

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：97101424
※ 申請日期：97.1.15
※ IPC 分類：G03F 7/20 (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)
一、發明名稱：(中文/英文) G02B 13/24 (2006.01)
成像光學系統、曝光裝置、及元件製造方法 G02B 13/14 (2006.01)

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

尼康股份有限公司 / NIKON CORPORATION

代表人：(中文/英文)

菊谷道郎

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本東京都千代田區丸之內 3-2-3

2-3, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8331 Japan

國籍：(中文/英文)

日本 / Japan

三、發明人：(共 1 人)

姓名：(中文/英文)

藤島 洋平 / FUJISHIMA, YOUHEI

國籍：(中文/英文)

日本 / Japan

四、聲明事項：

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

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

日本、2007.01.16、JP2007-006844

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。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種成像光學系統、曝光裝置、及元件製造方法，尤其是關於一種以光微影製程製造半導體元件或液晶顯示元件等之元件時所使用之曝光裝置所適用的投影光學系統。

【先前技術】

於用以製造半導體元件等之光微影製程，使用將光罩(或標線片)之圖案像透過投影光學系統投影曝光於感光性基板(塗布光阻之晶圓、玻璃板等)上的曝光裝置。於曝光裝置，隨著半導體元件等之集成度的提昇，投影光學系統所要求之解析力(解析度)亦日益升高。為了滿足對投影光學系統之解析力的要求，必須縮短照明光(曝光用光)的波長 λ ，且加大投影光學系統之像側數值孔徑 NA。因此，已知一種液浸技術，其藉由在投影光學系統與感光性基板之間之光路中充滿折射率高之液體般的介質，謀求像側數值孔徑的增大。

一般而言，於像側數值孔徑大的投影光學系統，不限於液浸系統即使是乾燥系統，從使珀茲伐條件(Petzval condition)成立以獲得像之平坦性的觀點來看，較佳為採用反射折射型的成像光學系統，從對各種微細圖案之對應力的觀點來看，較佳為採用有效視野(或有效成像區域)不含光軸之軸外視野型的成像光學系統。以往，揭示各種適於

曝光裝置之軸外視野型之反射折射型的成像光學系統(例如參照專利文獻 1)。

專利文獻 1：美國再發行專利第 RE38438 號

【發明內容】

於曝光裝置，伴隨半導體電路之微細化，光罩圖案亦持續微細化。然而，光罩圖案之微細化導致光罩之製造成本的增加，於非使用一個光罩大量生產之多品種少量生產的半導體，亦導致晶片成本的增加。因此，為了不伴隨光罩圖案之微細化來實現半導體電路之微細化，考慮將投影光學系統之投影倍率(成像倍率)之絕對值設定較小。然而，於一邊使光罩及感光性基板相對投影光學系統移動、一邊使圖案掃描曝光於一個照射區域之掃描型曝光裝置，將投影光學系統之倍率之絕對值設定較小時，因用以掃描光罩之光罩載台之速度限制，無法避免產率的降低。

另一方面，於使光罩圖案一次曝光於感光性基板上之一個照射區域之一次型曝光裝置，即使將投影光學系統之投影倍率之絕對值設定較小，亦可避免產率的降低。然而，於專利文獻 1 等所揭示之習知軸外視野型之反射折射型的成像光學系統，由於將反射鏡所反射之光的光路與射入該反射鏡之光的光路分離，因此僅能確保比較細長之矩形或圓弧狀的有效成像區域(有效投影區域)，即使能適用於掃描型曝光裝置，實際上亦不易適用於一次型曝光裝置。

本發明係有鑑於上述問題而構成，其目的在於提供一

種例如具有適於一次型曝光裝置之形狀之有效成像區域，且成像倍率之絕對值小之高數值孔徑之反射折射型的成像光學系統。又，本發明之目的在於提供一種能使用具有適於一次型曝光裝置之形狀之有效成像區域、且成像倍率之絕對值小之高數值孔徑之反射折射型的成像光學系統，使微細圖案以高精度且高產率投影曝光的曝光裝置。

為了解決上述問題，本發明第 1 形態之成像光學系統，係將第 1 面之像形成於第 2 面，其特徵在於，具備：第 1 成像系統，係配置於與該第 1 面光學共軛之第 1 共軛位置與該第 1 面之間；第 2 成像系統，係配置於與該第 1 共軛位置光學共軛之第 2 共軛位置與該第 1 共軛位置之間；以及第 3 成像系統，係配置於該第 2 共軛位置與該第 2 面之間；設該第 1 成像系統之成像倍率為 $M1$ 、該第 2 成像系統之成像倍率為 $M2$ 、該第 3 成像系統之成像倍率為 $M3$ 時，滿足下述條件：

$$0.8 < |M1| < 2$$

$$0.8 < |M2| < 2$$

$$0.03 < |M3| < 0.2。$$

本發明第 2 形態之曝光裝置，其特徵在於：具備根據來自設定於該第 1 面之既定圖案之光，將該圖案像投影至設定於該第 2 面之感光性基板上之第 1 形態之成像光學系統。

本發明第 3 形態之元件製造方法，其特徵在於，包含：曝光步驟，使用第 2 形態之曝光裝置使該既定圖案曝光於

該感光性基板；以及顯影步驟，使經過該曝光步驟之該感光性基板顯影。

於本發明，於 3 次成像型之反射折射型的成像光學系統，使折射型之第 1 成像系統之成像倍率、具備反射面之第 2 成像系統之成像倍率、及折射型之第 3 成像系統之成像倍率分別滿足所欲之條件式。其結果，即使將成像光學系統整體之成像倍率之絕對值設定較小，例如 $1/8$ 程度，亦可確保較大且接近正方形之矩形(亦即適於一次型曝光裝置之形狀)的有效成像區域。

因此，本發明可實現例如具有適於一次型曝光裝置之形狀之有效成像區域，且成像倍率之絕對值小之高數值孔徑之反射折射型的成像光學系統。又，本發明之曝光裝置，能使用具有適於一次型曝光裝置之形狀之有效成像區域、且成像倍率之絕對值小之高數值孔徑之反射折射型的成像光學系統，使微細圖案以高精度且高產率投影曝光，或能以高精度且高產率製造良好的元件。

【實施方式】

本發明之成像光學系統，具備根據來自第 1 面(物體面)之光形成第 1 中間像的折射型第 1 成像系統，具備反射面、根據來自第 1 中間像之光形成第 2 中間像的第 2 成像系統，及根據來自第 2 中間像之光將最終像形成在第 2 面(像面)上的折射型第 3 成像系統。亦即，本發明之成像光學系統，係 3 次成像型之反射折射型成像光學系統。

於本發明之具有上述基本構成之 3 次成像型之反射折射型成像光學系統，第 1 成像系統之成像倍率 $M1$ 、第 2 成像系統之成像倍率 $M2$ 、及第 3 成像系統之成像倍率 $M3$ 分別滿足下列條件式(1)~(3)。

$$0.8 < |M1| < 2 \quad (1)$$

$$0.8 < |M2| < 2 \quad (2)$$

$$0.03 < |M3| < 0.2 \quad (3)$$

超過條件式(1)之上限值時，第 1 成像系統之成像倍率之絕對值 $|M1|$ 過大，於第 2 成像系統往光線最初射入之第 1 反射鏡之入射光的光線高度過大。其結果，鏡筒之尺寸變大，或不易製造光學系統。又，不易修正歪曲像差，且亦不易修正光瞳之球面像差。此外，為了更有效發揮本發明之效果，較佳為，將條件式(1)之上限值設定成 1.7。

未達條件式(1)之下限值時，第 1 成像系統之成像倍率之絕對值 $|M1|$ 過小，來自透過第 1 成像系統形成之第 1 中間像之光束的 NA 變大，於第 2 成像系統光線最初射入之第 1 反射鏡的光線分離變困難。其結果，必須使像差修正光線之像高變大，不易修正慧形像差、非點像差、歪曲像差等。此外，為了更有效發揮本發明之效果，較佳為，將條件式(1)之下限值設定成 0.9。

超過條件式(2)之上限值時，第 2 成像系統之成像倍率之絕對值 $|M2|$ 過大，於第 2 成像系統往光線第 2 個射入之第 2 反射鏡之入射光的光線高度過大。其結果，鏡筒之尺寸變大，或不易製造光學系統。又，不易修正歪曲像差，

且亦不易修正光瞳之球面像差。此外，為了更有效發揮本發明之效果，較佳為，將條件式(2)之上限值設定成 1.7。

未達條件式(2)之下限值時，第 2 成像系統之成像倍率之絕對值 $|M2|$ 過小，來自透過第 2 成像系統形成之第 2 中間像之光束的 NA 變大，於第 2 成像系統光線第 2 個射入之第 2 反射鏡的光線分離變困難。其結果，必須使像差修正光線之像高變大，不易修正慧形像差、非點像差、歪曲像差等。此外，為了更有效發揮本發明之效果，較佳為，將條件式(2)之下限值設定成 0.9。

於滿足條件式(1)及(2)之本發明之成像光學系統，為了獲得所欲之縮小倍率(例如成像光學系統整體之成像倍率之絕對值 $\beta = 1/8$ 程度)，第 3 成像系統之成像倍率之絕對值 $|M3|$ 必須滿足條件式(3)。第 3 成像系統之成像倍率之絕對值 $|M3|$ 未滿足條件式(3)時，無法將第 1 成像系統之成像倍率之絕對值 $|M1|$ 及第 2 成像系統之成像倍率之絕對值 $|M2|$ 設定在條件式(1)及條件式(2)的範圍內，產生上述像差修正上的缺陷。此外，為了更有效發揮本發明之效果，較佳為，將條件式(3)之上限值設定成 0.16、下限值設定成 0.04。

因此，於本發明之具有上述基本構成之 3 次成像型之反射折射型成像光學系統，即使將成像光學系統整體之成像倍率之絕對值 β 設定成小至例如 1/8 程度，亦可確保較大且接近正方形之矩形(亦即適於一次型曝光裝置之形狀)的有效成像區域。亦即，於本發明，可實現例如具有適於一次型曝光裝置之形狀之有效成像區域，且成像倍率之絕

對值小之高數值孔徑之反射折射型的成像光學系統。

又，本發明之曝光裝置，能使用具有適於一次型曝光裝置之形狀之有效成像區域、且成像倍率之絕對值小之高數值孔徑之反射折射型的成像光學系統，使微細圖案以高精度且高產率投影曝光。此外，本發明之成像光學系統，較佳為，能以液體充滿與像面之間的光路。如此，藉由採用在像側形成液浸區域之液浸型光學系統，可確保較大有實際效果的像側數值孔徑，且確保較大的有效成像區域。

