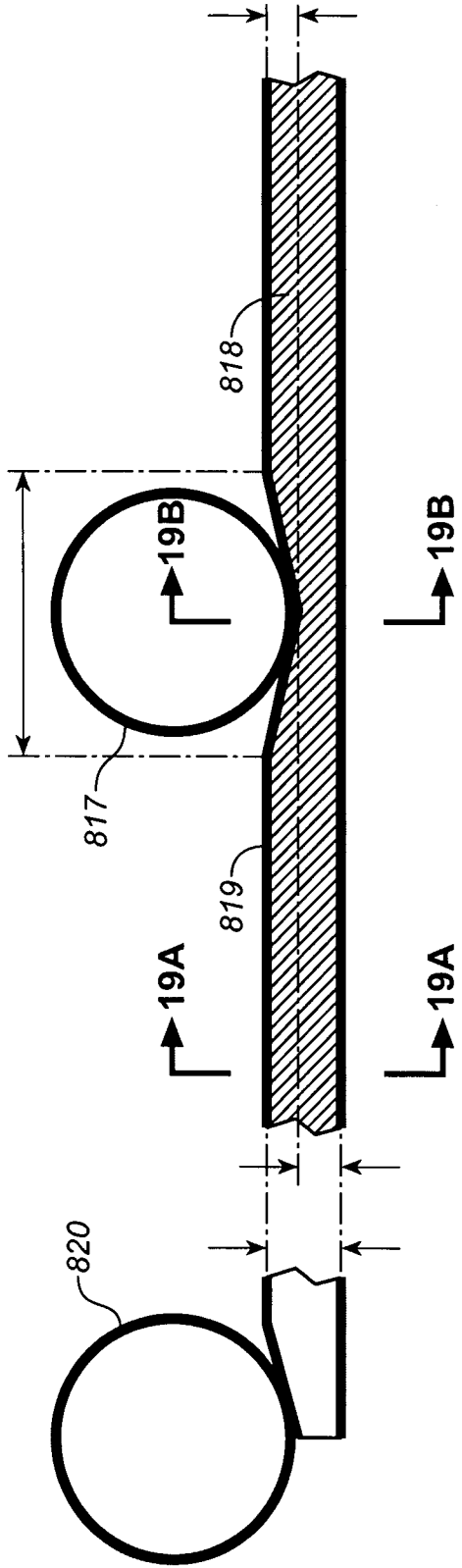


圖 19

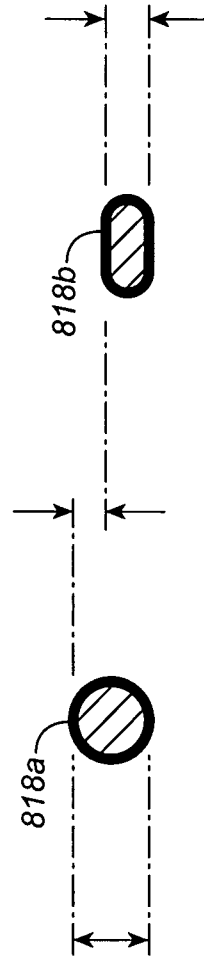


圖 19A

圖 19B

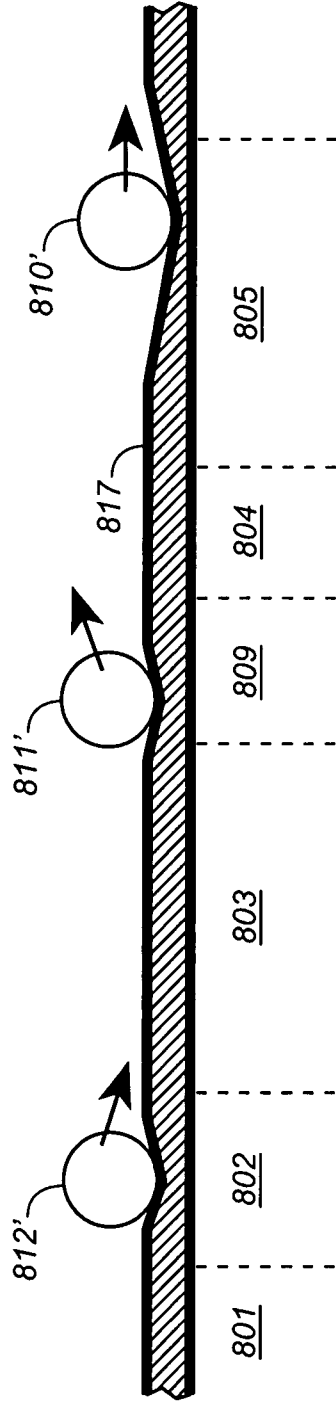


圖 20A

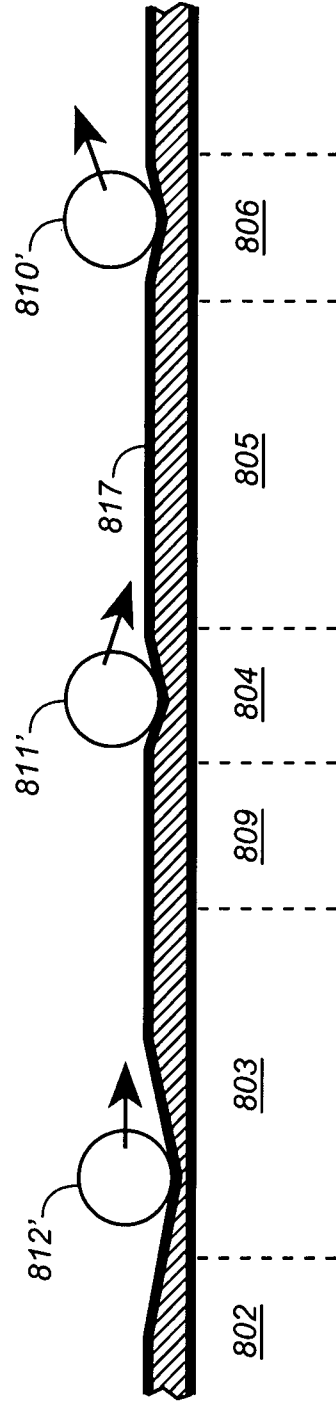


圖 20B

...

