

申請日期	90.10.23
案 號	90126129
類 別	H01K 21/027

A4
C4

529080

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 新型 名稱	中 文	反射折射光學系統及具備該光學系統之曝光裝置
	白 文	反射屈折光学系および該光学系を備えた露光装置
二、發明人 創作	姓 名	高橋 友刀 TOMOWAKI TAKAHASHI
	國 籍	日本
	住、居所	日本國東京都千代田區丸之內3丁目2番3號 尼康股份有限公司內
三、申請人	姓 名 (名稱)	日商尼康股份有限公司 NIKON CORPORATION
	國 籍	日本
	住、居所 (事務所)	日本國東京都千代田區丸之內3丁目2番3號
	代 表 人 姓 名	島村 輝郎 TERUO SHIMAMURA

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6

B6

本案已向：

國（地區） 申請專利，申請日期： 案號： ， ☐有 ☐無主張優先權

- | | | | | |
|-------|-------------|---------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1. 日本 | 2000年10月23日 | 特願2000-322068 | ☒ 有 | ☐ 無主張優先權 |
| 2. 日本 | 2001年01月11日 | 特願2001-003200 | ☒ 有 | ☐ 無主張優先權 |
| 3. 日本 | 2001年10月05日 | 特願2001-309516 | ☒ 有 | ☐ 無主張優先權 |

有關微生物已寄存於：

寄存日期：

，寄存號碼：

五、發明說明(1)

本專利係以日本專利申請2000年第322068號(申請日期：2000年10月23日)及日本專利申請2001年第003200號(申請日期2001年1月11日)及日本專利申請2001年第309516號(申請日期2001年10月5日)為基礎，其內容作為引用文納入本文中。

技術領域

本發明係有關反射折射光學系統及具備該光學系統之曝光裝置，尤其是有關最適於以光刻步驟製造半導體元件等時使用之曝光裝置上的高解像反射折射型投影光學系統。

背景技術

近年來，半導體元件之製造及半導體晶片安裝基板之製造日趨微細化，轉印圖案的曝光裝置要求具有更高解像力的投影光學系統。為求滿足此種高解像的要求，必須促使曝光光線短波長化，且增加NA(投影光學系統的孔徑數)。然而，曝光光線的波長變短時，可實際用於光線吸收的光學玻璃種類有限。例如，波長在180 nm以下時，實際可使用的玻璃材料僅有螢石。

此時，僅以折射光學構件(透鏡、平行平板等)構成投影光學系統時，所形成之折射型投影光學系統完全無法進行色像差的校正。換言之，很難僅以折射光學構件來構成有所需解像力的投影光學系統。此外也嘗試僅以反射光學構件亦即反射鏡來構成投影光學系統。

但是，此時所形成之反射型投影光學系統體積變大，且反射面需要非球面化。另外，欲將反射面予以高度精密的

五、發明說明（ 2 ）

非球面化，在製造上極為困難。因而提出有各種組合包含能適用短波長光線之光學玻璃的折射光學構件與反射鏡之所謂的反射折射型縮小光學系統。

其中，已知有一種僅使用一片凹面反射鏡，僅形成一次中間像型的反射折射光學系統。此種反射折射光學系統之包含凹面反射鏡的往復兼用光學系統部分僅包含負透鏡，而不包含具有正能量的折射光學構件。因光束係以擴散狀態射入凹面反射鏡，因此凹面反射鏡的直徑通常較大。

尤其是包含凹面反射鏡之往復兼用光學系統部分具有完全對稱型的構造時，須力求抑制該往復兼用光學系統部分產生的像差，以減輕後續之折射光學系統部分的像差校正負擔。但是，由於採用對稱型的往復間用光學系統，很難徹底確保第一面附近的工作距離，此外，由於光程分歧，也必須使用半稜鏡。

此外，配置於中間像形成位置更後方的二次成像光學系統使用凹面反射鏡時，為求確保光學系統所需的亮度，光束係在擴散的狀態下射入凹面反射鏡。以致凹面反射鏡的直徑通常較大，不易促使其小型化。

另外，也知有一種使用數片反射鏡，僅形成一次中間像型的反射折射光學系統。此種反射折射光學系統可減少折射光學系統部分的透鏡數量。但是，此種反射折射光學系統存在以下的問題。

將上述構造之往復兼用光學系統部分配置在縮小端之第二面端的反射折射光學系統，因縮小倍率的關係，無法確

五、發明說明(3)

保足夠長度之被反射鏡反射後之至第二面(晶圓面)的距離。因而該光程中無法插入較多片的透鏡，所獲得之光學系統的亮度有限。此外，縱使可實現具有高孔徑數的光學系統，卻因在有限長度之光程中配有許多折射光學構件，以致無法確保足夠長度之第二面之晶圓面與最靠近第二面端之透鏡面的距離，亦即所謂的工作距離WD。

先前的反射折射光學系統需要將光程彎曲，因而具有數個光軸(係指連接構成光學系統之折射曲面或反射曲面之曲率中心的直線)。以致，為求形成光學系統需要數個鏡筒，光軸間的調整作業非常困難，無法構成高度精密的光學系統。另外，亦可採用藉由使用中央具有孔徑部(透光部)的一對反射鏡，沿著一條直線狀光軸配置全部光學構件型的反射折射光學系統。但是，此種反射折射光學系統為求遮住並非被反射鏡反射，而係沿著光軸進行的不需要光線，需要中心光束的遮蔽，亦即中心遮蔽。導致因中心遮蔽造成以特定頻率之圖案的對比降低的問題。

此外，先前的反射折射光學系統無法確保應設置有效之視野光圈及孔徑光圈的位置。且如以上所述，先前的反射折射光學系統無法確保足夠長度的工作距離。並如以上所述，先前的反射折射光學系統，凹面反射鏡容易形成大型化，無法促使光學系統的小型化。

再者，EP1069448A1所揭示的反射折射光學系統，雖具有可確保第二面端(晶圓端)的工作距離，並沿著單一光軸構成的優點，但是，卻存在無法確保足夠長度之第一面端(掩膜

五、發明說明(4)

端)之工作距離(第一面之掩膜面與最靠近第一面端之透鏡面間的距離)的問題。此外，WO01/51979A2所揭示的反射折射光學系統，由於反射鏡直徑過大，存在無法達到足夠大孔徑數的問題。同樣的，特開2001-228401號公報所揭示之反射折射光學系統亦因反射鏡的直徑過大，而存在無法達到足夠大孔徑數的問題。

發明的揭示

有鑑於上述的問題，本發明之目的在提供一種調整容易，可高度精密製造光學系統，縱使使用波長在180 nm以下之真空紫外線波長區域的光線，仍可達到0.1 μ m以下高解像度的反射折射光學系統。

再者，本發明之目的在提供一種可確保應設置有效視野光圈及孔徑光圈的位置，縱使使用波長在180 nm以下之真空紫外線波長區域的光線，仍可達到0.1 μ m以下高解像度的反射折射光學系統。

此外，本發明之目的在提供一種可確保足夠長度的工作距離，縱使使用波長在180 nm以下之真空紫外線波長區域的光線，仍可達到0.1 μ m以下高解像度的反射折射光學系統。

此外，本發明之目的在提供一種可抑制凹面反射鏡的大型化，以促使光學系統小型化，縱使使用波長在180 nm以下之真空紫外線波長區域的光線，仍可達到0.1 μ m以下高解像度的反射折射光學系統。

此外，本發明之目的在提供一種可確保足夠長度之第一

五、發明說明(5)

面端的工作距離，同時可抑制反射鏡直徑之大型化，以達到足夠大孔徑數，縱使使用波長在180 nm以下之真空紫外線波長區域的光線，仍可達到0.1 μ m以下高解像度的反射折射光學系統。

再者，本發明之目的在提供一種使用本發明之反射折射光學系統作為投影光學系統，縱使使用波長在180 nm以下的曝光光線，仍可以0.1 μ m以下的高解像度進行良好投影曝光的曝光裝置。

此外，本發明之目的在提供一種使用本發明的曝光裝置，藉由以0.1 μ m以下的高解像度進行良好投影曝光，可製造高度精密之微型裝置的微型裝置製造方法。

為求達到上述目的，本發明之反射折射光學系統具備：第一成像光學系統，其係至少具有兩個反射鏡，並依據第一面射出的光線形成第一面的第一中間像；第二成像光學系統，其係至少具有兩個反射鏡，並依據通過第一成像光學系統的光線形成第一面的第二中間像；及折射型第三成像光學系統，其係依據通過第二成像光學系統的光線，將第一面的最後圖像形成在第二面上；構成第一成像光學系統、第二成像光學系統及第三成像光學系統的全部光學構件係沿著一條直線狀光軸配置。

該反射折射光學系統之第一成像光學系統與第二成像光學系統間的光程中宜配置有向場透鏡。

此外，第一成像光學系統宜具有兩個反射鏡與至少一個透鏡成分。

五、發明說明（ 6 ）

此時，第一成像光學系統與向場透鏡的合成光學系統宜在第一面端及第二面端構成遠心的光學系統。

上述各種反射折射光學系統之第一成像光學系統宜具有配置在兩個反射鏡間之光程中的至少一個負透鏡成分。

此外，第二成像光學系統宜具有配置在兩個反射鏡間之光程中的至少一個負透鏡成分。

本發明之其他反射折射光學系統具備數個光學構件，其係在第一面與第二面間的光程中形成兩次第一面的中間像，並以第一面之第三次中間像為最後圖像，形成在第二面上，數個光學構件係沿著單一直線狀光軸配置。

該反射折射光學系統之中間像宜形成在離開光軸的位置上。

本發明之其他反射折射光學系統具備沿著單一直線狀光軸配置的數個反射鏡，將第一面上之離開光軸的矩形區域圖像形成在第二面上。

該反射折射光學系統還宜具備限制以該反射折射光學系統所形成之圖像區域的視野光圈與限制該反射折射光學系統之孔徑數的孔徑光圈。

本發明之其他反射折射光學系統具備：第一成像光學系統，其係至少具有第一反射鏡與第二反射鏡，並依據第一面射出的光線形成第一面的第一中間像；第二成像光學系統，其係至少具有第三反射鏡與第四反射鏡，並依據通過第一成像光學系統的光線形成第一面的第二中間像；及折射型第三成像光學系統，其係依據通過第二成像光學系統

五、發明說明(7)

的光線，將第一面的最後圖像形成在第二面上；構成第一成像光學系統、第二成像光學系統及第三成像光學系統的全部光學構件係沿著一條直線狀光軸配置，第一反射鏡、第二反射鏡、第三反射鏡及第四反射鏡中之兩個反射鏡之反射面端之前至少分別配置有一個負透鏡。

該反射折射光學系統藉由在兩個反射鏡之反射面端之前至少分別配置有一個負透鏡，以進行倍率的色像差校正，倍率色像差係數LAT宜滿足 $|LAT| < 5 \times 10^{-6}$ 的條件。此時，或是上述反射折射光學系統藉由在兩個反射鏡的反射面端之前至少分別配置有一個負透鏡，以進行軸上的色像差校正，軸上色像差係數AX宜滿足 $|AX| < 2 \times 10^{-4}$ 的條件。

本發明之曝光裝置具備：用於照明掩膜的照明系統、及用於在感光性基板上形成掩膜上所形成之圖案圖像的投影光學系統，投影光學系統由上述之反射折射光學系統構成，掩膜對應於反射折射光學系統的第一面，感光性基板對應於反射折射光學系統的第二面。

該曝光裝置為求在感光性基板上掃描曝光掩膜圖案，還宜具備使掩膜及感光性基板對反射折射光學系統作相對移動的驅動系統。

本發明之微型裝置的製造方法具有：曝光步驟，其係藉由上述曝光裝置將掩膜圖案曝光在感光性基板上；及顯像步驟，其係將被曝光步驟所曝光的感光性基板予以顯像。

圖式之簡要說明

五、發明說明(8)

圖1為本發明之反射折射光學系統的基本構造說明圖。

圖2為概略顯示具備以本發明之各實施例之反射折射光學系統作為投影光學系統的整個曝光裝置構造圖。

圖3為顯示形成在晶圓上之矩形曝光區域(亦即有效曝光區域)與基準光軸的位置關係圖。

圖4為第一實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖5為第一實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖6為第二實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖7為第二實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖8為第三實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖9為第三實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖10為第四實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖11為第四實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖12為第五實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖13為第五實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖14為第六實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖15為顯示第六實施例之形成在晶圓上之圓弧狀有效曝光區域與基準光軸的位置關係圖。

圖16為第六實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖17為第七實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖18為第七實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖19為第七實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖20為第八實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖21為第八實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

五、發明說明 (10)

更具體態樣為，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中配置有向場透鏡FL。此時之向場透鏡FL與第一中間像的形成無關，而係具有整合連接第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2的功能。此外，第一成像光學系統G1除兩個反射鏡之外，還具有至少一個透鏡成分。如此，第一成像光學系統G1與向場透鏡FL之合成光學系統在標線片端(第一面端)及晶圓端(第二面端)上構成遠心的光學系統。而在第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3間的光程中，於必要時也配置有向場透鏡。

此外，具體態樣為，第一成像光學系統G1及第二成像光學系統G2中之至少其中一個光學系統，在兩個反射鏡之間的光程中宜至少配置一個負透鏡成分(L13, L21)。藉由此種構造，縱使以一種光學材料形成折射光學構件(透鏡成分)，仍可進行色像差良好的校正。

此外，可將限制由反射折射光學系統所形成之圖像區域的視野光圈FS配置在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2間的向場透鏡FL附近，或配置在第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3間的向場透鏡附近。此時，可形成亦可在照明光學系統上不設置視野光圈的構造。亦可在第三成像光學系統G3的光程中配置孔徑光圈AS。

如上所述，本發明之反射折射光學系統與具有數個光軸之先前的反射折射光學系統不同，全部的光學構件係沿著一條光軸AX配置。因此，不需要用於形成光學系統的數個鏡筒，也不需要實施光軸間的調整作業，對沿著一條光軸

五、發明說明 (14)

以下，參照附圖說明本發明的實施例。

圖2為概略顯示具備以本發明之各實施例之反射折射光學系統作為投影光學系統的整個曝光裝置構造圖。而圖2中，平行於構成投影光學系統PL之反射折射光學系統之基準光軸AX設定Z軸，在垂直於光軸AX面內，平行於圖2之紙面設定Y軸，垂直於紙面設定X軸。

圖上顯示的曝光裝置具備F₂雷射光源(振盪中心波長157.6nm)作為用於供給紫外線區域之照明光的光源100。自光源100射出的光線通過照明光學系統IL均勻照明形成有特定圖案的標線片(掩膜)R。而光源100與照明光學系統IL之間的光程以包裝(圖上未顯示)密封，自光源100至照明光學系統IL中之最靠近標線端之光學構件之間的空間以曝光光線吸收率低氣體之氦氣及氮氣等惰性氣體取代，或是保持概略真空狀態。

標線片R通過標線片固定器RH，在標線片載物台RS上平行保持在XY平面上。標線片R上形成有需要轉印的圖案，整個圖案區域中之沿著X方向具有長邊，且沿著Y方向具有短邊的矩形圖案區域被照明。標線片載物台RS的構造，係通過省略圖式之驅動系統的作用，可沿著標線片面(亦即XY平面)作二維移動，其位置座標係藉由使用標線片移動鏡RM的干擾計RIF計測，且加以位置控制。

自形成在標線片R上之圖案射出的光線，通過反射折射型投影光學系統PL，在感光性基板之晶圓W上形成標線片圖案圖像。晶圓W通過晶圓固定工作台(晶圓固定器)WT，在

五、發明說明 (15)

晶圓載物台WS上平行保持在XY平面上。晶圓W上沿著X方向具有長邊，且沿著Y方向具有短邊之矩形的曝光區域內形成有圖案圖像，以光學性對應於標線片R上的矩形照明區域。晶圓載物台WS的構造，係通過省略圖式之驅動系統的作用，可沿著晶圓面(亦即XY平面)作二維移動，其位置座標係藉由使用晶圓移動鏡WM的干擾計WIF計測，且加以位置控制。

圖3為顯示形成在晶圓上之矩形曝光區域(亦即有效曝光區域)與基準光軸的位置關係圖。如圖3所示，各實施例(除第六實施例)在具有以基準光軸AX作中心之半徑A(對應於最大像高)的圓形區域(像圈)IF內，於自基準光軸AX-Y方向上偏心的位置上設有具有所需大小之矩形的有效曝光區域ER。此時有效曝光區域ER之X方向的長度為LX，其Y方向的長度為LY。

因此，如圖1所示，標線片R上在自基準光軸AX+Y方向上偏心的位置上，形成有具有對應於有效曝光區域ER之大小及形狀的矩形照明區域IR。亦即，在具有以基準光軸AX作中心之半徑B(對應於最大物體高)的圓形區域內，於自基準光軸AX+Y方向上偏心的位置上設有具有所需大小的矩形照明區域IR。

此外，圖上顯示之曝光裝置的構造為，在構成投影光學系統PL之光學構件中配置於最靠近標線片端的光學構件(各實施例的透鏡L11)與配置於最靠近晶圓端之光學構件(第一及第二實施例的透鏡L38，第三實施例的透鏡L312，第四

五、發明說明 (16)

實施例的透鏡L39，第五、第六及第九實施例的透鏡315，第七及第八實施例的透鏡L317)之間，使投影光學系統PL的內部保持氣密狀態，投影光學系統PL內部的氣體以氮氣及氬氣等惰性氣體取代，或概略保持真空狀態。

並在照明光學系統IL與投影光學系統PL之間的狹窄光程中配置有標線片R及標線片載物台RS等，而在密封包圍標線片R及標線片載物台RS等的包裝(圖上未顯示)內部填充有氮氣及氬氣等惰性氣體，或保持概略真空狀態。

此外，在投影光學系統PL與晶圓W之間的狹窄光程中配置有晶圓W及晶圓載物台WS等，而在密封包圍晶圓W及晶圓載物台WS等的包裝(圖上未顯示)內部填充有氮氣及氬氣等惰性氣體，或保持概略真空狀態。如此，在自光源100至晶圓W的整個光程中形成幾乎不吸收曝光光線的環境。

如上所述，被投影光學系統PL所限制之標線片R上的照明區域及晶圓W上的曝光區域(亦即有效曝光區域ER)為沿著Y方向具有短邊的矩形。因此，使用驅動系統及干擾計(RIF, WIF)等實施標線片R及晶圓W的位置控制，同時通過沿著矩形之曝光區域及照明區域之短邊方向，亦即Y方向，使標線片載物台RS與晶圓載物台WS，以及標線片R與晶圓W朝相反方向(亦即反方向)同步移動(掃描)，在晶圓W上對具有與曝光區域之長邊相等寬度且具有對應於晶圓W之掃描量(移動量)之長度的區域來掃描曝光標線片圖案。

各實施例中，包含本發明之反射折射光學系統的投影光學系統PL具備：反射折射型的第一成像光學系統G1，其係

五、發明說明 (17)

用於形成配置於第一面之標線片R圖案的第一中間像；反射折射型的第二成像光學系統G2，其係用於依據通過第一成像光學系統G1的光線形成標線片R圖案的第二中間像；及折射型的第三成像光學系統G3，其係用於依據通過第二成像光學系統G2的光線，在配置於第二面上的晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像(標線片圖案的縮小圖像)。

另外，各實施例中，構成第一成像光學系統G1、第二成像光學系統G2及第三成像光學系統G3的全部光學構件係沿著一條直線狀光軸AX配置。並在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中配置有第一向場透鏡。另於第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中配置有第二向場透鏡。而基準光軸AX係沿著重力方向(亦即垂直方向)定位。因而標線片R及晶圓W係沿著與重力方向直交之面，亦即沿著水平面彼此平行配置。此外，構成投影光學系統PL之全部光學構件(透鏡及反射鏡)亦在基準光軸AX上，沿著水平面配置。

各實施例中，構成投影光學系統PL之全部折射光學構件(透鏡成分)使用螢石(CaF_2 結晶)。此外，曝光光線之 F_2 雷射光的振盪中心波長為157.6 nm，157.6 nm附近的 CaF_2 折射率，係每+1 mp之波長變化，以 -2×10^{-6} 的比率變化，每-1 mp之波長變化，以 $+2 \times 10^{-6}$ 的比率變化。換言之，157.6 nm附近之 CaF_2 折射率的分散($dn/d\lambda$)為 $2 \times 10^{-6}/\text{pm}$ 。

因此，各實施例中， CaF_2 對中心波長157.6 nm的折射率

五、發明說明 (18)

為1.560000。而第一種實施例、第二種實施例及第四種實施例， CaF_2 對 $157.6 \text{ nm} + 0.5 \text{ pm} = 157.6005 \text{ nm}$ 的折射率為1.559999， CaF_2 對 $157.6 \text{ nm} - 0.5 \text{ pm} = 157.5995 \text{ nm}$ 的折射率為1.560001。此外，第三種實施例、第五種實施例及第六種實施例， CaF_2 對 $157.6 \text{ nm} + 0.3 \text{ pm} = 157.6003 \text{ nm}$ 的折射率為1.5599994， CaF_2 對 $157.6 \text{ nm} - 0.3 \text{ pm} = 157.5997 \text{ nm}$ 的折射率為1.5600006。另外，第七種實施例～第九種實施例， CaF_2 對 $157.6 \text{ nm} + 0.4 \text{ pm} = 157.6004 \text{ nm}$ 的折射率為1.5599992， CaF_2 對 $157.6 \text{ nm} - 0.4 \text{ pm} = 157.5996 \text{ nm}$ 的折射率為1.5600008。

此外，各實施例之非球面，假設垂直於光軸之方向的高度為 y ，自接觸非球面頂點之平面至高度為 y 之非球面上之位置，沿著光軸的距離(弛垂度)為 z ，頂點曲率半徑為 r ，圓錐係數為 k ， n 次的非球面係數為 C_n 時，由以下公式(a)來表示：

$$z = (y^2/r) / \{ 1 + \{ 1 - (1+k) \cdot y^2/r^2 \}^{1/2} \} + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} \quad (a)$$

各實施例中，形成非球面形狀的透鏡面上，在面編號的右側註記*符號。

第一實施例

圖4為第一實施例之反射折射光學系統(投影光學系統PL)的透鏡構造圖。圖4之反射折射光學系統的第一成像光學系統G1自標線片端起，依序由非球面狀凸面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L11、非球面狀凸面朝向晶圓端的正彎月形透鏡

五、發明說明 (19)

L12、接近平面之凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M11、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L13、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M12構成。

此外，第二成像光學系統G2自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M21、凸面朝向標線片端之負彎月形透鏡L21、及接近平面之凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M22構成。

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由非球面狀凸面朝向晶圓端的負彎月形透鏡L31、非球面狀凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L32、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L33、孔徑光圈AS、非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L34、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L35、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L36、雙凸透鏡L37、及非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L38構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L41、非球面狀凸面朝向標線片端的雙凸透鏡L42、及非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L43構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有由非球面狀凸面朝向標線片端之雙凸透鏡L51所構成的第二向場透鏡。

因此，第一實施例之自標線片R射出的光線，通過正彎月

五、發明說明 (20)

形透鏡L11、正彎月形透鏡L12及負彎月形透鏡L13，射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線通過負彎月形透鏡L13，被凹面反射鏡M11反射後，在第一向場透鏡(L41~L43)中形成標線片圖案的第一中間像。

自形成於第一向場透鏡(L41~L43)中之第一中間像射出的光線，被凹面反射鏡M22反射，並通過負彎月形透鏡L21，被凹面反射鏡M21反射後，通過負彎月形透鏡L21，在第二向場透鏡L51的附近形成標線片圖案的第二中間像。自形成於第二向場透鏡L51附近之第二中間像射出的光線，通過構成第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L38，在晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像。

以下的表(1)中揭示第一種實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(1)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高，LX表示有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸(長邊尺寸)，LY表示有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸(短邊尺寸)。

此外，表(1)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起的各面順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11

五、發明說明 (21)

的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。不論光線的射入方向為何，朝向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。

表(1)

(主要諸元)

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$

$\beta = 1/4$

$NA = 0.70$

$A = 17 \text{ mm}$

$B = 68 \text{ mm}$

$LX = 22 \text{ mm}$

$LY = 5 \text{ mm}$

(光學構件諸元)

面編號	r	d	n
	(標線片面)	64.582058	
1	-209.99497	24.525484	1.560000 (透鏡L11)
2*	-166.93294	2.218319	
3	-155.66573	15.657738	1.560000 (透鏡L12)
4*	-112.14862	222.368536	
5	-137.10069	10.687500	1.560000 (透鏡L13)
6	-297.35521	5.164034	
7	-230.99151	-5.164034	(凹面反射鏡M12)
8	-297.35521	-10.687500	1.560000 (透鏡L13)

五、發明說明 (22)

