



(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 I606261 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：102105232

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 02 月 08 日

(51)Int. Cl. : G02B17/06 (2006.01)

(30)優先權：2012/02/10 德國

10 2012 202 057.8

(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：畢特納 鮑瑞斯 BITTNER, BORIS (DE)；瓦伯拉 諾伯特 WABRA, NORBERT (DE)；舒納德 桑賈 SCHNEIDER, SONJA (DE)；瑞卡達 舒默 RICARDA, SCHOMER (DE)；瓦格納 漢立克 WAGNER, HENDRIK (DE)；沃德 克里斯汀 WALD, CHRISTIAN (DE)；艾柳 魯門 ILIEW, RUMEN (DE)；斯奇凱坦茲 湯瑪士 SCHICKETANZ, THOMAS (DE)；葛納 托拉夫 GRUNER, TORALF (DE)；包爾斯 華特 PAULS, WALTER (DE)；舒密特 霍格爾 SCHMIDT, HOLGER (DE)；馬賽厄斯 羅斯 MATTHIAS, ROSCH (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

US	7027226B2	US	2005/0064299A1
US	2005/0122589A1	US	2006/0033053A1
US	2007/0015067A1	US	2008/0259439A1
US	2010/0195076A1	US	2011/0149262A1
US	2012/0225375A1		

審查人員：劉人維

申請專利範圍項數：38 項 圖式數：10 共 59 頁

(54)名稱

用於 E U V 微影的投影透鏡、膜構件及製造包含膜構件的投影透鏡的方法

PROJECTION LENS FOR EUV MICROLITHOGRAPHY, FILM ELEMENT AND METHOD FOR PRODUCING A PROJECTION LENS COMPRISING A FILM ELEMENT

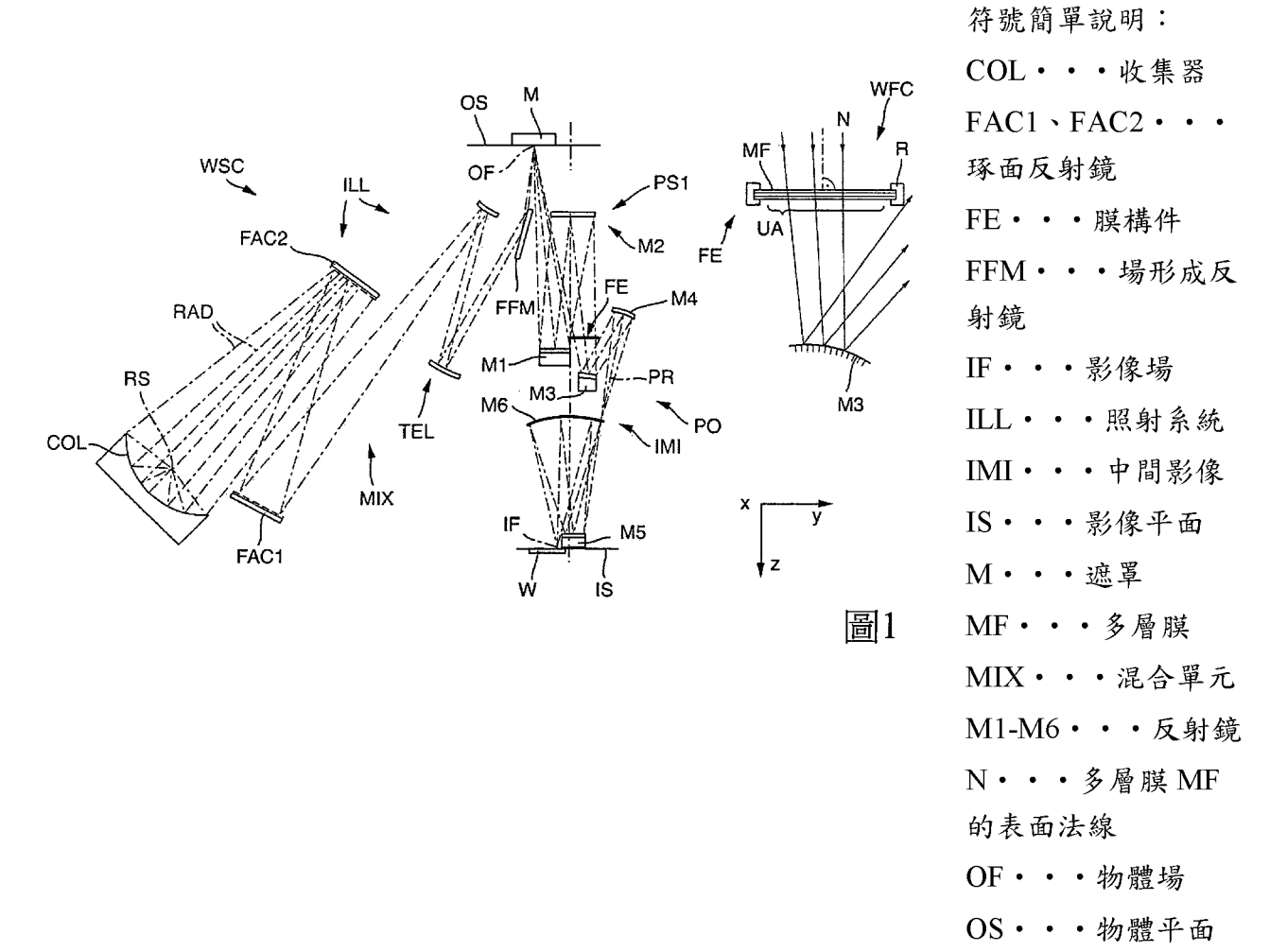
(57)摘要

本發明揭示一種投影透鏡(PO)，該投影透鏡利用具有極紫外光範圍(EUV)中之一工作波長 λ 的電磁輻射，將配置在該投影透鏡之一物體平面(OS)中的一圖案成像於該投影透鏡之一影像平面(IS)中，該投影透鏡包含多個反射鏡(M1-M6)，該等反射鏡具有反射鏡表面以如此之一方式配置在該物體平面及該影像平面之間的投影光束路徑中，致使可利用該等反射鏡將配置在該物體平面中的一圖案成像於該影像平面中。一分配的波前校正裝置(WFC)包含一膜構件(FE)，該膜構件具有一膜，該膜在波前校正裝置的操作模式中配置在投影光束路徑中及在工作波長 λ 下傳輸 EUV 輻射撞擊在光學使用區中的主要部分。該膜構件包含：一第一層，其由具有第一複數折射率 $n_1=(1-\delta_1)+i\beta_1$ 的第一層材料組成及具有在使用區之上根據第一層厚度輪廓局部改變的一第一光學層厚度；及一第二層，其由具有第二複數折射率 $n_2=(1-\delta_2)+i\beta_2$ 的第二層材料組成及具有在使用區之上根據第二層厚度輪廓局部改變的一第二光學層厚度，其中該第一層厚度輪廓及該第二層厚度輪廓不同。第一折

射率之實部與 1 的偏差 δ_1 相對於第一層材料的吸收係數 β_1 為大，及第二折射率之實部與 1 的偏差 δ_2 相對於第二層材料的吸收係數 β_2 為小。

A Projection lens (PO) for imaging a pattern arranged in an object plane (OS) of the projection lens into an image plane (IS) of the projection lens by means of electromagnetic radiation having a working wavelength λ from the extreme ultraviolet range (EUV) comprises a multiplicity of mirrors (M1 - M6) having mirror surfaces which are arranged in a projection beam path between the object plane and the image plane in such a way that a pattern arranged in the object plane can be imaged into the image plane by means of the mirrors. An assigned wavefront correction device (WFC) comprises a film element (FE) having a film which is arranged in the projection beam path in an operating mode of the wavefront correction device and at the working wavelength λ transmits a predominant proportion of the EUV radiation impinging in an optical used region. The film element comprises a first layer, which consists of a first layer material having a first complex refractive index $n_1 = (1 - \delta_1) + i\beta_1$ and has a first optical layer thickness, which varies locally over the used region in accordance with a first layer thickness profile, and a second layer, which consists of a second layer material having a second complex refractive index $n_2 = (1 - \delta_2) + i\beta_2$ and has a second optical layer thickness, which varies locally over the used region in accordance with a second layer thickness profile, wherein the first layer thickness profile and the second layer thickness profile are different. The deviation δ_1 of the real part of the first refractive index from 1 is large relative to the absorption coefficient β_1 of the first layer material and the deviation δ_2 of the real part of the second refractive index from 1 is small relative to the absorption coefficient β_2 of the second layer material.

