



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I502285 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：101106160

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 24 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01) G02B27/18 (2006.01)

(30)優先權：2011/02/28 世界智慧財產權組織 PCT/EP2011/000960

(71)申請人：卡爾蔡司 S M T 有限公司 (德國) CARL ZEISS SMT GMBH (DE)

德國

(72)發明人：派崔 麥可 PATRA, MICHAEL (DE)；帝俊瑟 馬可斯 DEGUNTHER, MARKUS (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

TW 200900868

CN 1900828A

US 2007/0024836A1

US 2008/0259450A1

WO 2011/012148A1

審查人員：呂燦

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：11 共 35 頁

(54)名稱

微影投影曝光設備之照射系統

ILLUMINATION SYSTEM OF A MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

(57)摘要

本發明揭示一種微影投影曝光設備(10)之照射系統，其包含：一光源(30)，其經組態以產生投影光(PL)；一光瞳平面(84)；及一繞射光學元件(48)，其配置在該光源(30)及該光瞳平面(84)之間，致使投影光(PL)在該光瞳平面(84)中的輻照分布取決於為投影光(PL)所照射之場在該繞射光學元件(48)上的位置(96a、96b、96c)。該照射系統另外包含一光學成像系統(34；134；234；334)，其配置在該光源(30)及該繞射光學元件(48)之間。該光學成像系統確保該光源(30)所發射之投影光(PL)的方向及發散變更對繞射光學元件(48)上為投影光(PL)所照射之場的位置及大小沒有實質影響。

An illumination system of a microlithographic projection exposure apparatus (10) comprises a light source (30) which is configured to produce projection light (PL), a pupil plane (84) and a diffractive optical element (48) that is arranged between the light source (30) and the pupil plane (84) such that an irradiance distribution of projection light (PL) in the pupil plane (84) depends on the position of a field (96a, 96b, 96c) that is illuminated by the projection light (PL) on the diffractive optical element (48). The illumination system further comprises an optical imaging system (34; 134; 234; 334) that is arranged between the light source (30) and the diffractive optical element (48). The optical imaging system ensures that changes of the direction and divergence of the projection light (PL) emitted by the light source (30) have no substantial effect on the position and size of the field which is illuminated on the diffractive optical element (48) by the projection light (PL).

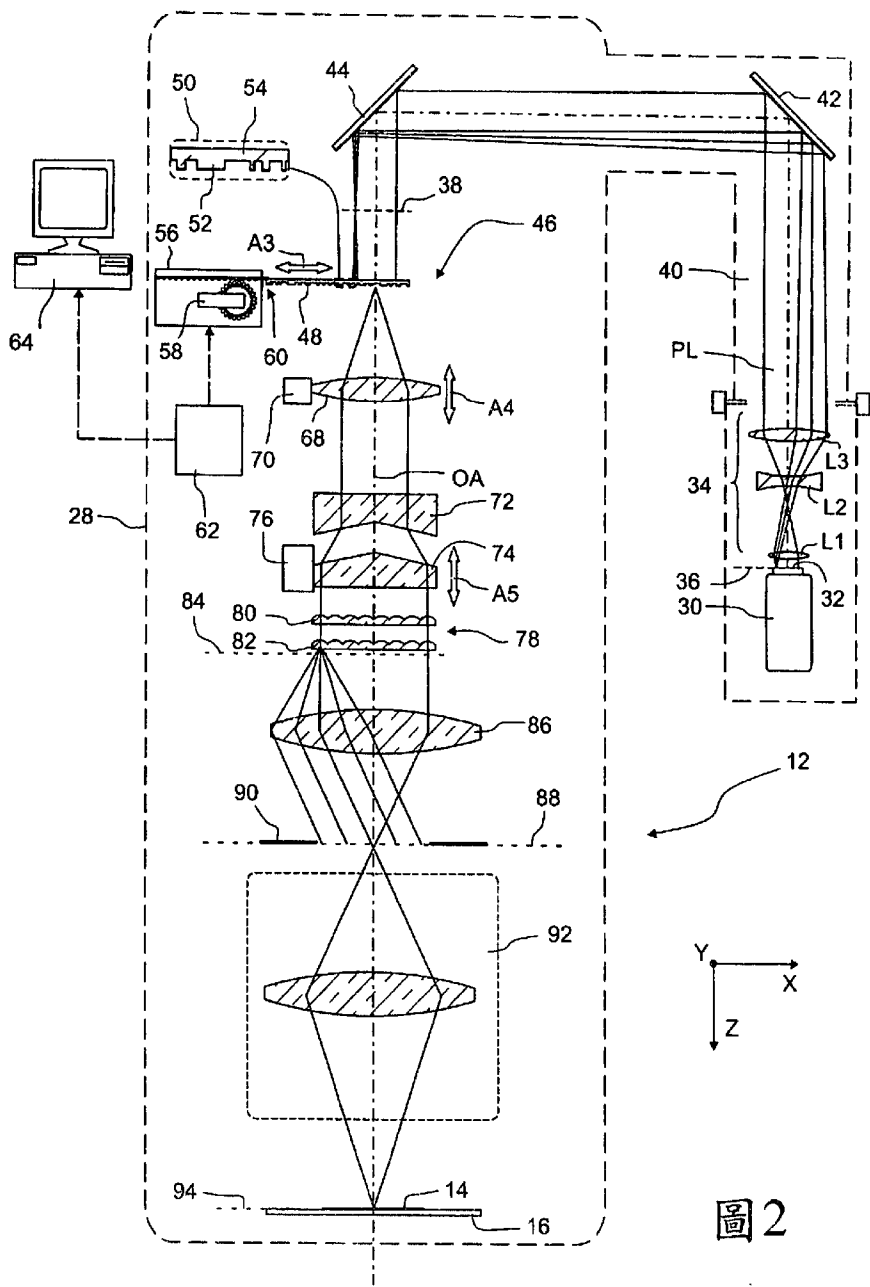


圖2

- 12 . . . 照射系統
- 14 . . . 照射場
- 16 . . . 遮罩
- 28 . . . 外殼
- 30 . . . 光源
- 32 . . . 光出射窗
- 34 . . . 光學成像系統
- 36 . . . 物件平面
- 38 . . . 影像平面
- 40 . . . 光束傳遞
- 42 . . . 第一平面光束路徑折疊反射鏡
- 44 . . . 第二平面光束路徑折疊反射鏡
- 46 . . . 光瞳界定單元
- 48 . . . 繞射光學元件
- 50 . . . 放大分割圖
- 52 . . . 繞射結構
- 54 . . . 基板
- 56 . . . 位移機構
- 58 . . . 伺服馬達
- 60 . . . 齒輪
- 62 . . . 控制單元
- 64 . . . 總系統控制
- 68 . . . 變焦準直透鏡
- 70 . . . 第一致動器
- 72 . . . 第一旋轉三稜鏡元件
- 74 . . . 第二旋轉三稜鏡元件
- 76 . . . 第二致動器
- 78 . . . 光學積分器
- 80 . . . 光學光柵元件陣列

- 82 . . . 光學光柵元件陣列
- 84 . . . 光瞳平面
- 86 . . . 聚光器
- 88 . . . 中間場平面
- 90 . . . 場光欄
- 92 . . . 場光欄物鏡
- 94 . . . 遮罩平面
- A3、A4、A5 . . . 雙箭頭
- L1、L2、L3 . . . 透鏡
- OA . . . 光軸
- PL . . . 投影光

發明專利說明書

101年7月9日

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101106160

※申請日：101年2月24日

※IPC分類：G03F 7/20 (2006.01)
G03B 27/18 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

微影投影曝光設備之照射系統

ILLUMINATION SYSTEM OF A MICROLITHOGRAPHIC
PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

二、中文發明摘要：

本發明揭示一種微影投影曝光設備(10)之照射系統，其包含：一光源(30)，其經組態以產生投影光(PL)；一光瞳平面(84)；及一繞射光學元件(48)，其配置在該光源(30)及該光瞳平面(84)之間，致使投影光(PL)在該光瞳平面(84)中的輻照分布取決於為投影光(PL)所照射之場在該繞射光學元件(48)上的位置(96a、96b、96c)。該照射系統另外包含一光學成像系統(34；134；234；334)，其配置在該光源(30)及該繞射光學元件(48)之間。該光學成像系統確保該光源(30)所發射之投影光(PL)的方向及發散變更對繞射光學元件(48)上為投影光(PL)所照射之場的位置及大小沒有實質影響。

三、英文發明摘要：

An illumination system of a microlithographic projection exposure apparatus (10) comprises a light source (30) which is configured to produce projection light (PL), a pupil plane (84) and a diffractive optical element (48) that is

arranged between the light source (30) and the pupil plane (84) such that an irradiance distribution of projection light (PL) in the pupil plane (84) depends on the position of a field (96a, 96b, 96c) that is illuminated by the projection light (PL) on the diffractive optical element (48). The illumination system further comprises an optical imaging system (34; 134; 234; 334) that is arranged between the light source (30) and the diffractive optical element (48). The optical imaging system ensures that changes of the direction and divergence of the projection light (PL) emitted by the light source (30) have no substantial effect on the position and size of the field which is illuminated on the diffractive optical element (48) by the projection light (PL).

