

發明專利說明書

公告本

(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：96105706

G03B 27/68 (2006.01)

※ 申請日期：96年02月15日

※IPC 分類：G02B 13/24 (2006.01)

G03F 7/36 (2006.01)

H01L 21/62 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

微蝕刻技術投影光學系統,微蝕刻工具,微蝕刻生產之方法,以及微構造組件

MICROLITHOGRAPHY PROJECTION OPTICAL SYSTEM,
MICROLITHOGRAPHIC TOOL, METHOD FOR
MICROLITHOGRAPHIC PRODUCTION AND MICROSTRUCTURED
COMPONENT

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

卡爾蔡司SMT有限公司

CARL ZEISS SMT GMBH

代表人：(中文/英文)

1、安卓斯 柴勒爾 / ZEILER, ANDREAS

2、任司 艾弗特茲 / EVER TZ, JENS

住居所或營業所地址：(中文/英文)

德國奧柏柯程魯道夫艾伯街2號

Rudolf-Eber-Straße 2, D-73447 Oberkochen, Germany

國籍：(中文/英文)

德國 / DE

三、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文)

1、曼恩 漢斯-喬根 / MANN, HANS-JUERGEN

2、優瑞奇 威爾罕 / ULRICH, WILHELM

國籍：(中文/英文)

1、2 皆為德國 / DE

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：。

☒ 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：

1. 美國、 2006/04/07、 60/793,387
2. PCT/歐洲專利局、 2006/09/12、 PCT/EP2006/008869

☐ 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】

☐ 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：

一種微蝕刻技術投影光學工具，包含多數的光學元件被列設以將具有一波長 λ 的輻射從一物體平面中的物體場顯像至一影像平面中的影像場。該多數的光學元件具有一入射光瞳位在離該物體平面大於2.8米處。一通過該光學系統的輻射路徑係由相對於該物體平面之法線具有一 3° 或更大角度的主射線來特徵化。此將特別可容使用面移轉阻罩作為要被顯像的物體，尤其可供用於極紫外線(EUV)波長。

六、英文發明摘要：

A microlithography projection optical system (1100) comprises a plurality of optical elements (1110, 1120, 1130, 1140, 1150, 1160) arranged to image radiation having a wavelength λ from an object field in an object plane (103) to an image field in an image plane (102). The plurality of optical elements (1110, 1120, 1130, 1140, 1150, 1160).has an entrance pupil located more than 2,8 m from the object plane. A path of radiation through the optical system is characterized by chief rays having an angle of 3° or more with respect to the normal to the object plane. This in particular allows the use of face shifting masks as objects to be imaged, in particular for EUV wavelengths.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (10) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

102...影像平面

1100...投影物鏡

1106...孔隙光閘

1110~1160...鏡

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

發明領域

本揭露係有關微蝕刻技術投影光學系統，尤係有關一種投影物鏡，一種包含該光學系統的微蝕刻工具，一種使用該微蝕刻工具的微結構組件之微蝕刻製造方法，及以該方法製成的微結構組件。

【先前技術】

發明背景

10 投影物鏡係被廣泛使用於微蝕刻技術中，其可藉在一被設於一基材上的感光性材料層上形成一標線網的影像而將一圖案由該標線網移轉至該基材上。一般而言，投影物鏡可歸納成三種不同的類型：折光物鏡，反光物鏡，及折
15 射反光物鏡。折光物鏡係使用折射元件(例透鏡元件)將來自一物體平面的光顯像至一影像平面。反光物鏡係使用一反射元件(例如鏡元件)將來自一物體平面的光顯像至一影像平面。折反光物鏡則同時使用折射和反射元件兩者將來自一物體平面的光顯像至一影像平面。

物鏡，尤其是供使用於投影系統中者，係可由T. Jewell:
20 的“Optical system design issues in development of projection camera for for EUV lithography”, Proc. SPIE 2437(1995)中得知。其它的物鏡則可由EP 0730169A, EP 1730179A, EP 0730180A, EP 0790513A, US 5063586A, US 6577443A, US 6660552A,及US 6710917A等專利案來得知。

【發明內容】

發明概要

本發明之一目的，係針對可調適性來改良一微蝕刻投影光學系統，而不論是什麼類型的阻罩或待顯像標線網。

5 此目的係可由一種具有申請專利範圍第1項之特徵的光學系統來達成。

依據本發明，由於該光學系統的入射光瞳係位在離該物體平面大於2.8m處的特徵，故該等主射線會在該物體平面幾呈互相平行。在標線網之主射線方向的一致性將能減少或避免在標線網的屏蔽效應之場相關性。該等效應會導致投影物鏡之顯像性質例如解析度限制等不良的場相關性。因此，主射線方向的一致得能消滅該等與場有關的顯像特性，而可提供一遍及整場具有較佳一致性的影像。又，主射線係互相平行並平行於該物體平面的法線乃可容其使用相位移轉阻罩，尤其是要以EUV波長來顯像時。若該物體平面的法線與該等主射線之間具有一 3° 或更大的角度，將會使照明光徑與投影光徑分開。此可便於使用一反射性物體來被顯像。

10

15

通常，該光學系統的影像平面係平行於物體平面。該投影物鏡可包含四個以上或六個以上的反射元件。該投影物鏡可包含三、四、五、或六個元件，它們係為具有旋轉不對稱表面而被設在該輻射之路徑中的反射元件。該光學系統可在該影像平面處具有一場(field)，其最小曲率半徑為300mm。就該光學系統的子午線切面而言，該等主射線在

20

各元件表面上可具有一小於 20° 或小於 18° 或小於 15° 的最大入射角。由於其在該物體側的遠心性，故該光學系統會具有一入射光瞳位在無限遠處。顯像輻射可由一被置於物體平面處的物體反射。該物體可為一相位移轉阻罩。通常被置於該物體平面的物體係為一標線網，其會被該多數的元件顯像在該顯像平面。該光學系統可具有一 $4\times$ 的縮小率。該等元件將會被排列成能將該輻射顯像在一介於該物體平面和影像平面之間的中間影像平面。於此情況下，一場光閘乃可被提供設在或接近該中間影像平面。該投影物鏡可包含五個元件，而一中間影像平面會沿由該物體平面至影像平面的輻射路徑位於一第四元件與一第五元件之間。該物體和影像平面可被分開一大約 $1m$ 或更大的距離 L 。從該物體平面至影像平面的輻射光徑長度可約為 $2L$ 、 $3L$ 、 $4L$ 或更大。該投影物鏡可在該輻射路徑中包含至少一對相鄰的元件，而該對相鄰元件係分開大約 $0.5L$ 或更大。較佳的是，設在任一該等元件會造成在影像平面之射出光瞳的障礙。該等元件可包含四或更多的元件，它們具有大約 $25mm$ 或較小的餘寬。該四或更多的元件可具有大約 $5mm$ 或更大的餘寬。該多數元件可包含一第一鏡及一第二鏡，該第一和第二鏡與該物體平面分別具有一 d_1 和 d_2 的最小距離，其中該 d_1/d_2 係約為 2 或更大，或 d_1/d_2 係小於 2 。該等元件在由物體平面至影像平面的輻射路徑中包含一第一元件，而該第一元件具有正光學功率。該光學系統可包含一孔隙光閘設在該物體平面和影像平面之間。該光學系統之該多數元件可

包含三個元件，且該孔隙光閘可被設在由物體平面至影像平面的輻射路徑中位於第二和第三元件之間。或者，該孔隙光閘可被設在第二元件或第三元件處，或在該投影透鏡的某些其它位置處，例如介於第一和第二元件之間。該輻射可通過該孔隙光閘一次或兩次。一使用於本發明之光學系統5的輻射源乃可為一雷射輻射源，而具有一約300nm或更小，200nm或更小，100nm或更小的波長。

於一依據申請專利範圍第2項的遠心式光學系統中，在該物體平面處的主射線等會互相平行於某一偏差限度內。例如，該等主射線於物體平面處可在大約0.5°或更小(例如約0.4°或更小，約0.3°或更小，約0.2°或更小，約0.1°或更小，約0.05°或更小，0.01°或更小)以內互相平行。10

依據申請專利範圍第3項對物體平面之法線的主射線角會提供照明和投影光徑之間的良好分離。此角度愈大，則可在一指定距離更為分開。較好是，該等主射線與物體平面法線之間的角度係為5°或更大或者7°或更大。15

一依據申請專利範圍第4項的反射物體，尤其是一相位移轉罩。會更有利地發展該光學系統的可能性。

依據申請專利範圍第5項，本發明的投影物體係為一反光投影物體。該投影物體具有獨特的反射構件能被使用於20超短波長，特別是30nm以下的EUV波長。

在以下說明中，一依本發明之旋轉不對稱表面亦被稱為一自由式表面。不同於球面或非球面鏡，自由式表面並不具有一旋轉對稱軸。依據本發明的自由式表面不同於習

知用於EUV投影物體的非球面旋轉對稱鏡表面，該習知的非球面鏡表面係以一數學的泰勒(Taylor)展開式來描述，即具有一垂陷(sag)係由一 n 級的旋轉對稱多項式來指定。所有該等多項式之此泰勒展開式的中心點係由一共同的光軸來

5 界定。習知的鏡表面會以此一展開式來描述，因為該泰勒展開式係容易計算又容易最佳化，且目前已有許多製造該等鏡面的經驗。但是，發明人等知道該具有共同中心的泰勒展開式會導致一不良的畸變，其不能被減低至某一程度以下。此固有於旋轉對稱光學表面的畸變限制會被避免，

10 當依據本發明時有一該等光學表面會被作成自由式或旋轉不對稱表面。在一特殊實施例中，一自由式表面乃可為一呈鏡像對稱於該光學系統之子午線平面的表面。該旋轉不對稱表面與一依據申請專利範圍第6項之最適配旋轉對稱表面的偏差會使其有可能來消除較高的像差值，尤其是在

15 照明輻射之數倍波長的像差。

依據申請專利範圍第7項之該自由式表面的數學展開式能提供良好且可重製的反射表面之製造方法。於此展開式中， α 可為66。且， m 可包含偶整數。又， $m+n$ 可等於或大於10。

20 依申請專利範圍第8或9項的偏差乃能提供該物鏡之畸變的適當減少，其會比使用旋轉對稱光學表面所能達到的極限更低。該旋轉不對稱表面可在一或多個位置偏離該最適配旋轉對稱表面大約50nm或更多，大約100nm或更多，大約500nm或更多，或大約1000nm或更多。

依申請專利範圍第10項的鏡像對稱光學表面會減低該自由式光學表面的製造要求。

依申請專利範圍第11項之二具有光學表面的反射元件可導致較佳像差最小化的可能性，或使其可能達成此一像
5 差最小化的要求，且自由式表面可較不複雜地製造。該光學系統亦可具有三、四、五或六個自由式表面。

依申請專利範圍第12項之設有不多於兩個具有正主射線角放大率的反射元件之光學系統會在鏡上呈現一較低的入射線角度，故會在輸出端造成較低的像差。此亦會對使
10 用依申請專利範圍第13項之僅包含一具有正射線角放大性的反射元件之光學元件，尤其是具有至少一中間影像的系統同樣有效。

一依申請專利範圍第14項之光學系統的數值孔徑可容許一高解析度。在影像側的數值孔徑可高達0.25，0.28，
15 0.3，0.35，0.4或更大。

一依據申請專利範圍第15項之影像場尺寸能供在一微蝕刻投影裝置中有效率地使用該光學系統。該矩形場可具有一約2mm的最小尺寸，並可具有一約1mm或更大的第一尺寸及約1mm或更大的第二尺寸，其中該第一和第二尺寸
20 係呈正交且在該影像平面中所測得。此第二尺寸可為約10nm或更大，或約20nm或更大。

依申請專利範圍第16項之畸變及依申請專利範圍第17項的波前誤差會產生一投影品質，其只會被繞射，即被投射光的波長所限制。一具有此等低畸變的光學系統特別地

適合使用10至30nm範圍之間的EUV光源。

在依申請專利範圍第18項的下限中，平行的主射線會在物體表面處造成一高品質的遠心式光學系統。

一依申請專利範圍第19項的遠心光學系統可容忍一基
5 材的高度變化，因列設在該影像平面中的不平坦晶圓廓形可容許該影像平面的散焦而不會有任何放大率的改變。

一依申請專利範圍第20項的光學系統會造成非常高的解析度。其 θ/NA 之比可約為60或更小或50或更小。

一依申請專利範圍第17項之具有大約75mm或更小的
10 物像偏移之光學系統可導致該光學系統的細薄光學設計。該物像偏移係可約為50nm或更小，或約25nm或更小。在0物像元偏移的情況下，該光學系統能繞一相交該物場與像場之各中心場點的軸心來旋轉，而不會有中心場點平移。此在當所用的計量和測試工具需要旋轉該光學系統時會特
15 別有利。

一依申請專利範圍第22項之具有一輻射源的光學系統可藉使用至少一自由式表面而有利地促進像差最小化，因為在此輻射源之波長範圍內是可能減少像和畸變的。較好是，其波長係在由約10nm至15nm的範圍內。

20 依申請專利範圍第23項的光學系統，及依申請專利範圍第24和25項之微蝕刻工具等的優點，係對應於前述針對依申請專利範圍第1至22項中之光學系統中所提到者。它們對依申請專利範圍第26項之製造方法和第27項的組件亦同樣適用。

又，各種實施例可含有以下之一或多數的優點。例如，包含反光投影物鏡的實施例在影像平面處係為遠心的。此能在一影像側工作距離範圍內提供固定或近乎固定的影像放大率。

- 5 在某些實施例中，反光投影物鏡具有極高的解析度。例如，投影物鏡可具有能解析小於約50nm之結構物的能力。高解析度能在具有高影像側數值孔徑的投影物鏡中達成，它們係被設計來供在短波長(例約10nm至30nm)操作者。

- 10 投影物鏡能提供具有低像差的影像。在某些實施例中，投影物鏡會被針對大約 $30m\lambda$ 或更小的波前誤差來修正。在某些實施例中，投影物鏡會被針對大約2nm或更小值以下的畸變來修正。

- 15 實施例中包含反光物鏡其具有高數值孔徑，並能提供具有低影像畸變和低波前誤差的影像，且在影像平面遍及一較大的影像場會具有遠心性。這些特徵能藉使用一或多數的自由式鏡來達成。

- 20 在某些實施例中，投影物鏡量測試可被容易地進行，而不論該投影物鏡是否繞一轉軸旋轉。例如，投影物鏡的實施例(例如高NA投影物鏡)可具有較小或0物像偏移，其在當該投影物鏡繞該軸旋轉時只會造成很小或完全沒有中心場點的平移。故，當該投影物鏡旋轉時，其量測能在相同的場位置中重複地進行，而不必重設定該場位置。

實施例亦可包含反光投影物鏡其完全沒有與場相關的光瞳障礙或中心光瞳障礙。

投影物鏡的實施例可被調整以供在各種不同的波長操作，包括可見光及紫外線(UV)波長。各實施例能被調整以供在極紫外線(EUV)的波長操作。且，各實施例能被調整以供在多於一種的波長或在一波長範圍內使用。

- 5 反光投影物鏡的實施例能被使用於微蝕刻工具(例如微蝕刻掃描器)中，並能提供較低的超量掃描。低超量掃描可例如藉使用具有矩形影像場的投影物鏡來達成。在此等實施例中，該影像能被對準以使該矩形場的邊緣平行於晶粒設置位置的前緣，而不必超過該影像場的邊緣來掃描晶粒設置位置的前緣才能掃描該等位置的邊角，其典型為當
- 10 矩形或方形晶粒設置位置被相對於弧曲場來掃描的情況。

- 實施例包括具有較高產能的微蝕刻工具。例如，具有較低超量掃描的實施例會比具有較大超量掃描的同等系統更有效率。因此，該等低超量掃描的系統能比同等的系統
- 15 提供較高的晶圓產量。

- 在某些實施例中，反光投影物鏡會被提供，它們沒有或只有較低的屏蔽效應之場相關性。例如，反光投影物鏡可具有其入射光瞳位在遠離物體平面處(例在無限遠處)，而在物體場上提供主射線的均一照明角度。此乃可減少或避免當整個物體場中的主射線角不同時所產生的場致屏蔽效應。或可另擇或附加地，投影物鏡亦能具有較小值的主射線入射角度，及／或在投影物鏡之各鏡的子午線切面中之各射線入射角度的較小變化，而造成各鏡之一較高的平均反射率。
- 20

其它的特徵和優點將可由以下說明。圖式及申請專利範圍清楚得知。

所有全部或選自申請專利範圍或次申請專利範圍的特徵亦可被組合來形成特別有利的實施例。

5 圖式簡單說明

第1圖為一微蝕刻工具實施例的示意圖。

第2圖為第1圖所示的微蝕刻工具之一部份的示意圖。

第3圖為由一投影物鏡之一鏡的一部份被示於子午線切面的截面圖。

10 第4圖為在一具有正主射線角放大率之鏡的光徑示意圖。

第5圖為在一具有負主射線角放大率之鏡的光徑示意圖。

第6A圖為一鏡的足印圖。

第6B圖為第6A圖所示之鏡的截面圖。

第7A圖為一環段場實施例的平面圖。

15 第7B圖為一環段場相對於一對晶粒設置位置的平面圖。

第7C圖為一矩形場相對於一對晶粒設置位置的平面圖。

第8圖為第1圖所示之微蝕刻工具實施例的投影物鏡之示意圖。

第9圖為一投影物鏡的構件被示於子午線切面的截面圖。

20 第10圖為一投影物鏡被示於子午線切面的截面圖。

第11圖為一投影物鏡被示於子午線切面的截面圖。

第12圖為一投影物鏡被示於子午線切面的截面圖。

第13圖為含有第12圖所示之投影物鏡的光學系統之截面圖。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