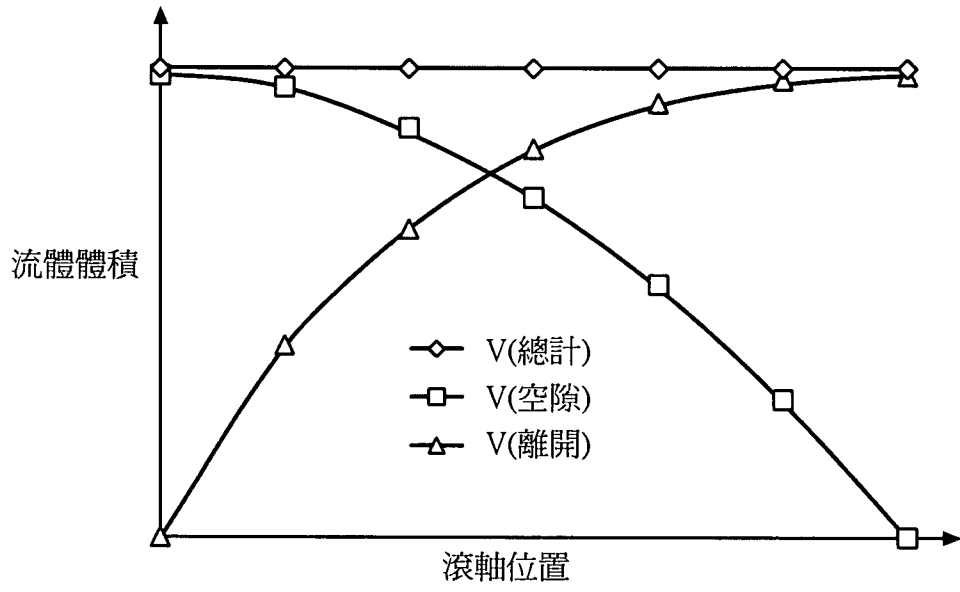


圖 21

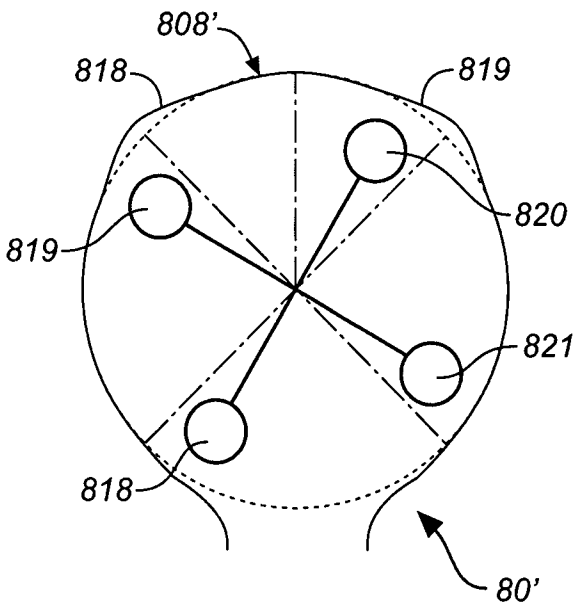


圖 22