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 2。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 12 照射系統
- 14 照射場
- 16 遮罩
- 28 外殼
- 30 光源
- 32 光出射窗
- 34 光學成像系統
- 36 物件平面
- 38 影像平面
- 40 光束傳遞
- 42 第一平面光束路徑折疊反射鏡
- 44 第二平面光束路徑折疊反射鏡
- 46 光瞳界定單元
- 48 繞射光學元件
- 50 放大分割圖
- 52 繞射結構
- 54 基板
- 56 位移機構
- 58 伺服馬達
- 60 齒輪
- 62 控制單元
- 64 總系統控制
- 68 變焦準直透鏡

70	第一致動器
72	第一旋轉三稜鏡元件
74	第二旋轉三稜鏡元件
76	第二致動器
78	光學積分器
80	光學光柵元件陣列
82	光學光柵元件陣列
84	光瞳平面
86	聚光器
88	中間場平面
90	場光欄
92	場光欄物鏡
94	遮罩平面
A3、A4、A5	雙箭頭
L1、L2、L3	透鏡
OA	光軸
PL	投影光

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明一般有關微影曝光設備中照射遮罩的照射系統，尤其有關其中使用具有正相依繞射效應的繞射光學元件界定光瞳平面中輻照分布的此類系統。

【先前技術】

微影技術(又稱為光微影或簡稱為微影)是一種製造積體電路、液晶顯示器及其他微結構裝置的技術。結合蝕刻製程，微影技術製程係用以在基板(例如矽晶圓)上已形成之薄膜堆疊中圖案化特徵。在每一層的製造中，首先以光阻塗布晶圓，光阻是一種對諸如深紫外(DUV)光或真空紫外(VUV)光之輻射敏感的材料。接著，使頂部具有光阻的晶圓在投影曝光設備中曝光於投影光。投影曝光設備將含有圖案的遮罩投影於光阻上，使得光阻只在遮罩圖案決定的特定定位處曝光。曝光後，顯影光阻以產生對應於遮罩圖案的影像。然後，蝕刻製程使圖案轉印至晶圓上的薄膜堆疊中。最後，移除光阻。以不同遮罩重複此製程將形成多層的微結構組件。

投影曝光設備通常包括：照射遮罩的照射系統、對準遮罩的遮罩台、投影物鏡及對準塗有光阻之晶圓的晶圓對準台。照射系統照射遮罩上具有例如矩形或彎曲長條形狀的場。

在目前的投影曝光設備中，分成兩種不同類型的設備。在一個類型中，一次將整個遮罩圖案曝光於晶圓上的目標部分，即可照射每個目標部分。此種設備一般稱為晶圓步進

機。在另一個類型的設備中，一般稱為步進掃描式設備或掃描器，在投影束下沿著掃描方向漸進式掃描遮罩圖案，同時與此方向平行或反平行地同步移動基板，即可照射每個目標部分。

隨著製造微結構化裝置的技術進展，對於照射系統的要求也越來越多。理想上，照射系統以具有明確界定之空間及角輻照分布的投影光照射遮罩上照射場的每個點。術語「角輻照分布」描述會聚朝向遮罩平面中特定點之光線束的總光能在構成光線束之光線的各種方向中如何分布。

照射於遮罩上之投影光的角輻照分布通常適應於要投影在光阻上的圖案種類。例如，相對大尺寸的特徵可能需要使用不同於小尺寸特徵的角輻照分布。投影光最常使用的角輻照分布稱為習用的環狀、雙極及四極照射設定。這些術語指的是照射系統之光瞳平面中的空間輻照分布。例如，在環狀照射設定下，僅照射光瞳平面中的環狀區。因此，在投影光的角輻照分布中僅出現小的角度範圍，亦即所有光線以相似的孔徑角傾斜地照在遮罩上。

本技術中已知有不同的方式可以修改遮罩平面中投影光的角輻照分布，以達成所需要的照射設定。在最簡單的情況中，將包含一或多個孔徑的光欄(隔板)定位在照射系統的光瞳平面中。由於光瞳平面中的定位轉換成遮罩平面或另一傅立葉相關場平面中的角度，光瞳平面中孔徑的大小、形狀及定位決定遮罩平面中的角輻照分布。然而，照射設定的任何變更都需要更換光欄。這使得精細調整照射設定變得很難，因為這將需要使用許多具有稍微不同大小、形狀或定位

之孔徑的光欄。此外，使用光欄必然造成光損失，且因此減少設備的通量。

如果使用繞射光學元件在照射系統的光瞳平面中產生特定輻照分布，即避免光欄所造成的光損失。可利用可調整的光學元件(諸如配置在繞射光學元件及光瞳平面之間的變焦透鏡或一對旋轉三稜鏡元件)，至少在某種程度上修改輻照分布。

當使用反射鏡陣列取代繞射光學元件時，獲得在光瞳平面中產生不同輻照分布的最大靈活性。例如，EP 1 262 836 A1 提出使用實現為微機電系統(MEMS)的反射鏡陣列，其包含 1000 個以上的微型反射鏡。每個反射鏡可在兩個彼此垂直的不同平面中傾斜。因此，在此種反射鏡裝置上入射的輻射可被反射至半球中(實質上)任何所要方向。配置在反射鏡陣列與光瞳平面間的聚光透鏡，將反射鏡產生的反射角轉換為光瞳平面中的定位。此先前技術照射系統因而可以複數個光點照射光瞳平面，其中每個光點與一個特定微型反射鏡相關聯且藉由傾斜此反射鏡可在光瞳平面上自由移動。

類似照射系統請參考 US 2006/0087634 A1、US 7,061,582 B2、WO 2005/026843 A2、及 WO 2010/006687。

然而，使用反射鏡陣列在技術上的要求很高且需要精密的光學、機械及計算解決方案。

在光瞳平面中產生持續可變空間輻照分布的較簡單方法是使用具有位置相依繞射效應的繞射光學元件。取決於投影光照在元件上的位置，在光瞳平面中產生不同的空間輻照

分布。通常將使投影光束保持固定及借助位移機構使繞射光學元件位移，以變更投影光束照在元件上的位置。此種繞射光學元件例如可從美國聖荷西的 Tessera Technologies, Inc. 購得。

然而，如果繞射光學元件所產生的繞射效應取決於投影光照在元件上的位置，則位置一旦設定(例如藉由位移繞射光學元件)後，不得再有任何變更。如果光場在繞射光學元件上的位置不穩定，而是允許可在短期或長期中稍微改變，則繞射光學元件所產生的繞射效應也會改變。這繼而在投影光照在遮罩上時，將導致投影光角輻照分布之不需要的變動。由於遮罩的成像非常敏感地取決於角輻照分布，光場位置在繞射光學元件的變動最終將具有以下效應：遮罩的一或多個相同結構將在感光層上以不同的成像品質成像。

光場在繞射光學元件上位置的穩定化是一個問題，因為實現為雷射的光源通常與照射系統的其餘組件隔開幾公尺至約 25 公尺的距離。光源所產生的投影光束通常以管狀物或另一種封閉體引導，並使用平面折疊反射鏡從光源導引至照射系統的其餘部分。照射系統之此部分(通常稱為「光束傳遞」)的總長度及組態通常取決於半導體製造廠中盛行的局部條件。為此原因，應該能夠針對這些局部條件調適光束傳遞的長度及組態。

由於光束傳遞的顯著長度，雷射光源所發射投影光束之方向的微小變更(例如小於 0.1 mrad)將使照射在繞射光學元件上的光場轉移若干公釐。此外，雷射光源所發射之投影光的發散每天還容易受到更改的影響(尤其在氣體注入後)，而

且長時間還容易受到因老外效應而更改的影響。還有，發散變更將影響照射在繞射光學元件上之光場的位置及大小，因而最終影響投影曝光設備的成像品質。

US 2007/0160096 A1 揭示一種在製造薄膜電晶體期間雷射退火半導體薄膜的設備。光學成像系統配置在雷射光源及光束擴展器之間。

另外還參考 US 2006/0102604 A1 及 US 2005/0035103 A1，其分別關於雷射珠擊及雷射退火設備。

【發明內容】

本發明之目的在於提供一種微影投影曝光設備之照射系統，其可使用具有位置相依繞射效應的繞射光學元件，連續及彈性變更遮罩級的角輻照分布，同時在設備操作者定義角輻照分布後，確保角輻照分布係穩定的。

根據本發明，此目的係藉由包含以下項目的微影投影曝光設備之照射系統來達成：一光源，其經組態以產生投影光；一光瞳平面；及一繞射光學元件。繞射光學元件配置在光源及光瞳平面之間，致使投影光在光瞳平面中的輻照分布取決於投影光所照射之場在繞射光學元件上的位置。照射系統另外包含配置在光源及繞射光學元件之間的光學成像系統。

光學成像系統具有以下效應：繞射光學元件事實上為光源的影像所照射。由於在此影像及繞射光學元件之間的距離很小或甚至為零，光源所發射投影光束之方向及發散的變更

對於在繞射光學元件上為投影光所照射的場的位置沒有效應或至少沒有顯著效應。

如果光源的光出射窗配置在物件平面中及繞射光學元件配置在光學成像系統的影像平面中，則光源的光出射窗將精確地成像在繞射光學元件上。結果，投影光之方向及發散的變更將對於在繞射光學元件上為投影光所照射之場的位置完全沒有效應。

然而，通常希望將繞射光學元件配置在稍微散焦的軸向位置中，以在繞射光學元件上為投影光所照射的場中達成更均勻的輻照分布。將繞射光學元件配置在光學成像系統的影像平面外，將光源的光出射窗配置在光學成像系統的物件平面外，或將這兩個組件分別配置在影像平面及物件平面外，即可達成散焦。