於一概念中，本揭露係有關反光投影物鏡，其設有一或多數具有自由式鏡面的鏡(稱為自由式鏡)。賦具自由式鏡的反光投影物鏡可被使用於微蝕刻工具。請參閱第1圖，一微蝕刻工具100大致包含一光源110，一照明系統120，一投影物鏡101，及一平枱130。一笛卡爾座標系統會被示出以供參照。光源110會產生一波長為 λ 的輻射，並將該輻射之一光束112導至照明系統120。該照明系統120會與該輻射相互作用(例如擴張和均化)，並將該輻射之一光束122導至一被置於一物體平面103中的標線網140。

投影物鏡101會將由標線網140反射的輻射142顯像在一被置於一影像平面102中之基材150的表面上。在投影物鏡101之影像側上的輻射係被示為射線152。如第1圖所示，該等射線係僅供說明，而非欲予例如針對標線網140來精確地表示該輻射的光徑。基材150係被平枱130支撐，其會相對於投影物鏡101移動該基材150，以使投影物鏡101能將標線網140顯像至基材150的不同位置。

投影物鏡101包含一基準軸心105。在該投影物鏡相對於一子午線切面呈對稱的實施例中，該基準軸105會垂直於物體平面103並位於該子午線切面內。

光源110係被選來提供在該工具100之所需操作波長 λ 的輻射。在某些實施例中，光源110係為一雷射光源，譬如一KrF雷射(例具有約248nm的波長)或一ArF雷射(例具有約

193nm的波長)。可被使用的非雷射光源包括發光二極體(LEDs)，譬如能夠發出電磁光譜之藍光或UV部份，例約在365nm、280nm或227nm之輻射的LEDs。

典型地，對被設計來供操作於微蝕刻工具中的投影物鏡而言，其波長 λ 係在電磁光譜的紫外線部份，深紫外線部份或極紫外線部份。例如， λ 可為約400nm或更小(例如大約300nm或更小，約200nm或更小，約100nm或更小，約50nm或更小，約30nm或更小)。該 λ 可大於約2nm(例如約5nm或更大，約10nm或更大)。在實施例中， λ 可為約193nm，約157nm，約13nm，或約11nm。使用較短的波長可能會較佳，因為，通常一投影物鏡的解析度係大致對比於該波長。因此較短的波長可容一投影物鏡比一使用較長波長的同等投影物鏡解析在一影像中的更小特徵細構。但在某些實施例中， λ 亦可在電磁光譜的非紫外線部份中(例如在可見光部份)。

該照明系統120包含各光學構件被排列來形成一具有均勻度廓線的準直輻射束。照明系統120典型亦包含光束操縱元件以將光束122導至標線網140。在某些實施例中，照明系統120亦含有構件可提供該輻射束的所需偏振形態。

20 物體平面103係與影像平面102分開一距離 L ，其亦被為投影物鏡101的縱長尺寸，或軌跡長度。一般而言，此距離係取決於投影物鏡101的特定設計與工具100的操作波長。在某些實施例中，譬如在為EUV微蝕刻所設計的工具中，該 L 係在一由約1m至3m的範圍內(例如在大約1.5m至2.5m

的範圍內)。於特定實施例中，L會小於2m，譬如約1.9m或更小(例如約1.8m或更小，約1.7m或更小，約1.6m或更小，約1.5m或更小)。L可大於約0.2m或更大(例如約0.3m或更大，或0.4m或更大，約0.5m或更大，約0.6m或更大，約0.7m
5 或更大，約0.8m或更大，約0.9m或更大，約1m或更大)。

該顯像輻射之光徑長度對軌跡長度的比率會依該投影物鏡101的特定設計而改變。在某些實施例中，此光徑長度與軌跡長度之比可以較高。例如，該光徑長度對軌跡長度之比可約為2或更大(例如約2.5或更大，約3或更大，約3.5
10 或更大，約4或更大，約4.5或更大，約5或更大)。

投影物鏡101具有一放大率，其係指在物體平面103的場尺寸對影像平面102之對應場尺寸的比率。通常，使用於微蝕刻工具的投影物鏡係為縮小投影物鏡，意指它們會減少或縮小該影像的尺寸。故在某些實施例中，投影物鏡101
15 能在影像平面102造成一場，其尺寸相較於在物體平面103的尺寸會被縮小約2X或更多(例如約3X或更多，約4X或更多，約5X或更多，約6X或更多，約7X或更多，約8X或更多，約9X或更多，約10X或更多)。換言之，投影物鏡101能具有一大約2X或更多的縮小率(例如約3X或更多，約4X
20 或更多，約5X或更多，約6X或更多，約7X或更多，約8X或更多，約9X或更多，約10X或更多)。但，更常見的是，投影物鏡亦可被設計來提供一放大的影像或一與該物體相同尺寸的影像。

亦請參閱第2圖，該等射線152會界定一光徑的圓錐，

其會形成在影像平面102處的標線網影像。該等射線圓錐的角度係有關於投影物鏡101的影像側數值孔徑(NA)。影像側NA可被示為：

$$NA = n_0 \sin \theta_{\max},$$

- 5 其中 n_0 係指鄰接該基材150表面之浸潤介質(例如空氣、氮、水或抽空環境)的折射率，而 $\theta_{\max}$ 為來自投影物鏡101之最大影像形成射線圓錐的半角。

通常，投影物鏡101可具有一影像側NA約為0.1或更大(例如約0.15或更大，約0.2或更大，約0.25或更大，約0.28
10 或更大，約0.3或更大，約0.35或更大)。在某些實施例中，投影物鏡101會具有一較高的影像側NA。例如，在某些實施例中，投影物鏡101具有一大於0.4(例如約0.45或更大，約0.5或更大，約0.55或更大，約0.6或更大)的影像側NA。一般而言，投影物鏡101的解析度會依波長 λ 和影像側NA
15 而改變。若不希望被理論所囿限，一投影物鏡的解析度係可如下列公式依據波長和影像側NA來決定：

$$R = k \frac{\lambda}{NA},$$

其中 R 是能被印刷的最小尺寸，而 k 為一無尺寸常數稱為製程係數。 k 會隨著該輻射附帶的各種因素(例如偏差振化性質)，照明特性(例如部份同調，環狀照明，雙極設置，四極
20 設置等)，及光阻材料等而改變。通常， k 係在一約0.4至0.8的範圍內，但針對某些特定用途亦可低於0.4或高於0.8。

投影物鏡101在該影像平面亦正常為遠心的。例如，該

等主射線可歷經整個曝光場而由在影像平面處的互相平行
偏差約 0.5° 或更小(例如約 0.4° 或更小, 約 0.3° 或更小, 約 0.2°
或更小, 約 0.1° 或更小, 約 0.05° 或更小, 約 0.01° 或更小,
約 0.001° 或更小)。故, 投影物鏡101能遍及一影像大小工作
5 距離的範圍來提供幾乎固定的放大率。在某些實施例中,
該等主射線係標定為正交於影像平面102。故, 該晶圓表面
的不平坦廓形或散焦並不一定會在影像平面造成畸變或屏
蔽效應。

在某些實施例中, 投影物鏡101具有較高的解析度(即
10 其 R 值可以較小)。例如, 該 R 可為約150nm或更小(例如約
130nm或更小, 約100nm或更小, 約75nm或更小, 約50nm
或更小, 約40nm或更小, 約35nm或更小, 約32nm或更小,
約30nm或更小, 約28nm或更小, 約25nm或更小, 約22nm
或更小, 約20nm或更小, 約18nm或更小, 約17nm或更小,
15 約16nm或更小, 約15nm或更小, 約14nm或更小, 約13nm
或更小, 約12nm或更小, 約11nm或更小, 譬如約10nm)。

由投影物鏡101所形成的影像品質能以許多不同的方
式來量化, 例如, 影像可以依據其與使用高斯(Gaussian)光
學元件之理想化狀態影像所測出或算出的差異來被特徵
20 化。這些差異通常稱為相差。一種用來量化一波前與該理
想或所需形狀之偏差的量測標準係為均方根波前誤差
(W_{rms})。 W_{rms} 係被定義於Michael Bass(McGraw-Hill, Inc.,
1995)所編纂的“Handbook of Optics”, Vol. I, 2nd Ed., 中的35.3
頁處, 其內容併此附送參考。一般而言, 一物鏡的 W_{rms} 值愈低,

則該波前與其所需或理想形狀的偏差愈小，而該影像的品質愈佳。在某些實施例中，投影物鏡101對在影像平面102的影像可具有一較小的 W_{rms} 。例如，投影物鏡101可具有一大約 0.1λ 或更小的 W_{rms} (例如約 0.07λ 或更小，約 0.06λ 或更小，約 0.05λ 或更小，約 0.045λ 或更小，約 0.04λ 或更小，約 0.035λ 或更小，約 0.03λ 或更小，約 0.025λ 或更小，約 0.02λ 或更小，約 0.015λ 或更小，約 0.01λ 或更小，約 0.005λ 或更小)。

另一種可被用來評估影像品質的量測標準係稱為場曲度。場曲度係指該焦點平面依場點而定之位置的峰頂至谷底距離。在某些實施例中，投影物鏡101對在影像平面102的影像可具有一較小的場曲度。例如，投影物鏡101可具有一大約50nm或更小的影像側場曲度(例如約30nm或更小，約20nm或更小，約15nm或更小，約12nm或更小，10nm或更小)。

又另一種可被用來評估該光學性能的量測試標準係稱為畸變。畸變係指在該影像平面中與理想影像點位置之依場點而定的最大偏差絕對值。在某些實施例中，投影物鏡101可具有一較小的最大畸變。例如，投影物鏡101可具有一約50nm或更小的最大畸變(例如約40nm或更小，約30nm或更小，約20nm或更小，約15nm或更小，約12nm或更小，約10nm或更小，約9nm或更小，約8nm或更小，約7nm或更小，約6nm或更小，約5nm或更小，約4nm或更小，約3nm或更小，約2nm或更小，譬如1nm)。

又，在某些實施例中，畸變可在整個影像場中以一較

小之量來改變。例如，畸變能歷經該影像場而改變約5nm或更小(例如約4nm或更小，約3nm或更小，約2nm或更小，約1nm或更小)。

5 因係為一反光系統，該投影物鏡101會包含多數的鏡被排列來將由標線網140反射的輻射以一能在基材150表面上形成一標線網140影像的方式導至該基材150。投影物鏡的特定設計會被描述於後。但通常該等鏡的數目、大小和結構大致係取決於該投影物鏡101的所需光學性質和工具100的物理性限制。

10 一般而言，在投影物鏡101中之鏡的數目係可改變。典型地，鏡的數目係有關於該物鏡之光學性能特性的各種不同性能之折衝妥協，譬如所需的產能(例如來自該物體的輻射強度，其會在影像平面102上形成該影像)，所需的影像側NA和相關的影像解析度，及所需的最大光瞳障礙。

15 一般而言，投影物鏡101具有至少四個鏡(例如五或更多個鏡，六或更多個鏡，七或更多個鏡，八或更多個鏡，九或更多個鏡，十或更多個鏡，十一或更多個鏡，十二或更多個鏡)。在最好將該物鏡的所有各鏡全部設在物體平面與影像平面之間的實施例中，該物鏡101典型會具有偶數個
20 鏡(例如四個鏡，六個鏡，八個鏡，十個鏡)。在某些實施例中，雖該投影物鏡之全部的鏡皆被設於物體平面與影像平面之間，一奇數的鏡亦能被使用。例如，若有一或更多的鏡被斜傾呈較大角度，則一投影物鏡可包含一奇數的鏡，其中所有的鏡皆被置於該物體平面與影像平面之間。

通常，在投影物鏡101中會至少有一鏡具有一自由式表面。不同於球面或非球面鏡，自由式鏡面並沒有旋轉對稱軸。通常，一自由式表面會偏離於一最適配的旋轉對稱表面(例如一球形或非球狀表面)。旋轉對稱基準面乃可如下地

5 針對一自由式鏡面來被決定。首先，該人會獲得界定所考量之該自由式鏡面的資訊。在該鏡之光學資料已知的實施例中，此資訊包括決定該鏡的基本半徑(例如 $1/c$ ，其中 c 為峰頂曲率)，該鏡之一錐形常數 k ，及界定該鏡的多項式係數。或可另擇或附加地，界定該鏡的資訊可由該鏡面之一

10 表面形態測量值來獲得(例如使用一干涉計來獲得)。一表面形態測量值能提供描述該鏡表面之一函數 $z'(x', y')$ ，其中 z' 係為沿著 z' 軸之不同 (x', y') 座標的鏡面垂陷，如第2B圖中所示。該最初的步驟亦包括決定該鏡的足印，其係指該鏡面實際用來反射該物鏡中之影像形成輻射的面積。該足印

15 可藉使用一射線描跡程式來描示穿過該物鏡的射線，並攫取被該等射線所接觸的鏡面積而來決定。

在獲得界定該旋轉不對稱表面的資訊之後，該表面之一局部的座標系統會被建立，其中該表面的偏心量和斜傾為0。設定該表面的斜傾和偏心量能給一最佳化算法一個良好界定的超始點來決定該基準表面並亦可界定一軸 z' ，沿

20 該 z' 軸則該鏡面與基準表面之間的垂陷差將能被決定。若該鏡面的光學資料已知，則該 z' 軸可依據該錐形常數 k 和基本半徑 $1/c$ 來決定。對該光學資料的旋轉對稱部份而言，該 z' 軸係為該旋轉不對稱表面之旋轉對稱部份的對稱軸。

在該鏡面是由一表面形態測量值來界定的實施例中，該 z' 軸會相當於量測試軸(例如干涉計的光軸)。第2B圖示出一旋轉不對稱鏡201之一二維截面的座標，該局部座標系統係以 x' 、 y' 和 z' 軸來表示。該旋轉不對稱鏡201的足印邊界

5 在第2B圖的截面中係被示為 $x_{\min}$ 和 $x_{\max}$ 。

一初始基準面嗣會針對該座標系統來建立。該初始基準面具有0斜傾和0偏心量。該初始基準面係可為一球面或一旋轉對稱的非球面。該初始基準面係藉指定一近似該旋轉不對稱鏡面的旋轉對稱表面來建立。該初始基準面代表

10 一最佳化算法的起始點。當該初始基準面建立後，一沿該局部座標系統之 z' 軸來測試量之該初始基準面的許多點與該旋轉不對稱表面足印表面上的點之間的局部距離 $b_i(i=1\dots N)$ 會被決定。嗣，該旋轉對稱基準面(第2B圖中的表面211)會藉使用許多試配參數與一試配算法來決定該等局部

15 距離(d_i)之最小值而被建立。假使該旋轉對稱基準面係為一球面，則該等參數包括該球體中心在該局部座標系統內的位置，及該基準面的半徑。在第2B圖中，該球體中心與該座標系統原點偏離係以座標值 x_c 和 z_c 來表示(沿 y' 軸的偏心量 y_c 並未示於第2B圖中)。該球面的半徑係被指定為 R 。該

20 等參數 R 、 x_c 、 y_c 和 z_c 會被依據下列公式來最佳化，以提供該等局部距離的最小值：

$$z' = (R^2 - (x' - x_c)^2 - (y' - y_c)^2)^{1/2} - z_c,$$

此係為針對一中心在座標(x_c 、 y_c 、 z_c)而半徑為 R 之球面的公式。

若該旋轉對稱基準面係為一非球面，則該等參數可包括該基準表面的偏心量和斜傾，基本半徑，錐形常數，和非球狀係數。這些參數能依據下列公式來決定：

$$z' = \frac{c' h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k') c'^2 h^2}} + \sum_j A'_j h^{2j},$$

5 此係為一描示錐形及非球狀表面的公式。其中， $h^2 = x'^2 + y'^2$ ，而 A'_j 為界定該旋轉對稱基準面與一錐面之偏差的係數。一般而言，用以將該基準面試配於鏡面之非球狀係數 A'_j 的數目，係可依據被用來計算該表面的系統之運算能力，可用的時間，及所需的精確程度而來改變。在某些實施例中，該基準面能被用高達第三級的非球狀係數來計算。在某些實施例中，比第三級更高的係數(例如第四級、第六級)會被使用。對錐形及非球狀表面之參數化的更多論述乃請例如參見可由Optical Research Associates(Pasadena, CA)取得的Code V產品說明書。

15 一般而言，試配能被使用多種的最佳化算法來進行。例如，在某些實施例中，一最小平方數試配算法，譬如一逐減的最小平方數試配算法，將會被使用。逐減最小平方數試配算法可例如使用市售的光學設計軟體，譬如Code V或ZEMAX(可由Optima Research, Ltk., Stansted, United Kingdom購得)來進行。