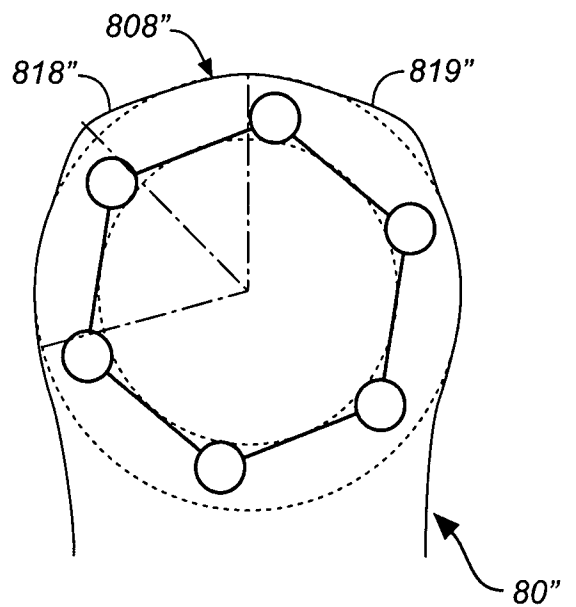


圖 23

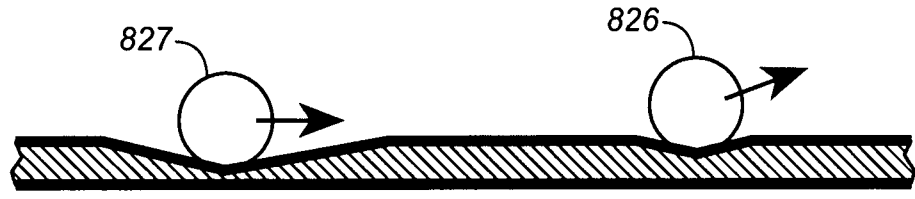


圖 24A

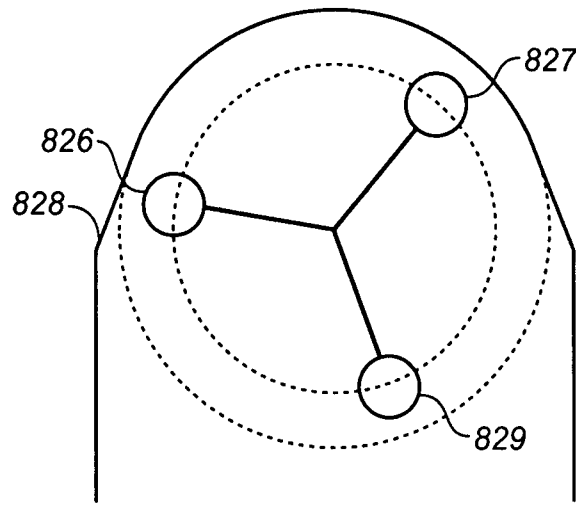


