



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I802572 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：107116619

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 05 月 16 日

(51)Int. Cl. : H01L21/027 (2006.01)

G03F7/20 (2006.01)

G02B17/08 (2006.01)

(30)優先權：2017/05/17 德國

10 2017 208 340.9

(71)申請人：德商卡爾蔡司 SMT 有限公司 (德國) CARL ZEISS SMT GMBH (DE)

德國

(72)發明人：葛納 托拉夫 GRUNER, TORALF (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

US 2010/0195070A1

WO 2015/007298A1

審查人員：廖崑男

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 44 頁

(54)名稱

校正方法

(57)摘要

在用於以光罩(M)的圖案(PAT)的至少一影像曝光一輻射敏感基板(W)的投射曝光方法中，光罩的物體場(OF)由照明系統所提供之具有操作波長 λ 的照明輻射所照明。在投射透鏡的協助下將位在照明場中的圖案的一部分投射至在基板上的影像場(IF)上，其中有助於影像場中的影像產生的所有射線在投射透鏡中形成一成像光束路徑。執行以下步驟以設定在投射透鏡的出射光瞳中的局部強度分佈：選擇投射透鏡的一光學元件(PP)的至少一光學表面(S1)作為一校正表面；以及根據一可預定局部分佈在校正表面的一光學使用區域(UA)中產生繞射結構(DS)，使得繞射結構在操作期間藉由繞射將入射在繞射結構上的射線的強度的一分量導引至成像光束路徑外的非關鍵區域。

In a projection exposure method for exposing a radiation-sensitive substrate (W) with at least one image of a pattern (PAT) of a mask (M), an object field (OF) of the mask is illuminated by illumination radiation with an operating wavelength λ that was provided by an illumination system. A part of the pattern lying in the illumination field is projected onto an image field (IF) on the substrate with the aid of the projection lens, wherein all rays that contribute to the image production in the image field form an imaging beam path in the projection lens. The following steps are carried out for setting a local intensity distribution in an exit pupil of the projection lens: choosing at least one optical surface (S1) of an optical element (PP) of the projection lens as a correction surface and producing diffraction structures (DS) in an optically used region (UA) of the correction surface according to a predeterminable local distribution in such a way that, during operation, the diffraction structures guide a component of the intensity of the rays incident on the diffraction structures into uncritical regions outside of the imaging beam path by means of diffraction.

指定代表圖：

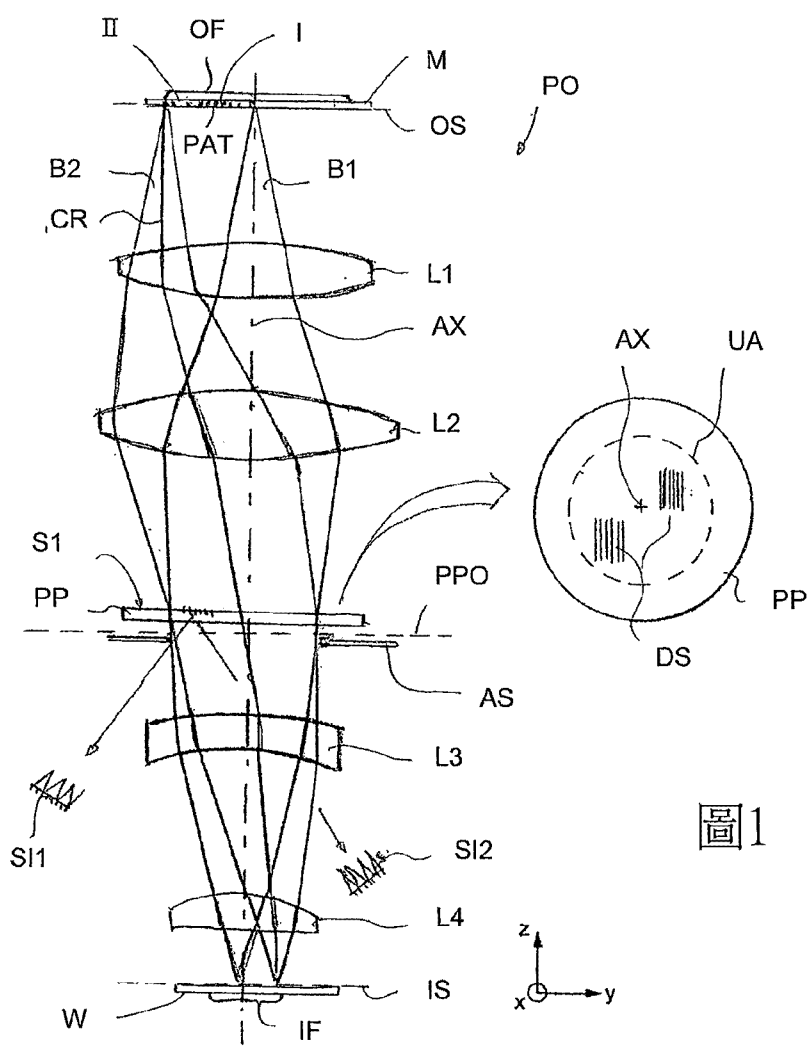


圖1

符號簡單說明：

- AS:孔徑光闌
- AX:光學軸
- B1:光束
- B2:光束
- CR:射線
- DS:繞射結構
- I:第一區域
- IF:影像場
- II:第二區域
- IS:影像平面
- L1:透鏡元件
- L2:透鏡元件
- L3:透鏡元件
- L4:透鏡元件
- M:光罩
- OF:物體場
- OS:物體平面
- PAT:圖案
- PO:投射透鏡
- PP:光學元件
- PPO:光瞳平面
- S1:光學表面
- SI1:低反射輻射擷取裝置
- SI2:低反射輻射擷取裝置
- UA:光學使用區域
- W:基板

I802572

發明摘要

※ 申請案號：107116619

※ 申請日：107 年 5 月 16 日

※IPC 分類：

【發明名稱】

校正方法

METHOD OF CORRECTION

【中文】

在用於以光罩(M)的圖案(PAT)的至少一影像曝光一輻射敏感基板(W)的投射曝光方法中，光罩的物體場(OF)由照明系統所提供之有具有操作波長 λ 的照明輻射所照明。在投射透鏡的協助下將位在照明場中的圖案的一部分投射至在基板上的影像場(IF)上，其中有助於影像場中的影像產生的所有射線在投射透鏡中形成一成像光束路徑。執行以下步驟以設定在投射透鏡的出射光瞳中的局部強度分佈：

選擇投射透鏡的一光學元件(PP)的至少一光學表面(S1)作為一校正表面；以及

根據一可預定局部分佈在校正表面的一光學使用區域(UA)中產生繞射結構(DS)，使得繞射結構在操作期間藉由繞射將入射在繞射結構上的射線的強度的一分量導引至成像光束路徑外的非關鍵區域。

【英文】

In a projection exposure method for exposing a radiation-sensitive substrate (W) with at least one image of a pattern (PAT) of a mask (M), an object field (OF) of the mask is illuminated by illumination radiation with an operating

wavelength λ that was provided by an illumination system. A part of the pattern lying in the illumination field is projected onto an image field (IF) on the substrate with the aid of the projection lens, wherein all rays that contribute to the image production in the image field form an imaging beam path in the projection lens. The following steps are carried out for setting a local intensity distribution in an exit pupil of the projection lens:

choosing at least one optical surface (S1) of an optical element (PP) of the projection lens as a correction surface and

producing diffraction structures (DS) in an optically used region (UA) of the correction surface according to a predeterminable local distribution in such a way that, during operation, the diffraction structures guide a component of the intensity of the rays incident on the diffraction structures into uncritical regions outside of the imaging beam path by means of diffraction.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

AS	孔徑光闌
AX	光學軸
B1	光束
B2	光束
CR	射線
DS	繞射結構
I	第一區域
IF	影像場
II	第二區域
IS	影像平面
L1	透鏡元件
L2	透鏡元件
L3	透鏡元件
L4	透鏡元件
M	光罩
OF	物體場
OS	物體平面
PAT	圖案
PO	投射透鏡
PP	光學元件
PPO	光瞳平面
S1	光學表面
SI1	低反射輻射擷取裝置

SI2	低反射輻射擷取裝置
UA	光學使用區域
W	基板

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

校正方法

METHOD OF CORRECTION

【相關專利參照】

【0001】 以下的揭露內容是基於2017年5月17日申請的德國專利申請案10 2017 208 340.9，其整體內容以引用的方式併入本申請案。

【技術領域】

【0002】 本發明關於用以使用如申請專利範圍第1項的前言部分所述的光罩的圖案的至少一影像來曝光輻射敏感基板的投射曝光方法、適用於執行該方法之如申請專利範圍第13項的前言部分所述的投射透鏡、以及用以產生包含具有局部變化傳輸的校正表面的校正元件的方法。

【先前技術】

【0003】 目前，主要使用微影投射曝光方法來製造半導體組件及其他精細結構化的組件，例如用於光微影的光罩。在此情況下，使用承載或形成待成像結構的圖案(例如半導體組件的層的線圖案)的光罩(遮罩)或其他圖案產生裝置。圖案位在投射曝光裝置中的照明系統與投射透鏡之間的投射透鏡的物體平面的區域中，並由照明系統所提供的照明輻射所照明。由圖案所改變的輻射以投射輻射的形式行進通過投射透鏡，其以減小的比例將圖案成像到待曝光的晶圓上或待曝光的基板上。晶圓的表面配置在投射透鏡的影像平面中，該影像平面與物體平面光學共軛。晶圓通常塗佈有輻

射敏感層(抗蝕劑、光阻劑)。

【0004】 投射曝光裝置的發展目標之一為在晶圓上微影地產生尺寸越來越小的結構。舉例來說，在半導體組件的情況下，較小的結構導致較高的積體密度，這通常對所產生的微結構化組件的性能具有有利的影響。為此目的，需要具有良好成像性能的投射透鏡。

【0005】 若在操作期間所達成的影像場中的複振幅在給定的公差範圍內與根據規格所期望的影像場中的複振幅一致，則光學成像系統(例如微影投射透鏡)可提供良好的成像性能。可使用相位及和大小(或絕對值)來描述複振幅。複振幅的相位通常也稱作波前。在複振幅的大小中，尤其是其在光瞳上的輪廓是重要的。光瞳上的此輪廓描述了光學成像系統的出射光瞳中的強度分佈。此強度分佈可由光瞳傳輸函數定量地描述，其描述總傳輸為光瞳坐標的函數。

【0006】 光學成像系統的出射光瞳中的光瞳傳輸函數或相應的強度分佈可針對性地改變，例如透過藉由濾波器的光學濾波，其中濾波器在光瞳平面中或在光瞳平面附近引入至成像光束路徑中並在濾波器的有效橫截面上具有局部傳輸輪廓或傳輸變化。這種濾波有時稱作光瞳濾波或變跡(apodization)。

【0007】 特別是在相對高孔徑的光學成像系統中(例如微影投射透鏡)，來自物體場的不同射線(具有實質相同的光學路徑長度)行經不同的幾何路徑，且以強烈變化的人射角入射至成像系統的透鏡元件及其他光學元件的光學表面上。沿光學軸傳播或整體長度相對靠近光學軸的射線在光學密集透鏡元件材料內一般比主要在投射元件周圍傳播的射線經歷更多的吸收。在相反的情況中，特別是在邊緣射線的情況下，有可能在光學表面上發生特別高的人射角，其結果為這些射線比起至少近似垂直地通過光學表面的射線一般將引起更大的反射耗損。因此，除其他方面，可看出從同一物體點開始的不同射線「看到」在其通過光學成像系統之路徑上的不同總