通常較佳是具有在其物件側且亦在其影像側上為遠心的光學成像系統。如果加上一個額外約束條件：光學成像系統不應含有具有折射或反射功率且配置在光束傳遞內的光學元件，則結果是光學成像系統應至少包含三個具有折射或反射功率的光學元件。在少於三個光學元件的情形下，不可能達成遠心及避免將此類光學元件配置在光束傳遞中。

例如，光學成像系統可包含兩個正透鏡及一配置在兩個正透鏡之間的負透鏡。此光學成像系統僅需要很小的額外容積，且可配置在光源及光束傳遞之間，而不需要實質上修改照射系統的其餘組件，尤其是光束傳遞。

如上文已經提到的，光束傳遞的總長度通常取決於半導

體製造廠的局部條件。因此，應將光學成像系統組態成其可快速及簡單地調適於光束傳遞的不同長度。如果光學成像系統在其物件側上及其影像側上為遠心，則其必為遠焦。於是，自由影像距離可藉由變更自由物件距離而改變，致使維持遠心。

為了能夠以簡單的方式改變光學成像系統的物件長度，照射系統可包含配置在光源及光學成像系統之間的多光束折疊系統。此多光束折疊系統可包含例如複數個稜鏡或平面反射鏡，且可組態成多光束折疊系統中的光學路徑長度可藉由位移一或多個稜鏡或平面反射鏡而簡單地調整。例如，至少一個稜鏡或反射鏡可安裝在導軌上，致使其可固定在沿著導軌的不同位置處。

在一些具體實施例中，在光源及繞射光學元件之間的軸距係在 2 m 及 25 m 之間，及尤其在 5 m 及 20 m 之間。

光學成像系統可具有橫向放大率 β ，其中 $|\beta| > 1$ ，及較佳是 $|\beta| \geq 2$ 。由於將自由影像距離增加 Δd_i 將需要使自由物件距離增加 $\Delta d_o = \Delta d_i / \beta^2$ ，條件 $|\beta| > 1$ 確保使自由物件距離增加 Δd_o 將永遠小於使自由影像距離增加 Δd_i 。如果要獲得實際上對應於光束傳遞長度的特定自由影像距離， $|\beta|$ 越高，自由物件距離的調整越小。

橫向放大率 β (其中 $|\beta| > 1$) 另外確保自由物件距離將小於自由影像距離。這是有利的，因為光學成像系統中所含所有光學元件接著可配置在照射系統的光源及光束傳遞之間。

最後同樣重要的是，橫向放大率 β (其中 $|\beta| > 1$) 具有以下效應：在繞射光學元件上照射的場大於光源發射之投影光

之光束的橫截面，如通常所希望的。

然而，如果橫向放大率很大，則在繞射光學元件上照射之場的大小最後會太大。於是可在光學成像系統及繞射光學元件之間配置額外的光束收縮單元。此單元經組態以減少從光學成像系統中出現之準直光束的直徑。

照射系統可包含一位移機構，其經組態以沿著與光軸不平行的位移方向位移繞射光學元件。接著，可取決於光場的位置，藉由沿著位移方向位移繞射光學元件，改變繞射光學元件所產生的繞射效應。

取代相對於投影光位移繞射光學元件，亦可考慮相對於固定繞射光學元件移動投影光的光束，或甚至組合這兩個做法。為了移動投影光束，可使用光束操控裝置，其經組態以在繞射光學元件暫時靜止不動時，變更光場的位置。

定義

本文使用術語「光(light)」代表任何電磁輻射，尤其是可見光、UV、DUV 及 VUV 光。

本文使用術語「光線(light ray)」代表其傳播路徑可以線條描述的光。

本文使用術語「光線束(light bundle)」代表在場平面中具有共用原點的複數個光線。

本文使用術語「光束(light beam)」代表通過特定透鏡或另一光學元件的光。

本文使用術語「位置(position)」代表主體或非具體物件(諸如光)在三維空間中之參考點的定位。此位置通常以一組三個直角座標來表示。定向及位置因此完整描述主體在三維空間中的布置。

本文使用術語「方向(direction)」代表直線的空間定向。物件沿著特定方向的移動因而表示允許物件在此直線上兩個相反方向中移動。

本文使用術語「表面(surface)」代表三維空間中的任何平面或彎曲表面。表面可為主體的一部分或可與主體完全分開，通常如場或光瞳平面的情況。

本文使用術語「場平面(field plane)」代表與遮罩平面光學共軛的平面。

本文使用術語「共軛平面(conjugated plane)」代表其間建立成像關係的平面。有關共軛平面概念的更多資訊描述於 E. Delano 的論文，其標題為：「First-order Design and the $y, \bar{y}$ Diagram」, Applied Optics, 1963, vol. 2, no. 12, 第 1251-1256 頁。

本文使用術語「光瞳平面(pupil plane)」代表其中通過遮罩平面中不同點的邊緣光線相交的平面。如果光瞳平面不是指數學意義上的平面，而是稍微彎曲的表面致使嚴格地說應稱為「光瞳表面」，則亦使用術語「光瞳平面」。

本文使用術語「光學光柵元件(optical raster plane)」代表任何光學元件，例如透鏡、三稜鏡或繞射光學元件，其與

其他完全相同或相似光學光柵元件一起配置，因此每個光學光柵元件與複數個相鄰光學通道之一者相關聯。

本文使用術語「遠心(telecentric)」代表從場平面中出現之光線束的主光線傳播平行於光軸的事實。

本文使用術語「光學積分器(optical integrator)」代表增加乘積 $NA \cdot a$ 的光學系統，其中 NA 是數值孔徑，及 a 是在場平面中照射的面積。

本文使用術語「聚光器(condenser)」代表在兩個平面(例如場平面及光瞳平面)之間建立(至少大約建立)傅立葉關係的光學元件或光學系統。

本文使用術語「自由物件距離(free object distance)」代表在光學成像系統之第一物件側光學元件的頂點及物件平面之間的軸距。

本文使用術語「自由影像距離(free image distance)」代表在光學成像系統之最後一個影像側光學元件的頂點及影像平面之間的軸距。

本文使用術語「空間輻照分布(spatial irradiance distribution)」代表總輻照如何在光所照實面或虛面上改變。通常可以函數 $I_s(x, y)$ 描述空間輻照分布，其中 x 、 y 為表面上一點的空間座標。

本文使用術語「角輻照分布(angular irradiance distribution)」代表光線束的輻照如何取決於構成光線束之光線的角度而改變。通常可以函數 $I_a(\alpha, \beta)$ 描述角輻照分布，其

中 α 、 β 為描述光線方向的角座標。

【實施方式】

I.

投影曝光設備的一般構造

圖 1 為根據本發明之投影曝光設備 10 的透視圖及簡圖。設備 10 包含產生投影光束(未顯示)的照射系統 12。投影光束照射含有圖案 18 之遮罩 16 上的場 14；圖案 18 由圖 1 中如細線所示的複數個小特徵 19 形成。在此具體實施例中，照射場 14 具有環形段的形狀。然而，亦考慮照射場 14 的其他形狀，例如矩形。

投影物鏡 20 將照射場 14 中的圖案 18 成像於由基板 24 支撐的感光層 22(例如光阻)上。可由矽晶圓形成的基板 24 在晶圓平台(未顯示)上配置成感光層 22 的頂面精確地位在投影物鏡 20 的影像平面中。利用在投影物鏡 20 之物件平面中的遮罩平台(未顯示)定位遮罩 16。由於投影物鏡具有橫向放大率 β ，其中 $|\beta| < 1$ ，照射場 14 中圖案 18 的縮小影像 18' 被投影於感光層 22 上。

在此具體實施例中，投影物鏡 20 的設計要求照射場 14 定位離開投影物鏡 20 的光軸 26。對於其他類型的投影物鏡，照射場 14 中心可位在光軸 26 上。

在投影期間，遮罩 16 及基板 24 沿著對應於圖 1 所示 Y 方向的掃描方向移動。照射場 14 接著在遮罩 16 上方掃描，使得大於照射場 14 的圖案化區域可持續成像。基板 24 與遮罩 16 之速度的比值等於投影物鏡 20 的橫向放大率 β 。如果

投影物鏡 20 顛倒影像($\beta < 0$)，則遮罩 16 與基板 24 在相反方向中移動，這在圖 1 中以箭頭 A1 及 A2 指示。然而，本發明亦可在步進機工具中使用，其中遮罩 16 與基板 24 在投影遮罩期間並不移動。

II.