9	-137.10069	-202.268536	
10	9031.77704	238.120070	(凹面反射鏡M11)
11*	-476.24503	35.519322	1.560000 (透鏡L41)
12	-183.40344	1.000000	
13*	232.87955	33.691524	1.560000 (透鏡L42)
14	-6107.18575	1.000000	
15	296.13333	25.457233	1.560000 (透鏡L43)
16*	365.41518	301.171316	
17	-2848.33830	-261.483816	(凹面反射鏡M22)
18	165.31377	-10.687500	1.560000 (透鏡L21)
19	383.70240	-5.000000	
20	255.80102	5.000000	(凹面反射鏡M21)
21	383.70240	10.687500	1.560000 (透鏡L21)
22	165.31377	281.483816	
23*	896.07542	60.560876	1.560000 (透鏡L51)
24	-133.46870	19.157687	
25	-130.23246	70.000000	1.560000 (透鏡L31)
26*	-151.76418	175.887352	
27*	132.53655	15.000000	1.560000 (透鏡L32)
28	94.29966	25.759223	
29	104.80691	17.096377	1.560000 (透鏡L33)
30*	291.29374	30.716267	
31	∞	6.113832	(孔徑光圈AS)
32*	-426.89300	18.954117	1.560000 (透鏡L34)

五、發明說明 (23)

33	-107.18535	14.684919	
34	152.17692	18.992313	1.560000 (透鏡L35)
35	2173.98608	1.000000	
36	84.63119	31.851802	1.560000 (透鏡L36)
37*	383.82672	1.072291	
38	262.82386	15.136062	1.560000 (透鏡L37)
39	-676.46385	1.000000	
40	80.48028	37.973817	1.560000 (透鏡L38)
41*	-2872.34135	6.000000	

(晶圓面)

(非球面資料)

2面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.291653 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.688361 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.173883 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.114644 \times 10^{-18}$$

4面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.245562 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.937520 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.121380 \times 10^{-14} \quad C_{10} = 0.619768 \times 10^{-19}$$

11面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.317890 \times 10^{-7} \quad C_6 = -0.350349 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.549441 \times 10^{-15} \quad C_{10} = -0.185236 \times 10^{-19}$$

13面

五、發明說明 (24)

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.274807 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.280710 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.990831 \times 10^{-16} \quad C_{10}=-0.764627 \times 10^{-20}$$

16面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.507380 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.797166 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.693684 \times 10^{-16} \quad C_{10}=0.761192 \times 10^{-20}$$

23面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.124616 \times 10^{-6} \quad C_6=0.245376 \times 10^{-10}$$

$$C_8=-0.436363 \times 10^{-14} \quad C_{10}=0.165599 \times 10^{-18}$$

26面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.652972 \times 10^{-7} \quad C_6=0.117653 \times 10^{-10}$$

$$C_8=-0.107028 \times 10^{-14} \quad C_{10}=0.613946 \times 10^{-19}$$

27面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.272313 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.517344 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.904051 \times 10^{-15} \quad C_{10}=-0.601541 \times 10^{-19}$$

30面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.303099 \times 10^{-6} \quad C_6=0.157674 \times 10^{-10}$$

$$C_8=0.136800 \times 10^{-14} \quad C_{10}=0.231671 \times 10^{-18}$$

32面

五、發明說明 (25)

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.161006 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.118724 \times 10^{-10}$$

$$C_8 = 0.790687 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.271051 \times 10^{-19}$$

37面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.894445 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.728182 \times 10^{-10}$$

$$C_8 = -0.886021 \times 10^{-14} \quad C_{10} = 0.108877 \times 10^{-17}$$

41面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.677633 \times 10^{-6} \quad C_6 = -0.377321 \times 10^{-9}$$

$$C_8 = 0.103549 \times 10^{-12} \quad C_{10} = 0.227795 \times 10^{-16}$$

圖5顯示第一實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。像差圖中的Y表示像高(mm)。從像差圖中可知，第一實施例對波長寬為157.6 nm±0.5 pm的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

第二實施例

圖6顯示第二實施例之反射折射光學系統(投影光學系統PL)的透鏡構造圖。圖6之反射折射光學系統的第一成像光學系統G1，自標線片端起，依序由非球面狀凸面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L11、非球面狀凸面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L12、接近平面之凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M11、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L13、及凹面朝向

五、發明說明 (26)

標線片端的凹面反射鏡M12構成。

此外，第二成像光學系統G2自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M21、凸面朝向標線片端之負彎月形透鏡L21、及接近平面之凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M22構成。

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由非球面狀凸面朝向晶圓端的負彎月形透鏡L31、非球面狀凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L32、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L33、孔徑光圈AS、非球面狀凸面朝向標線片端的雙凸透鏡L34、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L35、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L36、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L37、及非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L38構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L41、非球面狀凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L42、及非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L43構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有由非球面狀凸面朝向標線片端之雙凸透鏡L51所構成的第二向場透鏡。

因此，第二實施例之自標線片R射出的光線，通過正彎月形透鏡L11、正彎月形透鏡L12及負彎月形透鏡L13，射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線通過負

五、發明說明 (27)

彎月形透鏡L13，被凹面反射鏡M11反射後，在第一向場透鏡(L41~L43)中形成標線片圖案的第一中間像。

自形成於第一向場透鏡(L41~L43)中之第一中間像射出的光線，被凹面反射鏡M22反射，並通過負彎月形透鏡L21，被凹面反射鏡M21反射後，通過負彎月形透鏡L21，在第二向場透鏡L51的附近形成標線片圖案的第二中間像。自形成於第二向場透鏡L51附近之第二中間像射出的光線，通過構成第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L38，在晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像。

以下的表(2)中揭示第二實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(2)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高，LX表示有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸(長邊尺寸)，LY表示有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸(短邊尺寸)。

此外，表(2)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起各面的順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。不論光線的射入方向為何，朝

五、發明說明 (28)

向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。

表(2)

(主要諸元)

$$\lambda = 157.6 \text{ nm}$$

$$\beta = 1/5$$

$$NA = 0.8$$

$$A = 21 \text{ mm}$$

$$B = 105 \text{ mm}$$

$$LX = 22 \text{ mm}$$

$$LY = 5 \text{ mm}$$

(光學構件諸元)

面編號	r	d	n	
	(標線片面)	89.097796		
1	-183.14650	19.722044	1.560000	(透鏡L11)
2*	-172.17054	34.263431		
3	-461.61726	32.462803	1.560000	(透鏡L12)
4*	-180.99449	199.550635		
5	-272.56734	13.359375	1.560000	(透鏡L13)
6	-988.74052	13.790803		
7	-326.92312	-13.790803		(凹面反射鏡M12)
8	-988.74052	-13.359375	1.560000	(透鏡L13)
9	-272.56734	-179.450635		
10	1164.40577	226.600813		(凹面反射鏡M11)

五、發明說明 (29)

11*	-673.49253	52.893617	1.560000	(透鏡L41)
12	-170.57409	1.000000		
13*	145.84783	18.775044	1.560000	(透鏡L42)
14	177.50368	1.000000		
15	174.53532	35.709621	1.560000	(透鏡L43)
16*	297.00962	294.044471		
17	-2044.05791	-247.356971		(凹面反射鏡M22)
18	160.43373	-10.687500	1.560000	(透鏡L21)
19	366.71769	-12.000000		
20	264.23742	12.000000		(凹面反射鏡M21)
21	366.71769	10.687500	1.560000	(透鏡L21)
22	160.43373	267.356971		
23*	385.86277	39.609336	1.560000	(透鏡L51)
24	-192.31716	45.851242		
25	-210.15146	15.000000	1.560000	(透鏡L31)
26*	-216.35913	193.996639		
27*	224.33623	28.450755	1.560000	(透鏡L32)
28	112.85221	2.259549		
29	118.06671	31.990438	1.560000	(透鏡L33)
30*	-575.87913	51.431023		
31	∞	32.226964		(孔徑光圈AS)
32*	739.93426	27.150099	1.560000	(透鏡L34)
33	-203.64309	1.000000		
34	180.06059	22.479157	1.560000	(透鏡L35)

五、發明說明 (30)

35	737.32257	1.000000	
36	135.48460	23.362271	1.560000 (透鏡L36)
37*	559.50671	4.229139	
38	120.70160	24.487231	1.560000 (透鏡L37)
39	372.54409	8.973147	
40	91.59293	44.833371	1.560000 (透鏡L38)
41*	-2636.41853	6.000000	

(晶圓面)

(非球面資料)

2面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.264407 \times 10^{-7} \quad C_6 = -0.476678 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 0.155729 \times 10^{-15} \quad C_{10} = -0.517698 \times 10^{-20}$$

4面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.280731 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.571906 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 0.469828 \times 10^{-17} \quad C_{10} = 0.988050 \times 10^{-21}$$

11面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.275486 \times 10^{-7} \quad C_6 = -0.579812 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.188014 \times 10^{-15} \quad C_{10} = -0.327703 \times 10^{-20}$$

13面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.305645 \times 10^{-7} \quad C_6 = -0.100924 \times 10^{-11}$$

五、發明說明 (31)

$$C_8 = 0.185962 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -0.380314 \times 10^{-20}$$

16面

$$k = 0.000000$$

$$C_4 = 0.476746 \times 10^{-7} \quad C_6 = -0.515517 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.536543 \times 10^{-16} \quad C_{10} = 0.833063 \times 10^{-20}$$

23面

$$k = 0.000000$$

$$C_4 = -0.916646 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.125088 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.367721 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -0.108975 \times 10^{-20}$$

26面

$$k = 0.000000$$

$$C_4 = -0.696241 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.269136 \times 10^{-10}$$

$$C_8 = -0.305398 \times 10^{-14} \quad C_{10} = 0.112606 \times 10^{-18}$$

27面

$$k = 0.000000$$

$$C_4 = 0.216592 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.590674 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.832609 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -0.333598 \times 10^{-19}$$

30面

$$k = 0.000000$$

$$C_4 = 0.180772 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.105754 \times 10^{-10}$$

$$C_8 = 0.691500 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.189377 \times 10^{-19}$$

32面

$$k = 0.000000$$

$$C_4 = -0.173909 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.507430 \times 10^{-11}$$

五、發明說明 (32)

$$C_8 = -0.989619 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -0.182632 \times 10^{-19}$$

37面

$$k = 0.000000$$

$$C_4 = 0.764004 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.873773 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.285150 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.481104 \times 10^{-19}$$

41面

$$k = 0.000000$$

$$C_4 = 0.145715 \times 10^{-6} \quad C_6 = -0.124981 \times 10^{-9}$$

$$C_8 = 0.704755 \times 10^{-13} \quad C_{10} = -0.114853 \times 10^{-16}$$

圖7顯示第二實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。像差圖中的Y表示像高(mm)。從像差圖中可知，第二實施例亦與第一實施例同樣的，對波長寬為157.6 nm±0.5 pm的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

第三實施例

圖8顯示第三實施例之反射折射光學系統(投影光學系統PL)的透鏡構造圖。圖8之反射折射光學系統的第一成像光學系統G1，自標線片端起，依序由雙凸透鏡L11、接近平面之凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M11、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M12構成。

此外，第二成像光學系統G2自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M21、凸面朝向標線片端之負彎月形透鏡L21、及接近平面之凹面朝向標線片端的凹面反射

五、發明說明 (33)

鏡M22構成。

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L31、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L32、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L33、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L34、雙凸透鏡L35、非球面狀凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L36、孔徑光圈AS、非球面狀凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L37、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L38、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L39、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L310、雙凸透鏡L311、及凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L312構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由雙凸透鏡L41及非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L42構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L51及雙凸透鏡L52所構成的第二向場透鏡。

因此，第三實施例之自標線片R射出的光線，通過雙凸透鏡L11射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線被凹面反射鏡M11反射後，通過第一向場透鏡(L41及L42)形成標線片圖案的第一中間像。

通過第一向場透鏡(L41及L42)所形成之第一中間像射出的光線，被凹面反射鏡M22反射，並通過負彎月形透鏡

五、發明說明 (34)

L21，被凹面反射鏡M21反射後，通過負彎月形透鏡L21，在第二向場透鏡(L51及L52)的附近形成標線片圖案的第二中間像。自第二中間像射出的光線，通過構成第二向場透鏡(L51及L52)及第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L312，在晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像。

以下的表(3)中揭示第三實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(3)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高，LX表示有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸(長邊尺寸)，LY表示有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸(短邊尺寸)。

此外，表(3)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起各面的順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。不論光線的射入方向為何，朝向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。

表(3)

(主要諸元)

五、發明說明 (35)

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$

$\beta = 1/5$

$NA = 0.8$

$A = 18 \text{ mm}$

$B = 90 \text{ mm}$

$LX = 20 \text{ mm}$

$LY = 5 \text{ mm}$

(光學構件諸元)

面編號	r	d	n	
	(標線片面)	115.557292		
1	637.80078	35.884968	1.560000	(透鏡L11)
2	-384.35892	264.955326		
3	-649.27643	-234.955326		(凹面反射鏡M12)
4	1823.09082	264.955326		(凹面反射鏡M11)
5	801.77882	37.945664	1.560000	(透鏡L41)
6	-494.28706	3.445777		
7	369.70210	39.503113	1.560000	(透鏡L42)
8*	-792.94351	343.865788		
9	-1937.59830	-284.229026		(凹面反射鏡M22)
10	155.49061	-12.344063	1.560000	(透鏡L21)
11	512.20865	-17.292699		
12	227.77903	17.292699		(凹面反射鏡M21)
13	512.20865	12.344063	1.560000	(透鏡L21)
14	155.49061	314.229026		

裝
訂
線

五、發明說明 (36)

15	-689.77068	17.668624	1.560000	(透鏡L51)
16	-259.40459	1.000000		
17	8014.40173	18.997331	1.560000	(透鏡L52)
18	-384.30480	56.716677		
19*	-1649.43052	30.000000	1.560000	(透鏡L31)
20	-393.58799	164.724808		
21	631.85472	15.000000	1.560000	(透鏡L32)
22	150.20509	19.656249		
23	538.55887	15.000000	1.560000	(透鏡L33)
24	1467.74312	31.821291		
25	165.43316	25.293398	1.560000	(透鏡L34)
26*	367.95233	6.929525		
27	350.71428	45.314099	1.560000	(透鏡L35)
28	-265.00281	45.939883		
29*	-222.47865	20.000000	1.560000	(透鏡L36)
30	-254.36058	1.000000		
31	∞	14.234702		(孔徑光圈AS)
32*	-300.54174	30.000000	1.560000	(透鏡L37)
33	-831.20280	1.000000		
34	202.39550	41.149482	1.560000	(透鏡L38)
35*	-341.32295	1.000000		
36	135.74819	60.768405	1.560000	(透鏡L39)
37*	873.19608	4.920450		
38	95.14679	23.732322	1.560000	(透鏡L310)

五、發明說明 (37)

39	382.32196	4.152784		
40	-7890.70221	15.000000	1.560000	(透鏡L311)
41	554.20021	1.823828		
42	164.57547	17.998214	1.560000	(透鏡L312)
43	21350.59500	6.000000		

(晶圓面)

(非球面資料)

8面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.120134 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.141075 \times 10^{-12}$$

$$C_8=0.191837 \times 10^{-17} \quad C_{10}=-0.169436 \times 10^{-22}$$

19面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.153558 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.750057 \times 10^{-13}$$

$$C_8=-0.110884 \times 10^{-16} \quad C_{10}=0.325196 \times 10^{-22}$$

26面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.494425 \times 10^{-7} \quad C_6=0.707114 \times 10^{-12}$$

$$C_8=0.176474 \times 10^{-16} \quad C_{10}=0.615523 \times 10^{-21}$$

29面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.755499 \times 10^{-8} \quad C_6=0.321947 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.596697 \times 10^{-17} \quad C_{10}=0.457591 \times 10^{-20}$$

32面

五、發明說明 (38)

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.509707 \times 10^{-7} \quad C_6 = -0.426764 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.576131 \times 10^{-17} \quad C_{10} = -0.691255 \times 10^{-20}$$

35面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.283140 \times 10^{-9} \quad C_6 = 0.915262 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 0.266523 \times 10^{-16} \quad C_{10} = 0.112707 \times 10^{-21}$$

37面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.443648 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.354423 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.351861 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -0.206407 \times 10^{-19}$$

圖9顯示第三實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。像差圖中的Y表示像高(mm)。從像差圖中可知，第三實施例對波長寬為 $157.6 \text{ nm} \pm 0.3 \text{ pm}$ 的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

第四實施例

圖10顯示第四實施例之反射折射光學系統(投影光學系統PL)的透鏡構造圖。圖10之反射折射光學系統的第一成像光學系統G1，自標線片端起，依序由非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L11、非球面狀凹面朝向晶圓端的負彎月形透鏡L12、接近平面之凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M11、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L13、及凹面朝向標線片端

五、發明說明 (39)

的凹面反射鏡M12構成。

此外，第二成像光學系統G2自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M21、凸面朝向標線片端之負彎月形透鏡L21、及接近平面之凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M22構成。

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L31、非球面狀凹面朝向晶圓端的負彎月形透鏡L32、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L33、孔徑光圈AS、非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L34、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L35、非球面狀凹面朝向晶圓端的負彎月形透鏡L36、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L37、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L38、及非球面狀凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L39構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L41、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L42、及非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L43構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L51、及非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L52所構成的第二向場透鏡。

因此，第四種實施例之自標線片R射出的光線，通過雙凸

五、發明說明 (40)

透鏡L11、負彎月形透鏡L12及負彎月形透鏡L13射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線通過負彎月形透鏡L13被凹面反射鏡M11反射後，在第一向場透鏡(L41~L43)中形成標線片圖案的第一中間像。

自第一向場透鏡(L41~L43)中所形成之第一中間像射出的光線，被凹面反射鏡M22反射，並通過負彎月形透鏡L21，被凹面反射鏡M21反射後，通過負彎月形透鏡L21，在第二向場透鏡(L51及L52)中形成標線片圖案的第二中間像。自第二向場透鏡(L51及L52)中所形成之第二中間像射出的光線，通過構成第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L39，在晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像。

以下的表(4)中揭示第四種實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(4)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高，LX表示有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸(長邊尺寸)，LY表示有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸(短邊尺寸)。

此外，表(4)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起各面的順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11

五、發明說明 (41)

的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。不論光線的射入方向為何，朝向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。

表(4)

(主要諸元)

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$

$\beta = 1/5$

$NA = 0.6$

$A = 21 \text{ mm}$

$B = 105 \text{ mm}$

$LX = 22 \text{ mm}$

$LY = 6 \text{ mm}$

(光學構件諸元)

面編號	r	d	n	
	(標線片面)	89.750712		
1	487.10912	59.670314	1.560000	(透鏡L11)
2*	-519.08376	1.000000		
3	903.03433	15.000000	1.560000	(透鏡L12)
4*	1000.08801	242.753250		
5	-175.15215	13.359375	1.560000	(透鏡L13)
6	-345.12145	4.339428		
7	-279.08379	-4.339428		(凹面反射鏡M12)
8	-345.12145	-13.359375	1.560000	(透鏡L13)

裝
訂
線

五、發明說明 (42)

9	-175.15215	-153.071977		
10	1708.26507	200.770780		(凹面反射鏡M11)
11	249.41241	26.953146	1.560000	(透鏡L41)
12	718.70577	1.000000		
13	309.55923	20.466222	1.560000	(透鏡L42)
14*	307.16348	1.000000		
15	130.97653	54.347087	1.560000	(透鏡L43)
16*	-1198.98798	237.403998		
17	-932.83768	-186.980264		(凹面反射鏡M22)
18	136.92807	-10.687500	1.560000	(透鏡L21)
19	362.11962	-9.736234		
20	239.02716	9.736234		(凹面反射鏡M21)
21	362.11962	10.687500	1.560000	(透鏡L21)
22	136.92807	279.616570		
23	234.11735	35.444231	1.560000	(透鏡L51)
24*	166013.12617	19.145884		
25	443.29340	39.864137	1.560000	(透鏡L52)
26*	5423.37926	22.505878		
27	224.26889	15.000000	1.560000	(透鏡L31)
28*	450.00000	191.487329		
29	131.47312	15.000000	1.560000	(透鏡L32)
30*	73.42096	6.655173		
31	107.95341	21.906621	1.560000	(透鏡L33)
32*	-557437.69550	42.476569		

五、發明說明 (43)

33	∞	2.832772	(孔徑光圈AS)
34*	-431.12055	17.973889	1.560000 (透鏡L34)
35	-118.75437	1.000000	
36	99.31449	15.000000	1.560000 (透鏡L35)
37	127.78163	1.000000	
38	92.45252	21.852801	1.560000 (透鏡L36)
39*	118.80433	6.195531	
40	198.80815	21.182933	1.560000 (透鏡L37)
41*	-156.29012	1.000000	
42	77.69761	24.589309	1.560000 (透鏡L38)
43*	443.02200	1.000000	
44*	133.51267	31.188952	1.560000 (透鏡L39)
45	17904.27963	6.018159	

(晶圓面)

(非球面資料)

2面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.815643 \times 10^{-7} \quad C_6 = 0.413258 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.113569 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.147898 \times 10^{-20}$$

4面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.114732 \times 10^{-6} \quad C_6 = -0.219867 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.617602 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -0.322366 \times 10^{-21}$$

14面

五、發明說明 (44)

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.117278 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.199688 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.688425 \times 10^{-16} \quad C_{10} = -0.127291 \times 10^{-20}$$

16面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.191460 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.172729 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.417938 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.122892 \times 10^{-19}$$

24面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.101006 \times 10^{-6} \quad C_6 = -0.601731 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.336098 \times 10^{-15} \quad C_{10} = -0.113255 \times 10^{-19}$$

26面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.259409 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.200455 \times 10^{-10}$$

$$C_8 = -0.886510 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.203312 \times 10^{-19}$$

28面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.254720 \times 10^{-6} \quad C_6 = -0.499612 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.101235 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.475827 \times 10^{-19}$$

30面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.122986 \times 10^{-6} \quad C_6 = -0.297417 \times 10^{-10}$$

$$C_8 = -0.286999 \times 10^{-14} \quad C_{10} = -0.314877 \times 10^{-18}$$

32面

五、發明說明 (45)

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.260763 \times 10^{-6} \quad C_6=0.278223 \times 10^{-10}$$

$$C_8=0.311168 \times 10^{-14} \quad C_{10}=0.409140 \times 10^{-18}$$

34面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.246966 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.328800 \times 10^{-11}$$

$$C_8=0.155119 \times 10^{-14} \quad C_{10}=0.481917 \times 10^{-19}$$

39面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.363517 \times 10^{-6} \quad C_6=0.688387 \times 10^{-12}$$

$$C_8=0.263082 \times 10^{-14} \quad C_{10}=0.401937 \times 10^{-18}$$

41面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.171166 \times 10^{-6} \quad C_6=-0.110988 \times 10^{-10}$$

$$C_8=0.989095 \times 10^{-15} \quad C_{10}=0.238040 \times 10^{-18}$$

43面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.130469 \times 10^{-6} \quad C_6=0.132452 \times 10^{-9}$$

$$C_8=-0.246540 \times 10^{-13} \quad C_{10}=0.404311 \times 10^{-17}$$

44面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.736368 \times 10^{-6} \quad C_6=0.554124 \times 10^{-10}$$

$$C_8=0.111988 \times 10^{-13} \quad C_{10}=0.498595 \times 10^{-17}$$

圖11顯示第四實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

五、發明說明 (46)

像差圖中的Y表示像高(mm)。從像差圖中可知，第四種實施例亦與第一實施例及第二實施例同樣的對波長寬為 $157.6\text{ nm} \pm 0.5\text{ pm}$ 的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

第五實施例

圖12顯示第五種實施例之反射折射光學系統(投影光學系統PL)的透鏡構造圖。圖12之反射折射光學系統的第一成像光學系統G1，自標線片端起，依序由凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L11、接近平面之凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M11、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L12、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M12構成。

此外，第二成像光學系統G2自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M21、及接近平面之凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M22構成。

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由雙凹透鏡L31、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L32、雙凸透鏡L33、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L34、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L35、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L36、雙凸透鏡L37、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L38、孔徑光圈AS、非球面狀凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L39、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L310、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L311、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L312、凸面朝向

五、發明說明 (47)

標線片端的正彎月形透鏡L313、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L314、及雙凸透鏡L315構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由雙凸透鏡L41、及非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L42構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L51、及雙凸透鏡L52所構成的第二向場透鏡。

因此，第五實施例之自標線片R射出的光線，通過正彎月形透鏡L11及負彎月形透鏡L12射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線通過負彎月形透鏡L12被凹面反射鏡M11反射後，在第一向場透鏡(L41及L42)附近形成標線片圖案的第一中間像。

第一中間像射出的光線通過第一向場透鏡(L41及L42)，依序被凹面反射鏡M22及凹面反射鏡M21後，在第二向場透鏡(L51及L52)的附近形成標線片圖案的第二中間像。自第二中間像射出的光線通過第二向場透鏡(L51及L52)及構成第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L315，在晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像。

以下的表(5)中揭示第五種實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(5)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦

五、發明說明 (48)

即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高，LX表示有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸(長邊尺寸)，LY表示有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸(短邊尺寸)。

此外，表(5)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起的各面順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。不論光線的射入方向為何，朝向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。

表(5)

(主要諸元)

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$

$\beta = 1/5$

$NA = 0.8$

$A = 18 \text{ mm}$

$B = 90 \text{ mm}$

$LX = 20 \text{ mm}$

$LY = 5 \text{ mm}$

(光學構件諸元)

面編號	r	d	n
-----	---	---	---

裝
訂
線

五、發明說明 (49)

