



(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 I490539 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：100117553 (22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 05 月 19 日

(51)Int. Cl. : G02B17/08 (2006.01) G03F7/20 (2006.01)

(30)優先權：2010/05/19 德國 10 2010 021 539.2

(71)申請人：卡爾蔡司 S M T 有限公司 (德國) CARL ZEISS SMT GMBH (DE)
德國

(72)發明人：迪克曼 尼爾斯 DIECKMANN, NILS (DE)；渥夫 亞歷安卓 WOLF, ALEXANDER (DE)；何藍 克里斯堤安 HOLLAND, CHRISTIAN (DE)；羅瑞 尤瑞奇 LOERING, ULRICH (DE)；索葛 法蘭茲 SORG, FRANZ (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

TW I308644

US 7518789B2

US 2009/0115986A1

審查人員：洪紹軒

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：7 共 39 頁

(54)名稱

具有光圈之投射物鏡

PROJECTION OBJECTIVE WITH DIAPHRAGMS

(57)摘要

投射物鏡(200)用於將設置在投射物鏡之物件平面(OS)之物件成像為物件之位於投射物鏡之影像平面(IS)的影像，其包含多個透明光學元件以及多個支托裝置，支托裝置用於將光學元件支托在沿著投射物鏡之成像光束路徑的預定位置。各光學元件具有位於成像光束路徑中之光學用區，以及位於光學用區外之邊緣區。指派給光學元件之支托裝置之至少一支托元件作用於接觸區之區域中的邊緣區。至少一光學元件(L2-1、L2-2、L3-6)指派有光圈配置(SA1、SA2、SA3)，係具有直接設置在光學元件上游之第一雜光光圈(SLS1)以及直接設置在光學元件下游之第二雜光光圈(SLS2)，各雜光光圈形成為使得雜光光圈對邊緣區之至少一部分篩選行進在成像光束路徑外的輻射。

A projection objective (200) for imaging an object arranged in an object plane (OS) of the projection objective into an image of the object lying in an image plane (IS) of the projection objective has a multiplicity of transparent optical elements and holding devices for holding the optical elements at prescribable positions along an imaging beam path of the projection objective. Each of the optical elements has an optical useful region lying in the imaging beam path and an edge region lying outside the optical useful region, at least one holding element of the holding device assigned to the optical element acting at the edge region in the region of a contact zone. At least one of the optical elements (L2-1, L2-2, L3-6) is assigned a diaphragm arrangement (SA1, SA2, SA3) with a first false light diaphragm (SLS1) arranged directly upstream of the optical element, and a second false light diaphragm (SLS2) arranged directly downstream of the optical element, each of the false light diaphragms being fashioned in such a way that the false light diaphragm screens at least a part of the edge region against radiation running outside the imaging beam path.

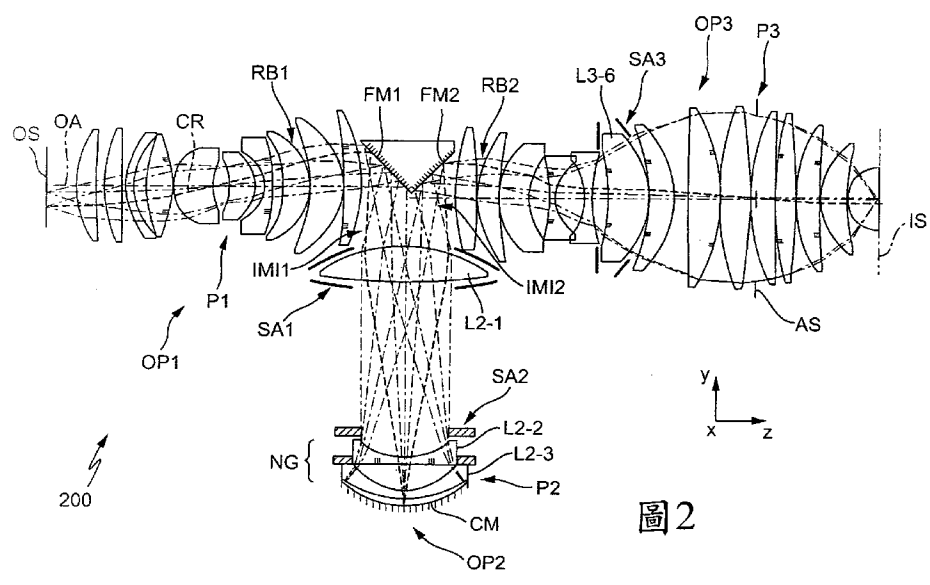


圖2

- 200 . . . 投射物鏡
- CM . . . 凹面鏡
- CR . . . 主光線
- FM1 . . . 第一偏向鏡
- FM2 . . . 第二偏向鏡
- IMI1 . . . 第一中間影像
- IMI2 . . . 第二中間影像
- IS . . . 影像平面
- L2-1、L2-2、L2-3、L3-6 . . . 光學元件
- NG . . . 負群組
- OA . . . 光學軸
- OP1 . . . 第一物鏡部
- OP2 . . . 第二物鏡部
- OP3 . . . 第三物鏡部
- OS . . . 物件平面
- P1、P2、P3 . . . 瞳表面
- RB1 . . . 第一部分光束路徑
- RB2 . . . 第二部分光束路徑
- SA1、SA2、SA3 . . . 光圈配置

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：100117553

G02B 17/08 (2006.01)

※ 申請日：100 年 5 月 19 日

※IPC 分類：

G03F 7/20 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有光圈之投射物鏡

PROJECTION OBJECTIVE WITH DIAPHRAGMS

二、中文發明摘要：

投射物鏡(200)用於將設置在投射物鏡之物件平面(OS)之物件成像為物件之位於投射物鏡之影像平面(IS)的影像，其包含多個透明光學元件以及多個支托裝置，支托裝置用於將光學元件支托在沿著投射物鏡之成像光束路徑的預定位置。各光學元件具有位於成像光束路徑中之光學用區，以及位於光學用區外之邊緣區。指派給光學元件之支托裝置之至少一支托元件作用於接觸區之區域中的邊緣區。至少一光學元件(L2-1、L2-2、L3-6)指派有光圈配置(SA1、SA2、SA3)，係具有直接設置在光學元件上游之第一雜光光圈(SLS1)以及直接設置在光學元件下游之第二雜光光圈(SLS2)，各雜光光圈形成為使得雜光光圈對邊緣區之至少一部分篩選行進在成像光束路徑外的輻射。

三、英文發明摘要：

A projection objective (200) for imaging an object arranged in an object plane (OS) of the projection objective into an image of the object lying in an image plane (IS) of the projection objective has a multiplicity of transparent optical elements and holding devices for holding the optical elements at prescribable positions

along an imaging beam path of the projection objective. Each of the optical elements has an optical useful region lying in the imaging beam path and an edge region lying outside the optical useful region, at least one holding element of the holding device assigned to the optical element acting at the edge region in the region of a contact zone. At least one of the optical elements (L2-1, L2-2, L3-6) is assigned a diaphragm arrangement (SA1, SA2, SA3) with a first false light diaphragm (SLS1) arranged directly upstream of the optical element, and a second false light diaphragm (SLS2) arranged directly downstream of the optical element, each of the false light diaphragms being fashioned in such a way that the false light diaphragm screens at least a part of the edge region against radiation running outside the imaging beam path.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 2。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

200 投射物鏡	CM 凹面鏡
CR 主光線	FM1 第一偏向鏡
FM2 第二偏向鏡	IMI1 第一中間影像
IMI2 第二中間影像	IS 影像平面
L2-1、L2-2、L2-3、L3-6 光學元件	
NG 負群組	OA 光學軸
OP1 第一物鏡部	OP2 第二物鏡部
OP3 第三物鏡部	OS 物件平面
P1、P2、P3 瞳表面	RB1 第一部分光束路徑
RB2 第二部分光束路徑	SA1、SA2、SA3 光圈配置

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：
無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明關於投射物鏡，用於將設置於投射物鏡之物件平面(object plane)的物件(object)成像為位於投射物鏡之影像平面(image plane)之物件影像。較佳應用領域為微影投射曝光機器(projection exposure machine)之投射物鏡。此類投射物鏡為光學成像系統(optical imaging system)，係用於將設置在其物件平面之光罩(mask)圖案(pattern)成像到設置於投射物鏡之影像平面的感光基板(light-sensitive substrate)。

【先前技術】

目前主要使用微影投射曝光方法來產生半導體組件(semiconductor component)以及其他精細結構化組件。於此狀況中，使用載有或形成有要成像之結構圖案的光罩(遮罩(reticle))，此結構圖案例如半導體組件之一層線圖案(line pattern)。光罩定位在投射曝光機器中照射系統(illumination system)與投射物鏡之間而在投射物鏡之物件表面的區域中，且利用照射系統提供的照射輻射在有效物場(effective object field)的區域中照射光罩。受到光罩及圖案而改變的輻射以成像光束(imaging beam)行進通過投射物鏡的成像光束路徑(imaging beam path)，而將光罩圖案之影像形成於與有效物場光學共軛之有效影像場的區域中，其中要曝光的基板是位於有效影像場內。此基板通常載有一層對投射輻射敏感的層(光阻層(photoresist))。

投射曝光機器的研發目標之一在於在基板上微影產生尺寸越來越小的結構。舉例而言，在半導體組件之案例中，相對小的結構造成相對高的積集密度(integration density)，如此通常對所產生之微結構組件的效能有優勢的效應。結構

的尺寸可決定性地根據所用投射物鏡之解析能力(resolving power)來製造，其一方面可藉由降低投射所用投射輻射波長而增加，另一方面可藉由增加製程中所用之投射物鏡之影像側數值孔徑(image-side numerical aperture)NA 來增加。

過去光學微影主要使用純折射式投射物鏡。於純折射式(refractive)或折光式(dioptric)投射物鏡案例中，所有的光學元件具有折射能力(refractive power)且為透明折射元件(透鏡)。於折光式系統中，隨著數值孔徑增加與波長降低，要校正基本像差(aberrations)(例如校正色差(chromatic aberration)及校正影像場曲率(image field curvature))越發困難。