使用附圖說明本發明之實施形態。圖 1 係概略顯示本發明實施形態之曝光裝置之構成的圖。圖 1 中，將 X 軸及 Y 軸設定成與晶圓 W 平行的方向，將 Z 軸設定成與晶圓 W 正交的方向。更具體而言，將 XY 平面設定成平行於水平面，將 +Z 軸設定成沿著鉛垂方向朝上。

如圖 1 所示，本實施形態之曝光裝置，具備照明光學系統 1，該照明光學系統 1，包含例如曝光光源之 ArF 準分子雷射光源，由光學積分器(等化器)、視野光圈、聚光透鏡等構成。由從光源射出之波長 193nm 之紫外脈衝光構成的曝光用光(曝光束)IL，通過照明光學系統 1，照明標線片(光罩)R。在標線片 R 形成待轉印圖案，照明沿著 X 方向有長邊且沿著 Y 方向有短邊的矩形圖案區域。

通過標線片 R 的光，係透過 3 次成像型之反射折射型成像光學系統之液浸型投影光學系統 PL，在塗布光阻之晶圓(感光性基板)W 上之曝光區域(照射區域)以既定縮小倍率形成標線片圖案。亦即，以光學上對應標線片 R 上之矩

形照明區域之方式，在晶圓 W 上之沿著 X 方向有長邊且沿著 Y 方向有短邊的矩形曝光區域形成圖案像。

圖 2 係顯示本實施形態中形成在晶圓上之矩形之曝光區域與光軸之位置關係的圖。如圖 2 所示，於本實施形態，在具有以光軸 AX 為中心之半徑 B 的圓形區域(影像圓)IF 內，在與光軸 AX 於 Y 方向離開軸偏量 A 的位置設定具有所欲大小之矩形曝光區域 ER 。曝光區域 ER 之 X 方向之長度為 LX ， Y 方向之長度為 LY 。雖省略圖示，但在標線片 R 上，對應矩形曝光區域 ER ，在與光軸 AX 於 Y 方向離開對應軸偏量 A 之距離的位置形成具有對應曝光區域 ER 之大小及形狀的矩形照明區域。

標線片 R 在標線片載台 RST 上係保持成平行於 XY 平面，在標線片載台 RST 裝入使標線片 R 在 X 方向、 Y 方向、及旋轉方向微動的機構。標線片載台 RST ，係藉由標線片雷射干涉儀(未圖示)即時測量且控制 X 方向、 Y 方向、及旋轉方向的位置。晶圓 W ，係透過晶圓保持具(未圖示)於 Z 載台 9 上固定成平行於 XY 平面。

又， Z 載台 9，係固定於沿著與投影光學系統 PL 之像面實質上平行之 XY 平面移動的 XY 載台 10 上，控制晶圓 W 之聚焦位置(Z 方向的位置)及傾斜角。 Z 載台 9，係藉由使用設於 Z 載台 9 上之移動鏡 12 之晶圓雷射干涉儀 13，即時測量且控制 X 方向、 Y 方向、及旋轉方向的位置。又， XY 載台 10 係裝載於基座 11 上，控制晶圓 W 之 X 方向、 Y 方向、及旋轉方向。

另一方面，設於本實施形態之曝光裝置之主控制系統 14，係根據標線片雷射干涉儀所測量之測量值，進行標線片 R 之 X 方向、Y 方向、及旋轉方向之位置的調整。亦即，主控制系統 14，將控制訊號傳至裝入標線片載台 RST 的機構，使標線片載台 RST 微動以進行標線片 R 的位置調整。又，主控制系統 14，為了以自動聚焦方式及自動調平方式使晶圓 W 上之表面一致於投影光學系統 PL 的像面，進行晶圓 W 之聚焦位置(Z 方向的位置)及傾斜角的調整。

亦即，主控制系統 14，將控制訊號傳至晶圓載台驅動系統 15，藉由晶圓載台驅動系統 15 驅動 Z 載台 9 以進行晶圓 W 之聚焦位置及傾斜角的調整。再者，主控制系統 14，係根據晶圓雷射干涉儀 13 所測量之測量值，進行晶圓 W 之 X 方向、Y 方向、及旋轉方向之位置的調整。亦即，主控制系統 14，將控制訊號傳至晶圓載台驅動系統 15，藉由晶圓載台驅動系統 15 驅動 XY 載台 10 以進行晶圓 W 之 X 方向、Y 方向、及旋轉方向之位置調整。

在曝光時，使標線片 R 之圖案像一次投影曝光於晶圓 W 上的既定照射區域內。之後，主控制系統 14，將控制訊號傳至晶圓載台驅動系統 15，藉由晶圓載台驅動系統 15 驅動 XY 載台 10 以使晶圓 W 上之另一個照射區域步進移動至曝光位置。如此，藉由步進重複方式，反覆使標線片 R 之圖案像一次曝光於晶圓 W 上的動作。

圖 3 係以示意方式顯示本實施形態之各實施例之邊界透鏡與晶圓之間之構成的圖。如圖 3 所示，於本實施形態，

以液體 L_m 充滿邊界透鏡 L_b 與晶圓 W 之間的光路。邊界透鏡 L_b ，係凸面朝向標線片 R 側且平面朝向晶圓 W 側的正透鏡。如圖 1 所示，於本實施形態，使用供排水機構 21，使液體 L_m 循環於邊界透鏡 L_b 與晶圓 W 之間的光路中。於本實施形態，液體 L_m 係使用可輕易在半導體製造工廠等大量取得的純水(脫離子水)。

為了使液體 L_m 持續充滿投影光學系統 PL 之邊界透鏡 L_b 與晶圓 W 之間的光路中，可使用例如國際公開編號 $WO99/49504$ 號公報所揭示之技術、或日本特開平 10-303114 號公報所揭示之技術等。國際公開編號 $WO99/49504$ 號公報所揭示之技術，係從液體供應裝置透過供應管及排出嘴部將已調整成既定溫度之液體供應成充滿邊界透鏡 L_b 與晶圓 W 之間的光路，從液體供應裝置透過回收管及流入嘴部從晶圓 W 上回收液體。

另一方面，日本特開平 10-303114 號公報所揭示之技術，係將晶圓保持具台構成爲容器狀以收容液體，在其內底部之中央(液體中)藉由真空吸附定位保持晶圓 W 。又，投影光學系統 PL 之鏡筒前端部到達液體中，或邊界透鏡 L_b 之晶圓側之光學面到達液體中。如此，能使作爲浸液之液體以微小流量循環，以防腐、防菌等之效果防止液體變質。又，能防止曝光用光之熱吸收造成的像差變動。

於本實施形態之各實施例之非球面，設垂直於光軸之方向的高度爲 y 、從非球面之頂點之切平面至高度 y 之非球面上之位置之沿著光軸的距離(垂量)爲 z 、頂點曲率半徑

為 r 、圓錐係數為 κ 、 n 次之非球面係數為 C_n 時，係以下述數學式(a)表示。於後述表(1)及(2)，形成為非球面形狀之透鏡面在面編號之右側附加*標記。

$$z = (y^2/r)/[1 + \{1 - (1 + \kappa) \times y^2/r^2\}^{1/2}] + C_4 \times y^4 + C_6 \times y^6 + C_8 \times y^8 + C_{10} \times y^{10} + C_{12} \times y^{12} + C_{14} \times y^{14} + C_{16} \times y^{16} \quad (a)$$

又，於本實施形態之各實施例，投影光學系統 PL，具備用以形成配置在物體面(第 1 面)之標線片 R 圖案之第 1 中間像的第 1 成像系統 G1、根據來自第 1 中間像之光形成標線片圖案之第 2 中間像(第 1 中間像之像、亦即標線片圖案之二次像)的第 2 成像系統 G2、根據來自第 2 中間像之光在配置於像面(第 2 面)之晶圓 W 上形成標線片圖案之最終像(標線片圖案之縮小像)的第 3 成像系統 G3。第 1 成像系統 G1 及第 3 成像系統 G3 皆為折射型光學系統，第 2 成像系統 G2 係由彼此相對向配置之一對凹面反射鏡 CM1 及 CM2 構成的反射型光學系統。

又，各實施例之投影光學系統 PL，第 1 成像系統 G1、第 2 成像系統 G2、及第 3 成像系統 G3，具有例如沿著鉛垂方向直線狀延伸之共通的光軸 AX。亦即，第 1 成像系統 G1、第 2 成像系統 G2、及第 3 成像系統 G3 互相共軸。如此，構成標線片 R、晶圓 W、第 1 成像系統 G1 之所有的光透射構件及構成第 3 成像系統 G3 之所有的光透射構件，係沿著與重力方向正交之面(水平面)互相平行配置。又，於各實施例，投影光學系統 PL 在物體側及像側之雙方構成為大致遠心。

(第 1 實施例)

圖 4 係顯示本實施形態之第 1 實施例之投影光學系統之透鏡構成的圖。圖 4 中，第 1 實施例之投影光學系統 PL 中，第 1 成像系統 G1，從標線片側依序具有平行平板 P1、非球面朝向晶圓側的正透鏡 L11、凸面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L12、凸面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L13、凸面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L14、雙凸透鏡 L15、凸面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L16、凹面朝向標線片側的負彎月面透鏡 L17、非球面朝向晶圓側的透鏡 L18、凹面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L19、凹面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L110、及非球面朝向標線片側的正透鏡 L111。

第 2 成像系統 G2，沿著光之行進往路從光之入射側依序具有非球面形狀之凹面朝向入射側的第 1 凹面反射鏡 CM1、及非球面形狀之凹面朝向入射側的第 2 凹面反射鏡 CM2。亦即，第 2 成像系統 G2，係由彼此相對向配置之一對凹面反射鏡 CM1 及 CM2 構成。

第 3 成像系統 G3，從標線片側(亦即光之入射側)依序具有凸面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L31、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的負彎月面透鏡 L32、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的雙凹透鏡 L33、非球面形狀之凸面朝向晶圓側的正彎月面透鏡 L34、非球面形狀之凹面朝向標線片側的負彎月面透鏡 L35、非球面形狀之凹面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L36、非球面形狀之凸面朝向標線片側的

雙凸透鏡 L37、凹面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L38、雙凸透鏡 L39、用以變更投影光學系統 PL 之數值孔徑的可變孔徑光圈 AS、平面朝向晶圓側的平凸透鏡 L310、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的正彎月面透鏡 L311、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的正彎月面透鏡 L312、及平面朝向晶圓側的平凸透鏡 L313(邊界透鏡 Lb)。