	(標線片面)	61.000000		
1	211.27080	26.106514	1.560000	(透鏡L11)
2	459.51275	321.906829		
3	-213.95008	20.000000	1.560000	(透鏡L12)
4	-1566.75457	16.802820		
5	-284.67128	-16.802820		(凹面反射鏡M12)
6	-1566.75457	-20.000000	1.560000	(透鏡L12)
7	-213.95008	-291.906829		
8	1086.35493	358.709650		(凹面反射鏡M11)
9	318.29494	44.860140	1.560000	(透鏡L41)
10	-887.18127	1.00000		
11	171.70178	32.360508	1.560000	(透鏡L42)
12*	289.71170	292.761556		
13	-1680.12168	-262.761555		(凹面反射鏡M22)
14	417.88785	346.788846		(凹面反射鏡M21)
15*	-280.27770	23.000000	1.560000	(透鏡L51)
16	-181.49299	1.000000		
17	362.82014	70.000000	1.560000	(透鏡L52)
18	-416.73075	146.098155		
19	-156.85191	20.000000	1.560000	(透鏡L31)
20	267.60016	1.000000		
21	187.76395	25.225435	1.560000	(透鏡L32)
22*	384.80207	2.961318		
23	431.01527	41.508704	1.560000	(透鏡L33)

五、發明說明 (50)

24	-276.05667	1.000000		
25	308.47916	20.000000	1.560000	(透鏡L34)
26	136.01010	20.206121		
27	277.79256	21.000000	1.560000	(透鏡L35)
28	333.49880	1.000000		
29	125.27880	25.793541	1.560000	(透鏡L36)
30*	216.27362	7.601524		
31	154.24702	48.496542	1.560000	(透鏡L37)
32	-544.19222	18.722230		
33	-285.23875	20.000000	1.560000	(透鏡L38)
34	-800.51580	10.000000		
35	∞	13.059929		(孔徑光圈AS)
36*	-322.74880	16.000000	1.560000	(透鏡L39)
37	-286.86928	1.000000		
38	164.94509	45.299315	1.560000	(透鏡L310)
39*	-210.06061	2.818820		
40	-163.13416	15.000000	1.560000	(透鏡L311)
41	-369.63693	1.000000		
42	111.12796	27.284262	1.560000	(透鏡L312)
43*	1842.35594	1.000000		
44	92.22880	20.000000	1.560000	(透鏡L313)
45	177.36266	1.236998		
46	177.43094	16.861444	1.560000	(透鏡L314)
47	186.23389	1.000000		

五、發明說明 (51)

48 165.56422 15.000000 1.560000 (透鏡L315)

49 -1131.06283 6.000000

(晶圓面)

(非球面資料)

12面

$k=0.000000$

$C_4=0.181313 \times 10^{-7}$ $C_6=0.145718 \times 10^{-12}$

$C_8=-0.178341 \times 10^{-17}$ $C_{10}=0.265148 \times 10^{-21}$

15面

$k=0.000000$

$C_4=-0.588707 \times 10^{-7}$ $C_6=-0.844226 \times 10^{-12}$

$C_8=-0.743823 \times 10^{-16}$ $C_{10}=-0.197114 \times 10^{-21}$

22面

$k=0.000000$

$C_4=-0.294829 \times 10^{-7}$ $C_6=0.384432 \times 10^{-11}$

$C_8=-0.393756 \times 10^{-16}$ $C_{10}=-0.345603 \times 10^{-21}$

30面

$k=0.000000$

$C_4=0.100809 \times 10^{-6}$ $C_6=0.669526 \times 10^{-12}$

$C_8=-0.609327 \times 10^{-17}$ $C_{10}=0.830042 \times 10^{-21}$

36面

$k=0.000000$

$C_4=-0.137850 \times 10^{-6}$ $C_6=-0.508803 \times 10^{-11}$

$C_8=-0.272924 \times 10^{-15}$ $C_{10}=-0.202953 \times 10^{-19}$

五、發明說明 (52)

39面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.111530 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.650079 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.157560 \times 10^{-15} \quad C_{10} = -0.172336 \times 10^{-19}$$

43面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.170111 \times 10^{-6} \quad C_6 = -0.258296 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.608232 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.232160 \times 10^{-19}$$

圖 13 顯示第五實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。像差圖中的 Y 表示像高(mm)。從像差圖中可知，第五實施例亦與第三實施例同樣的對波長寬為 $157.6 \text{ nm} \pm 0.3 \text{ pm}$ 的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

第六實施例

圖 14 顯示第六實施例之反射折射光學系統(投影光學系統 PL)的透鏡構造圖。圖 14 之反射折射光學系統的第一成像光學系統 G1，自標線片端起，依序由凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡 L11、接近平面之凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡 M11、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡 M12 構成。

此外，第二成像光學系統 G2 自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡 M21、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡 L21、及接近平面之凹面朝向標線片端的凹面反射鏡 M22 構成。

五、發明說明 (53)

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由雙凹透鏡L31、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L32、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L33、雙凹透鏡L34、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L35、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L36、雙凸透鏡L37、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L38、孔徑光圈AS、非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L39、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L310、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L311、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L312、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L313、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L314、及雙凸透鏡L315構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L41、及非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L42構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由非球面狀凸面朝向標線片端的雙凸透鏡L51、及雙凸透鏡L52所構成的第二向場透鏡。

因此，第六實施例之自標線片R射出的光線，通過正彎月形透鏡L11射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線被凹面反射鏡M11反射後，在第一向場透鏡(L41及L42)中形成標線片圖案的第一中間像。

自第一向場透鏡(L41及L42)中所形成之第一中間像射出的光線被凹面反射鏡M22反射，通過負彎月形透鏡L21，被

五、發明說明 (54)

凹面反射鏡M21反射後，通過負彎月形透鏡L21，在第二向場透鏡(L51及L52)的附近形成標線片圖案的第二中間像。自第二中間像射出的光線通過第二向場透鏡(L51及L52)及構成第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L315，在晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像。

另外，上述第一實施例~第五實施例在晶圓W上形成有矩形的有效曝光區域ER，而第六實施例則是形成有圓弧狀的有效曝光區域ER。圖15顯示第六實施例之形成在晶圓上之圓弧狀有效曝光區域與基準光軸的位置關係圖。如圖15所示，第六實施例在具有以基準光軸AX為中心之半徑A(對應於最大像高)的圓形區域(像圈)IF內，於自基準光軸AX向+Y方向偏心的位置上設有具有所需大小的圓弧狀有效曝光區域ER。此時之圓弧狀有效曝光區域ER的X方向長度為 LX' ，其Y方向的長度為 LY' 。因此，標線片R上，自基準光軸AX向-Y方向偏心的位置上形成有具有對應於圓弧狀有效曝光區域ER之大小及形狀的圓弧狀照明區域IR。亦即，在具有以基準光軸AX為中心之半徑B(對應於最大物體高)的圓形區域內，在自基準光軸AX向-Y方向偏心的位置上設有具有所需大小的圓弧狀照明區域IR。

以下的表(6)中揭示第六實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(6)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高， LX' 表示

五、發明說明 (55)

圓弧狀有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸，LY'表示圓弧狀有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸。

此外，表(6)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起的各面順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。此外，不論光線的射入方向為何，朝向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。

表(6)

(主要諸元)

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$

$\beta = 1/5$

$NA = 0.8$

$A = 18 \text{ mm}$

$B = 90 \text{ mm}$

$LX' = 20 \text{ mm}$

$LY' = 3 \text{ mm}$

(光學構件諸元)

面編號	r	d	n
	(標線片面)	60.000000	

裝
訂
線

五、發明說明 (56)

1	419.18852	19.580407	1.560000	(透鏡L11)
2	1680.57391	254.993608		
3	-489.61861	-224.993608		(凹面反射鏡M12)
4	2084.90414	254.993608		(凹面反射鏡M11)
5	-1514.77737	69.985952	1.560000	(透鏡L41)
6	-244.82172	1.000000		
7	364.28042	32.967769	1.560000	(透鏡L42)
8*	-3138.44099	509.623508		
9	-2184.60801	-442.835110		(凹面反射鏡M22)
10	149.68327	-20.000000	1.560000	(透鏡L21)
11	559.08929	-16.788398		
12	263.00265	16.788398		(凹面反射鏡M21)
13	559.08929	20.000000	1.560000	(透鏡L21)
14	149.68327	442.835110		
15*	1889.70924	23.000000	1.560000	(透鏡L51)
16	-264.21722	1.000000		
17	233.99661	35.823627	1.560000	(透鏡L52)
18	-619.37646	38.987456		
19	-5441.96593	20.000000	1.560000	(透鏡L31)
20	502.25155	1.000000		
21	182.75539	20.000000	1.560000	(透鏡L32)
22*	97.20773	1.457183		
23	97.56626	26.063961	1.560000	(透鏡L33)
24	183.48181	23.001316		

五、發明說明 (57)

25	-240.13113	20.00000	1.560000	(透鏡L34)
26	145.02922	19.973246		
27	-950.10258	21.000000	1.560000	(透鏡L35)
28	-183.48772	69.067372		
29	126.47126	23.315183	1.560000	(透鏡L36)
30*	187.64534	7.841194		
31	217.50174	40.946892	1.560000	(透鏡L37)
32	-326.63509	22.449513		
33	-196.62797	20.000000	1.560000	(透鏡L38)
34	-267.67602	10.000000		
35	∞	12.422431		(孔徑光圈AS)
36*	-340.00000	16.000000	1.560000	(透鏡L39)
37	-248.51990	1.000000		
38	156.19975	43.018450	1.560000	(透鏡L310)
39*	-324.35639	5.121067		
40	-177.96849	15.000000	1.560000	(透鏡L311)
41	-358.98302	1.000000		
42	107.39866	29.810536	1.560000	(透鏡L312)
43*	-5286.38967	1.000000		
44	88.60392	20.000000	1.560000	(透鏡L313)
45	178.21372	1.000000		
46	177.28766	17.334341	1.560000	(透鏡L314)
47	131.47878	1.213688		
48	131.32841	15.001321	1.560000	(透鏡L315)

五、發明說明 (58)

49 -1923.73296 6.000000

(晶圓面)

(非球面資料)

8面

$k=0.000000$

$C_4=0.554200 \times 10^{-8}$ $C_6=-0.280967 \times 10^{-13}$

$C_8=0.778972 \times 10^{-18}$ $C_{10}=-0.177500 \times 10^{-22}$

15面

$k=0.000000$

$C_4=-0.109228 \times 10^{-7}$ $C_6=-0.364285 \times 10^{-12}$

$C_8=0.142762 \times 10^{-16}$ $C_{10}=-0.362739 \times 10^{-21}$

22面

$k=0.000000$

$C_4=0.225626 \times 10^{-7}$ $C_6=-0.154524 \times 10^{-12}$

$C_8=0.164766 \times 10^{-16}$ $C_{10}=0.164885 \times 10^{-20}$

30面

$k=0.000000$

$C_4=0.379428 \times 10^{-7}$ $C_6=0.163017 \times 10^{-11}$

$C_8=0.684667 \times 10^{-16}$ $C_{10}=-0.115849 \times 10^{-20}$

36面

$k=0.000000$

$C_4=-0.146106 \times 10^{-6}$ $C_6=-0.502919 \times 10^{-11}$

$C_8=-0.270461 \times 10^{-15}$ $C_{10}=-0.186877 \times 10^{-19}$

39面

五、發明說明 (59)

$$k=0.000000$$

$$C_4 = -0.159225 \times 10^{-6} \quad C_6 = 0.844367 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.120649 \times 10^{-15} \quad C_{10} = -0.173041 \times 10^{-19}$$

43面

$$k=0.000000$$

$$C_4 = 0.204302 \times 10^{-6} \quad C_6 = -0.422928 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.824463 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 0.719034 \times 10^{-20}$$

圖16顯示第六實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。像差圖中的Y表示像高(mm)。從像差圖中可知，第六實施例亦與第三實施例及第五種實施例同樣的對波長寬為157.6 nm±0.3 pm的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

第七實施例

圖17顯示第七實施例之反射折射光學系統(投影光學系統PL)的透鏡構造圖。圖17之反射折射光學系統的第一成像光學系統G1，自標線片端起，依序由雙凸透鏡L11、接近平面之凸面朝向晶圓端的凸面反射鏡M11、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M12構成。

此外，第二成像光學系統G2自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M21、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L21、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L22、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M22構成。

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由凸面

五、發明說明 (60)

朝向標線片端的正彎月形透鏡L31、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L32、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L33、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L34、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L35、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L36、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L37、雙凸透鏡L38、凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L39、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L310、非球面狀凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L311、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L312、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L313、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L314、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L315、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L316、及凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L317構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由雙凸透鏡L41、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L42構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有由非球面狀凸面朝向標線片端的雙凸透鏡L51所構成的第二向場透鏡。

因此，第七實施例之自標線片R射出的光線，通過雙凸透鏡L11射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線被凸面反射鏡M11反射後，在第一向場透鏡(L41及L42)的附近形成標線片圖案的第一中間像。

第一中間像射出的光線通過負彎月形透鏡L22被凹面反射

五、發明說明 (61)

鏡M22反射後，通過負彎月形透鏡L22及負彎月形透鏡L21射入凹面反射鏡M21。被凹面反射鏡M21反射的光線通過負彎月形透鏡L21，在第二向場透鏡(L51)的附近形成標線片圖案的第二中間像。自第二中間像射出的光線通過構成第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L317，在晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像。

以下的表(7)中揭示第七種實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(7)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高，LX表示有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸(長邊尺寸)，LY表示有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸(短邊尺寸)。

此外，表(7)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起各面順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。此外，不論光線的射入方向為何，朝向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。再者，表(7)的條件式對應值中的LAT表示倍率色像差係數，AX表示軸上色像差係數。

五、發明說明 (62)

表(7)

(主要諸元)

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$

$\beta = 1/4$

$NA = 0.845$

$A = 18 \text{ mm}$

$B = 72 \text{ mm}$

$LX = 22 \text{ mm}$

$LY = 4 \text{ mm}$

(光學構件諸元)

面編號	r	d	n	
	(標線片面)	64.313122		
1	633.35560	29.362563	1.560000	(透鏡L11)
2	-297.41454	217.631552		
3	-376.41908	-187.631552		(凹面反射鏡M12)
4	-1719.92425	217.631552		(凹面反射鏡M11)
5	1020.41099	44.070507	1.560000	(透鏡L41)
6	-406.99116	1.000000		
7	426.60624	46.118329	1.560000	(透鏡L42)
8*	-604.42303	465.826853		
9	-401.62011	20.000000	1.560000	(透鏡L22)
10	-2157.31867	6.871072		
11	-632.50781	-6.871072		(凹面反射鏡M22)
12	-2157.31867	-20.000000	1.560000	(透鏡L22)

五、發明說明 (63)

13	-401.62011	-401.565841		
14	163.07026	-20.000000	1.560000	(透鏡L21)
15	512.54817	-14.261012		
16	296.41597	14.261013		(凹面反射鏡M21)
17	512.54817	20.000000	1.560000	(透鏡L21)
18	163.07026	458.436913		
19*	8910.30168	26.990021	1.560000	(透鏡L51)
20	-390.02333	1.000000		
21	154.61680	27.437462	1.560000	(透鏡L31)
22	266.36618	10.838480		
23	578.36195	20.000000	1.560000	(透鏡L32)
24	156.58391	10.000000		
25	200.15045	20.000000	1.560000	(透鏡L33)
26*	355.24067	10.000000		
27	199.94207	20.000000	1.560000	(透鏡L34)
28	565.87990	165.714184		
29	1057.18610	20.000000	1.560000	(透鏡L35)
30	132.35645	30.141989		
31	-325.89570	21.445301	1.560000	(透鏡L36)
32	-460.40857	1.000000		
33	180.42036	25.000000	1.560000	(透鏡L37)
34*	290.73962	15.607903		
35	153.52191	54.725337	1.560000	(透鏡L38)
36	-377.47953	10.000000		

五、發明說明 (64)

37	-596.78960	16.523215	1.560000	(透鏡L39)
38	-292.83030	4.261011		
39	-234.60209	20.000000	1.560000	(透鏡L310)
40	-317.15396	19.987264		
41*	-596.23286	16.000000	1.560000	(透鏡L311)
42	-10714.58691	1.000000		
43	201.11330	20.217332	1.560000	(透鏡L312)
44	561.52434	5.000000		
45	161.81186	41.142108	1.560000	(透鏡L313)
46*	-311.48442	7.344549		
47	-177.28368	15.000000	1.560000	(透鏡L314)
48	-264.46461	1.000000		
49	114.47887	21.221832	1.560000	(透鏡L315)
50*	284.79460	1.000000		
51	87.32352	28.536749	1.560000	(透鏡L316)
52	301.26342	4.000000		
53	149.71418	26.671264	1.560000	(透鏡L317)
54	1921.15947	6.000000		

(晶圓面)

(非球面資料)

8面

 $k=0.000000$ $C_4=0.118332 \times 10^{-7}$ $C_6=-0.901477 \times 10^{-13}$ $C_8=0.456579 \times 10^{-18}$ $C_{10}=0.500107 \times 10^{-23}$

五、發明說明 (65)

19面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.362526 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.325425 \times 10^{-12}$$

$$C_8=-0.715942 \times 10^{-17} \quad C_{10}=0.938233 \times 10^{-22}$$

26面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.784516 \times 10^{-7} \quad C_6=0.132181 \times 10^{-11}$$

$$C_8=0.390546 \times 10^{-16} \quad C_{10}=0.194862 \times 10^{-20}$$

34面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.770740 \times 10^{-7} \quad C_6=0.108454 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.141384 \times 10^{-16} \quad C_{10}=-0.154327 \times 10^{-20}$$

41面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.111168 \times 10^{-6} \quad C_6=-0.459164 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.179391 \times 10^{-15} \quad C_{10}=-0.627753 \times 10^{-20}$$

46面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.806181 \times 10^{-7} \quad C_6=0.979363 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.432122 \times 10^{-15} \quad C_{10}=0.353438 \times 10^{-20}$$

50面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.171550 \times 10^{-6} \quad C_6=-0.506941 \times 10^{-11}$$

$$C_8=0.172612 \times 10^{-14} \quad C_{10}=-0.907247 \times 10^{-19}$$

五、發明說明 (66)

(條件對應值)

$$\text{LAT} = -3.9 \times 10^{-7}$$

$$\text{AX} = -5.2 \times 10^{-5}$$

圖18及圖19顯示第七實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。像差圖中的Y表示像高(mm)。從像差圖中可知，第七種實施例對波長寬為 $157.6 \text{ nm} \pm 0.4 \text{ pm}$ 的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

第八實施例

圖20顯示第八實施例之反射折射光學系統(投影光學系統PL)的透鏡構造圖。圖20之反射折射光學系統的第一成像光學系統G1，自標線片端起，依序由雙凸透鏡L11、接近平面之凸面朝向晶圓端的凸面反射鏡M11、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M12構成。

此外，第二成像光學系統G2自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M21、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L21、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L22、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M22構成。

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L31、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L32、雙凸透鏡L33、非球面狀凹面朝向晶圓端的負彎月形透鏡L34、雙凹透鏡L35、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L36、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透

五、發明說明 (67)

鏡L37、雙凸透鏡L38、凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L39、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L310、非球面狀凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L311、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L312、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L313、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L314、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L315、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L316、及凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L317構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由雙凸透鏡L41、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L42構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有由非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L51所構成的第二向場透鏡。

因此，第八實施例之自標線片R射出的光線，通過雙凸透鏡L11射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線被凸面反射鏡M11反射後，在第一向場透鏡(L41及L42)的附近形成標線片圖案的第一中間像。

第一中間像射出的光線通過負彎月形透鏡L22被凹面反射鏡M22反射後，通過負彎月形透鏡L22及負彎月形透鏡L21射入凹面反射鏡M21。被凹面反射鏡M21反射的光線通過負彎月形透鏡L21，在第二向場透鏡(L51)的附近形成標線片圖案的第二中間像。自第二中間像射出的光線通過構成第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L317，在晶圓W上形

五、發明說明 (68)

成標線片圖案的最後圖像。

以下的表(8)中揭示第八實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(8)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高，LX表示有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸(長邊尺寸)，LY表示有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸(短邊尺寸)。

此外，表(8)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起各面順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。此外，不論光線的射入方向為何，朝向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。再者，表(8)的條件式對應值中的LAT表示倍率色像差係數，AX表示軸上色像差係數。

表(8)

(主要諸元)

$$\lambda = 157.6 \text{ nm}$$

$$\beta = 1/4$$

$$NA = 0.845$$

五、發明說明 (69)

$$A = 18 \text{ mm}$$

$$B = 72 \text{ mm}$$

$$LX = 22 \text{ mm}$$

$$LY = 4 \text{ mm}$$

(光學構件諸元)

面編號	r	d	n	
	(標線片面)	64.644427		
1	567.00647	29.774149	1.560000	(透鏡L11)
2	-305.96356	215.805682		
3	-375.35826	-185.805682		(凹面反射鏡M12)
4	-1771.14235	215.805682		(凹面反射鏡M11)
5	1046.06672	43.621058	1.560000	(透鏡L41)
6	-403.21536	1.000000		
7	421.69510	45.558190	1.560000	(透鏡L42)
8*	-640.00612	490.635779		
9	-305.40131	10.000000	1.560000	(透鏡L22)
10	-663.42492	1.000000		
11	-681.00059	-1.000000		(凹面反射鏡M22)
12	-663.42492	-10.000000	1.560000	(透鏡L22)
13	-305.40131	-433.352800		
14	163.68529	-12.344063	1.560000	(透鏡L21)
15	526.44415	-14.938916		
16	294.23457	14.938916		(凹面反射鏡M21)
17	526.44415	12.344063	1.560000	(透鏡L21)

五、發明說明 (70)

18	163.68529	474.352800		
19*	-742.11875	26.894368	1.560000	(透鏡L51)
20	-266.21012	1.000000		
21	-400.00000	15.000000	1.560000	(透鏡L31)
22	-534.63536	1.000000		
23	184.35678	20.000000	1.560000	(透鏡L32)
24	153.88212	10.000000		
25	168.88100	50.000000	1.560000	(透鏡L33)
26	-1758.10942	10.000000		
27	235.07511	20.000000	1.560000	(透鏡L34)
28*	189.46638	163.801245		
29	-2896.25856	20.000000	1.560000	(透鏡L35)
30	124.65800	29.898504		
31	-242.21131	17.005799	1.560000	(透鏡L36)
32	-357.22247	1.000000		
33	192.53113	25.000000	1.560000	(透鏡L37)
34*	412.29894	8.987693		
35	152.52351	53.177839	1.560000	(透鏡L38)
36	-296.92089	10.000000		
37	-316.87875	15.000000	1.560000	(透鏡L39)
38	-219.63445	3.105791		
39	-194.61097	20.000000	1.560000	(透鏡L310)
40	-271.06241	20.333056		
41*	-523.95508	16.000000	1.560000	(透鏡L311)

五、發明說明 (71)

42	—1588.24429	1.000000		
43	255.61070	18.833104	1.560000	(透鏡L312)
44	1097.97464	5.000000		
45	151.14790	42.445707	1.560000	(透鏡L313)
46*	—331.45182	8.725261		
47	—170.85207	15.000000	1.560000	(透鏡L314)
48	—227.87568	1.000000		
49	112.98983	21.658527	1.560000	(透鏡L315)
50*	277.63494	1.000000		
51	85.92800	24.591365	1.560000	(透鏡L316)
52	235.86682	4.000000		
53	137.24923	31.502456	1.560000	(透鏡L317)
54	1707.95360	6.000000		

(晶圓面)

(非球面資料)

8面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.115614 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.898054 \times 10^{-13}$$

$$C_8=0.586813 \times 10^{-18} \quad C_{10}=0.189867 \times 10^{-23}$$

19面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.128999 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.445747 \times 10^{-12}$$

$$C_8=0.542677 \times 10^{-17} \quad C_{10}=-0.302494 \times 10^{-22}$$

28面

五、發明說明 (72)

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.535059 \times 10^{-7} \quad C_6=0.132973 \times 10^{-11}$$

$$C_8=0.750691 \times 10^{-16} \quad C_{10}=0.629454 \times 10^{-20}$$

34面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.887048 \times 10^{-7} \quad C_6=0.117209 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.416125 \times 10^{-16} \quad C_{10}=-0.382530 \times 10^{-20}$$

41面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.113856 \times 10^{-6} \quad C_6=-0.516355 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.221902 \times 10^{-15} \quad C_{10}=-0.928183 \times 10^{-20}$$

46面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.824280 \times 10^{-7} \quad C_6=0.998838 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.426713 \times 10^{-15} \quad C_{10}=0.170015 \times 10^{-20}$$

50面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.159085 \times 10^{-6} \quad C_6=-0.478787 \times 10^{-11}$$

$$C_8=0.166305 \times 10^{-14} \quad C_{10}=-0.824509 \times 10^{-19}$$

(條件對應值)

$$LAT=-5.7 \times 10^{-8}$$

$$AX=-3.9 \times 10^{-5}$$

圖21及圖22顯示第八種實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。像差圖中的Y表示像高(mm)。從像差圖中可知，

五、發明說明 (73)

第八種實施例與第七種實施例同樣的對波長寬為 $157.6\text{ nm} \pm 0.4\text{ pm}$ 的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

第九種實施例

圖23顯示第九種實施例之反射折射光學系統(投影光學系統PL)的透鏡構造圖。圖23之反射折射光學系統的第一成像光學系統G1，自標線片端起，依序由雙凸透鏡L11、接近平面之凸面朝向晶圓端的凸面反射鏡M11、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L12、及凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M12構成。