得到平影像表面與良好的色差校正之一方法為利用折反射式(catadioptric)投射物鏡，其包含具有折射能力之折射透明光學元件(亦即透鏡)以及具有折射能力之反射元件(亦即曲面鏡(curved mirror))。典型至少包含一個凹面鏡(concave mirror)。在光學系統中，具有正折射力之透鏡與具有負折射力之透鏡對總折射力、影像場曲率、以及色差分別有相反的貢獻，就像正透鏡，凹面鏡具有正折射力但是對影像場曲率卻具有與正透鏡相反的效應。再者，凹面鏡不會導入任何色差。

通常投射物鏡具有多個透明光學元件，尤其是正透鏡與負透鏡，且即使利用大數值孔徑時在校正像差方面能允許部分相反的要求。在微影領域，折射式及折反射式成像系統常具有 10 個或更多個透明光學元件。

光學元件利用支托裝置(holding device)固定在沿著成像光束路徑界定的位置。於微影光學系統的領域中，已針對支托裝置發展出非常複雜的技術，而藉由正確定位支托的光學元件在成像光束路徑中，並配合不同操作條件，以確保成像

系統的高成像品質，另一方面確保昂貴又敏感的光學元件是在無應力下儘可能以輕柔方式支托。於微影領域中，透鏡及其他透明光學元件常利用多個支托元件來支撐，其中支托元件均勻地設置在個別光學元件的周圍。於此狀況，光學元件具有光學用區(optical useful region)位於成像光束路徑，與位於光學用區外的邊緣區(edge region)，指派給光學元件之支托裝置的一個或更多個支托元件作用於在接觸區之區域內的邊緣區。光學元件的表面在光學用區具有光學品質，而在邊緣區不需要達到光學品質。光學用區亦常表示為光學元件的「自由光學直徑(free optical diameter)」。

已提出不同選項用於將光學元件固定於支托元件。專利公開案 US 2003/0234918 A1 號呈現夾持技術的範例，其中彈性支托元件在邊緣區之個別接觸區夾住光學元件而將光學元件支托在彈性支托元件的邊緣區，並允許受支托的光學元件有某些程度的移動性(軟裝設(soft mount))。以其他支托裝置而言，支托裝置之彈性支托元件在個別指定的接觸區之區域接合到光學元件。接合技術之範例顯示於 US 4,733,945 或 US 6,097,536。

除了投射物鏡因為光學設計及製造而可具有的本徵像差(intrinsic aberration)，像差亦可發生於使用期間，例如於投射曝光機器的操作期間。此類像差的原因常是因為操作期間所用的投射輻射造成安裝於投射物鏡之光學元件的改變。舉例而言，此投射輻射可部分被投射物鏡之光學元件所吸收，尤其吸收的程度是決定於光學元件所用之材料，例如透鏡材料、反射鏡材料及/或可能有的抗反射塗層(antireflection coating)或反射塗層之性質。投射輻射的吸收可導致光學元件的加熱，如此會直接或間接地造成光學元件表面變形(surface deformation)，且於折射元件的例子中，則

會經由熱造成的機械應力而改變折射率。折射率的改變及表面變形導致個別光學元件以及投射物鏡整體之成像性質改變。此問題範圍常以「透鏡加熱」的加熱來對待。

通常利用主動操縱器(active manipulator)，試圖至少部分補償使用期間發生的熱引致像差或其他像差。主動操縱器常為光學機械裝置，其設定成基於相應的控制訊號來影響個別光學元件或光學元件組，以改變其光學動作，而至少補償發生的像差。舉例而言，可針對此目的提供，而使個別光學元件或光學元件組變形或使其改變位置。

此類主動操縱器常整合於裝設技術(mounting technology)，亦即支托裝置。關於此點，例如 US 2002/0163741 A1 顯示針對設計為透鏡之透明光學元件的支托裝置。此支托裝置具有被動地耦接內環到透鏡之內六腳結構(inner hexapod structure)，以及另一外六腳結構用做為可控制操縱器。裝到內環的是三個夾持裝置，其均勻地分佈於周圍並以夾持功能作用於透鏡邊緣並將透鏡固定到內環中。

實際上，以複雜設計之光學成像系統而言，不僅輻射是從物件通過成像所需之成像光束路徑而到影像平面，要產生的輻射成分也可能不僅對成像有所影響也干擾及/或損及成像。舉例而言，於投射方法中，所謂「超過孔徑光(over-apertured light)」可通過要曝光的基板(例如半導體晶圓)並干擾個別波前(wavefront)。「超過孔徑光」或「超孔徑輻射(superaperture radiation)」一詞於此表示以下輻射：其係受結構化光罩繞射，並以大於成像用之物件側孔鏡角(object-side aperture angle)且由限制成像光束路徑之孔徑光闌(aperture stop)的目前直徑所決定的角度發射。以製造技術的原因而言，此類超過孔徑光可透過孔徑光闌落入成像系統之影像平面。通常由於並未設計且未完全相應地校正光學件

的成像，對大於最大可用孔徑(maximum usable aperture)的孔徑而言，如此會嚴重地干擾影響成像的波前，因此超過孔徑光會損及成像品質。選替地或此外，也可能產生雜散光(scattered light)，其在通過遠到成像平面時通常損及製造影像的對比。「雜散光」一詞於此表示例如在反射鏡後側及/或成像光束路徑區域中其他點，因透明光學元件塗有抗反射層之表面的殘留反射造成的輻射。這些不利的輻射成分(尤其是雜散光及超過孔徑光)於本文中不管其造成原因也表示為「雜光(false light)」。

然而，不到達影像平面中之影像場區域而不會直接干擾成像之雜光，當照到系統中不用於照射之點且可能被吸收時，會不利地影響成像品質。舉例而言，雜光可被光學成像系統之裝設部件所吸收，並產生熱反應而經由受影響的對應組件之熱膨脹來影響光學元件的位置及/或形狀。雜光亦可被成像系統不是由透明光學材料或金屬所構成之部件所吸收。此範例為纜線、感測器、及/或操縱器之致動器(actuator)，其可包含被照到時會釋出氣體的塑料部分。通常不希望有釋氣發生，因為不僅會損及這些部件的功能性，也因為會影響成像光束路徑內之氛圍。

複雜設計的光學成像系統(例如微影之投射物鏡)已知裝配有一個或多個擋板，以降低雜散光對成像的負面效應。舉例而言，專利 US 6,717,746 B2 號提出折反射式投射物鏡的範例，其中降低雜散光或雜光的擋板可插置在形成於物件平面與影像平面間之實際中間影像(real intermediate image)的區域中。國際專利申請案公開號 WO 2006/128613 A1 顯示折反射式投射物鏡之範例，其包含將物件成像於第一實際中間影像之第一物鏡部(objective part)、利用來自第一物鏡部之輻射產生第二實際中間影像之第二物鏡部、以及將第二實際

中間影像成像於影像平面之第三部鏡部，同時也具有輻射導向裝置(radiation directing device)，其確保在第二物鏡部之輻射在不同於第一物鏡部及第三物鏡部之輻射的其他方向行進。至少一光圈(diaphragm)設置於光束偏向裝置(beam deflection device)的區域，而藉由篩選來有效降低以繞過第二物鏡部方式而直接從第一物鏡部到第三物鏡部的輻射成分。於此方式中，通過到影像平面的主要是或絕對是使用提供有所有光學元件之整個成像光束路徑的輻射，且對應地可以良好校正的波前來影響成像。

【發明內容】

本發明之目的在於提供具有多個透明光學元件之投射物鏡，相較於習知具有相容架構設計之光學成像系統，可實質降低雜光對成像品質的不利影響。

根據本發明之一形式，此目的的達成是藉由具有以下所述特徵之一的投射物鏡以及藉由具有此投射物鏡之投射曝光機器。所有申請專利範圍的用語整合於此做為參考。

根據本發明，提供一種投射物鏡，用於將設置在投射物鏡之一物件平面的一物件成像為物件之位於投射物鏡之一影像平面的一影像。投射物鏡包含多個透明光學元件以及多個支托裝置。支托裝置用於將光學元件支托在沿著投射物鏡之一成像光束路徑的預定位置。光學元件之一具有位於成像光束路徑中的一光學用區以及位於光學用區外的一邊緣區。指派給此光學元件之支托裝置之至少一支托元件作用於在一接觸區之區域中的邊緣區。

根據本發明一般設計之投射物鏡，至少一透明光學元件指派有光圈配置，係具有直接設置在光學元件上游之第一雜光光圈(false light diaphragm)以及直接設置在光學元件下游

之第二雜光光圈，各雜光光圈形成為使得雜光光圈對邊緣區之至少一部分篩選行進在成像光束路徑外的輻射。

因此，於篩選區域中，雜光不能照到光學元件的邊緣區以及(若有的話)將光學元件支托在位置的支托裝置之支托元件，或照到的程度可大大地降低。直接設置在光學元件上游之第一雜光光圈篩選來自光學元件關於傳輸方向之入光側(light entry side)的雜光。第二雜光光圈是直接位於光學元件關於傳輸方向之下游，亦即是在光學元件的對應出光側(light exit side)。後面的第二雜光光圈也對邊緣區篩選輻射，此輻射例如可因後續光學元件之入光側反射造成的，及/或因後續支托裝置之元件反射造成的。

「直接」一詞於本文中表示在雜光光圈與光學元件面對該光圈之表面間沒有其他的光學元件。以此方式，雜光光圈可設置非常靠近要保護的光學元件，因而能以空間上定義良好的方式來篩選雜光。然而，在雜光光圈與光學元件面對光圈的表面之間，也可能有支托裝置的部件(尤其是支托元件的部件)作用於光學元件的邊緣。支托裝置位於雜光光圈與光學元件的面對表面之間的部件亦可藉由適當的雜光光圈來篩選雜光。

於一些實施例中，雜光光圈具有界定光圈開口(diaphragm opening)之內光圈邊緣(inner diaphragm edge)，以及在光圈邊緣與光學元件之相關光學表面間具有最多 5 mm 之有限間隔，較佳少於 2 mm，尤其是少於 1 mm。針對篩選區域，藉此結合適當的保護效應，在空間上可達到有效界定的篩選效應。從約 1/10 mm 至高達 2/10 mm 的最小間隔，有利於同時確保在所有操作條件下光圈邊緣與光學元件間沒有實體接觸。

