

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：97126818

※ 申請日期：97.7.15

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

G02B 27/26 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

散射量測之折射反射式光學系統

CATADIOPTIC OPTICAL SYSTEM FOR SCATTEROMETRY

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

荷蘭商ASML控股公司

ASML HOLDING N.V.

代表人：(中文/英文)

湯恩 范 赫夫

VAN HOEF, TON

住居所或營業所地址：(中文/英文)

荷蘭維德哈維市魯恩路6501號

DE RUN 6501, NL-5504 DR VELDHoven, THE NETHERLANDS

國 籍：(中文/英文)

荷蘭 THE NETHERLANDS

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 葉伊慈 康斯坦那屈 薛瑪

SHMAREV, YEVGENIY KONSTANTINOVICH

2. 史坦尼斯拉夫 Y 史密諾

SMIRNOV, STANISLAV Y.

3. 艾莉娜 I 波辛斯卡雅

POZHINSKAYA, IRINA I.

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.

2. 俄羅斯 RUSSIA

3. 俄羅斯 RUSSIA

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：

1. 美國；2007年07月18日；11/779,691

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 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】

本發明大體係針對光學系統，且更特定言之，係針對折射反射式光學系統。

【先前技術】

微影裝置為將所要圖案施加至基板或基板之一部分上的機器。微影裝置可用於(例如)平板顯示器、積體電路(IC)及涉及精細結構之其他設備的製造中。在習知裝置中，可被稱作光罩或主光罩之圖案化設備可用以產生對應於IC、平板顯示器或其他設備之個別層的電路圖案。此圖案可藉由成像至提供於基板上之輻射敏感材料(例如，抗蝕劑)層上而轉印至基板(例如，玻璃板、晶圓，等等)之全部或部分上。

圖案化設備可用以產生(例如)IC圖案。圖案化設備可另外或或者用以產生其他圖案，例如，彩色濾光片圖案或點矩陣。代替光罩，圖案化設備可為包含個別可控制元件陣列之圖案化陣列。與基於光罩之系統相比，圖案在該系統中可更快且成本更低地改變。

在圖案化基板之後，通常執行量測及檢測。量測及檢測步驟通常供應兩個目的。第一，需要偵測經顯影抗蝕劑中之圖案有疵點之任何目標區域。若足夠數目之目標區域有疵點，則可藉由對有疵點圖案進行處理步驟(例如，蝕刻)而將經圖案化抗蝕劑剝離開基板且有希望正確地再曝光基板，而非使疵點為永久性的。第二，量測可允許在後續曝

光中偵測及校正微影裝置中之錯誤(例如，照明設定或曝光劑量)。

然而，微影裝置中之許多錯誤不能易於被偵測或自印刷於抗蝕劑中之圖案被量化。疵點之偵測未始終直接導致其原因。因此，已知用於偵測及量測微影裝置中之錯誤的各種離線程序(亦即，除了基板之正常處理以外所執行的程序)。此等程序可涉及以量測設備來替換基板或(例如)在各種不同機器設定下進行特殊測試圖案之曝光。該等離線技術花費時間(通常為大量時間)，從而減少生產時間，且在此期間，裝置之最終產品將具有未知品質，直到使量測結果為可用為止。

已知在線量測及檢測程序(亦即，在基板之正常處理期間所執行的程序)。舉例而言，散射量測為可用於臨界尺寸(CD)及覆蓋之在線量測的光學度量衡技術。存在兩種主要散射量測技術：

(1)光譜散射量測通常使用寬頻帶光源(諸如，氬、氬)或基於鹵素之光源(諸如，氬弧燈)來量測作為波長之函數在固定角度下之經散射光的性質。固定角度可為正入射或斜入射的。

(2)角度解析散射量測通常將雷射用作單一波長光源來量測作為入射角度之函數在固定波長下之經散射光的性質。

使用散射量測來重新建構產生經反射光譜之結構(例如，使用即時回歸或藉由與由模擬所導出之圖案庫比

較)。重新建構涉及成本函數之最小化。兩種方法均藉由週期結構來計算光散射。最普通之技術為嚴密耦合波分析(RCWA)，但亦可藉由諸如有限差分時域(FDTD)或積分方程式技術之其他技術來計算光散射。

然而，已知散射量測計具有若干缺點。舉例而言，習知散射量測計一次僅偵測一波長。結果，必須對具有一個以上波長之光譜進行時間多工，其增加為偵測及處理光譜所花費之總獲取時間。

在給定前述內容的情況下，需要一種可用於微影裝置中之在線量測及檢測的裝置。

【發明內容】

根據本發明之一實施例，提供一種具有高數值孔徑之折射反射式光學系統，其在寬光譜範圍內操作。折射反射式光學系統包括校正板、第一反射表面及第二反射表面。校正板調節電磁輻射以校正至少一像差。第一反射表面經定位以反射由校正板所調節之電磁輻射。第二反射表面經定位以將由第一反射表面所反射之電磁輻射聚焦至基板之目標部分上。由第一反射表面所反射且由第二反射表面所聚焦之電磁輻射未由折射元件折射，藉此使折射反射式光學系統能夠在寬光譜範圍內操作。

以下參看隨附圖式來詳細地描述本發明之另外實施例、特徵及優點，以及本發明之各種實施例的結構及操作。

【實施方式】

併入本文中且形成本說明書之一部分的隨附圖式說明本

發明，且連同描述進一步用以解釋本發明之原理且使熟習相關技術者能夠製造及使用本發明。

I. 引言

本發明提供一種用於散射量測之折射反射式光學系統。在本說明書中，對"一實施例"、"一實例實施例"等等之參考指示所描述之實施例可包括特定特徵、結構或特性，但每一實施例可能未必包括特定特徵、結構或特性。此外，該等短語未必指代相同實施例。另外，當結合實施例來描述特定特徵、結構或特性時，認為：無論是否明確地進行描述，結合其他實施例來實現該特徵、結構或特性均在熟習此項技術者之認識內。

根據本發明之一實施例的折射反射式光學系統包括(i)用以提供高數值孔徑及消色差之鏡面系統，及(ii)用以校正一或多個像差(諸如，彗形像差)之近無焦折射元件。折射反射式光學系統可用作用於臨界尺寸(CD)及覆蓋量測(如(例如)圖4所描繪)之UV可見散射量測計中的特殊物鏡。

特殊物鏡可嵌入於包括對準分支及感測分支兩者之系統中。在該實施例中，對準分支包括嵌入於感測分支之光學設計中的折射元件。折射元件位於由小球面鏡面所視障之容積中。對準分支中之第一表面(或表面群組)具有與感測分支中之凸形反射表面的共同表面(或多個表面)。凸形反射表面可為部分地反射的(諸如，80%反射)，或具有在感測分支與對準分支之間提供光分布的光譜依賴性反射。或者，特殊物鏡可用於僅包括感測分支之系統中。

根據本發明之一或多個實施例之散射量測計的折射反射式光學系統可具有優於習知散射量測計之若干所需特性。舉例而言，該折射反射式光學系統具有極高數值孔徑(諸如，大約0.95)且在寬光譜範圍(諸如，大約200奈米至1000奈米)內操作。此外，該折射反射式光學系統在感測分支中產生低視障(大約14%)且在對準分支中不產生視障。此外，與習知散射量測計相比，該折射反射式光學系統在感測分支中包括較少光學表面，藉此最小化產生於感測分支中之散射及雙重影像。此外，與習知散射量測計相比，該折射反射式光學系統具有較小尺寸及重量。

在提供根據本發明之一或多個實施例之折射反射式光學系統的額外細節之前，首先有幫助的為描述可使用該等折射反射式光學系統之實例微影環境及散射量測系統。

II. 實例微影環境

圖1示意性地描繪本發明之一實施例的微影裝置1。裝置包含照明系統IL、圖案化設備PD、基板台WT及投影系統PS。照明系統(照明器)IL經組態以調節輻射光束B(例如，UV輻射)。

應瞭解，儘管描述係針對微影術，但圖案化設備PD可在不脫離本發明之範疇的情況下形成於顯示器系統中(例如，LCD電視或投影儀中)。因此，可將經投影圖案化光束投影至許多不同類型之物件上，例如，基板、顯示器設備，等等。

基板台WT經建構以支撐基板(例如，塗覆抗蝕劑之基

板)W且連接至經組態以根據某些參數來精確地定位基板之定位器PW。

投影系統(例如，折射投影透鏡系統)PS經組態以將由個別可控制元件陣列所調變之輻射光束投影至基板W之目標部分C(例如，包含一或多個晶粒)上。本文所使用之術語"投影系統"應被廣泛地解釋為涵蓋任何類型之投影系統，包括折射、反射、折射反射、磁性、電磁及靜電光學系統或其任何組合，其適合於所使用之曝光輻射，或適合於諸如浸沒液體之使用或真空之使用的其他因素。可認為本文對術語"投影透鏡"之任何使用均與更通用之術語"投影系統"同義。

照明系統可包括用於引導、成形或控制輻射之各種類型的光學組件，諸如，折射、反射、磁性、電磁、靜電或其他類型之光學組件，或其任何組合。

圖案化設備PD(例如，主光罩或光罩或個別可控制元件陣列)調變光束。一般而言，個別可控制元件陣列之位置將相對於投影系統PS而固定。然而，其實情為可連接至經組態以根據某些參數來精確地定位個別可控制元件陣列之定位器。

本文所使用之術語"圖案化設備"或"對比設備"應被廣泛地解釋為指代可用以調變輻射光束之橫截面以便在基板之目標部分中形成圖案的任何設備。設備可為靜態圖案化設備(例如，光罩或主光罩)或動態(例如，可程式化元件陣列)圖案化設備。出於簡潔起見，大部分描述將依據動態

圖案化設備，然而，應瞭解，在不脫離本發明之範疇的情況下，亦可使用靜態圖案化設備。

應注意，例如，若被賦予至輻射光束之圖案包括相移特徵或所謂的輔助特徵，則該圖案可能不會精確地對應於基板之目標部分中的所要圖案。類似地，最終產生於基板上之圖案可能不會對應於在任一瞬間形成於個別可控制元件陣列上之圖案。此可為以下配置中之情況：其中在個別可控制元件陣列上之圖案及/或基板之相對位置改變之給定時間週期或給定數目之曝光內建置形成於基板之每一部分上的最終圖案。

通常，形成於基板之目標部分上的圖案將對應於形成於目標部分中之設備(諸如，積體電路或平板顯示器)中的特定功能層(例如，平板顯示器中之彩色濾光片層或平板顯示器中之薄膜電晶體層)。該等圖案化設備之實例包括主光罩、可程式化鏡面陣列、雷射二極體陣列、發光二極體陣列、光柵光閥，及LCD陣列。

圖案借助於電子構件(例如，電腦)而可程式化之圖案化設備(諸如，包含複數個可程式化元件(例如，在前句中所提及之除了主光罩以外的所有設備)之圖案化設備)在本文中共同地被稱作"對比設備"。圖案化設備包含至少10個、至少100個、至少1,000個、至少10,000個、至少100,000個、至少1,000,000個或至少10,000,000個可程式化元件。

可程式化鏡面陣列可包含具有黏彈性控制層之矩陣可定址表面及反射表面。該裝置所隱含之基本原理為：反射表

面之經定址區域將入射光反射為繞射光，而未經定址區域將入射光反射為非繞射光。可使用適當空間濾光片而將非繞射光濾出經反射光束，從而僅使得繞射光到達基板。以此方式，光束根據矩陣可定址表面之定址圖案而變得圖案化。

應瞭解，作為替代例，濾光片可濾出繞射光，從而使得非繞射光到達基板。

繞射光學MEMS設備(微機電系統設備)陣列亦可以對應方式來使用。在一實例中，繞射光學MEMS設備包含複數個反射帶，反射帶可相對於彼此而變形以形成將入射光反射為繞射光之光柵。

可程式化鏡面陣列之另一替代實例使用微小鏡面之矩陣配置，其中每一鏡面可藉由施加適當區域化電場或藉由使用壓電致動構件而圍繞軸線個別地傾斜。再次，鏡面為矩陣可定址的，使得經定址鏡面在與未經定址鏡面不同之方向上反射入射輻射光束；以此方式，可根據矩陣可定址鏡面之定址圖案來圖案化經反射光束。可使用適當電子構件來執行所需矩陣定址。

另一實例圖案化設備為可程式化LCD陣列。

微影裝置可包含一或多個對比設備。舉例而言，其可具有複數個個別可控制元件陣列，每一者彼此獨立地經控制。在該配置中，個別可控制元件陣列中之一些或全部可具有共同照明系統(或照明系統之一部分)、個別可控制元件陣列之共同支撐結構及/或共同投影系統(或投影系統之

一部分)中的至少一者。

在一實例(諸如，圖1所描繪之實施例)中，基板W具有大體上圓形形狀，視需要，沿其周邊之一部分具有凹口及/或平整邊緣。在另一實例中，基板具有多邊形形狀(例如，矩形形狀)。