圖 24B

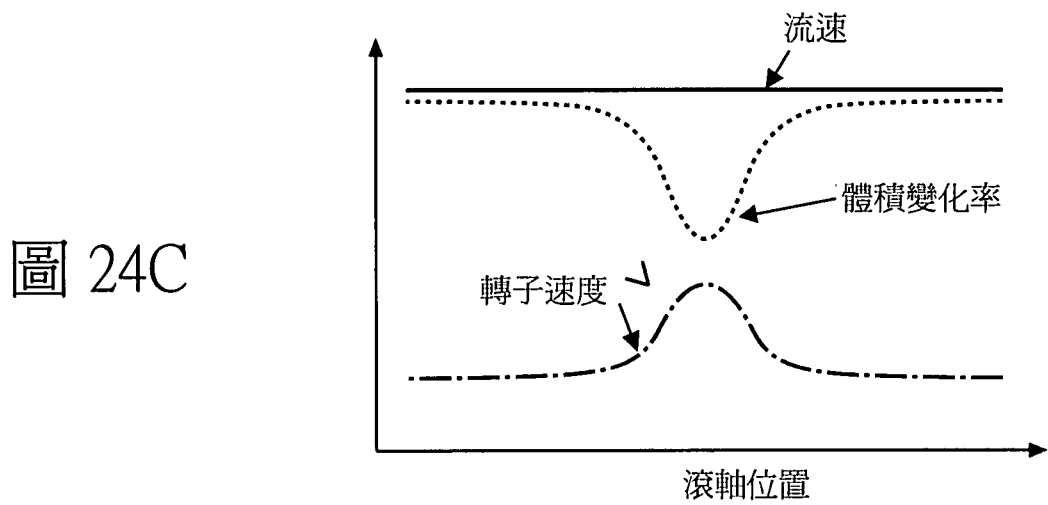


圖 24C

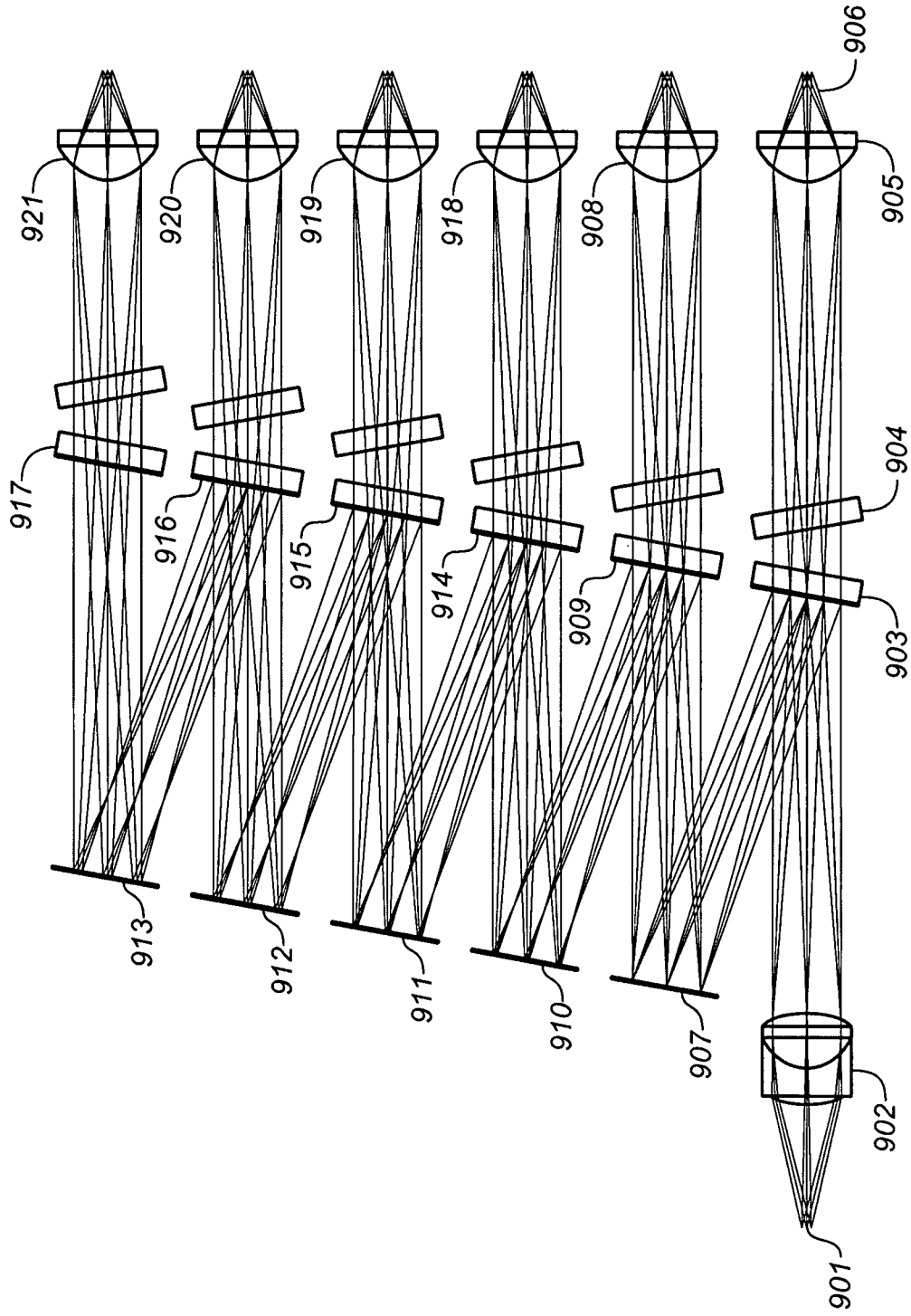


圖 25

...