傳輸。此效果可由「光瞳傳輸」或相關光瞳傳輸函數來表示。

【0008】 特別地，當使用不產生第一級繞射的相位偏移光罩（「Levinson」類型），光瞳傳輸功能對所成像品質的影響可能是顯著的。由光學設計引起的光學表面處的射線的表面入射角(入射角度)的變化、光學塗層的層產生的變化、透鏡元件材料的變化以及光學表面上的任何污染為典型的影響因素，其可能導致光瞳傳輸功能發生變化。因此需要選項用以補償這類不想要的影響。

【0009】 US2008 / 0094599A1特別地描述了一種投射透鏡，用以將配置在投射透鏡的物體平面中的圖案成像至投射透鏡的影像平面中，其中多個光學組件配置於物體平面與影像平面之間，其中至少一光學組件具有基板，其中至少一基板表面塗佈有干涉層系統，該干涉層系統在光學組件的可用橫截面上具有反射度及/或透射度的大幅空間調節，其中調節適用於投射透鏡的其餘組件的空間傳輸分佈，使得相較於不具有干涉層系統的投射透鏡，存在於光瞳平面中的輻射的強度分佈具有明顯降低的空間調節。

【0010】 WO2013 / 050198A1特別描述了一種用以在微影投射曝光裝置的光學系統中設定強度分佈的方法。在此方法中，在配置於光學系統中的光學元件的至少一表面上產生一傳輸影響層，其形式例如為具有碳氫化合物的污染層。因此，藉由照射該層的一部分將此層部分地移除，使得光學元件由於該層的剩餘部分而具有預定的傳輸分佈。

【0011】 WO 03/092256 A2描述了具有光學濾波的投射方法和投射系統。在此處，使用成像系統，其中多個光學元件和至少一個光瞳平面配置於物體平面和影像平面之間，該光瞳平面相對於成像系統的場平面進行傅里葉變換。在光學濾波器元件協助下在場平面區域中進行角度選擇性光學濾波，其角度相依濾波器函數計算為光瞳區域的期望空間相依濾波器函數的函數。因此，有可能影響光瞳傳輸功能或出射光瞳中的強度分佈。

【發明內容】

【0012】 本發明的一目的為提供一種選擇，用以針對性地影響光學成像系統的出射光瞳中的強度分佈，而不損害用於成像的其他重要特性，例如波前。

【0013】 此目的由包含申請專利範圍第1項所述特徵的投射曝光方法、由包含申請專利範圍第13項所述特徵的投射透鏡及由包含申請專利範圍第12項所述特徵的用以產生具有局部變化傳輸的校正元件的方法來達成。

【0014】 除此之外，發明人還已經認識到，為了影響光學成像系統的出射光瞳(exit pupil)中的強度分佈，在成像光束路徑中，在光學表面(其設置作為校正表面)上附加具有適當空間分佈的繞射結構(diffraction structure)(即對在操作波長的光具有繞射效應的(繞射)結構)可能是有利的。這些繞射結構藉由在其所設置的那些區域中的繞射而從成像光束路徑去除多餘的光。然而，與灰階濾波器的情況不同，此光不會在繞射結構的位置處(即在光學元件的校正表面處)被吸收，而是在繞射結構的合適設計的情況下，可將其導引至與成像光束路徑中的光學有效元件熱解耦的一或多個非關鍵區域(uncritical region)。在由繞射所實現的輻射分量的輸出耦合的協助下，有可能在實質上不損害元件加熱的情況下獲得出射光瞳中的強度分佈的變化或校正。

【0015】 具有至少一個具有這種繞射結構的校正表面的光學元件在本申請案中也稱作「校正元件」。

【0016】 繞射結構係設計以實現在投射透鏡的出射光瞳中的強度分佈的實質變化或校正。結果，它們在結構和功能上與設計用於其他目的的繞射結構不同。

【0017】 舉例來說，已知在微影投射透鏡中使用繞射光學元件(DOE)以進行色彩校正(即色像差(顏色誤差)的校正)。由H-J Rostalski、A. Eppe及

H. Feldmann在International Optical Design, Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2006), paper WD4中所發表的專題文章「在微影投射透鏡中使用繞射透鏡(Use of Diffractive Lenses in Lithographic Projection Lenses)」描述了有可能使用繞射透鏡元件進行色彩校正，且這些元件在對影像場曲率沒有貢獻的情況下也可以簡化珀茲伐校正(Petzval correction)。

【0018】 GB 2 248 491 A描述了具有折疊光束路徑和凹面反射鏡的折反射投射透鏡，其中為了有效的色彩校正，具有沿相反方向穿過的輻射的繞射光學元件配置在凹面反射鏡附近的輻射通過兩次的一區域中。

【0019】 EP 1 256 821 A2(對應於US 2005/0073746 A1)描述了一種繞射光學元件，其具有多個繞射結構，每一繞射結構具有在繞射光學元件的平面中量測的寬度及與其垂直量測的高度，其中繞射結構的寬度和高度在繞射光學元件的表面上以相反的方向變化，使得相較於比較不寬的結構，較寬的繞射結構具有較低的高度。結果，寬結構區域中的相對低的繞射損耗增加，因此與較不寬的結構區域中相對高的繞射損耗相匹配，使得出現了一種繞射光學元件，其局部繞射效率在其表面上保持不變。另外描述了一種光學配置，其中除了具有不同寬度的繞射結構的繞射光學元件之外，也提供中性濾波器(灰階濾波器)。

【0020】 DE 10 2006 028 242 A1描述了具有兩個中間影像的折反射和折射投射透鏡，其中繞射光學元件配置在最靠近物體平面的第一光瞳平面附近。以這種方式，引入正的折射力，由此可能在其他地方節省折射力。因此，有可能獲得折射透鏡元件的最大直徑的減小。討論了對同樣存在的縱向色像差(chromatic aberration)的影響。

【0021】 用於色彩校正的繞射光學元件理想上完全地繞射到成像光束路徑(使用的光束路徑)中，而用於校正光瞳強度分佈的繞射光學元件以受控的方式將一些光繞射離開成像光束路徑。

【0022】 用於色彩校正的繞射元件指向單一級繞射，用於光瞳強度

校正的繞射元件使零級繞射的第一分量通過並將至少一第二分量(但是通常更多)繞射到第一及/或更高級，其中兩個分量都在千分之一以上，較佳在百分之一以上(選擇性地，在分量上的最大值)。

【0023】 為了確保針對出射光瞳中的強度分佈進行針對性的可再現干預，繞射結構較佳係設計使得超過40%的繞射輻射未達影像場。特別地，可使超過60%或甚至超過80%的繞射光(零級繞射之外)不能到達影像場。

【0024】 特別地，在校正表面的光學使用區域(optically used region)中的繞射結構係以滿足下列條件中的至少一者、較佳為滿足下列條件中的數個或全部的方式設計：

- 最高繞射強度存在於零級繞射中，且不同於零級繞射的具有最高繞射強度的繞射級離開成像光束路徑(使用光束路徑)；亦即，其繞射至成像光束路徑外的非關鍵區域。
- 相較於不具繞射結構的一配置，修改在出射光瞳的強度分佈，使得在出射光瞳的強度分佈變化超過 0.2%、較佳超過 2%、特別是超過 10% (就峰谷值而言)。特別地，這些限制可適用於強度分佈的非旋轉對稱貢獻(non-rotationally symmetric contribution)。
- 面積大於校正表面的光學使用區域的 5%、較佳大於 10%、特別是大於 15%的部分不帶有任何繞射結構。
- 繞射結構的非旋轉對稱分量的 RMS 值(由例如繞射結構的高度變化及/或折射率變化等的非旋轉對稱分量的 RMS 值所給定)超過旋轉對稱分量的 RMS 值。

【0025】 繞射結構可設計及配置使得由繞射結構所繞射的分量的主要分量(substantial component)(例如大於這些分量的50%或大於60%或大於70%)在非關鍵區域中由至少一低反射輻射擷取裝置所擷取。在校正表面處藉由繞射而局部地解耦的輻射分量可被擷取，例如在孔徑光闌、在場光闌、在雜散光光闌、在光學元件的安裝組件、在穿透邊緣、及/或在可能專門為

此目的而提供的其他低反射光束擷取裝置。為了大幅地抑制在低反射輻射擷取裝置處的繞射輻射分量的反射，低反射輻射擷取裝置可至少在暴露於繞射輻射的區域中具有對操作波長具有吸收作用的單獨塗層或任何其他吸收結構。

【0026】 較佳地，低反射輻射擷取裝置配置在與具有校正表面的光學元件相距至少5 mm的一距離處。距離也可更大，例如至少10 mm或至少20 mm。結果，有可能確保所繞射的輻射分量的可能吸收以及在與其連接的受影響點處的溫度升高對校正表面或已設有校正表面的光學元件的光學使用區域沒有影響或僅具有可忽略的小影響。因此，由於輻射分量的繞射解耦，有可能在很大程度上避免間接熱引起的系統像差(system aberration)。

【0027】 為了藉由具有足夠大的繞射角度的繞射來獲得輻射分量的有效解耦，在某些具體實施例中，繞射結構具有含密集線(dense line)的一圖案，該密集線具有小於10倍操作波長的線間距。特別地，具有密集線的區域內的線間距或周期可小於操作波長的五倍或小於操作波長的兩倍或小於操作波長，在適用範圍內例如低至操作波長的十分之一。通常，在此可獲得的繞射角度足以使待解耦的輻射分量轉向經過相鄰光學元件至成像光束路徑之外的非關鍵區域。

【0028】 舉例來說，當使用例如深紫外光(DUV)範圍內的操作波長時，線間距可小於400 nm或小於200 nm。另一方面，當使用來自極紫外光(EUV)範圍的操作波長時，繞射結構可更為精細，例如線間距約為數十奈米，低至十奈米以下，例如一或二或三或五奈米。

【0029】 舉例來說，密集線可直線地彼此平行延伸，由此有可能在垂直於線的範圍的平面中預先決定繞射方向。在圓形曲線的協助下，例如以同心圓的形式，也有可能部分地或全部地形成繞射結構，然後在徑向方向上量測其線間距。

【0030】 考慮到避免元件的加熱，在某些具體實施例中，繞射結構

部分地或完全地設計為相位光柵(phase grating)。舉例來說，可藉由以局部聚焦的雷射脈衝將石英材料局部地壓縮來產生相位光柵，其結果為相對於相鄰的非照射區域，照射區域中的材料折射率發生變化，而實現相位光柵。選擇性地，甚至可能通過抗反射塗層或通過反射塗層在光學元件的材料中產生這種類型的相位光柵。

【0031】 作為設計具有相位光柵或設計作為相位光柵的繞射結構的替代方案或其補充，也可能使用形式為放大光柵的繞射結構。舉例來說，振幅光柵的線可藉由合適的線狀塗層來產生。雖然在振幅光柵的情況下有可能是吸收入射輻射的某個分量的情況，但此吸收分量低於具有大面積吸收塗層的灰階濾波器的情況，因此原則上振幅光柵(amplitude grating)也可使用作為繞射結構。

【0032】 為了在校正表面上設定所需的繞射效應的局部分佈，有可能適當地選擇繞射結構的不同參數。舉例來說，具有繞射結構的區域可能位於校正表面上沒有繞射結構的區域附近。因此，情況可能是僅有一部分校正表面被繞射結構佔據。