基板具有大體上圓形形狀之實例包括以下實例：其中基板具有為至少25 mm、至少50 mm、至少75 mm、至少100 mm、至少125 mm、至少150 mm、至少175 mm、至少200 mm、至少250 mm或至少300 mm之直徑。或者，基板具有為至多500 mm、至多400 mm、至多350 mm、至多300 mm、至多250 mm、至多200 mm、至多150 mm、至多100 mm或至多75 mm之直徑。

基板為多邊形(例如，矩形)之實例包括以下實例：其中基板之至少一側、至少兩側或至少三側具有為至少5 cm、至少25 cm、至少50 cm、至少100 cm、至少150 cm、至少200 cm或至少250 cm之長度。

基板之至少一側具有為至多1000 cm、至多750 cm、至多500 cm、至多350 cm、至多250 cm、至多150 cm或至多75 cm之長度。

在一實例中，基板W為晶圓(例如，半導體晶圓)。晶圓材料可選自由Si、SiGe、SiGeC、SiC、Ge、GaAs、InP及InAs組成之群組。晶圓可為：III/V化合物半導體晶圓、矽晶圓、陶瓷基板、玻璃基板或塑膠基板。基板可為透明的(對於人類肉眼而言)、彩色的或無色的。

基板之厚度可變化，且在一定程度上，可視基板材料及/或基板尺寸而定。厚度可為至少 50 μm 、至少 100 μm 、至少 200 μm 、至少 300 μm 、至少 400 μm 、至少 500 μm 或至少 600 μm 。或者，基板之厚度可為至多 5000 μm 、至多 3500 μm 、至多 2500 μm 、至多 1750 μm 、至多 1250 μm 、至多 1000 μm 、至多 800 μm 、至多 600 μm 、至多 500 μm 、至多 400 μm 或至多 300 μm 。

可在曝光之前或之後在(例如)軌道(通常將抗蝕劑層施加至基板且顯影經曝光抗蝕劑之工具)、度量衡工具及/或檢測工具中處理本文所提及之基板。在一實例中，抗蝕劑層提供於基板上。

投影系統可將圖案成像於個別可控制元件陣列上，使得圖案相干地形成於基板上。或者，投影系統可成像次級源，對於次級源而言，個別可控制元件陣列之元件擔當擋板。在此方面，投影系統可包含諸如微透鏡陣列(被稱作 MLA)或費涅(Fresnel)透鏡陣列之聚焦元件陣列，以形成次級源且將光點成像至基板上。聚焦元件陣列(例如，MLA)包含至少 10 個聚焦元件、至少 100 個聚焦元件、至少 1,000 個聚焦元件、至少 10,000 個聚焦元件、至少 100,000 個聚焦元件或至少 1,000,000 個聚焦元件。

圖案化設備中之個別可控制元件的數目等於或大於聚焦元件陣列中之聚焦元件的數目。聚焦元件陣列中之聚焦元件中的一或多者(例如，1,000 個或更多、大多數或每一者)可與個別可控制元件陣列中之個別可控制元件中的一或多

者(與個別可控制元件陣列中之個別可控制元件中的2者或2者以上、3者或3者以上、5者或5者以上、10者或10者以上、20者或20者以上、25者或25者以上、35者或35者以上或50者或50者以上)光學地相關聯。

MLA可至少在至及遠離基板之方向上為可移動的(例如,藉由使用一或多個致動器)。能夠將MLA移動至及遠離基板會允許(例如)在不必移動基板的情況下進行聚焦調整。

如本文在圖1及圖2中所描繪,裝置為反射類型(例如,使用反射個別可控制元件陣列)。或者,裝置可為透射類型(例如,使用透射個別可控制元件陣列)。

微影裝置可為具有兩個(雙平台)或兩個以上基板台之類型。在該等"多平台"機器中,可並行地使用額外台,或可在一或多個台上進行預備步驟,同時將一或多個其他台用於曝光。

微影裝置亦可為如下類型:其中基板之至少一部分可由具有相對較高折射率之"浸沒液體"(例如,水)覆蓋,以便填充投影系統與基板之間的空間。亦可將浸沒液體施加至微影裝置中之其他空間,例如,圖案化設備與投影系統之間。浸沒技術在此項技術中被熟知用於增加投影系統之數值孔徑。如本文所使用之術語"浸沒"不意謂諸如基板之結構必須浸漬於液體中,而是僅意謂液體在曝光期間位於投影系統與基板之間。

再次參看圖1,照明器IL自輻射源SO接收輻射光束。輻

射源提供具有為至少 5 nm、至少 10 nm、至少 11-13 nm、至少 50 nm、至少 100 nm、至少 150 nm、至少 175 nm、至少 200 nm、至少 250 nm、至少 275 nm、至少 300 nm、至少 325 nm、至少 350 nm 或至少 360 nm 之波長的輻射。或者，由輻射源 SO 所提供之輻射具有為至多 450 nm、至多 425 nm、至多 375 nm、至多 360 nm、至多 325 nm、至多 275 nm、至多 250 nm、至多 225 nm、至多 200 nm 或至多 175 nm 之波長。輻射可具有包括 436 nm、405 nm、365 nm、355 nm、248 nm、193 nm、157 nm 及 / 或 126 nm 之波長。

舉例而言，當輻射源為準分子雷射時，輻射源與微影裝置可為單獨實體。在該等情況下，不認為輻射源形成微影裝置之一部分，且輻射光束借助於包含(例如)適當引導鏡面及 / 或光束放大器之光束傳送系統 BD 而自輻射源 SO 傳遞至照明器 IL。在其他情況下，例如，當輻射源為汞燈時，輻射源可為微影裝置之整體部分。輻射源 SO 及照明器 IL 連同光束傳送系統 BD(在需要時)可被稱作輻射系統。

照明器 IL 可包含用於調整輻射光束之角強度分布的調整器 AD。通常，可調整照明器之光瞳平面中之強度分布的至少外部徑向範圍及 / 或內部徑向範圍(通常分別被稱作 σ 外部及 σ 內部)。此外，照明器 IL 可包含各種其他組件，諸如，積光器 IN 及聚光器 CO。照明器可用以調節輻射光束以在其橫截面中具有所要均一性及強度分布。照明器 IL 或與其相關聯之額外組件亦可經配置以將輻射光束劃分成複數個子光束，子光束可(例如)各自與個別可控制元件陣列

中之個別可控制元件中的一者或複數者相關聯。二維繞射光柵可(例如)用以將輻射光束劃分成子光束。在本描述中，術語"輻射光束"涵蓋(但不限於)光束包含複數個該等輻射子光束之情境。

輻射光束B入射於圖案化設備PD(例如，個別可控制元件陣列)上且由圖案化設備調變。在由圖案化設備PD反射後，輻射光束B穿過投影系統PS，投影系統PS將光束聚焦至基板W之目標部分C上。借助於定位器PW及位置感測器IF2(例如，干涉量測設備、線性編碼器、電容性感測器或其類似物)，基板台WT可精確地移動，例如，以便在輻射光束B之路徑中定位不同目標部分C。在使用時，用於個別可控制元件陣列之定位構件可用以(例如)在掃描期間精確地校正圖案化設備PD相對於光束B之路徑的位置。

在一實例中，基板台WT之移動係借助於未在圖1中被明確地描繪之長衝程模組(粗略定位)及短衝程模組(精細定位)來實現。在另一實例中，短衝程平台可能不存在。類似系統亦可用以定位個別可控制元件陣列。應瞭解，光束B可或者/另外為可移動的，而載物台及/或個別可控制元件陣列可具有固定位置以提供所需相對移動。該配置可有助於限制裝置之尺寸。作為另一替代例(其可(例如)適用於平板顯示器之製造中)，基板台WT及投影系統PS之位置可為固定的，且基板W可經配置以相對於基板台WT而移動。舉例而言，基板台WT可具備用於以大體上恆定速度而跨越基板W對其進行掃描之系統。

如圖 1 所示，可藉由經組態成使得輻射最初由光束分光器反射且引導至圖案化設備 PD 之光束分光器 BS 而將輻射光束 B 引導至圖案化設備 PD。應認識到，輻射光束 B 亦可引導於圖案化設備處，而不使用光束分光器。輻射光束可在 0° 與 90° 之間、 5° 與 85° 之間、 15° 與 75° 之間、 25° 與 65° 之間或 35° 與 55° 之間的角度下引導於圖案化設備處(圖 1 所示之實施例為在 90° 角度下)。圖案化設備 PD 調變輻射光束 B 且將其反射回至光束分光器 BS，光束分光器 BS 將經調變光束透射至投影系統 PS。然而，應瞭解，可使用替代配置以將輻射光束 B 引導至圖案化設備 PD 且隨後引導至投影系統 PS。詳言之，若使用透射圖案化設備，則可能不需要諸如圖 1 所示之配置。

所描繪裝置可用於若干模式中：

1. 在步進模式中，在將被賦予至輻射光束之整個圖案一次性投影至目標部分 C 上時，使個別可控制元件陣列及基板保持基本上靜止(亦即，單次靜態曝光)。接著，使基板台 WT 在 X 及 / 或 Y 方向上移位，使得可曝光不同目標部分 C。在步進模式中，曝光場之最大尺寸限制單次靜態曝光中所成像之目標部分 C 的尺寸。

2. 在掃描模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分 C 上時，同步地掃描個別可控制元件陣列及基板(亦即，單次動態曝光)。可藉由投影系統 PS 之放大率(縮小率)及影像反轉特性來判定基板相對於個別可控制元件陣列之速度及方向。在掃描模式中，曝光場之最大尺寸限制

單次動態曝光中之目標部分的寬度(在非掃描方向上)，而掃描運動之長度判定目標部分之高度(在掃描方向上)。

3.在脈衝模式中，使個別可控制元件陣列保持基本上靜止，且使用脈衝式輻射源而將整個圖案投影至基板W之目標部分C上。使基板台WT以基本上恆定速度而移動，使得導致光束B跨越基板W而掃描一行。在輻射系統之脈衝之間根據需要而更新個別可控制元件陣列上之圖案，且計時脈衝，使得在基板W上之所需位置處曝光順次目標部分C。因此，光束B可跨越基板W而掃描以曝光用於基板之條帶的完整圖案。重複過程，直到已逐行曝光完整基板W為止。

4.除了以大體上恆定速度而相對於經調變輻射光束B來掃描基板W且在光束B跨越基板W而掃描且對其曝光時更新個別可控制元件陣列上之圖案以外，連續掃描模式與脈衝模式基本上相同。可使用經同步於個別可控制元件陣列上之圖案之更新的大體上恆定輻射源或脈衝式輻射源。

5.在可使用圖2之微影裝置所執行之像素柵格成像模式中，形成於基板W上之圖案係藉由光點產生器所形成之光點的後續曝光來實現，光點被引導至圖案化設備PD上。經曝光光點具有大體上相同形狀。在基板W上，光點印刷於大體上一柵格中。在一實例中，光點尺寸大於經印刷像素柵格之間距，但遠小於曝光光點柵格。藉由變化經印刷之光點的強度而實現圖案。在曝光快閃之間，光點上之強度分布變化。

亦可使用對以上所描述之使用模式之組合及/或變化或完全不同的使用模式。

圖13描繪根據本發明之另一實施例的微影裝置。類似於以上之圖1及圖2，圖13之裝置包含照明系統IL、支撐結構MT、基板台WT及投影系統。

照明系統IL經組態以調節輻射光束B(例如，如由汞弧燈所提供之UV輻射光束，或由KrF準分子雷射或ArF準分子雷射所產生之DUV輻射光束)。

支撐結構(例如，光罩台)MT經建構以支撐具有光罩圖案MP之圖案化設備(例如，光罩)MA且連接至經組態以根據某些參數來精確地定位圖案化設備之第一定位器PM。

基板台(例如，晶圓台)WT經建構以固持基板(例如，塗覆抗蝕劑之晶圓)W且連接至經組態以根據某些參數來精確地定位基板之第二定位器PW。

投影系統(例如，折射投影透鏡系統)PS經組態以將由圖案化設備MA之圖案MP賦予至輻射光束B的圖案投影至基板W之目標部分C(例如，包含一或多個晶粒)上。

照明系統IL可包括用於引導、成形或控制輻射之各種類型的光學組件，諸如，折射、反射及繞射類型之光學組件，或其任何組合。

支撐結構MT支撐(亦即，承載)圖案化設備MA。支撐結構MT以視圖案化設備MA之定向、微影裝置之設計及其他條件(諸如，圖案化設備MA是否固持於真空環境中)而定的方式來固持圖案化設備MA。支撐結構MT可為(例如)框架

或台，其可根據需要而為固定或可移動的。支撐結構MT可確保圖案化設備MA(例如)相對於投影系統PA而處於所要位置。可認為本文對術語"主光罩"或"光罩"之任何使用均與更通用之術語"圖案化設備"同義。

如以上所述，本文所使用之術語"圖案化設備"應被廣泛地解釋為指代可用以在輻射光束B之橫截面中向輻射光束B賦予圖案以便在基板W之目標部分C中形成圖案的任何設備。應注意，例如，若被賦予至輻射光束B之圖案MP包括相移特徵或所謂的輔助特徵，則該圖案可能不會精確地對應於基板W之目標部分C中的所要圖案。通常，被賦予至輻射光束B之圖案將對應於目標部分C中所形成之設備(諸如，積體電路)中的特定功能層。