照射系統的一般構造

圖 2 為圖 1 所示照射系統 12 的縱剖面。為了清楚之故，圖 2 的圖解極為簡化且未按比例繪製。這尤其表示僅以一個或極少的光學元件代表不同的光學單元。現實中，這些單元可包含明顯更多的透鏡及其他光學元件。

照射系統 12 包括外殼 28 及光源 30，在所示具體實施例中，將光源 30 實現為具有光射出窗 32 的準分子雷射。光源 30 發射具有波長約 193 nm (VUV) 的投影光 PL。亦考慮其他類型的光源 30 及其他波長，例如 248 nm (DUV) 或 157 nm。

在所示具體實施例中，投影光 PL 離開光射出窗 32 及進入包含三個透鏡 L1、L2 及 L3 的光學成像系統 34。光學成像系統 34 具有物件平面 36 (其中配置光源 30 的光射出窗 32) 及影像平面 38。

從光學成像系統 34 中出現的投影光 PL 通過光束傳遞 40，其中配置第一平面光束路徑折疊反射鏡 42 及第二平面光束路徑折疊反射鏡 44。光束傳遞 40 的總長度可在 2 m 及 25 m 之間的範圍中。投影光 PL 接著進入光瞳界定單元 46，其用以在後續光瞳平面中產生可變空間輻照分布。為此，光

瞳界定單元 46 包含繞射光學元件 48，其在實質上正交於照射系統 12 之光軸 OA 的平面中延伸。

如在放大分割圖 50 中看得最清楚，繞射光學元件 48 包含複數個形成於平面基板 54 上的微小繞射結構 52。繞射光學元件 48 可實現為電腦產生的全像片 (CGH)，如同本技術中已知。下文將參考圖 3 進一步解說繞射光學元件 48 的光學性質。

光瞳界定單元 46 另外包括位移機構 56，其經組態以沿著 X 方向(見著雙箭頭 A3)位移繞射光學元件 48。為此，位移機構 56 包含伺服馬達 58，其利用齒輪 60 與繞射光學元件 48 耦接。伺服馬達 58 由連接至總系統控制 64 的控制單元 62 控制。

光瞳界定單元 46 另外包含：變焦準直透鏡 68，其可借助第一致動器 70 沿著光軸 OA 位移(見雙箭頭 A4)；及第一及第二旋轉三稜鏡元件 72、74，其具有互補圓錐形表面。借助第二致動器 76，可沿著光軸 OA 變更旋轉三稜鏡元件 72、74 之間的距離，如雙箭頭 A5 所示。在此具體實施例中，第二致動器 76 僅耦合至第二旋轉三稜鏡元件 74；變更兩個旋轉三稜鏡元件 72、74 間之距離的其他組態亦可。旋轉三稜鏡元件 72、74 具有在第一旋轉三稜鏡元件 72 入射表面處之輻照分布被向外徑向轉移的效應。徑向轉移的量取決於第一旋轉三稜鏡元件 72 及第二旋轉三稜鏡元件 74 之間的距離。

已經通過旋轉三稜鏡元件 72、74 的光照在光學積分器 78 上，光學積分器 78 在所示具體實施例中包含兩個光學光

柵元件陣列 80、82。每個光學光柵元件藉由使兩個圓柱形透鏡交叉而形成，如本技術中已知。亦可利用具有例如直角邊界的旋轉對稱透鏡形成光學光柵元件。光學積分器 78 在光瞳平面 84 中產生複數個輔助光源。每個輔助光源與由陣列 80、82 中具有相同 X 及 Y 座標的兩個光學光柵元件界定的光學通道相關聯。

聚光器 86 將輔助光源產生的角輻照分布轉變成在後續中間場平面 88 處的空間輻照分布。由於所有輔助光源產生實質上相同的角輻照分布，在中間場平面 88 中的空間輻照分布也非常相似。這些輻照分布的疊置造成中間場平面 88 中的場非常均勻的照射。

中間場平面 88 連同場光欄 90 由場光欄物鏡 92 成像至其中配置遮罩 16 的遮罩平面 94 上。在遮罩 16 上照射的場 14 因此是在中間場平面 88 中由複數個輔助光源照射及利用場光欄 90 遮蔽之場的影像。

III.

繞射光學元件的光學性質

下文中，將參考圖 3 詳細解說繞射光學元件 48 的光學性質。

圖 3 在上方部分顯示繞射光學元件 48 的俯視圖。繞射光學元件 48 的繞射結構 52 (為了簡單明瞭，未在圖 3 中顯示)係設計成繞射光學元件 48 所產生的繞射效應取決於投影光 PL 所照射之光場在繞射光學元件 48 上的位置。

在圖 3 中，顯示此光場的第一、第二及第三位置，及分

別以 96a、96b 及 96c 代表。三個位置 96a、96b、96c 在其沿著 X 方向的定位上彼此不同。

如果投影光 PL 照射第一繞射光學元件 42 上第一位置 96a 處的場，則在此具體實施例中假設第一繞射光學元件 42 產生的角輻照分布在遠場中對應於(或在變焦準直透鏡 68 的傅立葉變換後等效於)圖 3 中以 98a 代表的第一空間輻照分布。在此第一空間輻照分布 98a 中，僅照射較小的兩個極 P1、P2，其沿著 X 方向隔開。每個極 P1、P2 具有環形段的形狀，其具有外徑 r_{po} 及內徑 r_{pi} 。對於兩個極 P1、P2，環形段的角延伸(在下文中稱為「極寬度角 α 」)完全相同。

如果投影光 PL 照射在第一繞射光學元件 42 上第二位置 96b 處的場，將在遠場中產生相似的空間輻照分布，但極 P1、P2 具有較大極寬度角 α 。在光場的第三位置 96c 中，極寬度角 α 具有其最大值。

應明白，在光場的所有中間位置中，將產生相似的極 P1、P2，但極寬度角 α 具有圖 3 針對三個位置 96a、96b 及 96c 所示這些值之間的值。

在此具體實施例中，圖 3 中圖解的不同位置 96a、96b、96c 並非藉由在固定的繞射光學元件 42 上移動投影光 PL 而產生，而是借助位移機構 56 相對於投影光 PL 的固定光束位移繞射光學元件 48 而產生。

IV.

功能

光學成像系統 34 將光源 30 的光出射窗 32 成像於配置在繞射光學元件 48 前方短距離處的影像平面 38 上。繞射光學元件 48 相對於影像平面 38 的稍微散焦配置造成在繞射光學元件 48 上的均勻輻照分布。

繞射光學元件 48 因此事實上係由光源 30 之光出射窗 32 的影像所照射。由於在此影像及繞射光學元件 48 之間的距離很小，在光源 30 之光出射窗 32 所發射投影光之方向及發散的變更對於由投影光 PL 照射在繞射光學元件 48 上之場的位置沒有效應或至少沒有實質效應。如果沒有光學成像系統 34，則情況將不一樣，因為接著從光出射窗 32 中出現之投影光束之方向及發散的小變更將被長光束傳遞 40 明顯「放大」，及因此照射在繞射光學元件 48 上之場的位置及大小將改變幾公釐或甚至幾公分。

藉由提供光學成像系統 34，照射在繞射光學元件 48 上之場的位置由位移機構 56 單獨決定。使用精確機械學，可以 1 mm 以下的正確性設定此位置。以此方式，在繞射光學元件 48 上之照射場的位置，及因此在光瞳平面 84 中的輻照分布，可被精確地設定及保持恆定，而不管光源 30 中發生的操作條件及短期或長期漂移效應為何。

利用致動器 70、76 變更變焦準直透鏡 68 及旋轉三稜鏡元件 74 的軸向位置，可進一步改變在光瞳平面 84 中的輻照分布。

V.

光學成像系統的替代性具體實施例

在下文中，將參考圖 4 至圖 11 說明光學成像系統 34 的替代性具體實施例。

圖 4 是光學成像系統 134 的縱剖面，其包含僅一單一正透鏡 L11。雖然光學成像系統 134 亦確保在繞射光學元件 48 上照射之場的穩定位置，但其具有以下缺點：透鏡 L11 必須配置在光束傳遞 40 內，通常為了各種原因，並不希望如此。此外，光學成像系統 134 在其物件側上或其影像側上均非遠心。通常強制為遠心，因為否則繞射光學元件 48 無法產生所要的遠場空間輻照分布。

圖 5 是包含兩個透鏡 L21、L22 之光學成像系統 234 的縱剖面，這兩個透鏡配置得如此接近物件平面 36，致使其不必配置在光束傳遞 40 內。然而，光學成像系統 234 仍未具有所要的遠心。

圖 6 為圖 2 所示光學成像系統 34 的放大縱剖面。配置緊接在物件平面 36 後面的透鏡 L1 確保使從物件平面 36 中出現的光線束朝向光軸傾斜。這使得可以達成所要的遠心，即，光學成像系統 34 在物件側及影像側上均為遠心。

在圖 6 所示的光學成像系統 34 中，投影光 PL 集中在負透鏡 L2 之相對小的面積上。如果例如因為透鏡 L2 中的材料有降解的風險而應該避免此情況，則可使用三個透鏡 L31、L32、L33 的修改配置，如圖 7 之替代性光學成像系統 334 的縱剖面所示。此處，修改透鏡 L31、L32、L33 的距離及折射功率，致使輻照在負透鏡 L32 上的面積比較大。

圖 6 及圖 7 所示的遠心光學成像系統 34 及 334 可在不

放棄遠心的情況下，藉由改變在物件平面 36 及分別第一透鏡 L1 或 L31 之間的自由物件距離 d_o ，改變在分別最後一個透鏡 L3 或 L33 及影像平面 38 之間的自由影像距離 d_i 。這圖解在的圖 8 中，圖 8 是圖 7 所示光學成像系統 334 的縱剖面，但自由物件距離 d_o 比圖 7 所示配置增加 Δd_o 。這造成自由影像距離 d_i 比圖 7 所示配置減少 Δd_i 。如果光學成像系統具有橫向放大率 β ，則在 Δd_i 及 Δd_o 之間的關係以 $\Delta d_i = \beta^2 \cdot \Delta d_o$ 給定。因此，光學成像系統 334 的橫向放大率 β 越大，為獲得自由影像距離之特定變更 Δd_i 所需的自由物件距離 d_o 的調整越小。