指定代表圖：



- PO . . . 投影透鏡
- PR . . . 投影光束路徑
- PS1 . . . 光瞳平面
- R . . . 機械穩定框架
- RAD . . . 輻射
- RS . . . 主要輻射源
- TEL . . . 望遠鏡光學單元
- UA . . . 光學使用區
- W . . . 輻射敏感基板
- WFC . . . 波前校正裝置
- WSC . . . EUV 微影投影曝光設備

發明摘要

102 8 23 修正本
年 月 日

※ 申請案號：102105232

※ 申請日：102 年 2 月 8 日

※IPC 分類：G02B 17/06 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於EUV微影的投影透鏡、膜構件及製造包含膜構件的投影透鏡的方法

PROJECTION LENS FOR EUV MICROLITHOGRAPHY, FILM

ELEMENT AND METHOD FOR PRODUCING A PROJECTION LENS

COMPRISING A FILM ELEMENT

【中文】

本發明揭示一種投影透鏡(PO)，該投影透鏡利用具有極紫外光範圍(EUV)中之一工作波長 λ 的電磁輻射，將配置在該投影透鏡之一物體平面(OS)中的一圖案成像於該投影透鏡之一影像平面(IS)中，該投影透鏡包含多個反射鏡(M1-M6)，該等反射鏡具有反射鏡表面以如此之一方式配置在該物體平面及該影像平面之間的投影光束路徑中，致使可利用該等反射鏡將配置在該物體平面中的一圖案成像於該影像平面中。一分配的波前校正裝置(WFC)包含一膜構件(FE)，該膜構件具有一膜，該膜在波前校正裝置的操作模式中配置在投影光束路徑中及在工作波長 λ 下傳輸EUV輻射撞擊在光學使用區中的主要部分。該膜構件包含：一第一層，其由具有第一複數折射率 $n_1 = (1 - \delta_1) + i\beta_1$ 的第一層材料組成及具有在使用區之上根據第一層厚度輪廓局部改變的一第一光學層厚度；及一第二層，其由具有第二複數折射率 $n_2 = (1 - \delta_2) + i\beta_2$ 的第二層材料組成及具有在使用區之上根據第二層厚度輪廓局部改變的一第二光學層厚度，其中該第一層厚度輪廓及該第二層厚度輪廓不同。第一折射率之實部與1的偏差 δ_1 相對於第一層材料的吸收係數 β_1 為大，及第二折射率之實部與1的偏差 δ_2 相對於第二層材料的吸收係數 β_2 為小。

【英文】

A Projection lens (PO) for imaging a pattern arranged in an object plane (OS) of the projection lens into an image plane (IS) of the projection lens by means of electromagnetic radiation having a working wavelength λ from the extreme ultraviolet range (EUV) comprises a multiplicity of mirrors (M1 – M6) having mirror surfaces which are arranged in a projection beam path between the object plane and the image plane in such a way that a pattern arranged in the object plane can be imaged into the image plane by means of the mirrors. An assigned wavefront correction device (WFC) comprises a film element (FE) having a film which is arranged in the projection beam path in an operating mode of the wavefront correction device and at the working wavelength λ transmits a predominant proportion of the EUV radiation impinging in an optical used region. The film element comprises a first layer, which consists of a first layer material having a first complex refractive index $n_1 = (1 - \delta_1) + i\beta_1$ and has a first optical layer thickness, which varies locally over the used region in accordance with a first layer thickness profile, and a second layer, which consists of a second layer material having a second complex refractive index $n_2 = (1 - \delta_2) + i\beta_2$ and has a second optical layer thickness, which varies locally over the used region in accordance with a second layer thickness profile, wherein the first layer thickness profile and the second layer thickness profile are different. The deviation δ_1 of the real part of the first refractive index from 1 is large relative to the absorption coefficient β_1 of the first layer material and the deviation δ_2 of the real part of the second refractive index from 1 is small relative to the absorption coefficient β_2 of the second layer material.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

COL	收集器
FAC1、FAC2	琢面反射鏡
FE	膜構件
FFM	場形成反射鏡
IF	影像場
ILL	照射系統
IMI	中間影像
IS	影像平面
M	遮罩
MF	多層膜
MIX	混合單元
M1-M6	反射鏡
N	多層膜 MF 的表面法線
OF	物體場
OS	物體平面
PO	投影透鏡
PR	投影光束路徑
PS1	光瞳平面
R	機械穩定框架
RAD	輻射
RS	主要輻射源
TEL	望遠鏡光學單元
UA	光學使用區
W	輻射敏感基板
WFC	波前校正裝置
WSC	EUV 微影投影曝光設備

【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)

102年8月23日修(更)正本

【發明名稱】(中文/英文)

用於EUV微影的投影透鏡、膜構件及製造包含膜構件的投影透鏡的方法

PROJECTION LENS FOR EUV MICROLITHOGRAPHY, FILM

ELEMENT AND METHOD FOR PRODUCING A PROJECTION LENS

COMPRISING A FILM ELEMENT

【技術領域】

【0001】 本發明有關一種投影透鏡，其利用具有極紫外光範圍(EUV)中之工作波長 λ 的電磁輻射，將配置在投影透鏡物體平面中的圖案成像於投影透鏡影像平面中。此外，本發明有關一種尤其提供用於此一投影透鏡中的膜構件，及有關製造包含膜構件之投影透鏡的方法。

【先前技術】

【0002】 時下盛行的微影投影曝光方法用於製造半導體組件及其他精細結構化的組件。在此例中，利用載有或形成要成像之結構的圖案(例如，一層半導體組件的線圖案)的遮罩(光罩)或其他圖案化裝置。在投影曝光設備中，圖案定位在照射系統及投影透鏡間之投影透鏡的物體表面區域中，以及利用照射系統提供的照射輻射加以照射。為圖案所更改的輻射作為投影輻射穿過投影透鏡，該投影透鏡將圖案成像於要曝光的基板上，該基板一般塗佈輻射敏感層(抗蝕劑、光阻)。

【0003】 近幾年來為了能夠製造甚至更精細的結構，已開發的投影透鏡能以中間數值孔徑操作及實質上利用極紫外光範圍(EUV)中所用電磁輻射的短波長增加解析度性能。尤其，此處使用在 5 nm 及 30 nm 間之範圍中的波長。

【0004】 由於短波長被在較高波長下為透明的已知光學材料或其他材料大幅吸收，故無法借助折射光學構件充分聚焦或引導極紫外光範圍(EUV 輻射)中的輻射。因此，在 EUV 微影中使用反射鏡系統。對 EUV 範

圍中的輻射具有反射效應的反射鏡(EUV 反射鏡)通常具有基板，在基板上塗覆多層配置，該多層配置對極紫外光範圍中的輻射具有反射效應且具有交替包含相對較低折射率及相對較高折射率層材料的大量層對並以分散式布拉格反射器的方式起作用。EUV 反射鏡的層對通常以層材料組合鉬/矽(Mo/Si)及/或鈦/矽(Ru/Si)建構。

【0005】 EUV 投影透鏡包含複數個反射鏡，例如，四個或六個反射鏡，該複數個反射鏡具有反射鏡表面以如此之一方式配置在物體平面及影像平面之間的投影光束路徑中，致使可利用反射鏡儘可能以無像差的方式將配置在物體平面中的圖案成像於影像平面中。投影光束在物體平面及影像平面之間傳播的射線形成波前。波前與規範所預定義之波前的偏差可導致不容存在的成像像差。