參看圖13，照明系統IL自輻射源SO接收輻射光束，諸如，用於提供g行或i行UV輻射之汞弧燈，或用於提供小於約270 nm之波長(諸如，248 nm、193 nm、1137 nm及126 nm)之DUV輻射的準分子雷射。舉例而言，當輻射源SO為準分子雷射時，輻射源SO與微影裝置可為單獨實體。在該等情況下，輻射光束B借助於包含(例如)適當引導鏡面及/或光束放大器之光束傳送系統BD而自輻射源SO傳遞至照明系統IL。在其他情況下，例如，當輻射源SO為汞燈時，輻射源SO可為微影裝置之整體部分。輻射源SO及照明系統IL連同光束傳送系統BD(在需要時)可被稱作輻射系統。

照明系統IL可包含用於在光罩位準下調整輻射光束B之角強度分布的調整器AD。通常，可調整照明系統IL之光

瞳IPU中之強度分布的至少外部徑向範圍及/或內部徑向範圍(通常分別被稱作 σ 外部及 σ 內部)。此外，照明系統IL可包含各種其他組件，諸如，積光器IN及聚光器CO。照明系統IL可用以調節輻射光束B，以在光罩位準下於其橫截面中具有所要均一性及強度分布。

輻射光束B入射於被固持於支撐結構(例如，光罩台MT)上之圖案化設備(例如，光罩MA)上，且根據圖案MP而由圖案化設備MA圖案化。在橫穿光罩MA後，輻射光束B穿過投影系統PS，投影系統PS將光束B聚焦至基板W之目標部分C上。

投影系統具有共軛至照明系統光瞳IPU之光瞳PPU。輻射之部分自照明系統光瞳IPU處之強度分布發出且橫穿光罩圖案而不受光罩圖案處之繞射影響，形成照明系統光瞳IPU處之強度分布的影像。

借助於第二定位器PW及位置感測器IF(例如，干涉量測設備、線性編碼器或電容性感測器)，基板台WT可精確地移動，例如，以便在輻射光束B之路徑中定位不同目標部分C。類似地，第一定位器PM及另一位置感測器(其未在圖13中被明確地描繪)可用以(例如)在自光罩庫之機械擷取之後或在掃描期間相對於輻射光束B之路徑來精確地定位光罩MA。一般而言，可借助於形成第一定位器PM之一部分的長衝程模組(粗略定位)及短衝程模組(精細定位)來實現光罩台MT之移動。類似地，可使用形成第二定位器PW之一部分的長衝程模組及短衝程模組來實現基板台WT之

移動。在步進器(與掃描器相對)之情況下，光罩台MT可僅連接至短衝程致動器，或可為固定的。可使用光罩對準標記M1、M2及基板對準標記P1、P2來對準光罩MA及基板W。儘管如所說明之基板對準標記P1、P2佔用專用目標部分，但其可位於目標部分之間的空間中(此等被稱為切割道對準標記)。類似地，在一個以上晶粒提供於光罩MA上之情境中，光罩對準標記M1及M2可位於該等晶粒之間。

圖13之所描繪裝置可用於以下模式中之至少一者中：

1.在步進模式中，在將被賦予至輻射光束之整個圖案一次性投影至目標部分C上時，使光罩台MT及基板台WT保持基本上靜止(亦即，單次靜態曝光)。接著，使基板台WT在X及/或Y方向上移位，使得可曝光不同目標部分C。在步進模式中，曝光場之最大尺寸限制單次靜態曝光中所成像之目標部分C的尺寸。

2.在掃描模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分C上時，同步地掃描光罩台MT及基板台WT(亦即，單次動態曝光)。可藉由投影系統PS之放大率(縮小率)及影像反轉特性來判定基板台WT相對於光罩台MT之速度及方向。在掃描模式中，曝光場之最大尺寸限制單次動態曝光中之目標部分的寬度(在非掃描方向上)，而掃描運動之長度判定目標部分之高度(在掃描方向上)。

3.在另一模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分C上時，使光罩台MT保持基本上靜止，從而固持可程式化圖案化設備，且移動或掃描基板台WT。在此模

式中，通常使用脈衝式輻射源，且在基板台WT之每一移動之後或在掃描期間的順次輻射脈衝之間根據需要而更新可程式化圖案化設備。此操作模式可易於應用於利用可程式化圖案化設備(諸如，如以上所提及之類型的可程式化鏡面陣列)之無光罩微影術。

亦可使用對以上所描述之使用模式之組合及/或變化或完全不同的使用模式。

在微影術中，將圖案曝光於基板上之抗蝕劑層上。接著，顯影抗蝕劑。隨後，在基板上執行額外處理步驟。此等後續處理步驟對基板之每一部分的效應視抗蝕劑之曝光而定。詳言之，過程經調諧，使得基板之接收高於給定劑量臨限值之輻射劑量的部分不同地回應於基板之接收低於劑量臨限值之輻射劑量的部分。舉例而言，在蝕刻過程中，藉由經顯影抗蝕劑層來保護基板之接收高於臨限值之輻射劑量的區域免於蝕刻。然而，在後曝光顯影中，移除抗蝕劑之接收低於臨限值之輻射劑量的部分，且因此，不保護彼等區域免於蝕刻。因此，可蝕刻所要圖案。詳言之，圖案化設備中之個別可控制元件經設定，使得透射至基板上之圖案特徵內之區域的輻射係在足夠高之強度下，以使得區域在曝光期間接收高於劑量臨限值之輻射劑量。藉由設定對應個別可控制元件以提供零輻射強度或顯著更低輻射強度，基板上之剩餘區域接收低於劑量臨限值之輻射劑量。

實務上，即使設定個別可控制元件以在特徵邊界之一側

上提供最大輻射強度且在另一側上提供最小輻射強度，圖案特徵之邊緣處的輻射劑量亦不會自給定最大劑量突然地改變至零劑量。實情為，歸因於繞射效應，輻射劑量之位準跨越過渡區而下降。由經顯影抗蝕劑最終形成之圖案特徵之邊界的位置係由經接收劑量下降至低於輻射劑量臨限值時之位置判定。可藉由設定將輻射提供至基板上之處於圖案特徵邊界上或附近之點的個別可控制元件來更精確地控制輻射劑量跨越過渡區之下降的剖面且因此更精確地控制圖案特徵邊界之精確位置。此等可不僅針對最大強度位準或最小強度位準，而且針對在最大強度位準與最小強度位準之間的強度位準。此通常被稱作"灰階調整"(grayscale)。

與微影系統中可能提供之控制相比，灰階調整提供圖案特徵邊界之位置的較大控制，在微影系統中，僅可將由給定個別可控制元件提供至基板之輻射強度設定為兩個值(例如，僅僅最大值及最小值)。可將至少3個、至少4個輻射強度值、至少8個輻射強度值、至少16個輻射強度值、至少32個輻射強度值、至少64個輻射強度值、至少128個輻射強度值或至少256個不同輻射強度值投影至基板上。

應瞭解，可出於上文所描述之目的之額外或替代目的而使用灰階調整。舉例而言，可調諧基板在曝光之後的處理，使得視經接收輻射劑量位準而定，存在基板之區域的兩個以上潛在回應。舉例而言，基板之接收低於第一臨限值之輻射劑量的部分以第一方式來回應；基板之接收高於

第一臨限值但低於第二臨限值之輻射劑量的部分以第二方式來回應；且基板之接收高於第二臨限值之輻射劑量的部分以第三方式來回應。因此，灰階調整可用以跨越基板而提供具有兩個以上所要劑量位準之輻射劑量剖面。輻射劑量剖面可具有至少2個所要劑量位準、至少3個所要輻射劑量位準、至少4個所要輻射劑量位準、至少6個所要輻射劑量位準或至少8個所要輻射劑量位準。

應進一步瞭解，可藉由除了如以上所描述藉由僅僅控制在基板上之每一點處所接收之輻射之強度以外的方法來控制輻射劑量剖面。舉例而言，由基板上之每一點所接收之輻射劑量可或者或另外藉由控制點之曝光的持續時間而加以控制。作為另一實例，基板上之每一點可在複數個順次曝光中潛在地接收輻射。因此，由每一點所接收之輻射劑量可或者或另外藉由使用複數個順次曝光之選定子集來曝光點而加以控制。

圖2描繪可用於(例如)平板顯示器之製造中的根據本發明之裝置的配置。對應於圖1所示之組件的組件以相同參考數字來描繪。又，各種實施例之以上描述(例如，基板、對比設備、MLA、輻射光束等等之各種組態)仍適用。

如圖2所示，投影系統PS包括光束放大器，其包含兩個透鏡L1、L2。第一透鏡L1經配置以接收經調變輻射光束B且將其聚焦穿過孔徑光闌AS中之孔徑。另一透鏡AL可位於孔徑中。接著，輻射光束B發散且由第二透鏡L2(例如，

場透鏡)聚焦。

投影系統PS進一步包含經配置以接收經放大之經調變輻射B的透鏡陣列MLA。對應於圖案化設備PD中之個別可控制元件中之一或多者的經調變輻射光束B之不同部分穿過透鏡陣列MLA中之各別不同透鏡ML。每一透鏡將經調變輻射光束B之各別部分聚焦至位於基板W上之點。以此方式，將輻射光點陣列S曝光至基板W上。應瞭解，儘管展示所說明之透鏡陣列14之僅八個透鏡，但透鏡陣列可包含數以千計的透鏡(用作圖案化設備PD之個別可控制元件陣列亦為如此)。

III. 根據本發明之實施例的用於散射量測之實例折射反射式光學系統

根據本發明之一實施例的折射反射式光學系統可用於散射量測系統中以感測或偵測基板表面之性質。

圖3A描繪可判定基板6之表面之一或多個性質的散射量測計。在一實施例中，散射量測計包含將輻射引導至基板6上之輻射源2(例如，寬頻帶(白光)輻射源)。經反射輻射傳遞至感測器4(例如，分光計偵測器)，其量測鏡面經反射輻射之光譜10(為波長之函數的強度)。自此資料，如圖3B及圖3C所示，可(例如)藉由嚴密耦合波分析及非線性回歸或藉由與經模擬光譜庫比較來重新建構產生經偵測光譜之結構或剖面。一般而言，為了重新建構，已知結構之一般形式且自對製造結構之過程的認識來假定某些參數，從而僅留下結構之少數參數以自散射量測資料加以判定。

散射量測計可為正入射散射量測計或斜入射散射量測計。亦可使用散射量測計之變體，其中在單一波長之一角度範圍下量測反射，而非在一波長範圍之單一角度下量測反射。

圖4描繪可感測晶圓490之表面之一或多個性質的散射量測系統400。系統400具有共用折射反射式光學系統480之對準分支及感測分支。為了適當地操作，對準分支與感測分支具有極不同之光學規格，因為對準分支與感測分支使用不同照明源且執行不同功能。重要地，折射反射式光學系統480在對準分支與感測分支兩者之光學規格內適當地起作用。在圖4所描繪之實施例中，折射反射式光學系統480包括光學元件434及物鏡系統470。以下更詳細地描述對準分支、感測分支及折射反射式光學系統480。

對準分支用以將系統400與晶圓490上之特徵對準。對準分支包括提供第一電磁輻射光束之照明源412(諸如，寬頻發光二極體(LED))。在一實例中，第一光束具有在450奈米與600奈米之間的光譜範圍。第一光束穿過光學元件430及432且接著撞擊於光學元件434上。第一光束接著引導穿過物鏡470且聚焦於晶圓490之一部分上。接著，第一光束穿過物鏡470及光學元件434而反射回。光束分光器436將第一光束引導穿過聚焦透鏡450及光束分光器452且接著引導至第一感測器454(例如，電荷耦合設備(CCD))上。由感測器454所提供的晶圓490之影像用以將系統400與晶圓490之特定部分對準。

根據已知散射量測技術(諸如，以上所描述之散射量測技術)，感測分支用以感測或偵測晶圓490之經對準部分上的特徵。感測分支包括提供第二電磁輻射光束之照明源410(諸如，具有干涉濾光片之鎢照明源)。在一實例中，第二光束具有為大約10奈米之頻寬，且在為大約300奈米至800奈米之光譜範圍內。第二光束穿過光學元件420、422、424、430及透鏡432。光學元件434接著將第二光束引導穿過物鏡系統470且引導至晶圓490之經對準部分上。第二光束藉由晶圓490之經對準部分而反射及/或折射且引導回穿過物鏡系統470及光學元件434。第二光束亦穿過光束分光器436、透鏡440、孔徑442及透鏡444，且接著撞擊於第二偵測器446(例如，第二CCD)上。第二偵測器446提供用以偵測晶圓490之表面上之特徵的晶圓490之經對準部分之影像。