再者，為了同時確保支托裝置之位點在雜光光圈與指定表

面之間的元件(若有的話)有類似的篩選，雜光光圈可較佳具有平外邊緣部分，朝光圈邊緣而連接內部分，此內部分係相對於光學元件傾斜並定義光圈邊緣。舉例而言，內部分較佳為圓錐形狀或可為圓錐形平截頭體(conical frustum)形狀。於此類組態中，光學表面與雜光光圈之間的間隔從光圈邊緣徑向地朝外非常急遽增加，所以在光學元件與雜光光圈間之任何熱改變效應在窄光圈邊緣區域維持受限。

發明人的研究調查顯示雜光受支托裝置之元件吸收，在邊緣區之接觸區的區域可導致加熱，若僅為輕微局部加熱。根據雜光的空間分布，如此可導致光學元件不利的不對稱熱負載(thermal loading)，即使當支托元件本身規則或對稱地分布於要支托的光學元件的周圍。

接著，於一些實施例中，針對光學元件，雜光光圈形成並設置成：對所有接觸區與指派給接觸區的所有支托元件篩選在成像光束路徑外的輻射。以此方式可保護配備有對付雜光照射之雜光光圈之光學元件的整個裝設技術。

針對經篩選的光學元件，一或兩者雜光光圈可形成並設置成：僅對一些接觸區與僅對一些指派給接觸區之支托元件篩選在成像光束路徑外的輻射。可於未篩選區域刻意地容許雜光所引致產生的局部熱。

藉由雜光光圈至少部分篩選邊緣區域而對光學元件的雙向保護(bilateral protection)，可提供於一或更多的光學元件，於成像光束路徑中之光學元件設置成使得物件平面與影像平面間的成像光束路徑僅通過光學元件(所謂單次傳輸光學元件(singly transiting optical element))的光學用區一次。對於所謂雙傳輸光學元件(doubly transited optical element)，部分或整個邊緣區的雙向篩選尤其有用。於此應了解被行進在物件平面與影像平面間的輻射穿過的那些光學元件是被傳

輸於相反的方向，使得例如透鏡表面針對一個部分光束路徑是做為入光面，而對另一個部分光束路徑是做為光學元件之出光面。由於雜光強度在入光側區域通常大於出光側區域，所以於此對於兩個入光側的雙向保護尤其有用。

於一些實施例，投射物鏡具有至少一凹面鏡，而成像光束路徑在物件平面與凹面鏡之間具有第一部分光束路徑 (partial beam path)，以及在凹面鏡與影像平面間具有第二部分光束路徑，光學元件及指派的雜光光圈設置於雙橫越區域 (doubly traversed region)，使得第一部分光束路徑與第二部分光束路徑通過光學元件之光學用區及通過雜光光圈。藉由雜光光圈於兩個傳輸方向提供雙向保護，其中輻射分別進入入光側，或典型地以界定方式在邊緣區被篩選。

藉由雜光光圈對雜光的篩選可均勻發生於邊緣區的整個周圍。因此，於慣用的圓形光學部件的案例，雜光光圈可設計成例如具有圓形光圈開口的圓形光圈，使得至少整個邊緣區或邊緣區的徑向子區 (radial subregion) 受到雜光光圈的篩選。

可提供具有圓形光圈開口之雜光光圈，尤其是光學元件位於鄰近光學成像系統之瞳 (pupil) 的案例，其中成像光束的截面通常或多或少為圓形的。相對地，以意欲限制成像光束路徑而阻擋部分成像光束的孔徑光闌而言，以雜光光圈為例，在成像光束行進於成像光束路徑邊緣的光線與內光圈邊緣之間有間隔，使得雜光光圈不會限制成像光束路徑。

光圈配置之雜光光圈可以不同方式配合成像光束中輻射的截面形狀。於一些實施例中，光圈配置之雜光光圈具有偏心的光圈開口 (若有需要的話)，其形狀配合在成像光束路徑中光束可能的偏心截面形狀，而於光圈開口之至少 80% 或至少 90% 的周圍，使得光圈邊緣與光束間之間隔少於 2

mm，尤其是少於 1 mm。於此案例，光圈開口配合成像光束在光學元件之篩選光學表面上之足印(footprint)的截面形狀，讓成像光束路徑的整個輻射無阻礙地通過，且篩選不用於成像之光學用區的區域，以及篩選邊緣區。藉此雜光可有最佳的抑制。另一方面，為了避免對成像光束路徑有不利的限制，於整個光圈邊緣，在成像光束與光圈邊緣間之側向安全間隔是在 $1/10$ mm 至 $2/10$ mm 的大小程度，且盡可能不應低於這個大小。

亦可將至少一雜光光圈形成為在周圍方向分段的雜光光圈，使得雜光光圈僅對邊緣區之周圍之一部分篩選行進在成像光束路徑外的輻射，而邊緣區之另一部分暴露於行進在成像光束路徑外的輻射。於本文中，「在周圍方向分段(segmented in a circumferential direction)」一詞表示雜光光圈在周圍方向(亦即在方位角方向(azimuthal direction))的空間效應，以可利用雜光光圈形狀來說明的方式變化，所以在一些周圍部分的篩選效應不同於其他周圍部分。在周圍方向分段的雜光光圈亦可形成為不對光學元件的部分邊緣區篩選雜光。舉例而言，此可利用於分別僅對支托裝置作用於邊緣區之支托元件所在的接觸區之區域來篩選雜光，而使未篩選的周圍區域位於裝設技術沒有接觸處。

行進於成像光束路徑中的輻射總是在某程度上被成像系統中的光學元件所吸收，吸收的程度則可視光學元件所用的材料(例如透鏡材料)、反射鏡材料、及/或(於透鏡或類似者)通常會提供的抗反射塗層性質、或(於反射鏡)反射塗層。此吸收會導致光學元件在照射區的加熱，造成光學元件之折射及/或反射性質因熱引致變異。此類問題常歸入透鏡加熱方面。當輻射負載(radiation load)與相關的局部加熱相對於光學元件之對稱軸或多或少以旋轉對稱方式分布時，此類局

部加熱的事例可大大地不成問題。另一方面，針對發生不對稱(尤其是非旋轉對稱的(non-rotationally symmetric))輻射負載時，操作期間之成像品質可能發生重要的問題。此不對稱性可以是很重要的，尤其是對具有偏軸(off-axis)有效物場之折反射式成像系統(偏軸系統)而言，尤其是對光學元件設置在離光學系統之瞳平面(pupil plane)相當大距離或設置在場平面(field plane)光學鄰近處而言。

於一些實施例中，光學元件設置在光學用區內具有非對稱輻射負載之區域，以及在周圍方向分段的至少一雜光光圈配合在光學用區之輻射負載的空間分布，使得光學元件之輻射負載的不對稱性藉由落在成像光束路徑外之輻射照到邊緣區域而降低。藉此可確保落在未篩選區域中之邊緣區之雜光，產生引起熱之輻射負載，且其空間分布實質與成像光束路徑之輻射負載互補，藉此至少可部分達到輻射負載的對稱性。換言之，在光學用區之不對稱輻射負載的負面效應，可藉由雜光而達到某種程度的補償。因此，雜光可用做為對付負面透鏡加熱效應的被動操縱器。

投射物鏡可為具有至少一凹面鏡之折反射式投射物鏡。亦可為折射式投射物鏡，亦即投射物鏡中所有具有折射能力之光學元件對操作波長的光而言是透明的。此操作波長較佳為小於 200 nm 之深紫外光範圍(DUV)。

本發明關於一種投射曝光機器，用於曝光輻射敏感基板(radiation-sensitive substrate)，其係設置在投射物鏡之影像表面之區域，並具有設置在投射物鏡之物件表面之區域之光罩的圖案的至少一影像，包含：

光源，用於輸出紫外光；

照射系統，用於接收光源之光，並用於塑形導向光罩之圖案的照射輻射；以及

投射物鏡，用於將光罩之結構成像到感光基板；

投射物鏡係組態成如本發明所述。

除了由申請專利範圍可知，上述及其他特徵亦可由說明及圖式得知，於本發明實施例或其他領域，個別特徵可分別獨自實施，或以子組合形式組合實施，以表現亦可專利的優勢設計。本發明例示實施例顯示於圖式並於下更詳細說明。

【實施方式】

於以下較佳實施例之說明中，「光學軸(optical axis)」一詞表示通過光學元件曲率中心之直線或一序列的直線部分。光學軸在折疊反射鏡(folding mirror)(偏向鏡(deflecting mirror))或其他反射表面受到折疊。於範例中，物件為具有積體電路圖案之光罩(遮罩)，也可以是具有其他圖案(例如光柵(grating))。於範例中，影像投射到具有光阻層並做為基板的晶圓。也可能是其他基板，例如液晶顯示器之基板或光學光柵之基板。

圖 1 顯示微影投射曝光機器 WSC 之範例，其可用於製造半導體組件及其他精細結構化組件，且為了得到幾分之微米的解析度，是以深紫外光範圍(DUV)的光或電磁輻射來操作。具有操作波長 λ 約 193 nm 的 ArF 準分子雷射(excimer laser)用做為主輻射源或光源 LS。類似地也可有其他雷射光源，例如具有操作波長 157 nm 的 F₂ 雷射、或具有操作波長約 248-nm 的 ArF 準分子雷射。

於光源 LS 下游之照射系統 ILL，於其出射面 ES 產生大又清晰界定且實質均勻照射的照射場(illumination field)，其配合設置在光路徑上之照射系統 ILL 下游之投射物鏡 PO 的遠心要求(telecentring requirement)。照射系統 ILL 具有設定不同照射模式(illumination mode)(照射設定(illumination

setting))之裝置，且可例如在具有同調(coherence) σ 之不同程度之傳統軸上照射(on-axis illumination)與偏軸照射(off-axis illumination)之間切換，偏軸照射模式包含例如環形照射、或雙極照射、或四極照射、或其他多極照射。合適的照射系統設計為已知，於此不再詳述。專利申請案 US 2007/0165202 A1(相應案 WO 2005/026843 A2)顯示可用於各種實施例範圍中的照射系統範例。