於第 1 實施例，在邊界透鏡 Lb 與晶圓 W 之間之光路，充滿對使用光(曝光用光)之 ArF 準分子雷射光(中心波長 $\lambda = 193.306\text{nm}$)具有 1.4358760 之折射率的純水(Lm)。又，包含邊界透鏡 Lb 之所有光透射構件，係由對使用光之中心波長具有 1.5603261 之折射率的石英(SiO_2)形成。

下述表(1)表示第 1 實施例之投影光學系統 PL 之各要素的值。表(1)之主要各要素， λ 係表示曝光用光之中心波長、 β 係表示投影倍率(整個系統之成像倍率)的大小(絕對值)、NA 係表示像側(晶圓側)數值孔徑、B 係表示晶圓 W 上之影像圓 IF 的半徑(最大像高)、A 係表示曝光區域 ER 的軸偏量、LX 係表示曝光區域 ER 之沿著 X 方向的尺寸(長邊尺寸)、LY 係表示曝光區域 ER 之沿著 Y 方向的尺寸(短邊尺寸)。

又，表(1)之光學元件各要素，面編號係表示沿著光線行進路徑(從物體面(第 1 面)之標線片面至像面(第 2 面)之晶圓面)之從標線片側的面順序、r 係表示各面的曲率半徑(非球面時為頂點曲率半徑：mm)、d 係表示各面的軸上間隔亦即面間隔(mm)、n 係表示對中心波長的折射率。此外，

表(1)之表記，在之後的表(2)亦相同。

表(1)

(主要各要素) $\lambda = 193.306\text{nm}$, $\beta = 1/8$, $NA = 1.3$

$B = 17.5\text{mm}$, $A = 2\text{mm}$, $LX = 16.5\text{mm}$, $LY = 13\text{mm}$

(光學元件各要素)

面編號	r	d	n	光學元件
	(標線片面)	30.000		
1	∞	8.000	1.5603261	(P1)
2	∞	3.000		
3	281.524	44.425	1.5603261	(L11)
4*	6304.702	1.000		
5	535.226	26.268	1.5603261	(L12)
6	2042.624	2.179		
7	514.833	30.178	1.5603261	(L13)
8	8900.237	13.253		
9	176.189	37.760	1.5603261	(L14)
10	316.462	18.609		
11	820.595	21.568	1.5603261	(L15)
12	-1871.727	40.144		
13	244.560	18.612	1.5603261	(L16)
14	2797.080	22.981		
15	-317.081	12.000	1.5603261	(L17)
16	-599.622	1.000		
17	-4345.651	15.000	1.5603261	(L18)

18 *	- 623.618	7.705		
19	- 247.522	20.625	1.5603261	(L19)
20	- 172.529	14.886		
21	- 1200.542	20.000	1.5603261	(L110)
22	- 399.728	1.000		
23 *	- 3380.520	55.000	1.5603261	(L111)
24	- 168.314	44.360		
25 *	282.356	336.278		(CM1)
26 *	- 257.961	20.000		(CM2)
27	177.263	39.207	1.5603261	(L31)
28	250.595	111.529		
29	1627.882	25.000	1.5603261	(L32)
30 *	105.608	50.419		
31	- 341.126	19.720	1.5603261	(L33)
32 *	201.582	31.730		
33	- 487.394	15.000	1.5603261	(L34)
34 *	- 294.551	39.124		
35 *	- 687.854	12.000	1.5603261	(L35)
36	- 1352.245	17.149		
37 *	- 448.801	60.392	1.5603261	(L36)
38	- 178.544	27.466		
39 *	5491.140	40.434	1.5603261	(L37)
40	- 614.606	1.000		
41	- 1456.883	49.774	1.5603261	(L38)

42	- 432.005	3.782		
43	1180.673	40.916	1.5603261	(L39)
44	- 1052.283	5.745		
45	∞	5.746		(AS)
46	315.965	61.491	1.5603261	(L310)
47	∞	17.205		
48	186.588	50.220	1.5603261	(L311)
49 *	472.768	1.000		
50	120.926	47.947	1.5603261	(L312)
51 *	341.002	1.000		
52	84.288	56.172	1.5603261	(L313: Lb)
53	∞	3.000	1.4358760	(Lm)

(晶圓面)

(非球面資料)

4 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 1.773740 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = - 2.712955 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 1.672971 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = - 6.556591 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = 2.646746 \times 10^{-26}$$

$$C_{14} = - 6.172415 \times 10^{-31}$$

$$C_{16} = 7.011000 \times 10^{-36}$$

18 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 1.797982 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = 1.045443 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = - 4.008106 \times 10^{-15}$$

$$C_{10} = 6.521334 \times 10^{-19}$$

$$C_{12} = - 9.961646 \times 10^{-23}$$

$$C_{14} = 1.304304 \times 10^{-26}$$

$$C_{16} = - 8.508240 \times 10^{-31}$$

23 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 2.907195 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 5.489970 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -1.843491 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = 1.450339 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -7.113591 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = 2.188614 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = -3.236499 \times 10^{-34}$$

25 面 : $\kappa = -3.401919 \times 10^{-1}$

$$C_4 = -7.668009 \times 10^{-10}$$

$$C_6 = -5.768256 \times 10^{-15}$$

$$C_8 = -1.235234 \times 10^{-20}$$

$$C_{10} = -3.874191 \times 10^{-26}$$

$$C_{12} = -5.810164 \times 10^{-30}$$

$$C_{14} = 1.060780 \times 10^{-34}$$

$$C_{16} = -7.218893 \times 10^{-40}$$

26 面 : $\kappa = -1.675903 \times 10^{-1}$

$$C_4 = 4.715829 \times 10^{-10}$$

$$C_6 = 6.310549 \times 10^{-15}$$

$$C_8 = 7.059017 \times 10^{-20}$$

$$C_{10} = -3.235909 \times 10^{-25}$$

$$C_{12} = 4.916326 \times 10^{-29}$$

$$C_{14} = -7.266564 \times 10^{-34}$$

$$C_{16} = 8.422170 \times 10^{-39}$$

30 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = -1.232920 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -8.987161 \times 10^{-14}$$

$$C_8 = -1.970289 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = -7.867015 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -3.622728 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = -2.129891 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = -1.902778 \times 10^{-33}$$

32 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 1.115835 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -6.257146 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -6.708189 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 3.414395 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -1.719883 \times 10^{-24}$$

$$C_{14} = 8.297704 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = -9.267285 \times 10^{-33}$$

34 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = -2.499642 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 5.647136 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -4.663736 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 2.495244 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -3.453021 \times 10^{-24}$$

$$C_{14} = 4.123744 \times 10^{-28}$$

$$C_{16} = -2.691373 \times 10^{-32}$$

35 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = -9.311896 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 1.721970 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -3.659506 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 8.942724 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -6.654624 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = 6.941057 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = -2.449999 \times 10^{-33}$$

37 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 4.886924 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = 1.026475 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -4.517936 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -1.590462 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -2.054763 \times 10^{-27}$$

$$C_{14} = 6.198944 \times 10^{-30}$$

$$C_{16} = -2.142254 \times 10^{-34}$$

39 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 4.059477 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = -1.381500 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -8.915583 \times 10^{-19}$$

$$C_{10} = 1.397321 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = -2.183253 \times 10^{-27}$$

$$C_{14} = 0$$

$$C_{16} = 1.435636 \times 10^{-37}$$

49 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 6.613743 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = 3.893491 \times 10^{-15}$$

$$C_8 = -3.733304 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 2.277028 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -2.637163 \times 10^{-26} \quad C_{14} = -1.072989 \times 10^{-30}$$

$$C_{16} = 2.825371 \times 10^{-35}$$

51 面： $\kappa = 0$

$$C_4 = 4.019193 \times 10^{-8} \quad C_6 = 3.323708 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -3.129836 \times 10^{-16} \quad C_{10} = 2.775896 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -2.210986 \times 10^{-24} \quad C_{14} = 1.064010 \times 10^{-28}$$

$$C_{16} = -2.558382 \times 10^{-33}$$

(條件對應值)

$$(1)|M1| = 1.347$$

$$(2)|M2| = 1.133$$

$$(3)|M3| = 0.082$$

圖 5 係顯示第 1 實施例之投影光學系統之球面像差、像面彎曲、歪曲像差的圖。圖 6 係顯示第 1 實施例之投影光學系統之橫像差的圖。像差圖中，NA 係表示投影光學系統 PL 之像側(晶圓側)數值孔徑，Y 係表示像高(mm)。從圖 5 及圖 6 之像差圖可明確得知，於第 1 實施例，儘管確保非常大的像側數值孔徑($NA = 1.3$)及較大且接近正方形之矩形曝光區域 ER($16.5\text{mm} \times 13\text{mm}$)，亦可對波長為 193.306nm 之準分子雷射光良好地修正各像差。

(第 2 實施例)

圖 7 係顯示本實施形態之第 2 實施例之投影光學系統之透鏡構成的圖。圖 7 中，第 2 實施例之投影光學系統 PL 中，第 1 成像系統 G1，從標線片側依序具有平行平板 P1、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的正彎月面透鏡 L11、雙凸

透鏡 L12、雙凸透鏡 L13、雙凸透鏡 L14、凹面朝向標線片側的負彎月面透鏡 L15、凸面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L16、非球面朝向標線片側的正透鏡 L17、雙凹透鏡 L18、凸面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L19、凹面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L110、及非球面形狀之凹面朝向標線片側的彎月面透鏡 L111。

第 2 成像系統 G2，沿著光之行進往路從光之入射側依序具有非球面形狀之凹面朝向入射側的第 1 凹面反射鏡 CM1、及非球面形狀之凹面朝向入射側的第 2 凹面反射鏡 CM2。亦即，第 2 成像系統 G2，係由彼此相對向配置之一對凹面反射鏡 CM1 及 CM2 構成。

第 3 成像系統 G3，從標線片側(亦即光之入射側)依序具有凹面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L31、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的雙凹透鏡 L32、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的雙凹透鏡 L33、非球面形狀之凸面朝向晶圓側的正彎月面透鏡 L34、非球面形狀之凹面朝向標線片側的負彎月面透鏡 L35、非球面形狀之凹面朝向標線片側的正彎月面透鏡 L36、非球面朝向標線片側的正透鏡 L37、雙凸透鏡 L38、雙凸透鏡 L39、用以變更投影光學系統 PL 之數值孔徑的可變孔徑光圈 AS、平面朝向晶圓側的平凸透鏡 L310、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的正彎月面透鏡 L311、非球面形狀之凹面朝向晶圓側的正彎月面透鏡 L312、及平面朝向晶圓側的平凸透鏡 L313(邊界透鏡 Lb)。