【0006】 用於 EUV 微影的投影透鏡要求光學構件製造極為精確及塗布精確。在此例中尤其有問題的是，唯有在工作波長(例如，13.5 nm)下的裝配狀態中，才能充分精確地測量光學構件的(尤其因塗布所造成的)真實狀態。在此階段中，通常針對後續校正所要做的只是極為複雜地局部拆卸投影透鏡以重做反射鏡。除剛體運動之外，幾乎不存在針對長期效應校正以持續方式運作的任何概念。

【發明內容】

【0007】 本發明之一目的是簡化 EUV 投影透鏡在製造期間的調整程序。另一個目的是在操作支配成像效能變更的情況中簡化後續校正。另一個目的是提供具有極佳成像效能的 EUV 投影透鏡。

【0008】 這些目的係利用包含申請專利範圍第 1、32 或 35 項之特徵的投影透鏡、利用包含申請專利範圍第 29 項之特徵的膜構件、及利用包含申請專利範圍第 37 項之特徵之製造投影透鏡的方法來達成。

【0009】 有利的發展如申請專利範圍附屬項中所指定。所有申請專利範圍的措辭在描述內容中以引用方式併入。

【0010】 膜構件的第一層及第二層各具有特定功能及對通過的投影光束射線以定義的方式起作用，以可預定義的方式變更波前的輪廓。較佳，在此例中更改波前的輪廓或形式，致使導致影像平面中影像形成的波前在

該等層存在於投影光束路徑中時比在缺少該等層時更接近所要的波前輪廓(所需波前)。因此，借助通過該等層的輻射校正波前。

【0011】 在波前校正的背景中，各層(第一層及第二層)具有一所求或所要主要功能及同樣必然存在的一次要功能，各功能分別因第一及第二層材料的材料挑選而產生。尤其基於材料的複數折射率或基於決定複數折射率的光學常數而進行材料選擇。

【0012】 根據 $n = (1-\delta) + i\beta$ ，可將材料的複數折射率 n 描述為折射率之實部 $(1-\delta)$ 及虛部 $i\beta$ 的總和。在此標記下，無因次參數 δ 描述折射率 n 之實部與值 1 的偏差。針對此應用的目的，無因次參數 β 是吸收係數。

【0013】 在第一層材料的情況中，第一折射率之實部與 1 的偏差大於吸收係數，其中這兩個值之間的差一般應儘可能比較大(即， $\delta_1 \gg \beta_1$)。可藉此達成的是，第一層材料對通過之投影光束射線的相位或相位延遲具有相對較大的影響，且同時僅吸收相對較小密度。在此例中，相位延遲及吸收的程度與出現在相應輻射通過位置及由第一層厚度輪廓定義的(局部)層厚度成比例。由於第一層對於通過輻射的相位具有位置相依、相對較大的效應，且同時吸收同樣以位置相依方式僅受相對較小影響，故第一層的(所要)主要功能在於引入位置相依相位延遲，而(不可避免的)次要功能在於以位置相依方式稍微影響通過輻射的密度。由於第一層的主要功能，下文又將第一層定名為「波前校正層」。

【0014】 在第二層材料的情況中，第一折射率之實部與 1 的偏差及吸收係數之間存在相反的關係。此處，吸收係數相對於偏差應儘可能較大(即， $\delta_2 \ll \beta_2$)。第二層的主要功能在於引起通過輻射之密度的位置相依衰減，其中可利用第二層厚度輪廓的進程設定衰減的程度。(不可避免的)次要功能在於以下事實：第二層對於通過輻射的相位亦具有一定的影響。然而，此影響由於第二折射率之實部與值 1 的相對較小偏差而相對較小。由於第二層的主要功能，下文又將第二層定名為「傳輸校正層」。

【0015】 此處亦將在光瞳平面區中起作用的位置相依傳輸校正定名為「變跡」。術語「變跡」因此指定投影透鏡光瞳平面區中的位置相依密度減少或位置相依傳輸損失。

【0016】 相比之下，在傅立葉變換場平面區中相對於光瞳平面起作用的位置相依傳輸校正主要影響影像場中照射的均一性或場均勻性。

【0017】 利用在製造期間及/或在第一層及/或第二層的稍後處理期間有目標地控制第一及第二層厚度輪廓，所能達成的是，第一層及第二層的組合可以所要方式以位置相依方式校正通過光束之波前的輪廓，其中同時亦可以有目標的方式設定密度衰減的局部輪廓。因此，在第一層及第二層之組合的情況中，在第一層及第二層中的一層至少部分補償另一層的非所要次要功能，致使可以層組合引入波前校正，而未必引入不可控制的位置相依傳輸損失。

【0018】 在此例中，第一層及第二層(及若適當，膜構件之一或多個膜的其他層)的層厚度全部如此之小，致使撞擊在光學使用區中諸層之 EUV 輻射的主要部分(即，至少 50%)傳輸通過諸層。

【0019】 爲了波前校正的目的，包含以描述方式設計的(至少一個)第一層及(至少一個)第二層之基於膜的波前校正裝置，在投影光束路徑中除了投影透鏡的反射鏡之外，還引入光學作用層，雖然該等光學作用層不可避免會引入小傳輸損失，但其同時亦在投影輻射的波前中引起有目標的位置相依干涉。可在不必變更投影透鏡之反射鏡的定位及/或表面形式的情況下進行此波前校正。借助波前校正裝置，在最初組裝及調整之後，亦可執行長期效應的校正。

【0020】 由於使用膜技術，在一些具體實施例中，膜構件可具有撞擊 EUV 輻射在整個光學使用區中至少 70%的透射比。在此例中，實際上可獲得的傳輸主要取決於輻照的總厚度及其中所使用且不得任意減少以免危及膜的機械穩定性的層材料。然而，可使用其中在整個光學使用區中的透射比超過 80%或超過 85%的具體實施例。透射比一般不會超過 90%，因爲爲此將需要使用極薄的層厚度，而這對於膜的穩定性非常不利。

【0021】 再者，膜構件的透射比不受所實施波前校正之峰-谷值的影響。較大峰-谷值一般在至少一個場點處導致相位效應的較大變更，如上文描述，這是因爲次要功能在該點處引致傳輸行爲的放大變更。

【0022】 爲了確保所要波前校正且實質上不影響傳輸輻射的極化狀

態，較佳具體實施例提供將膜構件或至少一個膜以如此之一方式配置及定向在光束路徑中，致使投影光束的整個輻射以小於 20° (尤其小於 10°) 的入射角入射在光學使用區上，及該膜構件或該至少一個膜因此垂直地或大體上垂直地或以相對於膜法線方向的相對較小角度通過。因此，可大體上避免極化選擇性效應。

【0023】 膜構件可關於所要校正效應配置在投影光束路徑中的不同定位處。在一些具體實施例中，在投影透鏡中，至少一個光瞳平面位在物體平面及影像平面之間，及膜構件配置在光瞳平面中或在光學上配置接近光瞳平面。這在下文定名為「配置接近光瞳」。接著，將膜構件配置在相對於物體平面及影像平面的定位實質上為傅立葉變換的定位處。在配置接近光瞳的情況中，投影光束以投影透鏡的特定射線角從物體場入射的所有射線實質上在光學使用區內的相同局部區中撞擊在膜構件上。這適用於所有物體場點，無關於其在物體場中的定位。配置在光瞳平面中或配置接近光瞳平面的膜構件藉此得以校正波前在所有場點上的共同偏移。

【0024】 亦可將膜構件配置在光學上接近物體平面或影像平面。如果中間影像平面位在物體平面及影像平面之間，則膜構件亦可配置在中間影像平面中或在光學上配置接近中間影像平面。將在光學上接近物體平面、影像平面、或(若適當)中間影像平面的定位定名為「配置接近場」或「配置接近場平面」。在配置接近場的情況中，在膜構件之光學使用區內的不同位置在不同場點上起不同作用，致使(若適當)可校正波前像差的場輪廓。

【0025】 在光學上接近場平面的膜構件可配置在如物體平面及第一反射鏡之間的區中。

【0026】 舉例而言，可使用子孔徑比率 SV 量化光學構件或平面在光束路徑中的定位。

【0027】 根據清楚的定義，將光學構件在投影光束路徑中之光學表面的子孔徑比率 SA 根據 $SA := DSA/DCA$ 定義為在子孔徑直徑 DSA 及光學自由直徑 DCA 之間的商。子孔徑直徑 DSA 給定為由發自給定場點之光束的射線照射之光學構件局部表面的最大直徑。光學自由直徑 DCA 是繞著光學構件參考軸之最小圓圈的直徑，其中圓圈包圍由來自物體場之所有射線照