如以上所提及，折射反射式光學系統480包括光學元件434及物鏡系統470。折射反射式光學系統480在寬光譜範圍(諸如，約200奈米至1000奈米)內為消色差的。當用於系統400中時，折射反射式光學系統480在感測分支中具有低視障(諸如，根據半徑大約14%)且在對準分支中大體上無視障。其具有更小尺寸及重量且僅具有少數表面，藉此減少散射且消除雙重影像。

圖5描繪根據一實施例之物鏡系統470的細節。如圖5所說明，物鏡系統470包括凸形球面表面520、凹形非球面表面510及透鏡530。球面表面520經調節(例如，塗覆)以導致

其具有(i)來自對準分支之電磁輻射的折射性質及(ii)來自感測分支之電磁輻射的反射性質。亦即，如以下更詳細所描述，凸形球面表面520及透鏡530之折射性質用於對準，而凸形球面表面520及凹形非球面表面510之反射性質用於感測。

出於對準目的，如由晶圓490之雙重影像所描繪，更接近於透鏡530來定位晶圓490。第一電磁輻射光束(用於對準)穿過凹形非球面表面510中之孔、穿過凸形球面表面520，且由透鏡530聚焦至晶圓490上。如以上所描述，第一光束接著反射離開晶圓490且穿過對準分支而至第一CCD 454(未圖示，見圖4)。

出於感測目的，如由晶圓490之固體影像所描繪，更遠離於透鏡530來定位晶圓490。第二電磁輻射光束(用於感測)穿過凹形非球面表面510中之孔、反射離開凸形球面表面520，且撞擊於凹形非球面表面510之反射部分上。凹形非球面表面510之反射部分將第二光束聚焦至晶圓490上。舉例而言，三個實例射線511、513及515經展示為反射離開凸形表面520及凹形非球面表面510且聚焦至晶圓490上。重要地，當用於感測時，物鏡系統470可具有高數值孔徑(諸如，大約0.90或0.95)且不包括任何折射元件。結果，物鏡系統470在寬光譜範圍(諸如，約200奈米至1000奈米)內適當地操作。

因此，光束分光器437、434及物鏡470包含根據本發明之一實施例的可用於散射量測計中之折射反射式光學系

統。以下描述根據本發明之實施例的額外折射反射式光學系統。

根據本發明之一實施例的消色差高數值孔徑折射反射式光學系統包括凸形球面表面及經定位以自凸形球面表面接收電磁輻射之凹形非球面表面。根據以下非球面方程式來設計凸形非球面表面：

$$Z(r) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)c^2r^2}} + Ar^4 + Br^6 + Cr^8 + Dr^{10} + Er^{12} + Fr^{14} + Gr^{16} + Hr^{18} + Jr^{20} \quad (\text{方程式 1})$$

其中：

$$r^2 = x^2 + y^2;$$

c 為表面之極點處的曲率；

K 為二次曲線常數；且

A 至 J 為第4至第20階變形項。

存在用於設計如(例如)圖6至圖9及圖12所說明之折射反射式光學系統的若干實施例。在圖6至圖9及圖12所描繪之實施例中之每一者中，將來自照明器之經準直電磁輻射聚焦至基板(例如，晶圓)上之小光點(諸如，大約10微米)上。每一實施例均可用於散射量測，且每一實施例均具有極寬數值孔徑(諸如，為大約0.95之數值孔徑)且在寬光譜範圍(諸如，約200奈米至1000奈米)內操作。如圖6至圖9及圖12所示，每一實施例在凹形非球面表面之前均包括校正板。以下更詳細地描述此等實施例中之每一者。

圖6描繪根據本發明之一實施例的實例折射反射式光學

系統600。如圖6所示，折射反射式光學系統600包括校正板610、球面凸形鏡面616及非球面凹形鏡面612。

校正板610調節電磁輻射光束以校正一或多個光學像差(諸如，彗形像差)。如圖6所示，校正板610包括非球面表面s2及球面表面s3。

球面凸形鏡面616包含經定位以反射由校正板610所調節之電磁輻射的球面反射表面s6。由校正板610所調節之電磁輻射穿過非球面凹形鏡面612中之孔614且撞擊於球面凸形鏡面616上。球面凸形鏡面616可相對於晶圓(圖6中未特定地說明)而在空中定位於機械支撐件上。

非球面凹形鏡面612接收由球面反射表面s6所反射之電磁輻射。非球面凹形鏡面612包含將此電磁輻射聚焦於晶圓之目標部分上的非球面反射表面s7。舉例而言，圖6中描繪由非球面反射表面s7所反射之實例射線611。

以下在表1中闡述用於設計圖6之實施例中所描繪之光學表面的實例規定。

	表面 類型	半徑	厚度	玻璃
s1		無窮大	25.000	
s2	非球面1	-88.929	1.800	SiO ₂
s3		-92.223	103.344	
s4		無窮大	0.000	
s6		4.281	-37.510	鏡面
s7	非球面2	49.277	52.495	鏡面
s8		無窮大	12.587	

表 1

根據以下在表2中所闡述之參數而藉由方程式1來界定圖6所描繪之實施例的非球面表面s2及s6。

	非球面1	非球面2
Y半徑	-88.9295	49.27722
二次曲線常數(K)	-345.515	-0.04662
第4階係數(A)	-2.87E-05	-1.69E-09
第6階係數(B)	1.02E-06	7.50E-12
第8階係數(C)	-1.13E-07	-1.12E-14
第10階係數(D)	8.26E-10	7.63E-18
第12階係數(E)	0	-1.35E-21
第14階係數(F)	0	-1.06E-24
第16階係數(G)	0	5.91E-28
第18階係數(H)	0	-8.79E-32
第20階係數(J)	0	0

表 2

圖7描繪根據本發明之另一實施例的實例折射反射式光學系統700。如圖7所示，折射反射式光學系統700包括校正板710、球面凸形鏡面716及單體玻璃元件712。

校正板710調節電磁輻射光束以校正一或多個光學像差(諸如，彗形像差)。校正板710包括非球面表面s2。

球面凸形鏡面716包含經定位以反射由校正板710所調節之電磁輻射的球面反射表面s4。在圖7所描繪之實施例中，球面凸形鏡面716定位於單體玻璃元件712之表面s6上。如圖14所說明，單體玻璃元件712之非球面表面s5具

有反射部分1401及透明部分1403。透明部分1403係以光軸為中心且具有基於輸入光束之寬度的直徑。結果，表面s5傳遞來自校正板710之光束，但反射來自球面鏡面716之射線。亦即，由校正板710所調節之電磁輻射穿過單體玻璃元件712中之表面s5的透明部分1403且撞擊於球面凸形鏡面716上。

單體玻璃元件712包括表面s4、s5及s6。單體玻璃元件712之表面s5接收由球面凸形鏡面716(表面s4)所反射之電磁輻射且朝向晶圓之目標部分反射此電磁輻射。在撞擊於晶圓之目標部分上之前，電磁輻射橫穿單體玻璃元件之表面s6。重要地，反射離開非球面反射表面s5之所有射線垂直於表面s6而退出單體玻璃元件712且因此未由表面s6折射。結果，折射反射式光學系統700為消色差的。

以下在表3中闡述用於設計圖7之實施例中所描繪之光學表面的實例規定。

	表面類型	半徑	厚度	玻璃
s1		無窮大	3	SiO ₂
s2	非球面1	48.431	3.000	
s3	非球面2	49.456	36.812	SiO ₂
s4		4.285	-36.812	SiO ₂ 鏡面
s5	非球面2	49.456	38.812	SiO ₂ 鏡面
s6		28.876	28.906	

表 3

根據以下在表4中所闡述之參數而藉由方程式1來界定圖7所描繪之實施例的非球面表面s2及s5。

	非球面1	非球面2
Y半徑	48.43064	49.45648
二次曲線常數(K)	0	-0.05983
第4階係數(A)	-0.00013	1.22E-09
第6階係數(B)	-3.90E-07	-3.02E-13
第8階係數(C)	1.88E-07	7.79E-16
第10階係數(D)	4.24E-09	-7.70E-19
第12階係數(E)	0	4.54E-22
第14階係數(F)	0	-1.46E-25
第16階係數(G)	0	2.24E-29
第18階係數(H)	0	-9.16E-34
第20階係數(J)	0	0

表 4

圖8描繪根據本發明之另一實施例的實例折射反射式光學系統800。如圖8所示，折射反射式光學系統800包括校正板810、球面凸形鏡面816、非球面凹形鏡面812及元件820。

校正板810調節電磁輻射光束以校正一或多個光學像差(諸如，彗形像差)。校正板810包括非球面表面s1及表面s2。如圖8所說明，校正板810定位於非球面凹形鏡面812之孔814中。

球面凸形鏡面816包含經定位以反射由校正板810所調節之電磁輻射的球面反射表面s3。在圖8所描繪之實施例中，球面凸形鏡面816定位於元件820之表面s5上。由校正板810所調節之電磁輻射撞擊於球面凸形鏡面816上。

非球面凹形鏡面812包括非球面反射表面s4。非球面凹形鏡面812之非球面反射表面s4接收由球面凸形鏡面816所反射之電磁輻射且朝向元件820(例如，彎液面(meniscus))反射此電磁輻射。

元件820包括第一表面s5及第二表面s6。由非球面凹形鏡面812所反射之電磁輻射垂直於第一表面s5及第二表面s6兩者而穿過元件820，且因此在元件820之任一表面處未經折射。結果，折射反射式光學系統800為消色差的。

以下在表5中闡述用於設計圖8之實施例中所描繪之光學表面的實例規定。

	表面 類型	半徑	厚度	玻璃
s1	非球面1	35.0201	3.423206	SiO ₂
s2		37.66516	38	
s3		3.938284	-37.0071	鏡面
s4	非球面2	49.08037	39.65516	鏡面
s5		27.36549	5.057223	SiO ₂
s6		22.30041	21.53205	

表 5

根據以下在表6中所闡述之參數而藉由方程式1來界定圖8所描繪之實施例的非球面表面s1及s4。

	非球面1	非球面2
Y半徑	35.0201	49.08037
二次曲線常數(K)	0	-0.05525
第4階係數(A)	-0.0003	1.70E-09
第6階係數(B)	3.15E-05	-4.19E-13
第8階係數(C)	-1.10E-06	2.77E-16
第10階係數(D)	0	-4.10E-20
第12階係數(E)	0	0
第14階係數(F)	0	0
第16階係數(G)	0	0
第18階係數(H)	0	0
第20階係數(J)	0	0

表 6

圖9描繪根據本發明之另一實施例之折射反射式光學系統900的照明模式。折射反射式光學系統900具有為大約0.95之照明數值孔徑且在自大約300奈米至800奈米之寬光譜範圍內工作。短波長範圍由BAL₃₅Y玻璃之透射限制且可藉由僅將熔化矽石及氟化鈣用於透鏡元件而擴展。接著，可達成甚至更短波長範圍。折射反射式光學系統900在晶圓910上形成小光點(諸如，約10微米光點)，其可用以藉由使用散射量測技術來測試晶圓910。

折射反射式光學系統900包括球面折射表面920、平面反射表面930、非球面反射表面940、光學元件960、透鏡群組970、輔助透鏡980，及共軛至晶圓910上之光點的照明源990。照明源990提供傳播穿過輔助理想透鏡980(未展示

真實照明器)及透鏡970之電磁輻射。透鏡970係由(例如)具有至少一非球面表面之玻璃 $BAL_{35}Y$ 、 CaF_2 及 SiO_2 製成。透鏡970用以校正折射反射式光學系統900之像差(諸如，彗形像差)。光學元件960自透鏡970引導電磁輻射以反射離開平面反射表面930。電磁輻射接著反射離開非球面反射表面940、穿過球面折射表面920，且聚焦於晶圓910上。重要地，電磁輻射在大體上垂直於表面920之方向上橫穿球面折射表面920。結果，折射反射式光學系統900為消色差的。

如以上所提及，折射反射式光學系統900可用以測試或感測晶圓910之特徵。在感測模式中，折射反射式光學系統900用作高數值孔徑傅立葉物鏡，其中電磁輻射在圖9所示之方向的相反方向上傳播。具體言之，電磁輻射將繞射離開晶圓910之表面、橫穿穿過折射反射式光學系統900，且撞擊於位於與折射反射式光學系統之後焦平面共軛之平面(亦即，光瞳平面)中的CCD上。位於CCD上之不同點處的光點對應於自晶圓910之表面於不同角度下所繞射的電磁輻射光束。藉由使用已知散射量測技術，此等光點可用以分析晶圓910之特徵(諸如，CD及覆蓋)。

舉例而言，圖10描繪在感測模式中傳播穿過折射反射式光學系統900之三個經繞射光束913、915及917(對應於自晶圓910之表面在約0度、30度及72度下的經繞射射線)。經繞射光束在折射反射式光學系統900之光瞳平面中形成傅立葉圖案。

圖 11 描繪光學元件 960 之實施例。在此實施例中，光學元件 960 包括反射斜邊 1130 及非球面反射表面 1120。斜邊 1130 上之反射塗層包括孔 1170 以透射自晶圓 910 之表面所折射的電磁輻射且自照明源 990 反射經準直電磁輻射，如圖 9 所示。舉例而言，圖 11 描繪反射離開反射斜邊 1130 及非球面反射表面 1120 且穿過孔 1170 之兩個實例射線 1111 及 1113。