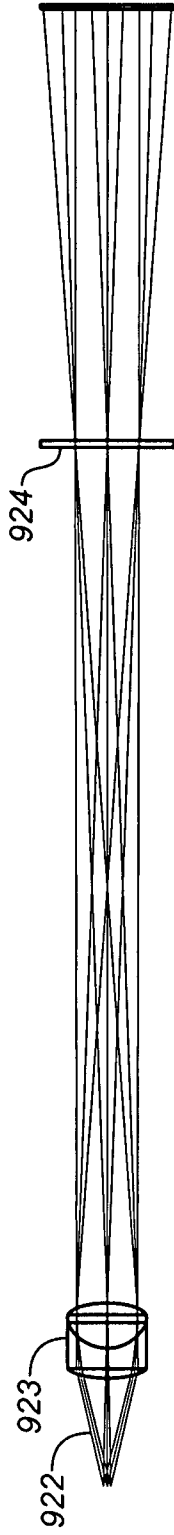


圖 26

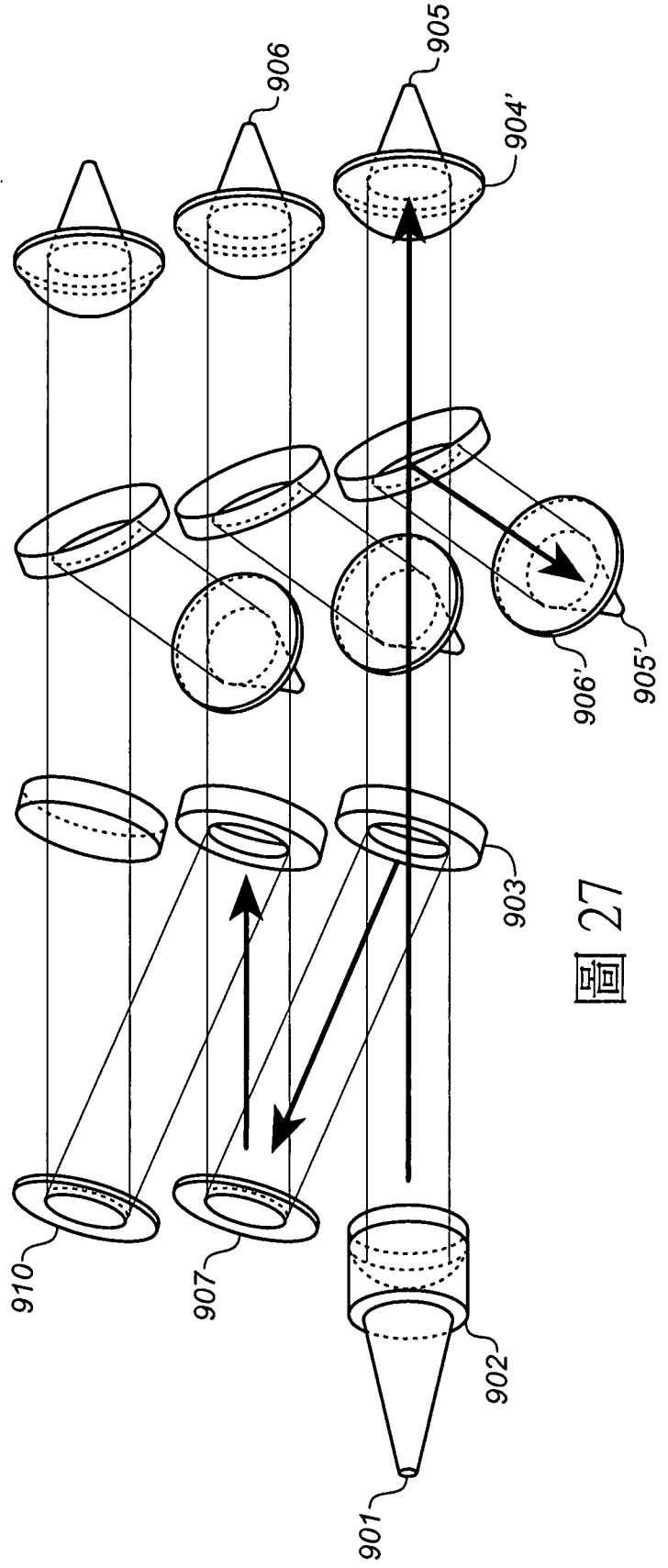


圖 27

22 / 23

圖 29A