第 2 實施例亦與第 1 實施例相同，在邊界透鏡 Lb 與

晶圓 W 之間之光路，充滿對使用光之 ArF 準分子雷射光(中心波長 $\lambda = 193.306\text{nm}$)具有 1.4358760 之折射率的純水(Lm)。又，包含邊界透鏡 Lb 之所有光透射構件，係由對使用光之中心波長具有 1.5603261 之折射率的石英形成。下述表(2)表示第 2 實施例之投影光學系統 PL 之各要素的值。

表(2)

(主要各要素) $\lambda = 193.306\text{nm}$, $\beta = 1/8$, $NA = 1.3$

$B = 17.5\text{mm}$, $A = 2\text{mm}$, $LX = 16.5\text{mm}$, $LY = 13\text{mm}$

(光學元件各要素)

面編號	r	d	n	光學元件
	(標線片面)	30.000		
1	∞	8.000	1.5603261	(P1)
2	∞	3.000		
3	354.118	25.000	1.5603261	(L11)
4*	482.658	21.715		
5	1539.378	39.910	1.5603261	(L12)
6	-512.239	1.000		
7	1224.052	30.443	1.5603261	(L13)
8	-916.651	41.382		
9	1444.324	30.983	1.5603261	(L14)
10	-532.385	72.845		
11	-437.737	17.818	1.5603261	(L15)
12	-300.049	1.000		

13	172.952	19.229	1.5603261	(L16)
14	627.068	6.458		
15 *	865.020	60.101	1.5603261	(L17)
16	- 143.465	1.000		
17	- 213.025	15.000	1.5603261	(L18)
18	4814.255	4.756		
19	867.139	18.000	1.5603261	(L19)
20	13190.353	6.620		
21	- 448.309	26.866	1.5603261	(L110)
22	- 116.198	8.429		
23 *	- 101.161	54.543	1.5603261	(L111)
24	- 196.241	28.437		
25 *	290.405	371.980		(CM1)
26 *	- 269.122	77.166		(CM2)
27	- 771.521	20.720	1.5603261	(L31)
28	- 336.553	4.021		
29	- 303.297	25.000	1.5603261	(L32)
30 *	297.950	84.529		
31	- 382.946	12.000	1.5603261	(L33)
32 *	152.462	43.968		
33	- 606.760	17.628	1.5603261	(L34)
34 *	- 298.594	43.605		
35 *	- 253.854	23.167	1.5603261	(L35)
36	- 319.569	12.332		

37 *	- 488.145	58.760	1.5603261	(L36)
38	- 170.040	19.929		
39 *	- 6353.318	25.000	1.5603261	(L37)
40	- 940.511	1.000		
41	709.837	49.046	1.5603261	(L38)
42	- 777.441	1.000		
43	464.646	49.037	1.5603261	(L39)
44	- 1702.000	1.000		
45	∞	1.000	(AS)	
46	440.106	38.516	1.5603261	(L310)
47	∞	1.000		
48	166.329	48.192	1.5603261	(L311)
49 *	373.829	1.000		
50	156.640	36.083	1.5603261	(L312)
51 *	395.371	1.000		
52	68.768	56.786	1.5603261	(L313:Lb)
53	∞	3.000	1.4358760	(Lm)

(晶圓面)

(非球面資料)

4 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 1.212210 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -3.845009 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 5.119436 \times 10^{-18}$$

$$C_{10} = 6.474790 \times 10^{-23}$$

$$C_{12} = -1.997456 \times 10^{-27}$$

$$C_{14} = 1.323078 \times 10^{-32}$$

$$C_{16} = 0$$

15 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = -3.850630 \times 10^{-7} \quad C_6 = -5.281084 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -2.568295 \times 10^{-15} \quad C_{10} = 1.930263 \times 10^{-18}$$

$$C_{12} = -3.406780 \times 10^{-22} \quad C_{14} = 1.973551 \times 10^{-26}$$

$$C_{16} = 0$$

23 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = 1.329704 \times 10^{-7} \quad C_6 = 1.216643 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 3.346355 \times 10^{-16} \quad C_{10} = 4.147910 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 7.373225 \times 10^{-24} \quad C_{14} = -9.486592 \times 10^{-28}$$

$$C_{16} = 9.606865 \times 10^{-32}$$

25 面 : $\kappa = -2.665106 \times 10^{-1}$

$$C_4 = -1.066975 \times 10^{-10} \quad C_6 = -7.672457 \times 10^{-16}$$

$$C_8 = -5.590667 \times 10^{-21} \quad C_{10} = 6.905673 \times 10^{-27}$$

$$C_{12} = -6.239338 \times 10^{-31} \quad C_{14} = 2.454988 \times 10^{-36}$$

$$C_{16} = 0$$

26 面 : $\kappa = -2.588777 \times 10^{-1}$

$$C_4 = -1.819317 \times 10^{-10} \quad C_6 = -1.486666 \times 10^{-15}$$

$$C_8 = -8.748792 \times 10^{-21} \quad C_{10} = -1.655271 \times 10^{-25}$$

$$C_{12} = 1.120376 \times 10^{-30} \quad C_{14} = -2.083659 \times 10^{-35}$$

$$C_{16} = 0$$

30 面 : $\kappa = 0$

$$C_4 = -1.043858 \times 10^{-7} \quad C_6 = 1.979297 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 8.574530 \times 10^{-18} \quad C_{10} = -6.571971 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = -1.629028 \times 10^{-25} \quad C_{14} = 1.097130 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = 0$$

$$32 \text{ 面} : \kappa = 0$$

$$C_4 = 1.239136 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -7.350385 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -4.464856 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = 2.806543 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = 5.670647 \times 10^{-24}$$

$$C_{14} = -5.859490 \times 10^{-28}$$

$$C_{16} = 1.451485 \times 10^{-32}$$

$$34 \text{ 面} : \kappa = 0$$

$$C_4 = -1.865339 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 1.579588 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 8.017181 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 4.868532 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -4.300977 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = 8.949767 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = -6.012233 \times 10^{-33}$$

$$35 \text{ 面} : \kappa = 0$$

$$C_4 = -8.610510 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -2.359035 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -9.671128 \times 10^{-18}$$

$$C_{10} = -4.677184 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -4.359344 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = 2.838307 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = -2.364090 \times 10^{-33}$$

$$37 \text{ 面} : \kappa = 0$$

$$C_4 = -1.282338 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 1.229961 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -6.809619 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 8.124958 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = 2.350885 \times 10^{-26}$$

$$C_{14} = -1.033414 \times 10^{-30}$$

$$C_{16} = 0$$

$$39 \text{ 面} : \kappa = 0$$

$$C_4 = 3.207823 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = -1.834369 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 7.902094 \times 10^{-19}$$

$$C_{10} = 1.077742 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = -1.743502 \times 10^{-27}$$

$$C_{14} = 0$$

$$C_{16} = 0$$

$$49 \text{ 面} : \kappa = 0$$

$$C_4 = -2.954763 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = 3.113771 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -8.095129 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 6.387662 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -1.436563 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = -1.622621 \times 10^{-30}$$

$$C_{16} = 9.661656 \times 10^{-35}$$

$$51 \text{ 面} : \kappa = 0$$

$$C_4 = 3.487417 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 4.154451 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -3.161584 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = 2.815056 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -2.499851 \times 10^{-24}$$

$$C_{14} = 1.307082 \times 10^{-28}$$

$$C_{16} = -3.703232 \times 10^{-33}$$

(條件對應值)

$$(1) |M1| = 1.386$$

$$(2) |M2| = 1.529$$

$$(3) |M3| = 0.059$$

圖 8 係顯示第 2 實施例之投影光學系統之球面像差、像面彎曲、歪曲像差的圖。圖 9 係顯示第 2 實施例之投影光學系統之橫像差的圖。像差圖中，NA 係表示投影光學系統 PL 之像側(晶圓側)數值孔徑，Y 係表示像高(mm)。從圖 8 及圖 9 之像差圖可明確得知，第 2 實施例亦與第 1 實施例相同，儘管確保非常大的像側數值孔徑($NA = 1.3$)及較大且接近正方形之矩形曝光區域 ER(16.5mm×13mm)，亦可對波長為 193.306nm 之準分子雷射光良好地修正各像差。

於本實施形態之投影光學系統 PL，由於採用液浸型投影光學系統，因此可一邊確保大的像側數值孔徑，一邊確保比較大的有效成像區域。亦即，於各實施例，對中心波長為 193.306nm 之 ArF 準分子雷射光，可確保 1.3 之高像側數值孔徑，且確保 16.5mm×13mm 之矩形有效成像區域，可於例如 16.5mm×13mm 之矩形曝光區域 ER 內以高精度且高產率使電路圖案一次曝光。

此外，於上述實施形態，於 3 次成像型之反射折射型成像光學系統，第 2 成像系統 G2，係由彼此相對向配置之一對凹面反射鏡 CM1 及 CM2 構成。然而，並不限於此，第 2 成像系統 G2 可有各種構成例。例如，第 2 成像系統 G2 亦可構成為具有 2 個反射鏡的光學系統、或具備反射面的光學系統。又，於上述實施形態，在彼此相對向配置之一對凹面反射鏡 CM1 及 CM2 之間之光路未配置透鏡等的折射構件，但亦可在之間之光路配置折射構件。

又，於上述實施形態，將本發明適用於液浸型成像光學系統，但並不限於此，亦可將本發明適用於在像側區域未使用液浸的乾燥型成像光學系統。又，於上述實施形態，第 1 成像系統 G1、第 2 成像系統 G2、及第 3 成像系統 G3 係彼此共軸配置。然而，並不限於此，第 1 成像系統 G1 之光軸、第 2 成像系統 G2 之光軸、及第 3 成像系統 G3 之光軸之配置關係可有各種構成例。

又，如上述實施形態，於液浸型投影光學系統，其數值孔徑 NA 會有超過 1.0 而變大之情形。從以往使用為曝

光用光之隨機偏振光，由於會因偏振效果導致成像性能惡化，因此使用液浸型投影光學系統時，較佳為，以偏振照明來照明作為物體的光罩(標線片)。此時，進行與光罩(標線片)之線寬與線距圖案之線寬圖案之長邊方向一致的直線偏振照明，從光罩(標線片)之圖案射出較多 S 偏振成分(TE 偏振成分)、亦即沿著線寬圖案之長邊方向之偏振方向成分的繞射光即可。