此外，第二成像光學系統G2自標線片端起，依序由凹面朝向晶圓端的凹面反射鏡M21、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L21、及接近平面之凹面朝向標線片端的凹面反射鏡M22構成。

另外，第三成像光學系統G3自標線片端起，依序由雙凸透鏡L31、非球面狀凹面朝向晶圓面的雙凹透鏡L32、凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L33；雙凹透鏡L34、凸面朝向標線片端的負彎月形透鏡L35、凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L36、雙凸透鏡L37、凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L38、非球面狀凹面朝向標線片端的雙凹透鏡L39、雙凸透鏡L310、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L311、凹面朝向標線片端的負彎月形透鏡L312、非球面狀凹面朝向晶圓端的正彎月形透鏡L313、凸面朝向標線片端

五、發明說明 (74)

的正彎月形透鏡L314、及凸面朝向標線片端的正彎月形透鏡L315構成。

另外，在第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由雙凸透鏡L41、非球面狀凸面朝向晶圓端的雙凸透鏡L42構成的第一向場透鏡。此外，第二成像光學系統G2與第三成像光學系統G3之間的光程中，配置有自標線片端起，依序由非球面狀凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L51、及凹面朝向標線片端的正彎月形透鏡L52所構成的第二向場透鏡。

因此，第九種實施例之自標線片R射出的光線，通過雙凸透鏡L11及負彎月形透鏡L12射入凹面反射鏡M12。被凹面反射鏡M12所反射的光線被凸面反射鏡M11反射後，在第一向場透鏡(L41及L42)的附近形成標線片圖案的第一中間像。

第一中間像射出的光線被凹面反射鏡M22反射後，通過負彎月形透鏡L21射入凹面反射鏡M21。被凹面反射鏡M21反射的光線通過負彎月形透鏡L21，在第二向場透鏡(L51及L52)的附近形成標線片圖案的第二中間像。自第二中間像射出的光線通過構成第三成像光學系統G3的各透鏡L31~L315，在晶圓W上形成標線片圖案的最後圖像。

以下的表(9)中揭示第九種實施例之反射折射光學系統的諸元值。表(9)之主要諸元中， λ 表示曝光光線的中心波長， β 表示投影倍率(整個系統的成像倍率)，NA表示圖像端(晶圓端)的孔徑數，A表示晶圓W上之像圈IF的半徑，亦

五、發明說明 (75)

即最大像高，B表示對應於最大像高A的最大物體高，LX表示有效曝光區域ER之沿著X方向的尺寸(長邊尺寸)，LY表示有效曝光區域ER之沿著Y方向的尺寸(短邊尺寸)。

此外，表(9)之光學構件諸元中，第一欄的面編號表示自標線端起的各面順序，第二欄的r表示各面的曲率半徑(非球面的情況下，為頂點曲率半徑：mm)，第三欄的d表示各面的軸上間隔，亦即面間隔(mm)，第四欄的n表示對中心波長的折射率。而面間隔d於每次反射時，改變其符號。因此，面間隔d的符號於自凹面反射鏡M12至凹面反射鏡M11的光程中及自凹面反射鏡M22至凹面反射鏡M21的光程中為負，其他光程中則為正。此外，不論光線的射入方向為何，朝向標線端的凸面曲率半徑為正，朝向標線端的凹面曲率半徑為負。再者，表(9)的條件式對應值中的LAT表示倍率色像差係數，AX表示軸上色像差係數。

表(9)

(主要諸元)

$$\lambda = 157.6 \text{ nm}$$

$$\beta = 1/4$$

$$NA = 0.845$$

$$A = 18 \text{ mm}$$

$$B = 72 \text{ mm}$$

$$LX = 22 \text{ mm}$$

$$LY = 4 \text{ mm}$$

(光學構件諸元)

五、發明說明 (76)

面編號	r	d	n	
	(標線片面)	60.000000		
1	991.47248	28.195143	1.560000	(透鏡L11)
2	-267.50588	192.866330		
3	-212.01226	15.000000	1.560000	(透鏡L12)
4	-359.05656	7.438380		
5	-274.13902	-7.438380		(凹面反射鏡M12)
6	-359.05656	-15.000000	1.560000	(透鏡L12)
7	-212.01226	-162.866330		
8	-2397.49986	215.304710		(凹面反射鏡M11)
9	480.51853	46.865206	1.560000	(透鏡L41)
10	-546.66851	1.000000		
11	379.33588	44.717026	1.560000	(透鏡L42)
12*	-630.25132	422.571113		
13	-1860.74365	-369.081141		(凹面反射鏡M22)
14	136.07113	-15.000000	1.560000	(透鏡L21)
15	388.51075	-8.489972		
16	269.57337	8.489972		(凹面反射鏡M21)
17	388.51075	15.000000	1.560000	(透鏡L21)
18	136.07113	399.081141		
19*	-368.26543	30.000000	1.560000	(透鏡L51)
20	-253.70093	1.000000		
21	-2467.73840	30.000000	1.560000	(透鏡L52)
22	-400.60099	68.350972		

五、發明說明 (77)

23	171.28983	44.279149	1.560000	(透鏡L31)
24	-3312.88121	44.770000		
25	-448.65736	20.000000	1.560000	(透鏡L32)
26*	168.02309	10.000000		
27	170.42305	25.208415	1.560000	(透鏡L33)
28	769.81302	99.804041		
29	-1652.36364	20.000000	1.560000	(透鏡L34)
30	132.90519	15.026016		
31	530.98620	70.000000	1.560000	(透鏡L35)
32	452.64324	1.000000		
33	177.34168	25.000000	1.560000	(透鏡L36)
34*	415.66350	1.000000		
35	138.37477	47.565338	1.560000	(透鏡L37)
36	-654.96909	10.000000		
37	-2112.93849	34.994222	1.560000	(透鏡L38)
38	-411.84982	16.215559		
39*	-4467.59569	16.000000	1.560000	(透鏡L39)
40	568.03899	1.000000		
41	359.65731	20.527531	1.560000	(透鏡L310)
42	-5233.89502	5.000000		
43	146.19360	42.262782	1.560000	(透鏡L311)
44*	-225.18468	5.392886		
45	-155.97378	15.000000	1.560000	(透鏡L312)
46	-257.64593	1.000000		

五、發明說明 (78)

47	87.50795	24.651827	1.560000	(透鏡L313)
48*	221.10625	1.000000		
49	83.17065	29.222819	1.560000	(透鏡L314)
50	263.21163	4.000000		
51	149.89321	16.010949	1.560000	(透鏡L315)
52	1461.12239	6.000000		

(晶圓面)

(非球面資料)

12面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.269991 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.510706 \times 10^{-12}$$

$$C_8=0.110177 \times 10^{-16} \quad C_{10}=-0.123713 \times 10^{-21}$$

19面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.121430 \times 10^{-7} \quad C_6=-0.146728 \times 10^{-12}$$

$$C_8=0.126272 \times 10^{-18} \quad C_{10}=0.894134 \times 10^{-23}$$

26面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.691903 \times 10^{-7} \quad C_6=0.102075 \times 10^{-11}$$

$$C_8=0.983473 \times 10^{-16} \quad C_{10}=0.117306 \times 10^{-20}$$

34面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.993275 \times 10^{-7} \quad C_6=0.240380 \times 10^{-11}$$

$$C_8=0.301051 \times 10^{-16} \quad C_{10}=-0.215154 \times 10^{-20}$$

五、發明說明 (79)

39面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.140256 \times 10^{-6} \quad C_6=-0.785178 \times 10^{-11}$$

$$C_8=-0.323968 \times 10^{-15} \quad C_{10}=-0.150679 \times 10^{-19}$$

44面

$$k=0.000000$$

$$C_4=-0.100300 \times 10^{-6} \quad C_6=0.114834 \times 10^{-10}$$

$$C_8=-0.384285 \times 10^{-15} \quad C_{10}=-0.139887 \times 10^{-20}$$

48面

$$k=0.000000$$

$$C_4=0.200382 \times 10^{-6} \quad C_6=-0.794777 \times 10^{-11}$$

$$C_8=0.361073 \times 10^{-14} \quad C_{10}=-0.138717 \times 10^{-18}$$

(條件對應值)

$$LAT=+9.7 \times 10^{-7}$$

$$AX=-4.5 \times 10^{-5}$$

圖24及圖25顯示第九實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。像差圖中的Y表示像高(mm)。從像差圖中可知，第九種實施例與第七實施例及第八實施例同樣的對波長寬為 $157.6 \text{ nm} \pm 0.4 \text{ pm}$ 的曝光光線，色像差經過良好的校正。此外，還確認球面像差、彗形像差、像散像差、畸變(畸變像差)亦被良好校正成接近無像差狀態，具有優異的成像性能。

如上所述，第一實施例對中心波長為 157.6 nm 的 F_2 雷射光可確保0.7的圖像端NA，同時可確保晶圓W上色像差等

五、發明說明 (80)

各種像差經過徹底校正之半徑為17 mm的像圈。而第二實施例對中心波長為157.6 nm的F₂雷射光可確保0.8的圖像端NA，同時可確保晶圓W上色像差等各種像差經過徹底校正之半徑為21 mm的像圈。再者，第三實施例、第五實施例及第六實施例對中心波長為157.6 nm的F₂雷射光可確保0.8的圖像端NA，同時可確保晶圓W上色像差等各種像差經過徹底校正之半徑為18 mm的像圈。此外，第四實施例對中心波長為157.6 nm的F₂雷射光可確保0.6的圖像端NA，同時可確保晶圓W上色像差等各種像差經過徹底校正之半徑為21 mm的像圈。再者，第七實施例～第九實施例對中心波長為157.6 nm的F₂雷射光可確保0.845的圖像端NA，同時可確保晶圓W上色像差等各種像差經過徹底校正之半徑為18 mm的像圈。

因此，第一實施例及第二實施例在確保22 mm×5 mm之足夠大之矩形有效曝光區域的同時，第四種實施例在確保22 mm×約6 mm之足夠大之矩形有效曝光區域的同時，可達到0.1 μm以下的高解像度。因而，晶圓W可藉由掃描曝光標線片R的圖案，高度精密的轉印至具有如22 mm×33 mm大小的各曝光區域上。此外，第三實施例及第五實施例在確保20 mm×5 mm之足夠大之矩形有效曝光區域的同時，可達到0.1 μm以下的高解像度。因而，晶圓W可藉由掃描曝光標線片R的圖案，高度精密的轉印至具有如20 mm×33 mm大小的各曝光區域上。再者，第六實施例在確保20 mm×3 mm之足夠大之圓弧狀有效曝光區域的同時，可

五、發明說明 (81)

達到 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下的高解像度。因而，晶圓W可藉由掃描曝光標線片R的圖案，高度精密的轉印至具有如 $20\ \text{mm} \times 33\ \text{mm}$ 大小的各曝光區域上。此外，第七實施例～第九實施例在確保 $22\ \text{mm} \times 4\ \text{mm}$ 之足夠大之矩形有效曝光區域的同時，可達到 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下的高解像度。因而，晶圓W可藉由掃描曝光標線片R的圖案，高度精密的轉印至具有如 $22\ \text{mm} \times 33\ \text{mm}$ 大小的各曝光區域上。另外，上述各實施例可確保約 $6\ \text{mm}$ 之足夠長度的晶圓端工作距離。此外，各實施例還可確保約 $60\ \text{mm} \sim 115\ \text{mm}$ 之足夠長度的掩膜端工作距離。

此外，第一實施例之透鏡L41的有效直徑最大，約為 $240\ \text{mm}$ ，其他大部分透鏡的有效直徑則在 $200\ \text{mm}$ 以下。另外，第二實施例之凹面反射鏡M21的有效直徑最大，約為 $250\ \text{mm}$ ，透鏡L41的有效直徑最大，約為 $268\ \text{mm}$ 。而其他大部分透鏡的有效直徑在 $200\ \text{mm}$ 以下。再者，第三實施例之透鏡L41的有效直徑最大，約為 $260\ \text{mm}$ ，其他大部分的透鏡有效直徑在 $200\ \text{mm}$ 以下。此外，第四種實施例之透鏡L11的有效直徑最大，約為 $235\ \text{mm}$ ，其他大部分的透鏡有效直徑在 $200\ \text{mm}$ 以下。再者，第五實施例之透鏡L41的有效直徑最大，約為 $250\ \text{mm}$ ，其他大部分的透鏡有效直徑在 $200\ \text{mm}$ 以下。此外，第六實施例之透鏡L41的有效直徑最大，約為 $250\ \text{mm}$ ，其他大部分的透鏡有效直徑在 $200\ \text{mm}$ 以下。再者，第七實施例之凹面反射鏡M21的有效直徑最大，約為 $260\ \text{mm}$ ，透鏡L41及L42的有效直徑最大，約

五、發明說明 (82)

為 280 mm。而其他大部分的透鏡有效直徑在 190 mm 以下。此外，第八實施例之凹面反射鏡 M21 的有效直徑最大，約為 260 mm，透鏡 L41 及 L42 的有效直徑最大，約為 277 mm。而其他大部分的透鏡有效直徑在 179 mm 以下。再者，第九實施例之凹面反射鏡 M21 的有效直徑最大，約為 217 mm，透鏡 L41 及 L42 的有效直徑最大，約為 280 mm。而其他大部分的透鏡有效直徑在 176 mm 以下。因而，各實施例抑制凹面反射鏡及透鏡的大型化，以促使光學系統的小型化。

再者，上述各種實施例為採用 3 次成像方式的光學系統，以極少數的透鏡構成(第一實施例及第二實施例為 16 片，第三實施例及第四實施例為 18 片，第五實施例及第六實施例為 21 片，第七實施例及第八實施例為 23 片，第九實施例為 21 片)。由於使用 F₂ 雷射光的光學系統無法獲得良好的防反射塗層(Coat)，因此透鏡較多時，容易造成透鏡面的光量損失。就此觀點，上述各實施例採用較少透鏡的構造，以抑制透鏡面的光量損失。此外，上述各實施例採用極少數的非球面來構成(第一實施例及第二實施例為 12 片，第三實施例及第四實施例為 14 片，第五實施例及第六實施例為 7 片，第七實施例～第九實施例為 7 片)。

因而，第七實施例～第九實施例之第一成像光學系統 G1 內所含之兩個反射鏡 M11 及 M12 與第二成像光學系統 G2 內所含之兩個反射鏡 M21 及 M22 中，分別在兩個反射鏡之前配置有一個負透鏡。具體而言，第七實施例及第八實施例

五、發明說明 (83)

係在凹面反射鏡M21之前配置有負彎月形透鏡L21，在凹面反射鏡M22之前配置有負彎月形透鏡L22。而第九實施例係在凹面反射鏡M12之前配置有負彎月形透鏡L12，在凹面反射鏡M21之前配置有負彎月形透鏡L21。如此，第七實施例～第九實施例藉由分別在兩個反射鏡之前配置有一個負透鏡，以進行倍率之色像差及軸上色像差的校正。

以下，參考表(7)～(9)的條件式對應值，第七實施例～第九實施例之倍率色像差係數LAT及軸上色像差係數AX滿足以下的條件式(1)及(2)：

$$|LAT| < 5 \times 10^{-6} \quad (1)$$

$$|AX| < 2 \times 10^{-4} \quad (2)$$

另外，為求更有效的校正倍率之色像差及軸上的色像差，條件式(1)的上限值宜設定在 2.5×10^{-6} ，條件式(2)的上限值宜設定在 1.0×10^{-4} 。

上述實施形態之曝光裝置藉由以照明光學系統照明標線片(掩膜)(照明步驟)，使用投影光學系統將標線片上所形成之轉印用圖案掃描曝光在感光性基板上(曝光步驟)，可製造微型裝置(半導體元件、攝影元件、液晶顯示元件、薄膜磁頭等)。以下，參照圖26的流程圖，說明藉由採用本實施形態之曝光裝置，形成屬於感光性基板之晶圓等的特定電路圖案，以獲得屬於微型裝置之半導體裝置的一種方法。

首先，圖26的步驟301中，在一批晶圓上蒸鍍金屬膜。其次在步驟302中，在該批晶圓上的金屬膜上塗敷光阻。之後，在步驟303中，採用本實施形態的曝光裝置，通過該投

五、發明說明 (84)

影光學系統，依序曝光轉印標線片上之圖案圖像至該批晶圓上的各照射區域。之後，在步驟304中，進行該批晶圓上的光阻顯像後，在步驟305中，藉由在該批晶圓上，將光阻圖案作為掩膜來進行蝕刻，在各晶圓上之各照射區域上形成有對應於標線片上之圖案的電路圖案。之後，再藉由形成上層的電路圖案等，以製造半導體元件等的裝置。採用上述之半導體裝置的製造方法，可獲得通量佳之具有極微細之電路圖案的半導體裝置。

此外，本實施形態之曝光裝置亦可藉由在基板(玻璃基板)上形成特定的圖案(電路圖案、電極圖案等)，獲得屬於微型裝置的液晶顯示元件。以下，參照圖27的流程圖，說明此時的一種方法。圖27中的圖案形成步驟401係執行所謂的光刻步驟，其係採用各實施形態的曝光裝置，將標線片圖案轉印曝光在感光性基板(塗敷有光阻的玻璃基板等)上。藉由該光刻步驟，在感光性基板上形成有包含許多電極等的特定圖案。之後，經過曝光的基板再經過顯像步驟、蝕刻步驟、標線片剝離步驟等各步驟，在基板上形成有特定圖案，繼續進行下一個彩色濾波器形成步驟402。

其次，彩色濾波器形成步驟402中，許多對應於R(Red)、G(Green)、B(Blue)的三色點組排列成矩陣狀，並形成將R、G、B三條濾波器組排列在數條水平掃描線方向的彩色濾波器。繼續在彩色濾波器形成步驟402之後，執行單元組裝步驟403。單元組裝步驟403係採用具有以圖案形成步驟401所獲得之圖案的基板及彩色濾波器形成步驟402

五、發明說明 (85)

所獲得的彩色濾波器等，來組裝液晶面板(液晶單元)。單元組裝步驟403，例如在具有以圖案形成步驟401所獲得之特定圖案的基板及濾波器形成步驟402所獲得之彩色濾波器之間注入液晶，以製造液晶面板(液晶單元)。

之後，安裝使模組組裝步驟404所組裝之液晶面板(液晶元件)執行顯示工作的電路及背照光等各構件，以完成液晶顯示元件。採用上述之液晶顯示元件的製造方法，可獲得通量佳之具有極微細之電路圖案的液晶顯示元件。

另外，上述實施形態係採用供給波長為157.6 nm之光線的F₂雷射，不過並不限定於此，例如，亦可採用供給波長為248 nm之光線的KrF準分子雷射及供給波長為193 nm之光線的ArF準分子雷射及供給波長為126 nm之光線的Ar₂雷射等。

此外，上述實施形態係將本發明應用在掃描曝光型曝光裝置的投影光學系統上，不過並不限定於此，亦可將本發明應用在所有曝光型曝光裝置的投影光學系統上，及將本發明應用在曝光裝置之投影光學系統以外的一般成像光學系統上。

四、中文發明摘要（發明之名稱：反射折射光學系統及具備該光學系統之曝光裝置）

本發明之反射折射光學系統具備：第一成像光學系統，其係至少具有兩個反射鏡，並依據第一面射出的光線形成第一面的第一中間像；第二成像光學系統，其係至少具有兩個反射鏡，並依據介由第一成像光學系統的光線形成第一面的第二中間像；及折射型第三成像光學系統，其係依據介由第二成像光學系統的光線，將第一面的最後圖像形成在第二面上；構成第一成像光學系統、第二成像光學系統及第三成像光學系統的全部光學構件係沿著一條直線狀光軸配置。

日文發明摘要（發明之名稱：反射屈折光学系および該光学系を備えた露光装置）

反射屈折光学系は、少なくとも2つの反射鏡を有し、第1面からの光に基づいて第1面の第1中間像を形成するための第1結像光学系と、少なくとも2つの反射鏡を有し、第1結像光学系を介した光に基づいて第1面の第2中間像を形成するための第2結像光学系と、第2結像光学系を介した光に基づいて第1面の最終像を第2面上に形成するための屈折型の第3結像光学系とを備え、第1結像光学系、第2結像光学系および第3結像光学系を構成するすべての光学部材が単一の直線状光軸に沿って配置されている。