【0033】 替代地或補充地，可能的情況為在提供繞射結構的那些區域中，它們之間的繞射結構都是相同的，因此繞射效應的局部分佈主要受繞射結構本身的局部分佈的影響。替代地或補充地，也有可能在校正表面處產生每單位面積具有不同密度的繞射結構。因此，有可能在具有繞射結構的區域內獲得局部不同的繞射效應。

【0034】 當選擇合適位置用於施加校正表面及用於施加低反射光束擷取裝置時，有可能考慮投射透鏡的結構的特性。舉例來說，投射透鏡可設計使得它在沒有中間成像的情況下將物體場直接成像到影像場中。投射透鏡也有可能組態使得在物體平面和影像平面之間的中間影像平面的區域中產生至少一真實的中間影像。在這些情況下，若已經設置有校正表面的光學元件(即校正元件)配置在物體平面和中間影像之間的光瞳平面(pupil

plane)或光瞳平面附近，則可能是有利的。在此情況下，可藉由在中間影像的區域中的場光闌或雜散光光闌來部分地或全部地擷取繞射輻射。

【0035】 替代地或補充地，也可能在投射透鏡的場平面附近(例如在物體平面附近)、或如果形成真實中間影像則在中間影像附近，光學地附接具有已設置繞射結構的校正表面的至少一個光學元件。較佳地，設置有校正表面的光學元件配置在成像光束路徑中的孔徑光闌的上游，使得孔徑光闌可用作一低反射輻射擷取裝置。

【0036】 用於晶圓掃描器的高性能投射透鏡(例如折反射投射透鏡)通常具有矩形(有效)物體場，其通常不是相對於光學軸居中而是偏離軸。若物體場和影像場為在第一方向上的場寬度與在與第一方向垂直的第二方向上的場高度之間具有大於1的外觀比(aspect ratio)的槽形(slot-shaped)，則若繞射結構的結構元件的結構方位(structure orientation)係設計使得繞射結構主要或完全地繞射至第二方向可能是有利的。因此，即使在相對小的繞射角度下，也可能獲得對不想要的輻射分量的可靠的完全遮蔽。

【0037】 在繞射結構的協助下，有可能以針對性的方式影響在投射透鏡的出射光瞳中的局部強度分佈(local intensity distribution)。因此，如果存在校正表面，則此強度分佈可能與不存在校正表面時的強度分佈不同。此選項可用以獲得出射光瞳中的強度分佈的均等化，即減小變化。原則上，也可能使用光瞳傳輸函數的不同輪廓來放大變化或設定不同類型的變化。然而，校正方面通常會優先考慮。

【0038】 在一些變化形式中，藉由量測來決定沒有校正表面的投射透鏡的光瞳傳輸(pupil transmission)，其中繞射結構係實施以產生空間相依的繞射輪廓(spatially dependent diffraction profile)，若校正表面配置在成像光束路徑中，則相對於沒有校正表面的組態，該繞射輪廓降低光瞳傳輸的變化。即使所產生的光瞳傳輸函數在光瞳傳輸的不同數值之間變化(亦即，即使它不均勻)，這種變化的減小在此處也稱作「均等化」。

【0039】 在實施本發明的範疇內，有可能實施一種用於產生具有校正表面的光學元件的方法，該校正表面具有局部變化的傳輸。局部變化的傳輸基本上由繞射結構的類型及其在校正表面上的局部分佈來決定。光學元件係提供以用於光學成像系統的成像光束路徑中的可預先決定的位置。舉例來說，可針對設計採用以下程序。

【0040】 在步驟(a)(選擇步驟)中，選擇要設有繞射結構的至少一校正表面的成像光束路徑中的位置。

【0041】 在步驟(b)(分配步驟)中，確定成像光束路徑中的校正表面的位置與場相依光瞳位置(field-dependent pupil location)之間的分配。

【0042】 舉例來說，這可理解如下。光學表面上的點在每個場點 x_i 處(從其看到的子孔徑)對應至光瞳中的位置： $p_i(x_i)$ 。通常，以下將適用於此類型的各種場點 $x_i, x_j, \dots$ 等： $p_j(x_j) \neq p_i(x_i)$ 。舉例來說，可根據以下定義遷移速度 v ：

$$v = (p_i(x_i) - p_{i+1}(x_{i+1})) / (x_i - x_{i+1})$$

【0043】 這取決於光學表面的位置(在光學系統中)。若 $|v|$ 相對較大，則表面具有近場位置。若 $|v| \approx 0$ ，則表面有近光瞳位置。遷移速度僅為一範例。可想到其他特性(例如其他功能性輪廓)，並應選擇為適合光學系統。這些變量與子孔徑比相關。通常，在光學系統中任何地方都會產生在出射光瞳中值得校正的行為，通常在其中的表面上或其附近產生。可為其分配子孔徑比，該子孔徑比與遷移速度或基於場相依光瞳強度分佈所定義的任何其他特徵相關。

【0044】 舉例來說，可針對步驟(b)進行射線模擬。舉例來說，若相關表面配置在光學成像系統的光瞳平面中，則表面上的每個位置將對應於光學成像系統的出射光瞳中的固定位置，該固定位置不隨場位置而變化。在許多情況下，設置作為校正表面的表面將不會精確地定位在光瞳平面中。在這些情況下，出射光瞳中的分配點將根據場點的位置而變化。

【0045】 為了在引入校正之前知道光學成像系統的實際狀態，在步驟c)(量測步驟)中對影像場中不同場點(即取決於影像場中的場位置)進行出射光瞳中的局部強度分佈的量測。量測步驟可在合適的量測系統中進行。

【0046】 在步驟(d)(輪廓確定步驟)中，確定預期的偏轉輪廓(intended deflection profile)，其表示藉由繞射遮蔽(masking)輻射強度的所追求的局部分佈(sought-after local distribution)，這對於獲得出射光瞳中的局部強度分佈的所追求的預期輪廓是必要的。原則上，在執行此方法步驟之後，已知應設置繞射結構的校正表面的位置或部分，且已知該繞射結構藉由繞射將輻射強度從成像光束路徑移除的程度。當執行此步驟時，舉例來說，有可能對於光瞳上的Zernike多項式中的每個場點(或選定的場點)展開在出射光瞳中的局部強度分佈。然後，基於在步驟(b)中確定的分配，有可能確定曲線，例如在Tikhonov正則化或QuadProg最佳化的範圍內，其最小化由Zernike係數所組成的目標函數。

【0047】 在選擇性的比較步驟的範疇內可將此最佳化步驟的結果與出射光瞳中的局部強度分佈的當前規範進行比較。若在校正後未達到規格，則有可能加入一或多個額外的校正表面。若在最佳化操作中毫無困難地達成規格中的目標，則可嘗試省略一或多個校正表面，從而降低校正過程的複雜度、成本、持續時間和誤差敏感度。由於此選擇性迭代程序，產生待遮蔽的相應光量的校正表面和相關輪廓(預期偏轉輪廓)的列表。此列表可包含單個校正表面或在不同位置處的多個校正表面，例如二或三或四個校正表面。

【0048】 在此方法步驟之後，應藉由繞射將輻射強度遮蔽在成像光束路徑之外以在投射透鏡中獲得出射光瞳中的期望局部強度分佈的校正表面和校正表面的位置為已知。仍然需要確定適合於此目的的繞射結構如何結構化及分佈。

【0049】 為此，在步驟(e)(角度光譜確定步驟)中確定具有入射在校正

表面的區域位置處的射線的入射角的第一光譜。此外，確定具有朝向影像場方向上從區域位置發出的射線的反射角的第二光譜。因此，在成像光束路徑內從校正表面出發的那些射線的射線角度將到達影像場並有助於第二光譜中的影像生成。繞射光強度不應轉向第二光譜內的方向。較佳地，確定具有朝向非關鍵區域方向上從區域位置引出的射線的反射角的第三光譜。因此，由步驟(c)所實現的是，已知要產生的繞射結構可繞射的方向，且已知應避免哪些繞射方向。

【0050】 基於此方法步驟的結果，對於在操作波長的射線，在步驟(f)(結構確定步驟)中決定產生繞射到第二光譜外(特別是在第三光譜內)的方向或角度的繞射結構的結構週期及結構方位。從操作波長 λ 開始，這可由布拉格方程來實現：

$$n \lambda = 2 d \sin \alpha,$$

其中 n 是繞射級， λ 是工作波長， d 是結構週期， α 是繞射角。在此處，只有繞射級(不等於零)的繞射角針對在校正表面上使用期間(操作期間)發生的所有入射角實施為使得繞射光被引導到非關鍵區域的那些結構週期和結構方位被認為是繞射結構的可能結構參數。

【0051】 在步驟(g)(繞射強度確定步驟)中，確定繞射結構的空間相關繞射強度，繞射結構導致獲得預期的偏轉輪廓。以空間相關的方式選擇繞射強度，使得精確地出現了所需的遮蔽光的輪廓。舉例來說，此強度可轉換成繞射結構的振幅，其精確地提供所需的繞射強度。通常，可藉由近似來定量地描述預期由繞射引起的強度變化 ΔI

$$\Delta I \approx 2\pi h / \lambda.$$

此處， h 為光學路徑長度變化的幅度。通常，此近似適用於此處所考慮情況的足夠精確度，因為通常只有相對較小的入射輻射的強度分量應藉由繞射將其遮蔽在成像光束路徑之外。

【0052】 或者，或以互補的方式，可使用現有技術中已知的嚴格方

法以更高的準確度來確定繞射強度。這些方法尤其包含基於模式的計算、有限元素方法和有限差分方法。

【0053】 根據步驟(f)的結構週期和結構方位的確定以及根據步驟(g)的空間相關繞射強度的確定可在時間重疊下進行或在時間上依次進行，時間順序原則上是任意的。

【0054】 接著，可根據步驟(f)和(g)的結果在校正表面上產生繞射結構。

【0055】 舉例來說，有可能使用產生特別小吸收的相位光柵來產生繞射結構。所有繞射結構或僅一些繞射結構可設計為相位光柵。根據應用，也可能選擇性地將一些繞射結構或所有繞射結構設計為振幅光柵。舉例來說，可藉由將鉻結構施加到設置作為校正表面的光學表面上來產生振幅光柵。

【0056】 此處描述的概念可用於各種不同的操作波長，特別是目前在微影中使用的那些波長，以獲得高解析度和圖案準確度。例如，當使用具有來自深紫外光(DUV)範圍的操作波長的電磁輻射時，可使用這些概念。舉例來說，這些操作波長包含低於約260 nm的波長，例如248 nm、193 nm或157 nm。這些概念也可用於利用具有來自極紫外光範圍(EUV)的操作波長(例如在約5 nm和約20 nm之間，例如約13.4 nm或約6.7 nm)的電磁輻射的投射曝光系統。應相應地調整繞射結構的結構尺寸，以獲得所需的繞射角和繞射效率。