20 在該旋轉對稱基準面被決定之後，該鏡面上之更多點之間的局部距離將能被決定並可見化。該旋轉對稱基準面的更多其它特性可被決定。例如，該旋轉對稱基準面與旋

轉非對稱鏡面的最大偏差能被決定。

一自由式表面可具有一與最適配球面的最大偏差，例如大約 λ 或更大(例如約 10λ 或更大，約 20λ 或更大，約 50λ 或更大，約 100λ 或更大，約 150λ 或更大，約 200λ 或更大，約 500λ 或更大，約 1000λ 或更大，約 10000λ 或更大，約 50000λ 或更大)。一自由式表面可具有一與一最適配旋轉對稱非球面的最大偏差，其約為 λ 或更大(例如約 5λ 或更大，約 10λ 或更大，約 20λ 或更大，約 50λ 或更大，約 100λ 或更大，約 200λ 或更大，約 500λ 或更大，約 1000λ 或更大，約 10000λ 或更大)。在某些實施例中，一自由式表面可具有一與最適配旋轉對稱非球面的最大偏差，其係約為 1000λ 或更小(例如約 900λ 或更小，約 800λ 或更小，約 700λ 或更小，約 600λ 或更小，約 500λ 或更小)。

在某些實施例中，自由式表面具有一與一最適配球面的最大偏差，其係為 10nm 或更大(例如約 100nm 或更大，約 500nm 或更大，約 $1\mu\text{m}$ 或更大，約 $5\mu\text{m}$ 或更大，約 $10\mu\text{m}$ 或更大，約 $50\mu\text{m}$ 或更大，約 $100\mu\text{m}$ 或更大，約 $200\mu\text{m}$ 或更大，約 $500\mu\text{m}$ 或更大，約 $1000\mu\text{m}$ 或更大，約 $2000\mu\text{m}$ 或更大，約 $3000\mu\text{m}$ 或更大)。自由式表面可具有一與一最適配球面的最大偏差，其約為 10nm 或更小(例如約 5nm 或更小，約 3nm 或更小，約 2nm 或更小，約 1nm 或更小，約 $500\mu\text{m}$ 或更小)。

自由式表面可具有一與一最適配旋轉對稱非球面的最大偏差，其約為 10nm 或更大(例如約 100nm 或更大，約 500nm 或更大，約 $1\mu\text{m}$ 或更大，約 $5\mu\text{m}$ 或更大，約 $10\mu\text{m}$ 或更大，

約50 μm 或更大，約100 μm 或更大，約200 μm 或更大，約500 μm 或更大，約1000 μm 或更大)。自由式表面可具有一與一最適配旋轉對稱非球面的最大偏差，其約為10nm或更小(例如約5nm或更小，約3nm或更小，約2nm或更小，約1nm或更小，約500 μm 或更小)。

該等鏡面的曲率係以一第一和第二平均主曲率來界定，它們會在各鏡面上反射中心場點的主射線之點處來被決定。第一和第二主曲率係如I.N.Bronttein等人之第四版(Springer, 2004)的Handbook of Mathematics中第567頁所述地來計算。通常，一鏡第一主曲率可不同於其第二主曲率。在某些實施例中，該第一和第二主曲率之差的絕對值可約為 10^{-8} 或更大(例如約 10^{-7} 或更大，約 5×10^{-7} 或更大，約 5×10^{-6} 或更大，約 5×10^{-6} 或更大，約 5×10^{-5} 或更大，約 5×10^{-5} 或更大，約 5×10^{-4} 或更大，約 5×10^{-4} 或更大，約 5×10^{-3} 或更大)。

一般而言，該第一及／或第二主曲可以為正值或負值。一鏡面的第一及／或第二主曲率可以相對地較小。例如，於某些實施例中，在投影物鏡101中之一或多個鏡的第一主曲率之絕對值係約為 10^{-2} 或更小(例如約 5×10^{-3} 或更小，約 3×10^{-3} 或更小，約 2×10^{-3} 或更小，約 10^{-3} 或更小)。在投影物鏡101之各鏡的第一主曲率之和的絕對值可為約 10^{-3} 或更小(例如約 5×10^{-4} 或更小，約 3×10^{-4} 或更小，約 2×10^{-4} 或更小，約 10^{-4} 或更小， 5×10^{-5} 或更小， 10^{-5} 或更小)。

在某些實施例中，該投影物鏡101中之一或多個鏡的第二主曲率之絕對值係為約 10^{-2} 或更小(例如約 5×10^{-3} 或更

小，約 3×10^{-3} 或更小，約 2×10^{-3} 或更小，約 10^{-3} 或更小)。在投影物鏡101中之各鏡的第二主曲率之和的絕對值可約為 10^{-3} 或更小(例如約 5×10^{-4} 或更小，約 3×10^{-4} 或更小，約 2×10^{-4} 或更小，約 10^{-4} 或更小， 5×10^{-5} 或更小， 10^{-5} 或更小)。

5 在投影物鏡101中之各鏡的第一與第二主曲率之和可以相對地較小。例如，該等鏡之第一與第二主曲率的和之絕對值可為約 10^{-3} 或更小(例如約 5×10^{-4} 或更小，約 3×10^{-4} 或更小，約 2×10^{-4} 或更小， 10^{-4} 或更小， 5×10^{-5} 或更小， 10^{-5} 或更小)。

10 在某些實施例中，自由式鏡面能以下列公式來數學式地描述：

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{j=2}^{66} C_j X^m Y^n,$$

其中

$$j = \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1$$

15 而Z係為該平行於一Z軸(其可以或並不平面行於投影物鏡101中的基準軸105，即通常會偏心並傾斜於投影物鏡101中的基準軸105)之表面的垂陷，c為一對應於峰頂曲率的常數，k為一錐形常數，而 C_j 是該單項式 $X^m Y^n$ 的係數。通常，該等c，k和 C_j 會依據該鏡對投影物鏡101的所需光學性質來
20 決定。又，該單項式的級數 $m+n$ 係可依需要來改變。一般而言，一較高級數的單項能提供一具有較高程度像差校正的投影物鏡設計，但是，較高級數的單項典型需要更多的

運算來決定。在某些實施例中， $m+n$ 係為10或更大(例如15或更大，20或更大)。如下所述，該自由式鏡公式的參數可以使用市售的光學設計軟體來決定。在某些實施例中， $m+n$ 係小於10(例如9或更小，8或更小，7或更小，6或更小，5或更小，4或更小，3或更小)。

通常，自由式表面可使用不同於上述的公式來數學式地表示。例如，在某些實施例中，自由式表面可使用Zernike多項式(例如CODE V[®]的說明書中所示者，其可由Optical Research Associates, Pasadena, CA購得)，或使用二維栓槽表面來數學式地描述。二維栓槽表面之例係如Bezier栓槽或不一致旋轉Bezier栓槽(NURBS)。二維栓槽表面能被以一在x-y平面中之各點的格網和對應的z值或斜率及該各點等來描述。依據栓槽表面的特定種類而定，其整個表面可藉使用例如針對連續性或可辨性具有某些特定性質的多項式或函數(譬如分析函數)在該等格點之間進行特定的插入法而來獲得。

一般而言，在投影物鏡101中之自由式鏡的數目和位置可以改變。實施例包括具有二或更多自由式鏡(例如三或更多個自由式鏡，四或更多個自由式鏡，五或更多個自由式鏡，六或更多個自由式鏡)的投影物鏡。

投影物鏡101通常包含一或多個具有正光學功率率的鏡。換言之，該鏡的反射部份具有一凹曲表面，故被稱為一凹面鏡。投影物鏡101可包含二或更多個(例如三或更多個，四或更多個，五或更多個，六或更固)凹面鏡。投影物

鏡101亦可包含一或多個具有負光學功率的鏡。此即是說一或多個該鏡有一反射部份具有凸曲表面(稱為一凸面鏡)。在某些實施例中，投影物鏡101包含二或更多個(例如三或更多個，四或更多個，五或更多個，六或更多個)凸面鏡。

5 請參閱第10圖，一實施例的投影物鏡1100包含六個鏡1110、1120、1130、1140、1150、1160，並具有一影像側數值孔徑係為0.35，及一13.5nm的操作波長。各鏡1110、1120、1130、1140、1150、1160全部皆為自由式鏡。該投影物鏡1100的資料係呈現於後示的表1A和1B中。表1A呈現
10 光學資料，而表1B呈現該各鏡面的自由式常數。針對表1A和1B的目的，各鏡的相關代號如下：鏡1(M1)對應於鏡1110；鏡2(M2)對應於鏡1120；鏡3(M3)對應於鏡1130；鏡4(M4)對應於鏡1140；鏡5(M5)對應於鏡1150；鏡6(M6)對應於鏡1160。在表1A及後續之表中的“厚度”係指在輻射路徑
15 中之相鄰元件間的距離。該等自由式鏡的單項式係數 C_j ，以及該鏡由一最初投影物鏡設計偏心和旋轉(或斜傾)的量，係被提供於表1B中。半徑R係為峰頂曲率 c 的倒數。偏心量係以mm計，而旋轉量係以度計。該單項式係數的單位則為 mm^{j+1} 。Nradus係為一無單位的計量因數(例請參見
20 CODE V 的說明書)。

在第10圖中，投影物鏡1100係被示於子午線切面。該子午線平面是投影物鏡1100之一對稱平面。繞該子午平面的對稱性係如同該等鏡僅相對於y軸偏心並繞該x軸斜傾。又，在x座標具有奇數次方(例如 x ， x^3 ， x^5 等)的自由式鏡之

係數為0。

投影物鏡1100會將來自物體平面103的輻射以4X的縮小率顯像至影像平面102。該物鏡1100的軌跡長度為2000mm，而顯像輻射的光徑長度為5337mm。因此，該光
5 徑長度對軌跡長度的比係大約為2.67。投影物鏡1100具有一孔隙光閘1106設在鏡1120處。

投影物鏡1100的入射光瞳係位在無限遠處。在物體平面103的中心場點之主射線角為7°。在物體平面103的主射線角的最大變化係小於0.06。投影物鏡1100在物體側是遠心的。
10 的。

投影物鏡1100具有一矩形場。其影像側場寬度 d_x 係為26mm。其影像側場長度 d_y 為2mm。投影物鏡1100具有31mm的物像偏移。

該投影物鏡1100的性能包括一 0.025λ 的影像側 W_{rms} 。
15 影像側場曲度係為10nm。投影物鏡1100會提供一介於鏡1140與1150之間的中間影像。

在該輻射路徑中物體平面103至影像平面102依順序之各鏡的光學功率係如下：鏡1110具有正光學功率；鏡1120具有正光學功率；鏡1130具有負光學功率；鏡1140具有正
20 光學功率；鏡1150具有負光學功率；鏡1160具有正光學功率。

各鏡之足印的尺寸被示為 $M_x \times M_y$ 係如下：鏡1110為291mm×195mm；鏡1120為159mm×152mm；鏡1130為157mm×53mm；鏡1140為295mm×66mm；鏡1150為105mm×86mm；鏡1160為345mm×318mm。

各鏡1110、1120、1130、1140、1150、1160之中心場點的主射線入射角係分別為 4.38° ， 4.03° ， 18.37° ， 7.74° ， 12.64° ，及 5.17° 。在各鏡1110、1120、1130、1140、1150、1160之子午線切割面上的最大入射角 $\theta_{\max}$ 係分別為 6.48° ， 6.44° ， 20.05° ， 9.12° ， 21.76° ，和 7.22° 。各鏡1110、1120、1130、1140、1150、1160的 $\triangle\theta$ 係分別為 4.27° ， 4.92° ， 4.09° ， 3.12° ， 19.37° ，和 4.61° 。

鏡1110、1150和1160具有大於5mm而小於25mm的餘寬。鏡1140具有正主射線角放大率，而鏡1110、1120、1130、1150具有負主射線角放大率。

設投影物鏡1100的影像側自由工作距離為25mm。其物體側自由工作距離為163mm。

在投影物鏡1100中， d_{op-1}/d_{op-2} 為6.57。又，相鄰的鏡對1040和1050會被分開大於該投影物鏡之軌跡長度的50%。且，在鏡1110與物體平面103之間的距離係大於該投影物鏡之軌跡長度的50%。

投影物鏡1100的數據資料係被示於下列的表1A和表1B中。表1A呈示光學資料，而表1B呈示該各鏡面的非球狀常數。針對表1A和1B的目的，該各鏡的相關代號如下：鏡1(M1)對應於鏡1110；鏡2(M2)對應於鏡1120；鏡3(M3)對應於鏡1130；鏡4(M4)對應於鏡1140；鏡5(M5)對應於鏡1150；鏡6(M6)對應於鏡1160。

表面	半徑(mm)	厚度(mm)	型式
物體	無限大	1070.002	
鏡1	-2069.710	-907.121	反射式
鏡2	1710.596	0.000	反射式
光閘	無限大	907.500	
鏡3	414.111	-319.709	反射式
鏡4	618.022	1223.709	反射式
鏡5	406.139	-436.552	反射式
鏡6	522.609	461.570	反射式
影像	無限大	0.000	

表 1A

係數	M1	M2	M3	M4	M5	M6
K	-6.873329E-01	-2.825442E-01	-1.843884E+00	2.076932E+00	3.340547E+00	1.890979E-01
Y	-5.045837E-02	2.263660E-01	-1.277806E-01	-3.310548E-02	-1.935522E-01	1.783092E-02
X ²	1.827144E-04	1.686990E-04	9.963384E-05	5.203052E-05	-3.849892E-04	3.792405E-05
Y ²	1.737812E-04	2.093994E-04	-1.747764E-05	-7.184095E-05	-3.329705E-04	1.682759E-05
X ² Y	4.785150E-08	-1.595967E-06	-5.515151E-08	-8.752119E-10	1.213426E-06	5.552151E-08
Y ³	5.091508E-08	-1.231538E-06	-1.294839E-07	-1.939381E-07	1.502735E-08	9.185146E-08
X ⁴	-4.718889E-11	-8.941238E-09	-7.002011E-11	-5.996832E-11	-2.342602E-09	9.552648E-12
X ² Y ²	-4.340357E-11	-7.827867E-09	-1.801185E-10	-7.139217E-11	-1.234047E-08	-1.811525E-10
Y ⁴	1.234053E-10	-3.130174E-09	-7.281275E-11	-1.598859E-10	-1.208604E-08	-1.862004E-10
X ² Y	1.205203E-13	-6.495768E-11	-3.614883E-14	-4.344276E-14	2.268270E-11	2.930397E-13
X ² Y ²	2.259661E-13	-4.304439E-11	-1.048629E-13	-7.811421E-16	2.977954E-11	8.493936E-13
Y ⁶	-5.198478E-13	-1.485266E-11	5.022687E-15	-1.422459E-14	-1.556209E-11	4.051187E-13
X ⁶	-1.306395E-16	-4.159685E-14	0.000000E+00	-3.787576E-17	1.374773E-14	-9.890588E-17
X ² Y ²	8.838986E-17	1.482867E-14	0.000000E+00	-1.369883E-16	-3.320990E-13	-1.312584E-15
X ² Y ⁴	-1.745854E-16	4.353978E-13	0.000000E+00	-7.920443E-17	-1.008910E-13	-2.069888E-15
Y ⁸	1.020155E-15	-1.927189E-13	0.000000E+00	-3.431888E-17	-9.148646E-14	-6.650861E-16
X ⁶ Y	1.090827E-19	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	1.807288E-18
X ⁴ Y ²	-4.158749E-19	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	4.652411E-18
X ² Y ⁶	-1.758731E-18	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	4.087280E-18
Y ¹⁰	-3.081679E-18	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	9.802736E-19
X ⁸	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ²	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ⁴ Y ⁴	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ⁴	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Y ⁸	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ⁶ Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ⁶	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ⁸	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ¹⁰	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ¹²	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ¹⁴	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ¹⁶	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ¹⁸	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ²⁰	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
Nradius	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
Y偏心率	-118.847	-100.000	100.000	24.472	-11.760	-37.772
X旋轉量	-7.782	7.388	1.406	-2.140	-8.177	6.989

表 1B

- 於某些實施例中，在投影物鏡101中之各鏡的排列方式
- 5 會將來自物體平面103的輻射顯像至一或多個中間影像平面。具有一或更多中間影像的實施例亦包含二或更多的光瞳平面。在某些實施例中，至少有一該等光瞳平面係可被

實體地進入，以便將一孔隙光闌大致置設在該光瞳平面處。一孔隙光闌會被用來界定該投影物鏡之孔徑的大小。

在投影物鏡101中之一中間影像的彗形像差可以較大。彗形像差能以該主射線與上方和下方射線在該上方和下方射線交叉點處的間距來量化。在某些實施例中，此距離可為約1mm或更大(例如約2mm或更大，約3mm或更大，約4mm或更大，約5mm或更大，約6mm或更大，譬如約7mm)。在投影物鏡中之一中間影像處的彗形像差可以較小。在某些實施例中，該距離可為約1mm或更小(例如約0.1mm或更小，0.01mm或更小)。

通常，在投影物鏡101中的各鏡會被製成使它們能反射一相當量之垂直入射其上或以一特定的入射角度範圍入射其上之波長 λ 的輻射。該等鏡可被製成例如使它們能反射約50%或更多(例如約60%或更多，約70%或更多，約80%或更多，約90%或更多，約95%或更多，98%或更多)垂直入射的波長 λ 輻射。

在某些實施例中，該等鏡包括一多層不同材料的膜疊，它們係被排列成能大量反射垂直入射的波長 λ 輻射。在該疊層中之各薄膜可具有一約 $\lambda/4$ 的光學厚度。

多層膜疊可包含大約20或更多(例如約30或更多，約40或更多，約50或更多)層的薄膜。通常，用以形成該多層膜疊的材料係依據操作波長 λ 來選擇。例如，多數層交替的鉬和矽膜，或鉬和鈹膜，乃可被用來製成可供反射在10nm至30nm範圍內(例如 λ 分別為約13nm或約11nm)的輻射。一