當投影光學系統 PL 與塗布於晶圓 W(基板)之表面的光阻之間充滿液體時，相較於投影光學系統 PL 與塗布於晶圓表面的光阻之間充滿空氣(氣體)之情形，由於有助於對比提昇之 S 偏振成分(TE 偏振成分)之繞射光在光阻表面的透射率高，因此即使投影光學系統之數值孔徑 NA 超過 1.0 時，亦可獲得高成像性能。

又，若將移相光罩與日本特開平 6-188169 號公報所揭示之與線寬圖案之長邊方向一致的斜入射照明法(尤其是偶極照明法)等適當組合，則更有效果。尤其是，直線偏振照明法與偶極照明法的組合，在線寬與線距圖案之周期方向限於既定一方向時、或孔圖案沿著既定一方向密集時有效。例如，併用直線偏振照明法與偶極照明法來照明透射率 6% 之半色調型移相光罩(半間距 45nm 程度之圖案)時，設於照明系統之光瞳面形成偶極之二光束之外切圓所限定之照明 σ 為 0.95、該光瞳面之各光束之半徑為 0.125σ 、投影光學系統 PL 之數值孔徑為 $NA=1.2$ 時，相較於使用隨機偏振光，能使焦點深度(DOF)增加 150nm 程度。

又，直線偏振照明與小 σ 照明法(表示照明系統之數值孔徑 NA_i 與投影光學系統之數值孔徑 NA_p 之比的 σ 值為 0.4 以下的照明法)之組合亦有效。

又，例如以 ArF 準分子雷射光作為曝光用光，使用 1/4 程度之縮小倍率之投影光學系統 PL，使細微線寬與線距圖案(例如 25~50nm 程度之線寬與線距)曝光於基板 P 上時，根據光罩 M 之構造(例如圖案之細微度或銘的厚度)，因波導(Wave guide)效應光罩 M 作用為偏振板，從光罩 M 射出多於降低對比之 P 偏振成分(TM 偏振成分)之繞射光的 S 偏振成分(TE 偏振成分)之繞射光。然而，如本實施形態般使用 1/8 程度之縮小倍率之投影光學系統時，由於在光罩側之數值孔徑 NA 變小，因此可忽視此波導效應的影響。此外，進一步提高晶圓側之數值孔徑 NA 時，較佳為使用上述直線偏振照明，但以隨機偏振光照明光罩 M 亦可獲得高解析性能。

再者，不僅與光罩(標線片)之線寬圖案之長邊方向一致的直線偏振照明(S 偏振照明)，如日本特開平 6-53120 號公報所揭示，在以光軸為中心之圓之切線(周)方向直線偏振之偏振照明法與斜入射照明法的組合亦有效。尤其是，不僅光罩(標線片)之圖案延伸於既定一方向的線寬圖案，延伸於不同方向之複數個線寬圖案混合(周期方向不同之線寬與線距圖案混合)時，同樣地，如日本特開平 6-53120 號公報所揭示，藉由併用在以光軸為中心之圓之切線方向直線偏振之偏振照明法與輪帶照明法，投影光學系

統之數值孔徑 NA 大時亦可獲得高成像性能。

再者，除了上述各種照明法外，將例如日本特開平 4-277612 號公報或日本特開 2001-345245 號公報所揭示之累進焦點曝光法、或使用多波長(例如二波長)之曝光用光而獲得與累進焦點曝光法相同效果的多波長曝光法適用於本發明亦有效。

又，於上述實施形態，接觸液體 Lm 之邊界透鏡，係以對曝光用光之波長具有折射率 1.56 程度的石英玻璃形成，但亦能以具有較石英玻璃為高之折射率的材料形成。此時，作為液體 Lm，亦取代純水而使用具有較純水為高之折射率的介質。

例如，形成邊界透鏡之材料，可使用對使用光之中心波長具有 2.1435 之折射率的鎳鋁石榴石 ([Lutetium Aluminum Garnet]LuAG)、對使用光具有 2.1 之折射率的氧化鎂(MgO)、對使用光具有 2.7 之折射率的氧化鈣(CaO)、對使用光之中心波長具有 1.87 之折射率的尖晶石 ([crystalline magnesium aluminum spinel]MgAl₂O₄)等。又，液體 Lm，可使用對使用光之中心波長具有大於 1.5 之折射率的高折射率液體，此高折射率液體例如可使用碳化氫系的介質(液體)。

於上述實施形態之曝光裝置，以照明裝置照明標線片(光罩)(照明步驟)，使用投影光學系統使形成於光罩之轉印用圖案曝光於感光性基板(曝光步驟)，藉此製造微元件(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 10 之流程圖說明使用本實施形態之曝光裝置在作為感光性基板之晶圓等形成既定電路圖案，以獲得作為微元件之半導體元件時之方法的一例。

首先，於圖 10 之步驟 301，在 1 批量之晶圓上蒸鍍金屬膜。接著，於步驟 302，在該 1 批量之晶圓上之金屬膜上塗布光阻。之後，於步驟 303，使用本實施形態之曝光裝置，使光罩上之圖案像透過投影光學系統依序曝光轉印於該 1 批量之晶圓上之各照射區域。之後，於步驟 304，進行該 1 批量之晶圓上之光阻的顯影後，於步驟 305，在該 1 批量之晶圓上將光阻圖案作為光罩而進行蝕刻，藉此將對應光罩上之圖案的電路圖案形成於各晶圓上之各照射區域。

之後，進一步進行上層之電路圖案的形成等，藉此製造半導體元件等之元件。根據上述半導體元件製造方法，能以高產率製得具有極細微電路圖案的半導體元件。又，於步驟 301~305，在晶圓上蒸鍍金屬，在該金屬膜上塗布光阻，接著進行曝光、顯影、蝕刻之各步驟，但當然地，在該等步驟之前，在晶圓上形成矽之氧化膜後，在該矽之氧化膜上塗布光阻，接著進行曝光、顯影、蝕刻之各步驟亦可。

又，於本實施形態之曝光裝置，可藉由在板(玻璃基板)上形成既定圖案(電路圖案、電極圖案等)，獲得作為微元件之液晶顯示元件。以下，參照圖 11 之流程圖說明此時之方法的一例。圖 11 中，於圖案形成步驟 401，使用本實

施形態之曝光裝置使光罩之圖案轉印曝光於感光性基板(塗布光阻之玻璃基板等)，即進行所謂光微影步驟。藉由此光微影步驟，在感光性基板上形成包含多數電極等之既定圖案。之後，經曝光之基板，係藉由經過顯影步驟、蝕刻步驟、光阻剝離步驟等之各步驟，在基板上形成既定圖案，接著移至濾色器形成步驟 402。

接著，於濾色器形成步驟 402，對應 R(Red)、G(Green)、B(Blue)之 3 個點之組多數排列成陣列狀，或 R、G、B 之 3 條直線之濾色器之組在複數水平掃描線方向排列，形成濾色器。接著，在濾色器形成步驟 402 之後，進行單元組裝步驟 403。於單元組裝步驟 403，使用圖案形成步驟 401 所製得之具有既定圖案的基板、及濾色器形成步驟 402 所製得之濾色器等來組裝液晶面板(液晶單元)。

於單元組裝步驟 403，例如，在圖案形成步驟 401 所製得之具有既定圖案的基板、及濾色器形成步驟 402 所製得之濾色器之間注入液晶，以製造液晶面板(液晶單元)。之後，於模組組裝步驟 404，安裝進行已組裝液晶面板(液晶單元)之顯示動作的電路、背光等各元件以完成液晶顯示元件。根據上述液晶顯示元件之製造方法，能以高產率製得具有極細微電路圖案的液晶顯示元件。

又，於上述實施形態，雖使用 ArF 準分子雷射光源，但並不限於此，亦可使用例如 F₂ 雷射光源等其他適當的光源。然而，使用 F₂ 雷射光作為曝光用光時，液體係使用 F₂ 雷射光可透射之例如氟系油或過氟化聚醚(PFPE)等之氟系

液體。

又，於上述實施形態，本發明雖適用一次曝光型之曝光裝置，但並不限於此，本發明亦可適用一邊使標線片(光罩)及晶圓(感光性基板)相對投影光學系統移動一邊進行掃描曝光之掃描型曝光裝置。又，於上述實施形態，本發明雖適用裝載於曝光裝置之投影光學系統，但並不限於此，本發明亦可適用其他適當之 3 次成像型之反射折射型之成像光學系統。

【圖式簡單說明】

圖 1 係概略顯示本發明實施形態之曝光裝置之構成的圖。

圖 2 係顯示矩形之曝光區域與光軸之位置關係的圖。

圖 3 係以示意方式顯示邊界透鏡與晶圓之間之構成的圖。

圖 4 係顯示第 1 實施例之投影光學系統之透鏡構成的圖。

圖 5 係顯示第 1 實施例之球面像差、像面彎曲、歪曲像差的圖。

圖 6 係顯示第 1 實施例之投影光學系統之橫像差的圖。

圖 7 係顯示第 2 實施例之投影光學系統之透鏡構成的圖。

圖 8 係顯示第 2 實施例之球面像差、像面彎曲、歪曲像差的圖。

圖 9 係顯示第 2 實施例之投影光學系統之橫像差的圖。

圖 10 係製得半導體元件時之方法的流程圖。

圖 11 係製得液晶顯示元件時之方法的流程圖。

【主要元件符號說明】

Lb	邊界透鏡
Lm	液體(純水)
PL	投影光學系統
R	標線片(光罩)
RST	標線片載台
W	晶圓
1	照明光學系統
14	主控制系統
21	供排水機構

五、中文發明摘要：

本發明提供一種例如具有適於一次型曝光裝置之形狀之有效成像區域，且成像倍率之絕對值小之高數值孔徑之反射折射型的成像光學系統。

本發明之成像光學系統，係將第 1 面(R)之像形成於第 2 面(W)，其具備配置於與第 1 面光學共軛之第 1 共軛位置與第 1 面之間的第 1 成像系統(G1)、配置於與第 1 共軛位置光學共軛之第 2 共軛位置與第 1 共軛位置之間的第 2 成像系統(G2)、及配置於第 2 共軛位置與第 2 面之間的第 3 成像系統(G3)。設第 1 成像系統之成像倍率為 M1、第 2 成像系統之成像倍率為 M2、第 3 成像系統之成像倍率為 M3 時，滿足 $0.8 < |M1| < 2$ 、 $0.8 < |M2| < 2$ 、 $0.03 < |M3| < 0.2$ 的條件。