再次參看圖 9 且繼續參看圖 11，無焦透鏡群組 970 (圖 9) 及非球面反射表面 1120 用以在光學元件 960 之斜邊上 (在孔 1170 之位置處) 形成照明源 990 之中間影像。非球面鏡面 940、平面鏡面 930 及折射球面表面 920 在晶圓 910 上共同地形成最終照明光點。

如圖 9 所示，非球面鏡面 940、平面鏡面 930 及折射球面表面 920 可由單體玻璃光學元件 912 製成。單體玻璃光學元件 912 可由在自大約 200 奈米至 1000 奈米之光譜範圍內透射的玻璃 (諸如， SiO_2) 製成。

舉例而言，圖 15 描繪包含平面鏡面 930 及折射球面表面 920 之單體玻璃光學元件 912 之一部分的平面圖。在此實例中，平面鏡面 930 包含環帶，其中折射球面表面 920 定位於環帶之中心。單體玻璃光學元件 912 經定向以導致晶圓 910 上之照明光點 901 與平面鏡面 930 及折射球面表面 920 同心。

光學元件 960 可由與單體玻璃元件 912 相同之材料製成且藉由使其與單體玻璃元件 912 光學地接觸來組裝。如圖 11

所描繪，光學元件960可經製造為單體玻璃元件或經製造為兩個元件(包含第一元件1150及第二元件1160)之總成。在一實例中，若自第一元件1150及第二元件1160組裝光學元件960，則其可補償歸因於製造缺陷之像差(藉由相對於第二元件1160而移動第一元件1150)。

以下在表7中闡述用於設計折射反射式光學系統900之光學表面的實例規定。

	表面類型	半徑	厚度	玻璃
s1		無窮大	3.5	
s2		-3.500	32.587	SiO ₂
s3	非球面1	-48.765	-35.087	SiO ₂ 鏡面
s4		無窮大	35.087	SiO ₂ 鏡面
s5		無窮大	5.000	SiO ₂
s6		無窮大	2.500	SiO ₂
s7	非球面2	-5.000	-2.500	SiO ₂ 鏡面
s8		無窮大	2.500	SiO ₂ 鏡面
s9		無窮大	12.756	
s10		-10.544	2.000	BAL ₃₅ Y
s11		43.784	0.100	
s12	非球面3	137.905	5.000	CaF ₂
s13		-10.967	0.973	
s14		-9.745	5.000	SiO ₂
s15		-9.210	0.101	
s16		無窮大	6.02047	

表 7

根據以下在表8中所闡述之參數而藉由方程式1來界定折射反射式光學系統900之非球面表面s3及s7以及s12。

	非球面1	非球面2	非球面3
Y半徑	-48.7652	-5	137.9052
二次曲線常數(K)	-0.12342	-0.35269	-2E+07
第4階係數(A)	0	-0.00015	-0.00176
第6階係數(B)	0	4.95E-05	-0.00543
第8階係數(C)	0	-8.08E-06	0.004039
第10階係數(D)	0	1.25E-06	-0.00162

表 8

圖12描繪根據本發明之另一實施例的實例折射反射式光學系統1200。折射反射式光學系統1200包括經級聯在一起之第一單體玻璃元件1210、第二單體玻璃元件1220及折射透鏡群組1230。單體玻璃元件1210自為大約0.95之數值孔徑過渡至為大約0.4之數值孔徑(且返回)。級聯單體玻璃元件1210及1220自為大約0.95之數值孔徑過渡至為大約0.02之數值孔徑。

第一單體玻璃元件1210包括折射表面s2、非球面反射表面s3、平面反射表面s4及折射表面s5。如圖12所說明，折射表面s2定位於平面反射表面s4之中心，且折射表面s5定位於非球面反射表面s3之中心。

第二單體玻璃元件1220包括反射表面s7及反射表面s8。反射表面s7及s8各自包括中心透明部分。

折射透鏡群組1230包括經定位及成形以校正一或多個像差(諸如，彗形像差)之光學表面s9、s10、s11、s12、s13及s14。

此光學設計與圖9及圖10所描繪之設計類似地起作用，但僅僅具有一非球面表面(第一單體玻璃元件1210之非球面反射表面s3)及更寬光譜範圍(200奈米至1000奈米)。

舉例而言，電磁輻射穿過折射透鏡群組1230而進入折射反射式光學系統1200。電磁輻射穿過折射透鏡群組1230，且接著穿過反射表面s8之中心透明部分。

穿過反射表面s8之中心透明部分的電磁輻射由反射表面s7反射且接著由反射表面s8接收。反射表面s8將電磁輻射聚焦至穿過反射表面s7之中心透明部分之電磁輻射的聚焦光點中。亦即，第二單體玻璃元件1220經組態以提供電磁輻射之聚焦光點。

第一單體玻璃元件1210之折射表面s5經定位為與來自第二單體玻璃元件1220之電磁輻射之聚焦光點同心。因此，來自第二單體玻璃元件1220之電磁輻射大體上垂直於折射表面s5而進入第一單體玻璃元件1210。反射表面s4接收此電磁輻射且朝向非球面反射表面s3反射此電磁輻射。非球面反射表面s3將電磁輻射聚焦至晶圓(圖12中未特定地展示)上之聚焦光點上。折射表面s2經定位為與晶圓上之聚焦光點同心，藉此導致電磁輻射大體上垂直於折射表面s2而退出第一單體玻璃元件1210。

因為電磁輻射大體上垂直於折射表面s5及s2而進入及退

出第一單體玻璃元件1210，所以折射反射式光學系統為大體上消色差的-具有為大約200奈米至1000奈米之光譜範圍。

以下在表9中闡述用於設計折射反射式光學系統1200之光學表面的實例規定。

	表面類型	半徑	厚度	玻璃
s1		無窮大	3.500	
s2		-3.500	32.592	SiO ₂
s3	非球面	-48.779	-35.100	SiO ₂ 鏡面
s4		無窮大	32.592	SiO ₂ 鏡面
s5		7.222	7.690	
s7		-8.826	65.113	SiO ₂
s8		-67.336	-65.113	SiO ₂ 鏡面
s7		-8.826	65.113	SiO ₂ 鏡面
s8		-67.336	1.140	
s9		-32.636	10.000	SiO ₂
s10		5.830	0.221	
s11		7.575	10.000	CaF ₂
s12		-3630.481	7.832	
s13		22.500	10.000	SiO ₂
s14		-258.120	32.865	

表 9

根據以下在表10中所闡述之參數而藉由方程式1來界定折射反射式光學系統1200之非球面表面s3。

	非球面
Y半徑	-48.7787
二次曲線常數(K)	-0.12342
第4階係數(A)	-1.61E-09
第6階係數(B)	9.09E-13
第8階係數(C)	-1.68E-15
第10階係數(D)	9.65E-19
第12階係數(E)	-2.76E-22

表 10

IV. 結論

已描述用於散射量測計之折射反射式光學系統。儘管以上已描述本發明之各種實施例，但應理解，僅藉由實例而非限制來呈現實施例。對於熟習相關技術者而言將為顯而易見的是，在不脫離本發明之精神及範疇的情況下，可在實施例中進行形式及細節上之各種改變。

熟習相關技術者可修改及重新最佳化上述實施例，以更好地遵守包括於感測分支及對準分支中之光學器件的製造過程。舉例而言，(分別為圖6、圖7及圖8之)凸形球面鏡面616、716及816可由具有相同聚焦位置之凹形或非球面鏡面替換。非球面校正板610、710及810可由將產生與以上所描述之非球面板相同之波前的球面透鏡群組替換，但該等球面透鏡更易於製造。上述實施例之此等及其他修改對於熟習相關技術者而言將變得顯而易見且意欲在本發明之

精神及範疇內。

此外，應瞭解，實施方式章節而非摘要章節意欲用以解釋申請專利範圍。摘要章節可闡述如由發明者所預期的本發明之一或多個而非所有例示性實施例，且因此，不意欲以任何方式來限制本發明及隨附申請專利範圍。

因此，本發明之寬度及範疇不應由上述例示性實施例中之任一者限制，而應僅根據以下申請專利範圍及其等效物來界定。

【圖式簡單說明】

圖1及圖2描繪根據本發明之實施例的微影投影裝置。

圖3A至圖3C描繪實例散射量測計。

圖4描繪根據本發明之實施例的包括折射反射式光學物鏡之感測及對準系統。

圖5描繪圖4之折射反射式光學物鏡的細節。

圖6至圖9描繪根據本發明之實施例的各種折射反射式光學系統。

圖10描繪橫穿圖9之折射反射式光學系統的射線。

圖11描繪包括於圖9之折射反射式光學系統中之光束分光器的細節。

圖12描繪自極低數值孔徑變換至極高數值孔徑之折射反射式光學系統。

圖13描繪另一微影裝置。

圖14描繪包括於圖7之折射反射式光學系統中之表面的平面圖。

圖 15 描繪包括於圖 9 之折射反射式光學系統中之單體玻璃元件的平面圖。

根據以上在結合圖式時所闡述之詳細描述，本發明之特徵及優點將變得更顯而易見，在圖式中，相同參考符號自始至終識別對應元件。在圖式中，相同參考數字通常指示相同、功能上類似及/或結構上類似之元件。元件第一次出現之圖式係由對應參考數字中之最左邊數位指示。

【主要元件符號說明】

1	微影裝置
2	輻射源
4	感測器
6	基板
10	光譜
400	散射量測系統
410	照明源
412	照明源
420	光學元件
422	光學元件
424	光學元件
430	光學元件
432	透鏡
434	光學元件/光束分光器
436	光束分光器
437	光束分光器

440	透 鏡
442	孔 徑
444	透 鏡
446	第 二 偵 測 器
450	聚 焦 透 鏡
452	光 束 分 光 器
454	感 測 器
470	物 鏡 系 統
480	折 射 反 射 式 光 學 系 統
490	晶 圓
510	凹 形 非 球 面 表 面
511	射 線
513	射 線
515	射 線
520	凸 形 球 面 表 面
530	透 鏡
600	折 射 反 射 式 光 學 系 統
610	校 正 板
611	射 線
612	非 球 面 凹 形 鏡 面
614	孔
616	球 面 凸 形 鏡 面
700	折 射 反 射 式 光 學 系 統
710	校 正 板

712	單體玻璃元件
716	球面凸形鏡面
800	折射反射式光學系統
810	校正板
812	非球面凹形鏡面
814	孔
816	球面凸形鏡面
820	元件
900	折射反射式光學系統
901	照明光點
910	晶圓
912	單體玻璃光學元件
913	經繞射光束
915	經繞射光束
917	經繞射光束
920	折射球面表面
930	平面鏡面
940	非球面鏡面
960	光學元件
970	透鏡群組
980	輔助透鏡
990	照明源
1111	射線
1113	射線

1120	非球面反射表面
1130	反射斜邊
1150	第一元件
1160	第二元件
1170	孔
1200	折射反射式光學系統
1210	第一單體玻璃元件
1220	第二單體玻璃元件
1230	折射透鏡群組
1401	反射部分
1403	透明部分
AD	調整器
AL	透鏡
AS	孔徑光闌
B	輻射光束
BD	光束傳送系統
BS	光束分光器
C	目標部分
CO	聚光器
IF	位置感測器
IL	照明系統
IN	積光器
IPU	照明系統光瞳
L1	透鏡

L2	透 鏡
M1	光罩對準標記
M2	光罩對準標記
MA	圖案化設備
ML	透 鏡
MLA	透鏡陣列
MP	光罩圖案
MT	支撐結構
P1	基板對準標記
P2	基板對準標記
PD	圖案化設備
PM	第一定位器
PPU	光瞳
PS	投影系統
PW	第二定位器
s1	非球面表面
s2	折射表面
s3	非球面反射表面
s4	平面反射表面
s5	折射表面
s6	球面反射表面
s7	反射表面
s8	反射表面
s9	光學表面

s10	光學表面
s11	光學表面
s12	光學表面
s13	光學表面
s14	光學表面
S	輻射光點陣列
SO	輻射源
W	基板
WT	基板台
X	方向
Y	方向

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種具有一高數值孔徑之折射反射式光學系統，其在一寬光譜範圍內操作。該折射反射式光學系統包括一校正板、一第一反射表面及一第二反射表面。該校正板調節電磁輻射以校正至少一像差。該第一反射表面經定位以反射由該校正板所調節之該電磁輻射。該第二反射表面經定位以將由該第一反射表面所反射之該電磁輻射聚焦至一基板之一目標部分上。由該第一反射表面所反射且由該第二反射表面所聚焦之該電磁輻射未由一折射元件折射，藉此使該折射反射式光學系統能夠在一寬光譜範圍內操作。

六、英文發明摘要：

A catadioptric optical system having a high numerical aperture operates in a wide spectral range. The catadioptric optical system includes a correcting plate, a first reflective surface and a second reflective surface. The correcting plate conditions electromagnetic radiation to correct at least one aberration. The first reflective surface is positioned to reflect the electromagnetic radiation conditioned by the correcting plate. The second reflective surface is positioned to focus the electromagnetic radiation reflected by the first reflective surface onto a target portion of a substrate. The electromagnetic radiation reflected by the first reflective surface and focused by the second reflective surface is not refracted by a refractive element, thereby enabling the catadioptric optical system to operate in a broad spectral range.