【圖式簡單說明】

【0057】 根據申請專利範圍及下文對本發明較佳範例具體實施例的描述，本發明的其他優點及態樣是顯而易見的，下文將參考附圖對其進行說明。

【0058】 圖1顯示具有繞射校正元件的光學成像系統的具體實施例

的徑向截面；

【0059】 圖2顯示了說明圖1的投射透鏡的光瞳傳輸為光瞳坐標的函數的示意圖；

【0060】 圖3顯示投射曝光裝置的範例具體實施例；

【0061】 圖4顯示具有繞射校正元件的折反射投射透鏡的具體實施例的徑向截面；

【0062】 圖5示意性地顯示圖4的校正元件的平面圖；

【0063】 圖6顯示用於EUV微影的透射曝光裝置的範例具體實施例；以及

【0064】 圖7顯示具有反射繞射校正元件的反射投射透鏡的具體實施例的截面圖。

【實施方式】

【0065】 一開始使用圖1和圖2來解釋一些基本原理，以更佳地理解在使用高性能光學成像系統時的問題。圖1顯示了用於微影投射曝光裝置的折射(屈光)投射透鏡PO形式的光學成像系統的具體實施例的徑向截面。在縱向截面中僅顯示投射透鏡的幾個代表性透鏡元件L1、L2、L3、L4。兩光束B1及B2表示藉由投射透鏡將配置在物體平面OS且以光學軸為中心的物體場OF縮小地光學成像至位在影像平面IS且以光學軸為中心的影像場IF，其中一者(光束B1)從位在光學軸AX上的物體點發出，且另一者(光束B2)從與光學軸的距離最大的一離軸物體點發出。在此物體側及影像側遠心投射透鏡中實質垂直於物體平面OS發出的離軸光束B2的射線CR為成像的主射線(主要射線)，其與光學軸AX的交點設定投射透鏡的光瞳平面PPO的軸向位置。在光瞳平面附近設置一孔徑光闌AS，用以限定光瞳附近的光束截面並用以設定所使用的影像側數值孔徑NA。在各個情況下從物體點行進至孔徑光闌邊緣的射線在此情況下稱作「孔徑射線」或「邊緣射線」。

【0066】 明顯地，各種射線通過不同的幾何路徑(在基本上相同的光學路徑長度的情況下)並以非常不同的入射角入射到光學表面上。在整個長度上非常靠近光學軸或沿光學軸行進的光線在光學密集透鏡元件材料內比主要在透鏡元件周圍行進的射線經歷更多的吸收。相反地，特別是在邊緣射線的情況下，在光學表面上有可能出現特別大的入射角，其結果為這些射線比起在光學軸附近傳播並至少近似垂直地穿過光學表面的射線一般將引起更大的反射耗損。因此，可特別地看出，從相同物體點開始的不同射線在其通過投射透鏡的路徑上將「看到」不同的總傳輸。

【0067】 在所謂「光瞳傳輸」TP的協助下顯示此效果於圖2，其可藉由「光瞳傳輸函數」定量地描述，其中投射透鏡的傳輸繪示為正規化光瞳座標PK的函數。實線A代表折射投射透鏡的光瞳傳輸的典型曲線，其基本上為旋轉對稱。明顯地，光學軸($PK = 0$)附近的光瞳傳輸具有相對較高的值，其在傳輸於光瞳邊緣附近顯著降低之前(在距離光學軸更遠的情況下)仍隨著與光學軸的徑向距離增加而增加。

【0068】 若從所選擇的影像場點(影像場IF中的場點)考慮投射透鏡，則可看到用於此影像場點的投射透鏡的出射光瞳。然後，光瞳傳輸表現為光學成像系統的出射光瞳中的強度的局部分佈。此強度的局部分佈可為均勻的(沒有光瞳的強度變化)。然而，針對每一影像場點，通常在出射光瞳中存在不均勻的強度分佈。一般來說，出射光瞳中的強度分佈也隨影像場點的不同而異，因此不同的影像場點有不同的光瞳照明。在本申請案中，這稱作出射光瞳中的強度分佈的場相依性。

【0069】 對於通過投射透鏡的不同光束路徑，投射透鏡的有效傳輸的強烈變化可能對成像品質有很大的影響。舉例來說，出射光瞳中強度分佈的明顯場相依性可能導致所產生結構在影像場上的臨界尺寸的變化(CD變化)。

【0070】 基於圖2更詳細地解釋了非均勻照明的出射光瞳的可能問

題。考慮用以使用光罩M的圖案PAT的至少一影像來曝光輻射敏感基板W的投射曝光方法。光罩保持於照明系統(圖1中未示出)及投射透鏡PO之間，使得圖案PAT配置在投射透鏡的物體平面OS的區域中。基板W係保持使得基板的輻射敏感表面配置在與物體平面光學共軛的投射透鏡的影像平面IS的區域中。光罩的照明場由照明系統所提供的具有操作波長 λ 的照明輻射所照明。照明場的位置和大小決定了有效使用的物體場OF的位置和大小。

【0071】 位在照明場中的圖案PAT的一部分在投射透鏡的協助下以上述的方式轉移至影像平面中的影像場IF上。在示例性的情況下，圖案PAT應具有第一區域I及在其旁邊的第二區域II，其中第一區域I具有相對緊密排列在一起的線，且第二區域II具有線間距較大的線(即較粗糙的結構)。在照明系統處設定偶極照明，該偶極照明設定的特徵為照明系統的光瞳平面中的兩個照明強度最大值，其相對於光學軸彼此正好相反且完全偏離光學軸。圖案PAT作為用於由此產生的照明輻射的繞射光柵。在此處，具有較大光柵常數(或較小線密度)的第二區域II的繞射角小於具有較大線密度的第一區域I的繞射角。

【0072】 根據偶極照明的照明最大值的離軸位置，零級繞射「0」位在光學軸之外，在示例性情況下在約-0.7的正規化光瞳坐標處(參見圖2)。照明強度最大值的離軸位置係選擇使得與具有較小線密度的第二區域II相關聯的第一級繞射 1_{II} 基本上與在光瞳座標 $PK=+0.7$ 處的光瞳的相對側上的光學軸對稱。第一區域I的較大線密度導致更大的繞射角，因此相關的第一級繞射 1_I 更靠近光瞳的外邊緣，例如在約0.9的光瞳坐標處。此第一級繞射的邊緣位置顯示，在所選的投射透鏡的數值孔徑的情況下，第一區域I中的較高線密度更接近投射透鏡的解析度極限。

【0073】 現在使用與光瞳中的位置相對應的局部光瞳傳輸TP來轉移不同的繞射級，因此針對具有不同線密度的部分圖案，出現了對於光瞳傳輸、以及對於曝光劑量的不同圖案特定值。在由曲線A表示的投射透鏡的情

況下，其中沒有採用主動干預來設定出射光瞳中的強度分佈，第二區域II的較粗糙結構可使用相對較高的劑量來成像，因為與零級繞射相關以及與第一級繞射 1_0 相關的光瞳傳輸值(它們基本上是相同的)位於光瞳傳輸的最大值附近。相較之下，更接近光瞳邊緣的較精細部分圖案的第一級繞射 1_1 的光瞳傳輸 T_P 明顯更低，因此基板上的圖案特定劑量顯著低於針對較粗糙結構的劑量。在示例性情況下，這有助於暴露基板中的相關線，其線寬明顯大於或小於第二區域II中相距更遠的線的線寬。結果，出現劑量差異，這可能導致暴露基板中的臨界線寬度的顯著變化，其結果為成像品質受損。

【0074】 在範例具體實施例中，藉由在單獨量測的協助下所設定的投射透鏡的出射光瞳中的光瞳傳輸函數的曲線或強度分佈，可顯著降低這種不想要的影響。在圖2的示例性情況中，將光瞳傳輸函數修改為由「B」所表示並由虛線所描繪的曲線，使得相較於沒有主動設定的投射透鏡，光瞳傳輸的數值在最大值的區域(即針對於較粗糙結構的零級和第一級繞射所在之處)中將減小，確切地說，比在較精細結構的第一級繞射 1_1 所在的區域中更強。結果，不同密集線的光瞳傳輸的差異減小，因此上述不利的影響變得更小或可能保持低於臨界值。

【0075】 在圖1和圖2的範例具體實施例中，這是藉由在投射透鏡的光瞳平面PPO附近的特殊類型的傳輸濾波來實現，亦即藉由變跡方法來實現。為此，選擇形式為透明平面平行板的光學元件PP，該板直接位於投射透鏡PO的光瞳平面PPO的光學附近的孔徑光闌AS前。在該示例性情況下，選擇此光學元件的至少一光學表面(在示例情況下為面向物體平面的入射表面S1)作為校正表面。光學元件具有基本上為圓形並包含光學軸AX的光學使用區域UA(參見詳細圖式，其對應於光學元件在光瞳平面附近的位置)、以及位於光學使用區域之外的邊緣區域，其中用以保持光學元件的保持結構與光學元件接合。

【0076】 根據可預先決定的局部分佈在光學使用區域UA內產生繞

射結構DS，使得在投射曝光裝置的操作期間，繞射結構藉由繞射將入射在繞射結構上的成像光束路徑的射線的強度分量導引至成像光束路徑外的非關鍵區域中。在此處，在示例性的情況下，舉例來說，繞射結構配置使得繞射強度的局部最大值位於對應光瞳傳輸函數的局部最大值的那些區域(在 $PK = 0.7$ 和 $PK = -0.7$)，使得該處藉由繞射對光強度的遮蔽比靠近光學軸AX處更強。由於藉由繞射的輻射強度的局部不規則遮蔽，這些區域中的光瞳傳輸比在光學軸附近(該處沒有繞射結構，因此基本上傳輸沒有降低)更強烈地降低，因此產生上述使光瞳傳輸更均勻或降低光瞳傳輸變化的效果。由於在區域中具有繞射效應的光學元件PP使出射光瞳中的強度分佈得到至少部分的校正，而達到更均勻分佈的效果，因此光學元件PP也稱作校正元件。

【0077】 在示例性情況下，繞射結構DS係設計使得大於40%或大於60%或甚至大於80%的繞射輻射未達到影像場IF，因此它也不能影響影像的產生。為了避免繞射的輻射分量經由在投射透鏡的內表面處的反射而繞道到達影像場，在圖1的範例中，單獨的低反射輻射擷取裝置SI1、SI2附接在投射透鏡的內部。舉例來說，這些可塗佈有吸收在操作波長下的光的塗層，或者可具有任何其他輻射吸收設計，例如通過表面結構化。在示例性情況下，輻射擷取裝置配置在距光學元件PP數公分的大距離處，因此輻射擷取裝置的可能加熱無法通過熱傳導到達光學元件PP。藉由繞射遮蔽輻射分量基本上沒有吸收，特別是在將繞射結構設計為相位光柵時。結果為有可能獲得輻射強度分量的遮蔽，而不會有不利的光學元件PP的局部元件加熱，其難以被控制。

【0078】 在圖3和圖4的基礎上解釋了另一範例具體實施例。圖3顯示了微影投射曝光裝置WSC的範例，其可用於生產半導體組件和其他精細結構化的組件並可使用來自深紫外線(DUV)範圍的光或電磁輻射來操作，以獲得低至微米級的解析度。具有約為193 nm的操作波長 λ 的ArF準分子雷射作為主要輻射源或光源LS。其他UV雷射光源(例如操作波長為157 nm的F₂雷射

或操作波長為248 nm的KrF準分子雷射)也是可能的。

【0079】 在其出射平面ES中，設置在光源LS下游的照明系統ILL產生大的、明顯限定的且基本上均勻照明的照明場，其適用於在光路徑中配置在其後面的投射透鏡PO的遠心度的要求。照明系統ILL具有用以調整不同照明模式(照明設定)的裝置，且其可例如在具有不同相干度 σ 的傳統軸上照明與離軸照明之間切換。舉例來說，離軸照明模式包含環形照明或偶極照明或四極照明或任何其他多極照明。