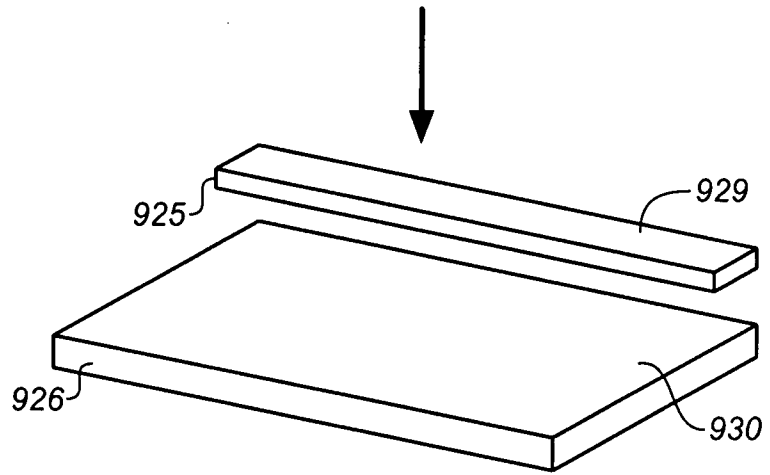


圖 29B

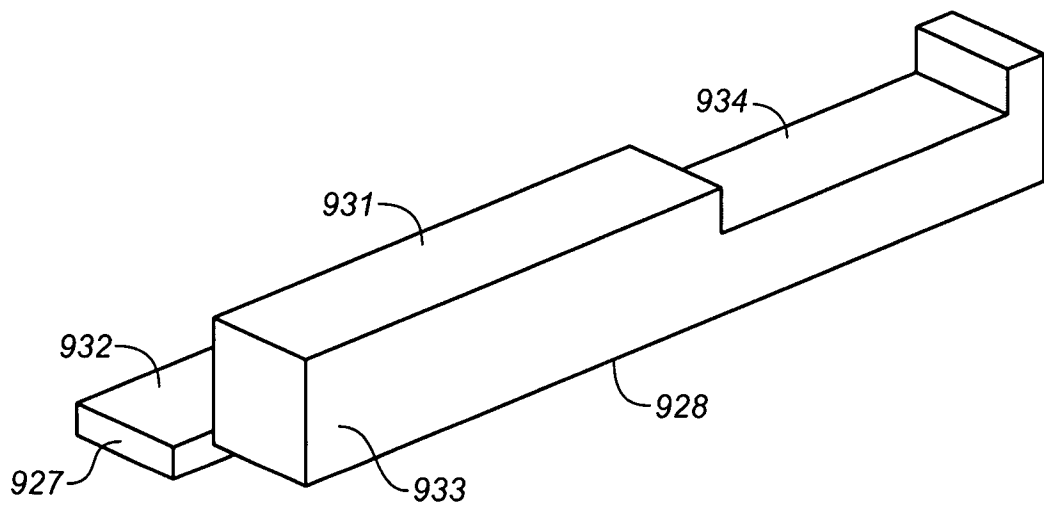
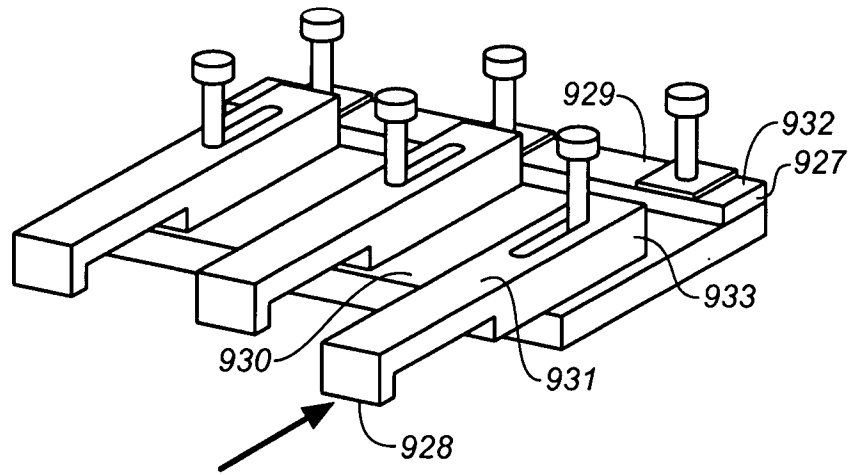