通常如果光源 30 配置在距離照射系統 12 之其餘組件的顯著距離處，即會有此變更的要求。然後，必須能夠針對將安裝投影曝光設備 10 之定位處的特定需求，調整光束傳遞 40 的總長度，其對應於圖 8 所示的自由影像距離 d_i 。原則上，可使用變焦光學成像系統獲得可變自由影像距離 d_i ，但這將明顯增加光學成像系統的複雜性。

圖 9 及圖 10 圖解一具體實施例，其中利用配置在光源 30 及光學成像系統 334 之間的多光束折疊系統 100，達成自由物件距離 d_o 的變動。多光束折疊系統 100 包含兩個固定稜鏡 102、104 及可位移稜鏡 106，其可固定在沿著導軌 108 的不同縱向位置處。如果可位移稜鏡 106 的位置改變距離 x (見圖 10)，則如圖 8 所示之自由物件距離 d_o 變更 $\Delta d_o = 2x$ ，且這造成自由影像距離 d_i (即，光束傳遞 40 的長度) 變更 $\Delta d_i = \beta^2 \cdot 2x$ 。例如，如果導軌 108 具有長度 1 m，及光學成像系統 334 具有橫向放大率 $\beta=2$ ，則自由影像距離 d_i 可在大約 8 m 的範圍上變更。

如果可能之自由影像距離 d_i 的範圍應比該範圍大，則可使用更長的導軌 108。作為替代，可使用圖 11 所示的光學成像系統 334'，其具有較大的橫向放大率 β ，例如 $\beta=4$ 。接著可使用 1 m 導軌 108，達成自由影像距離 d_i 多達 32 m 的變動。然而，由於較大的橫向放大率 β ，在繞射光學元件 48 上照射的場可能會變得太大。

為此原因，圖 11 所示具體實施例包含額外光束收縮單元 110，其在此特定具體實施例中，由正透鏡及負透鏡組成。光束收縮單元配置在光學成像系統 334' 及繞射光學元件 48 之間，及將從光學成像系統 334' 中出現之實質上準直投影光束的直徑減少為所要的值。光束收縮單元 110 可配置緊接在繞射光學元件 48 前方，使得光束傳遞 40 可保持沒有任何具有反射或折射功率的光學元件。

【圖式簡單說明】

參考結合附圖的詳細說明，即可明白本發明各種特徵及優點，其中：

圖 1 為根據本發明之投影曝光設備的透視示意圖；

圖 2 是圖 1 所示設備根據第一具體實施例之照射系統的縱剖面；

圖 3 在上方部分顯示圖 2 所示照射系統所含繞射光學元件的俯視圖，及在下方部分顯示以不同位置輻照繞射光學元件的場時在遠場中所產生的三個輻照分布；

圖 4 是可在圖 2 所示照射系統中使用之光學成像系統具體實施例的縱剖面，其中光學成像系統包含僅一單一正透鏡；

圖 5 是可在圖 2 所示照射系統中使用之光學成像系統具體實施例的縱剖面，其中光學成像系統包含兩個可配置在光束傳遞外的透鏡；

圖 6 為圖 2 所示光學成像系統的縱剖面；

圖 7 是可在圖 2 所示照射系統中使用之光學成像系統具體實施例的縱剖面，其中在第二透鏡上產生較寬輻照分布；

圖 8 是圖 7 所示成像系統的縱剖面，但自由物件及影像距離已經修改；

圖 9 根據替代性具體實施例，圖解圖 2 所示照射系統的一部分，其中多光束折疊系統配置在光源及光學成像系統之間；

圖 10 顯示圖 9 的具體實施例，但自由物件及影像距離已經修改；

圖 11 係又另一具體實施例的縱剖面，其中照射系統包含多光束折疊系統及光束收縮單元。

【主要元件符號說明】

- 10 投影曝光設備
- 12 照射系統
- 14 照射場
- 16 遮罩
- 18 圖案
- 18' 圖案的縮小影像
- 19 特徵
- 20 投影物鏡

22	感光層
24	基板
26	光軸
28	外殼
30	光源
32	光出射窗
34	光學成像系統
36	物件平面
38	影像平面
40	光束傳遞
42	第一平面光束路徑折疊反射鏡
44	第二平面光束路徑折疊反射鏡
46	光瞳界定單元
48	繞射光學元件
50	放大分割圖
52	繞射結構
54	基板
56	位移機構
58	伺服馬達
60	齒輪
62	控制單元
64	總系統控制
68	變焦準直透鏡
70	第一致動器
72	第一旋轉三稜鏡元件

74	第二旋轉三稜鏡元件
76	第二致動器
78	光學積分器
80	光學光柵元件陣列
82	光學光柵元件陣列
84	光瞳平面
86	聚光器
88	中間場平面
90	場光欄
92	場光欄物鏡
94	遮罩平面
96a	第一位置
96b	第二位置
96c	第三位置
98a	第一空間輻照分布
100	多光束折疊系統
102	固定稜鏡
104	固定稜鏡
106	可位移稜鏡
108	導軌
110	光束收縮單元
134	光學成像系統
234	光學成像系統
334	光學成像系統
334'	光學成像系統

A1、A2 箭頭

A3、A4、A5 雙箭頭

d_i 自由影像距離

L1、L2、L3 透鏡

L11 正透鏡

L21、L22 透鏡

L31、L32、L33 透鏡

OA 光軸

P1、P2 極

PL 投影光

七、申請專利範圍：

1. 一種一微影投影曝光設備(10)的照射系統，包含：
 - a) 一光源(30)，其經組態以產生投影光(PL)；
 - b) 一光瞳平面(84)；
 - c) 一繞射光學元件(48)，其配置在該光源(30)及該光瞳平面(84)之間，致使投影光(PL)在該光瞳平面(84)中的輻照分布取決於並且由一位移機構單獨決定投影光(PL)所照射之場在該繞射光學元件(48)上的位置(96a、96b、96c)；
 - d) 一光學成像系統(34；134；234；334)，其配置在該光源(30)及該繞射光學元件(48)之間。
2. 如申請專利範圍第 1 項之照射系統，其中：
 - 該光學成像系統(34；134；234；334)具有一物件平面(36)及一影像平面(38)，該物件平面(36)成像於該影像平面(38)上；
 - 該光源(30)之一光出射窗(32)配置在該物件平面(36)中；及
 - 該繞射光學元件(48)配置在該影像平面(38)中。
3. 如申請專利範圍第 1 項之照射系統，其中該光學成像系統(34；334)在其物件側上及其影像側上為遠心。
4. 如申請專利範圍第 3 項之照射系統，其中該光學成像系統(34；334)包含至少三個具有折射或反射功率的光學元件(L1、L2、L3)。

5. 如申請專利範圍第 4 項之照射系統，其中該光學成像系統(34；334)包含兩個正透鏡(L1、L3)及一配置在兩個正透鏡之間的負透鏡(L2)。
6. 如申請專利範圍第 3 至 5 項中任一項之照射系統，包含一多光束折疊系統(100)，其配置在該光源(30)及該光學成像系統(334)之間。
7. 如申請專利範圍第 6 項之照射系統，其中該多光束折疊系統(100)包含複數個稜鏡(102、104、106)或平面反射鏡。
8. 如申請專利範圍第 7 項之照射系統，其中至少一個稜鏡(106)或反射鏡安裝在導軌(108)上，致使其可沿著該導軌固定在不同位置。
9. 如申請專利範圍第 1 項之照射系統，其中該光學成像系統(34；134；234；334)具有橫向放大率 β ，其中 $|\beta| > 1$ 。
10. 如申請專利範圍第 9 項之照射系統，其中該光學成像系統(34；134；234；334)具有橫向放大率 β ，其中 $|\beta| > 3$ 。
11. 如申請專利範圍第 10 項之照射系統，包含一光束收縮單元(110)，其配置在該光學成像系統(334)及該繞射光學元件(48)之間，且經組態以減少從該光學成像系統(334)中出現之準直光束的直徑。
12. 如申請專利範圍第 1 項之照射系統，其中該光學成像系統的所有光學元件配置在該照射系統的該光源及光束傳遞之間。

13. 如申請專利範圍第 1 項之照射系統，包含一位移機構(56)，其經組態以沿著與該照射系統(12)之光軸(OA)不平行的位移方向(X)位移該繞射光學元件(48)。
14. 一種一微影投影曝光設備(10)的照射系統，包含：
- a) 一光源(30)，其經組態以產生投影光(PL)；
 - b) 一光瞳平面(84)；
 - c) 一繞射光學元件(48)，其配置在該光源(30)及該光瞳平面(84)之間，致使投影光(PL)在該光瞳平面(84)中的輻照分布取決於投影光(PL)所照射之場在該繞射光學元件(48)上的位置(96a、96b、96c)；
 - d) 一光學成像系統(34；134；234；334)，其配置在該光源(30)及該繞射光學元件(48)之間；
 - e) 一多光束折疊系統(100)，其配置在該光源(30)及該光學成像系統(334)之間；
 - f) 其中該多光束折疊系統(100)包含複數個稜鏡(102、104、106)或平面反射鏡；以及
 - g) 其中該多光束折疊系統組態成致使多光束折疊系統中的光學路徑長度藉由位移一或多個稜鏡或平面反射鏡而調整。
15. 一種一微影投影曝光設備(10)的照射系統，包含：
- a) 一光源(30)，其經組態以產生投影光(PL)；
 - b) 一光瞳平面(84)；
 - c) 一繞射光學元件(48)，其配置在該光源(30)及該光瞳平面(84)之間，致使投影光(PL)在該光瞳平面(84)中的輻照分布取決於投影光(PL)所照射之場在該繞射光學元件(48)上的位置(96a、96b、96c)；