六、英文發明摘要：

(無)

十、申請專利範圍：

1. 一種成像光學系統，係將第 1 面之像形成於第 2 面，其特徵在於，具備：

第 1 成像系統，係配置於與該第 1 面光學共軛之第 1 共軛位置與該第 1 面之間；

第 2 成像系統，係配置於與該第 1 共軛位置光學共軛之第 2 共軛位置與該第 1 共軛位置之間；以及

第 3 成像系統，係配置於該第 2 共軛位置與該第 2 面之間；

設該第 1 成像系統之成像倍率為 $M1$ 、該第 2 成像系統之成像倍率為 $M2$ 、該第 3 成像系統之成像倍率為 $M3$ 時，滿足下述條件：

$$0.8 < |M1| < 2$$

$$0.8 < |M2| < 2$$

$$0.03 < |M3| < 0.2。$$

2. 如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，該第 1 成像系統及該第 3 成像系統，係折射型的光學系統；

該第 2 成像系統，係具備反射面的光學系統。

3. 如申請專利範圍第 2 項之成像光學系統，其中，該第 2 成像系統具有 2 個反射鏡。

4. 如申請專利範圍第 3 項之成像光學系統，其中，該 2 個反射鏡，係彼此相對向配置的一對凹面反射鏡。

5. 如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，能在該成像光學系統與該第 2 面之間之光路充滿液體。

6.如申請專利範圍第 5 項之成像光學系統，其中，將該第 1 面之縮小像形成於該第 2 面。

7.如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，該第 1 成像系統、該第 2 成像系統、及該第 3 成像系統係互相共軸。

8.如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，取代該條件 $0.8 < |M1| < 2$ ，滿足下述條件：

$$0.8 < |M1| < 1.7。$$

9.如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，取代該條件 $0.8 < |M1| < 2$ ，滿足下述條件：

$$0.9 < |M1| < 2。$$

10.如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，取代該條件 $0.8 < |M1| < 2$ ，滿足下述條件：

$$0.9 < |M1| < 1.7。$$

11.如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，取代該條件 $0.8 < |M2| < 2$ ，滿足下述條件：

$$0.8 < |M2| < 1.7。$$

12.如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，取代該條件 $0.8 < |M2| < 2$ ，滿足下述條件：

$$0.9 < |M2| < 2。$$

13.如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，取代該條件 $0.8 < |M2| < 2$ ，滿足下述條件：

$$0.9 < |M2| < 1.7。$$

14.如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，取

代該條件 $0.03 < |M3| < 0.2$ ，滿足下述條件：

$$0.04 < |M3| < 0.16。$$

15.一種曝光裝置，其特徵在於：具備根據來自設定於該第 1 面之既定圖案之光，將該圖案像投影至設定於該第 2 面之感光性基板上之申請專利範圍第 1 至 14 項中任一項之成像光學系統。

16.如申請專利範圍第 15 項之曝光裝置，其中，在該感光性基板靜止之狀態下，使該圖案像一次投影曝光於該感光性基板上。

17.一種元件製造方法，其特徵在於，包含：

曝光步驟，使用申請專利範圍第 15 項之曝光裝置使該既定圖案曝光於該感光性基板；

顯影步驟，使轉印有該圖案之該感光性基板顯影，以在該感光性基板之表面形成對應該圖案之形狀的光罩層；
以及

加工步驟，透過該光罩層加工該感光性基板的表面。

十一、圖式：

如次頁。

代該條件 $0.03 < |M3| < 0.2$ ，滿足下述條件：

$$0.04 < |M3| < 0.16。$$

15.一種曝光裝置，其特徵在於：具備根據來自設定於該第 1 面之既定圖案之光，將該圖案像投影至設定於該第 2 面之感光性基板上之申請專利範圍第 1 至 14 項中任一項之成像光學系統。

16.如申請專利範圍第 15 項之曝光裝置，其中，在該感光性基板靜止之狀態下，使該圖案像一次投影曝光於該感光性基板上。

17.一種元件製造方法，其特徵在於，包含：

曝光步驟，使用申請專利範圍第 15 項之曝光裝置使該既定圖案曝光於該感光性基板；

顯影步驟，使轉印有該圖案之該感光性基板顯影，以在該感光性基板之表面形成對應該圖案之形狀的光罩層；
以及

加工步驟，透過該光罩層加工該感光性基板的表面。

十一、圖式：

如次頁。

圖1

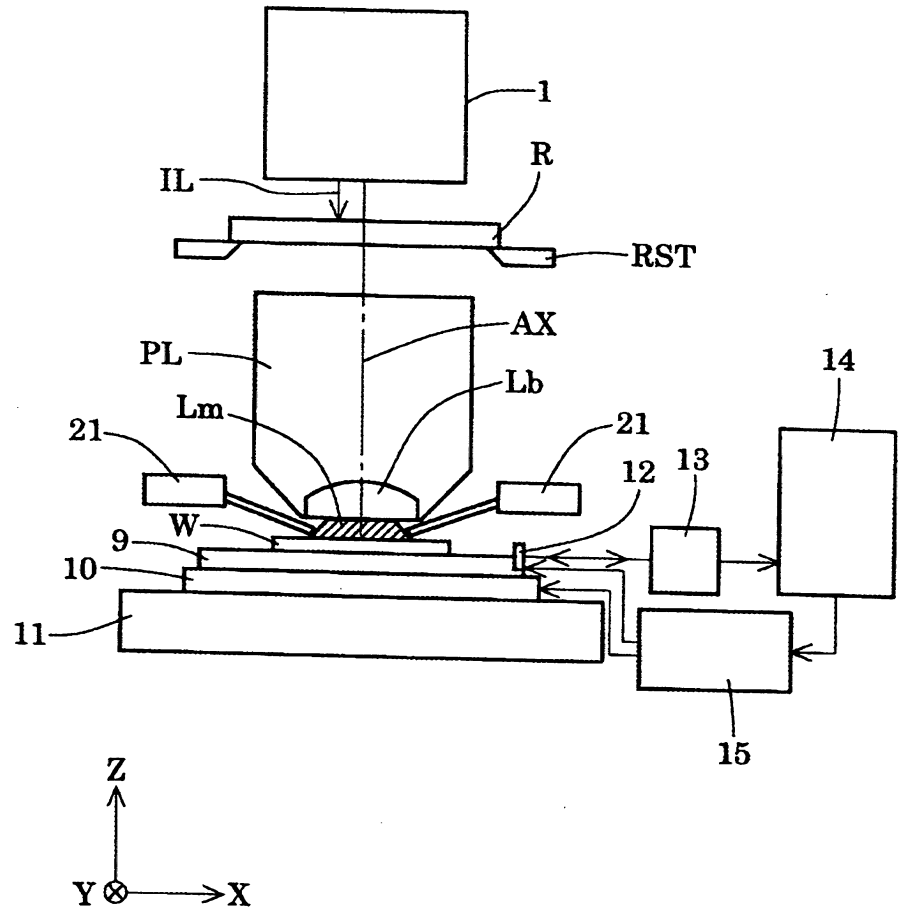


圖2

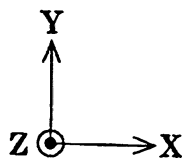
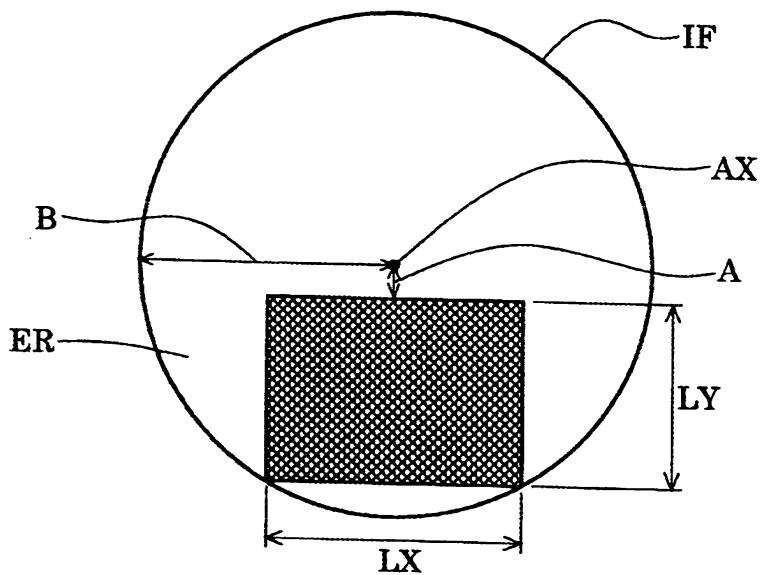