一般而言，鉬和矽的多層交替薄膜對 $\lambda = 11\text{nm}$ 者較佳，而鉬和鈹的多層交替薄膜對 $\lambda = 13\text{nm}$ 者較佳。

在某些實施例中，該等鏡是由覆以一單層鋁，再上覆一或多層介電材料，例如 MgF_2 ， LaF_2 ，或 Al_2O_3 層的石英玻璃所製成。由鋁與介電覆層所製成的鏡可被使用於例如具有大約 193nm 波長的輻射。

一般而言，被一鏡反射之 λ 輻射的百分比會形如該鏡面上之輻射入射角的函數來改變。因為顯像的輻射會沿著許多不同的路徑來通過一反光投影物鏡，故該輻射入射於各鏡上的角度會有不同。此效應可參見第3圖，其示出一鏡400在子午線切面的一部份，而包含一凹曲的反射表面401。顯像輻射會沿許多不同路徑入射在該表面401上，各路徑包括由射線410，420和430所示者。各射線410，420，430會入射在該表面401上之法線不同的部份處。在該等部份的表面法線之方向係以直線411，421，431來表示，其分別對應於射線410，420，430。射線410，420，430分別以角度 θ_{410} 、 θ_{420} 、 θ_{430} 入射在表面401上。通常，各角度 θ_{410} 、 θ_{420} 、 θ_{430} 可能不同。

對在投影物鏡101中的各鏡而言，顯像輻射之入射角度能以許多不同的方式來界定。一種界定係為在投影物鏡101之一子午線切面中之各鏡上的子午面射線之最大入射角。子午面射束係指位於該子午線切面中的射線。通常，在投影物鏡101中之不同鏡的 θ_{max} 可以不同。

在某些實施例中，在投影物鏡101中之所有各鏡的 θ_{max}

之最大值係約為 75° 或更小(例如約 70° 或更小，約 65° 或更小，約 60° 或更小，約 55° 或更小，約 50° 或更小，約 45° 或更小)。 $\theta_{\max}$ 可以大於約 5° (例如約 10° 或更大，約 20° 或更大)。在某些實施例中，該 $\theta_{\max}$ 的最大值可以較低。例如，該 $\theta_{\max}$ 的最小值可為約 40° 或更小(例如約 35° 或更小，約 30° 或更小，約 20° 或更小，約 15° 或更小，約 13° 或更小，約 10° 或更小)。

在某些實施例中，該 $\theta_{\max}$ 的最大值(度)對影像側NA之比可約為100或更小(例如約80或更小，約70或更小，約68或更小，約60或更小，約50或更小，約40或更小，約30或更小)。

另一種界定係為在投影物鏡101之一子午線切面中，對應於各鏡的中心場點之主射線入射角度。此角度係被示為 θ_{CR} 可以改變。在某些實施例中，該投影物鏡101中的 θ_{CR} 之最大值 $\theta_{\text{CR}}(\max)$ 可以較低。例如， $\theta_{\text{CR}}(\max)$ 可為大約 35° 或更小(例如約 30° 或更小，約 25° 或更小，約 20° 或更小，約 15° 或更小，約 13° 或更小，約 10° 或更小，約 8° 或更小，約 5° 或更小)。

在某些實施例中，該最大值 $\theta_{\text{CR}}(\max)$ (度)對影像側NA之比可約為100或更小(例如約80或更小，約70或更小，約68或更小，約60或更小，約50或更小，約40或更小，約30或更小)。

在投影物鏡101中之各鏡亦得以該物鏡101之子午線切面中的射線入射角度 $\Delta\theta$ 之範圍來特徵化。對各鏡而言， $\Delta\theta$ 相當於 $\theta_{\max}$ 與 $\theta_{\min}$ 之間的差，其中 $\theta_{\min}$ 係為在投影物鏡101之

子午線切面中，各鏡上的射線最小入射角度。一般而言，在投影物鏡101中之各鏡的 $\Delta\theta$ 可以不同。於某些鏡中， $\Delta\theta$ 可以較小。例如， $\Delta\theta$ 可為大約 20° 或更小(例如約 15° 或更小，約 12° 或更小，約 10° 或更小，約 8° 或更小，約 5° 或更小，約 3° 或更小，約 2° 或更小)。或者，對在投影物鏡101中的某些鏡而言， $\Delta\theta$ 可以較大。例如，某些鏡的 $\Delta\theta$ 可為約 20° 或更大(例如約 25° 或更大，約 30° 或更大，約 35° 或更大，約 40° 或更大)。

在某些實施例中，在投影物鏡101中之所有各鏡的 $\Delta\theta$ 之最大值 $\Delta\theta_{\max}$ 可以較小。例如，該 $\Delta\theta_{\max}$ 可為約 25° 或更小(例如約 20° 或更小，約 15° 或更小，約 12° 或更小，約 10° 或更小，約 9° 或更小，約 8° 或更小，約 7° 或更小，約 6° 或更小，約 5° 或更小，譬如 3°)。

另一種特徵化該投影物鏡101中之輻射路徑的方式係以各鏡的主射線放大率，其係指在由各鏡反射之前和之後，該主射線(即在子午線切面中)與基準軸105之間的角度正切值商數。例請參閱第4圖，其中有一主射線501在由一鏡510反射之前會與一基準軸105偏離，並會由鏡510反射回向基準軸105，該鏡510具有一正主射線角放大率。或請參閱第5圖，其中有一主射線502在由一鏡520反射之前和之後皆會偏離於基準軸105，該鏡520具有一負主射線角放大率。在此二例中，該主射線放大率係被定為 $\tan(\alpha)/\tan(\beta)$ 。在某些實施例中，若有多個具有正主射線角放大率的鏡會相當於在該投影物鏡中之一或多個鏡上有較大入射角度。

因此，僅設有一具有正主射線角放大率的投影物鏡亦會在該等鏡上呈現較低的入射線角度。

在投影物鏡101中之各鏡的相對間隔係可依據該投影物鏡的特定設計而有不同。相鄰之鏡(依照輻射路徑)的較大
5 間距會相當於該等鏡上有較低的入射線角度。在某些實施例中，投影物鏡101可包括至少一對相鄰之鏡，它們會分開大於該投影物鏡之軌跡長度的50%。

在某些實施例中，於該物體平面與該輻射路徑中的第一鏡之間，相較於該物體平面與該輻射路徑中的第二鏡之
10 間距 d_{op-2} 具有一較大的距離 d_{op-1} ，亦會相當於在該等鏡上有較低的入射角度。例如，實施例中若 d_{op-1}/d_{op-2} 約為2或更大(例約2.5或更大，約3或更大，約3.5或更大，約4或更大，約4.5或更大，約5或更大)，亦會具有較低的入射線角度。

通常，在投影物鏡101中之各鏡的足印大小和形狀係可
15 改變。該足印形狀係指該鏡投影在 $x-y$ 平面上的形狀。該等鏡的足印可為圓形、卵形、多邊形(例如矩形、方形、六角形)或不規則形狀。在實施例中，該足印係對該投影物鏡101的子午線平面呈對稱的。

在某些實施例中，各鏡可具有一足印其具有一最大尺寸
20 係為約1500mm或更小(例如約1400mm或更小，約1300mm或更小，約1200mm或更小，約1100mm或更小，約1000mm或更小，約900mm或更小，約800mm或更小，約700mm或更小，約600mm或更小，約500mm或更小，約400mm或更小，約300mm或更小，約200mm或更小，約

100mm或更小)。各鏡亦可具有一足印其具有一最大尺寸係大於約10mm(例如約20mm或更大，約50mm或更大)。

一具有卵形足印之鏡600的例子係被示於第6A圖中。該鏡600在x方向具有一最大尺寸 M_x 。在實施例中， M_x 可為約
5 1500mm或更小(例如約1400mm或更小，約1300mm或更小，約1200mm或更小，約1100mm或更小，約1000mm或更小，約900mm或更小，約800mm或更小，約700mm或更小，約600mm或更小，約500mm或更小，約400mm或更小，約300mm或更小，約200mm或更小，約100mm或更小)。 M_x
10 可大於約10mm(例如約20mm或更大，約50mm或更大)。

鏡600係相對於子午線601呈對稱的。鏡600沿子午線601具有一尺寸 M_y 。對該鏡600而言， M_y 係小於 M_x ，但一般而言，該 M_y 可小於、等於或大於 M_x 。在某些實施例中， M_y 係在一由約 $0.1M_x$ 至 M_x 的範圍內(例如，約 $0.2M_x$ 或更多，約
15 $0.3M_x$ 或更多，約 $0.4M_x$ 或更多，約 $0.5M_x$ 或更多，約 $0.6M_x$ 或更多，約 $0.7M_x$ 或更多，約 $0.8M_x$ 或更多，約 $0.9M_x$ 或更多)。或者，在某些實施例中， M_y 可為約 $1.1M_x$ 或更大(例如約 $1.5M_x$ 或更大)，譬如在一由約 $2M_x$ 至 $10M_x$ 的範圍內。 M_y 可為約1000mm或更小(例如約900mm或更小，約800mm或更
20 小，約700mm或更小，約600mm或更小，約500mm或更小，約400mm或更小，約300mm或更小，約200mm或更小，約100mm或更小)。 M_y 可大於約10mm或更小(例如約20mm或更大，約50mm或更大)。

在某些實施例中，該等鏡的基部可在一或多個方向延

伸超過該鏡的表面(即該鏡會反射顯像輻射的部份)。例如，
一鏡的基部可沿 x 及 y 或 z 方向延伸超過該光學作用表面大約10mm或更多(例如約20mm或更多，約30mm或更多，約40mm或更多，約50mm或更多)。鏡基部的延伸乃可提供非
5 光學作用表面，其能被固接於安裝裝置，而可便於將該鏡
安裝在投影物鏡101中。

較好是，鏡基部的延伸不應沿一會遮阻該投影物鏡101
中之輻射路徑的方向。一鏡的邊緣與輻射路徑在當其通過
該鏡時的間距係有關於一稱作“餘寬”(“freeboard”)的參
10 數，其係為最靠近一鏡之邊緣的射線與被該鏡反射之最接
近該鏡邊緣的射線之間的最小距離。在某些實施例中，投
影物鏡101可包含一或多個鏡具有大約20mm或更大的餘寬
(例如約25mm或更大，約30mm或更大，約35mm或更大，
約40mm或更大，約45mm或更大，約50mm或更大)。較大的
15 餘寬會在鏡的製造中提供可調適性，假使該投影物鏡能
夠容納外伸的鏡基部而不會阻礙顯像輻射。但是，較小的
餘寬可相當於該投影物鏡中之鏡上有較低的入射線角度。
在某些實施例中，投影物鏡101可包含一或多個鏡具有大約
15mm或更小的餘寬(例如約12mm或更小，約10mm或更
20 小，約8mm或更小，約5mm或更小)。在某些實施例中，投
影物鏡101包含一或多數的鏡具有在5mm至25mm之間的餘寬。

一般而言，在投影物鏡101中之各鏡的厚度係可不同。
鏡厚度係指該鏡沿 z 軸的尺寸。通常該各鏡應具有足夠的厚
度以便安裝在該投影物鏡中。請參閱第6B圖，該鏡600的厚

度能被以一最大厚度 $T_{\max}$ 與一最小厚度 $T_{\min}$ 來特徵化。典型地，該 $T_{\max}$ 和 $T_{\min}$ 之差係取決於該鏡面的曲度，及該鏡之基部的結構。在某些實施例中， $T_{\max}$ 係約為200mm或更小(例如約150mm或更小，約100mm或更小，約80mm或更小，約60mm或更小，約50mm或更小，約40mm或更小，約30mm或更小，約20mm或更小)。在某些實施例中， $T_{\min}$ 係約為1mm或更大(例如約2mm或更大，約5mm或更大，約10mm或更大，約20mm或更大，約50mm或更大，約100mm或更大)。

在某些實施例中，於投影物鏡中之任何鏡的最大尺寸係為約1500mm或更小(例如約1400mm或更小，約1300mm或更小，約1200mm或更小，約1100mm或更小，約1000mm或更小，約900mm或更小，約800mm或更小，約700mm或更小，約600mm或更小，約500mm或更小，約300mm或更小)。在某些實施例中，於投影物鏡中之任何鏡的最大尺寸係為約10mm或更大(例如20mm或更大，約30mm或更大，約40mm或更大，約50mm或更大，約75mm或更大，約100mm或更大)。

一般而言，該投影物鏡101之場的形狀係能改變。在某些實施例中，該場具有一弧曲形狀，譬如一環段的形狀。請參閱第7A圖，一環段場700能被以一 x 尺寸 d_x ，一 y 尺寸 d_y ，及一徑向尺寸 d_r 來界定。 d_x 和 d_y 分別對應於該場沿 x 方向和 y 方向的尺寸。 d_r 則對應於該環的半徑，即由一軸心705算起至該場700的內邊界長度。應請注意，該軸心705並非用以描述該光學系統的軸心(即其並非該基準軸)，且尤其並

非一光軸。該軸心705僅用來界定該環段場700。該環段場700對一平行於y-z平面而被以假想線710示出的平面係呈對稱的。一般而言，該 d_x ， d_y 和 d_r 的大小會依據該投影物鏡101的設計而改變。通常 d_y 會小於 d_x 。在物體平面103和影像平面102處之場尺寸 d_x ， d_y ， d_r 的相對大小會依據該投影物鏡101的放大率或縮小率而改變。

在某些實施例中，在影像平面102處 d_x 會相對較大。例如， d_x 在影像平面102處可大於1mm(例如約3mm或更大，約4mm或更大，約5mm或更大，約6mm或更大，約7mm或更大，約8mm或更大，約9mm或更大，約10mm或更大，約11mm或更大，約12mm或更大，約13mm或更大，約14mm或更大，約15mm或更大，約18mm或更大，約20mm或更大，約25mm或更大)。 d_x 可為約100mm或更小(例如約50mm或更小，約30mm或更小)。 d_y 在影像平面102處可在一約0.5mm至5mm的範圍內(例如約1mm，約2mm，約3mm，約4mm)。

典型地， d_r 在影像平面102處係約為10mm或更大。 d_r 在影像平面102可例如為約15mm(例如約20mm或更大，約25mm或更大，約30mm或更大)。在某些實施例中， d_r 可以極大(例如約1m或更大，約5m或更大，約10m或更大)。在某些實施例中，該場係呈長方形，而 d_r 為無限大。

又通常於其它的場形狀時，該投影物鏡101在影像平面102處可具有一大於1mm的最大場尺寸(例如約3mm或更大，約4mm或更大，約5mm或更大，約6mm或更大，約7mm或更大，約8mm或更大，約9mm或更大，約10mm或更大，

約11mm或更大，約12mm或更大，約13mm或更大，約14mm或更大，約15mm或更大，約18mm或更大，約20mm或更大，約25mm或更大)。在某些實施例中，該投影物鏡具有一不大於約100mm(例如約50mm或更小，約30mm或更小)的最大

5 場尺寸。

在某些實施例中，該影像場形狀可(例如在一或多個維向)對應於一被使用該投影物鏡101來曝光之晶圓上的晶粒位置形狀。例如，該影像場可被成形以減少曝光該晶圓的超量掃描。超量掃描係指必須將該影像場掃描超過一晶粒位置的邊緣才能曝光該整個位置。通常，此會發生於該影像場的形狀不相符於晶粒位置的形狀時。

超量掃描能以在該晶粒位置之後緣的邊角被曝光位置處，該影像場的前緣與該晶粒位置後緣之間的最大距離之比值(例被示為%)來界定。請參閱第7B圖，超量掃描相當於 d_{os} 對 d_y 的比，其中 d_{os} 是在邊角721和722被曝光位置處，晶粒位置720的後緣與影像場700的前緣之間的距離。在某些實施例中，投影物鏡可具有較低的超量掃描。例如，投影物鏡可具有大約5%或更少(例如約4%或更少，約3%或更少，約2%或更少，約1%或更少，約0.5%或更少，約0.1%或更少)的超量掃描。

在某些實施例中，投影物鏡101能以0超量掃描來被使用。例如，請參閱第7C圖，在一影像場730被用來曝光方形晶粒位置740的實施例中，其掃描能以0超量掃描來達成。

請參閱第8圖，一般而言，投影物鏡101會造成一物像

偏移 d_{ois} ，其會依據該投影物鏡的特定設計而改變。該物像偏移係指該影像場中之一點與該物體場中之對應點沿 x - y 平面所測出的距離。對具有一光軸的投影物鏡(即在該投影物鏡中之各鏡有一共同的旋轉對稱軸)而言，該物像差偏移可

5 用下列公式來算出：

$$d_{ois} = h_0(1-M)$$

其中 h_0 係指該物體場中之中心場點與該光軸在 x - y 平面的距離，而 M 為該投影物鏡的放大率。例如，就一具有4X縮小率(即 $M = 0.25$)且中心場點離光軸120mm的投影物鏡而言， d_{ois} 係為90mm。

在某些實施例中，投影物鏡101可具有一較小的物像偏移。例如，投影物鏡可具有0物像偏移。具有較小物像差偏移的投影物鏡可具有一較細的光學設計。又，在具有0物像偏移的實施例中，投影物鏡101能被繞著相交該物體和影像場之中心場點的軸心來旋轉，而該中心場點不會相對於例如平
15 枱130平移。此對例如供檢查及相對於投影物鏡101來對準晶圓的量測工具(例如檢測光學系統，譬如在U.S.6240158B1專利中所揭者)被設在該中心場點之標定位置的情況會比較有利，因為當投影物鏡旋轉時，該中心場
20 點並不會相對於此位置平移。因此，假使在操作過程中該投影物鏡會被旋轉，則0物像偏移能促成投影物鏡101之較容易的計量和測試。