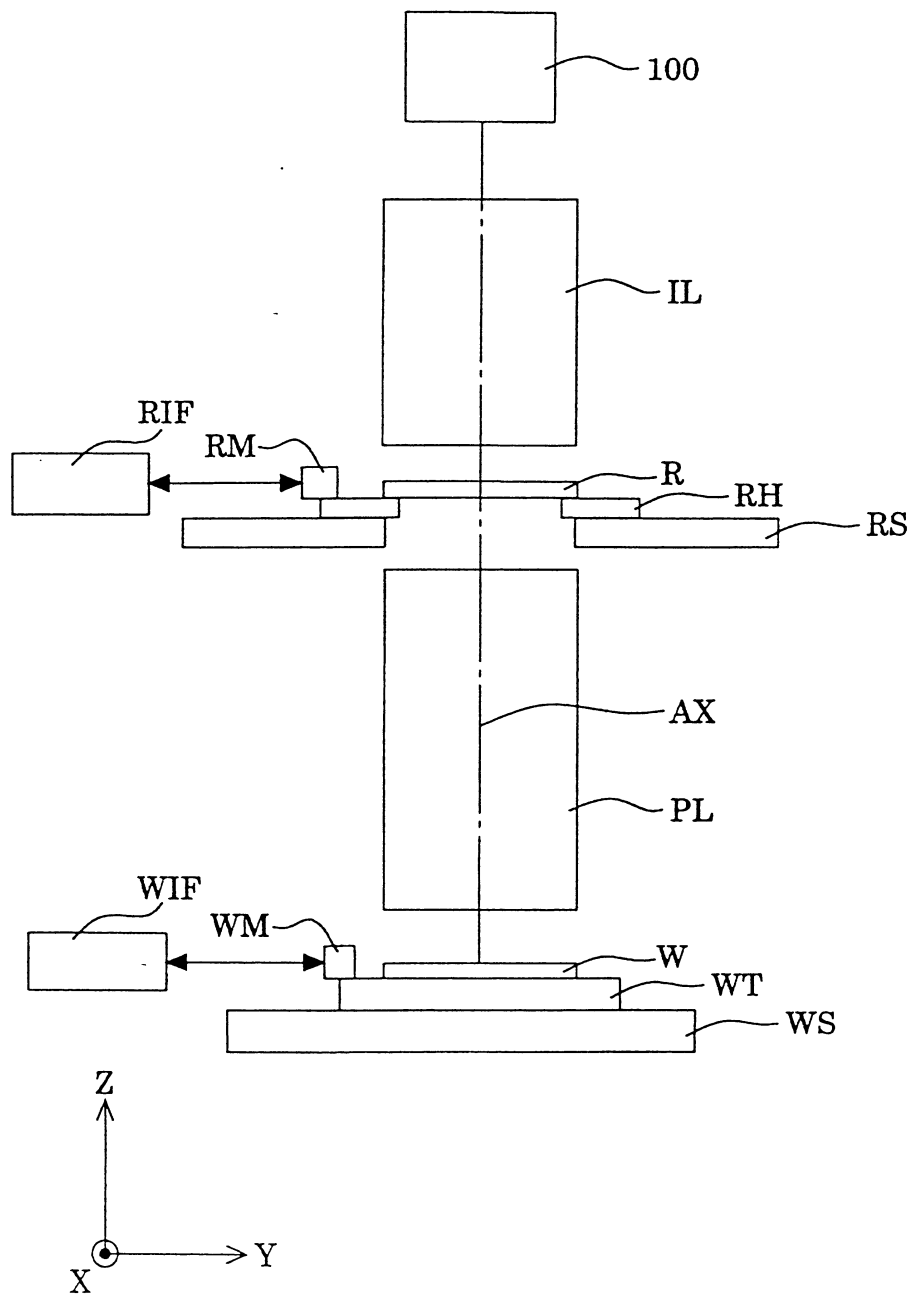


圖 2

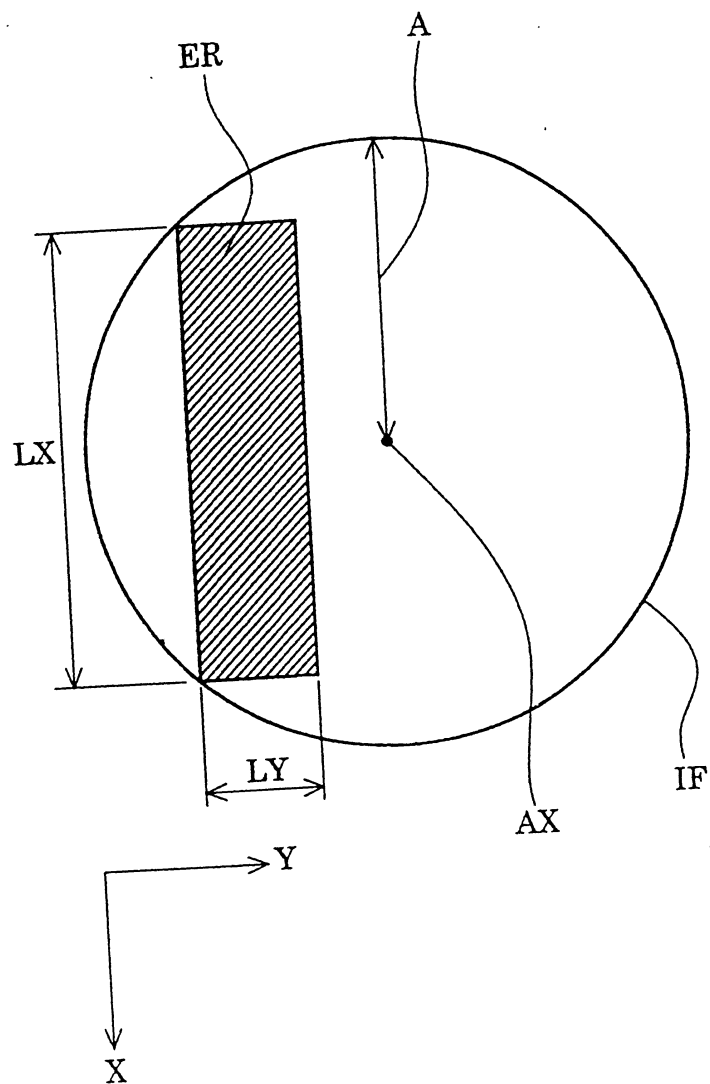


圖 3

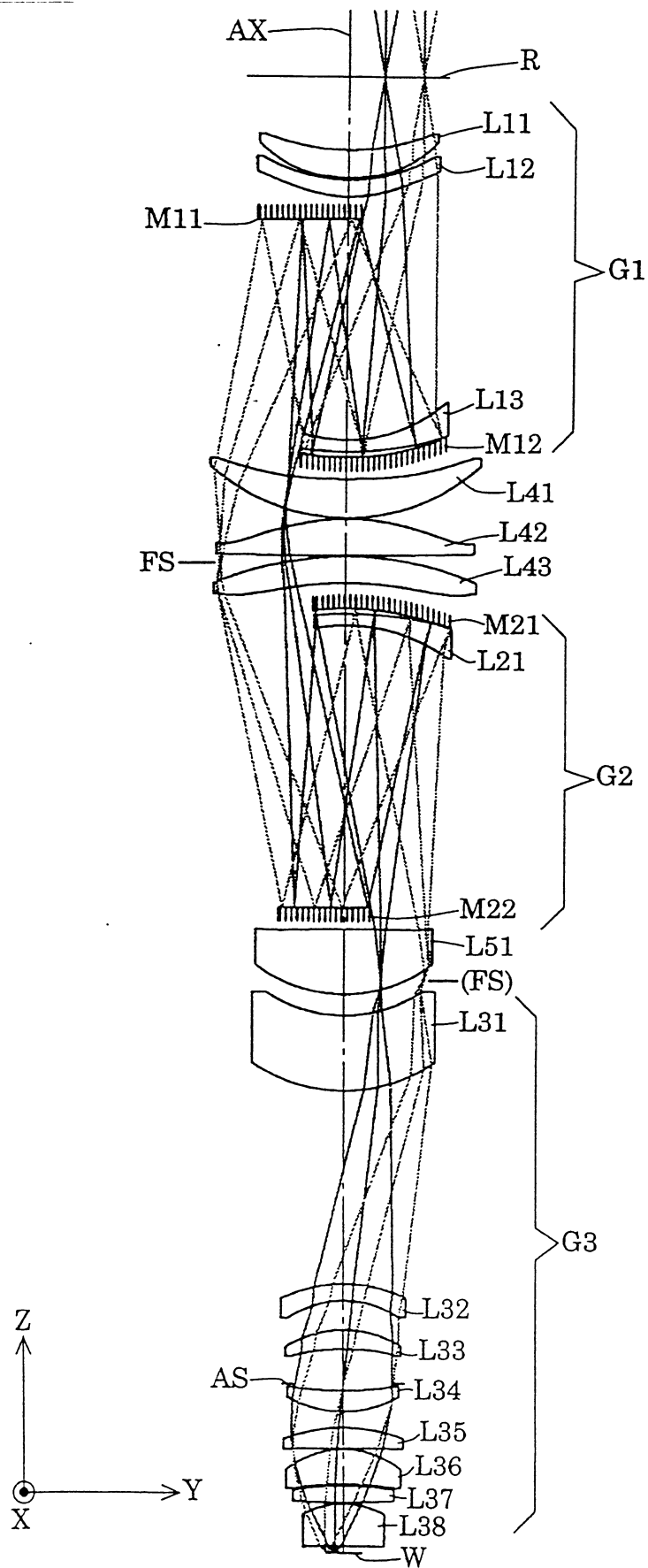


圖 4

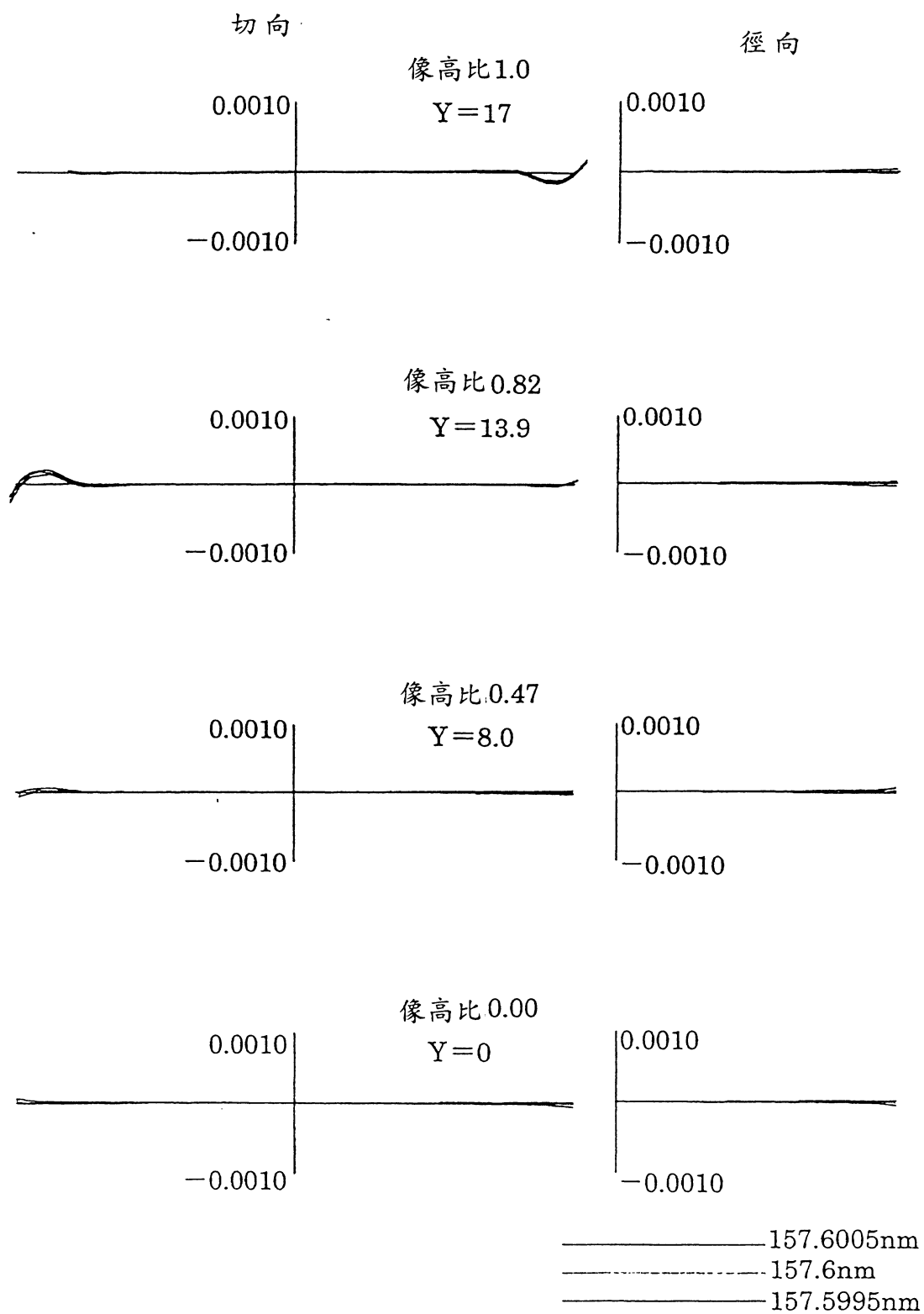


圖 5

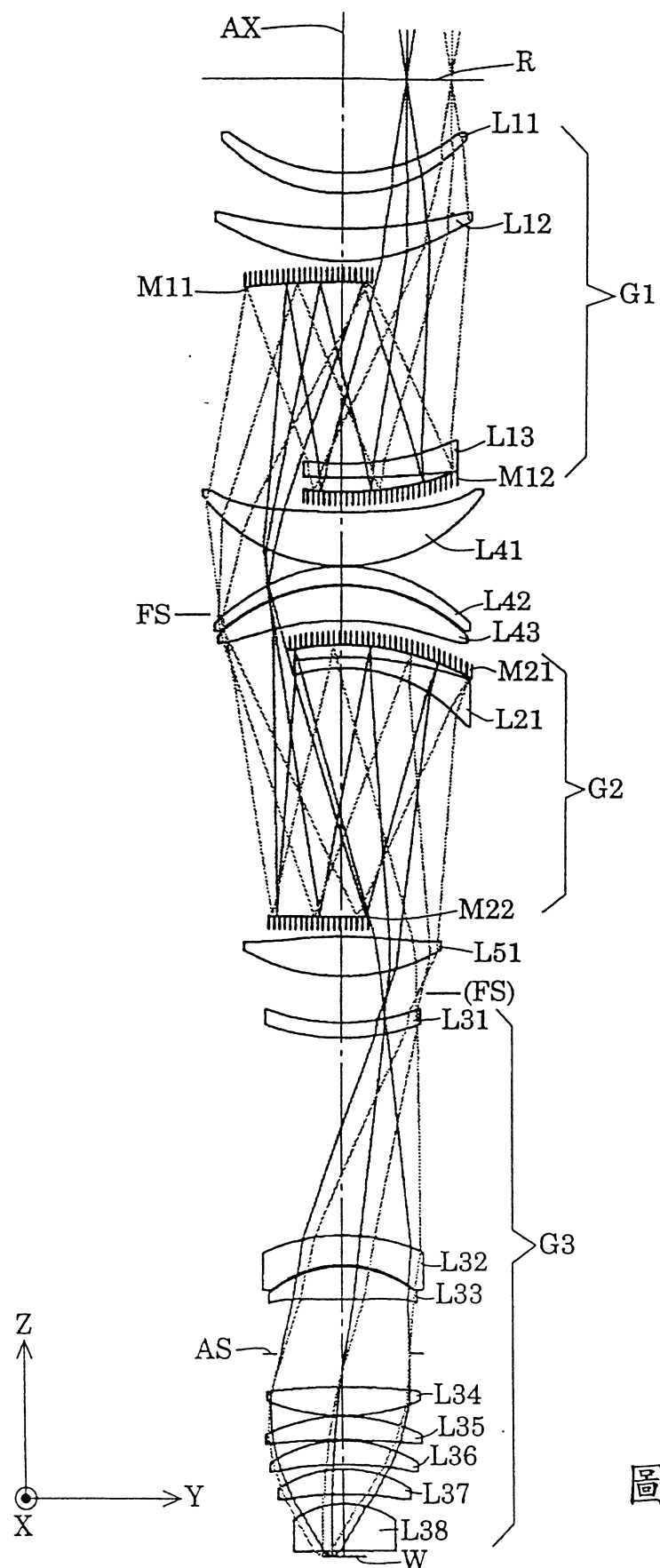


圖 6

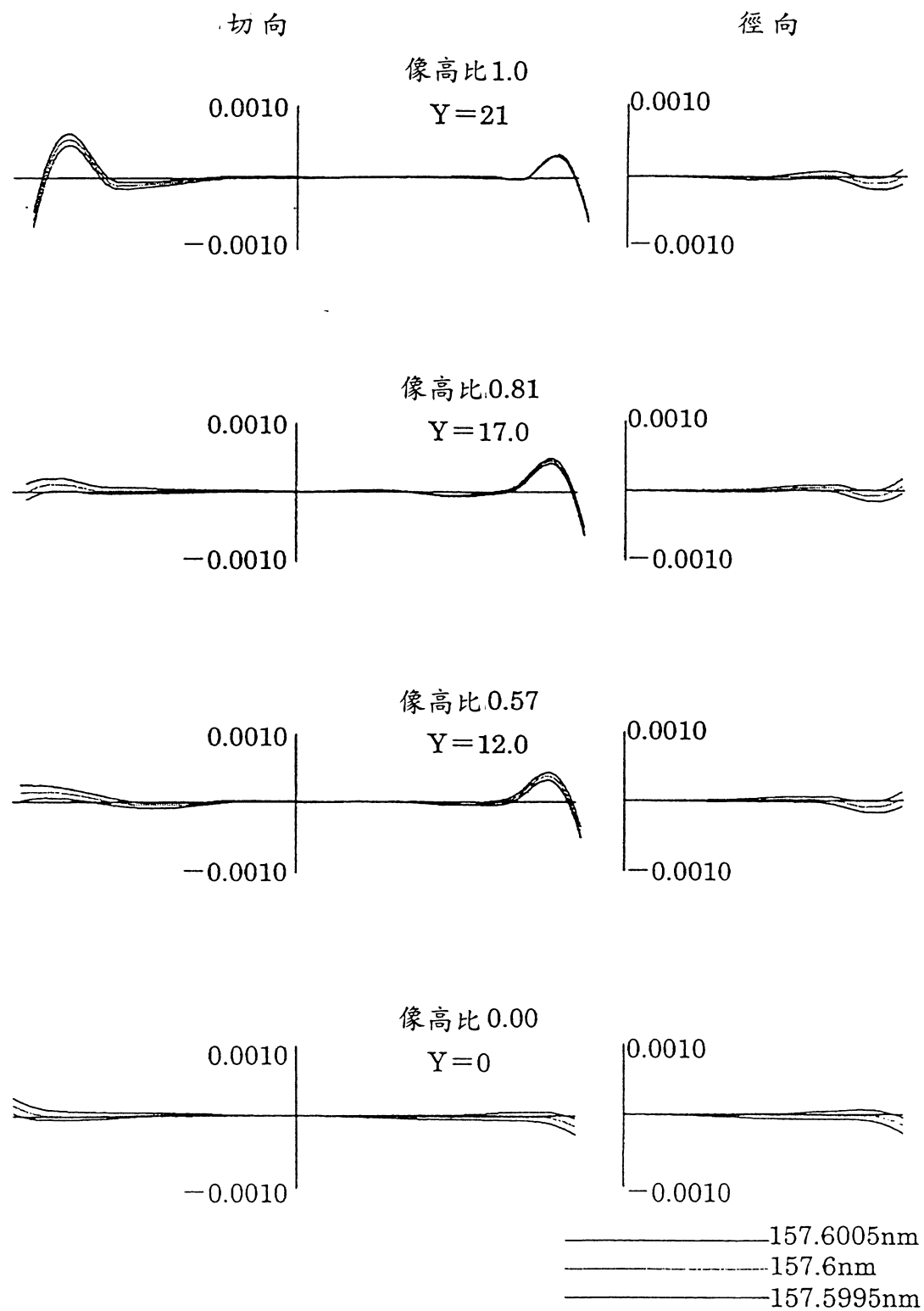


圖 7

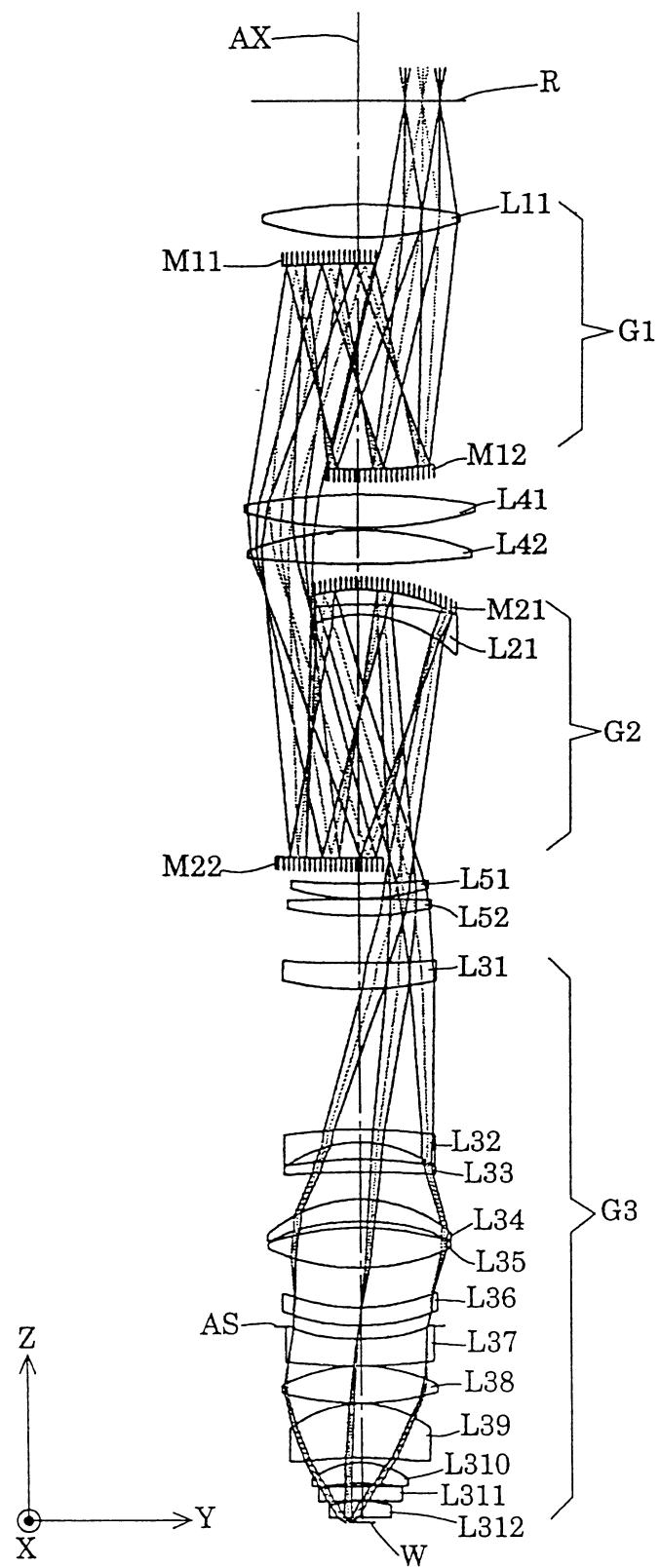


圖 8

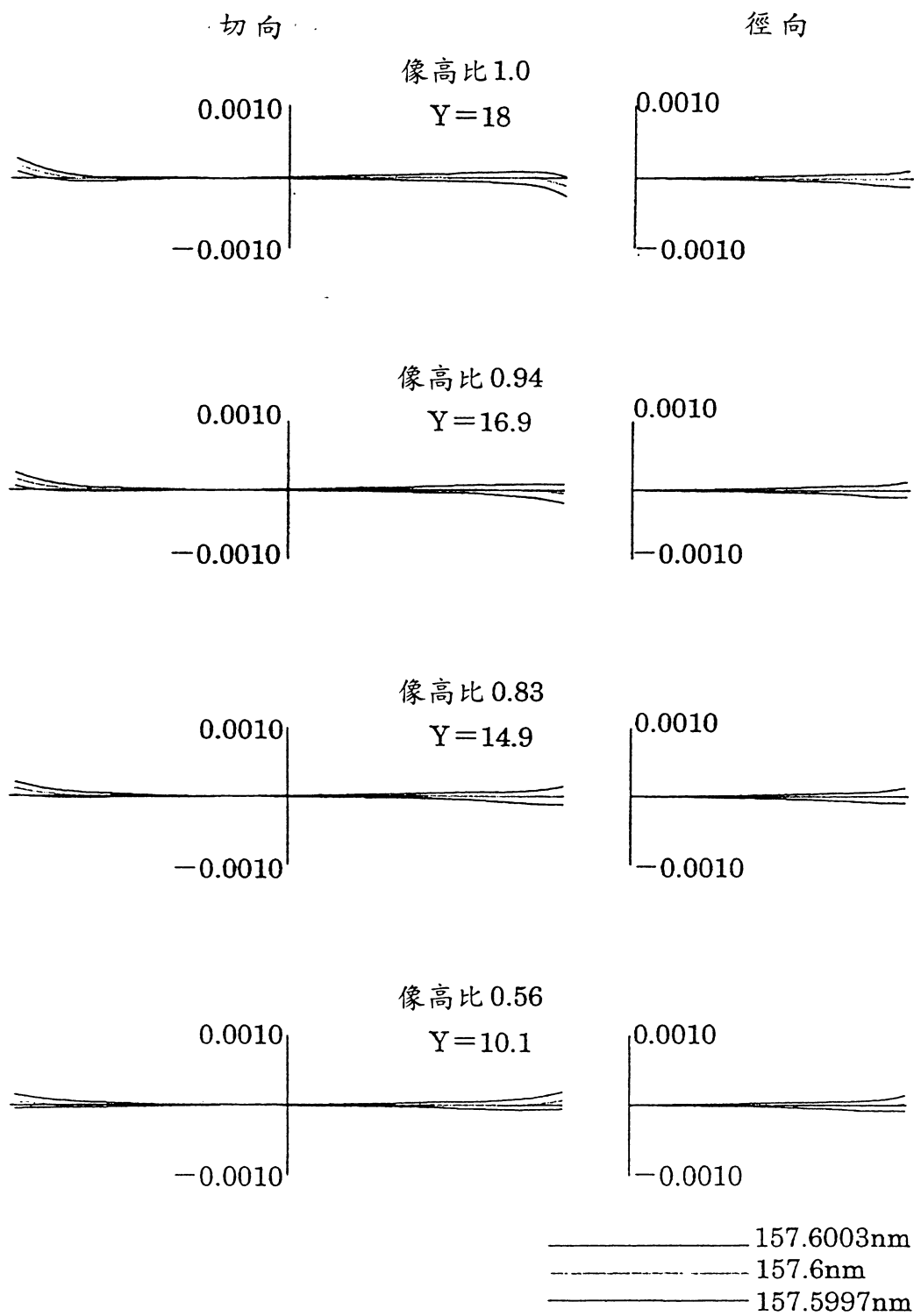


圖 9

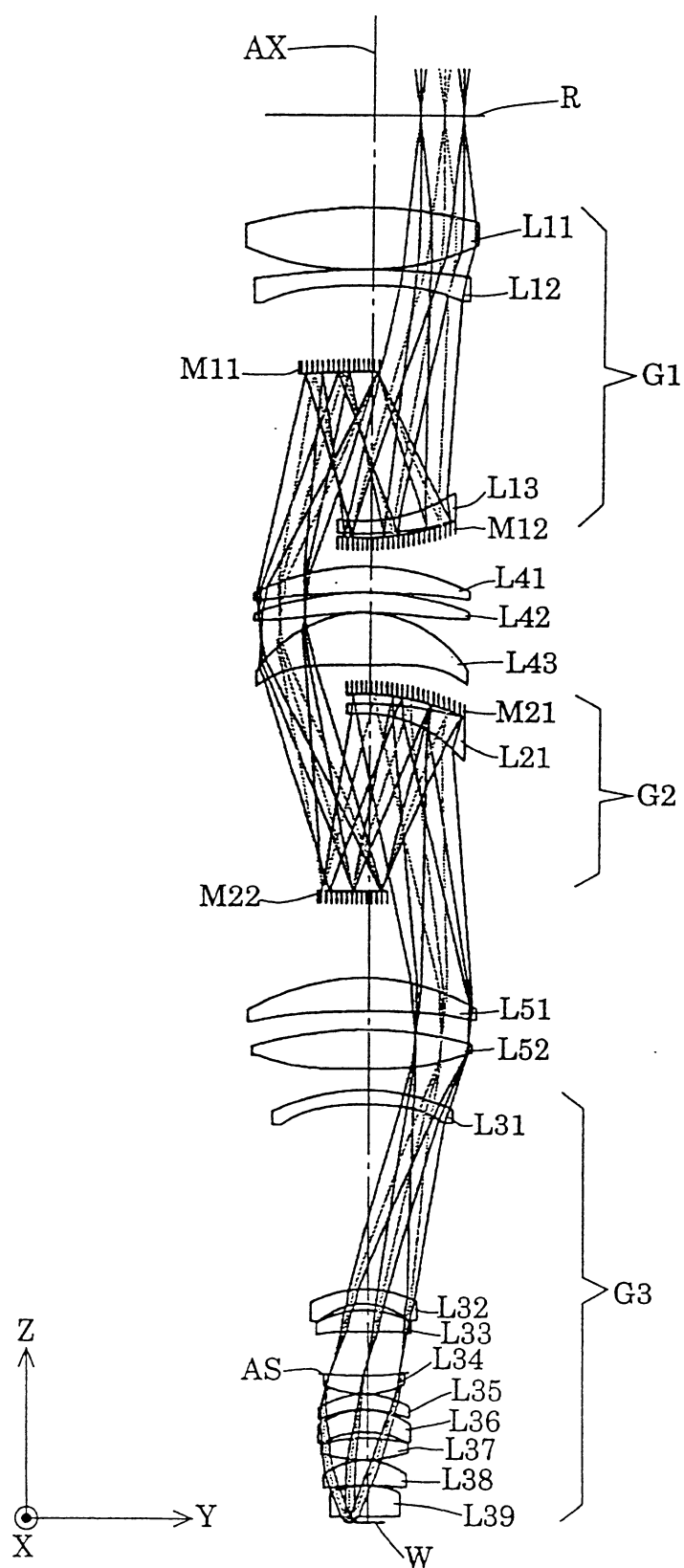


圖 10

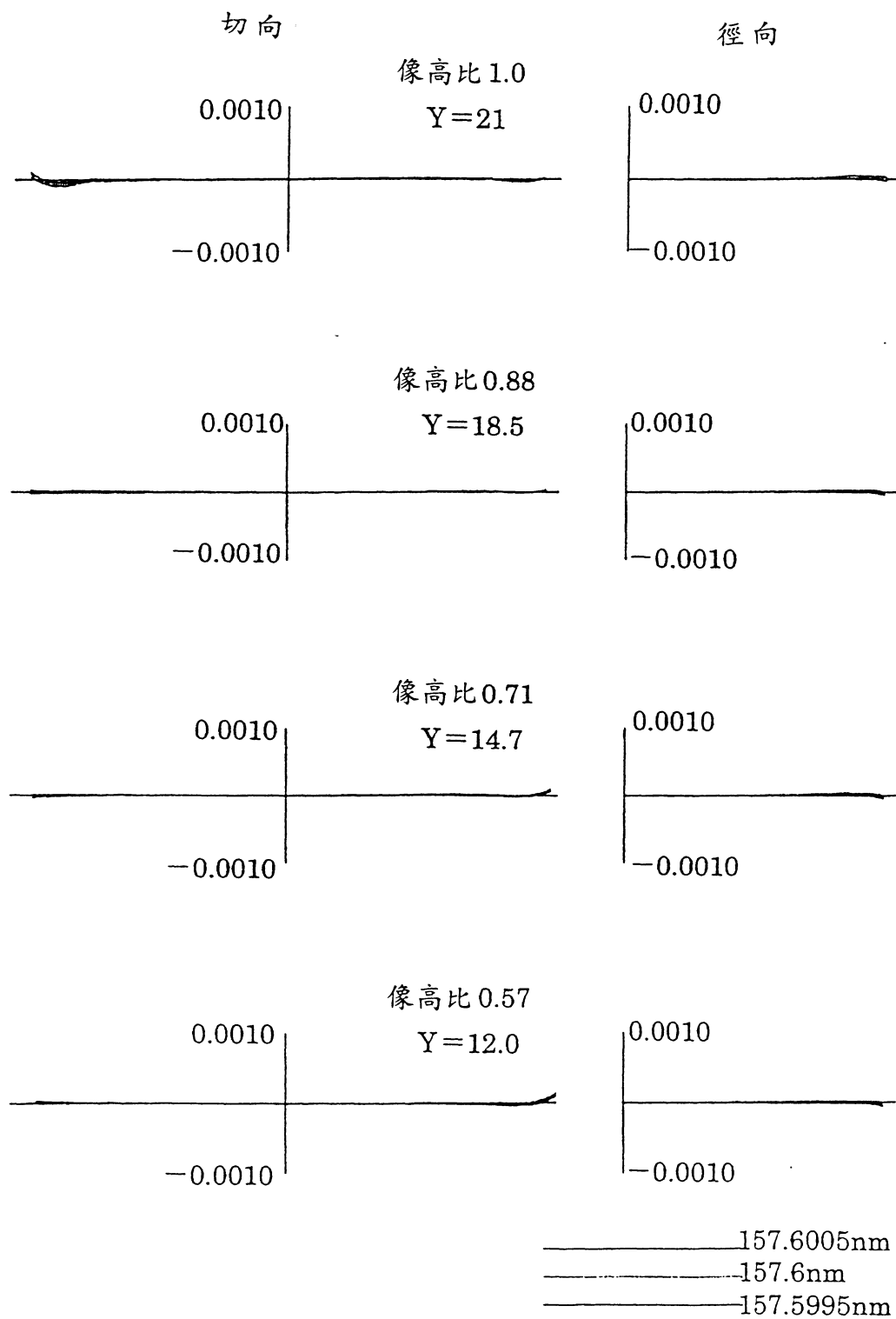


圖 11

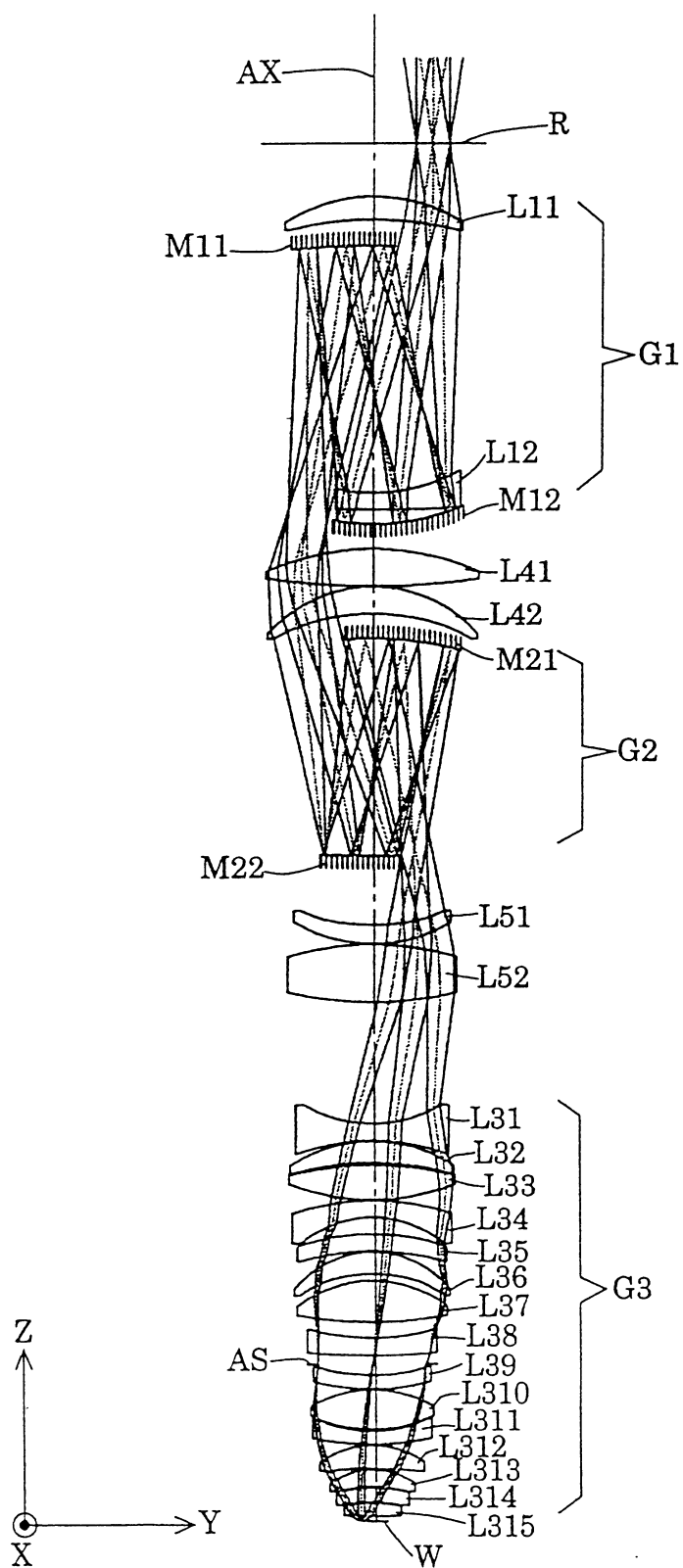


圖 12

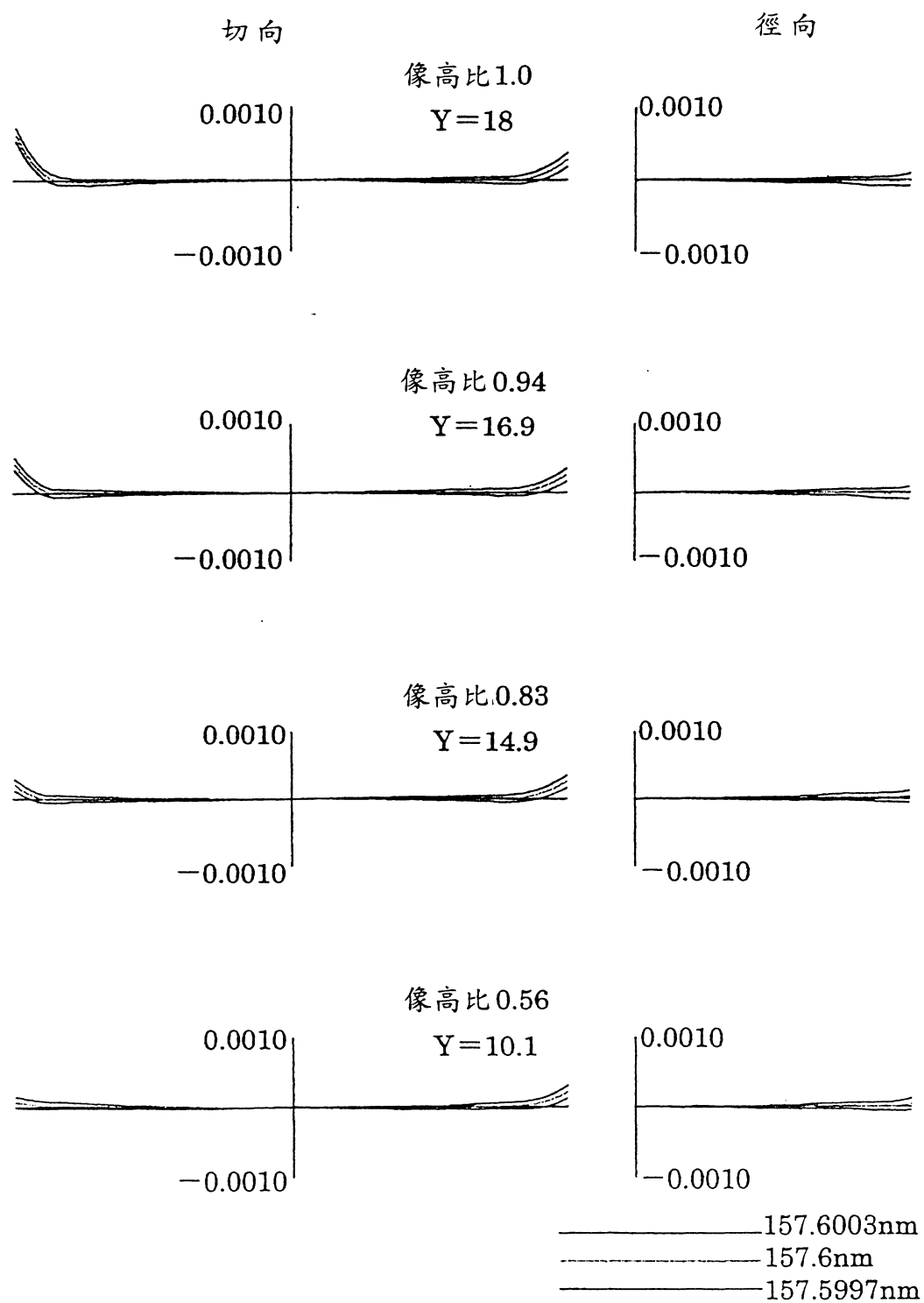


圖 13

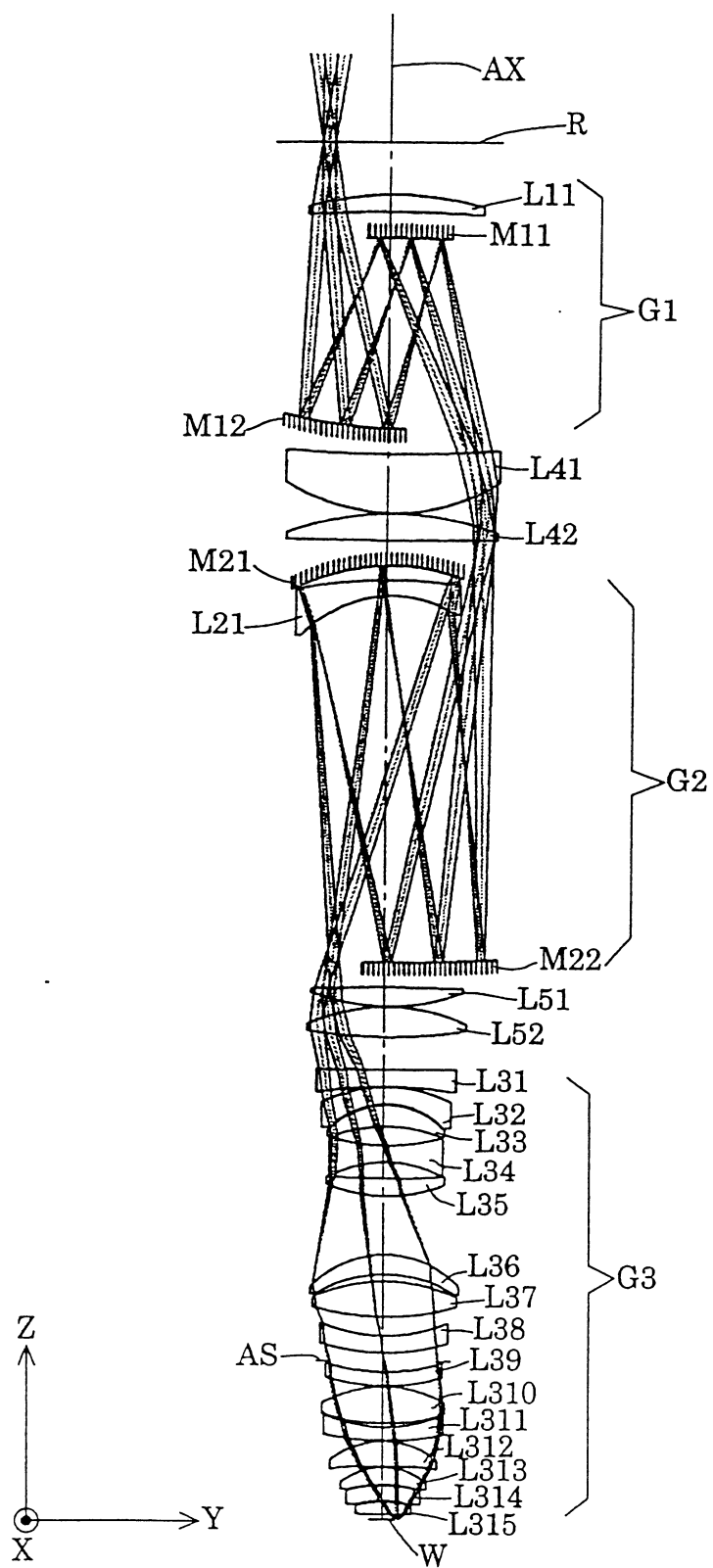


圖 14

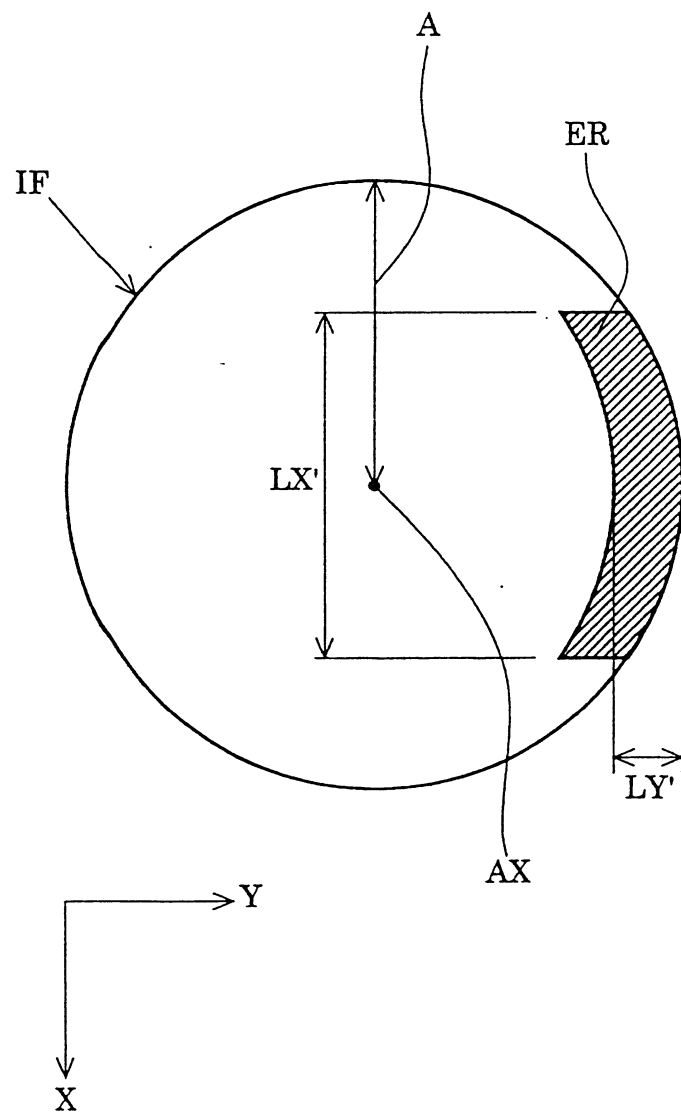


圖 15

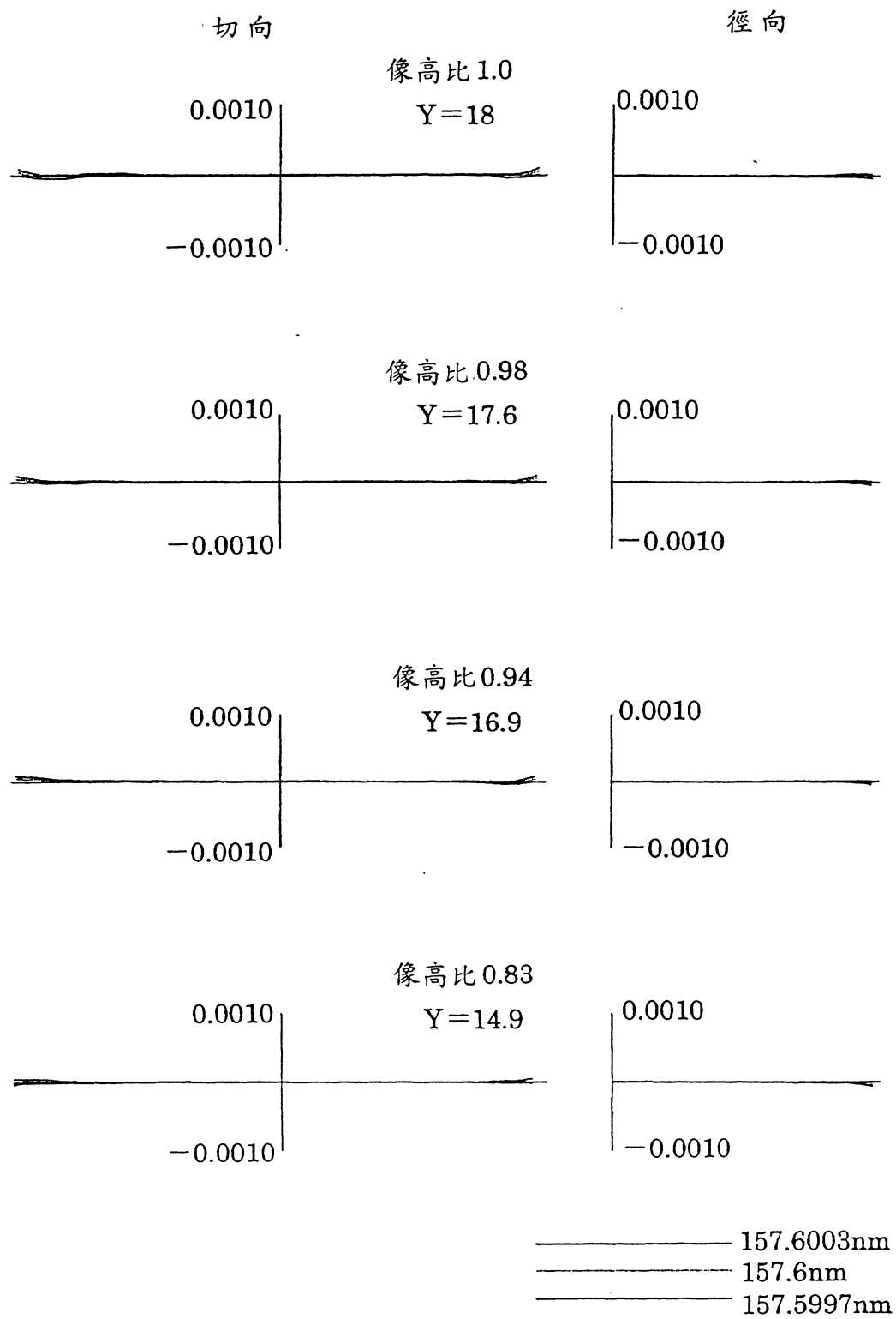


圖 16

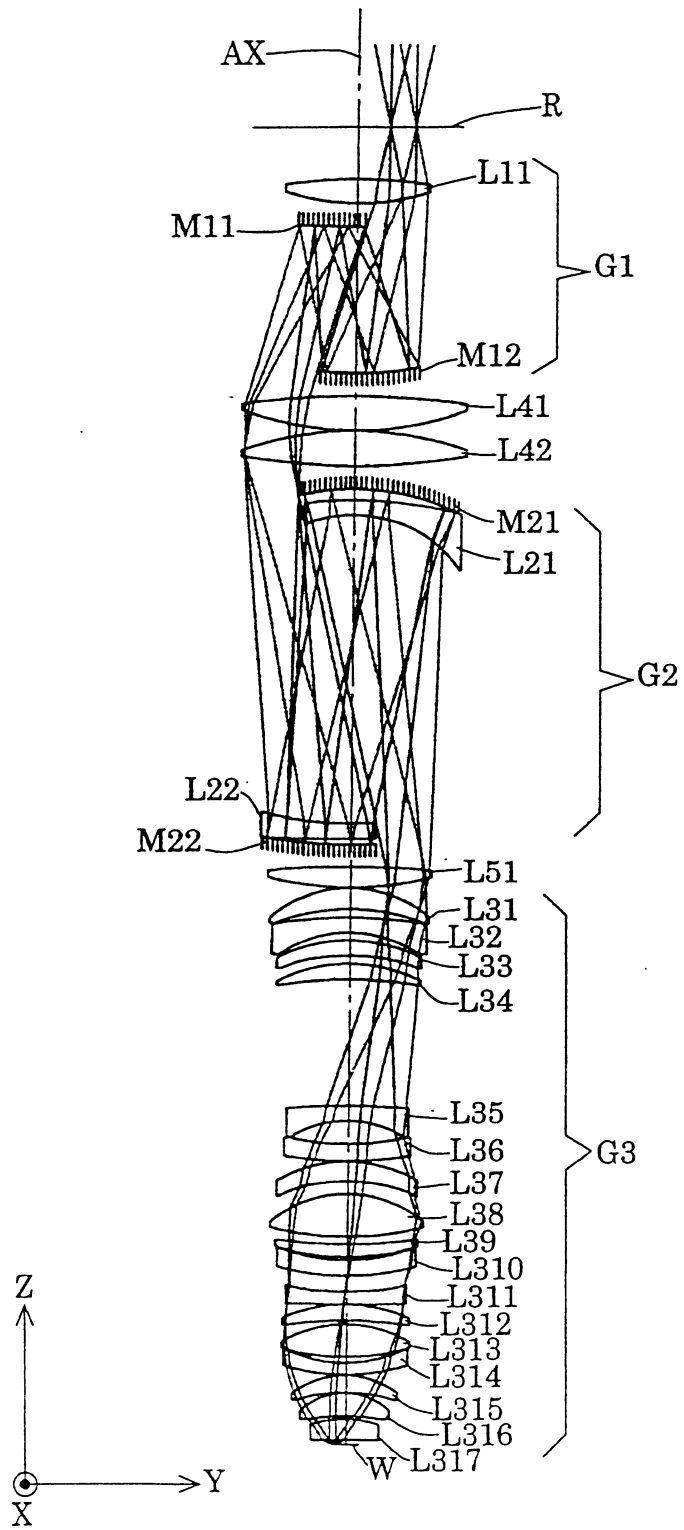


圖 17

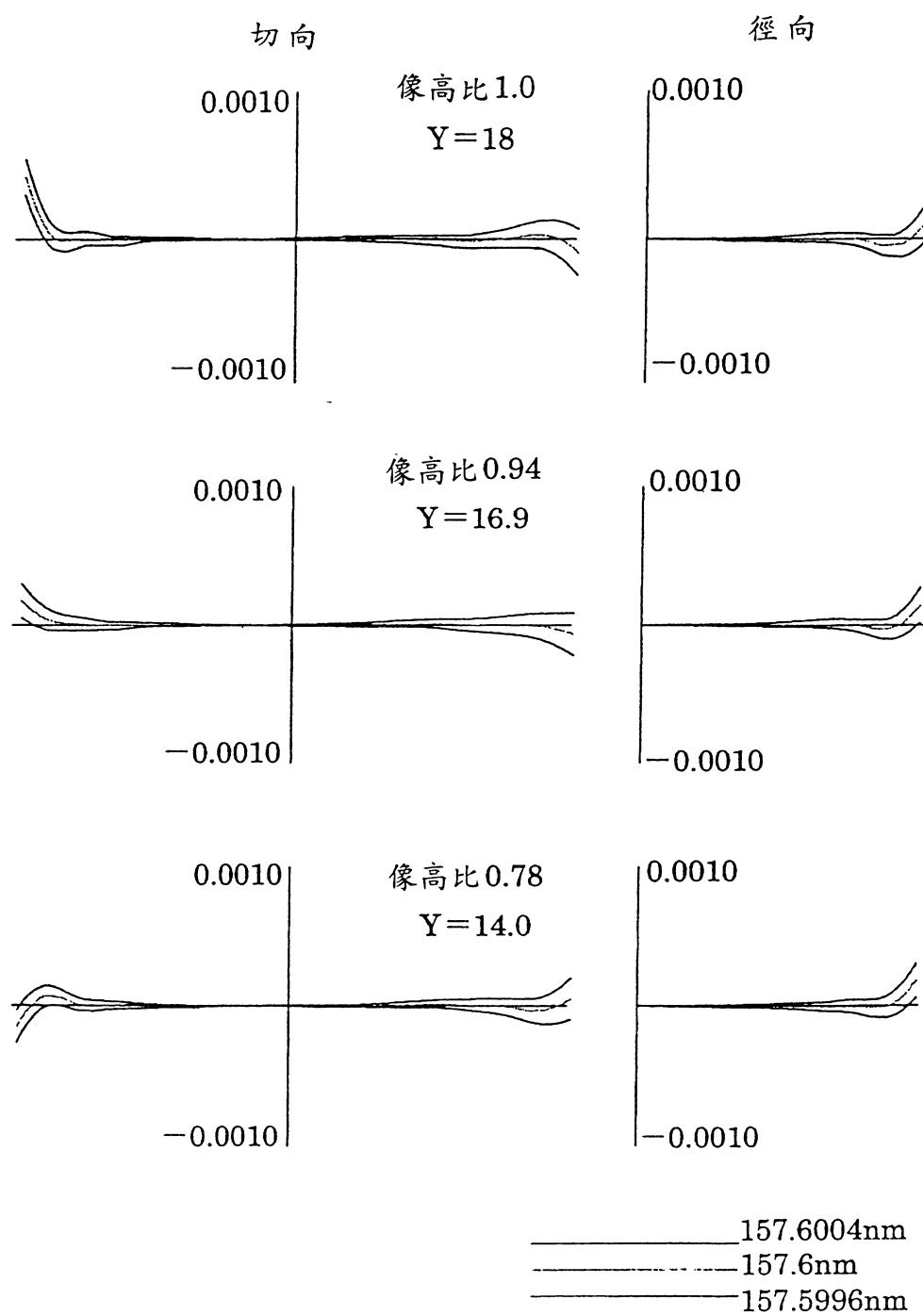


圖 18

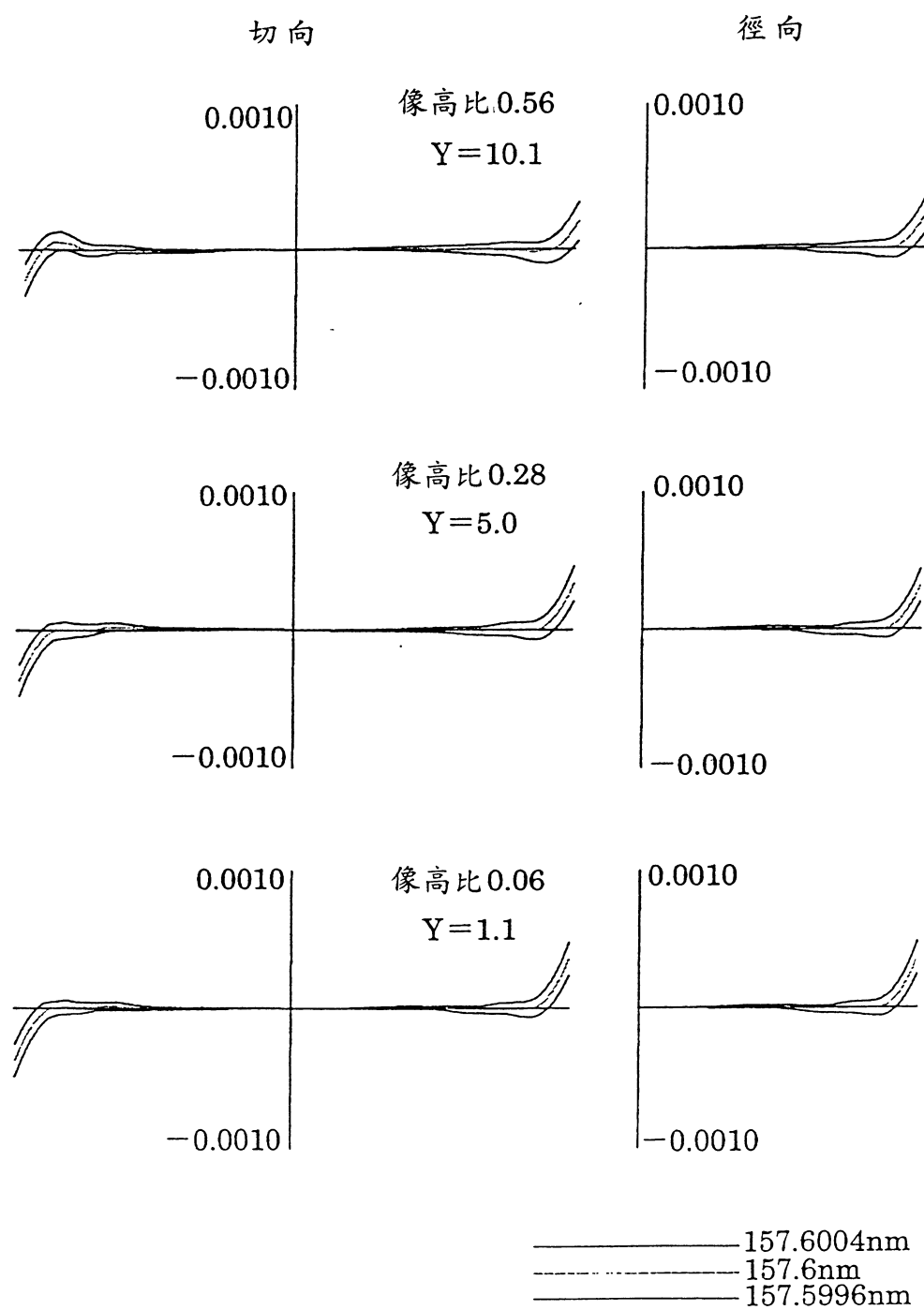


圖 19

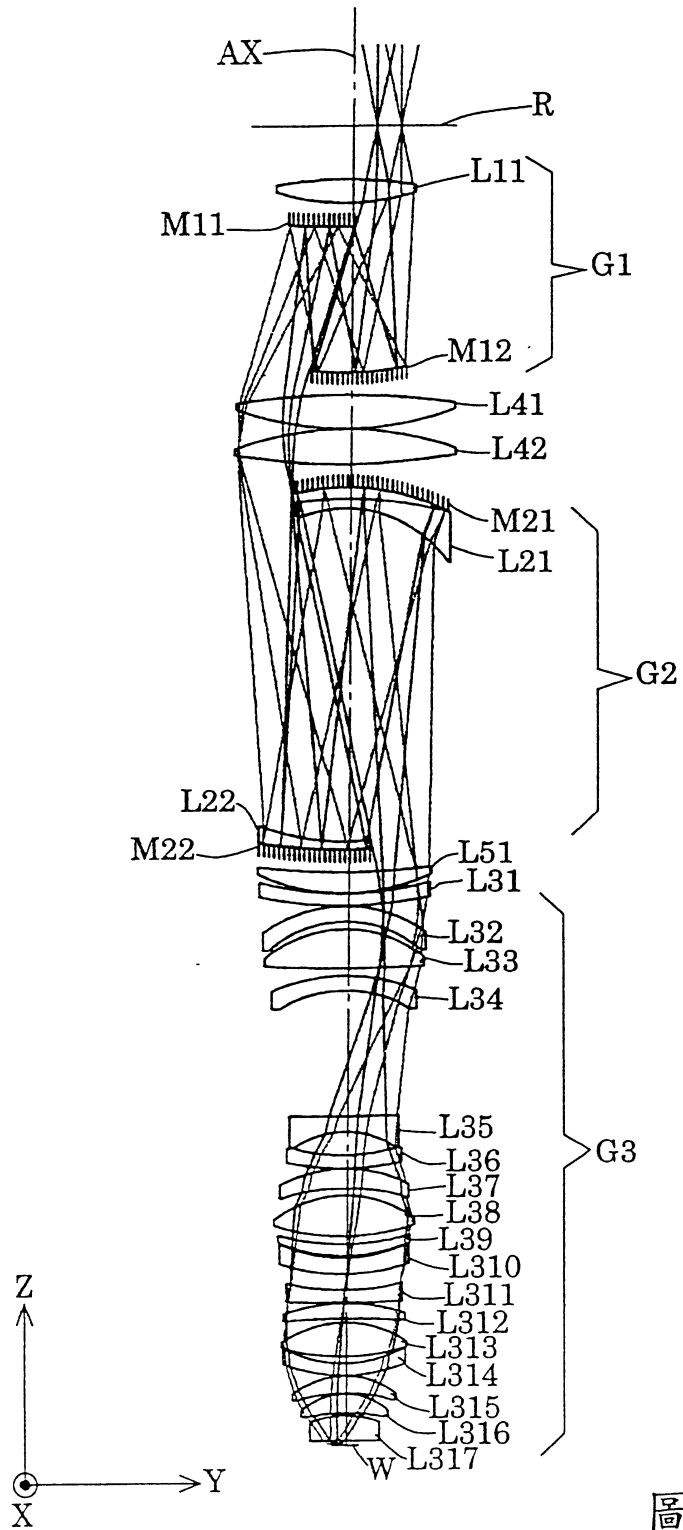


圖 20

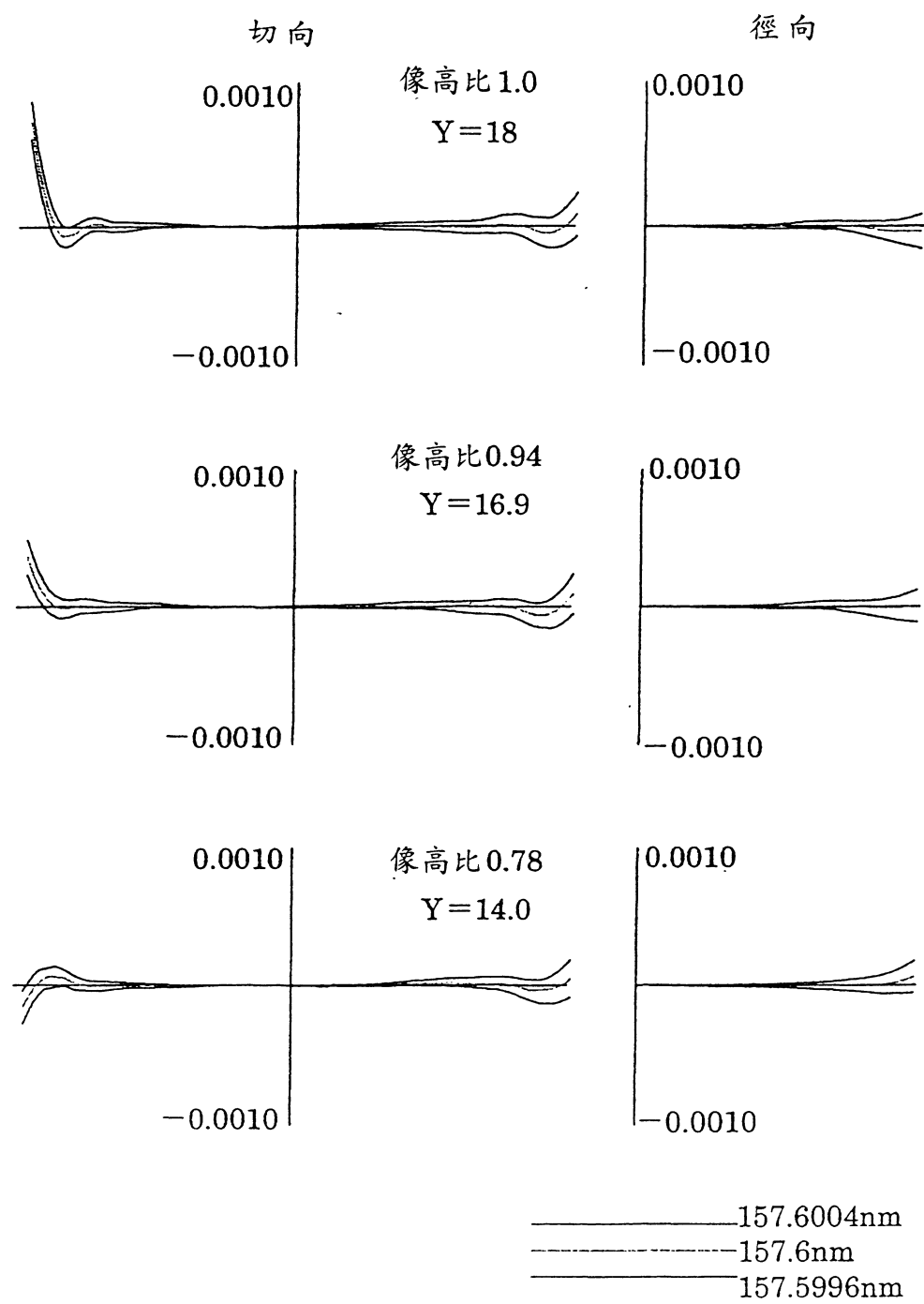


圖 21

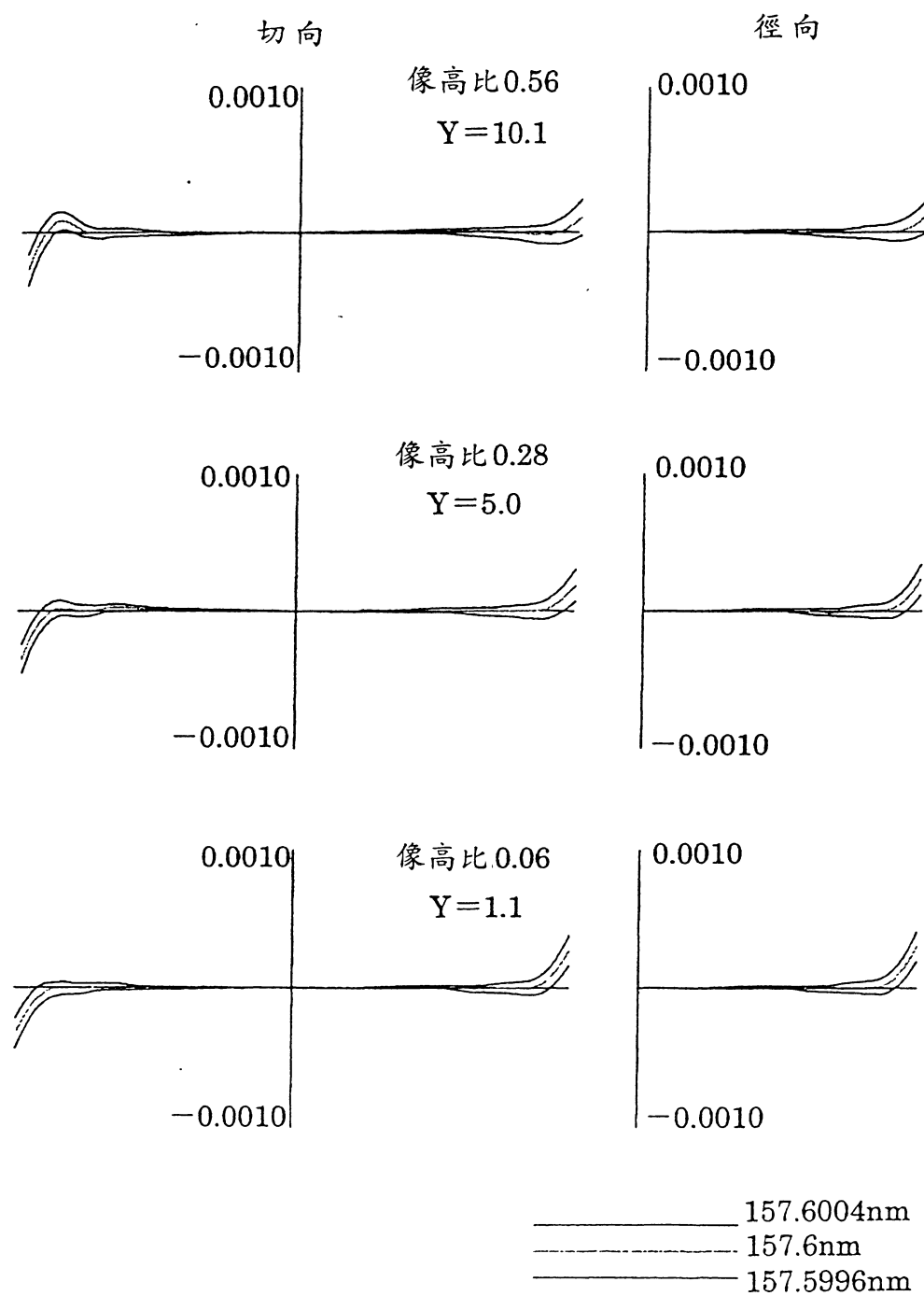


圖 22

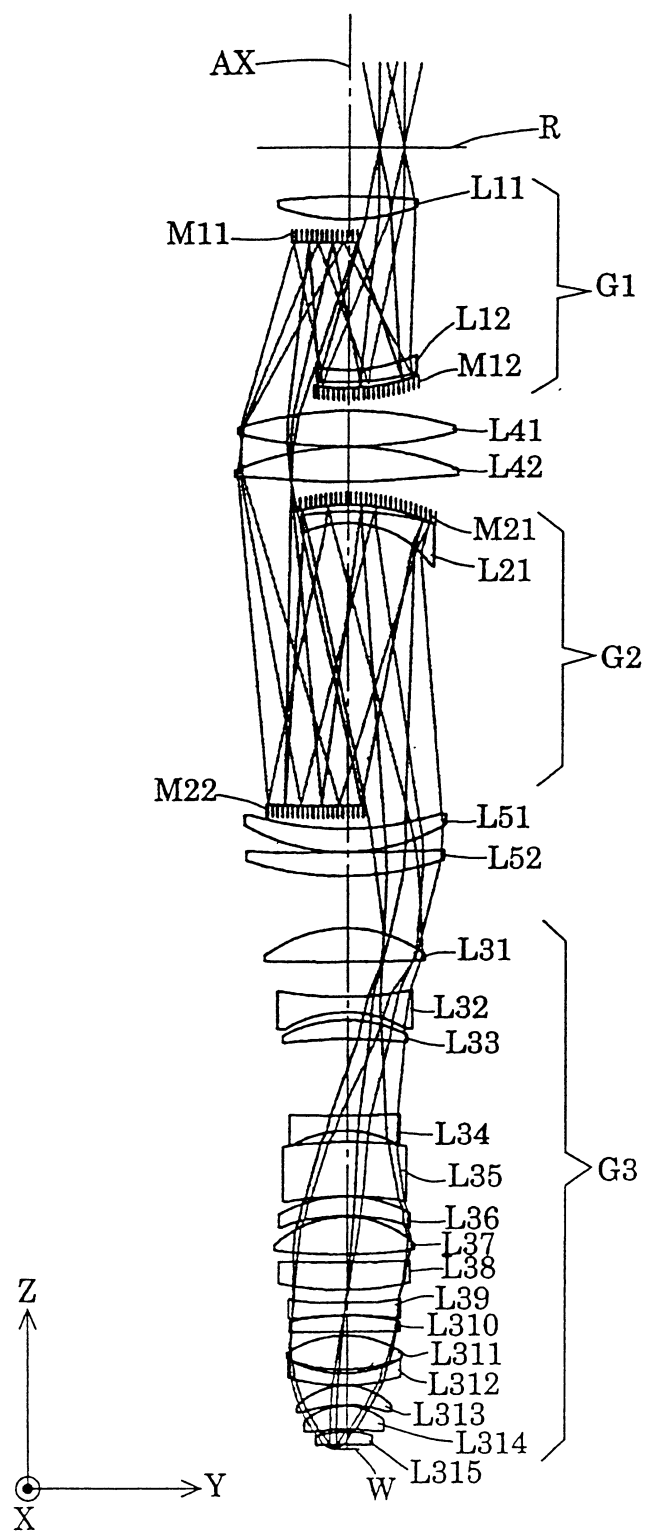


圖 23

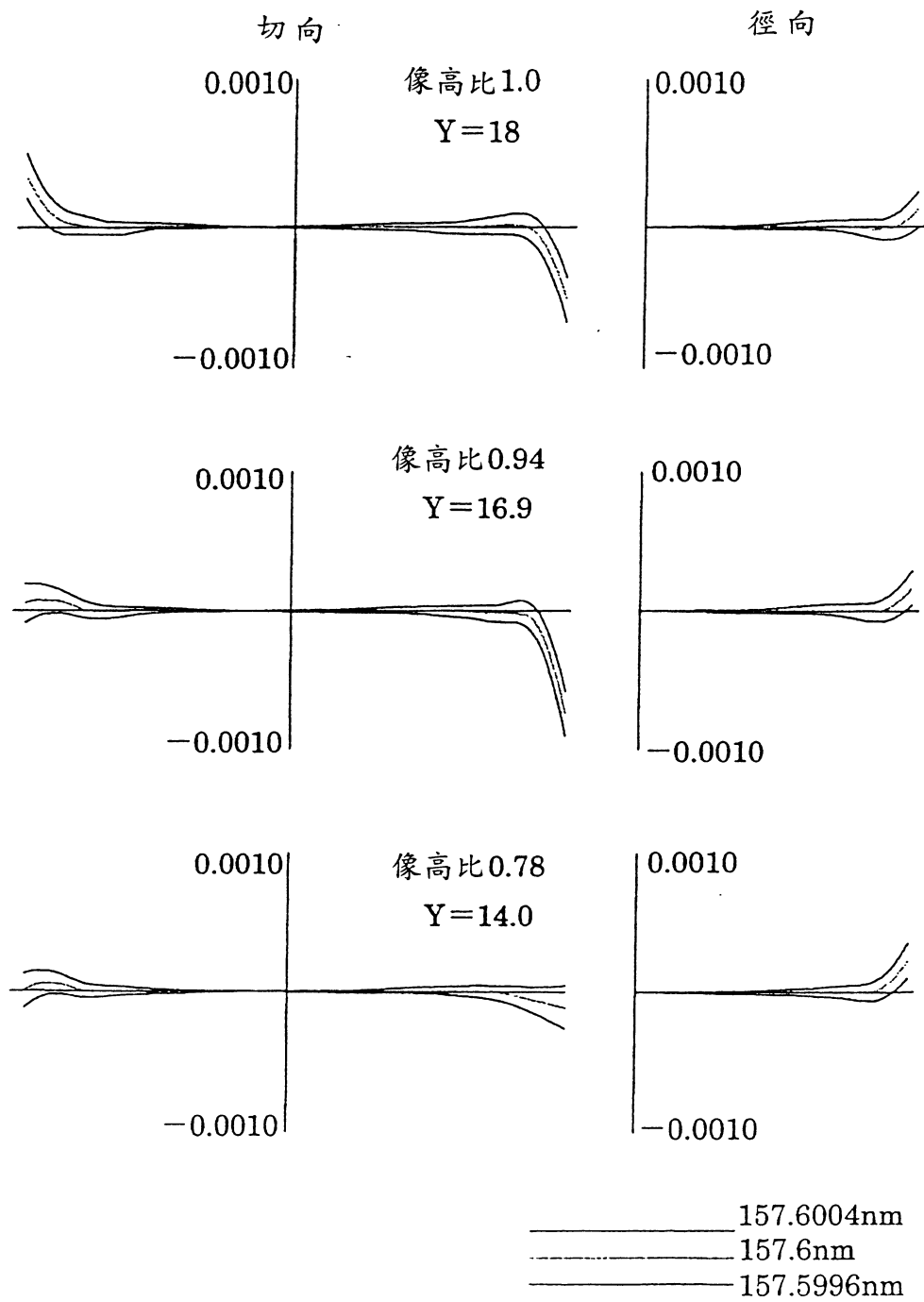


圖 24

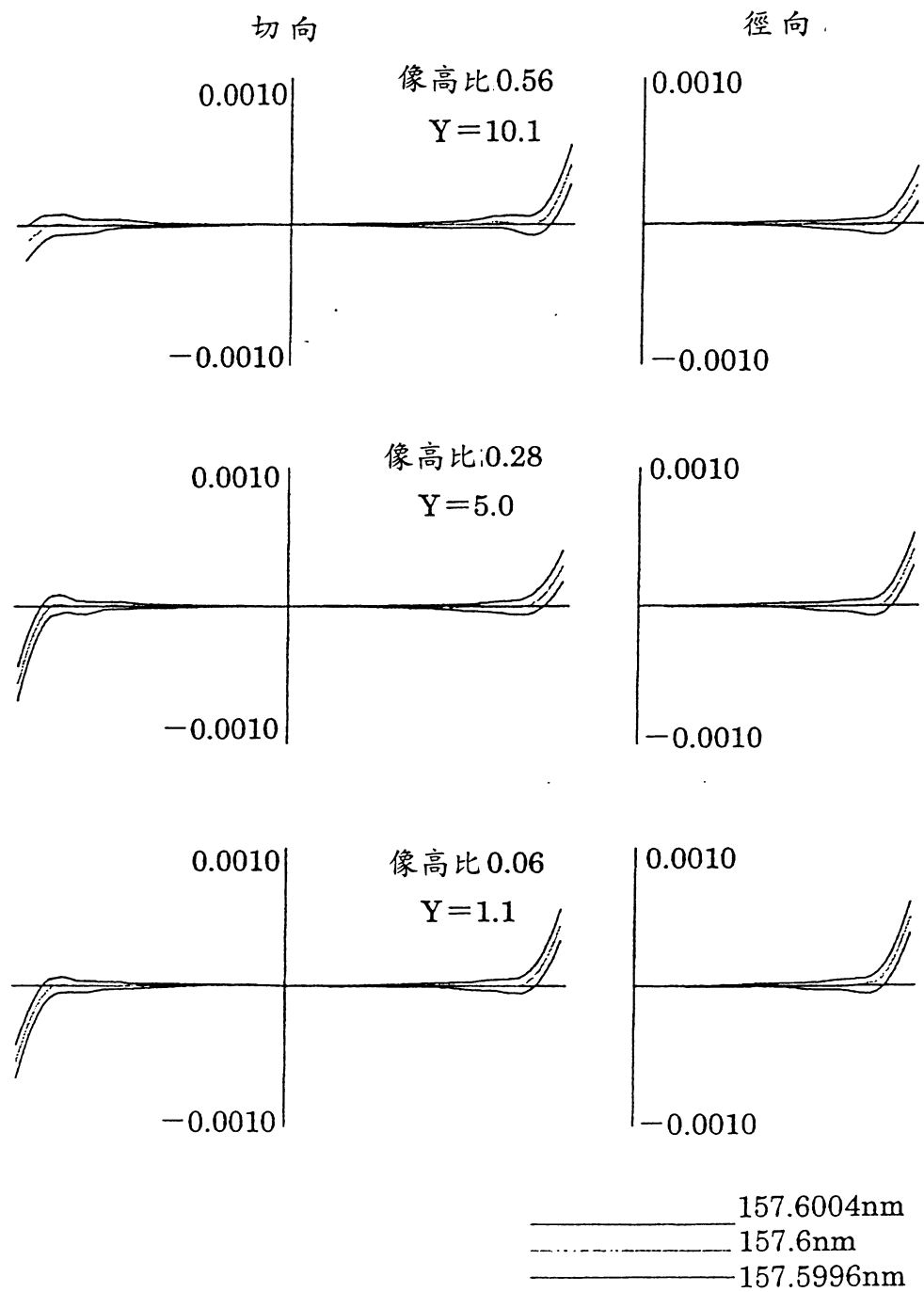


圖 25

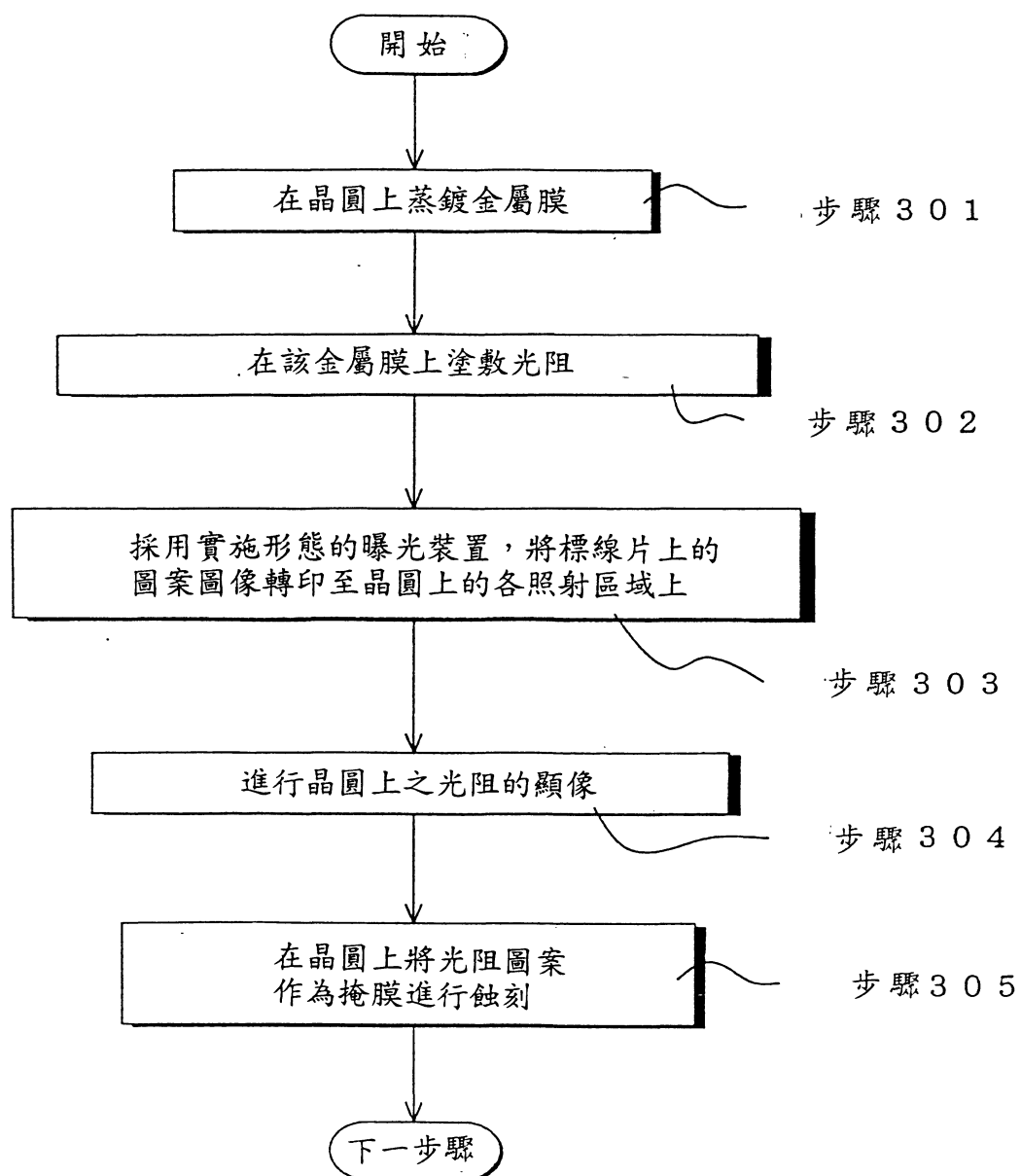


圖 26

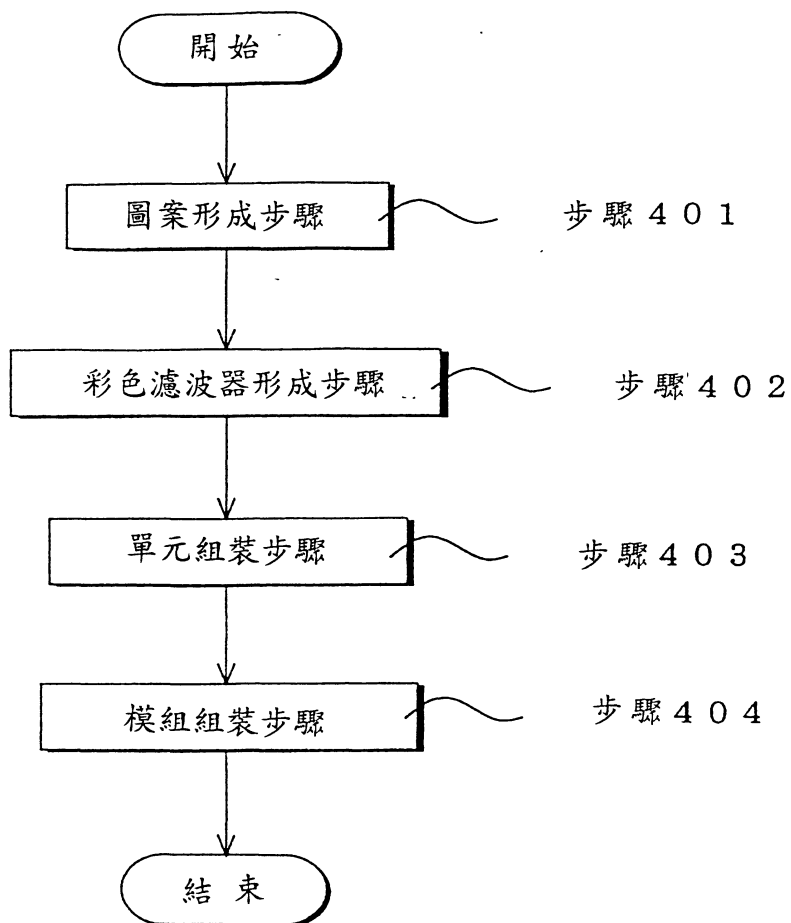


圖 27

五、發明說明 (9)

圖 22 為第八實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖 23 為第九實施例之反射折射光學系統的透鏡構造圖。

圖 24 為第九實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖 25 為第九實施例之反射折射光學系統的橫像差圖。

圖 26 為獲得微型裝置之半導體裝置時採用之方法的流程圖。

圖 27 為獲得微型裝置之液晶顯示元件時採用之方法的流程圖。

發明之最佳實施形態