投射曝光機器之照射系統 ILL 包含光學元件，其接收雷射 LS 之光並形成導向到遮罩 M 之光照射輻射。

於照射系統之下游光路徑中，設置有支托並操縱光罩 M(遮罩)之裝置 RS，使得配置在遮罩上的圖案是位於投射物鏡 PO 的物件平面 OS，其與照射系統之出射平面相同且於此也表示為遮罩平面 OS。以掃描機操作而言，於掃描方向(y 方向)，光罩可利用掃描驅動器以垂直於光學軸 OA 之方式(z 方向)移動於此平面。

接在遮罩平面 OS 下游的是投射物鏡 PO，其做為縮減物鏡(reduction objective)，並將配置在光罩 M 之圖案之影像以縮減比例(例如比例 1:4 ($|\beta| = 0.25$)或 1:5 ($|\beta| = 0.20$))成像到基板 W，其中基板 W 塗有光阻層，且其感光基板表面 SS 位於投射物鏡 PO 之影像平面 IS 的區域。

要曝光的基板(於此例示案例為半導體晶圓 W)由包含掃描驅動器之裝置 WS 支托，以同步移動晶圓與遮罩 M 於垂直光學軸 OA 之掃描方向(y-方向)。此裝置 WS(亦表示為「晶圓台(wafer stage)」)以及裝置 RS(亦表示為「遮罩台(reticle stage)」)為掃描機的組件，其中掃描機受控於掃描/控制裝置，其於此實施例整合於投射曝光機器之中央控制裝置 CU。

照射系統 ILL 所產生的照射場定義出用於投射曝光的

有效物場 OF。於例示案例中，其為矩形並具有高度 A^* (平行掃描方向(y 方向)量測)以及寬度 B^* (垂直掃描方向(x 方向)量測)，其中 $B^* > A^*$ 。外觀比(aspect ratio) $AR = B^*/A^*$ 通常是在 2 與 10 之間，尤其是 3 與 6 之間。有效場在光學軸旁且在 y 方向有間隔(偏軸場 OF)。在影像表面 IS 中的有效影像場(其與有效物場光學共軛)與有效物場具有相同的形狀以及相同的高度 A 與寬度 B 之間的外觀比，但是絕對場尺寸以投射物鏡之成像比例 β 縮減，亦即 $A = |\beta|A^*$ 以及 $B = |\beta|B^*$ 。

圖 2 顯示具有所選光束之折反射式投射物鏡 200 之實施例之示意經向(meridional)截面透鏡截面，以說明操作期間行進通過投射物鏡之投射輻射的成像光束路徑。針對將設置在光罩之物件平面 OS 之圖案以縮減比例（例如 4：1 比例）成像到對準平行物件平面之影像場 IS 之目的，投射物鏡提供做為縮減成像系統(reducing imaging system)。於此案例，在物件平面與影像平面之間產生恰好兩個實際中間影像 IMI1、IMI2。第一物鏡部 OP1 僅以透明光學元件架構而為純折射式(折光式)物鏡部，以尺寸實質無變化方式將物件平面的圖案成像到第一中間影像 IMI1。第二折反射式物鏡部 OP2 以尺寸實質無變化方式將第一中間影像 IMI1 成像到第二中間影像 IMI2。第三純折射式物鏡部 OP3 以較強的縮減尺寸方式將第二中間影像 IMI2 成像到影像平面 IS。

在物件平面與第一中間影像之間、在第一中間影像與第二中間影像之間、以及在第二中間影像與影像平面之間，成像系統之瞳表面(pupil surface)P1、P2、P3 分別位在光學影像之主光線(principal ray)CR 與光學軸 OA 相交之處。系統的孔徑光闌 AS 置入第三物鏡部 OP3 之瞳表面 P3 的區域中。折反射式第二物鏡部 OP2 內部的瞳表面 P2 位在凹面鏡 CM 緊鄰附近。

若投射物鏡設計及操作成浸潤式物鏡(immersion objective)，則於投射物鏡操作期間，輻射傳輸通過浸潤液薄層，其位在投射物鏡之出射表面與影像平面 IS 之間。具有相容基本設計之浸潤式物鏡顯示於例如國際專利申請案 WO 2004/019128 A2 號。浸潤式操作中，可能的影像側數值孔徑 $NA > 1$ 。亦可組態成乾式物鏡(dry objective)，而於此影像側數值孔徑限制在 $NA < 1$ 的值。

折反射式第二物鏡部 OP2 包含投射物鏡之單一凹面鏡 CM。位在此凹面鏡直接上游的是具有兩個負透鏡 L2-2 及 L2-3 之負群組 NG。於此配置中，匹茲瓦校正(Petzval correction)(有時表示為 Schupmann 消色差(Schupmann Achromat))，亦即影像場曲率的校正，是藉由凹面鏡的曲率及其附近之負透鏡來產生，而色彩校正是藉由凹面鏡上游之負透鏡的折射能力及光圈相對於凹面鏡之定位來產生。

反射式偏向裝置(reflective deflecting device)用於將從物件平面 OS 到凹面鏡 CM 或對應部分光束路徑 RB1 之光束，與在凹面鏡反射後行進於凹面鏡與影像平面 IS 間之光束或部分光束路徑 RB2 分開。為達此目的，偏向裝置具有平的第一偏向鏡 FM1 以及第二偏向鏡 FM2，其中第一偏向鏡 FM1 用於將來自物件平面的輻射反射到凹面鏡 CM，而第二偏向鏡 FM2 以直角與第一偏向鏡 FM1 對準並將凹面鏡所反射的輻射偏向到影像平面 IS 的方向。由於光學軸在偏向鏡折疊，因此於本案中偏向鏡亦稱為折疊鏡。相對於投射物鏡的光學軸 OA，偏向鏡繞著垂直光學軸並平行第一方向(x 方向)延伸之傾斜軸傾斜，例如 45° 。針對掃描操作之一種投射物鏡設計中，第一方向(x 方向)垂直於掃描方向(y 方向)，因而垂直於光罩(遮罩)與基板(晶圓)的移動方向。為達此目的，偏向裝置實施成稜鏡(prism)，其外部銀化短面(externally

silvered short face)彼此垂直對準並做為偏向鏡。

中間影像 IMI1、IMI2 分別位在折疊鏡 FM1 及 FM2 之光學鄰近，位在最靠近折疊鏡但仍相距有最小光學距離，使鏡表面可能有的錯誤不會清晰地成像到影像平面，而平偏向鏡(平面鏡)FM1、FM2 位在中等輻射能密度(moderate radiation energy density)區域。

(平行軸(paraxial))中間影像之位置定義系統之場平面，其分別與物件平面及影像平面光學共軛。因此。偏向鏡位在系統之場平面的光學鄰近，在本案範疇中此亦稱為「近場(near-field)」。於此，第一偏向鏡設置在屬於第一中間影像 IMI1 之第一場平面的光學鄰近，而第二偏向鏡設置在第二場平面的光學鄰近，其中第二場平面與第一場平面光學共軛且屬於第二中間影像 IMI2。

於本案例中，光學表面相對於參考平面(reference plane)(例如場平面或瞳表面)的光學鄰近或光學距離以所謂子孔徑比(subaperture ratio)SAR 來描述。針對本案目的，光學表面之子孔徑比 SAR 定義如下：

$$SAR = \text{sign } h (r / (|h| + |r|))$$

r 表示邊緣光線(marginal ray)高度， h 表示主光線高度，而 sign 函數 $\text{sign } x$ 為 x 的 sign ，其中藉由轉換使 $\text{sign } 0 = 1$ 。主光線高度為物場之場點(field point)之主光線高度，具有絕對值為最大場高度。光線高度於此具有符號。邊緣光線高度為從光學軸與物件平面之交點射出之光線(具有最大孔徑)之高度。此場點不一定對設置在物件平面之圖案的傳輸有影響，尤其是對偏軸影像場而言。

子孔徑比為變數，其具有符號且為光束路徑中之一平面鄰近到場或瞳的度量。以定義而言，子孔徑標準化為-1 與+1 之間的值，在各場平面中子孔徑比為 0，而子孔徑比於瞳平

面從-1 跳到+1，或反之亦然。因此，絕對值為 1 的子孔徑比判定為瞳平面。

因此，近場平面具有接近 0 的子孔徑比，而近瞳平面 (pupil near plane) 具有絕對值接近 1 的子孔徑比。子孔徑比的符號表示平面的位置是在參考平面的上游或下游。

對兩個偏向鏡而言，光學元件設置在偏向鏡與最靠近 (緊鄰附近) 的中間影像之間，且子孔徑比 SAR 的絕對值小於 0.3，尤其是小於 0.2。對 FM1 而言， $SAR = +0.137$ ，而對 FM2 而言則為 $SAR = -0.040$ 。

此系統的特殊特徵在於：在幾何上，在折疊鏡 FM1、FM2 與凹面鏡 CM 之間，於投射物鏡之讓輻射可雙向傳輸之區域，提供有雙凸正透鏡 (biconvex positive lens) L2-1，其用於兩個相對傳輸方向，且在物件平面 OS 或第一中間影像 IMI1 與凹面鏡 CM 之間的第一部分光束路徑中以及在凹面鏡 CM 與第二中間影像 IMI2 或影像平面 IS 之間的第二部分光束路徑中，輻射於雙凸正透鏡之相互抵消透鏡區 (mutually offset lens region) 中傳輸。正透鏡 L2-1 設置得比凹面鏡 CM 還靠近折疊鏡 FM1、FM2，尤其是在折疊鏡與凹面鏡之間的 1/3 軸間隔 (axial spacing) 處。參考第一中間影像 IMI1 及參考第二中間影像 IMI2，正透鏡 L2-1 以近場方式設置，因而做為參考這兩個中間影像的場透鏡 (field lens)。於物件平面與凹面鏡間之光路徑中的第一次傳輸期間，面對偏向鏡之表面 L2-1-1 的子孔徑比為 $SAR = -0.175$ ，而另一表面為 $SAR = -0.249$ 。於凹面鏡與影像平面間之光路徑中的第二次傳輸期間，面對凹面鏡之入光面 L2-1-2 的子孔徑比為 $SAR = +0.254$ ，而面對偏向鏡之出光面為 $SAR = 0.180$ 。因此，於各案例中，透鏡表面的子孔徑比之絕對值小於 0.3。