在某些實施例中，投影物鏡101具有一大約80mm或更小的 d_{ois} (例如約60mm或更小，約50mm或更小，約40mm或

更小，約30mm或更小，約20mm或更小，約15mm或更小，約12mm或更小，約10mm或更小，約8mm或更小，約5mm或更小，約4mm或更小，約3mm或更小，約2mm或更小，約1mm或更小)。

5 投影物鏡101的實施例可具有一較大的影像側自由工作距離。該影像側自由工作距離係指在影像平面102與最靠近影像平面102之會反射顯像輻射的鏡之鏡面之間的最短距離。此係示於第9圖中，其中示出一鏡810係為最靠近影像平面102的鏡。輻射會由該鏡810的表面811反射。該影像側自由工作距離係被示為 d_w 。在某些實施例中， d_w 係為約25mm或更多(例如約30mm或更多，約35mm或更多，約40mm或更多，約45mm或更多，約50mm或更多，約55mm或更多，約60mm或更多，約65mm或更多)。在某些實施例中， d_w 係為約200mm或更小(例如約150mm或更小，約100mm或更小，約50mm或更小)。舉例而言，投影物鏡300具有一大約45mm的影像側自由工作距離。一較大的工作距離可能會較佳，因其能容許基材150的表面被置設在影像平面102中，而不會接觸到朝向該影像平面102之鏡810的側邊。

20 類似地，物體側自由工作距離係指物體平面103與投影物鏡101中最靠近物體平面103之會反射顯像輻射的鏡之反射側的鏡面之間的最短距離。在某些實施例中，投影物鏡101具有一較大的物體側自由工作距離。例如，投影物鏡101可具有一約50mm或更大的物體側自由工作距離(例如約

100mm或更大，約150mm或更大，約200mm或更大，約
250mm或更大，約300mm或更大，約350mm或更大，約
400mm或更大，約450mm或更大，約500mm或更大，約
550mm或更大，約600mm或更大，約650mm或更大，約
5 700mm或更大，約750mm或更大，約800mm或更大，約
850mm或更大，約900mm或更大，約950mm或更大，約
1000mm或更大)。在某些實施例中，該物體側自由工作距
離係不大於約2000mm(例如約1500mm或更小，約1200mm
或更小，約1000mm或更小)。一較大的物體側自由工作距
10 離在需要進入投影物鏡101和物體平面103之間的空間之實
施例中可能會較有利。例如，在該標線網140係為一反射標
線網的實施例中，其必須從面對該物鏡101的一側來照明該
標線網。因此，在投影物鏡101和物體平面103之間應有足
夠的空間以供該標線網被照明系統120用一所需的照明角
15 度來照明。又，通常，一較大的物體側自由工作距離，乃
可例如能提供充分的空間以將其它構件(例如一均一濾光
器)安裝在投影物鏡101和標線網140的支撐結構之間，而使
該工具的其餘構件設計更具調變性。

一般而言，投影物鏡101可被設計成能使各主射線在標
20 線網140處會聚、發散或互相平行。因此，投影物鏡101之
入射光瞳相對於物體平面103的位置可以改變。例如，若主
射線在標線網140處會聚，則該入射光瞳係位在物體平面
103的影像平面側上。相反地，若主射線在標線網140處發
放，則物體平面103會位在該入射光瞳與影像平面102之

間。又，該物體平面103和入射光瞳之間的距離可以改變。
在某些實施例中，該入射光瞳係位在離物體平面103(沿一
垂直物體平面103之軸測計)大約1m或更遠處(例如約2m或
更遠，約3m或更遠，約4m或更遠，約5m或更遠，約8m或
5 更遠，約10m或更遠)。在某些實施例中，該入射光瞳係位
在相對於物體平面103無限遠處。此乃相當於主射線在標線
網140處互相平行。

通常，投影物鏡101能被使用市面上可購得的光學設計
軟體例如ZEMAX，OSLO，或Code V等來設計。典型地，
10 一設計會由指定一最初投影物鏡設計(例如鏡的排列方
式)，以及各種參數例如輻射波長、場大小和數值孔徑等來
開始。該軟體嗣會針對特定的光學性能標準，例如波有前
誤差、畸變、遠心性、及場曲度等來最佳化該設計。

在某些實施例中，該最初投影物鏡係由多數同心於一
15 光軸上的旋轉對稱鏡(例如球面或非球面鏡)來指定。各鏡
會由該光軸偏離至一能使該鏡滿足某些預定標準的位置。
例如，各鏡可由該光軸偏離一量，其會針對特定場來最佳
化通過該鏡的主射線入射角。在某些實施例中，各鏡可以
偏軸約5mm或更多(例如約10mm或更多，約20mm或更多，
20 約30mm或更多，約50mm或更多)。在某些實施例中，各鏡
會偏軸大約200mm或更少(例如約180mm或更少，約150mm
或更少，約120mm或更少，約100mm或更少)。

或可另擇或附加地，各鏡亦可斜傾至一位置，在該處
該鏡會滿足某些預定的標準。此斜傾係指各種的對稱軸相

對於該投影物鏡之最初構態的光軸之走向。各鏡可斜傾約1°或更大(例如約2°或更大，約3°或更大，約4°或更大，約5°或更大)。在某些實施例中，各鏡會斜傾約20°或更小(例如約15°或更小，約12°或更小，約10°或更小)。

- 5 在偏移及／或斜傾之後，各鏡之一自由式形狀將可被決定以針對特定的光學性能標準來最佳化該投影物鏡設計。

除了鏡之外，該投影物鏡101亦可包括一或更多其它的構件，譬如一或更多的孔隙光閘。通常，該孔隙光閘的形狀可以改變。孔徑光閘之例包括圓形孔隙光閘，橢圓孔隙光閘，及／或多邊形孔隙光閘。孔隙光閘亦可被定位成使
10 影像輻射形成雙行程或單元行程來穿過該孔隙光閘。孔隙光閘能在投影物鏡101中被更換，及／或具有一可調整的孔徑。

- 在某些實施例中，投影物鏡101包含一場光閘。例如，
15 在投影物鏡含有一中間影像的實施例中，該場光閘可被設成靠近或定位在該中間影像處。

實施例可包括擋板(例如為晶圓遮擋雜散輻射)。在某些實施例中，投影物鏡101可包含用以監測在該投影物鏡中之各鏡位置變化的構件(例如干涉計)。此資訊可被用來調整各
20 鏡以修正各鏡之間的任何相對移動。鏡的調整可以自動化。可供監測／調整鏡位置的系統之例係被揭於U.S.6549270 B1專利案中。

請參閱第11圖，一投影物鏡的實施例200包含六個鏡1210、1220、1230、1240、1250、1260，並具有一影像側

的數值孔徑0.35及一13.5nm的操作波長。各鏡1210，1220，
1230，1240，1250及1260全部皆為自由式鏡。該投影物鏡
1200會將來自物體平面103的輻射以一4X的縮小率顯像至
影像平面102。一基準軸1205會正交於物體平面103和影像
5 平面102，且相交該物體場和影像場中的對應場點。該投影
物鏡1200的軌跡長度為1385mm，而顯像輻射的光徑長度為
4162mm。因此，該光徑長度對軌跡長度之比係約為3.01。
該投影物鏡1200具有一孔隙光閘設在鏡1220處。

該投影物鏡1200的入射光瞳係在無限遠處，而物體平
10 面位在該入射光瞳與鏡之間。在物體平面103之中心場點的
主射線角是7°。在物體平面103之主射線角的最大變化係為
0.06°。該投影物鏡1200在物體側係為遠心的。

投影物鏡1200具有一矩形場。其影像側場寬度 d_x 為
26mm。其影像側場長度 d_y 為2mm。該投影物鏡1200具有0
15 物像偏移。

投影物鏡1200會提供一中間影像位於鏡1240和1250之間。

在由物體平面103至影像平面102的輻射路徑中依序
之各鏡的光學功率係如下：鏡1210具有正光學功率；鏡1220
具有負光學功率；鏡1230具有正光學功率；鏡1240具有正
20 光學功率；鏡1250具有負光學功率，而鏡1260具有正光學
功率。

各鏡之足印的尺寸 $M_x \times M_y$ 係如下：鏡1210為
250mm×153mm；鏡1220為70mm×69mm，鏡1230為
328mm×153mm；鏡1240為325mm×112mm；鏡1250為

87mm×75mm；而鏡1260為269mm×238mm。

各鏡1210，1220，1230，1240，1250，1260之中心場點的主射線入射角係分別為 6.13° ， 10.61° ， 8.65° ， 8.26° ， 14.22° ，和 5.23° ，各鏡1210，1220，1230，1240，1250，
5 1260在子午線切面的最大入射角 $\theta_{\max}$ 係分別為 6.53° ， 11.63° ， 8.91° ， 11.39° ， 24.26° ，和 7.44° ，各鏡1210，1220，1230，1240，1250，1260的 $\triangle\theta$ 係分別為 1.07° ， 3.64° ， 1.74° ， 7.44° ， 21.70° ，和 4.51°

鏡1210，1220，1250和1260具有大於5mm且小於25mm
10 的餘寬。鏡1240具有正主射線角放大率，而鏡1210，1220，1230，1250具有負主射線角放大率。

該投影物鏡1200的影像側自由工作距離為40mm。其物體側自由工作距離為439mm。

在投影物鏡1200中， d_{op-1}/d_{op-2} 係為1.91。又，相鄰的鏡
15 對1240和1250會分開大於該投影物鏡之軌跡長度的50%。
且，鏡1210與物體平面103之間的距離係大於該投影物鏡之軌跡長度的50%。

該投影物鏡1200的資料係被呈現於以下的表2A和2B中。表2A呈現光學資料，而表2B呈現該各鏡面的非球狀常
20 數。針對表2A和2B的目的，各鏡的相關代號如下：鏡(M1)對應於鏡1210，鏡(M2)對應於鏡1220，鏡(M3)對應於鏡1230，鏡(M4)對應於鏡1240，鏡(M5)對應於鏡1250，鏡(M6)對應於鏡1260。

表面	半徑(mm)	厚度(mm)	型式
物體	無限大	836.375	
鏡1	-614.878	-397.397	反射式
鏡2	-383.358	0.000	反射式
光閘	無限大	655.992	
鏡3	-1204.989	-659.631	反射式
鏡4	1885.915	909.840	反射式
鏡5	302.954	-308.805	反射式
鏡6	403.492	348.850	反射式
影像	無限大	0.000	

表 2A

係數	M1	M2	M3	M4	M5	M6
K	-2.012543E+00	-7.790981E+00	-9.061196E-01	-4.714699E-01	5.253415E+00	1.051556E-01
Y	-1.801229E-01	-2.876895E-01	6.249715E-03	2.914352E-02	3.899848E-02	6.762162E-04
X ²	-3.718177E-05	-1.568840E-04	-4.213586E-04	-1.680785E-04	-6.132874E-05	2.479745E-06
Y ²	-5.757281E-05	-1.359112E-04	-3.015850E-04	-9.908817E-05	-6.383717E-05	1.908227E-06
X*Y	-3.283304E-08	-1.421641E-07	-4.802304E-08	-4.234719E-08	5.460366E-07	-5.398408E-09
Y ³	-7.289267E-08	-9.447144E-08	3.714670E-07	1.405687E-07	2.644773E-08	-4.741511E-09
X ³	-3.792148E-11	2.173390E-10	-8.723035E-10	-2.377992E-11	1.030821E-09	-1.926536E-11
X*Y ²	-1.087876E-10	5.689855E-10	-5.959943E-10	-4.401654E-10	2.045233E-09	-4.586698E-11
Y ⁴	-1.237594E-10	2.990476E-10	8.549602E-10	-4.022683E-11	5.551510E-11	-2.632066E-11
X*Y ³	-3.587007E-14	-1.028868E-12	-8.033093E-12	1.718353E-13	5.551826E-12	-2.577816E-14
X ² Y	8.925822E-14	4.492952E-13	-1.186636E-12	-7.545064E-13	-4.309344E-12	-1.775797E-14
Y ⁵	-7.423435E-14	5.791519E-13	8.705928E-14	-2.700779E-13	-7.302230E-12	-9.309635E-15
X ⁴	1.876383E-17	2.916278E-16	-2.307341E-14	-1.670466E-15	8.878140E-15	-3.351380E-17
X*Y ⁴	-3.009987E-16	-3.820668E-16	-2.232847E-14	1.589023E-15	4.463758E-14	-1.408427E-16
X ² Y ²	1.992400E-16	3.818129E-16	1.756497E-15	3.477633E-16	1.476648E-13	-1.372823E-16
Y ⁶	8.315953E-18	-6.580116E-16	8.232062E-16	1.253553E-16	3.691569E-14	-3.799352E-17
X*Y ⁵	-2.621825E-20	-1.237101E-17	-3.125465E-16	-7.682746E-18	3.293829E-16	-1.214309E-19
X ³ Y	-1.344388E-18	3.730815E-17	1.376870E-16	5.918289E-18	8.409538E-16	5.369262E-20
X ² Y ³	-6.157858E-19	3.202877E-17	4.387074E-19	2.707480E-18	4.875870E-16	-1.363873E-20
Y ⁷	2.770009E-20	8.487049E-18	2.518948E-18	1.820744E-19	1.274511E-16	2.776746E-21
X ⁵	2.265356E-23	-1.881878E-20	6.916970E-19	3.815768E-20	-1.030207E-19	-2.085793E-23
X*Y ⁶	-1.848041E-22	-1.687898E-19	-1.070800E-18	1.947584E-20	-6.071205E-18	-1.191227E-22
X ³ Y ²	-1.617091E-21	-4.471313E-20	-2.039154E-19	-1.469302E-21	8.581801E-18	-2.848570E-22
X ² Y ⁴	-1.152811E-21	-1.417078E-19	-4.885470E-20	8.329380E-22	2.867818E-18	8.073429E-24
Y ⁸	5.021474E-23	-1.270497E-20	-2.834042E-20	-1.011971E-21	1.813992E-18	-6.757839E-23
X*Y ⁷	0.000000E+00	0.000000E+00	7.973679E-21	2.492982E-22	0.000000E+00	-2.485296E-25
X ⁴ Y	0.000000E+00	0.000000E+00	7.629111E-22	1.401277E-22	0.000000E+00	2.930653E-25
X ² Y ⁵	0.000000E+00	0.000000E+00	-7.196032E-21	-4.219890E-23	0.000000E+00	1.194933E-25
X ³ Y ³	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.090375E-22	-3.791571E-24	0.000000E+00	5.412579E-25
Y ⁹	0.000000E+00	0.000000E+00	-5.080252E-23	1.076602E-24	0.000000E+00	3.891280E-26
X ⁶	0.000000E+00	0.000000E+00	-6.129418E-25	-1.289913E-27	0.000000E+00	0.000000E+00
X*Y ⁸	0.000000E+00	0.000000E+00	2.295090E-23	4.078311E-25	0.000000E+00	0.000000E+00
X ⁴ Y ²	0.000000E+00	0.000000E+00	5.951785E-24	1.728297E-25	0.000000E+00	0.000000E+00
X ³ Y ⁴	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.732732E-23	-5.280557E-26	0.000000E+00	0.000000E+00
X ² Y ⁶	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.410994E-27	0.000000E+00	0.000000E+00
Y ¹⁰	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	3.484416E-27	0.000000E+00	0.000000E+00
Nradius	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00
Y偏心率	194.936	-49.734	36.609	9.442	30.019	40.956
X旋轉量	-5.944	-17.277	-5.569	-0.579	0.301	-0.924

表 2B

請參閱第12圖，一投影物鏡的實施例1300包含六個鏡1310，1320，1330，1340，1350，1360，並具有一影像側數值孔徑0.35及一13.5mm的操作波長。各鏡1310，1320，1330，1340，1350，1360全部皆為自由式鏡。投影物鏡1300會將來自物體平面103的輻射以4X的縮小率顯像至影像平面102。該投影物鏡1300的軌跡長度為1500mm，而顯像輻射的光徑長度為4093mm。因此，該光徑長度對軌跡長度之比係約為2.73。投影物鏡1300具有一孔隙光閘設在鏡1320處。

該投影物鏡1300的入射光瞳係在無限遠處。在物體平面103之中心場點的主射線角為 7° 。在物體平面103之主射線角的最大變化係小於 0.1° 。投影物鏡1300在物體側是遠心的。

投影物鏡1300具有一矩形場。其影像差側場寬度 d_x 為26mm。其影像側場長度 d_y 為2mm。投影物鏡1000具有一119mm的物鏡偏移。

投影物鏡1300會提供一中間影像位於鏡1340和1350之間。

在由物體平面103至影像平面102的輻射路徑中依序之各鏡的光學功率如下：鏡1310具有正光學功率；鏡1320具有負光學功率；鏡1330具有正光學功率；鏡1340具有正光學功率；鏡1350具有負光學功率；而鏡1360具有正光學功率。

該各鏡的足印之尺寸 $M_x \times M_y$ 如下：鏡1310為271mm $\times$ 173mm；鏡1320為69mm $\times$ 65mm；鏡1330為290mm $\times$ 115mm；鏡1340為272mm $\times$ 66mm；鏡1350為81mm $\times$ 67mm；鏡1360為274mm $\times$ 243mm。