十、申請專利範圍：

1. 一種折射反射式光學系統，其包含：

一校正板，該校正板經組態以調節電磁輻射以校正至少一像差；

一第一反射表面，該第一反射表面經定位以反射由該校正板所調節之該電磁輻射；及

一第二反射表面，該第二反射表面經定位以將由該第一反射表面所反射之該電磁輻射聚焦至一基板之一目標部分上，

其中由該第一反射表面所反射且由該第二反射表面所聚焦之該電磁輻射未由一光學元件折射，藉此允許該折射反射式光學系統在一寬光譜範圍內操作。

2. 如請求項1之折射反射式光學系統，其中該第一反射表面包含一凸形反射表面。

3. 如請求項1之折射反射式光學系統，其中該第二反射表面為一單體玻璃元件之一表面。

4. 如請求項3之折射反射式光學系統，其中該第一反射表面定位於該單體玻璃元件之一第二表面上。

5. 如請求項1之折射反射式光學系統，其中該第一反射表面定位於該第二反射表面與該基板之間。

6. 如請求項5之折射反射式光學系統，其中該第一反射表面定位於機械支撐件上。

7. 如請求項5之折射反射式光學系統，其中該第一反射表面定位於一彎液面上。

8. 如請求項5之折射反射式光學系統，其中該第二反射表面定位於該校正板與該第一反射表面之間，且該第二反射表面包含一孔，由該校正板所調節之該電磁輻射穿過該孔。
9. 如請求項1之折射反射式光學系統，其中該第二反射表面包含一凹形非球面反射表面。
10. 如請求項1之折射反射式光學系統，其中該折射反射式光學系統包括於一散射量測計之一感測分支及一對準分支兩者中。
11. 一種用於散射量測之光學系統，其包含：
 - 一光學元件，該光學元件偏轉電磁輻射；及
 - 一物鏡系統，該物鏡系統包含一與該光學元件光學地接觸且經組態以接收該經偏轉電磁輻射之單體玻璃元件，該單體玻璃元件包含：
 - 一第一表面，該第一表面反射該電磁輻射，
 - 一第二表面，該第二表面自該第一表面接收該電磁輻射且朝向一基板之一目標部分反射及聚焦該電磁輻射，及
 - 一第三表面，其中由該第二表面所反射及聚焦之該電磁輻射大體上垂直於該第三表面而退出該單體玻璃元件，其中該光學元件與該單體玻璃元件包含相同類型之材料。
12. 如請求項11之光學系統，其中該光學元件包含：