- d) 一光學成像系統(34；134；234；334)，其配置在該光源(30)及該繞射光學元件(48)之間；
- e) 其中一位移機構組態成改變該繞射光學元件與該場之相對空間配置，其中倘若該相對空間配置連續地改變，則該繞射光學元件所產生的繞射效應亦連續地改變。

八、圖式：

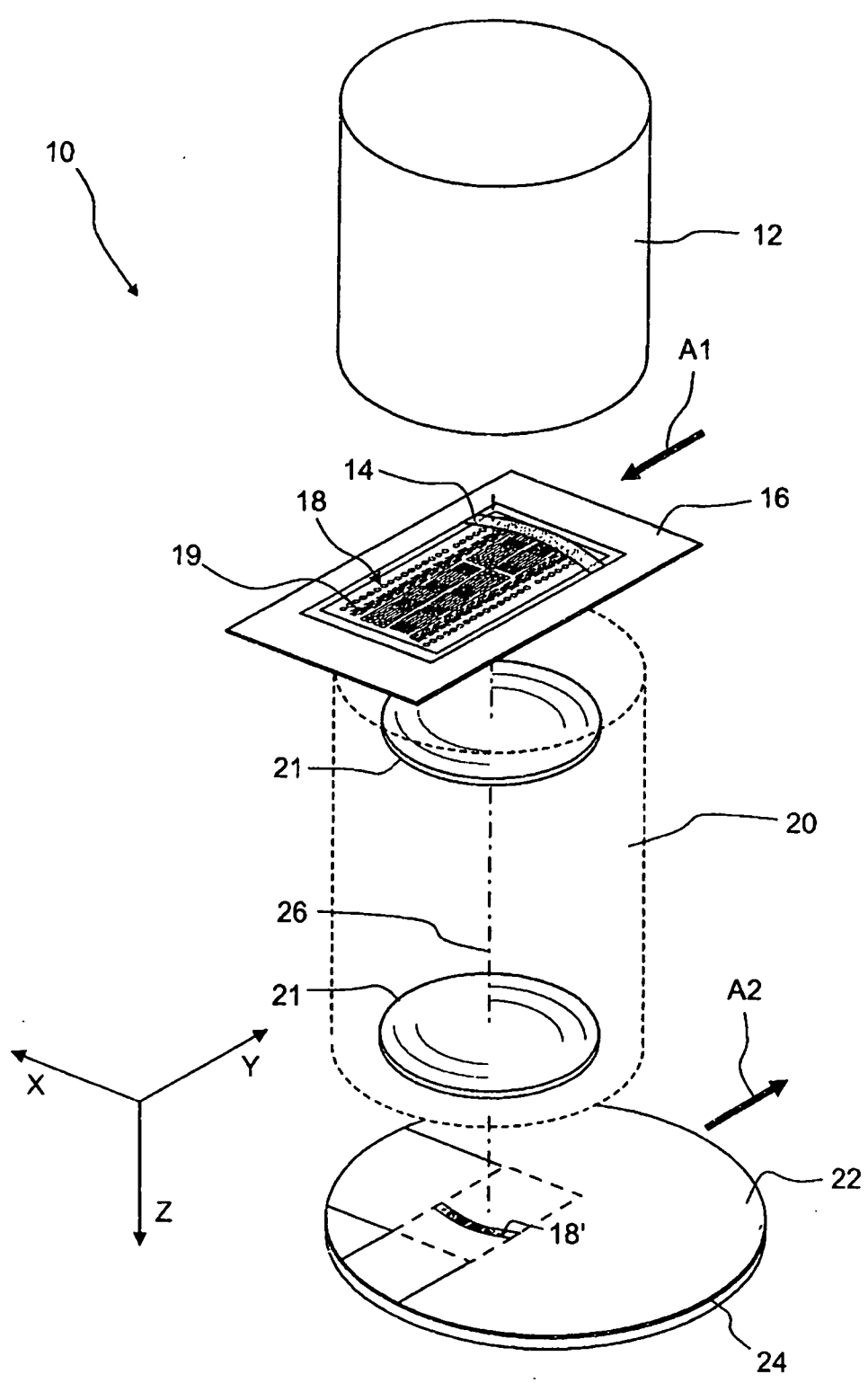


圖 1

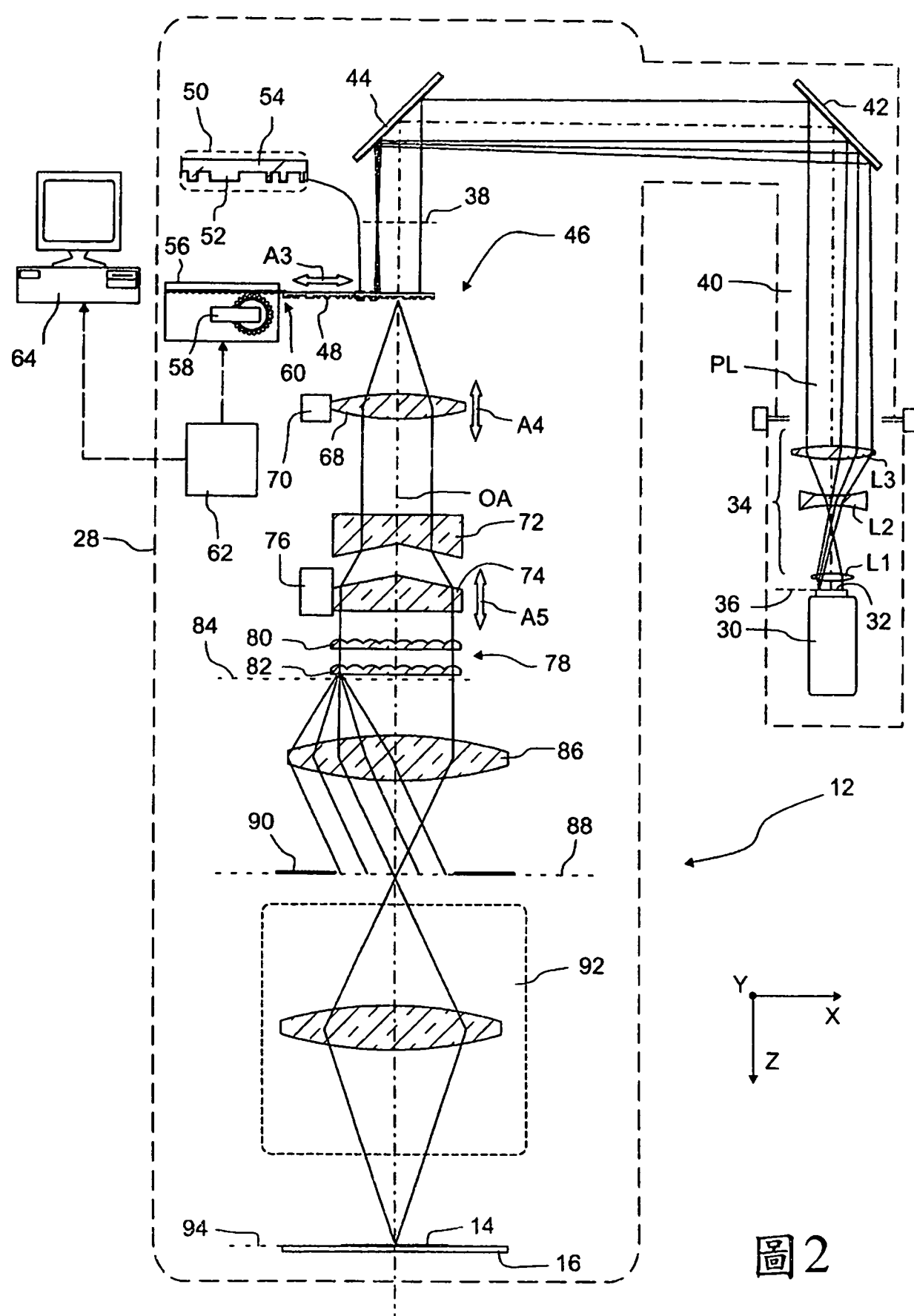