【0080】 接收來自光源LS的光並從該光形成照明輻射(該照明輻射被導引至光罩M)的光學組件為投射曝光裝置的照明系統ILL的一部分。

【0081】 配置在照明系統下游的是用以保持及操縱光罩M(遮罩)的裝置RS，使得配置在遮罩處的圖案位於投射透鏡PO的物體平面OS中，其中物體平面OS與照明系統の出射平面ES重合且也稱作遮罩平面。出於掃描操作的目的，光罩可在掃描器驅動器的協助下在垂直於光學軸OA(z方向)的掃描方向(y方向)上在該平面內移動。

【0082】 接在物體平面OS的下游的為投射透鏡PO，其作用為一縮小透鏡並以縮小的比例(例如以1:4($|\beta| = 0.25$)或1:5 ($|\beta| = 0.20$)的比例)將配置在光罩M處的圖案的影像成像至塗佈有光阻層的基板W上，其感光基板表面SS位於投射透鏡PO的影像平面IS的區域中。

【0083】 待曝光基板(在示例性的情況下為半導體晶圓W)由包括掃描器驅動器的裝置WS來保持，以在掃描方向(y方向)上垂直於光學軸OA與遮罩M同步地移動晶圓。裝置WS(也稱作「晶圓台」)和裝置RS(也稱作「遮罩台」)是掃描器裝置的構成部分，其經由掃描控制裝置來控制，該掃描控制裝置在具體實施例中整合在投射曝光裝置的中央控制裝置CU中。

【0084】 由照明系統ILL產生的照明場定義了在投射曝光期間所使用的有效物體場OF。在示例性情況下，有效物體場為矩形的，其具有平行於掃描方向(y方向)量測的高度A*，且具有與其垂直(在x方向上)量測的寬度

$B^* > A^*$ 。通常，外觀比 $AR = B^* / A^*$ 介於2和10之間，特別是介於3和6之間。有效物體場位於y方向上與光學軸相鄰一距離處(離軸場)。與有效物體場光學共軛的影像平面IS中的有效影像場具有與作為有效物體場相同的形式及相同的高度B和寬度A之間的外觀比，但絕對場維度降低了投射透鏡的成像比例 β ，即 $A = |\beta| A^*$ 及 $B = |\beta| B^*$ 。

【0085】 若投射透鏡設計及操作為浸潤透鏡，則浸潤液體的薄層在投射透鏡的操作期間被透照，該薄層位於投射透鏡的出射平面與影像平面IS之間。在浸潤操作期間，影像側數值孔徑 $NA > 1$ 是可能的。乾式透鏡的組態也是可能的；在這種情況下，影像側數值孔徑被限制為值 $NA < 1$ 。

【0086】 圖4顯示了可在投射曝光裝置WSC中使用的投射透鏡PO的範例。

【0087】 圖4顯示了具有選定的光束的折反射投射透鏡PO的具體實施例的示意徑向透鏡截面，用以說明在操作期間延伸通過投射透鏡的投射輻射的成像光束路徑。投射透鏡係提供作為具有縮小效果的成像系統，用於以縮小的比例(例如以4：1的比例)將配置在其物體平面OS中的光罩的圖案成像至與物體平面平行對齊的其影像平面IS上。在此處，在物體平面和影像平面之間產生恰好兩個真實的中間影像IMI1、IMI2。僅由透明光學元件構成並因此為純折射(折射(dioptric))的第一透鏡部分OP1係設計使得物體平面的圖案以放大的方式成像至第一中間影像IMI1中。在折反射的第二透鏡部分OP2的協助下，將其在基本上沒有改變尺寸的情況下成像為第二中間影像IMI2。第二透鏡部分由兩個凹面反射鏡CM1、CM2構成，其反射鏡表面在各個情況下彼此面對並配置在近場配置中(靠近中間影像，遠離位於其間的光瞳平面)。第三純折射透鏡部分OP3係設計以將第二中間影像IMI2大幅縮小地成像至影像平面IS中。所有透鏡部分都具有共同、直線(非折疊)的光學軸OA(順序系統)。

【0088】 成像系統的光瞳平面P1、P2、P3分別位於物體平面和第一

中間影像之間、第一及第二中間影像之間、以及第二中間影像和影像平面之間，其中光學成像的主射線CR與光學軸OA相交。系統的孔徑光闌AS附著在第三透鏡部分OP3的光瞳平面P3的區域中。折反射第二透鏡部分OP2內的光瞳平面P2在光學上遠離兩個凹面反射鏡。

【0089】 若投射透鏡係設計並操作為一浸潤透鏡，則浸潤液體的薄層在投射透鏡的操作期間被透照，其中薄層位於投射透鏡的出射平面及影像平面IS之間。舉例來說，在國際專利申請案WO 2005 / 069055A2中顯示了具有類似基本結構的浸潤透鏡。在浸潤操作期間，影像側數值孔徑 $NA > 1$ 是可能的。組態作為乾式透鏡也是可能的；在此情況下，影像側數值孔徑被限制為值 $NA < 1$ 。

【0090】 (旁軸)中間影像IMI1、IMI2的位置分別定義了與物平面及與影像平面光學共軛的系統的場平面。為了量化光學元件或光學表面在光束路徑中的位置，可使用例如子孔徑比SAR。

【0091】 根據一闡明的定義，依照 $SAR = SAD / DCA$ ，成像光束路徑中光學元件的光學表面的子孔徑比SAR定義為子孔徑直徑SAD與根據SAR的光學自由直徑DCA之間的商。子孔徑直徑SAD由從一給定場點所發出的光束射線所照明的光學元件的一部分的最大直徑所給定。光學自由直徑DCA為繞光學元件的參考軸的最小圓的直徑，其中圓包含由來自物體場的所有射線所照明的光學元件的表面區域。

【0092】 因此， $SAR = 0$ 適用於場平面(物體平面或影像平面或中間影像平面)。 $SAR = 1$ 適用於光瞳平面。因此，「近場」表面具有接近0的子孔徑比，而「近光瞳」表面具有接近1的子孔徑比。

【0093】 光學表面與參考平面(例如場平面或光瞳平面)的光學接近度或光學距離在本申請案中由所謂的子孔徑比SAR來描述。針對本申請的目的，光學表面的子孔徑比SAR定義如下：

$$SAR = \text{sign CRH} (MRH / (|CRH| + |MRH|))$$

其中MRH表示邊緣射線高度，CRH表示主射線高度，且符號函數 $\text{sign } x$ 表示 x 的符號，依慣例 $\text{sign } 0 = 1$ 。主射線高度係理解為表示在強度上具有最大場高度的物體場的場點的主射線的光束高度。在此處，射線高度應理解為有符號。邊緣射線高度應理解為表示從光學軸和物體平面之間的交叉點開始的具有最大孔徑的射線的射線高度。此場點不需要有助於轉移配置在物體平面中的圖案 - 特別是在離軸影像場的情況下。

【0094】 子孔徑比是帶符號的變量，其為針對平面到場或光瞳的光束路徑附近的量度。根據定義，子孔徑比被正規化為-1到+1之間的值，其中子孔徑比在每一場平面中為零，且其中子孔徑比在光瞳平面中從-1跳至+1，反之亦然。因此，絕對值為1的子孔徑比決定一光瞳平面。

【0095】 因此，在數量上，近場平面具有接近0的子孔徑比，而近光瞳平面具有接近於1的子孔徑比。子孔徑比的符號指定了參考平面的上游或下游的平面的位置。

【0096】 形式為透明平板的光學元件PP配置在近光瞳空間PS內的第一光瞳平面P1的區域中的成像光束路徑中。

【0097】 在建構光學設計時考慮平板的光學效應。平板(包含其底座)係設計為互換組件，並可在投射曝光裝置的互換裝置EX的協助下從成像光束路徑移除，且其可例如由具有相同厚度的不同平板來替換。另一平板可設計為在光學使用區域UA中具有繞射結構的板形校正元件PP'。圖5顯示了具有繞射結構DS的此一校正板的變化形式的示意平面圖。在設計繞射結構時，特別是在設定密集線的方向時，考慮投射透鏡的特性。

【0098】 投射透鏡的設計具有兩個真實的中間影像IMI1、IMI2，其位於投射透鏡的場平面區域中。這些區域可用於放置雜散光闌，這確保了雜散光(例如散射光和超孔徑光)不會到達影像場IF且不會降低成像品質。圖4顯示了用作輻射擷取裝置的兩個雜散光闌BL1、BL2。與有效物體場OF一樣，有效影像場IF是矩形的，其具有平行於 x 方向延伸的長邊及平行於 y 方向

延伸的短邊。舉例來說，範圍可為26 mm×5.5 mm。光學元件PP配置在第一光瞳平面P1中或其附近，亦即在物體平面OS和第一中間影像IMI1之間。因此，根據校正元件的位置與隨後的場平面之間的傅立葉關係，校正元件的區域中的角度變化將轉換為後續中間影像平面的區域中的位置變化。

【0099】 設計繞射結構使得繞射結構在短場方向的方向上繞射(即基本上平行於y方向(掃描方向))被認為是有利的。這可實現的是，即使是來自相對場邊緣的射線也已經以適度的繞射角離開中間影像，並能夠藉由場光闌(雜散光光闌)遮蔽(參見圖4中的虛線繞射射線BS)。也有可能使繞射結構的線平行於y方向對準，使得繞射結構在長場範圍的方向上繞射。然而，這種情況需要相應更大的角度變化，因此需要更精細的繞射結構，以藉由場光闌獲得可靠的遮蔽。舉例來說，可能需要繞射角為0.41的正弦，以可靠地繞射出有效影像場。

【0100】 若使用約193 nm的操作波長，則可從此估計所得出的是，具有例如255 nm或更短週期的密集線進行足夠強的繞射以實現可靠的遮蔽。繞射結構的線沿著長場範圍定向，因為接著進行與其垂直的繞射，即沿短場方向進行，正如所希望的那樣。

【0101】 原則上，繞射結構也可應用於具有近場配置的光學元件，即光學地配置在場平面附近(例如物體平面或中間影像平面)的光學元件。接著，可例如在孔徑光闌AS的協助下擷取繞射輻射。

【0102】 除了具有相互平行直線的線結構之外，也有可能使用圓形結構作為繞射結構；由於通常為近似圓形的光瞳，所以這可能是有利的。

【0103】 所主張的本發明的使用不限於針對DUV範圍所設計的上述具體實施例。相反地，也可使用其他操作波長，例如EUV範圍。圖6顯示了用於EUV微影的投射曝光裝置的範例具體實施例，且圖7顯示了適用於EUV範圍並具有反射繞射校正元件的反射投射透鏡的具體實施例的截面。

【0104】 圖6的微影投射曝光裝置WSC包括光源LS、照明系統ILL及

投射透鏡PO。光源LS產生在操作波長 λ 附近的波長範圍內的主要輻射，其中此輻射係導引作為輻射光束RB進入照明系統ILL。照明系統ILL通過膨脹、均勻化、改變射線角度分佈等來改變主要輻射，從而在其輸出處產生照明輻射光束RB，其撞擊在承載或產生待成像圖案的反射遮罩或光罩M上。術語「遮罩」或「光罩」通常表示適用以產生圖案的反射圖案產生裝置。

【0105】 投射透鏡PO為一光學成像系統，其設計用以將配置在其物體平面OS中的圖案成像至與物體平面光學共軛的影像平面IS。輻射通過投射透鏡並撞擊在基板W的表面SS上的影像平面IS的區域中，其中基板的形式為半導體晶圓並由基板保持裝置WS所承載。從輻射源到遮罩的輻射通常也稱作照明輻射，而從遮罩到基板的輻射通常稱作成像輻射或投射輻射。