圖 29C

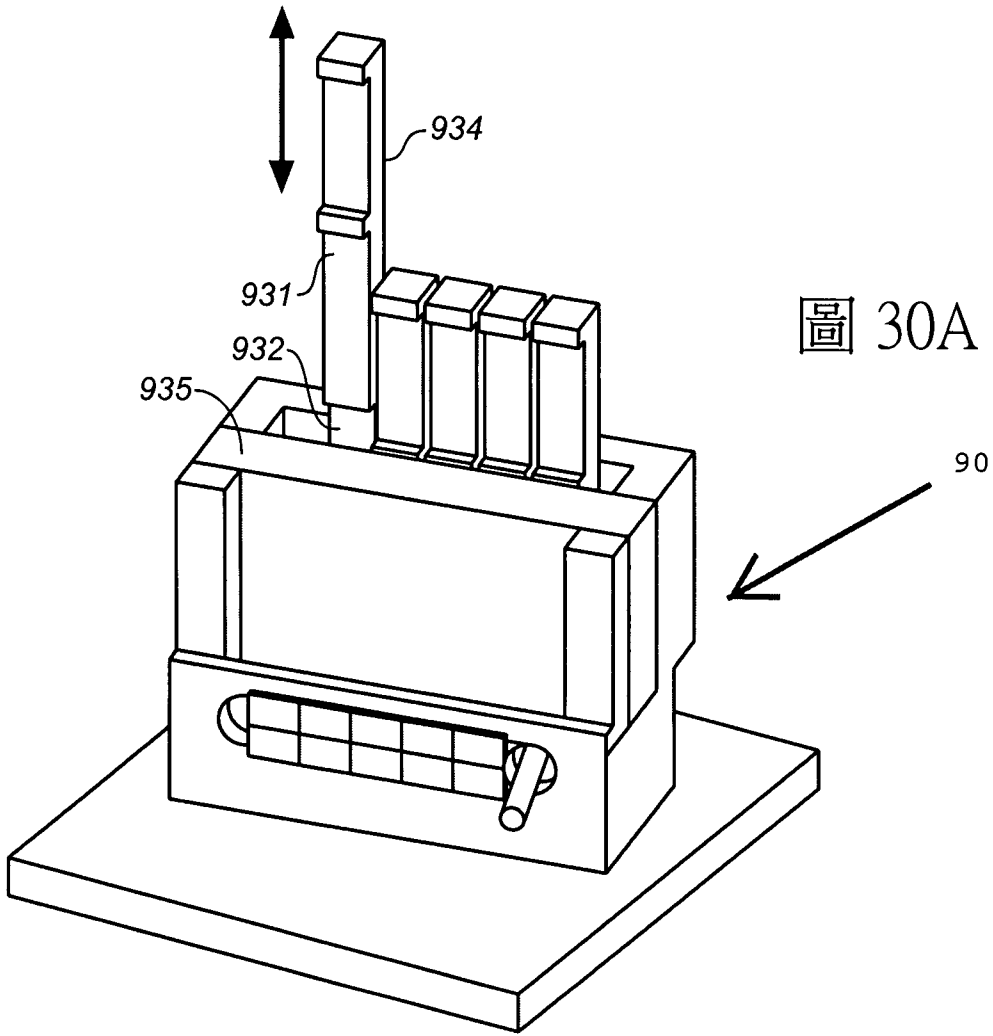