射之光學構件表面的那個區。

【0028】 在場平面(如，物體平面或影像平面)中， $SV = 0$ 因此成立。在光瞳平面中， $SV = 1$ 成立。因此，「接近場」的平面具有接近 0 的子孔徑比率，而「接近光瞳」的平面具有接近 1 的子孔徑比率。一般而言，在膜構件配置接近光瞳的情況中，子孔徑比率較佳在 0.5 及 1 之間，尤其在 0.7 及 1 之間的範圍中。在膜構件配置接近場的情況中，子孔徑比率較佳在 0 及 0.5 之間，尤其在 0 及 0.3 之間的範圍中。

【0029】 第一層及第二層的相對配置有各種可能性。

【0030】 第一層可相對於第二層配置致使輻射首先通過第一層及接著通過第二層。亦可使用相反的配置。

【0031】 可提供具有包含第一層及第二層二者之多層膜的膜構件。在此例中，第一層及第二層座落在相同的多層膜中，層的相對定向及局部分配因此變得尤其精確。再者，整合於共同多層膜中具有以下優點：可使傳輸損失保持尤其較小，因為兩個層均促成相同多層膜的機械穩定性。

【0032】 亦可提供多於一個膜，其中第一層組裝在第一膜上及第二層組裝在第二膜上，第二膜在實體上與第一膜分開。此變化尤其具有以下優點：可製造彼此獨立的第一層厚度輪廓及第二層厚度輪廓，及(若適當)其後變更也比較簡單。可將該等膜之一者或二者體現為多層膜。

【0033】 若適當，膜構件亦可包含單層膜，其中唯獨以第一層或唯獨以第二層形成膜。此單層膜具有不均勻層厚度，層厚度因而同時是整個膜厚度。該單層膜可與其他單層膜(由相應其他層材料構成)或多層膜組合。

【0034】 由於接觸環境空氣或由於環境空氣的運作或污染，嚴格說來，原始單層膜可形成在其表面上較佳具有不同材料(諸如，單膜層夾層材料的氧化生成物)之薄表面或點狀夾層的多層膜。其他可因膜層與環境空氣接觸而產生的額外層為碳沈積或由揮發性金屬氫化物構成的沈積。這在多層膜及周遭空氣之間的介面處也會發生同樣的情形。

【0035】 為了確保輻射將通過之第一層及第二層之互分配區的所要局部分配充分精確，在第一及第二多層膜(或單層膜)之間的極小光學及/或幾何距離比較有利。

【0036】 幾何距離一般應小於十公分，尤其小於一公分。從幾公釐向下至一公釐及(若適當)小於一公釐之範圍中的距離可較為有利。

【0037】 較佳應選取光學距離致使在第一及第二膜(多層膜或單層膜)之區中，子孔徑比率實質上等同或非常相似，致使兩個多層膜從光學觀點「看到」實質上相同的投影射線。

【0038】 尤其，第一及第二膜的子孔徑比率應彼此相差小於 0.05 或小於 0.01。

【0039】 原則上，有利的是如果第二膜在光學上座落接近第一膜或如果第二膜在相對於第一膜的定位為光學共軛的定位處配置在與第一膜的某個距離處。舉例而言，在其中中間影像在物體平面及影像平面之間產生之投影透鏡的情況中，可將第一膜配置在物體平面及中間影像之間之第一光瞳表面的區中，及將第二膜配置在中間影像及影像平面之間之第二光瞳表面的區中。

【0040】 另一方面，在某些情況中，有利的是將膜構件定位在光瞳中或定位接近光瞳，及將另一膜構件定位在場中或定位接近場。藉此可確保的是可校正場恆定及場改變波前擾動二者。

【0041】 關於第一層材料及第二層材料的材料挑選，可個別或組合使用以下考量。

【0042】 舉例而言，有幫助的是定義第一層材料及第二層材料的效率比 $V_i = \delta_i/\beta_i$ 。效率比是針對層材料關於該等層相應主要功能的適合性所進行的定性測量。在第一層材料的情況中，第一效率比 $V_1 = \delta_1/\beta_1$ 應大於 1，較佳大於 5，理想上甚至大於 10。此層材料對於所要波前外形尤其有效且同時傳輸損失的位置相依性相對較小。相比之下，第二效率比 $V_2 = \delta_2/\beta_2$ 應小於 1，其中小於 0.6 或甚至小於 0.2 的值被視為尤其有利。在此例中，可在對波前影響較小的情況下，獲得相對大幅取決於層厚度的位置相依密度衰減。

【0043】 在有利的具體實施例中，比率 V_1/V_2 (即，相應效率比的比率)大於 2。較佳，此比率應大於 10，理想上甚至大於 20。若可能， $V_1/V_2 > 50$ 亦可成立。如果滿足這些條件，則相應層材料尤其充分適於其任務(較小傳輸損失下的波前校正或對波前影響較小的傳輸校正)。藉此可使獲得所需功

能的絕對層厚度保持較小，總傳輸因而可達成相對較高值。

【0044】 適合的材料組合原則上取決於工作波長。工作波長較佳在 5 nm 至 20 nm 的波長範圍中。

【0045】 對於 7 nm 至 20 nm 之波長範圍中的工作波長而言，尤其對於約 13.5 nm 左右的波長，第一層材料較佳可選自以下群組：鈦(Ru)、鋯(Zr)、鉬(Mo)、鈮(Nb)、鉻(Cr)、鈹(Be)、金(Au)、釔(Y)、釔矽化物(Y_5Si_3)、鋯矽化物($ZrSi_2$)或選自主要(尤其到達至少 90%的程度)由這些材料之一者組成的材料合成物。

【0046】 第二層材料較佳選自以下群組：矽(Si)及鍺(Ge)或主要(如，至少 90%)由這些材料之一者組成的材料合成物。

【0047】 如果使用在約 6 nm 及約 7 nm 之間的工作波長，則適用於第一層的材料例如： $NbOB_4C$ 、 NbO_2 、 Nb_2O_5 、 RuO_4 、 MoO_2 、 Rh_2O_3 、C、Te、In、Ba、Sn、 RuO_2 、 MoO_3 、La，及適用於第二層的材料有：Y 或 Rb 或主要(如，至少 90%)由這些材料之一者組成的材料合成物。

【0048】 關於總傳輸，亦應考慮該總傳輸取決於要進行之波前校正的程度。如果使用例如鉬(Mo)作為第一層的材料，則在約 7.5%傳輸變動及對應傳輸損失下「贏得」波前 PV 值 1 nm 的校正。如果僅校正較小的波前像差，則對應的較小層厚度即已足夠，傳輸變動及傳輸損失因而也變得比較小。

【0049】 可以第一層厚度的局部變動獲得之波前校正的程度尤其取決於光學使用區中第一光學層厚度之最大局部值及最小局部值之間的所謂 PV 比率。在較佳具體實施例中，該 PV 比率在 2 至 6 的範圍中。如果 PV 比率變得顯著小於 2，則通常可達成僅相對少量的波前校正，及因此應關於所需費用及可獲得的益處互相權衡。相比之下，如果 PV 比率變得顯著大於 6，則最大局部層厚度一般變得如此之大，致使附帶的傳輸損失也非常大。

【0050】 關於第二層之層厚度變動的對應考量將有幫助。此處，PV 比率較佳一樣應在 2 至 6 的範圍中。如果使用例如矽作為第二層材料，則約 20 nm 及約 70 nm 之間的層厚度通常將足以在可得傳輸校正及引入的傳輸損失之間獲得良好折衷。