【0106】 投射透鏡PO定義一參考軸RAX。物體場OF在Y方向上相對該參考軸居中。成像系統的光學元件相對該參考軸可為偏離中心的。

【0107】 在該範例的情況下，光源LS為EUV輻射源，其產生波長範圍在約5 nm至約30 nm之間的輻射，特別是在約10 nm至約20 nm之間。特別地，輻射源可設計使得操作波長在約13.5 nm的範圍。來自EUV範圍的其他波長(例如，在約6.7 nm至6.9 nm的範圍內)也是可能的。

【0108】 照明系統ILL包含光學組件，其係設計及配置使得具有最大均勻強度分佈和定義的射線角度分佈的照明輻射得以產生。在該範例的情況下，針對光束導引及/或光束塑形而提供的照明系統的所有光學組件為純反射組件(反射鏡組件)。

【0109】 光罩由光罩保持裝置RS所保持。照明輻射由反射遮罩M在投射透鏡PO的方向上反射，並針對角度分佈及/或強度分佈進行修改。通過投射透鏡到基板W的輻射形成成像光束路徑，其中示意地顯示了兩射線RO於投射透鏡的物體側(在遮罩和投射透鏡之間)，且在影像側(在投射透鏡及基板之間)上顯示了會聚集到影像場IF的影像點的兩射線RI。由會聚射線RI

在投射透鏡的影像側所形成的角度與投射透鏡的影像側數值孔徑NA有關。影像側數值孔徑可為例如0.1或更大、或0.2或更大、或0.3或更大、或大於0.4或更大。

【0110】 投射透鏡PO係設計以將圖案從投射透鏡的物體場OF的區域以縮小比例轉移到投射透鏡的影像場IF中。投射透鏡PO縮小了4倍；其他縮小比例也是可能的，例如5倍縮小、6倍縮小或8倍縮小、或其他強度較低的縮小(例如2倍縮小)。

【0111】 用於EUV微影的投射透鏡的具體實施例僅使用反射光學元件(反射系統)。投射透鏡一般具有至少三個或至少四個反射鏡。正好六個曲面的反射鏡通常是有利的。給定偶數數量的曲面反射鏡，所有反射鏡可配置在物體平面OS和影像平面IS之間，且這些平面可彼此平行定向，從而簡化了投射透鏡在投射曝光裝置中的整合。

【0112】 為了有助於投射曝光裝置的描述，圖1中顯示了笛卡爾x、y、z座標系統。在此情況下，z方向平行於參考軸RAX，且x-y平面與其垂直，亦即平行於物體平面及影像平面，y方向位於圖式中的繪圖平面上。

【0113】 投射曝光裝置WSC為掃描器類型。在投射曝光裝置的操作期間，遮罩M和基板W平行於y方向同步地移動，使得遮罩的不同區域在時間上依次地轉移到移動的晶圓。步進器類型的具體實施例也是可能的。

【0114】 圖7顯示了以yz平面作為截面的投射透鏡PO的具體實施例的示意截面圖。投射透鏡一共包含六個反射鏡M1至M6，其具有在垂直入射處或其附近使用的曲面反射鏡表面及具有平面反射表面的掠入射反射鏡GI。在每一情況下，僅示出了反射鏡M1至M6及GI的計算反射表面。真實投射透鏡的反射鏡通常大於實際使用的反射表面。設計用於步進和掃描操作的反射鏡系統以矩形(或曲面的)物體場OF操作並達到影像側數值孔徑 $NA = 0.45$ 。影像場IF的場尺寸為2 mm×26 mm，其中平行於掃描方向的較短尺寸(2 mm)也指定為掃描狹縫長度，且平行於x軸量測的較長尺寸也指定為掃描

狹縫寬度。除了六個曲面反射鏡和掠入射反射鏡GI之外，投射透鏡不具有用於光束導引及/或光束塑形的光學元件，亦即為反射(全反射)成像系統。在德國專利申請案DE 10 2012 202 675 A1的說明書和表格中揭露了關於圖6中的具體實施例的光學參數的細節，該專利以引用的方式結合至本申請案中。

【0115】 來自照明系統ILL的輻射首先撞擊配置在物體平面中的反射光罩M上。接著，反射的輻射依次撞擊在凹面第一反射鏡M1上、凸面第二反射鏡M2上、凹面第三反射鏡M3上、凹面第四反射鏡M4上、平掠入射反射鏡GI上、凸面第五反射鏡M5上、及第六反射鏡M6上，其中第六反射鏡M6具有面向影像平面IS的凹面反射鏡表面，且藉由第六反射鏡M6將撞擊的輻射反射並聚焦到影像面IS上。在第四及第五反射鏡M4、M5之間的掠入射反射鏡GI的後面(下游)形成一真實的中間影像IMI於第六反射鏡M6中的孔的區域中。投射透鏡內的光瞳平面PPO在光學上且在幾何上位於第二反射鏡M2和第三反射鏡M3之間。

【0116】 投射透鏡PO的反射鏡M1至M6和GI的所有反射表面都實施為靜態自由形式表面。在此情況下，「自由形式表面」是旋轉不對稱(非旋轉對稱)表面，其中旋轉不對稱表面的表面坐標較佳與最佳匹配的旋轉對稱表面偏離至少一個波長(操作波長)。靜態自由形式表面係理解為在成像系統的操作期間在形式方面沒有主動改變的一自由形式表面。當然，為了調整目的，可整體地移動靜態自由形式表面。具有較少的自由形式表面或不具有自由形式表面(僅旋轉對稱表面)的具體實施例也是可能的。

【0117】 可選擇投射透鏡的單一個反射鏡或投射透鏡的一個以上反射鏡作為校正元件，使得藉由根據可預先決定的局部分佈產生繞射結構於校正表面的光學使用區域中而將反射光學表面組態為校正表面。舉例來說，若期望光學上接近光瞳平面的校正，則可選擇凸面的第二反射鏡M2。若希望在中間位置產生影響或光學上更接近場平面的影響，則可選擇彎曲

的反射鏡M1及/或M4。

【0118】 選擇用於校正的反射鏡被組態為一可更換反射鏡，其表示可在不拆卸投射透鏡的整個框架的情況下將反射鏡更換為類似的反射鏡(類似的光學基礎參數)。在圖7的範例中，選擇第一反射鏡M1。雙箭頭表示第一反射鏡M1係建構為一可更換反射鏡。

【0119】 如詳細圖式的示意顯示，根據可預先決定的局部分佈在第一反射鏡M1的光學使用區域UA內產生繞射結構DS，使得在投射曝光裝置的操作期間，繞射結構藉由繞射而將入射在繞射結構上的成像光束路徑的EUV射線的強度的一分量導引至成像光束路徑外的非關鍵區域。耦合出投射光束路徑的射線在低反射輻射擷取裝置SI1處被吸收。

【0120】 由於在EUV範圍中(例如約13.5 nm或約6.7 nm)的操作波長 λ ，繞射(diffractive、diffracting)結構通常被製造成具有比適用於DUV系統的線間距更細的線間距。線間距可為數十奈米到十奈米以下的量級，例如一或二或三或五奈米。

【0121】 微影方法可用以產生繞射結構。舉例來說，可使用奈米壓印微影。奈米壓印微影為製造奈米級圖案的方法。這是一種具有低成本、高產量及高解析度的簡單奈米微影製程。它藉由壓印抗蝕劑的機械變形及後續的製程來產生圖案。壓印抗蝕劑通常為在壓印期間藉由熱或UV光而固化的單體或聚合物形成。控制抗蝕劑和模板之間的黏著力以允許適當的釋放。由此可在形成EUV反射鏡的反射表面的多層反射塗層上及/或該多層反射塗層中產生繞射結構。EUV吸收材料可用以形成繞射結構。

【0122】 作為替代方案，可使用定向自組裝(direct self assembly, DSA)方法。定向自組裝(DSA)為定向組裝的一種類型，其利用嵌段共聚物形態來建立線條、空間和孔圖案，有助於精確控制特徵形狀。DSA使用表面相互作用以及聚合物熱力學來完成最終圖案形狀的形成。

【0123】 僅由曲面反射鏡組成的投射透鏡(即沒有掠入射反射鏡的投

射透鏡)的具體實施例同樣是可能的。在DE 10 2015 223 795 A1中顯示了一範例。

【0124】 使用了微影投射曝光方法和微影投射透鏡的範例來解釋本發明的各態樣。這些概念也可轉移到其他成像方法和成像系統。因此，也揭露了一種成像方法，用以藉由操作波長 λ 的輻射將來自物體平面的待成像物體的區域成像至與物體平面光學共軛的光學成像系統的影像平面中，該成像方法包含以下步驟：保持物體使得待成像物體的區域配置在光學成像系統的物體平面的物體場中；在光學成像系統的協助下將待成像物體的區域成像至位於影像平面中的影像場上，其中有助於影像場中的影像產生的所有射線在光學成像系統中形成成像光束路徑，其中執行以下步驟以在光學成像系統的出射光瞳中設定局部強度分佈：選擇光學成像系統的光學元件的至少一光學表面作為校正表面並根據可預先決定的局部分佈在校正表面的光學使用區域中產生繞射結構，使得在操作期間，繞射結構藉由繞射而將入射在繞射結構上的射線強度的一分量導引至成像光束路徑外的非關鍵區域中。

【符號說明】

l_I	第一級繞射
l_{II}	第一級繞射
A	曲線
A^*	高度
AS	孔徑光闌
AX	光學軸
B	曲線
B^*	寬度
B1	光束

B2	光束
BL1	雜散光闌
BL2	雜散光闌
BS	繞射光線
CM1	凹面反射鏡
CM2	凹面反射鏡
CR	射線
CU	中央控制裝置
DS	繞射結構
ES	出射平面
EX	互換裝置
GI	掠入射反射鏡
I	第一區域
IF	影像場
II	第二區域
ILL	照明系統
IMI	中間影像
IMI1	中間影像
IMI2	中間影像
IS	影像平面
L1	透鏡元件
L2	透鏡元件
L3	透鏡元件
L4	透鏡元件
LS	光源
M	光罩

M1-M6	反射鏡
OA	光學軸
OF	物體場
OP1	透鏡部分
OP2	透鏡部分
OP3	透鏡部分
OS	物體平面
P1	光瞳平面
P2	光瞳平面
P3	光瞳平面
PAT	圖案
PK	光瞳座標
PO	投射透鏡
PP	光學元件
PP'	校正元件
PPO	光瞳平面
PS	近光瞳空間
RAX	參考軸
RB	輻射光束
RI	射線
RO	射線
RS	裝置
S1	光學表面
SI1	低反射輻射擷取裝置
SI2	低反射輻射擷取裝置
SS	表面

TP	光瞳傳輸
UA	光學使用區域
W	基板
WS	裝置
WSC	微影投射曝光裝置

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

【序列表】 (請換頁單獨記載)

申請專利範圍

1. 一種校正方法，包含：

(a) 選擇一校正元件之一校正表面在一光學成像系統之一成像光束路徑中的一位置，該校正表面將被提供多個繞射結構；

(b) 確定該校正表面在該成像光束路徑中的該位置與一場相依光瞳位置之間的一分配；

(c) 針對在一影像場中的不同場點，根據在該影像場中的一場位置，量測在一出射光瞳的一局部強度分佈；

(d) 確定一預期偏轉輪廓，其表示藉由繞射的輻射強度的遮蔽的一追求的局部分佈，以獲得在該出射光瞳中的該局部強度分佈的一預期輪廓；

(e) 確定具有入射在該校正表面的一區域位置處的多個射線的多個入射角的一第一光譜、具有在朝向該影像場的方向上從該區域位置發出的多個射線的多個反射角的一第二光譜、以及具有在朝向一非關鍵區域的方向上從該區域位置引出的多個射線的多個反射角的一第三光譜；