各鏡1310，1320，1330，1340，1350，1360之中心場點的主射線入射角係分為別 9.66° ， 12.15° ， 9.10° ， 5.45° ， 13.31° ，和 4.60° 。各鏡1310，1320，1330，1340，1350，1360在子午線切面之各鏡最大入射角 $\theta_{\max}$ 係分別為

5 11.20° ， 15.46° ， 9.63° ， 8.64° ， 23.31° ，和 6.17° 。各鏡1310，1320，1330，1340，1350，1360的 $\Delta\theta$ 係分別為 3.25° ， 7.32° ， 1.57° ， 6.92° ， 21.18° ，和 3.63° 。

鏡1340具有正主射線角放大率，而鏡1310，1320，1330和1350具有負主射線角放大率。該投影物鏡1300的影像側

10 自由工作距離為40mm。其物體側自由工作距離為582mm。

在投影物鏡1300中， d_{op-1}/d_{op-2} 係為1.63。又，相鄰的鏡對1340和1350會分開大於該投影物鏡之軌跡長度的50%。且，在鏡1310和物體平面103之間的距離係大於該投影物鏡之軌跡長度的50%。

15 投影物鏡1300的資料係被呈現於以下的表3A和表3B中。表3A呈現光學資料，而表3B呈現該各鏡面的非球狀常數。針對表3A和表3B的目的，該各鏡的相關代號如下：鏡1(M1)對應於鏡1310；鏡2(M2)對應於鏡1320；鏡3(M3)對應於鏡1330；鏡4(M4)對應於鏡1340；鏡5(M5)對應於鏡1350；

20 鏡6(M6)對應於鏡1360。

表面	半徑(mm)	厚度(mm)	型式
物體	無限大	946.404	
鏡1	-605.890	-364.901	反射式
鏡2	-368.417	0.000	反射式
光闌	無限大	626.468	
鏡3	-1202.217	-556.441	反射式
鏡4	1949.768	808.432	反射式
鏡5	276.499	-313.562	反射式
鏡6	401.291	353.600	反射式
影像	無限大	0.000	

表 3A

係數	M1	M2	M3	M4	M5	M6
K	-5.95606E-01	-1.82168E+00	-5.82444E-01	-2.38948E+00	3.35329E+00	1.67263E-01
Y	1.98214E-02	1.05243E-01	-1.91165E-01	-8.23536E-02	-4.99892E-02	1.30034E-02
X ²	1.71425E-04	1.61788E-04	8.52108E-05	7.49004E-05	-2.48914E-04	3.88103E-05
Y ²	1.59322E-04	1.15506E-04	-1.78602E-05	-9.20778E-05	-2.00659E-04	4.01025E-05
X ² Y	3.03035E-08	-8.08249E-07	-8.98999E-08	-8.74832E-08	7.58105E-07	5.29501E-09
Y ³	2.88899E-08	-3.26183E-07	-9.54345E-08	-1.51650E-07	2.54367E-07	8.88827E-09
X ⁴	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ³ Y	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Y ⁴	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁴ Y	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ³ Y ²	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Y ⁵	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁵	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁴ Y ²	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ³ Y ³	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Y ⁶	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁵ Y	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁴ Y ³	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ³ Y ⁴	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Y ⁷	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁶	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁵ Y ²	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁴ Y ⁴	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ³ Y ⁵	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ² Y ⁶	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Y ⁸	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁶ Y	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁵ Y ³	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁴ Y ⁵	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ³ Y ⁷	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Y ⁹	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ¹⁰	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁶ Y ²	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁵ Y ⁴	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ⁴ Y ⁶	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
X ³ Y ⁸	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Y ¹⁰	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
Nradius	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
Y偏心率	-200.000	-82.208	200.000	44.996	-23.759	-73.032
X旋轉量	-11.492	6.153	4.904	-0.617	-3.814	7.081

表 3B

請參閱第13圖，投影物鏡1300可被使用於一光學系統1401，其包含一光源1405和照明構件等包括一集單元1415，一光譜純化濾器1425，一場平面鏡1435，一光瞳平面鏡1445，及一聚焦鏡1455。該光源1405係為一EUV光源而可提供波長13.5nm的輻射至投影物鏡。收集單元1415可集聚發自光源的輻射，並將該輻射導向光譜純化濾器1415，其會濾除波長不同於13.5nm的入射輻射，而將在13.5nm的輻射導向場平面鏡1435。該場平面鏡會與光瞳平面鏡1445和聚焦鏡1455一起以13.5nm的輻射來照明一設在物體平面103上的反射性標線網。

其它的實施例係在申請專利範圍中。

【圖式簡單說明】

第1圖為一微蝕刻工具實施例的示意圖。

第2圖為第1圖所示的微蝕刻工具之一部份的示意圖。

第3圖為由一投影物鏡之一鏡的一部份被示於子午線切面的截面圖。

第4圖為在一具有正主射線角放大率之鏡的光徑示意圖。

第5圖為在一具有負主射線角放大率之鏡的光徑示意圖。

第6A圖為一鏡的足印圖。

第6B圖為第6A圖所示之鏡的截面圖。

第7A圖為一環段場實施例的平面圖。

第7B圖為一環段場相對於一對晶粒設置位置的平面圖。

第7C圖為一矩形場相對於一對晶粒設置位置的平面圖。

第8圖為第1圖所示之微蝕刻工具實施例的投影物鏡之

示意圖。

第9圖為一投影物鏡的構件被示於子午線切面的截面圖。

第10圖為一投影物鏡被示於子午線切面的截面圖。

第11圖為一投影物鏡被示於子午線切面的截面圖。

5 第12圖為一投影物鏡被示於子午線切面的截面圖。

第13圖為含有第12圖所示之投影物鏡的光學系統之截面圖。

【主要元件符號說明】

100...微蝕刻工具

101，1100，1200，1300...投影物鏡

102...影像平面

103...物體平面

105，1205...基準軸

110，1405...光源

112，122...光束

120...照明系統

130...平枱

140...標線網

142...輻射

150...基材

152，410，420，430...射線

201...旋轉不對稱鏡

211...旋轉對稱基準面

400，510，520，600，810，1210，1260，1310，1360...鏡

401, 811...反射表面
 411, 421, 431...法線
 501, 502...主射線
 601...子午線
 700...環段場
 705...軸心
 710...平面
 720, 740...晶粒位置
 721, 722...邊角
 730...影像場
 1106...孔隙光閘
 1110~1160...鏡
 1401...光學系統
 1415...收集單元
 1425...光譜純化濾器
 1435...場平面鏡
 1445...光瞳平面鏡
 1455...聚焦鏡

十、申請專利範圍：

1. 一種微蝕刻技術投影光學系統，包含：

多數的光學元件被列設以將具有一波長 λ 的輻射
從一物體平面中的物體場顯像至一影像平面中的一影
像場；

該光學系統具有一入射光瞳位在離該物體平面大
於2.8米處；

其中該光學系統的輻射路徑具有主射線等係相對
於該物體平面的法線呈一 3° 或更大的角度；

其中該影像場具有一最小曲率半徑為300mm。

2. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該等主射線係
相對於該物體平面的法線呈一 4° 或更大的角度。
3. 如申請專利範圍第1項之光學系統，係包含一反射性物
體要被顯像在該物體場中。
4. 如申請專利範圍第1項之光學系統，係具有一反光投影
物鏡。
5. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該等多數的光
學元件之至少其一為一反射元件，其具有一旋轉不對稱
表面而被設在該輻射之一路徑中，且其中該旋轉不對稱
表面會在一或多個位置處由一最適配旋轉對稱表面偏
離 λ 或更多。
6. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該最適配旋轉
不對稱表面會由一對應於下列公式的表面偏離大約 0.1
 λ 或更少：

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{j=2}^{66} C_j X^m Y^n,$$

其中

$$j = \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1$$

Z係為該平行於一軸之平面的垂陷，c為峰頂曲率的常數，k是錐形常數， C_j 是該單項式 $X^m Y^n$ 的係數，而 α 為一整數。

7. 如申請專利範圍第5項之光學系統，其中該旋轉不對稱表面會在一或多個位置處由該最適配旋轉對稱表面偏離大約 10λ 或更多。

8. 如申請專利範圍第5項之光學系統，其中該旋轉不對稱表面會在一多個位置處由該最適配旋轉對稱表面偏離大約20nm或更多。

9. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該等多數的光學元件會界定一子午線平面，且該等元件會相對於該子午線平面呈鏡像對稱。

10. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該等多數的光學元件包含二元件係為反射元件其具有旋轉不對稱表面而被設在該輻射之一路徑中。

11. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該等多數的光學元件包含不多於二個反射元件其具有一正主射線角放大率。

12. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該等多數的光

學元件包含不多於一個反射元件其具有一正主射線角放大率。

13. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該微蝕刻技術投影光學系統具有一約0.2或更大的影像側數值孔徑。
- 5 14. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該光學系統在該影像平面具有一矩形場，其中該矩形場於各正交方向具有一約1nm或更大的最小尺寸。
15. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中在該影像場的靜畸變係約為10nm或更小。
- 10 16. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中在該影像場的波前誤差係約為 $\lambda/14$ 或更小。
17. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該等主射線在物體平面處係互相平行至 0.05° 以內。
18. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該等多數元件
15 在該影像平面處係為遠心的。
19. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中一通過該光學系統的輻射路徑係以主射線來特徵化，且針對該光學系統之一子午線切面，一中心場點的主射線會具有一 θ 度之對該各元件表面上的最大入射角，該光學系統具有一
20 大於0.3的影像側數值孔徑NA，且該 θ/NA 之比係小於68。
20. 如申請專利範圍第1項之光學系統，其中該光學系統具有一約75mm或更小的物像差偏移。
21. 如申請專利範圍第1項之光學系統，更包含一輻射源係可對一物體平面提供該波長 λ 的輻射。

22. 如申請專利範圍第22項之光學系統，更包含一照明系統，其含有一或更多元件被列設以將輻射由該輻射源導至一被置於該影像平面處的物體，其中該照明系統包含一元件被設在一對應於該光學系統之入射光瞳的位置。