【0051】 在兩個情況中，PV 比率的計算係基於不應不足的材料相依最小層厚度。

【0052】 其中第二層厚度輪廓與第一層厚度輪廓互補的具體實施例尤其有利。此處術語「互補」不應嚴格地以數學意義來看待，而應以第一層及第二層較佳傾向於具有互為相反的局部層厚度分布的意義來看待。尤其，其情形係致使第二層厚度輪廓在第一層具有第一層厚度之局部最小值的定位處具有局部最大值。傳輸校正層因此較佳具有「峰值」，其中相關聯波前校正層具有「谷值」。可針對光學效應藉此達成的是，可借助第二層厚度由波前校正層至少部分補償由第一層引入之傳輸損失的位置相依變動。在限制性情況中，這可表示包含第一及第二層之膜構件的傳輸損失在整個光學使用區上係實質上均勻，且要做的只是以位置相依方式改變的波前校正。由於互補的層厚度輪廓，再者，所能達成的是，膜構件的總厚度在光學使用區中改變僅相對較小，致使可達成大約均勻的膜厚度，這對於機械穩定性尤其有利。

【0053】 在某些情況中，可允許投影透鏡的傳輸具有例如 0.1% 或 1% 或甚至 10% 的某些波動。可使用此波動範圍使傳輸校正層具有較小的局部變動。這在傳輸校正層是可具有校正輪廓相對較差的材料(例如，Si)時可為有利的。

【0054】 關於波前校正的有效性，這此外在第一層及第二層的層厚度被設計成在最大波前變更區中的膜引起至少 3% 之工作波長的波前變更時可為有利的。對於 13.4 nm 的工作波長，這將對應於例如約 0.4 nm 的最小波前校正。

【0055】 為達成有效的波前校正及儘可能沒有傳輸變動，許多具體實施例提供使第二層厚度大於在光學使用區中之至少一個定位處的工作波長。憑藉此特徵，尤其針對波前校正提供的層系統與已知的多層反射鏡層明顯不同，在已知的多層反射鏡層中，個別層的層厚度通常僅是工作波長的若干分之一，如四分之一波層的情況。

【0056】 通常，此處所考慮類型的膜具有第一膜表面、第二膜表面及測量於第一及第二膜表面間之小於 1 μm 的膜厚度，其中膜厚度較佳為 200

nm 或 200 nm 以下，尤其為 100 nm 或 100 nm 以下。在膜厚度為 30 nm 或 30 nm 以下或甚至為 25 nm 或 25 nm 以下的情況中，多層膜的機械穩定性可能有問題。在 200 nm 及 25 nm 之間的膜厚度範圍一般一方面在機械穩定性上及另一方面在合理傳輸損失的夠大波前校正上取得良好折衷。

【0057】 此處所考慮類型的膜構件一般提供用於長期使用，致使確保甚至經過相對較長時間(若適當，若干年)，光學功能也大體上不變。在一些具體實施例中，膜在至少一個膜表面處具有外保護層，其由比直接鄰接保護層的內層更能抵擋環境影響的保護層材料組成。適當的保護層材料為例如鈦(Ru)或銠(Rh)，其在用於 EUV 範圍的多層反射鏡中偶爾亦用作所謂的「帽蓋層」。碳(C)、銱(Ir)及矽(Si)亦適合作為保護層材料。如果保護層主要由氧化物或氮化物組成，尤其由 Si_3N_4 (氮化矽)組成，將更加有利。此材料相對於鈦或銠呈現較低吸收，致使傳輸損失可維持較小。較佳是，兩個膜表面均配備有外保護層。保護層可由外層的氧化物或氮化物形成。

【0058】 在許多情況中，有利的是如果多層膜包含儘可能少的個別層，致使傳輸損失及介面效應可維持較小。在較佳具體實施例中，多層膜包含僅單一第一層及/或僅單一第二層。藉此可確保最高可能傳輸下的所要光學功能。

【0059】 有利的是如果多層膜包含對於工作波長具有減少反射效應的至少一個抗反射層。因而可藉此改良傳輸。抗反射層可具有例如工作波長一半之量級的光學層厚度。例如可以直接毗鄰第一層及/或第二層的方式提供抗反射層。

【0060】 替代地或另外，多層膜可包含提供額外功能性的一或多個功能層。例如，濾波層(或多個濾波層)可提供於一個膜表面或兩個膜表面上以減少或移除投影輻射之較不需要的波長。濾波層可包含多層或繞射光柵。

【0061】 第一及第二層可直接彼此毗鄰。至少一個中間層亦可配置在第一層及第二層之間。中間層可為例如抗反射層。取決於第一及第二層材料，亦可有利的是插入擴散障壁層作為中間層，其可例如由 C、 B_4C 、 Si_xN_y 、 SiC 、 Mo_2C 、 MoSi_2 、 Y_5Si_3 或 Nb_4Si 或包含這些材料之一者的合成物組成。亦可將該層設計為抗反射層。

【0062】 多層膜包含兩個或兩個以上的個別層。此處所考慮類型的多層膜一般用於造成投影光束路徑中的最小可能傳輸損失。因此，在許多情況中，有利的是如果多層膜除了第一層及第二層還包含少於 10 個其他層。例如，多層膜可包含在 5 及 9 個之間的個別層。

【0063】 第一層及/或第二層可具有諸如得自製造所用塗布方法的大體上均質層構造。在許多情況中，第一層及/或第二層將主要或完全具有非晶層結構。爲了穩定性之故，有利的是使用避免使層材料結晶化的特殊做法。爲此目的，尤其亦有利的是以異質層結構建構第一層及/或第二層。在第一層基於鉬的情況中，尤其有利的是取決於所要的層厚度，在第一層中引入內層結構，其中由鉬構成的相對較厚局部層以與其相比爲極薄及實質上沒有光學功能的結晶停止層分開。在一些具體實施例中，結晶停止層的層厚度小於 1 nm，而毗鄰鉬局部層的層厚度可爲兩倍或五倍或 10 倍以上的厚度。在層厚度的設計中，應注意確保不會由於結晶停止層及基礎材料層的順序而引起任何反射效應。這例如可利用具有非均勻層厚度的個別局部層來達成，及/或利用在邊界層之間顯著偏離 $\lambda/4$ 的倍數的光學距離來達成。

【0064】 可使膜構件或光學使用區的尺寸調適於在相應安裝位置受到影響之投影光束的橫截面。在一些具體實施例中，光學使用區具有最小直徑爲 50 nm 或 50 nm 以上。最小直徑尤其可爲 100 nm 或 100 nm 以上、120 nm 或 120 nm 以上、甚至 150 nm 或 150 nm 以上。這些相對較大的使用直徑尤其可應用在投影透鏡之光束路徑的光瞳平面區中。

【0065】 爲長時間確保膜構件所要的機械穩定性，一些具體實施例提供使膜構件具有格子狀支撐結構，其在光學使用區中與多層膜接觸並穩定多層膜。格子狀支撐結構可具有例如蜂巢狀結構，其具有形成六角形或其他多邊形開口(如，三角形或四邊形、正方形或矩形開口)的支柱。開口的直徑例如可爲小於 1 mm 的量級，如，小於 300 μm 及/或在 100 μm 及 200 μm 之間。

【0066】 可在膜上藉由壓印產生諸如蜂巢狀結構的穩定結構，致使穩定支撐部分由膜材料組成。

【0067】 具有蜂巢狀支撐結構的膜構件請見例如 US 7,639,418 B2，

且其中在投影曝光設備的 EUV 光源區中用作「光譜純度濾波器」。專利 US 7,982,854 B2 描述膜形式之相對較薄的極化光束分裂構件，其在機械上可用多孔支撐結構加以穩定。這些極化光學構件以如此之一方式在光束路徑中傾斜配置，致使達成極化選擇性效應。

【0068】 替代地或另外，可以特定做法改良膜構件的熱穩定性。在一些具體實施例中，在光學使用區中與多層膜接觸的格子狀支撐結構可以熱傳導顯著大於膜材料之熱傳導的材料製成，以改良膜構件暴露於 EUV 輻射之區的熱消散。格子結構或其支柱可以例如金屬材料及/或碳基材料製成。可使用銅(Cu)、鎳(Ni)、石墨烯或碳奈米管(CNT)或其組合形成熱傳導格子。格子尺寸及形狀可與上文描述的相似。