圖2

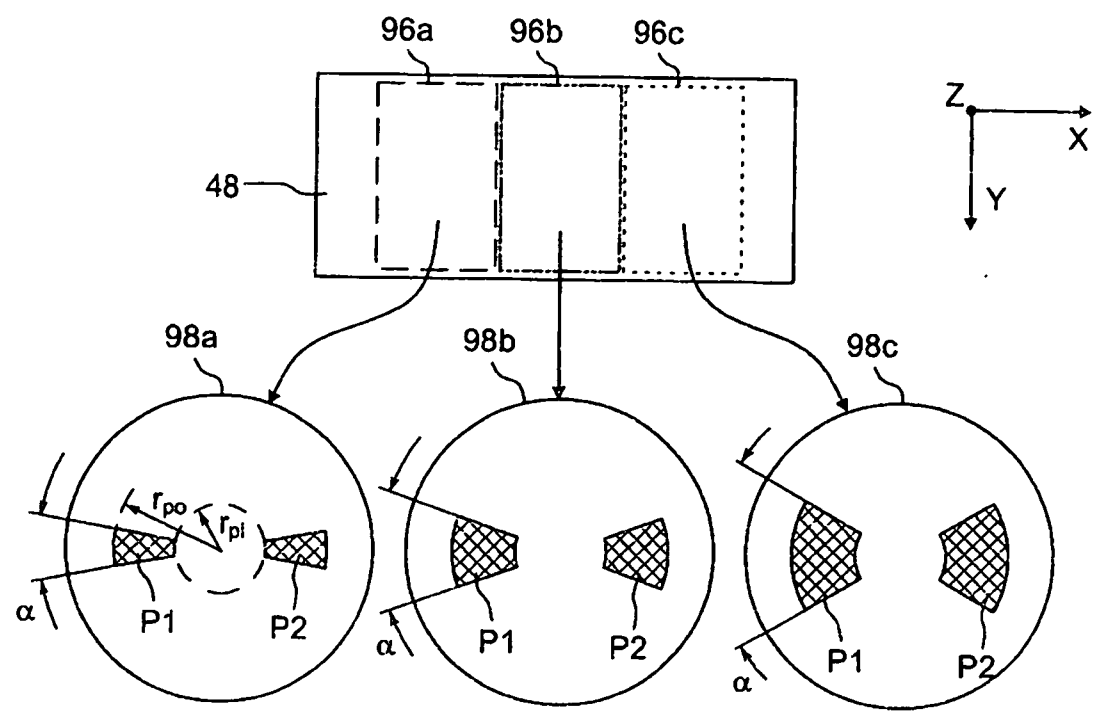


圖3

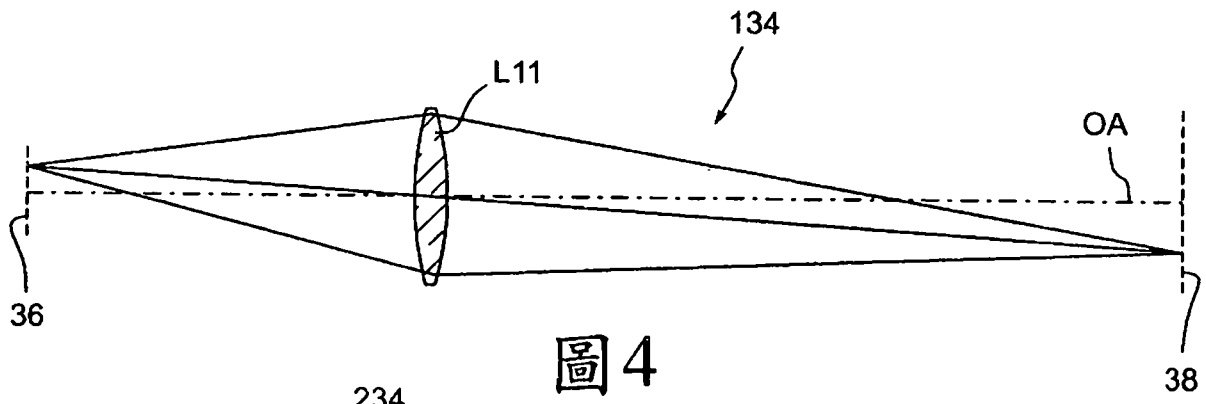


圖4

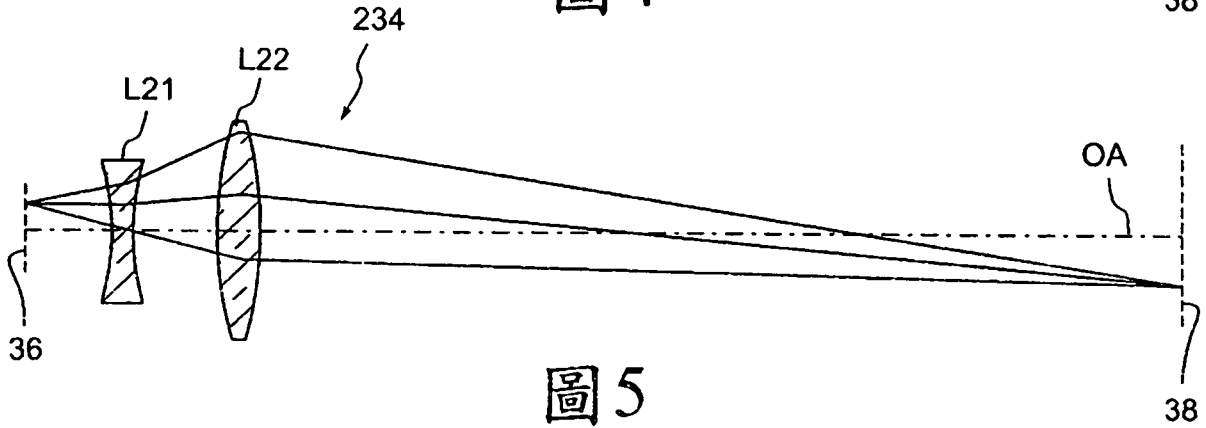


圖5

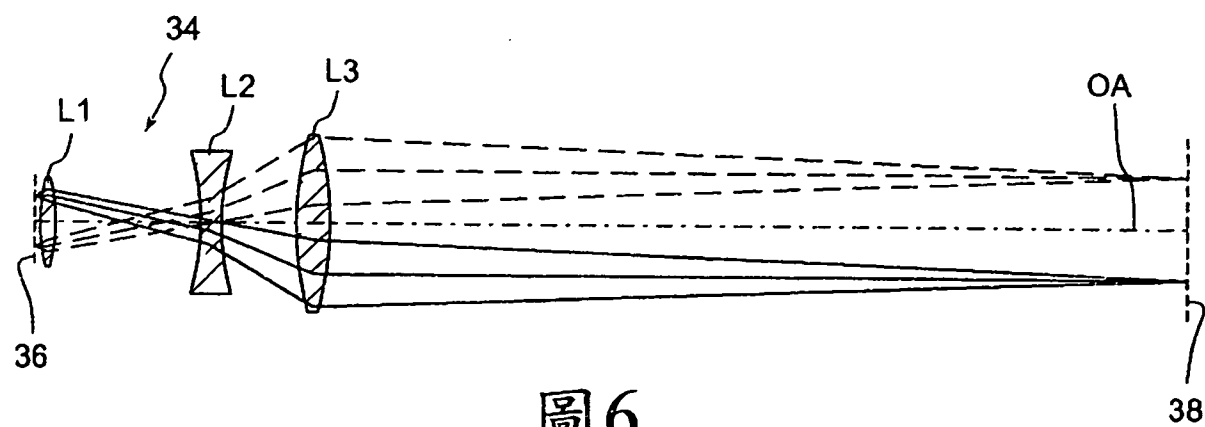


圖 6