5 23. 一種微蝕刻技術工具，包含：

如申請專利範圍第22項的光學系統；

一第一可動檯，係能將一標線網置於該物鏡體平面，以使該光學系統將該標線網顯像至該影像平面；及

一第二可動檯，係能將一物件置於該影像平面，以

10 使該標線網的影像射在該物件之一表面上。

24. 一種極紫外線(EUV)微蝕刻技術工具，包含：

多數的光學元件被列設以將具有一波長 λ 的輻射從一物體平面中的物體場顯像至一影像平面中的影像場；

15 包含一輻射源係可對一物體平面提供該波長 λ 的輻射，其中 λ 係為30nm或更小；

包含一照明系統具有一或更多元件被列設以將輻射由該輻射源導至一置於該物體平面的物體；

20 其中該光學系統的輻射路徑具有主射線等係相對於該物體平面的法線呈一 3° 或更大的角度；

其中在該物體平面處所有的主射線於在 0.5° 以內彼此互相平行。

25. 一種用於微結構組件之微蝕刻生產的方法，包含以下步驟：

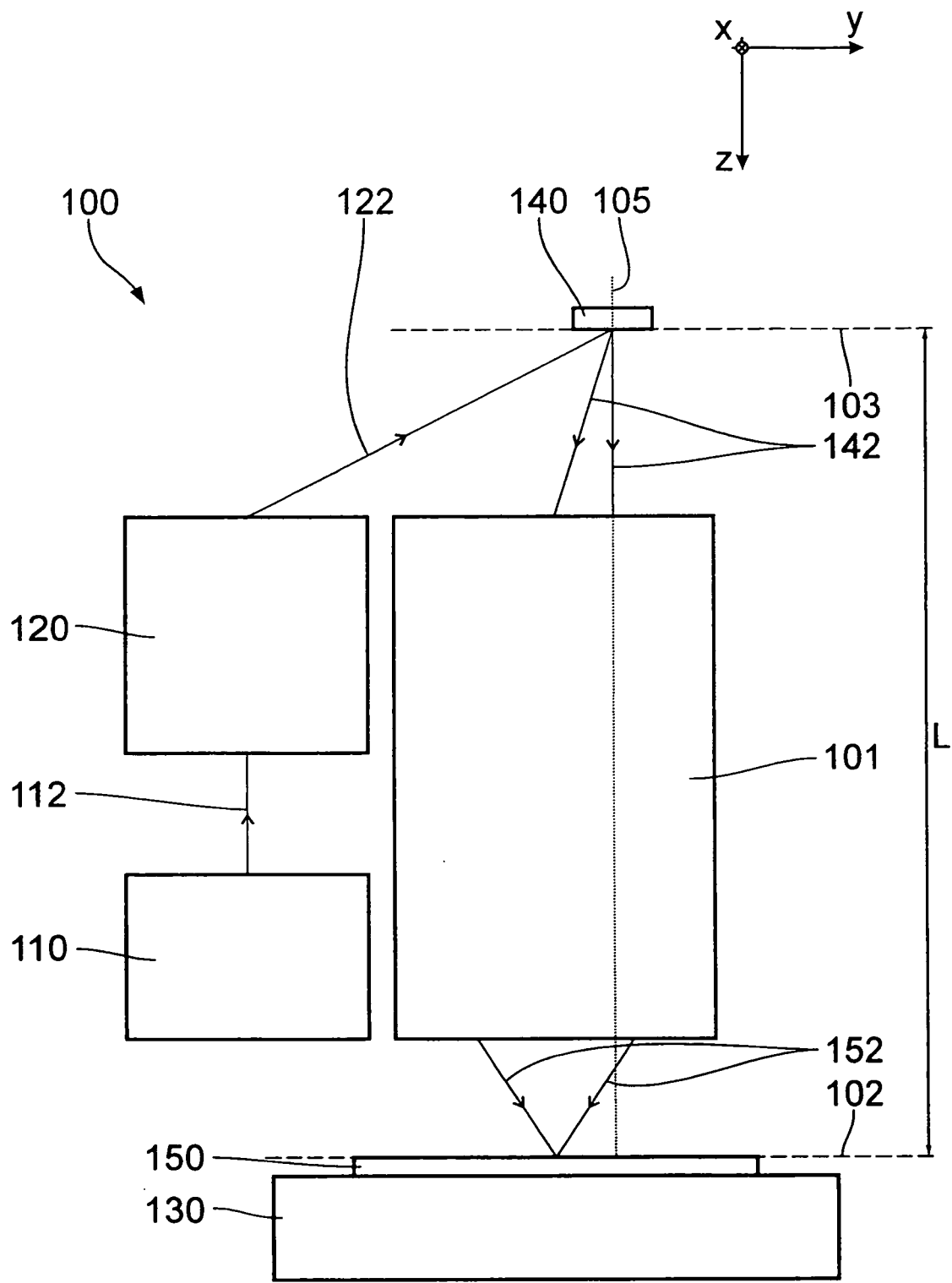
提供一基材其具有至少一輻射敏感性材料層；

提供一阻罩具有一結構其將會被投影；

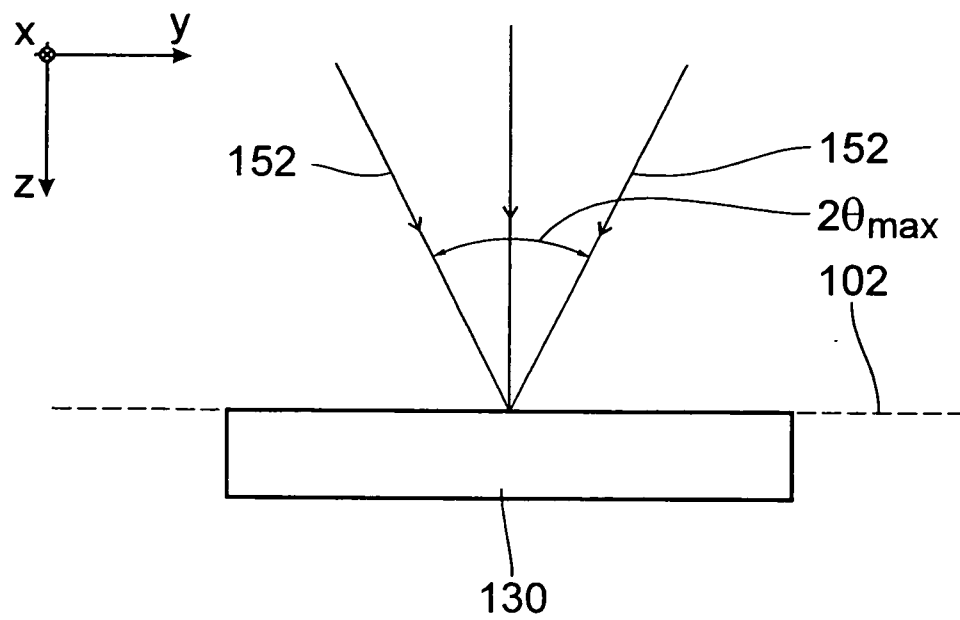
提供一如申請專利範圍第23或24項的微蝕刻技術工具；

5 使用該微蝕刻技術工具將該阻罩的至少一部份投影至該材料層之一區域上。

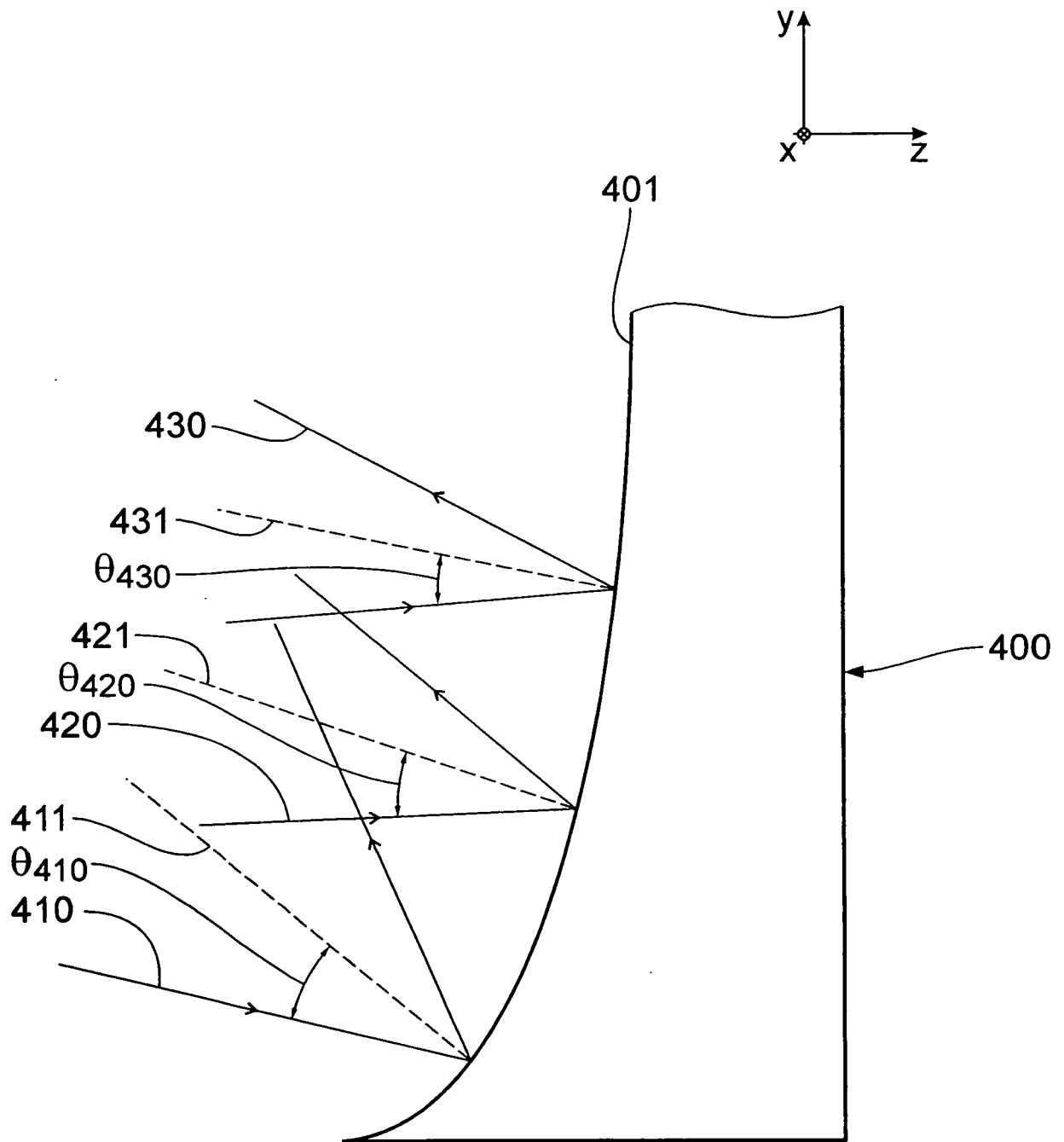
26. 一種微結構組件，係由如申請專利範圍第25項的方法所製成者。