於第一中間影像 IMI1 與凹面鏡 CM 之間的光路徑中，

折射能力的效應為：緊鄰地設置在凹面鏡上游之負群組 NG 的後續透鏡 L2-2 及 L2-3 之直徑，以及凹面鏡 CM 之直徑，可保持很小。從凹面鏡到第二中間影像 IMI2 以及到影像平面 IS 之光路徑中，正折射能力使也照到第二折疊鏡 FM2 之輻射的入射角帶寬(incidence angle bandwidth)降低，因此第二折疊鏡 FM2 可塗上有利的反射層。再者，場透鏡對折射式第三物鏡部 OP3 中的透鏡直徑的限制有優勢的作用，其中折射式第三物鏡部 OP3 最靠近影像場且實質負責產生浸潤式投射物鏡的高影像側數值孔徑($NA=1.30$)。

此類正場透鏡組態的其他優點與選項描述於申請人之國際專利申請案公開號 WO 2005/111689 A2 中。圖 2 之光學設計實施例對應於 WO 2005/111689 A2 之圖 11 中的例示實施例。於本文中，WO 2005/111689 A2 的內容結合於此作為參考。

投射物鏡操作期間，由於成像光束路徑中傳播的輻射，使得設置在近場位置(near-field position)的正透鏡受到非旋轉對稱輻射負載，其可導致非旋轉對稱透鏡加熱效應。針對說明目的，圖 3B 顯示平行光學軸指向且面對偏向鏡 FM1、FM2 之非球面曲透鏡表面(aspherically curved lens surface)L2-1-1 之上視圖，而圖 3C 顯示面對凹面鏡 CM 之非球面曲透鏡表面 L2-1-2 之對應軸向上視圖。所謂足印 FTP1-1 及 FTP2-1(對非球面透鏡表面而言)以及對球面透鏡表面而言之 FTP1-2 及 FTP2-2，分別顯示於透鏡表面。於各案例中，足印對應於在光學用區內由投射光束整體照射之區域。於示意圖中，顯示足印約為具有圓角之矩形。此顯示出在透鏡表面位置之投射光束的截面大約對應於有效物場之矩形形狀，因為透鏡為近場(小子孔徑比)。足印的圓角顯示矩形形狀與確切矩形形狀的偏差，因為透鏡表面相對於最近

場平面(亦即最近中間影像)位置的光學間隔。進一步可提及的是在所示投射物鏡中，在瞳表面鄰近之光學表面上，投射光束的截面實質為圓形。

分別顯示於 x-z 平面上方的足印 FTP1-1 及 FTP1-2 分別屬於第一部分光束路徑 RB1，其從物件平面到凹面鏡方向且其中非球面透鏡表面 L2-1-1 做為入光面，而球面透鏡表面 L2-1-2 做為出光面。相對地，分別位於 x-z 平面下方的足印 FTP2-1 及 FTP2-2 分別屬於在凹面鏡與影像表面間之第二部分光束路徑 RB2，於此球面透鏡表面 L2-1-2 做為入光面，而非球面透鏡表面 L2-1-1 作為出光面。

由於第二物鏡部 OP2 具有(至少大約)-1:1 之成像比例，所以在 x-z 平面兩側之足印雖然相對於 x-z 平面是設置成鏡像方式，但是在尺寸方面分別實質相等且有非常類似的清晰度。因此，整體結果為非旋轉對稱輻射負載，雖然相對於光學軸 OA 不是呈現旋轉對稱，但是相對於 x-z 平面大約為鏡像對稱。尤其是，沿著 x 方向的輻射負載比在垂直於 x 方向的 y 方向到達更靠近邊緣區域。邊緣區位在 x 方向的區域比位在 y 方向的區域傾向於有更強的加熱，因為在 y 方向離照射區有較大的徑向間隔(radial spacing)。

非旋轉對稱輻射負載對成像品質可能有的負面效應，在例示實施例中利用第一光圈配置(first diaphragm arrangement)SA1 而至少部份得到補償，其中第一光圈配置 SA1 具有一對雜光光圈(false light diaphragm)SLS1、SLS2 分段設置在周圍方向。這些光圈的篩選效應(screening effect)適用於在光學用區(亦即在足印區)中的輻射負載空間分布，而使雜光對透鏡邊緣區的某些片段的照射是以目標方式(targeted fashion)進行，使雜光可類似地輕微地加熱被雜光照到區域的透鏡材料，因而可至少部分補償投射光束所造成的

不對稱透鏡變形。為達此目的，第一雜光光圈 SLS1 直接置於正透鏡之非球面透鏡表面 L2-1-1 的上游，亦即在幾何上是位於正透鏡與折疊鏡之間，而在相對之球面透鏡表面 L2-1-2 的緊鄰附近，設置有第二雜光光圈 SLS2，其分別篩選透鏡在某些方位角區域的部分邊緣，但不篩選其他方位角區域。關於第一部分光束路徑 RB1，第一雜光光圈 SLS1 位在透鏡上游，而第二雜光光圈 SLS2 位在下游。關於凹面鏡與影像表面間之第二部分光束路徑 RB2，則角色相反，其中第二雜光光圈 SLS2 於此直接設置在正透鏡 L2-1 的上游，而第一雜光光圈 SLS1 直接設置在下游。

針對面對折疊鏡 FM1、FM2 之第一雜光光圈 SLS1(亦可相較於圖 6)，利用圖 3B 更詳細的說明雜光光圈的幾何形狀。此雜光光圈具有外環部分(outer ring section)，係完全位在透鏡徑向外部。於周圍方向上，四個區域彼此抵消(offset)，矩形篩選部分(rectangular screening section)SP1-1 及 SP1-2 與 SP2-1 及 SP2-2 沿著透鏡邊緣區分別朝內徑向突出，且涵蓋邊緣區的周圍部分於某周圍角(例如 10 至 20°)。因此，在這些方位角區域中，光圈直徑小於透鏡直徑。篩選部分在某些周圍位置分別朝光學軸方向向內突出，在這些周圍位置足印之外角落(outer corner)在透鏡邊緣區方向到達特別地遠，亦即即使在透鏡邊緣區方向，相對於其他周圍部分，熱負載較大之處。整體結果為相對於 x-z 平面為鏡像對稱，但沒有旋轉對稱。相對於 y 方向對稱的中間區域分別具有約 90°之周圍寬度，邊緣區域沒有篩選發生，所以雜光於此處可照到遠達透鏡邊緣而不被篩選。同樣適用於相對於 x 軸對稱的周圍區域，其分別具有約 45°之圓周寬度。於無篩選的區域中，可透過雜光發生透鏡的加熱，而使整個透鏡的熱負載比單獨因為在投射光束之可用輻射造成的熱負載沒

有那麼不均勻(比較足印)。如此導致熱輻射負載某程度的對稱，因而降低所造成的像差。

適當形狀的第二雜光光圈 SLS2 位於正透鏡 L2-1 與凹面鏡之間，確保在周圍方向在凹面鏡側邊有對應的篩選，藉此可部分初次篩選可能來自凹面鏡側邊而傾向通過正透鏡之超過孔徑光，另一方面也部分篩選不屬於成像光束路徑且被凹面鏡反射之輻射。

具有第一雜光光圈置於光學元件上游以及第二雜光光圈直接置於光學元件下游的光圈配置，可選替地或此外地也提供於投射物鏡之一個或更多其他透鏡的案例中。於例示案例中，此類雙向有效之第二光圈配置 SA2 也指派給負群組 NG 中的負透鏡 L2-2，其中負透鏡設置於偏向鏡與凹面鏡間之雙折光束傳輸(two-fold beam transit)中。因為負透鏡非常靠近在凹面鏡 CM 的第二瞳平面 P2，所以投射光束於此具有非常大的圓形截面。兩個雜光光圈對應地配備有圓形光圈開口，亦即在周圍方向沒有分段(比較圖 5)。藉此可在透鏡光學未使用的邊緣區兩側，完全篩選掉雜光效應。

本例示實施例中，第三光圈配置 SA3 提供於單一光束傳輸(single beam transit)區域中之第三物鏡部 OP3 的內部，以在正彎月形透鏡(positive meniscus lens)上游與下游的整個周圍，均勻篩選正彎月形透鏡 L3-6 之邊緣區的雜光，其中正彎月形透鏡相對於影像平面皆為凸面的。由光學觀點而言，正透鏡 L3-6 位在第二中間影像 IMI2(子孔徑比 SAR=0)與第三瞳平面 P3 之間的中間區域，其中子孔徑比 SAR=1 且投射光束之直徑實質為圓形。

於此更可提及除了投射物鏡之孔徑光闌 AS，可提供所述的雜光光圈，其設置於第三瞳表面 P3，不像孔徑光闌，不用於限制投射光束的截面。於此範例中，孔徑光闌 AS 組

態成具有圓形光圈開口之可變光圈，以藉由改變光圈開口直徑來設定實際用於投射操作之影像側數值孔徑。因此，此類孔徑光闌限制成像光束路徑，而雜光光圈不會到達成像光束路徑因此不會阻擋成像所需的輻射成分。通常雜光光圈設計成簡單不可變的光圈，具有不可變的幾何形狀。然而，若有需要，個別的雜光光圈亦可設計成可變的光圈。

於例示案例中，雜光光圈為與透鏡分開的組件，其由例如金屬材料構成，若有需要可塗有光學活性塗層(optically active coating)。於例外的案例中，也可藉由透鏡邊緣區的塗層(例如反射塗層)來實施雜光光圈。

關於光圈配置 SA4 之設計與功能的進一步細節藉由圖 4 來說明，其顯示通過雙凸正透鏡 L 沿著包含光學軸 OA 之截平面的軸向截面，雙凸正透鏡 L 可為上述投射物鏡之場透鏡 L2-1 或安裝在其他位置的透鏡。此透鏡藉由實質環形支托裝置(essentially annular holding device)HD(僅示意地繪示)支托在其位置。支托裝置具有複數個支托元件 HE1、HE2，係均勻分布於透鏡的周圍，作用於透鏡的圓形環狀邊緣區 ER，且與接觸區 CZ 之區域中的邊緣區接觸。在光學軸 OA 周圍的是透鏡表面的光學用區 OPT，於各例中係以拋光(polishing)及/或離子束處理(ion beam processing)及/或一些其他方式經過光學品質處理。在邊緣區 ER 不需要達到此光學品質。