一傾斜表面，該傾斜表面反射該電磁輻射，該傾斜表面在其中具有一孔；及

一非球面表面，該非球面表面反射由該傾斜表面所反射之該電磁輻射，藉此導致該電磁輻射穿過該傾斜表面中之該孔且撞擊於該單體玻璃元件之該第一表面上。

13. 如請求項11之光學系統，其進一步包含：

一折射元件，該折射元件調節該電磁輻射以校正該光學系統中之彗形像差。

14. 如請求項11之光學系統，其中該第一表面包含一平坦環帶，且該第三表面定位於該環帶之中心。

15. 如請求項11之光學系統，其中該光學元件及該單體玻璃元件包含熔化矽石(SiO_2)。

16. 一種用於散射量測之折射反射式光學系統，其包含：

一折射透鏡群組，該折射透鏡群組調節電磁輻射以校正該折射反射式光學系統之一或多個像差；

一第一單體玻璃元件，該第一單體玻璃元件自該折射透鏡群組接收該電磁輻射且經調適以將該電磁輻射聚焦至一第一聚焦光點中；及

一第二單體玻璃元件，該第二單體玻璃元件自該第一單體玻璃元件接收該電磁輻射且經組態以將該電磁輻射聚焦至一基板之一目標部分上的一第二聚焦光點中，

其中該電磁輻射大體上垂直於一第一球面折射表面而進入該第二單體玻璃元件，且大體上垂直於一第二球面折射表面而退出該第二單體玻璃元件。

17. 如請求項16之折射反射式光學系統，其中該第一球面折射表面與該第一聚焦光點同心，且該第二球面折射表面與該第二聚焦光點同心。

18. 如請求項16之折射反射式光學系統，其中該第一單體玻璃元件包含：

一第一反射表面，該第一反射表面具有一第一中心透明部分；及

一第二反射表面，該第二反射表面具有一第二中心透明部分；

其中該電磁輻射穿過該第一中心透明部分而進入該第一單體玻璃元件，且穿過該第二中心透明部分而退出該第一單體玻璃元件。

19. 如請求項16之折射反射式光學系統，其中該第二單體玻璃元件包含：

一平坦反射表面，該平坦反射表面反射穿過該第一球面折射表面而進入該第二單體玻璃元件之電磁輻射；及

一非球面反射表面，該非球面反射表面自該平坦反射表面將該電磁輻射反射及聚焦至該第二聚焦光點中。

十一、圖式：

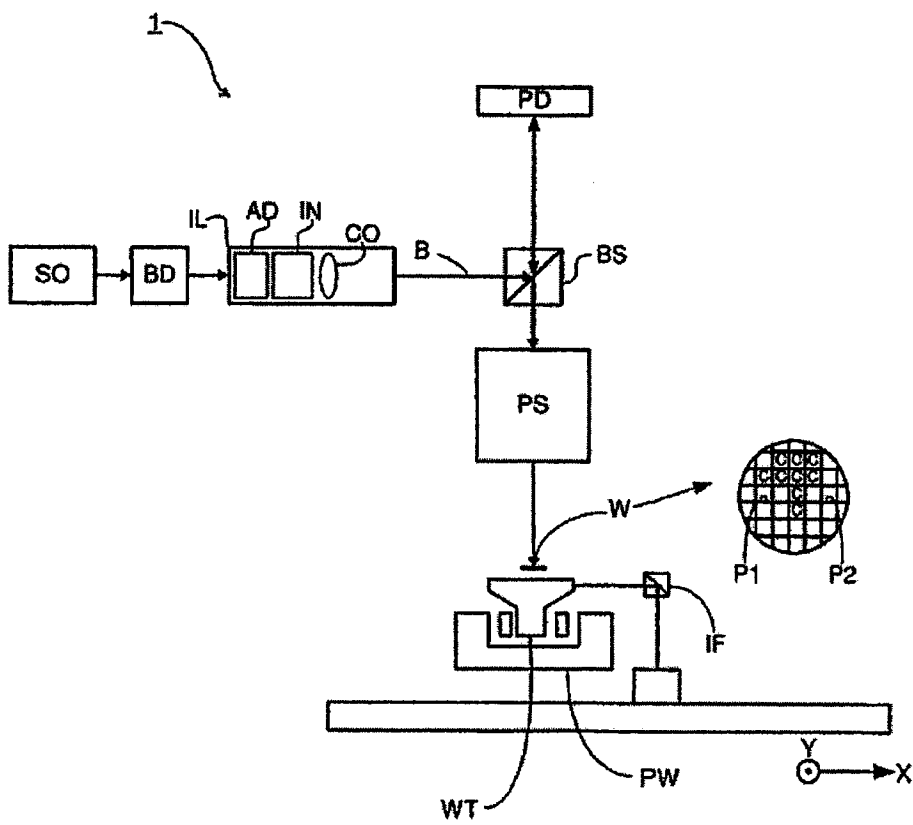


圖 1

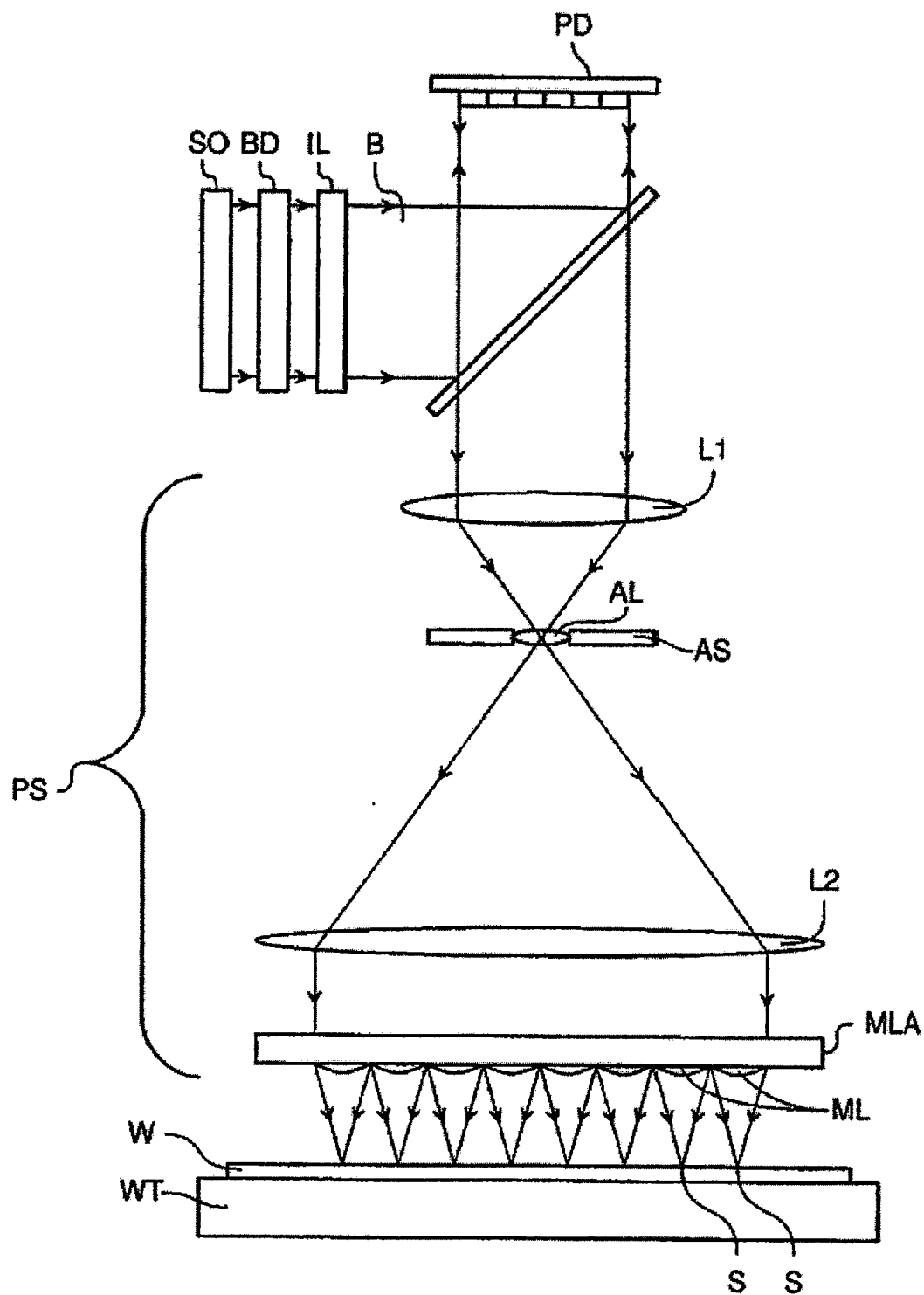


圖2