【0069】 爲了在投影透鏡中使用，較佳提供具有框架的膜構件，該框架以如此之一方式支撐膜(單層膜或多層膜)，致使膜在光學使用區中自我支撐。所有框架構件因此位在光學使用區之外，及因而不會防礙成像。

【0070】 在較佳具體實施例中，可將膜構件併入投影光束路徑中或從投影光束路徑移除，而不用卸下投影透鏡的反射鏡。因此，借助膜構件進行波前校正的花費尤其可維持較低。這可在結構上憑藉以下事實來達成：投影透鏡具有夾持結構使反射鏡在投影光束路徑中保持在其定位處，及膜構件配置在可變更支架上，該可變更支架以如此之一方式相對於夾持結構爲可移動，致使膜構件可視情況藉由移動可變更支架而配置在投影光束路徑中或投影光束路徑外。因此，最初的調整及稍後需要的維修工作(若適當)變得尤其簡單。對於每個所計劃的安裝位置，可在投影透鏡上提供對應的出入通道，以將膜構件定位在投影透鏡的光束路徑中。

【0071】 可以若干方式使用膜構件的可互換性。可視情況將可互換膜構件放入投影光束路徑中或自投影光束路徑移除。可將第一膜構件換成對波前之影響不同於第一膜構件的第二膜構件。藉此可視需要針對特定應用更改投影透鏡的成像特性。在某些情況中，這可不用更改反射鏡的定位及/或形狀而達成。投影透鏡可具有一組不同的膜構件，使用者可使用該等不同的膜構件視需要針對特定的使用者情況調適投影透鏡的成像性質。例如，膜構件可取決於照射系統中的照射設定集而互換，以正確成像特定圖

案。

【0072】 膜構件(包含膜及夾持膜的框架)可換成另一膜構件，該另一膜構件通常具有相同類型的框架但具有不同的膜。替代地，可在具有或沒有膜構件的情況下，將包括膜構件的可變更支架換成另一個可變更支架。

【0073】 只要整體上確保膜構件的足夠傳輸，對於第一及第二層之層厚度的局部輪廓並無基本限制。旋轉對稱層厚度輪廓或徑向對稱層厚度輪廓或在波使用區中橫向蔓延的層厚度梯度因此均有可能。視需要，尤其可因此校正系統像差。

【0074】 然而，在較佳應用中，使用膜構件校正投影透鏡的殘餘像差，致使在較佳具體實施例中，一般僅能夠利用較高階 Zernike 函數的疊加大概描述層厚度輪廓，層厚度輪廓一般取決於投影透鏡處的隨機製造波動而形成。舉例而言，第一層通常在光學使用區中具有既無反射鏡對稱性亦無徑向對稱性或旋轉對稱性的層厚度輪廓。

【0075】 所有適合的製造方法均可用來製造具有局部改變層厚度的層厚度輪廓或層。在層的製造期間，可利用塗布方法期間的適合方法實施方案，例如，藉由使用適合的遮罩方法產生局部不同程度的塗布粒子材料流，直接產生不均勻的層厚度。已經製造的層亦可重新加工以藉此更改層厚度的輪廓。舉例而言，可利用離子輔助的材料移除(離子光束拋光，IBF)產生局部不同程度的材料移除，如，以從均勻厚度的起始層或具有旋轉對稱層厚度輪廓的起始層開始製造第一層及/或第二層的所要(若適當)非對稱的層厚度輪廓。

【0076】 當使用至少一個波前校正膜構件製造投影透鏡時，例如可採用以下程序。首先，在夾持結構中在所提供定位處以如此之一方式定位提供用於投影透鏡的成像反射鏡，致使反射鏡表面在投影光束路徑中以如此之一方式配置在物體平面及影像平面之間，致使可在物體平面及影像平面之間進行成像。另外，至少一個膜構件安裝在投影光束路徑內的預定義安裝位置，例如，在光學上接近光瞳平面的區中。

【0077】 在此投影透鏡上，接著首先執行慣用的調整操作，其可包括例如個別反射鏡的剛體運動及/或個別反射鏡的操縱器支撐變形。在這些調

整操作下，得以嘗試使所產生的波前儘可能接近所要的規格。在此例中，藉由測量多重(若適當)決定投影透鏡的波前像差。舉例來說，爲此目的，可使用干涉儀測量。

【0078】 在此第一調整階段之後，投影透鏡中一般仍有殘餘像差，其可能無法再校正或僅能以可觀的花費利用反射鏡上的若干操縱進行校正。

【0079】 基於測量的波前像差，接著從測量的波前像差計算投影光束路徑中針對校正位置((至少一個)膜構件座落於此)的位置相依波前校正。

【0080】 接著使用所需的波前校正計算其中第一層及/或第二層的層厚度輪廓必須更改以獲得所要波前校正的方式。

【0081】 在此之後以第一層及第二層的所要層輪廓完成膜構件。在此例中，可使用材料移除及/或材料建立方法。

【0082】 在此之後重新安裝更改(處理)的膜構件及另外決定包括現已修改之膜構件之投影透鏡的波前像差。可多重(若適當)重複處理膜構件及後續測量的程序，直到包括對其所調適之膜構件的投影透鏡滿足預定義的規格。

【0083】 逐步(反覆)完成膜構件的一個可能性在於首先塗覆僅一個支撐層或複數個支撐層及第一層，以有效促成所要的波前校正。在此之後共同進行膜構件的安裝及測量，及基於其安裝及測量，在考慮稍後要塗覆之第二層的光學效應的情況下，計算第一層的目標層厚度輪廓。

【0084】 之後，接著以不同的方式，例如，利用離子輻照(離子光束拋光)局部處理第一層，致使出現所要的第一層厚度輪廓。接著塗覆具有計算之局部改變層厚度的第二層。接著再次在提供的位置處安裝因此另外完成的膜構件，及進行另一測量以檢查膜構件是否可提供所要的波前校正。如果情況並非如此，可進行另一材料移除處理(此次爲第二層的材料移除處理)，以消除可能的殘餘像差。可多重(若適當)重複此步驟。如果第一層及第二層接著共同具有所要的光學效應，則可塗覆所要(若適當)其他層，例如，外保護層，以完成膜構件。

【0085】 替代地，亦可從未處理的原始層堆疊開始，原始層堆疊包含：塗覆的第一層，可從一側進行離子輻照(離子光束拋光，IBF)；及第二

層，可從另一側(一般與第一側相對)進行離子輻照。因此，接著可從一側執行一或多個處理循環以獲得一層的所需層表面。同樣可從另一側執行一或多個處理循環以獲得另一層的所需層表面。

【0086】 接著在所提供的安裝位置處安裝膜構件，致使配備有膜構件的投影透鏡僅具有被視為可接受的較小殘餘像差。

【0087】 例如，較佳在膜構件在投影光束路徑中的情況下進行驗收測量。可在已經安裝(及例如可互換)之膜構件或沒有膜構件或具有恆定層厚度之未經表面處理膜構件的情況下，為了製造經過合適表面處理之校正構件(膜構件)的目的而進行測量。

【0088】 本發明亦關於製造微影投影曝光設備之投影透鏡的方法，其包含以下步驟：

在所提供定位處以如此之一方式組裝多個反射鏡，致使反射鏡表面在投影光束路徑中以如此之一方式配置在物體平面及影像平面之間，致使可利用反射鏡將配置在物體平面中的圖案成像於影像平面中；

決定該投影透鏡的波前像差；

從該投影透鏡的波前像差計算安裝位置之位置相依波前校正；

以如此之一方式處理一膜構件致使如果該膜構件在該安裝位置處插入該投影光束路徑中，則由該膜構件進行該波前校正；

在該安裝位置處安裝該已處理的膜構件。

【0089】 因此，在此例中，首先在無膜構件的情況下測量投影透鏡。

【0090】 亦可實施方法致使在決定波前像差之前，在投影光束路徑內的預定義安裝位置處安裝膜構件，及在決定波前像差之後，從投影光束路徑移除膜構件且接著處理該膜構件。