於透鏡安裝成有水平光學軸的範例中，支托元件作用於透鏡的前側及後側。舉例而言，透鏡可藉由挾持(clamping)(例如依據 US 2003/0234918 A1)或利用接合層接合(bonding)(比較例如 US 6,097,536 或 US 7,081,278)而在接觸區的區域固定於支托裝置。這些文件關於將支托元件固定於透鏡的揭示，結合於此作為參考。選替地或此外，亦可使

用其他固定技術例如利用接合及/或形成終止(form closure)或迫使終止(force closure)，以確保支托元件與光學元件間沒有相對移動。在安裝成具有垂直光學軸之透鏡案例中，在下側的單向支托與固定就足夠了。

透鏡指派有光圈配置 SA4，其具有直接設置在透鏡上游的第一雜光光圈 SLS4-1，以及直接設置在透鏡下游的第二雜光光圈 SLS4-2，類似於上述圖 2 及圖 3 的說明。這些雜光光圈分別塑形，而可完全篩選掉相對之支托元件 HE1 及 HE2 的雜光，且朝內突出過個別接觸區的區域，使得相較於接觸區，雜光光圈的內光圈邊緣 SE1 或 SE2 分別在支托元件區域更靠近光學軸。雜光光圈分別具有外、平、實質環形的外部分 OP 及內部分 IP，其中外部分 OP 實質對準於垂直光學軸 OA 的平面，而內部分 IP 向內連接且為例如圓錐形平截頭體形狀，並相對於光學軸以相當陡峭方式分別在要篩選之透鏡表面的方向上傾斜對準。因此，光圈邊緣 SE1 或 SE2 分別位於非常靠近要篩選的透鏡表面，但同時在雜光光圈與受保護的透鏡表面間留有足夠的空間，以供容置裝設技術的部件，尤其是支托元件。從透鏡表面平行於光學軸量測的間隔可以最多少於 1 毫米，例如約 0.1 mm 而位於光圈邊緣區域中。藉此可達到清晰邊緣狀的篩選。然而，此間隔是有限的，所以可以可靠地避開實體接觸。支托裝置藉由在其軸向側與面對光學軸之內側的雜光光圈而被篩選。藉由個別雜光光圈，實際上沒有雜光可以通過到支托元件。

進一步可利用圖 6 說明雜光光圈也有可能形式，使得一些支托元件在接觸區的區域故意暴露於雜光，亦即並未篩選。

不同光圈幾何利用圖 5、6、及 7 的範例說明，其分別顯示具有光圈配置之透鏡之一側的軸向視圖。於各案例中，

參考符號 SE 表示雜光光圈之內光圈邊緣，該邊緣以連續線繪示。於各案例中，參考符號 LE 表示透鏡的外透鏡邊緣(以虛線繪示)，於軸向視圖中，當雜光光圈覆蓋透鏡的外透鏡邊緣時，外透鏡邊緣以虛線繪示，當透鏡邊緣徑向位於光圈邊緣之內，因而暴露於雜光時，外透鏡邊緣以實線繪示。參考符號 HE 一般表示支托裝置的支托元件，其元件與個別透鏡的邊緣區接觸。當被雜光光圈覆蓋而篩選時，於各案例中以虛線表示。無論支托元件哪處部件未被篩選而暴露於雜光，支托元件就以連續線繪示。於各案例中，透鏡表面上的斜線表面代表投射光束分別在可見透鏡表面的足印或複數足印。因此，這些表面的外緣代表成像光束在對應透鏡表面之側緣。

圖 5 顯示圓形光圈的範例，亦即具有圓形光圈開口的雜光光圈。此雜光光圈提供於置於瞳平面鄰近的透鏡上，或多或少可從足印 FTP5 之圓形截面偵測的。於透鏡整個周圍，雜光光圈覆蓋所有支托元件以及透鏡的整個邊緣區，而不覆蓋光學用區的環形部分，其有點大於投射光束的截面。於整個周圍，投射光束與光圈邊緣間的徑向間隔於此為 0.1 mm 至 1 mm 之間。雜光光圈不會限制投射光束的截面，而是保護包含向內突出的支托元件的整個裝設技術以及雜光照射上游的接觸區。舉例而言，於圖 2 及 3 所示例示實施例中，第二雜光配置 SA2 的雜光光圈可繞負透鏡 L2-2 組態成圓形光圈。

圖 6 顯示第一光圈配置 SA1 的雜光光圈(以顯示於圖 3B)，然而其於此可更有效率地偵測支托元件的篩選。於向內突出之篩選部分 SP1-2 至 SP2-2 的區域中，不僅完全篩選透鏡的邊緣區，還篩選作用於其上的支托元件。因此，於此不會發生因雜光照射而引致的局部熱產生。相對地，在 x 方

向彼此相對的支托元件僅為部分覆蓋，所以支托元件的徑向向內位置端位在光圈開口內部，因此暴露於雜光照射。同樣適用於分別有三個在 y 方向彼此相對之相鄰支托元件的群組。於未篩選接觸區之區域可能產生的熱在空間上分布，而降低在足印區域產生的透鏡的熱負載的不對稱，且使透鏡的熱負載在某個程度上更加均勻。

圖 7 顯示所謂「足印光圈(footprint diaphragm)」的範例，其差別在於非圓之內光圈邊緣(out-of-round inner diaphragm edge)SE 的路線是位在光圈開口之周圍的最大部分，且距離投射光束最近的邊緣(可由足印偵測)或多或少有均勻間隔(典型為約 0.1 mm 及 1 mm 之間的值)，而使實質上仍維持未篩選的僅是光學用區之實際用於投射光束之傳輸的子區域。包含所有支托元件的整個支托裝置位在篩選區中，因此實際上不暴露於雜光。相稱形狀的足印光圈位在相對側。舉例而言，第三光圈配置 SA3 的雜光光圈可為足印光圈形式，其中第三光圈配置 SA3 的雜光光圈設置在以特別近場或特別近瞳(near-pupil)方式設置之單一照射透鏡的周圍。

【圖式簡單說明】

圖 1 顯示微影投射曝光機器之示意圖；

圖 2 顯示根據例示實施例之通過折反射式投射物鏡之經向透鏡截面；

圖 3 於圖 3A 中顯示圖 2 所示例示實施例之第二物鏡部的放大細節，其具有雙橫越近場正透鏡且具有雜光光圈於兩側，於圖 3B 及 3C 中顯示正透鏡兩側之軸向上視圖，於各案例中具有雜光光圈置於上游；

圖 4 顯示通過由支托裝置固定在邊緣區域之雙凸透鏡之軸向平行截面，邊緣區域與支托裝置由光圈配置之雜光光

圈篩選雜光；以及

圖 5、6、及 7 顯示根據不同實施例之光圈配置之不同類型雜光光圈之示意圖。

【主要元件符號說明】

200 投射物鏡

A* 高度

AS 孔徑光闌

B* 寬度

CM 凹面鏡

CR 主光線

CU 中央控制裝置

CZ 接觸區

ER 邊緣區

ES 出射面

FM1 第一偏向鏡

FM2 第二偏向鏡

FTP1-1、FTP1-2、FTP2-1、FTP2-2、FTP5 足印

HD 支托裝置

HE、HE1、HE2 支托元件

ILL 照射系統

IMI1 第一中間影像

IMI2 第二中間影像

IP 支托元件

IS 影像平面

L 雙凸正透鏡

L2-1、L2-2、L2-3、L3-6 光學元件

L2-1-1、L2-1-2 透鏡表面

LE 外透鏡邊緣

LS 光源

M 光罩

NG 負群組

OA 光學軸

OF 偏軸場

OP1 第一物鏡部

OP2 第二物鏡部

OP3 第三物鏡部

OPT 光學用區

OS 物件平面

P1、P2、P3 瞳表面

PO 投射物鏡

RB1 第一部分光束路徑

RB2 第二部分光束路徑

RS 裝置

SA1、SA2、SA3、SA4 光圈配置

SE、SE1、SE2 內光圈邊緣

SLS1、SLS2、SLS4-1、SLS4-2 雜光光圈

SP1-1、SP1-2、SP2-1、SP2-2 篩選部分

SS 感光基板表面

W 晶圓

WS 裝置

WSC 投射曝光機器

104年4月16日修正對線頁(本)

七、申請專利範圍：

1. 一種投射物鏡，用於將設置在該投射物鏡之一物件平面的一物件成像為該物件之位於該投射物鏡之一影像平面的一影像，包含：

多個透明光學元件以及多個支托裝置，該些支托裝置用於將該些光學元件支托在沿著該投射物鏡之一成像光束路徑的多個預定位置，該些光學元件之至少一具有位於該成像光束路徑中的一光學用區以及位於該光學用區外的一邊緣區，並且用於支托該光學元件之該支托裝置之至少一支托元件作用於該邊緣區之一接觸區，

其特徵在於：

該光學元件指派有一光圈配置，係具有直接設置在該光學元件上游之一第一雜光光圈以及直接設置在該光學元件下游之一第二雜光光圈，該些雜光光圈各形成為使得該雜光光圈對該邊緣區之至少一部分篩選行進在該成像光束路徑外的輻射。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之投射物鏡，其中該些雜光光圈之一具有界定一光圈開口之一內光圈邊緣，以及在該內光圈邊緣之整個周圍，在該內光圈邊緣與該光學元件之相關光學表面之間的一有限間隔是少於 2 mm，或是少於 1 mm。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之投射物鏡，其中該內光圈邊緣與該光學表面之間的一最小間隔為 1/10 mm 或更多。