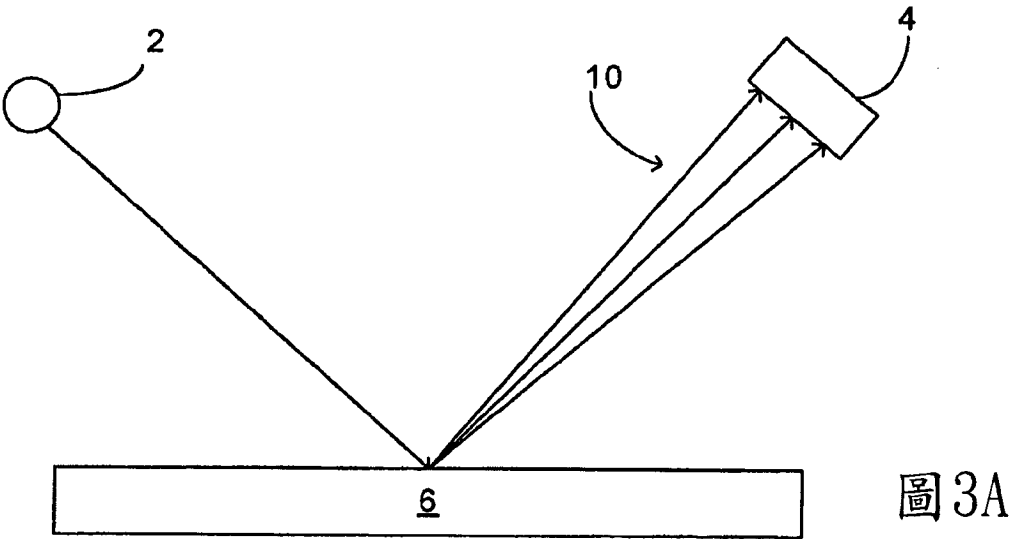


圖 3A

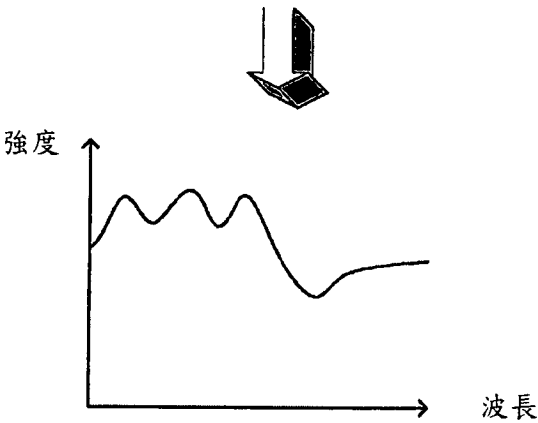


圖 3B

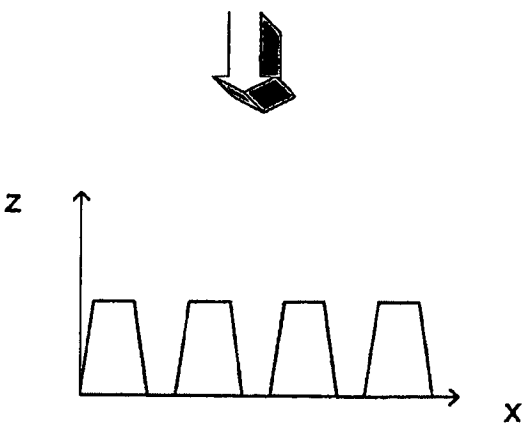


圖 3C

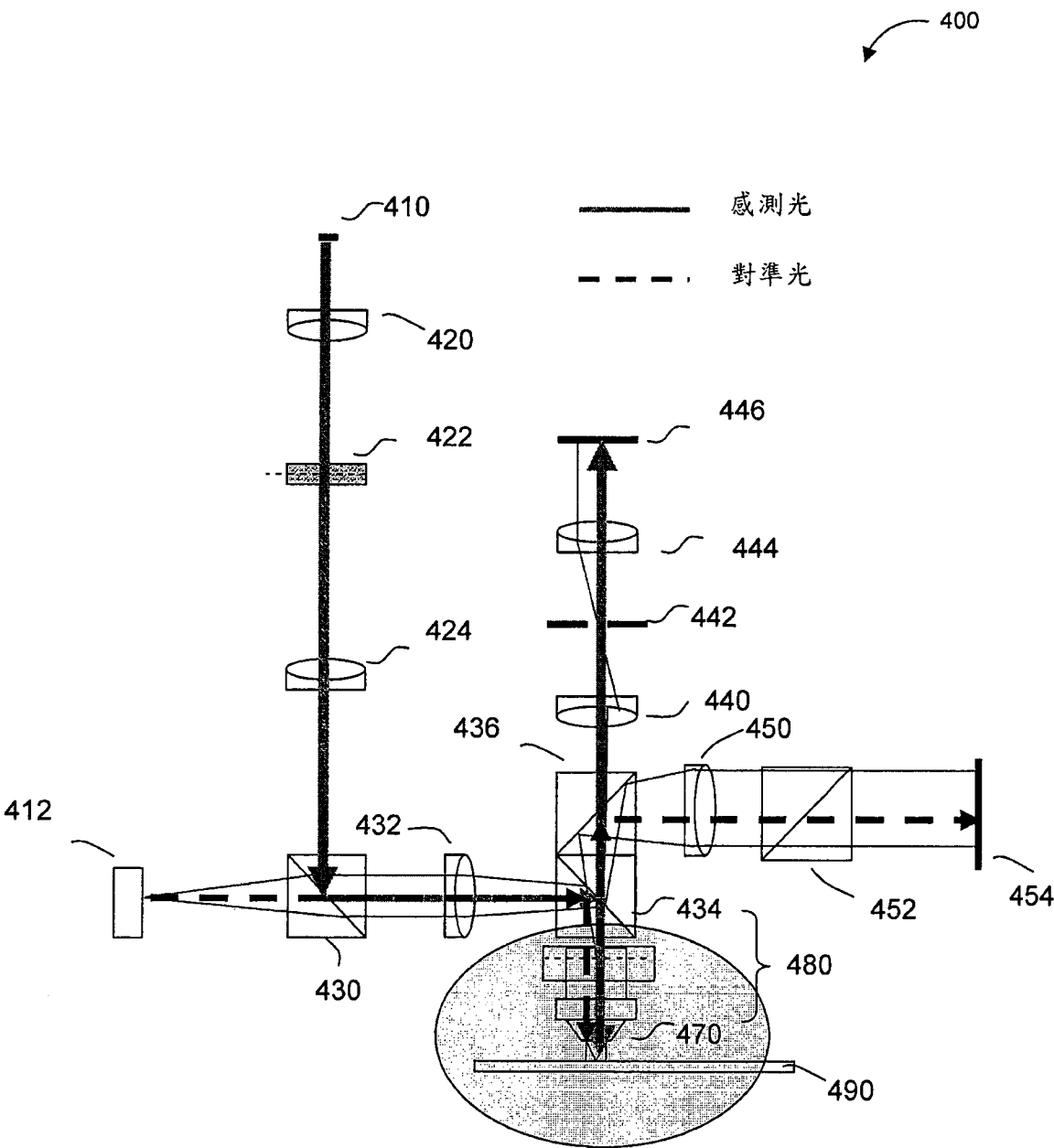


圖4

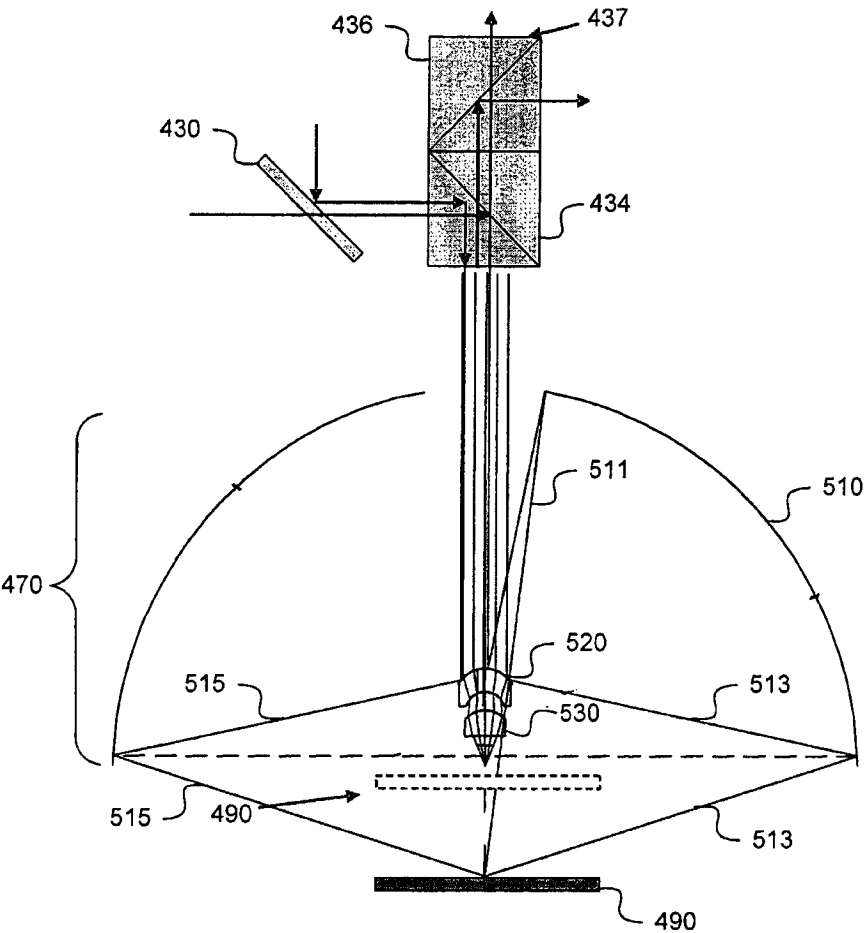


圖5

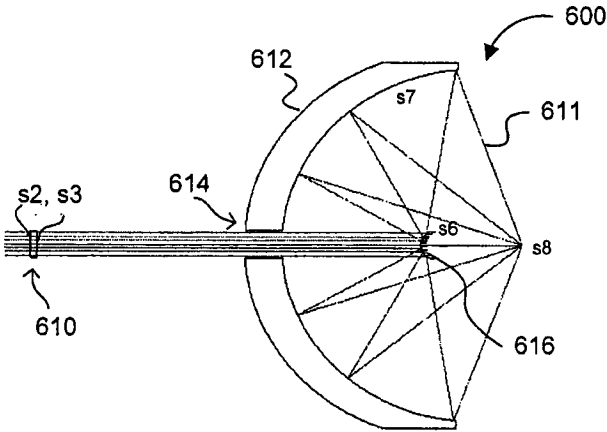


圖6

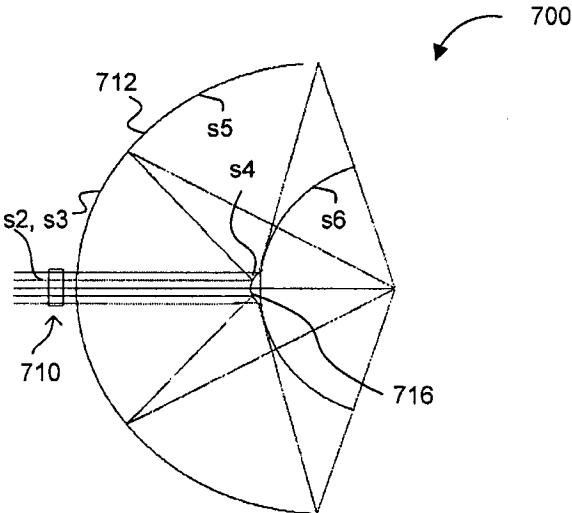


圖7

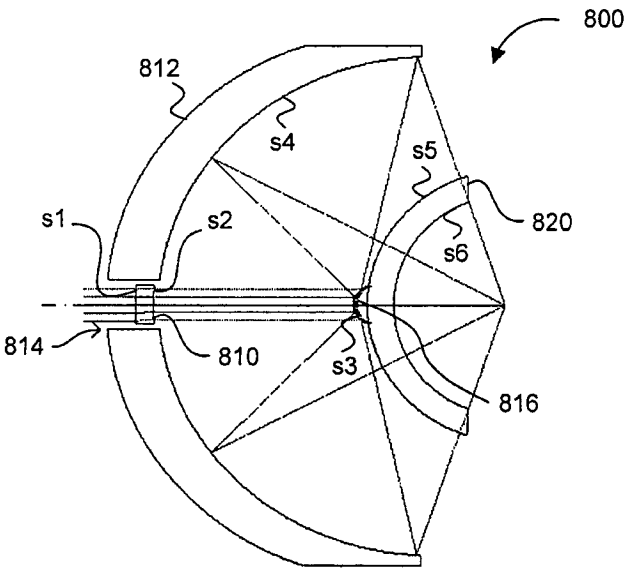


圖8

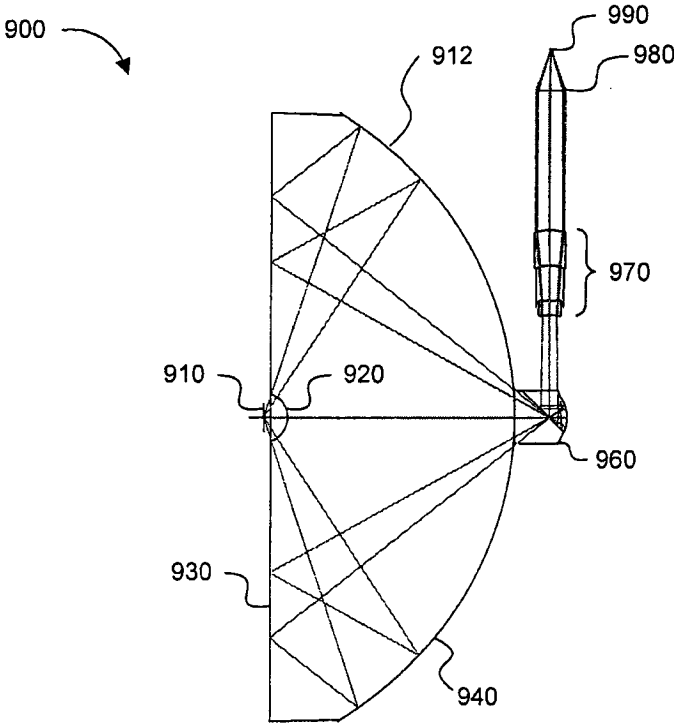


圖9

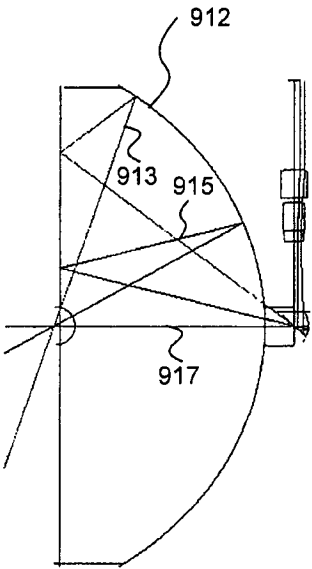


圖10

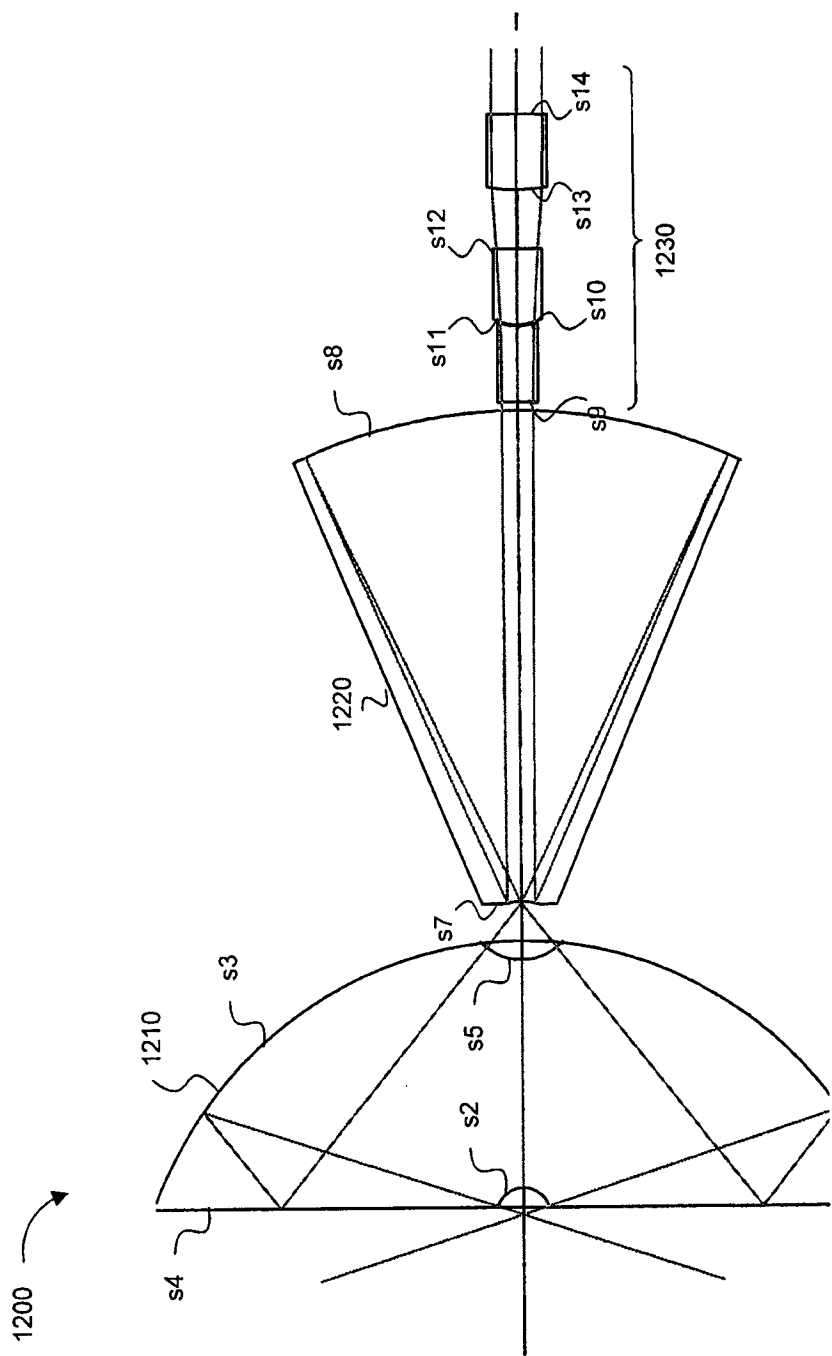


圖12

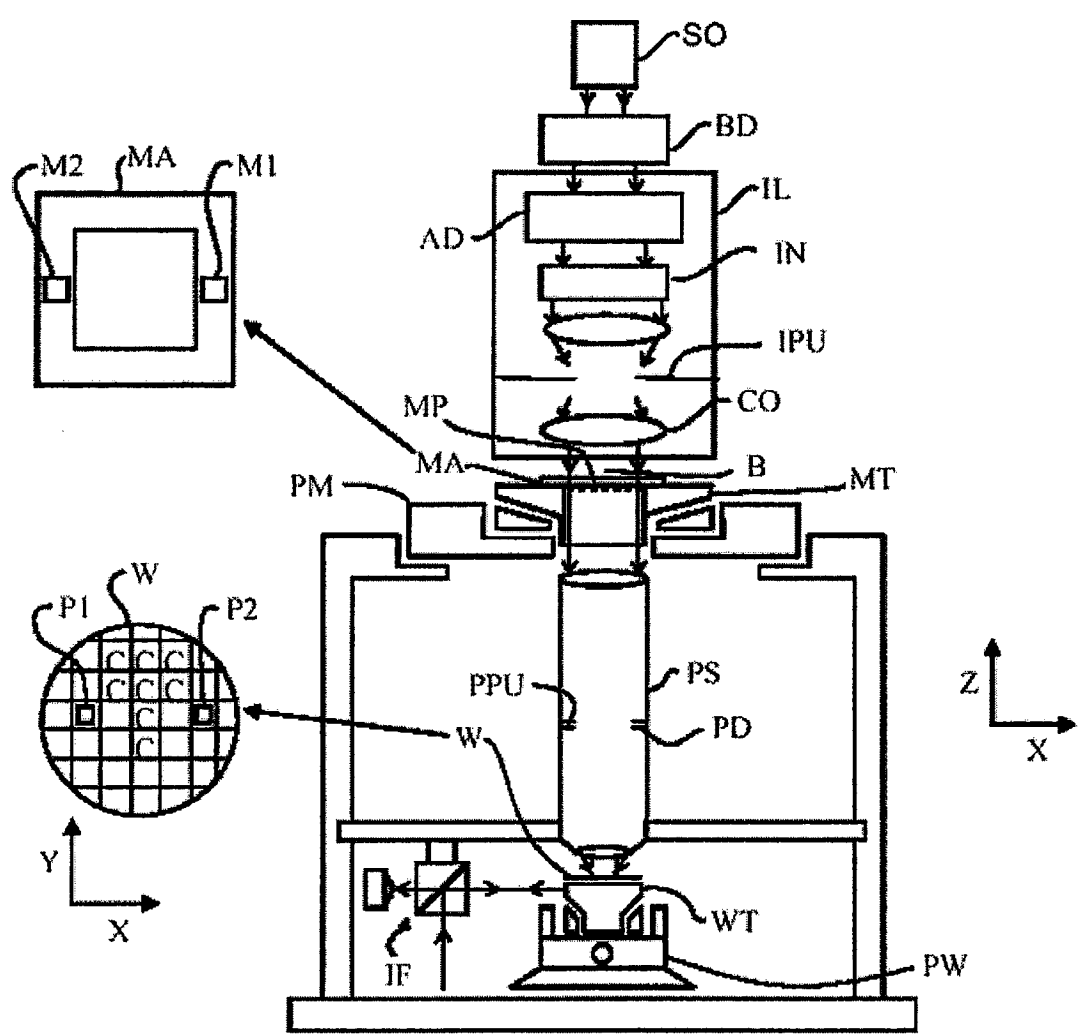


圖13

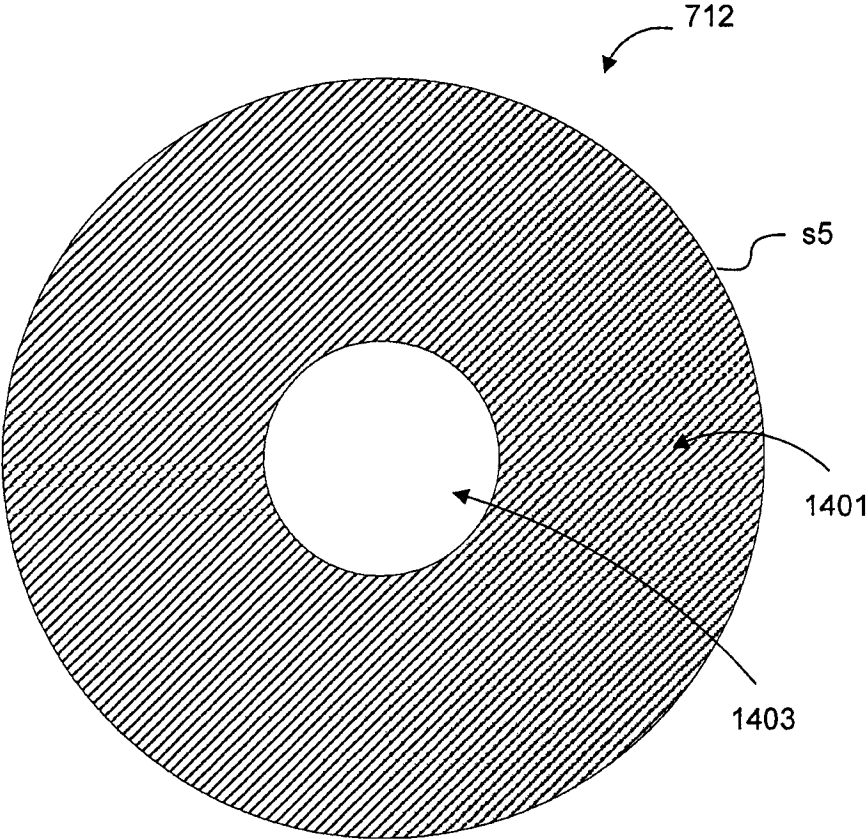


圖14

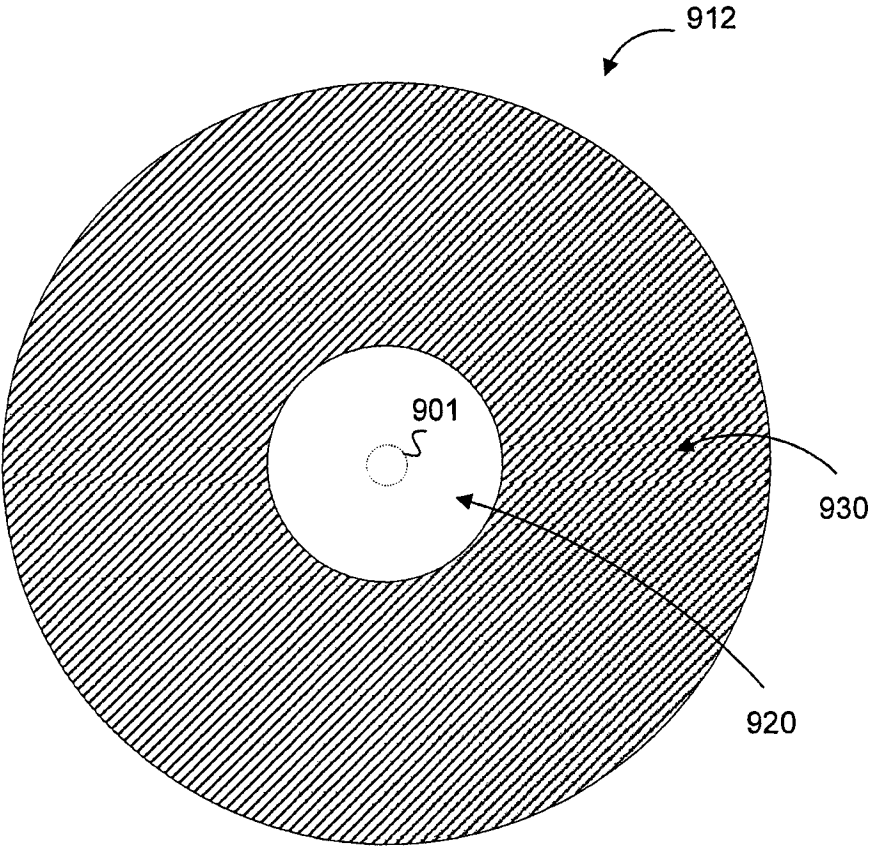


圖15

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：

400	散 射 量 測 系 統
410	照 明 源
412	照 明 源
420	光 學 元 件
422	光 學 元 件
424	光 學 元 件
430	光 學 元 件
432	透 鏡
434	光 學 元 件
436	光 束 分 光 器
440	透 鏡
442	孔 徑
444	透 鏡
446	第 二 偵 測 器
450	聚 焦 透 鏡
452	光 束 分 光 器
454	感 測 器
470	物 鏡 系 統
480	折 射 反 射 式 光 學 系 統
490	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)