圖 1 為本發明之反射折射光學系統的基本構造說明圖。而圖 1 中之本發明的反射折射光學系統適用於掃描曝光型之曝光裝置的投影光學系統。如圖 1 所示，本發明之反射折射光學系統具備第一成像光學系統 G1，其係用於形成作為配置於第一面之投影原版之標線片 R 圖案 P1 的第一中間像 P2。而第一成像光學系統 G1 至少具有兩個反射鏡，亦即具有第一反射鏡 M1 及第二反射鏡 M2。

通過第一成像光學系統 G1 的光線，通過具有至少兩個反射鏡，亦即第三反射鏡 M3 及第四反射鏡 M4 的第二成像光學系統 G2，形成標線片 R 圖案 P1 的第二中間像 P3。通過第二成像光學系統 G2 的光線，藉由不包含反射鏡之具有折射光學構件的折射型第三成像光學系統 G3，在配置於第二面上之感光性基板的晶圓 W 上形成標線片 R 圖案 P1 的最後圖像 P4。構成第一成像光學系統 G1、第二成像光學系統 G2 及第三成像光學系統 G3 之全部光學構件係沿著一條直線狀光軸 AX 配置。

五、發明說明 (11)

AX之各光學構件之傾斜及位置偏差的光學性檢測容易，因此，可製造高度精密的光學系統。此外，藉由此種構造，使一條光軸AX與重力方向(垂直方向)一致時，可設定成重力造成透鏡的撓性形成旋轉對稱，可大幅降低因光學調整造成成像性能的惡化。

尤其是應用在曝光裝置的投影光學系統上時，藉由以沿著一條光軸AX直立狀來使用，可沿著與重力方向直交之面(亦即水平面)彼此平行配置標線片R及晶圓W，同時，沿著重力方向之一條光軸AX水平配置構成投影光學系統之全部透鏡。因而，標線片R、晶圓W及構成投影光學系統的全部透鏡保持水平，不受本身重力造成的非對稱變形，極有助於光學調整、機械設計及高解像度的保持等。

此外，本發明藉由第三成像光學系統G3的折射光學系統部分因具有正的折射力(能量)，而常為正之珀茲伐(Petzval)和與第一成像光學系統G1及第二成像光學系統G2之凹面反射鏡部分之負珀茲伐和相抵消，可將整個珀茲伐和完全抑制為0。

而將包含反射鏡之全部光學構件沿著一條光軸配置的構造，關鍵問題在於如何對反射鏡設定光程。一種解決的方法如上所述的，採用在反射鏡的中央形成孔徑部(透光部)，通過該中央孔徑部設定光程的技術。但是此種先前的技術，必須在入射瞳孔部分形成中心遮蔽，而該中心遮蔽會造成光學成像性能降低。

本發明則在第一成像光學系統G1中，使自標線片圖案P1射

五、發明說明 (12)

出的光線繞射第一反射鏡M1的外側，並射入第二反射鏡M2。而被第二反射鏡M2所反射的光束被第一反射鏡M1反射後，繞射第二反射鏡M2的外側，形成第一中間像P2。而在第二成像光學系統G2中，自第一中間像P2射出之光束繞射第三反射鏡M3的外側，並射入第四反射鏡M4。而被第四反射鏡M4所反射的光束被第三反射鏡M3反射後，繞射第四反射鏡M4的外側，形成第二中間像P3。本發明之第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2的第一中間像P2形成位置係採概略對稱的構造。因而可確保較大之標線片端的工作距離(沿著最靠近標線片端之光學面與標線片間之光軸的距離)。亦即。藉由設定成將通過第二成像光學系統G2所形成之第二中間像P3位置遠離第三反射鏡M3，可確保較大之標線片端的工作距離。依據夏普曼的消色差原理「An achromat of the Schupmann (Refer R. Kingstake, "Lens Design Fundamentals", Academic Press, 1978, Page 89)」，自負透鏡至共軛像(標線片R，中間像)的距離差(圖1中，若自標線片R至第二反射鏡M2之距離為c，自第二反射鏡M2至第一反射鏡M1之距離為b，自第一反射鏡M1至中間像之距離為a，則為 $a + b - c$)大時，色校正困難。本發明由於第一成像光學系統G1與第二成像光學系統G2之第一中間像P2的形成位置係採概略對稱的構造，因此，可以第二成像光學系統G2抵消(消除)第一成像光學系統G1之自負透鏡至共軛像的距離差($a + b - c$)，此亦有助於色像差的校正。