4. 如申請專利範圍第 2 或 3 項所述之投射物鏡，其中該些雜光光圈之一具有一平外邊緣部分，其連接至一內部分，其係相對於該平外邊緣部分傾斜，朝向該光學元件並定義該內光圈邊緣。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之投射物鏡，其中該內部分為圓錐形狀。
6. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中該些雜光光圈形成並設置成，針對該光學元件，對所有接觸區與作用於該些接觸區之該些支托元件篩選在該成像光束路徑外的輻射。
7. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中該些雜光光圈形成並設置成，針對該光學元件，僅對一些接觸區與僅一些作用於該些接觸區之支托元件篩選在該成像光束路徑外的輻射。
8. 如申請專利範圍第 2 或 3 項所述之投射物鏡，其中該些雜光光圈具有一圓形光圈開口，在一成像光束之行進於該成像光束路徑之邊緣的光線與該內光圈邊緣之間有一間隔，使得該些雜光光圈不會限制該成像光束路徑。
9. 如申請專利範圍第 8 項所述之投射物鏡，其中被指派的該光學元件位於該投射物鏡之一瞳中或鄰近該瞳處。
10. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中該光圈配置之該些雜光光圈具有一光圈開口，形狀配合在該成像光束路徑中之一成像光束的截面形狀，使得於該光圈開口之周圍的至少 80%，該內光圈邊緣與該成像光束之間的一間隔最多為 2 mm 或 1 mm 或更少。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之投射物鏡，其中於該整個內光圈邊緣，在該成像光束與該內光圈邊緣之間的該間隔維持在至少 $1/10$ mm。

12. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中該投射物鏡具有至少一凹面鏡，該成像光束路徑在該物件平面與該凹面鏡之間具有一第一部分光束路徑，以及在該凹面鏡與該影像平面間具有一第二部分光束路徑，且該光學元件及指派的該些雜光光圈設置於雙橫越區域，使得該第一部分光束路徑與該第二部分光束路徑通過該光學元件之該光學用區及通過該些雜光光圈。

13. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中該些雜光光圈之至少其中之一形成為在一周圍方向分段的雜光光圈，該雜光光圈僅對該邊緣區之一部分篩選行進在該成像光束路徑外的輻射，而該邊緣區之另一部分暴露於行進在該成像光束路徑外的輻射。

14. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中該光學元件設置於在該光學用區內具有一非旋轉對稱輻射負載之一區域內，以及在一周圍方向分段的至少一雜光光圈配合在該光學用區之該輻射負載之空間分布，使得該光學元件之該輻射負載的不對稱性藉由落在該成像光束路徑外之輻射照到該邊緣區而降低。

15. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中具有該光圈配置之該光學元件光學地設置在一場平面之鄰近處，尤其是在針對該光學元件之所有光學表面一子孔徑比之絕對值

小於 0.3 的位置。

16. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中該投射物鏡具有一第一物鏡部，用於將該物件成像為一第一實際中間影像、一第二物鏡部，用於將該第一實際中間影像成像為一第二實際中間影像、以及一第三物鏡部，用於將該第二實際中間影像成像於該影像平面，該第二物鏡部為具有一凹面鏡之一折反射物鏡部，提供一第一折疊鏡用於將來自該物件平面之輻射反射到該凹面鏡之方向，以及提供一第二折疊鏡用於將來自該凹面鏡之輻射反射到該影像平面之方向，以及具有指派之該光圈配置之該光學元件設置在該凹面鏡與該些折疊鏡之間的雙橫越區域。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之投射物鏡，其中該光學元件為具有正折射能力之一場透鏡，其設置於該第一實際中間影像與該第一實際中間影像之一近場區域中之該凹面鏡之間。

18. 如申請專利範圍第 1、2、或 3 項所述之投射物鏡，其中提供一第一光圈配置與至少一第二光圈配置。

19. 一種投射曝光機器，用於曝光一輻射敏感基板，其係設置在一投射物鏡之一影像表面之區域，並具有設置在該投射物鏡之一物件表面之區域之一光罩的一圖案的至少一影像，包含：