【0091】 亦可利用如本說明書中描述的一個箔構件或多個箔構件，影響設計用於或併入使用 EUV 輻射檢驗反射遮罩(光罩)之部分的光學遮罩檢驗系統之投影透鏡的波前。組態用於微影投影曝光設備的投影透鏡通常是縮小的光學成像系統，而組態用於遮罩檢驗系統的投影透鏡則通常是產生大於物體之影像的放大光學成像系統。專利申請早期公開 US 2012/140454

A1 揭露組態用於遮罩檢驗系統之放大投影透鏡的實例，根據該揭露內容，該遮罩檢驗系統可配備有一或多個箔構件。箔構件可為永久安裝或可互換。如本說明書中使用的術語「投影透鏡」將涵蓋放大及縮小的光學成像系統二者。

【0092】 不僅可從申請專利範圍且亦可從描述及圖式明白以上及其他特徵，其中個別特徵各可藉由個別特徵來實現，或以本發明具體實施例及其他領域中之子組合的形式實現為複數個特徵，並可構成有利且原本即受保護的具體實施例。本發明例示性具體實施例以圖式圖解並在下文中更詳細地解釋。

● 【圖式簡單說明】

【0093】 圖 1 顯示根據本發明之一具體實施例之 EUV 微影投影曝光設備的組件；

【0094】 圖 2 顯示用於波前校正之多層膜之一具體實施例的示意截面；

【0095】 圖 3 以複數折射率的 δ - β 線圖顯示適於建構波前校正膜的一些層材料，其中圖 3A 圖解用於 $\lambda = 13.5 \text{ nm}$ 的層材料及圖 3B 圖解用於 $\lambda = 6.9 \text{ nm}$ 的層材料；

● 【0096】 圖 4-6 基於層厚度輪廓的具體實例顯示由 Mo 構成之第一層及由 Si 構成之第二層之光學效應的相互作用；

【0097】 圖 7 顯示其中以光學上座落彼此接近的在空間上分開的膜配置第一層及第二層之具體實施例的示意截面；

【0098】 圖 8 顯示其中第一層及第二層配置在穩定膜基板之相對側上之多層膜具體實施例的示意截面；

【0099】 圖 9 顯示根據本發明之另一具體實施例之 EUV 微影投影曝光設備的組件；及

【00100】 圖 10A-10H 顯示基於數值實例而獲得的明顯結果示意圖。

【實施方式】

【00101】 圖 1 顯示根據本發明之一具體實施例之 EUV 微影投

影曝光設備 WSC 的光學組件。EUV 微影投影曝光設備用於以反射性圖案化裝置或遮罩 M 之圖案的至少一個影像曝光輻射敏感基板 W，該基板配置在投影透鏡 PO 之影像平面 IS 的區中，該圖案配置在投影透鏡之物體平面 OS 的區中。

【00102】為有助於描述，指定 xyz 直角座標系統，從 xyz 直角座標系統可看出圖中圖解組件的相應定位關係。投影曝光設備 WSC 屬於掃描器類型。遮罩 M 及基板在投影曝光設備操作期間在 y 方向中同步移動及藉此掃描。

【00103】設備係以主要輻射源 RS 的輻射進行操作。照射系統 ILL 用於接收主要輻射源的輻射，及用於使引導於圖案上的照射輻射成形。投影透鏡 PO 用於將圖案結構成像於光敏基板上。

【00104】主要輻射源 RS 尤其可以是雷射電漿源或氣體放電源或基於同步加速器的輻射源。此類輻射源產生在 EUV 範圍中的輻射 RAD，尤其具有在 5 nm 及 15 nm 之間的波長。為了使照射系統及投影透鏡能夠在該波長範圍中操作，使用可反射 EUV 輻射的組件建構照射系統及投影透鏡。

【00105】利用收集器 COL 收集發自輻射源 RS 的輻射 RAD，並將其引導至照射系統 ILL 中。照射系統包含混合單元 MIX、望遠鏡光學單元 TEL 及場形成反射鏡 FFM。照射系統使輻射成形，並因此照射座落在投影透鏡 PO 之物體平面 OS 中或與 OS 接近的照射場。在此例中，照射場的形狀及大小決定物體平面 OS 中有效使用物體場 OF 的形狀及大小。

【00106】反射光罩或某個其他反射性圖案化裝置在設備操作期間配置在物體平面 OS 中。

【00107】混合單元 MIX 實質上由兩個琢面反射鏡 FAC1、FAC2 組成。第一琢面反射鏡 FAC1 配置在照射系統與物體平面 OS 為光學共軛的平面中。因此，第一琢面反射鏡亦定名為「場琢面反射鏡」。第二琢面反射鏡 FAC2 配置在與投影透鏡之光瞳平面為光學共軛的照射系統之光瞳平面中。因此，第二琢面反射鏡亦

定名為「光瞳琢面反射鏡」。

【00108】 借助光瞳琢面反射鏡 FAC2 及成像光學總成(其布置在光束路徑下游，並包含望遠鏡光學單元 TEL 及以掠入射操作的場形成反射鏡 FFM)，第一琢面反射鏡 FAC1 的個別鏡射琢面(個別反射鏡)成像於物體場中。

【00109】 場琢面反射鏡 FAC1 處的空間(局部)照射強度分布決定物體場中的局部照射強度分布。光瞳琢面反射鏡 FAC2 處的空間(局部)照射強度分布決定物體場中的照射角強度分布。

【00110】 投影透鏡 PO 用於將配置在投影透鏡之物體平面 OS 中的圖案縮小成像於影像平面 IS 中，影像平面 IS 與物體平面為光學共軛並與物體平面平行。利用極紫外光範圍(EUV)中工作波長 λ (在此實例的情況中為 13.5 nm)左右的電磁輻射進行成像。

【00111】 投影透鏡包含六個反射鏡 M1 至 M6，該等反射鏡具有反射鏡表面，該等反射鏡表面以如此之一方式配置在物體平面 OS 及影像平面 IS 之間的投影光束路徑 PR 中，致使可利用反射鏡 M1 至 M6 將配置在物體平面或物體場 OF 中的圖案成像於影像平面或影像場 IF 中。在此例中，在物體平面及影像平面之間蔓延之投影光束的射線形成波前 WF。

【00112】 對 EUV 範圍中的輻射具有反射效應的反射鏡(EUV 反射鏡)M1 至 M6 各包含基板，在基板上塗覆多層配置，其對極紫外光範圍中的輻射具有反射效應及包含交替包含相對較低折射率及相對較高折射率層材料的大量層對並以分散式布拉格反射器的方式起作用。

【00113】 層對(雙層)包含由以下組成的交替塗覆層：具有較高之折射率實部的層材料(亦稱「間隔物」)，及與前者相對之具有較低之折射率實部的層材料(亦稱「吸收體」)。可以如鉬/矽(Mo/Si)及/或鈦/矽(Ru/Si)的層材料組合建構層對。在此例中，矽分別形成間隔物材料，而 Mo 及/或 Ru 分別用作吸收體材料。層對可包含至少一個其他層，尤其是一內插障壁層，其可由如 C、B₄C、Si_xN_y、SiC 組成或由包含這些材料之一者的合成物組成，並

用來防止介面處的互相擴散。

【00114】 反射鏡 M1 至 M6 各具有彎曲的反射鏡表面，致使每個反射鏡均可促成成像。來自物體場 OF 之投影光束路徑的射線首先入射在稍微凸面彎曲的第一反射鏡 M1，第一反射鏡 M1 則將射線反射至稍微凹面彎曲的第二反射鏡 M2。第二反射鏡 M2 將射線反射至凸面的第三反射鏡 M3，第三反射鏡 M3 將射線橫向偏轉至凹面的反射鏡 M4。反射鏡 M4 將射線反射至第五反射鏡 M5 上，第五反射鏡 M5 在幾何上配置接近影像平面且具有稍微凸面彎曲的反射鏡表面並將射線反射至較大的凹面反射鏡 M6，反射鏡 M6 是影像平面的最後一個反射鏡並將射線聚焦在影像場 IF 的方向中。