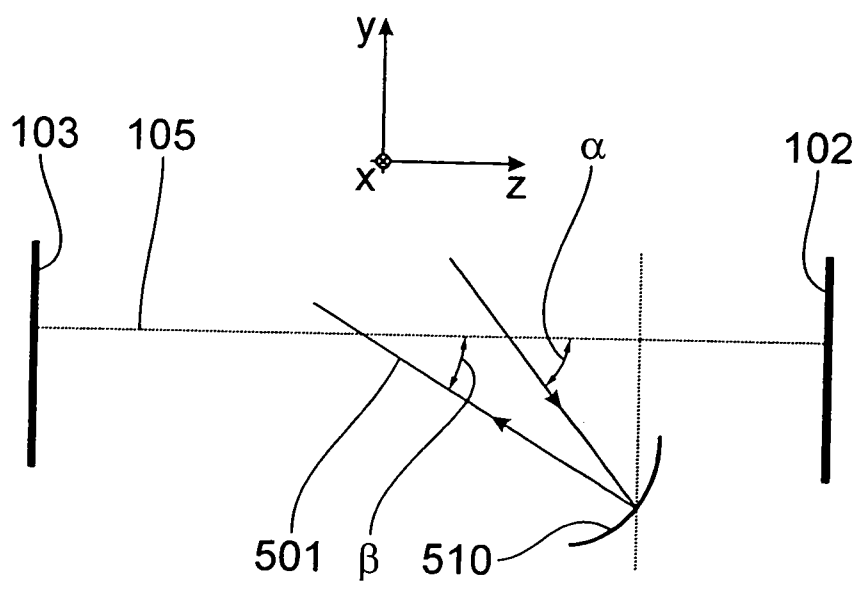
第 1 圖



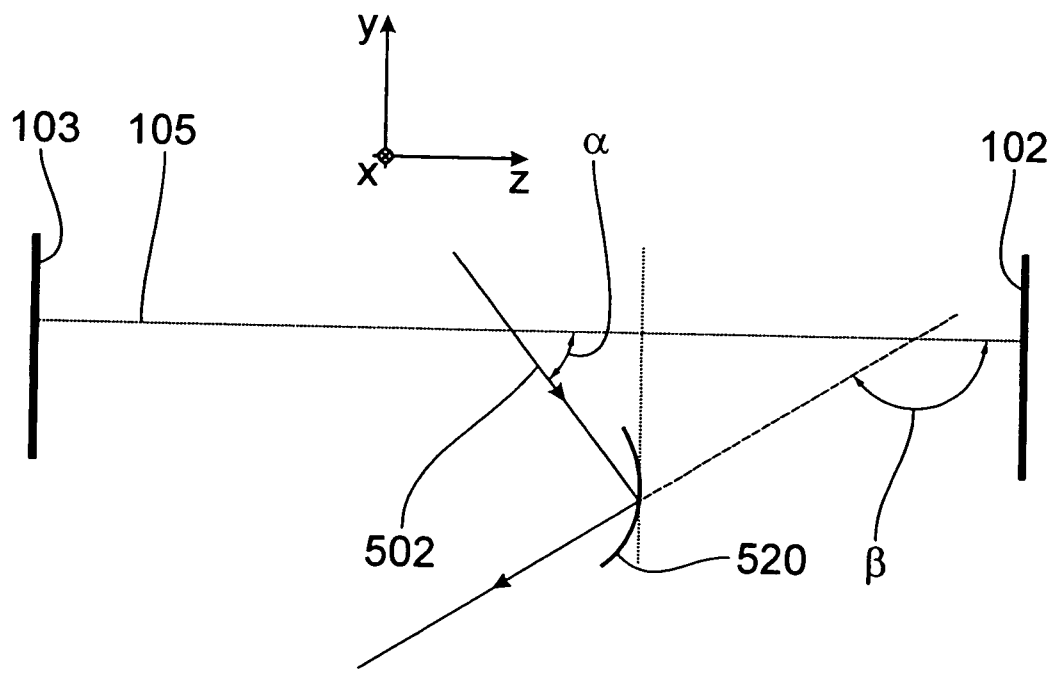
第 2 圖



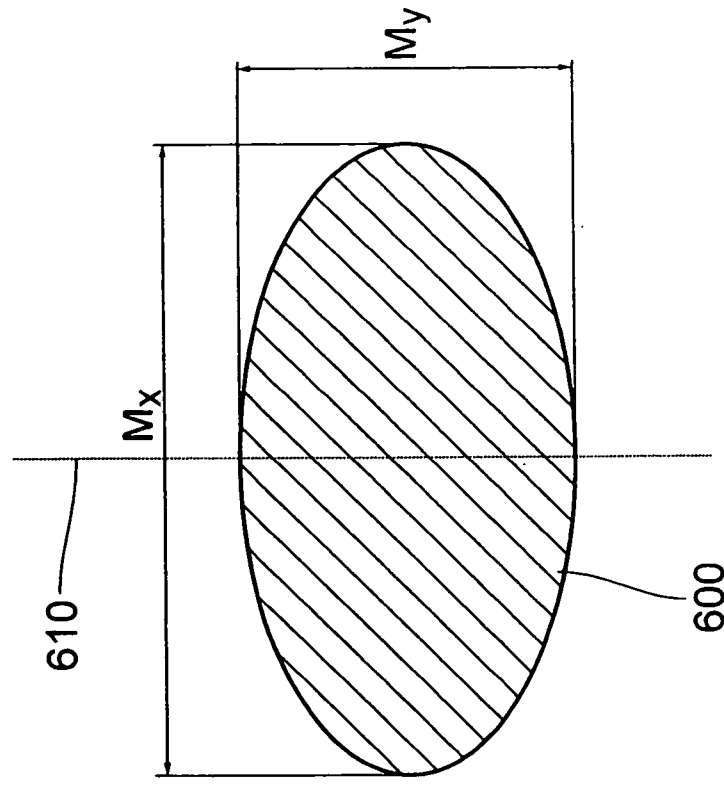
第 3 圖



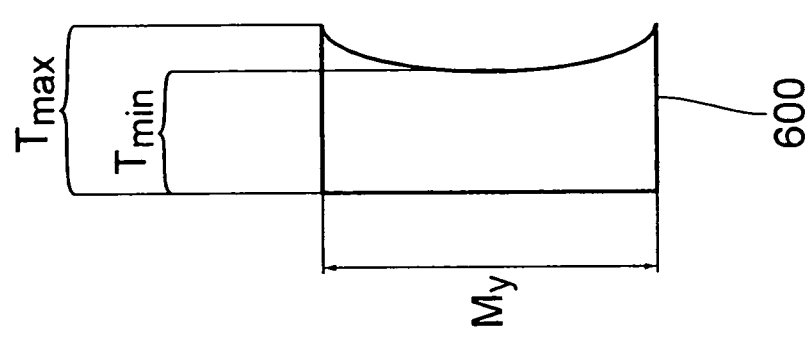
第 4 圖



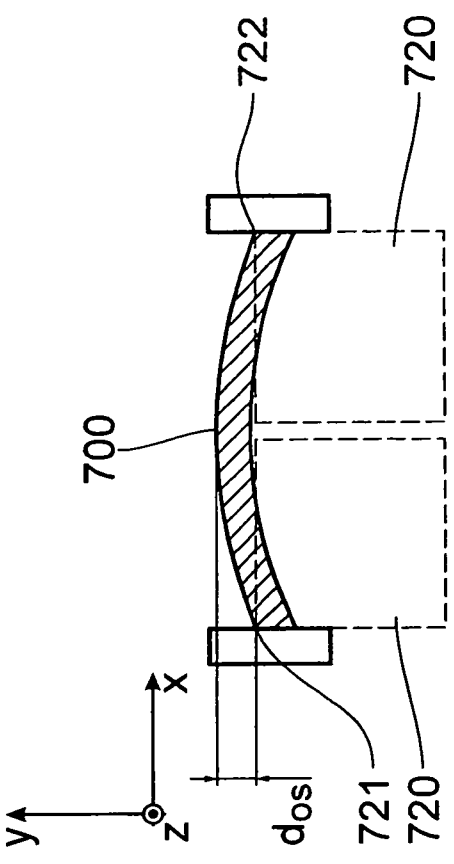
第 5 圖



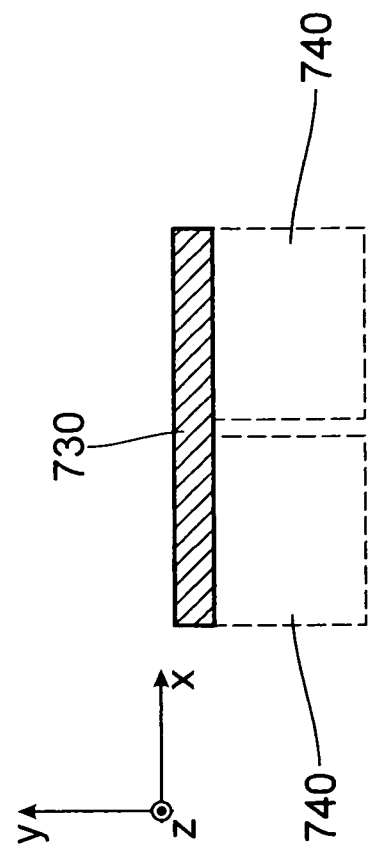
第 6A 圖



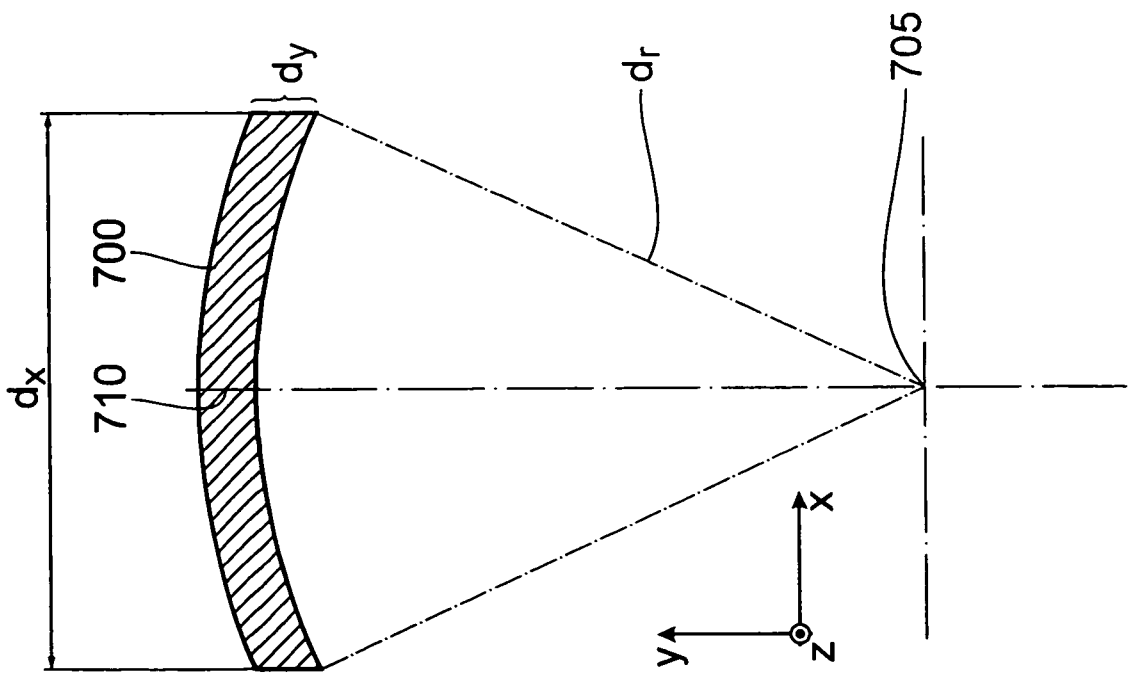
第 6B 圖



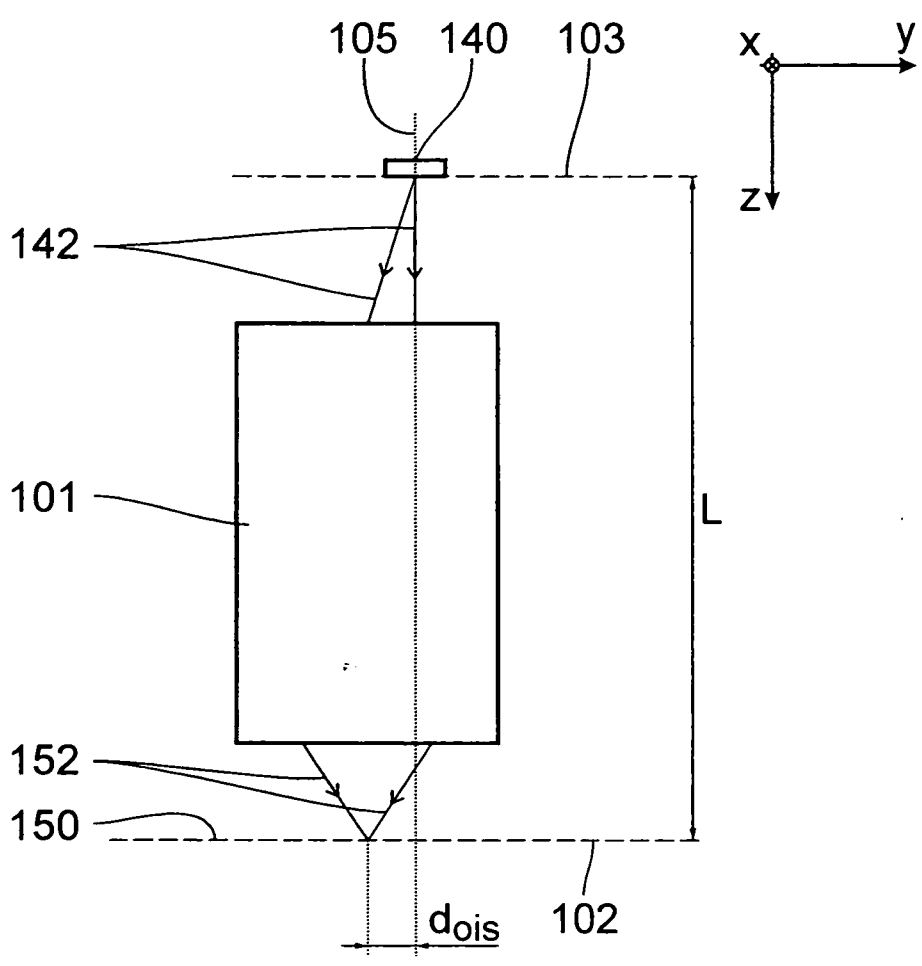
第 7B 圖



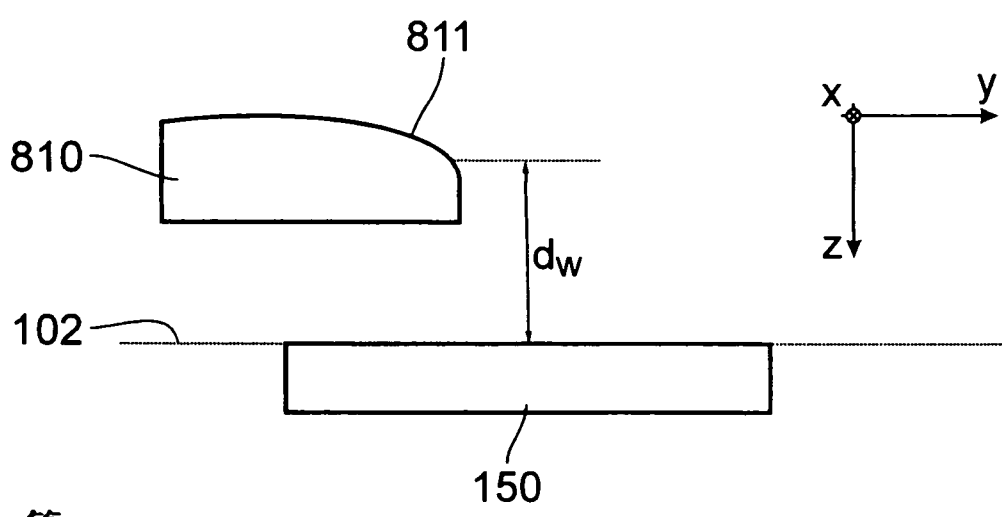
第 7C 圖



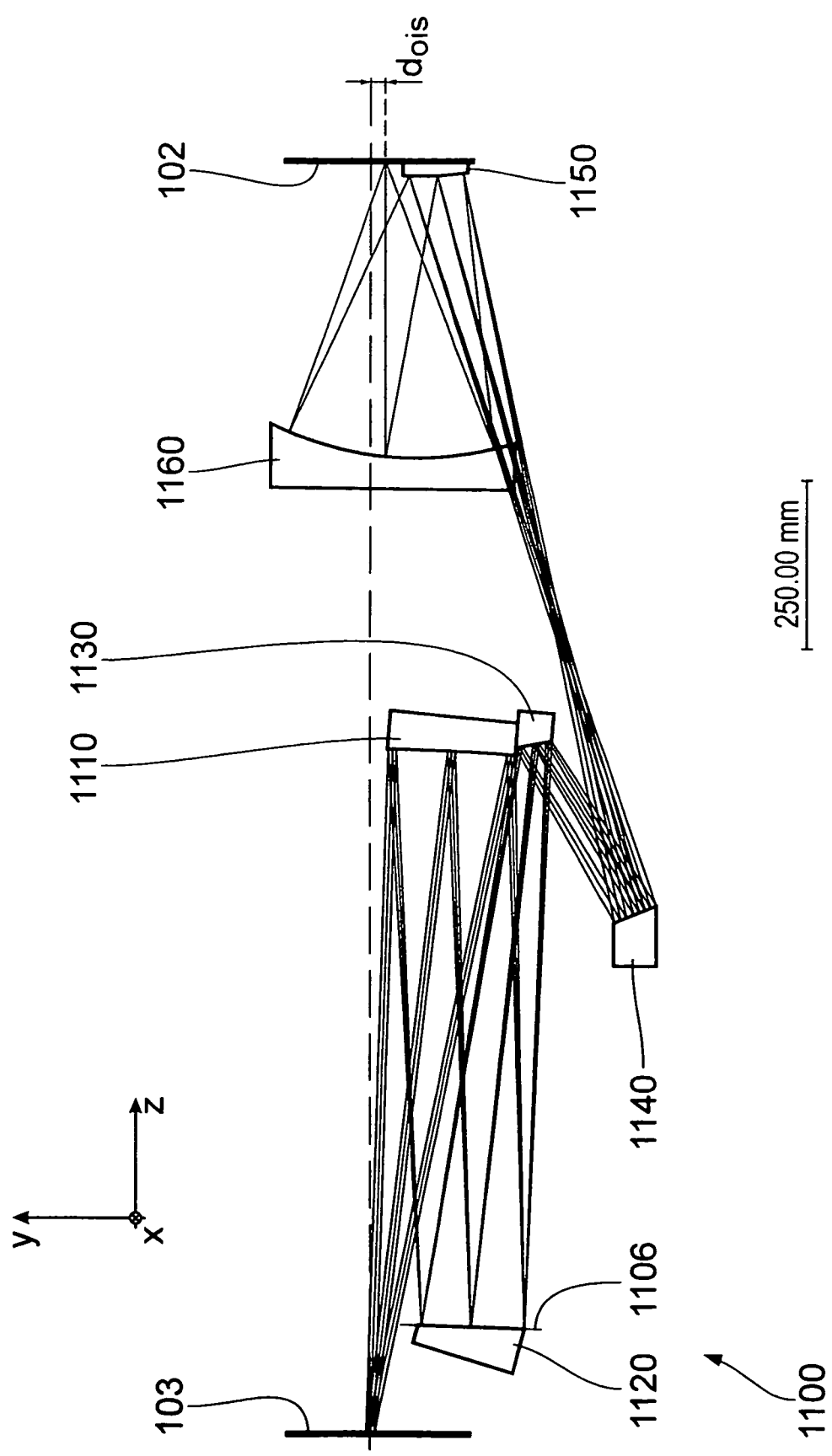
第 7A 圖



第 8 圖



第 9 圖



第 10 圖

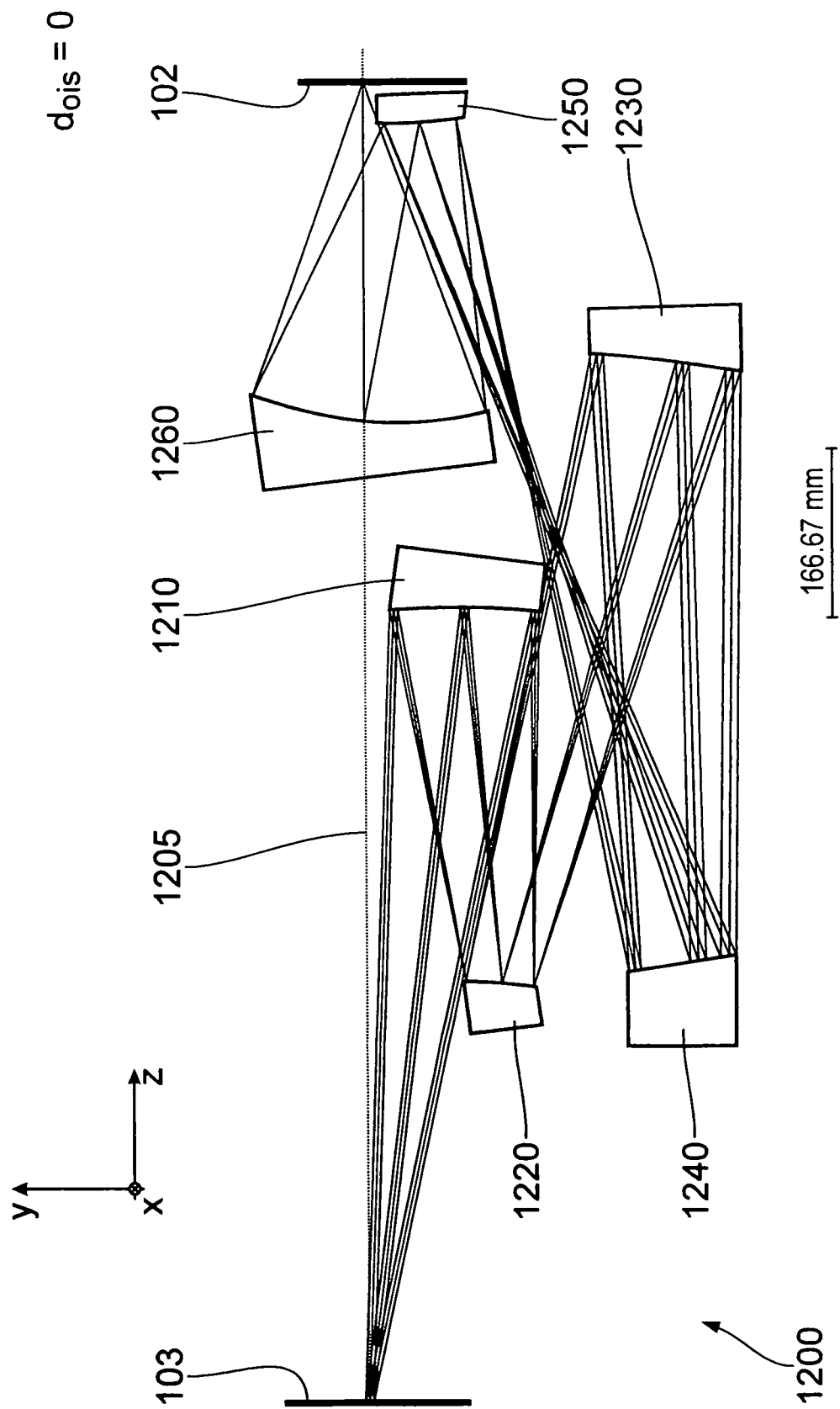
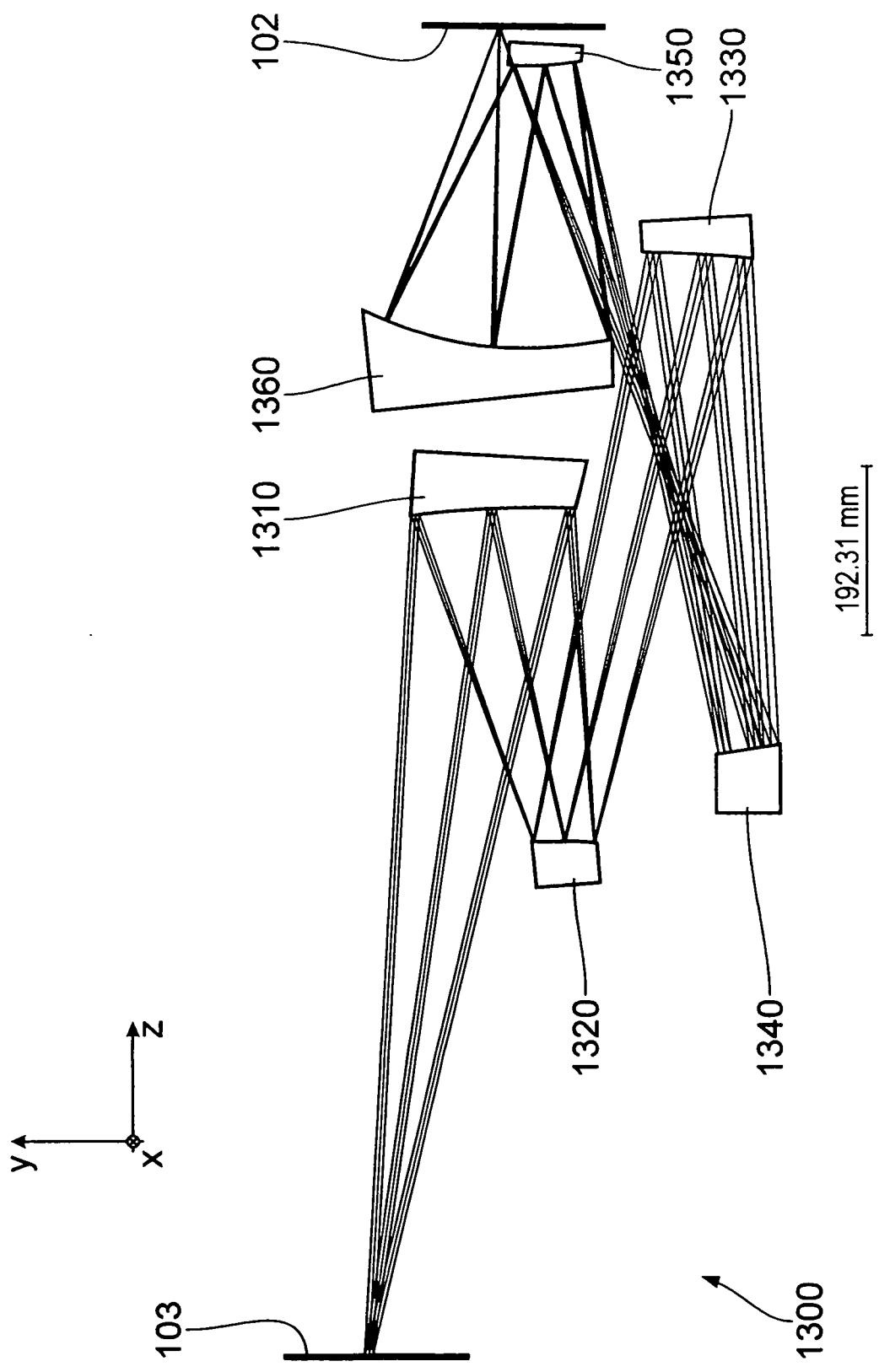
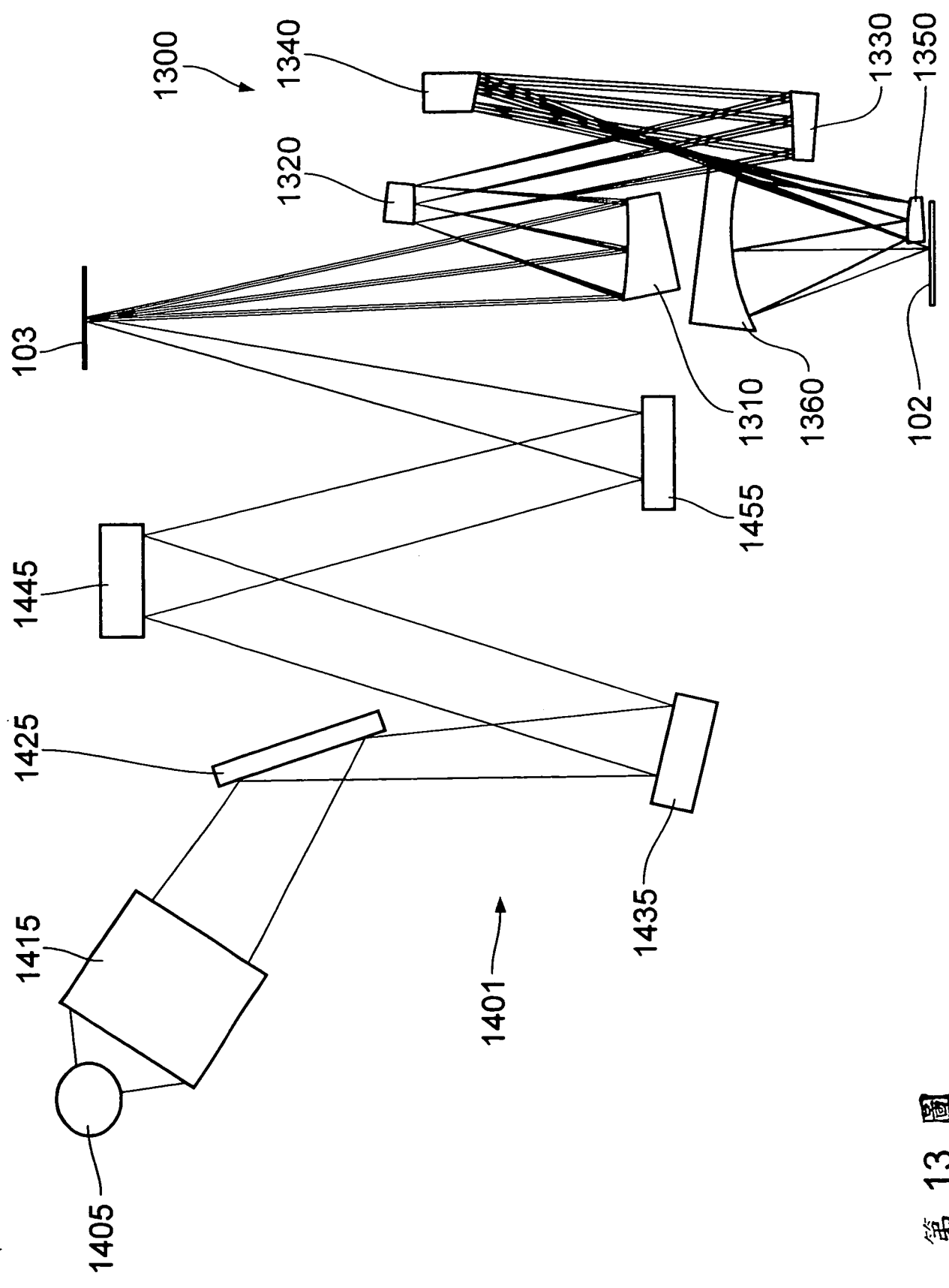


圖 11 第



第 12 圖



第 13 圖