(f) 確定多個繞射結構的多個結構週期和多個結構方位，其針對在一操作波長下的多個射線產生一繞射至該第三光譜的一區域中的多個角度；

(g) 確定該等繞射結構中導致獲得該預期偏轉輪廓的一空間相依繞射強度；

(h) 根據步驟(f)及步驟(g)的結果在該校正表面產生該等繞射結構，以產出包含該等繞射結構的該校正元件；以及

(i) 用該校正元件來取代在該光學成像系統中的一光學元件，使得該等繞射結構在該校正表面的該位置處。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中大於該校正表面的 5%是不帶有任何繞射結構。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中大於該校正表面的 10%是不帶有任何繞射結構。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中大於該校正表面的 15%是不帶有任何繞射結構。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中該等繞射結構的至少一些繞射結構具有小於 10 倍該光學成像系統之該操作波長的一線間距。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中該等繞射結構的至少一些繞射結構具有至多 400 奈米的一線間距。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中該等繞射結構的至少一些繞射結構具有至多 200 奈米的一線間距。
8. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中該等繞射結構的至少一些繞射結構具有至多 20 奈米的一線間距。
9. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中該等繞射結構的至少一些繞射結構定義多個相位光柵。
10. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中：
該校正元件包含一第一區域，其包含該等繞射結構的一第一子集，其具有每單位面積上的一第一繞射結構密度；以及

該校正元件包含一第二區域，其包含該等繞射結構的一第二子集，其具有每單位面積上的一第二繞射結構密度，其不同於每單位面積上的該第一繞射結構密度。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中該校正表面之具有繞射結構的多個區域緊鄰該校正表面之不具有繞射結構的多個區域。

12. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中大於該校正表面的 5% 是不帶有任何繞射結構，且該等繞射結構的至少一些繞射結構具有小於 10 倍該光學成像系統之該操作波長的一線間距。

13. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中大於該校正表面的 5% 是不帶有任何繞射結構，且該等繞射結構的至少一些繞射結構定義多個相位光柵。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中：

大於該校正表面的 5% 是不帶有任何繞射結構；

該校正元件包含一第一區域，其包含該等繞射結構的一第一子集，其具有每單位面積上的一第一繞射結構密度；以及

該校正元件包含一第二區域，其包含該等繞射結構的一第二子集，其具有每單位面積上的一第二繞射結構密度，其不同於每單位面積上的該第一繞射結構密度。

15. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中大於該校正表面的 5% 是不帶有任何繞射結構，且該校正表面之具有繞射結構的多個區域緊鄰該校正表面之不具有繞射結構的多個區域。

16. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，在步驟(i)之後，更包含：
 - (j) 使用該光學成像系統以將在該光學成像系統之一物體場中的一圖案投射到該光學成像系統之一影像場。
17. 如申請專利範圍第 16 項所述的方法，其中在步驟(j)的期間，該等繞射結構將該輻射的一部分繞射至該成像光束路徑外的該等非關鍵區域。
18. 如申請專利範圍第 17 項所述的方法，其中在步驟(j)的期間，超過 40% 的繞射輻射未達該影像場。
19. 如申請專利範圍第 16 項所述的方法，其中在步驟(j)的期間，最高繞射強度存在於零級繞射中，且不同於該零級繞射的具有最高繞射強度的繞射級係繞射至該成像光束路徑外的該等非關鍵區域。
20. 如申請專利範圍第 16 項所述的方法，其中在步驟(j)的期間，該等繞射結構的非旋轉對稱分量的 RMS 值超過旋轉對稱分量的 RMS 值。