圖 30A

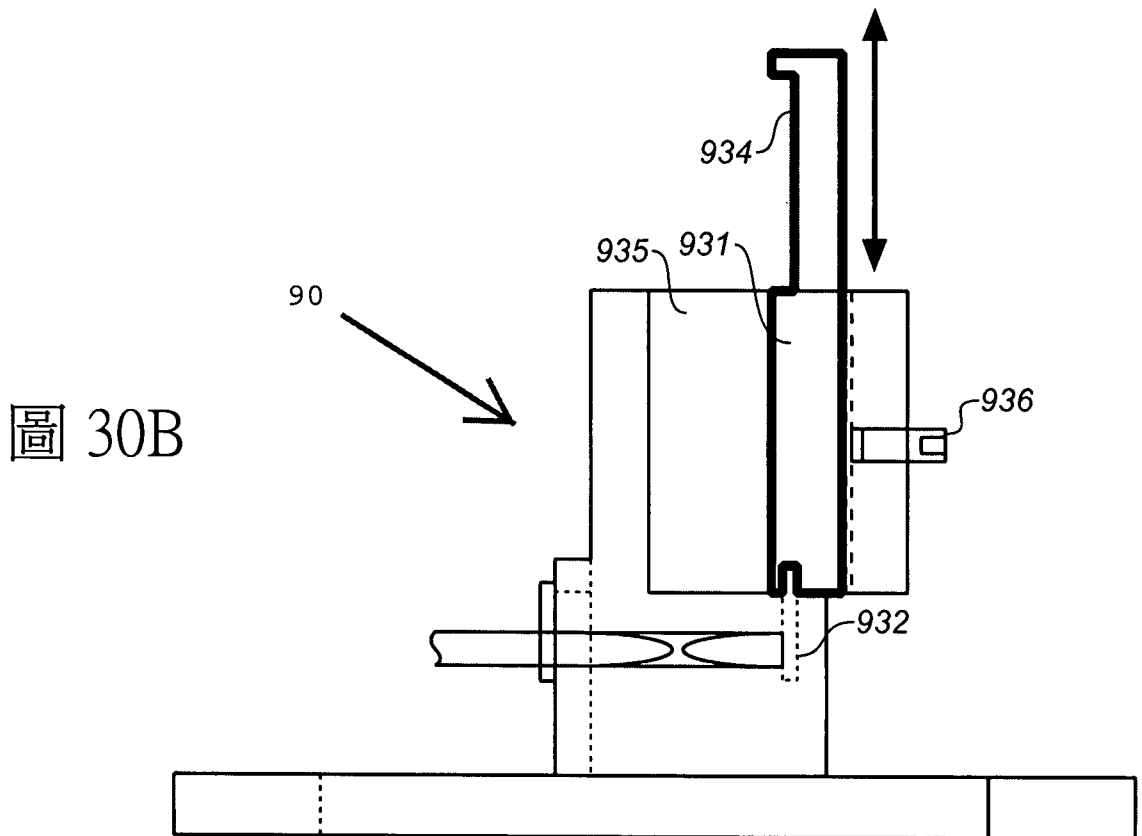


圖 30B