藉由採用上述構造，可避免入射瞳孔的中心遮蔽，進而

五、發明說明 (13)

避免因中心遮蔽造成光學成像特性的降低。還藉由適切選擇整個折射光學系統的成像倍率，以便於設定繞射各反射鏡外側的光程。因而如圖 1 所示，可將標線片場(Reticle Field)之形成於自光軸AX偏心之較大的矩形照明區域IR之標線片圖案P1的最後圖像P4，形成在晶圓場(Wafer Field)之自光軸AX偏心之較大的矩形有效曝光區域ER上。同時，標線片圖案P1的第一中間像P2及第二中間像P3則形成在離開光軸AX的位置上。

如此，設置本發明之反射折射光學系統作為投影光學系統的曝光裝置，可使標線片R及晶圓W沿著特定方向(掃描方向)移動，同時依據矩形之照明區域IR及有效曝光區域ER進行掃描曝光。而設置全部之光學構件係沿著一條光軸配置之反射折射光學系統作為投影光學系統的先前曝光裝置，則無法確保較大之矩形照明區域及有效曝光區域，而係依據細長之圓弧狀的照明區域及有效曝光區域進行掃描曝光。

此時，由於先前之曝光裝置的有效曝光區域形狀為細長的圓弧狀，因此於掃描曝光時，很難調整晶圓載物台的坡度，使有效曝光區域始終位於投影光學系統的焦點深度內。此外，由於先前之曝光裝置之有效曝光區域的形狀為細長的圓弧狀，因此，沿著掃描方向之標線片R及晶圓W的所需移動量，亦即掃描寬度變大。本發明由於有效曝光區域的形狀為較大的矩形，因此於掃描曝光時，容易調整晶圓載物台的坡度，使有效曝光區域始終位於投影光學系統的焦點深度內，掃描寬度也變窄。

五、發明說明 (85a)

元件符號說明

A	半徑	M3	第 3 反射鏡
AS	孔徑光圈	M4	第 4 反射鏡
AX	光軸	Mn	凹面反射鏡
ER	有效曝光區域	P1	標線片圖案
FL	向場透鏡	P2	第 1 中間像
FS	視野光圈	P3	第 2 中間像
G1	第 1 結象光學系統	P4	最終像
G2	第 2 結象光學系統	PL	投影光學系統
G3	第 3 結象光學系統	R	標線片
IF	像圈	RH	標線片固定器
IL	照明光學系統	RIF	干擾計
IR	照明區域	RM	標線片移動鏡
Ln	透鏡	RS	標線片載物台
LX	有效曝光區域 ER 之 X 方向尺寸	W	晶圓
LY	有效曝光區域 ER 之 X 方向尺寸	WIF	干擾計
LX'	圓弧狀有效曝光區域 ER 之 X 方向尺寸	WM	晶圓移動鏡
LY'	圓弧狀有效曝光區域 ER 之 X 方向尺寸	WS	晶圓載物台
M1	第 1 反射鏡	WT	晶圓固定工作台
M2	第 2 反射鏡		

六、申請專利範圍

1. 一種反射折射光學系統，其具備：

第一成像光學系統，其係至少具有兩個反射鏡，並依據第一面射出的光線形成第一面的第一中間像；

第二成像光學系統，其係至少具有兩個反射鏡，並依據通過第一成像光學系統的光線形成第一面的第二中間像；及

折射型第三成像光學系統，其係依據通過第二成像光學系統的光線，將第一面的最後圖像形成在第二面上；

且構成上述第一成像光學系統、上述第二成像光學系統及上述第三成像光學系統的全部光學構件係沿著一條直線狀光軸配置。

2. 如申請專利範圍第1項之反射折射光學系統，

其中在上述第一成像光學系統與上述第二成像光學系統間的光程中配置有向場透鏡。

3. 如申請專利範圍第1項之反射折射光學系統，