圖3

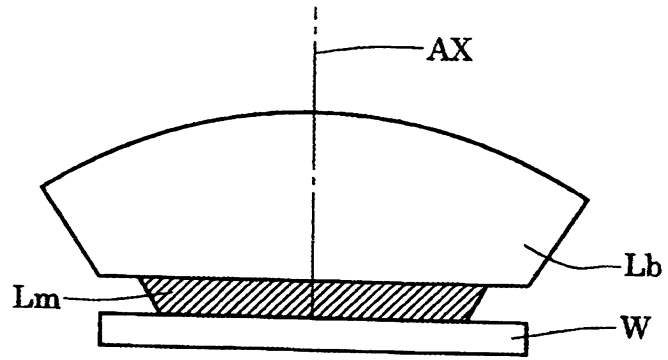


圖4

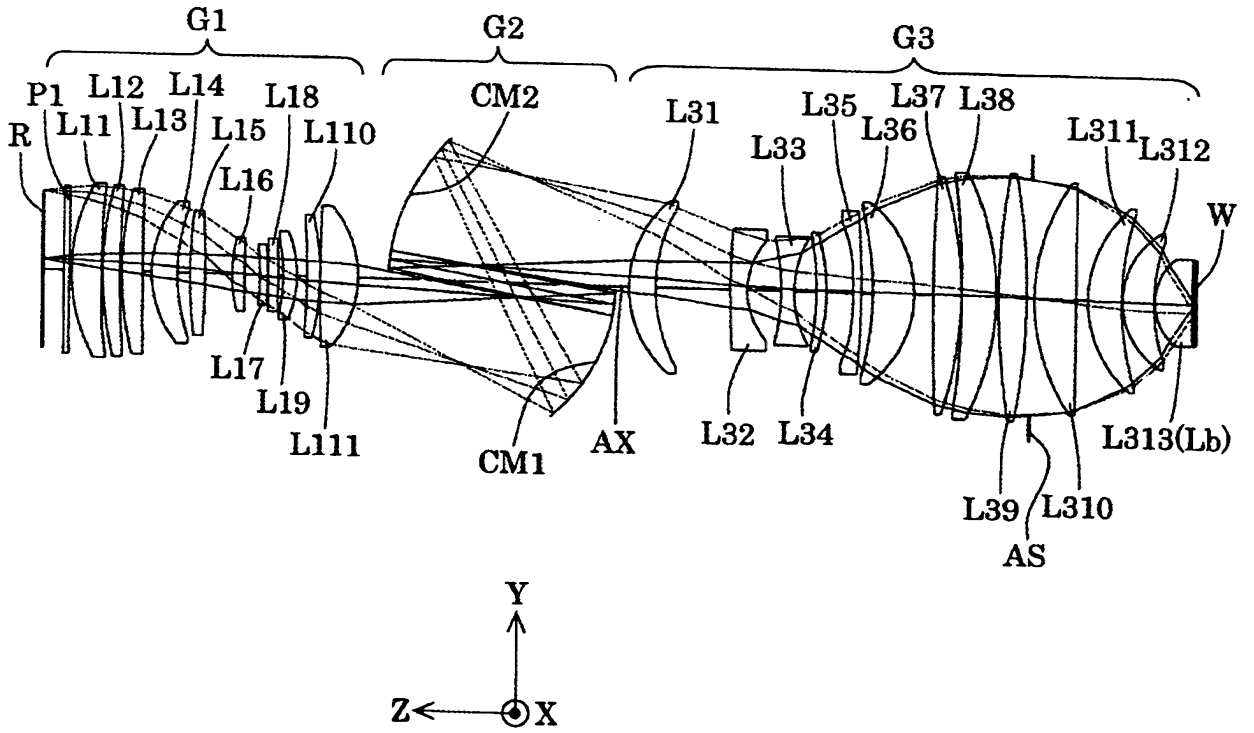


圖5

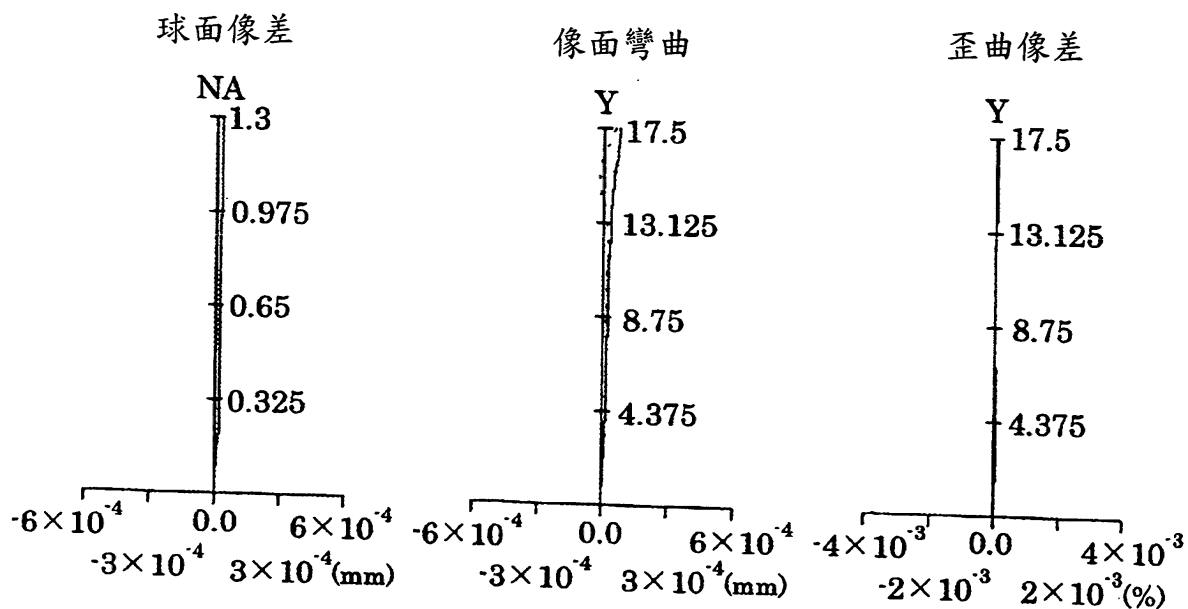


圖6

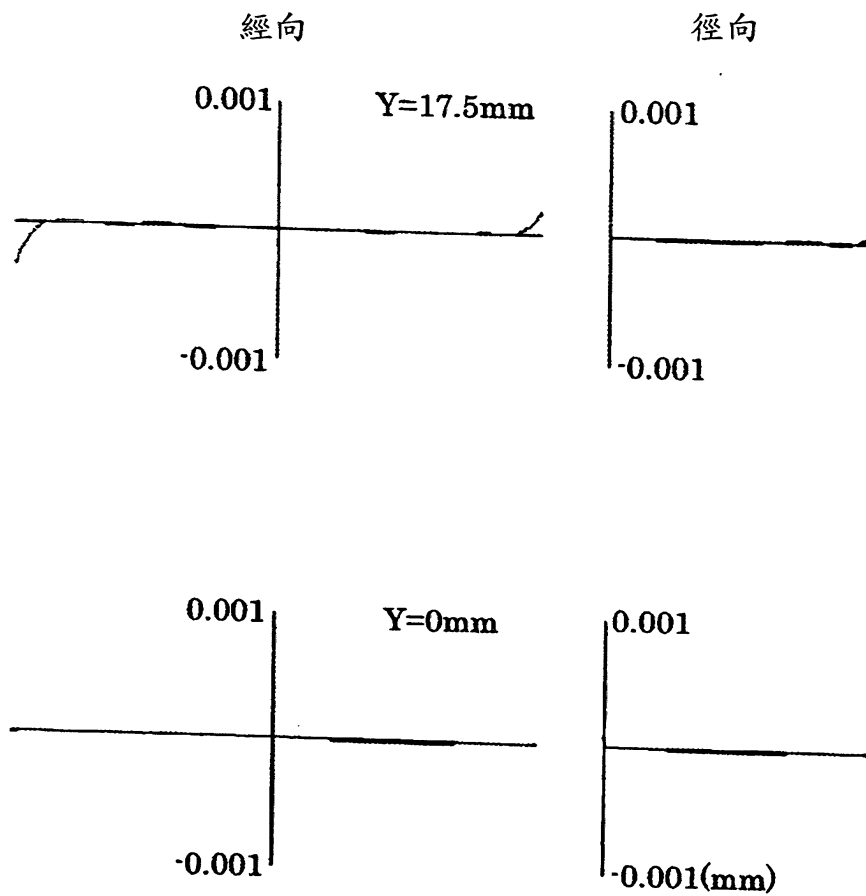


圖7

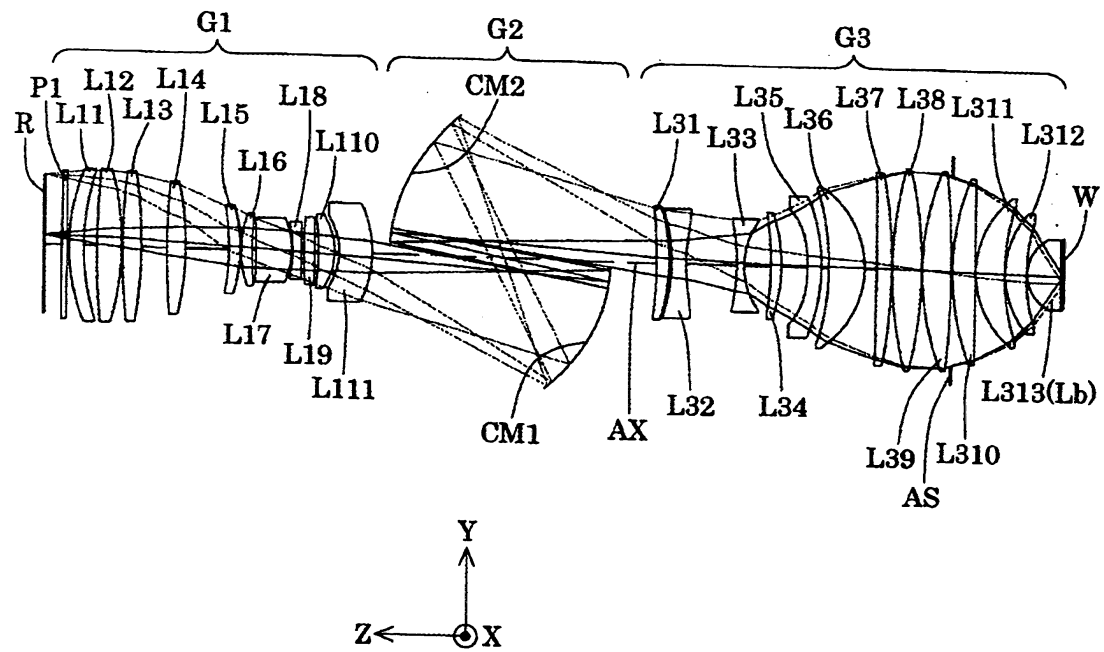


圖8

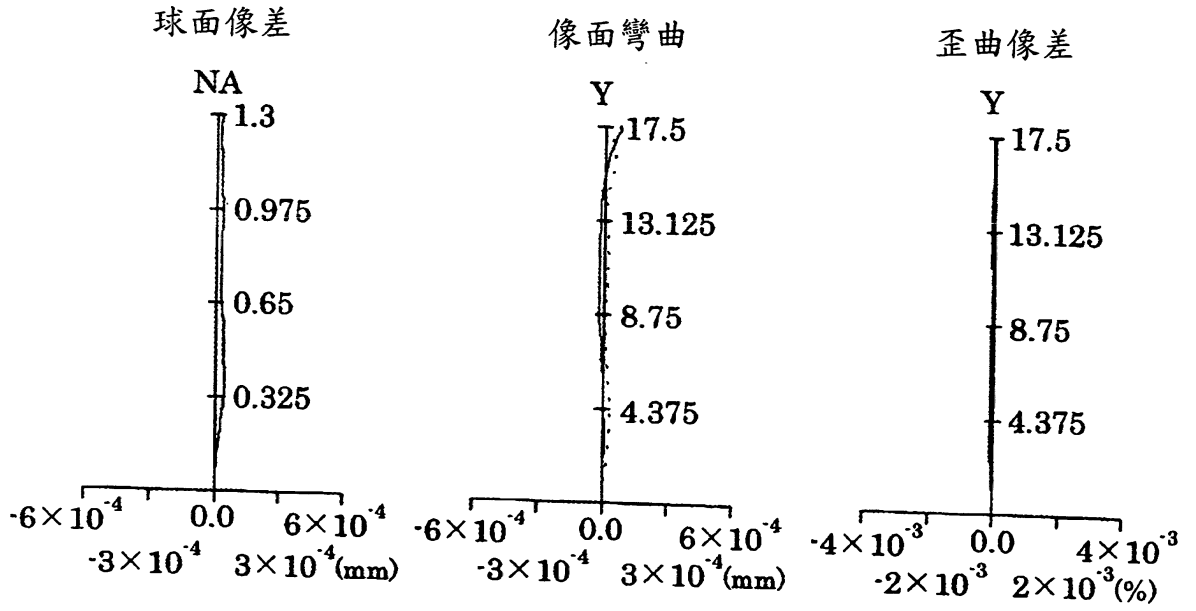


圖9

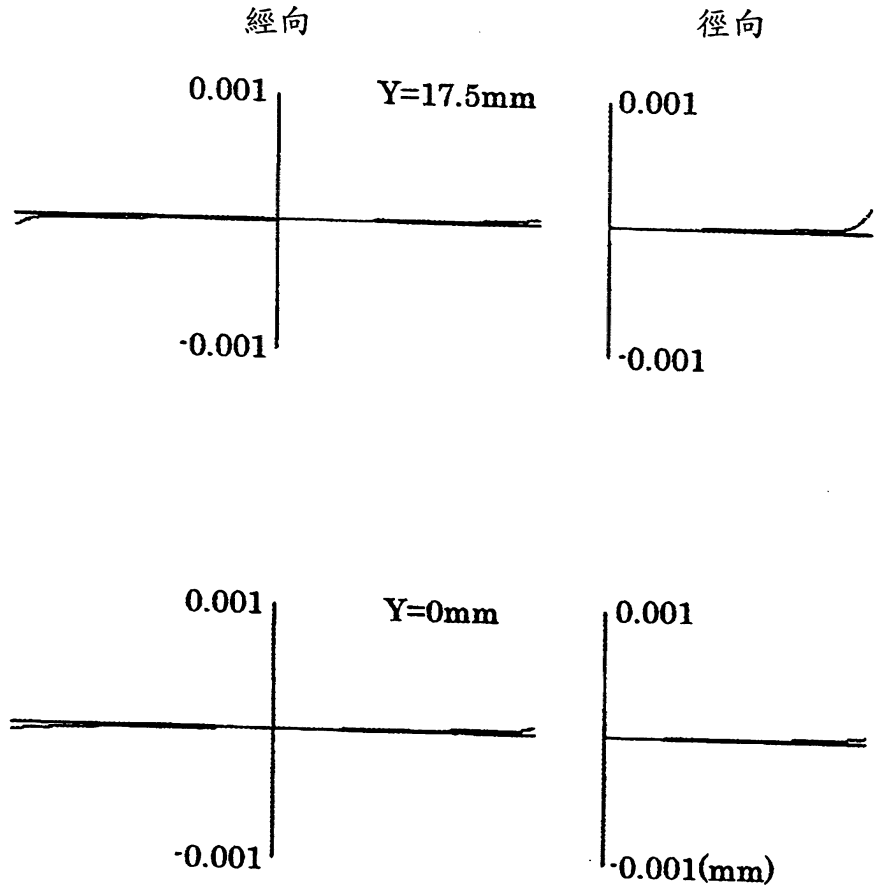


圖10

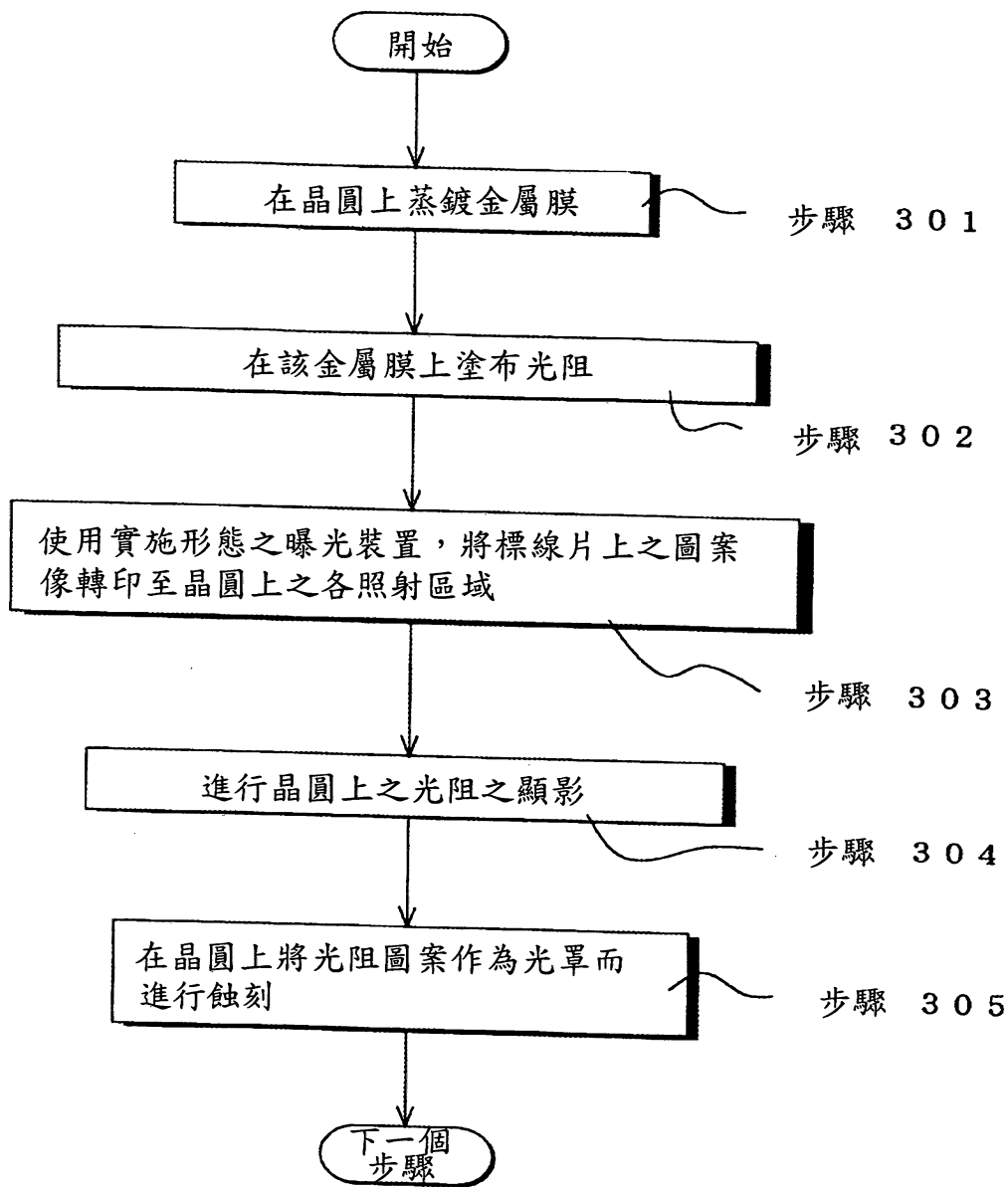
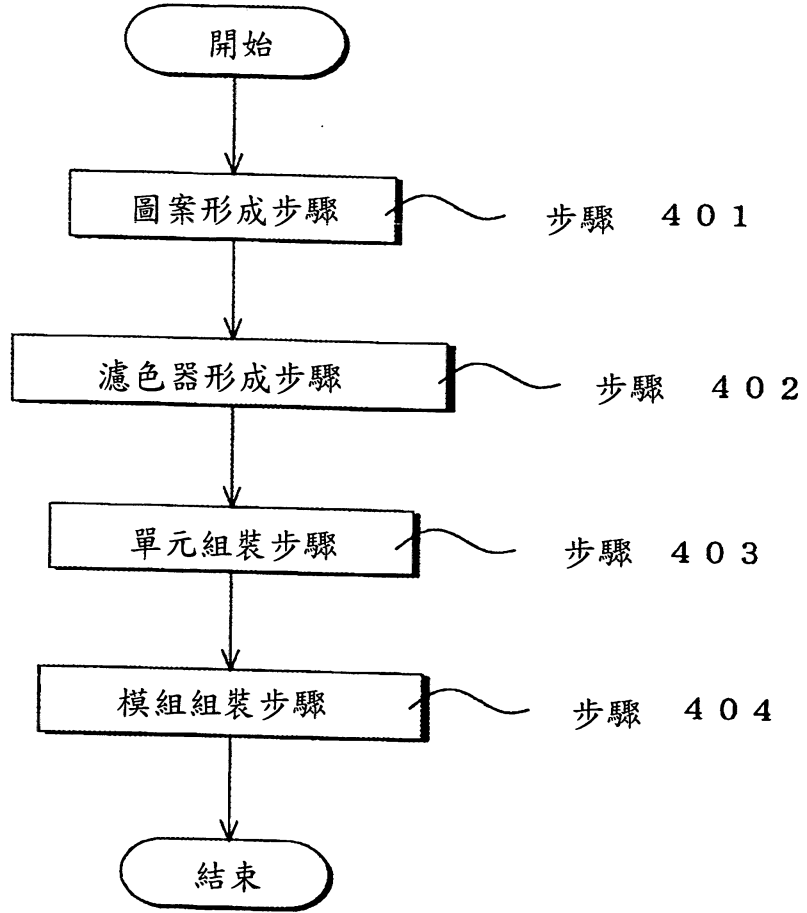


圖11



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

AS 可變孔徑光圈

AX 光軸

CM1 第 1 凹面反射鏡

CM2 第 2 凹面反射鏡

G1 第 1 成像系統

G2 第 2 成像系統

G3 第 3 成像系統

L11, L111 正透鏡

L12, L13, L14, L16, L19, L110 正彎月面透鏡

L15 雙凸透鏡

L17 負彎月面透鏡

L18 透鏡

L31, L34, L36, L38, L311, L312 正彎月面透鏡

L32, L35 負彎月面透鏡

L33 雙凹透鏡

L37, L39 雙凸透鏡

L310, L313 平凸透鏡

Lb 邊界透鏡

P1 平行平面板

R 標線片

W 晶圓

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)