一光源，用於輸出紫外光；

一照射系統，用於接收該光源之光並用於塑形導向該光罩之該圖案的照射輻射；以及

一投射物鏡，用於將該光罩之該圖案成像到該輻射敏感基板；

該投射物鏡係組態成如申請專利範圍第 1 至 18 項中任一項所述。

八、圖式：

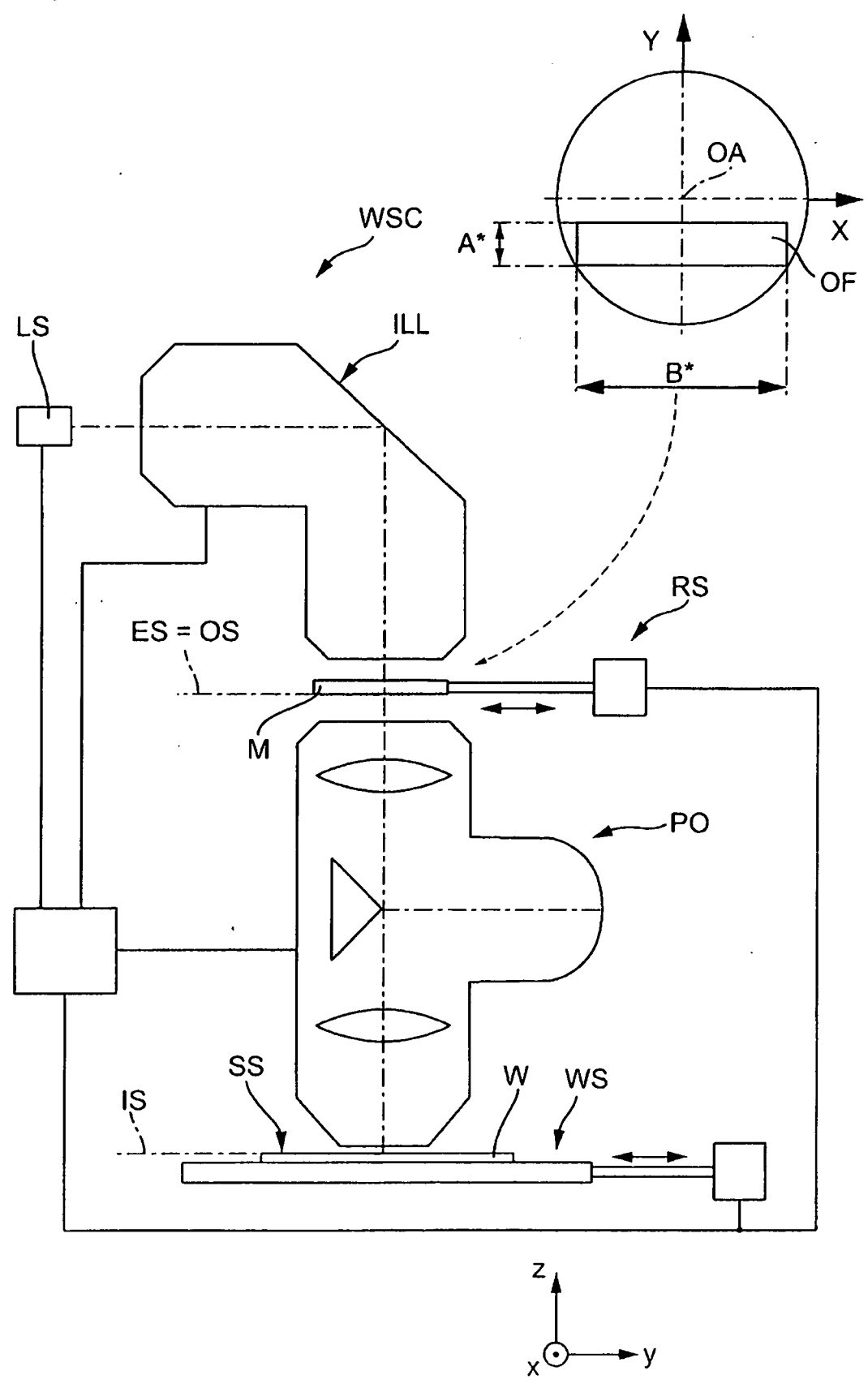


圖 1

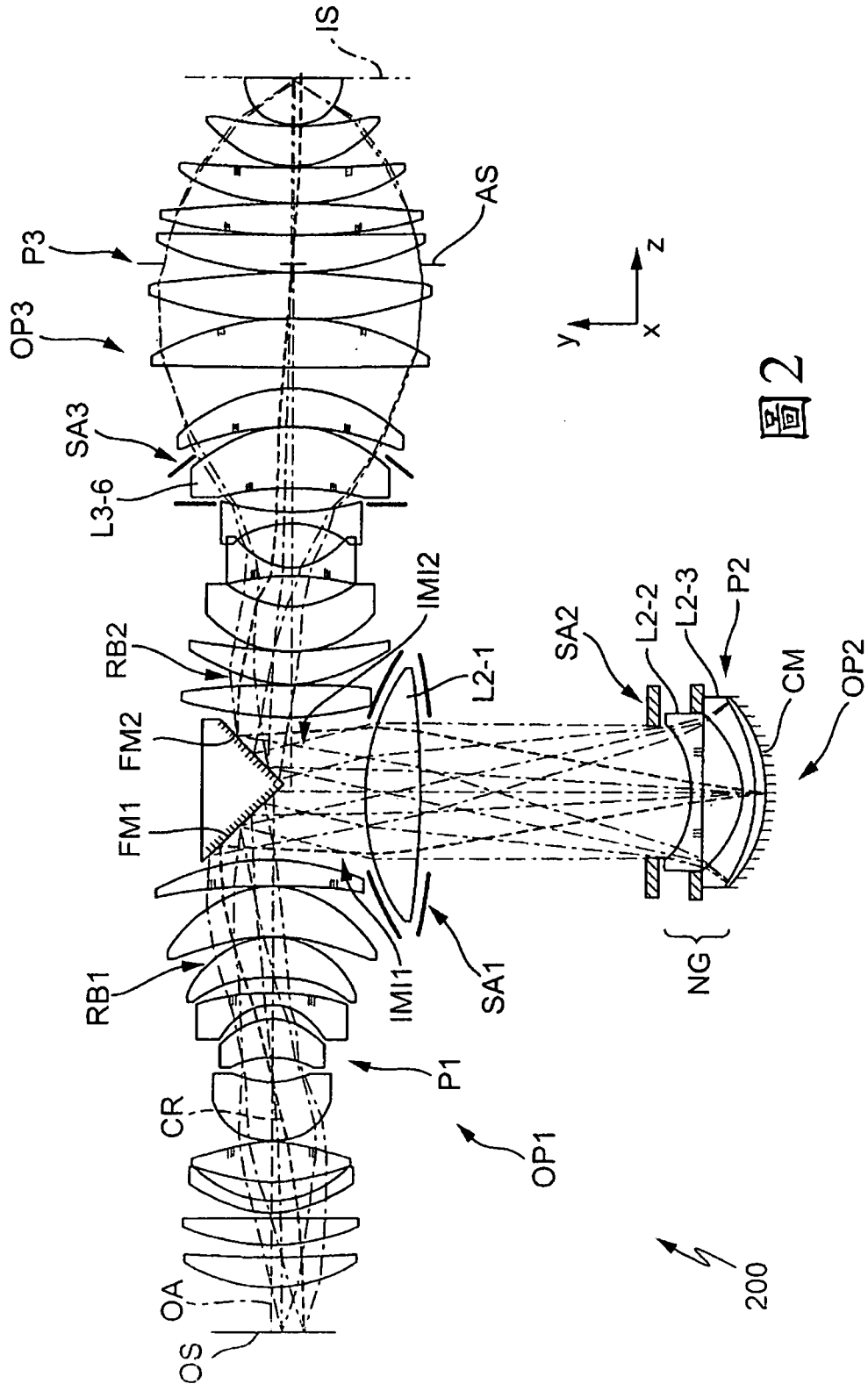


圖2

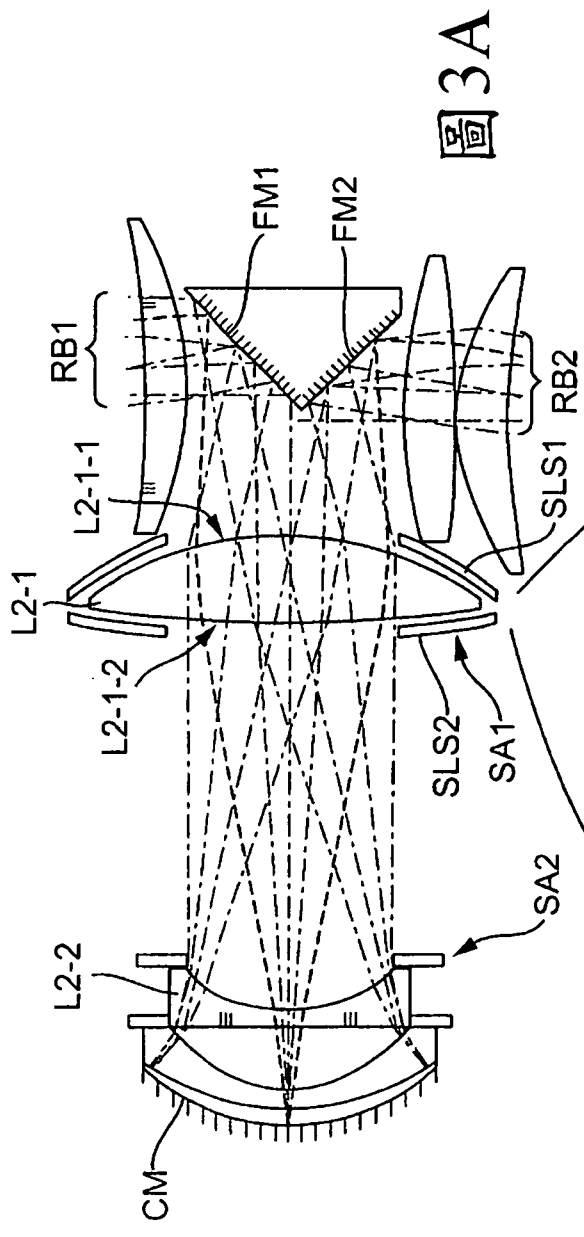


圖3A

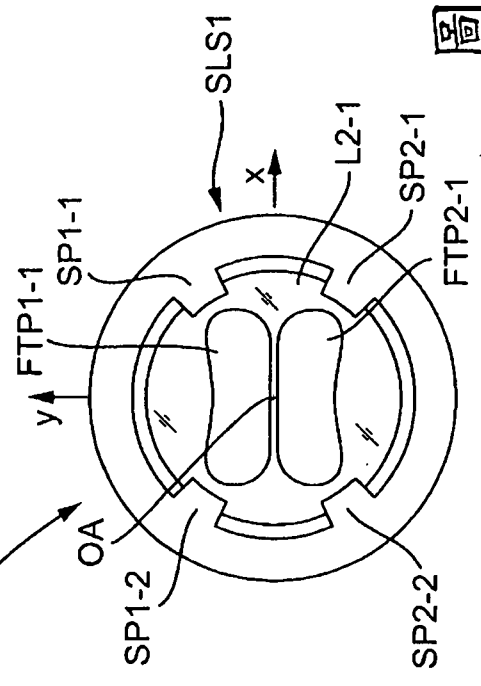


圖3B

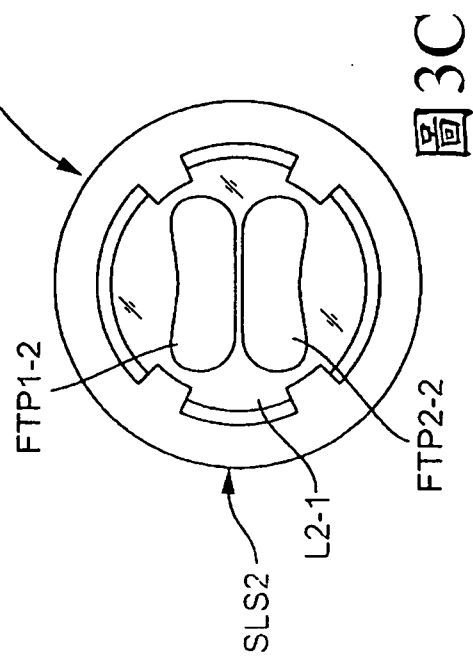
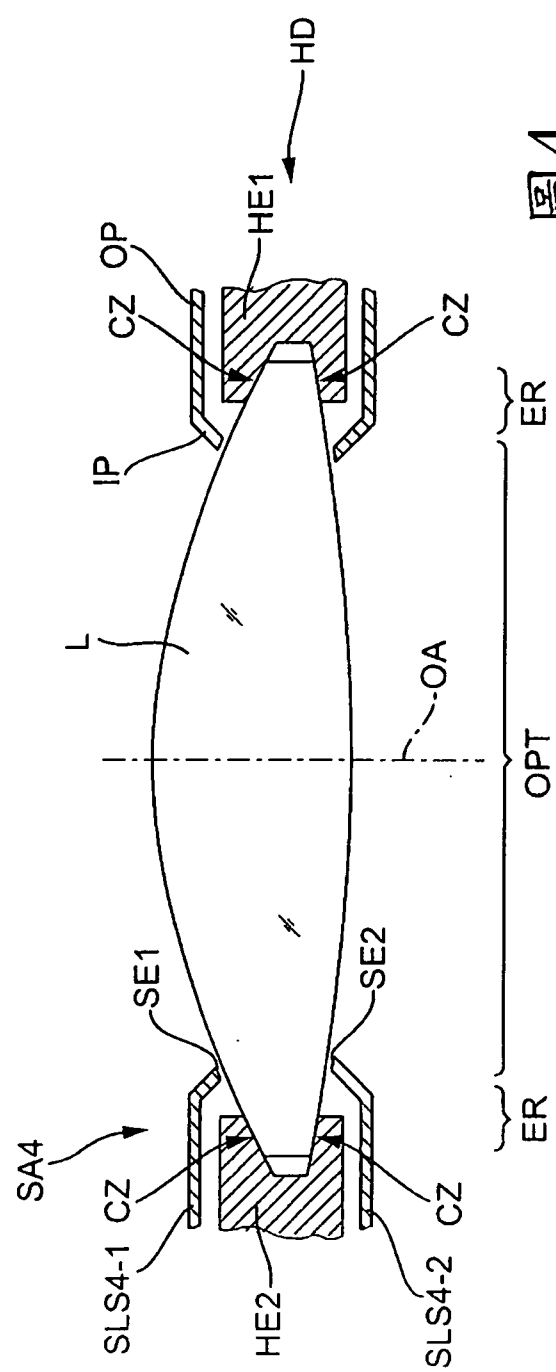


圖3C



4
回

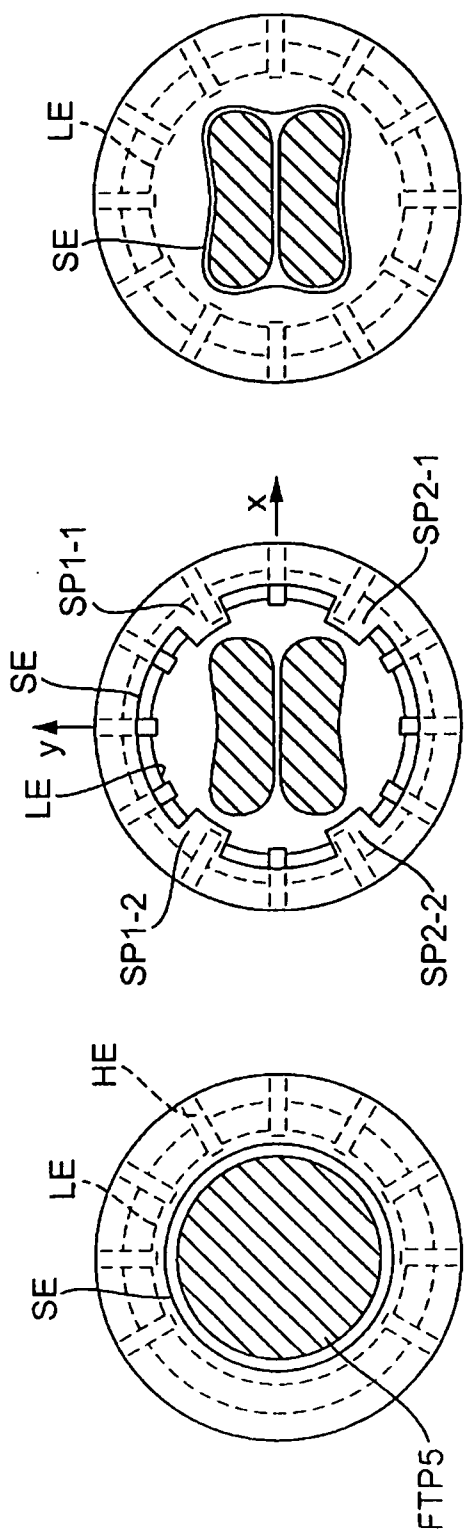


圖7

圖6

圖5