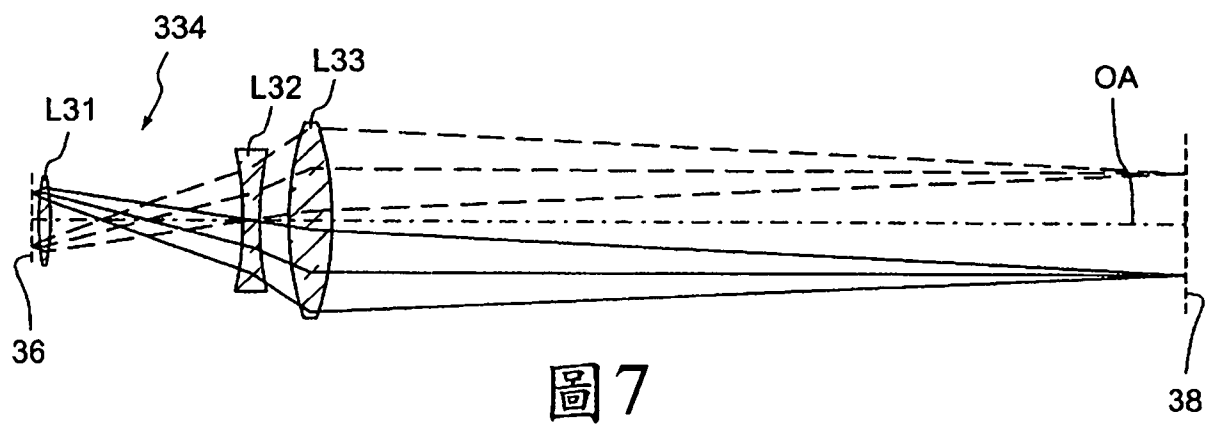


圖 7

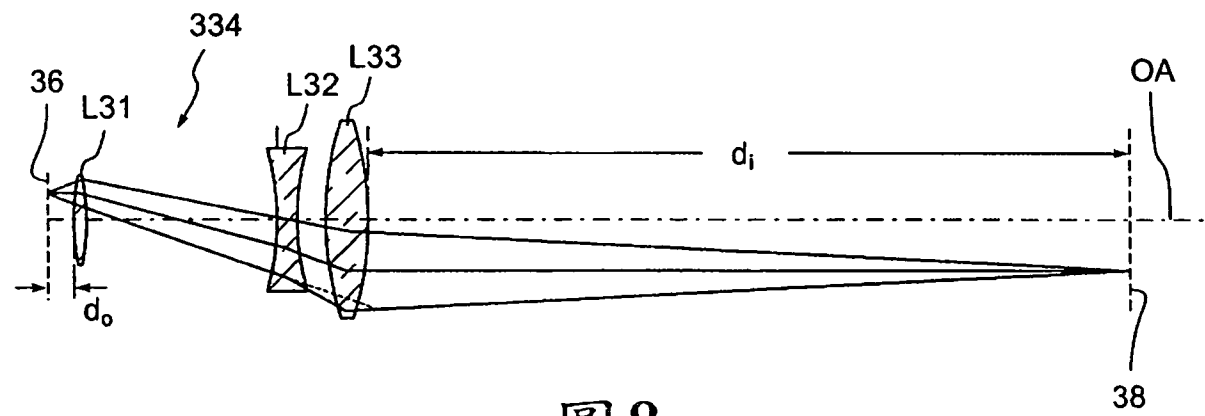


圖 8

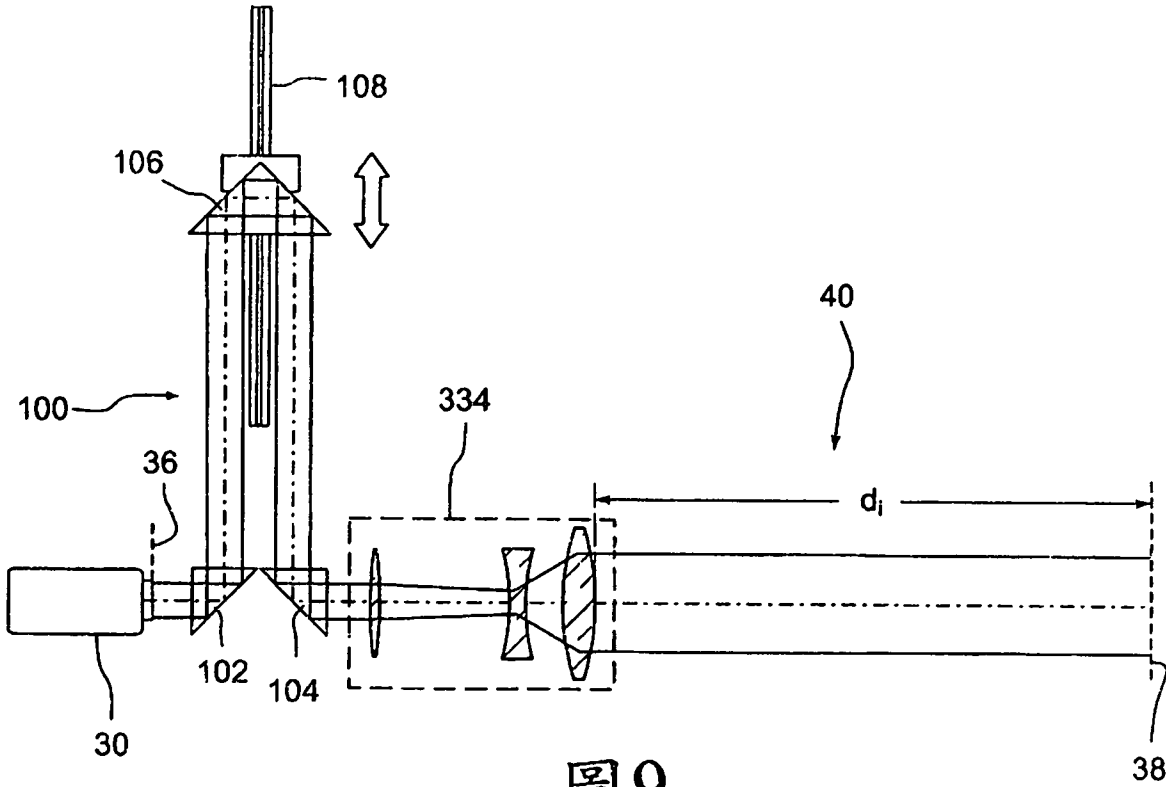


圖 9

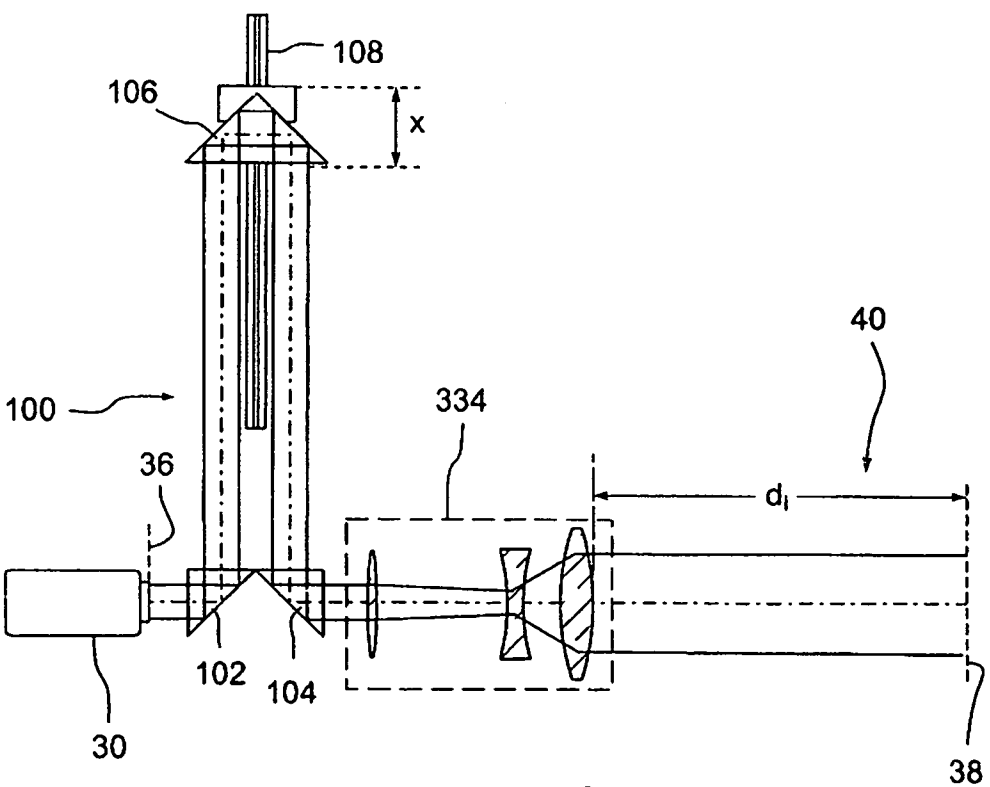


圖 10

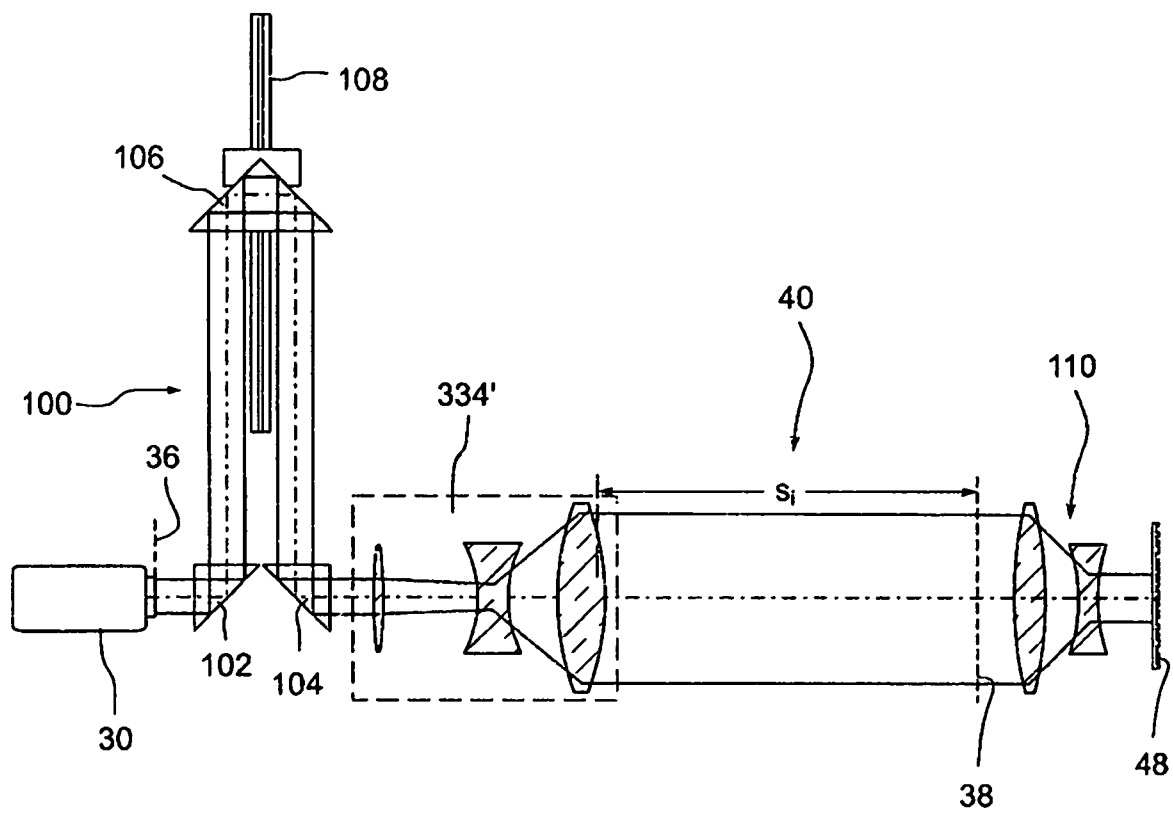


圖 11