其中上述第一成像光學系統具有上述兩個反射鏡與至少一個透鏡成分。

4. 如申請專利範圍第2項之反射折射光學系統，

其中上述第一成像光學系統與上述向場透鏡的合成光學系統在第一面端及第二面端構成遠心的光學系統。

5. 如申請專利範圍第1至4項中任一項之反射折射光學系統，

其中上述第一成像光學系統具有配置在上述兩個反射鏡間之光程中的至少一個負透鏡成分。

六、申請專利範圍

6. 如申請專利範圍第1至4項中任一項之反射折射光學系統，

其中上述第二成像光學系統具有配置在上述兩個反射鏡間之光程中的至少一個負透鏡成分。

7. 一種反射折射光學系統，其具備：

在第一面與第二面間的光程中形成兩次上述第一面的中間像，並以第一面之第三次中間像為最後圖像，形成在上述第二面上的數個光學構件；

且上述數個光學構件係沿著單一直線狀光軸配置。

8. 如申請專利範圍第7項之反射折射光學系統，

其中上述中間像形成在離開光軸的位置上。

9. 一種反射折射光學系統，其具備

沿著單一直線狀光軸配置的數個反射鏡；

且將第一面上之上述離開光軸的矩形區域圖像形成在第二面上。

10. 如申請專利範圍第9項之反射折射光學系統，其具備：

限制以該反射折射光學系統所形成之圖像區域的視野光圈與限制該反射折射光學系統之孔徑數的孔徑光圈。

11. 一種反射折射光學系統，其具備：

第一成像光學系統，其係至少具有第一反射鏡與第二反射鏡，並依據第一面射出的光線形成上述第一面的第一中間像；

第二成像光學系統，其係至少具有第三反射鏡與第四反射鏡，並依據通過上述第一成像光學系統的光線形成

六、申請專利範圍

上述第一面的第二中間像；及

折射型第三成像光學系統，其係依據通過上述第二成像光學系統的光線，將上述第一面的最後圖像形成在第二面上；

且構成上述第一成像光學系統、上述第二成像光學系統及上述第三成像光學系統的全部光學構件係沿著一條直線狀光軸配置；

上述第一反射鏡、上述第二反射鏡、上述第三反射鏡及上述第四反射鏡中之兩個反射鏡之反射面端之前至少分別配置有一個負透鏡。

12. 如申請專利範圍第11項之反射折射光學系統，

其中藉由在上述兩個反射鏡之反射面端之前至少分別配置有一個負透鏡，以進行倍率的色像差校正；

倍率色像差係數LAT滿足

$$|LAT| < 5 \times 10^{-6}$$

的條件。

13. 如申請專利範圍第11或12項之反射折射光學系統，

其中藉由在上述兩個反射鏡的反射面端之前至少分別配置有一個負透鏡，以進行軸上的色像差校正；

軸上色像差係數AX滿足

$$|AX| < 2 \times 10^{-4}$$

的條件。

14. 一種曝光裝置，其具備：

照明系統，其係用於照明掩膜；及

六、申請專利範圍

投影光學系統，其係用於在感光性基板上形成上述掩膜上所形成的圖案圖像；

且上述投影光學系統係由申請專利範圍第1至13項中任一項之反射折射光學系統構成；

上述掩膜對應於上述反射折射光學系統的上述第一面，上述感光性基板對應於上述反射折射光學系統的上述第二面。

15. 如申請專利範圍第14項之曝光裝置，

其中為求在上述感光性基板上掃描曝光上述掩膜圖案，還具備使上述掩膜及上述感光性基板對上述反射折射光學系統作相對移動的驅動系統。

16. 一種微型裝置的製造方法，其具有：

曝光步驟，其係藉由申請專利範圍第14或15項之曝光裝置將上述掩膜圖案曝光在上述感光性基板上；及

顯像步驟，其係將被上述曝光步驟所曝光的上述感光性基板予以顯像。

第 090126179 號專利申請案
中文圖式修正頁(91 年 12 月)

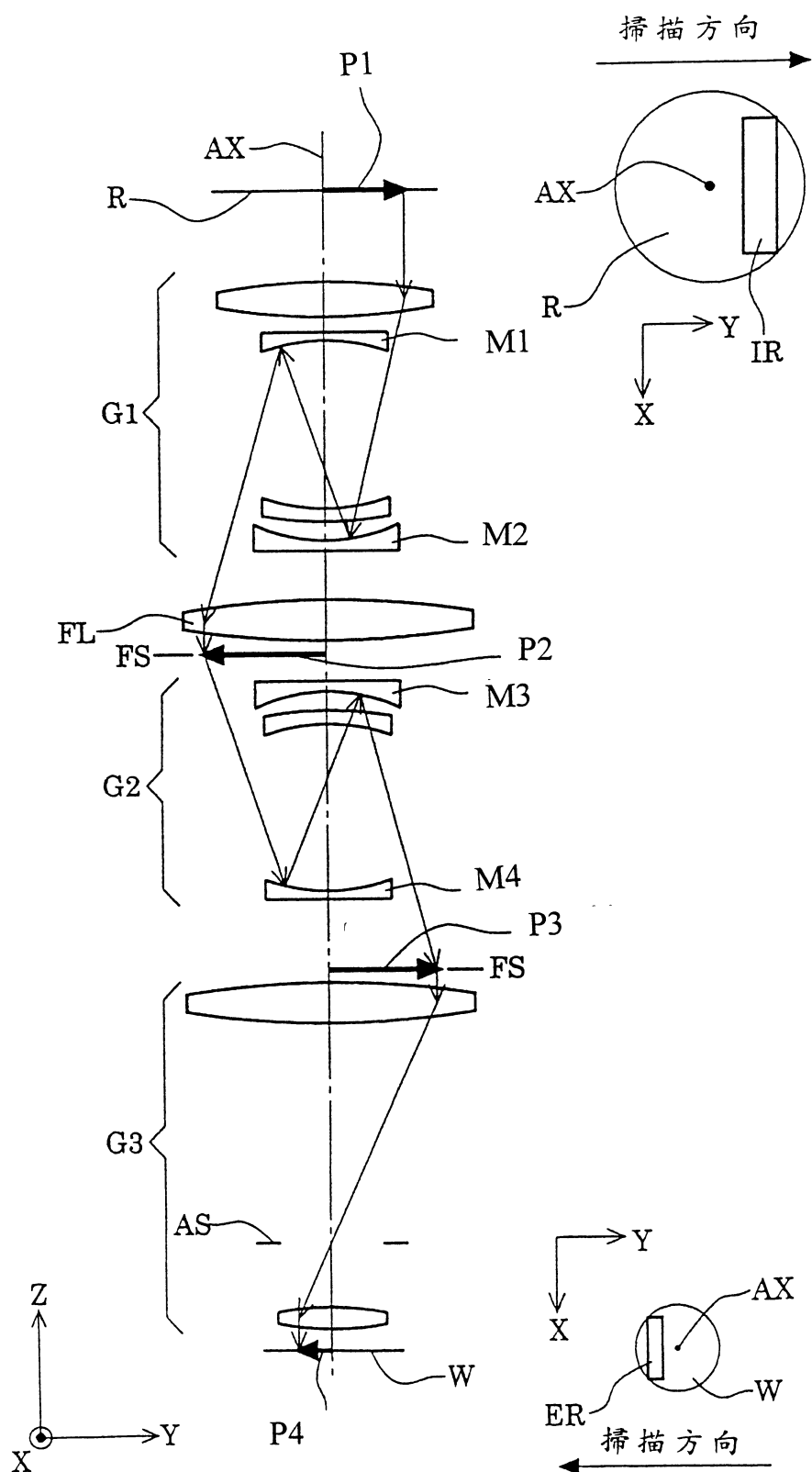


圖 1