圖式

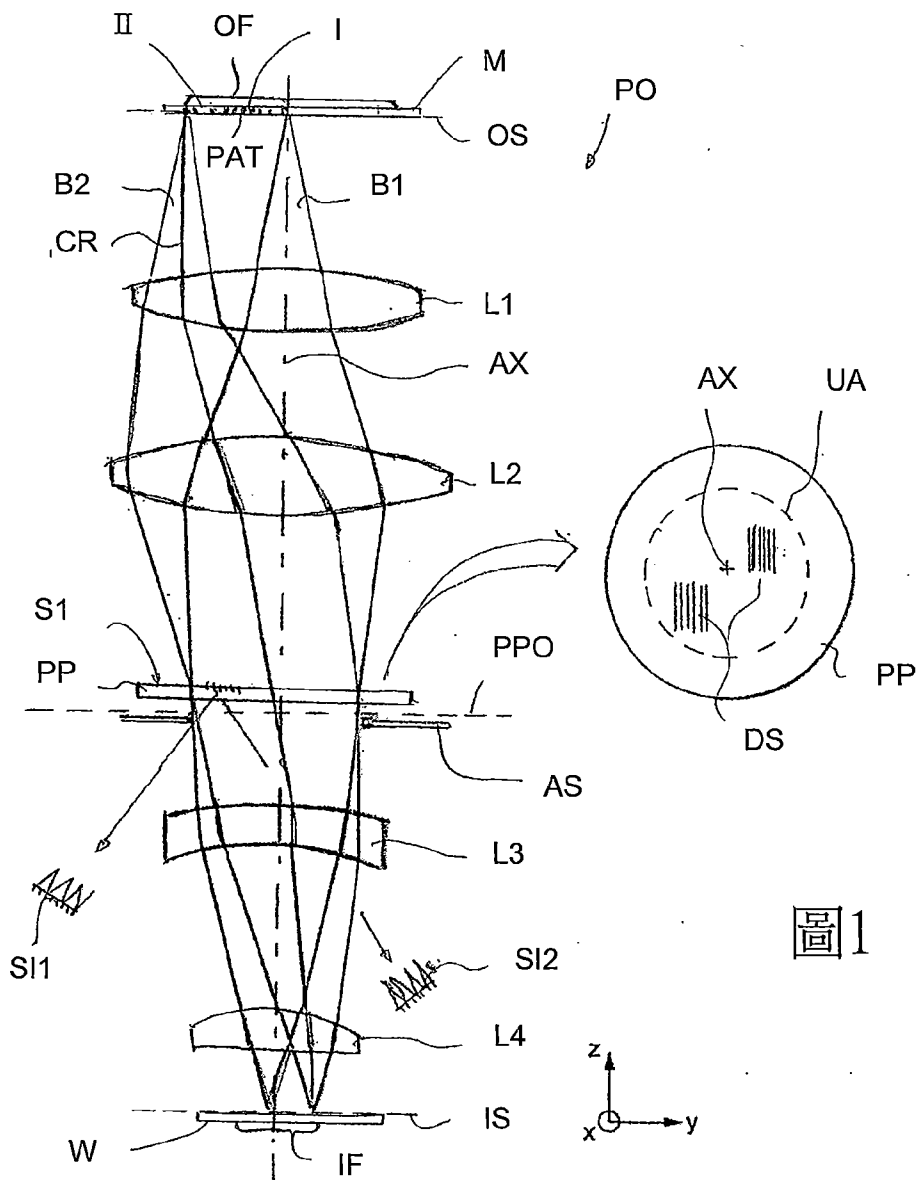


圖1

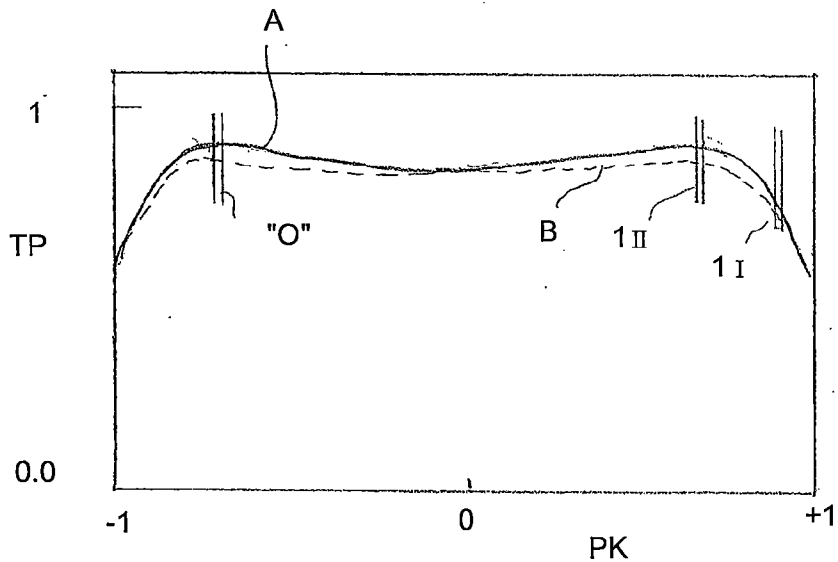


圖2

圖3

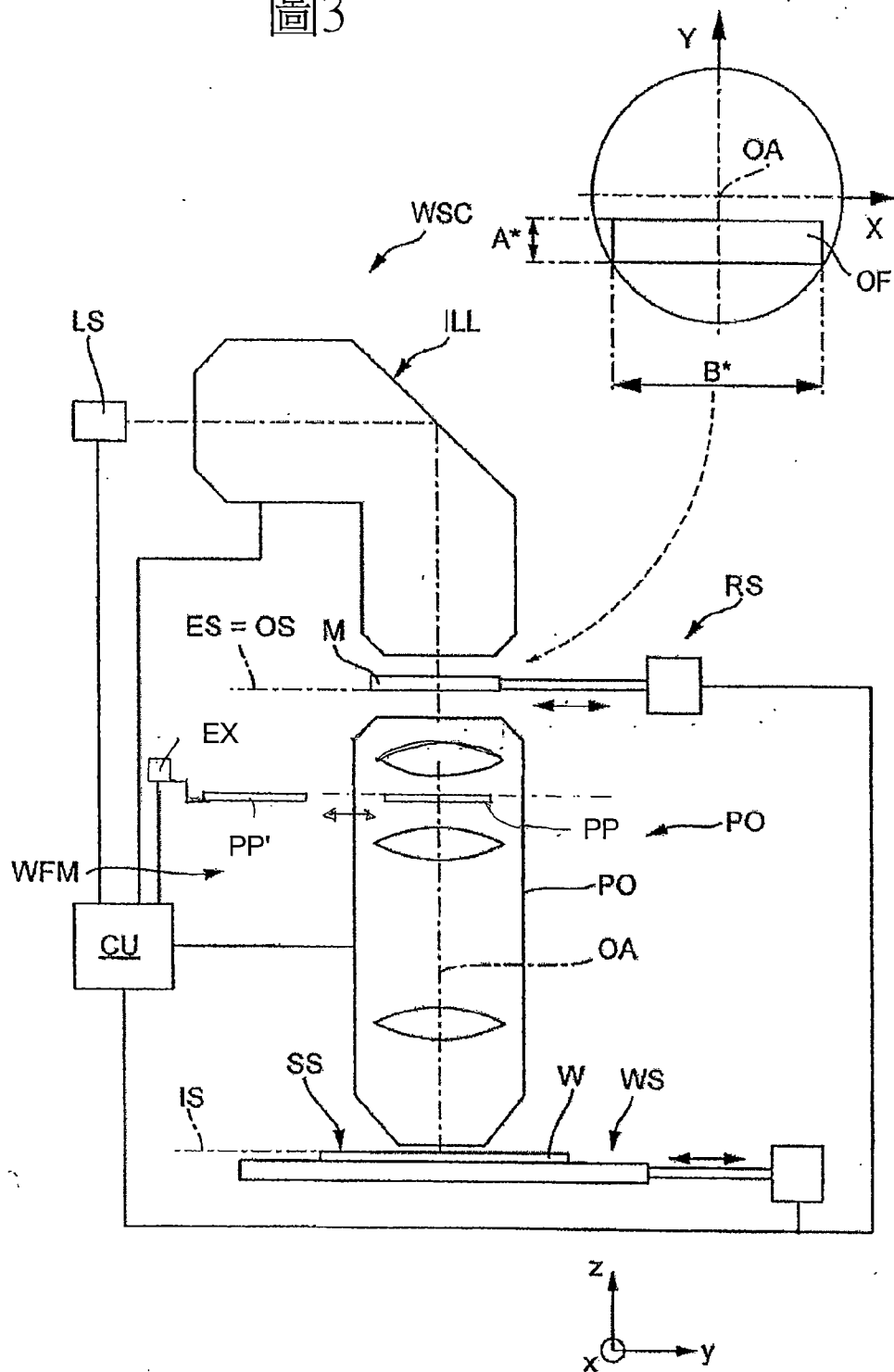


圖4

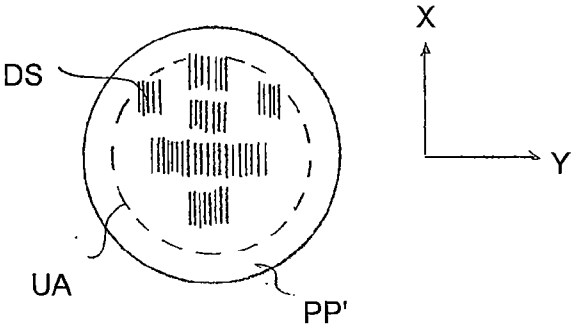
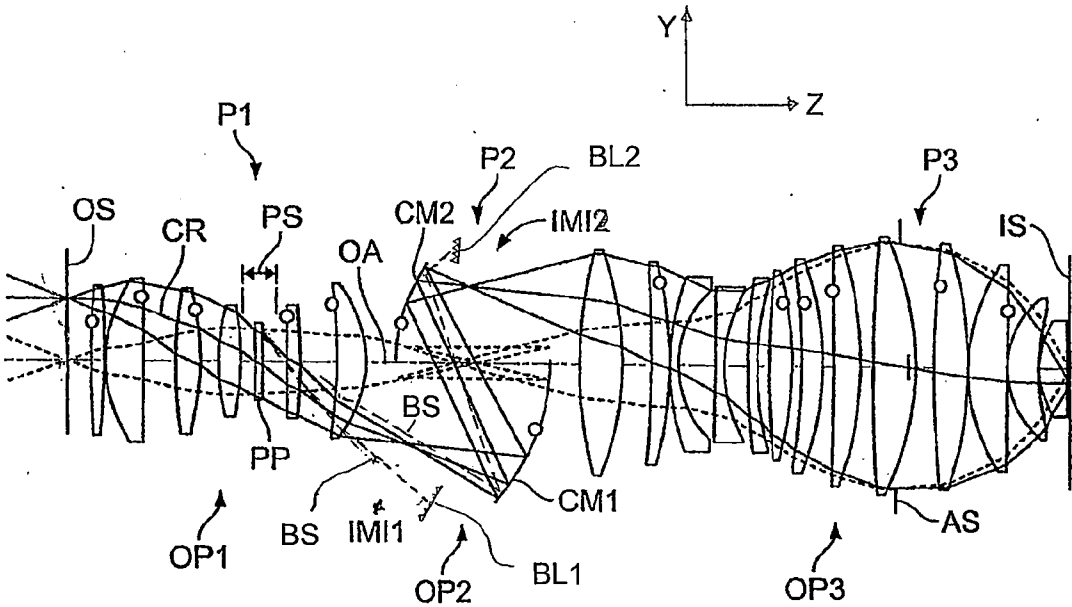


圖5

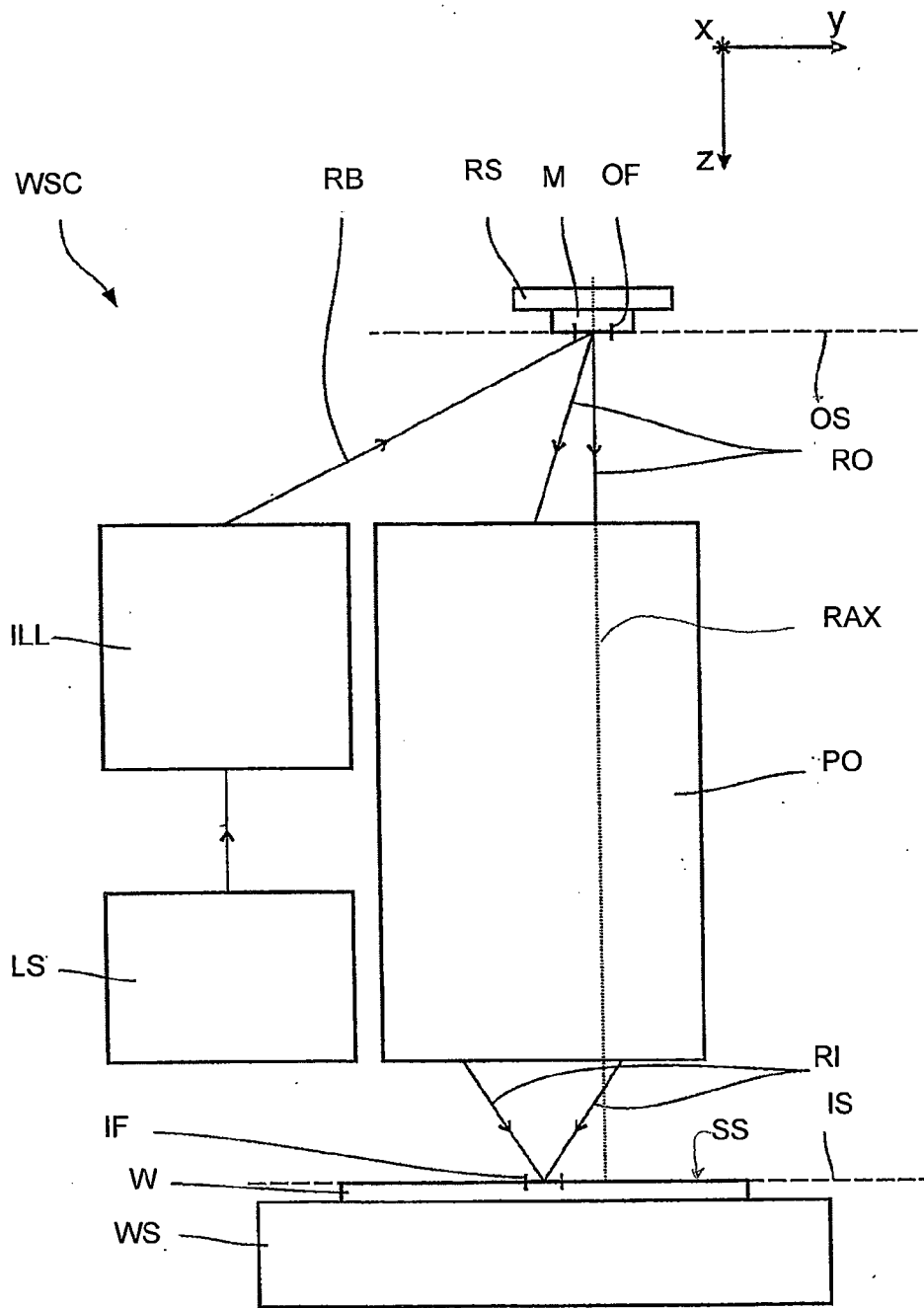


圖6

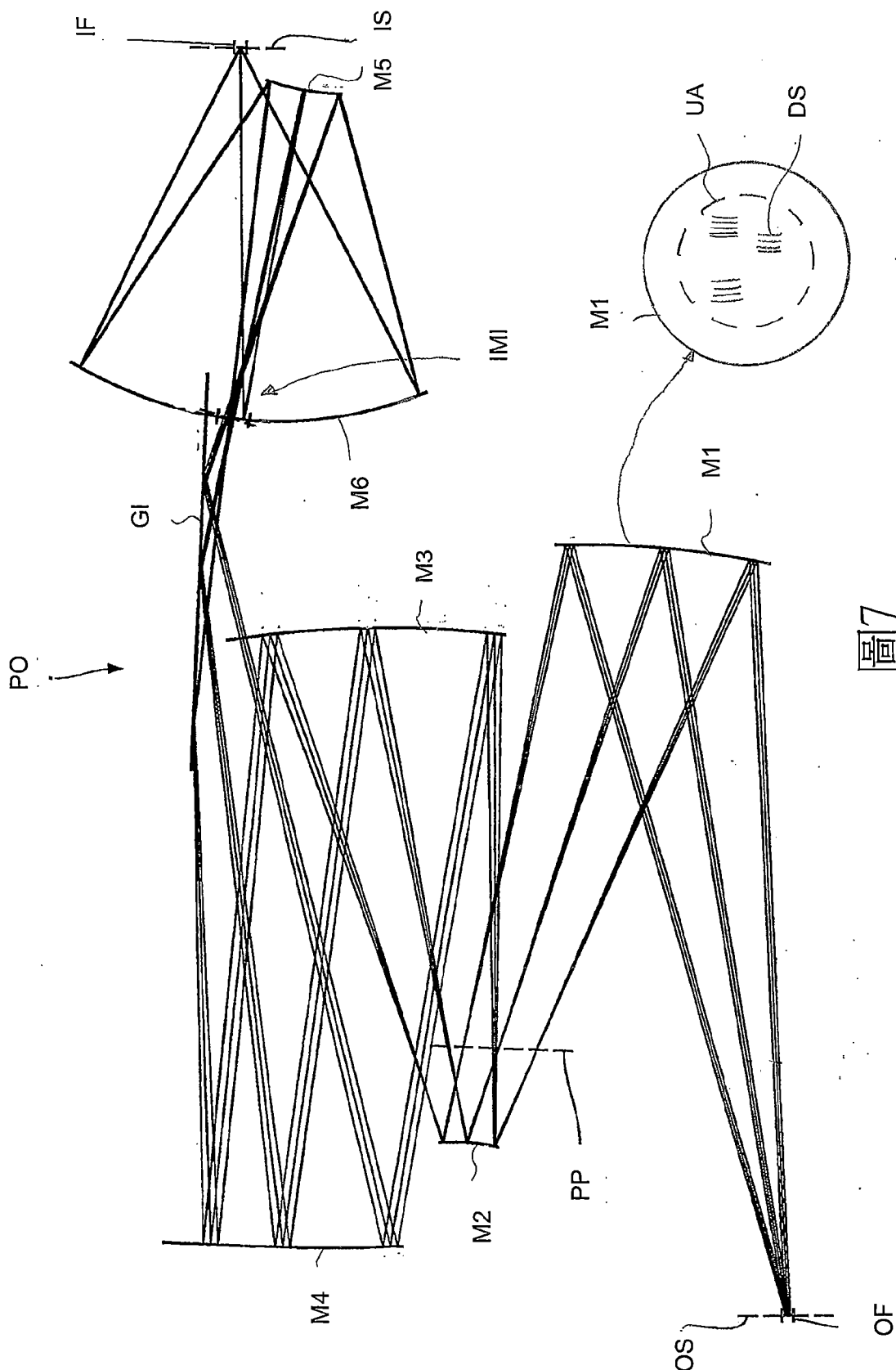


圖7