【00115】 投影透鏡由兩個局部透鏡組成。在此例中，前四個反射鏡 M1 至 M4 形成第一局部透鏡，其在第四反射鏡 M4 及第五反射鏡 M5 之間的射線路徑中產生中間影像 IMI。中間影像位在與物體平面及影像平面為光學共軛的中間影像平面中。在幾何上，中間影像與第六反射鏡 M6 並排配置。第二局部透鏡由第五及第六反射鏡組成，以縮小的方式將中間影像成像至影像平面中。

【00116】 具有此構造或相似構造的投影曝光設備及投影透鏡例如揭露於專利 US 7,977,651 B2 中。該專利的揭露內容以引用方式併入此描述的內容中。

【00117】 投影透鏡 PO 包含波前校正裝置 WFC，其包含具有光學使用區 UA 的膜構件 FE，其在圖解之波前校正裝置的操作模式下配置在投影光束路徑 PR 中。對 EUV 輻射為部分透射的多層膜 MF 配置在第二反射鏡 M2 及第三反射鏡 M3 之間的單一光束路徑中。從光學觀點來看，多層膜 MF 座落在第一局部透鏡的光瞳平面 PS1 及在光學上相對較接近光瞳表面 PS1 的中間影像 IMI 之間。例如，子孔徑比率在膜構件的位置處可在 0.8 及 0.95 之間的範圍中。

【00118】 多層膜 MF 為大體上平面的光學構件且座落在投影

光束路徑中，致使輻射實質上垂直地(即，實質上平行於多層膜 MF 的表面法線 N)通過多層膜 MF。測量於射線方向及表面法線 N 之間的入射角係在小於 10° 的範圍中。藉此避免極化選擇性效應，致使多層膜 MF 的傳輸實質上與通過之射線之電場向量的極化狀態或振盪方向無關。

【00119】膜構件 FE 具有機械穩定框架 R，其以實質上環形的方式組態並支撐多層膜 MF，致使多層膜在光學使用區 UA 中自我支撐。所有框架構件因此座落在光學使用區之外。自我支撐膜可為緊繃或下垂。若適當，其可具有稍微繃起的形式。

【00120】在其他具體實施例中，提供格子狀支撐結構以將多層膜穩定在光學使用區中，該支撐結構在光學使用區中與多層膜接觸並穩定該多層膜。格子狀支撐結構可具有例如蜂巢狀結構，其具有形成六角形開口的支柱。包含此類支撐結構的膜構件請見例如 US 7,639,418 B2，且在其中在投影曝光設備的 EUV 光源區中用作「光譜純度濾波器」。

【00121】圖 2 顯示多層膜 MF 之一具體實施例的示意截面，可在圖 1 或他處的膜構件 FE 中使用該多層膜 MF。多層膜包含六個具有不同功能的層，在一些具體實施例中，可利用在層堆疊之一側的選用支撐結構 CS 在機械上穩定該多層膜。在安裝狀態中，輻射實質上垂直於膜平面(x-y 平面)通過多層膜。從輻射出射側(圖中底部)，層堆疊始於第一外保護層 PC1，在其上塗覆第一抗反射層 AR1。在此之後為第一層 L1，其具有相對較小的折射率實部或折射率實部與值 1 的相對較大偏差 δ_1 及還有相對較低的第一吸收係數 β_1 。第二抗反射層 AR2 塗覆於第一層上。該第二抗反射層載有由第二層材料構成的第二層 L2，與第一層材料相比，第二層材料僅具有折射率實部與 1 的相對較小偏差 δ_2 ，但繼而具有相對較高的吸收係數 δ_2 。層堆疊在輻射入射側終止於第二外保護層 PC2。

【00122】對比於示意圖中所顯示的，第一層的層厚度 d_1 在光學使用區內沿橫向方向改變，致使 $d_1=f(x,y)$ 成立。相同道理對應地適用於第二層 L2。第一層厚度 d_1 因此沿 x 方向及 y 方向改變。

第二層 L2 亦具有局部改變的層厚度 d_2 ，其沿 x 方向及 y 方向二者局部變更。層厚度變動的程度無疑超出製造支配之層厚度變動的程度。

【00123】 外保護層 PC1、PC2 可例如由鈦、鉻或氮化矽組成，其中氮化矽由於其在工作波長(13.5 nm)下的低吸收而可為有利。若適當，可省略第一保護層 PC1 及/或第二保護層 PC2。有時藉由表面層的氧化而具有外保護層即已足夠。

【00124】 此處抗反射層 AR1、AR2 各具有約 6 nm 的幾何層厚度，這在所用層材料(如，Mo/Si 或 Ru/Si)的情況中對應於約 $\lambda/2$ 的光學層厚度，因此造成反射減少及因而在此方面造成傳輸增加效應。第一抗反射層 AR1 及/或第二抗反射層 AR2 亦可省略。

【00125】 第一層 L1 及第二層 L2 主要對於膜的光學效應很重要。第一層 L1 的主要功能在於在通過的射線中以位置相依方式引入取決於第一層之局部光學層厚度的相位延遲 $\Delta\phi$ ，因此造成局部不同的相位延遲及因而造成對通過波前的波前校正。然而，由於非零吸收，第一層材料亦對通過的輻射密度引入位置相依衰減，相對較厚區中的衰減程度大於相對較薄區中的。這造成一般非所要的位置相依密度衰減效應。第二層 L2 的主要功能是以一方式抵消第一層引入的傳輸衰減，致使在光學使用區上整體建立投影透鏡所需的密度輪廓，例如，在整個使用區上的均勻衰減或具有實質上旋轉對稱特性(變跡自光瞳平面中心上升或下降至邊緣)的衰減。同時，第二層材料由於折射率之實部與值 1 之相對較小的偏差 δ_2 ，係用於對波前僅具有較小效應，若適當，可在第一層之層厚度輪廓的設計中將此納入考慮。

【00126】 圖 3A 圖解適於建構用於工作波長 $\lambda = 13.5$ nm 之波前校正膜的一些層材料。線圖在 x 軸上顯示複數折射率之實部與值 1 的偏差 δ ，及在 y 軸上顯示吸收係數 β 。在直線 $\delta = \beta$ 左方的材料尤其適合作為第二層材料，而在該直線右方的材料結合折射率之稍低實部具有較低吸收，及因此尤其適合用於波前校正層(第一層)。線圖中的數值得自於 T. Tsarfati 公開之論文「Surface and Interface Dynamics in Multilayered Systems」(2009，ISBN 978-90-5335-197-0，第一章，第 12 頁)中的對應線圖。

【00127】 下列表 A 顯示尤其可在工作波長 13.5 nm 下使用之各種層材料之有效比率 $V=\delta/\beta$ 的對應值。

表 A

Mo	11.84
Y	11.51
Ru	6.66
Nb	12.75
Zr	10.92
RuSi	5.82
Si ₃ N ₄	2.88
ZrSi ₂	6.19
Si	0.55
Ge	0.17

【00128】 圖 3B 顯示工作波長 $\lambda=6.9$ nm 的對應線圖。舉例而言，可以看出銣(Rb)、銣(Sr)或鈮(Y)適合作為第二層的材料，至於第一層，則可使用例如 NbOB₄C、NbO₂、Nb₂O₅、RuO₄、MoO₂、Rh₂O₃、C、Te、In、Ba、Sn、RuO₂、MoO₃、La、B、B₄C、BN(硼氮化物)、ZrO₂ 或主要由這些材料之一者組成的材料合成物。這些值為理論值，如可經由以下網頁取得：

http://henke.lbl.gov/optical_constants/getdb2.html。

【00129】 以下基於結合圖 4 至 6 的具體實例解釋第一及第二層之光學效應的相互作用。

【00130】 圖 4A 顯示由鉬(Mo)構成之第一層 L1 及塗覆於第一層 L1 上由矽(Si)構成之第二層 L2 的片段，其中兩個層的層厚度沿 x 方向(正規化 x 軸)局部改變。兩個層各以部分影線方式顯示及具有 2 nm 的平均厚度及與此平均厚度具有正及負偏差的區。在鉬層中，增加最大值 1 nm 的層厚度出現在 $x = -0.8$ 及 $x = -0.6$ 之間的 I 區中，及減少 1 nm 至最小值 1 nm 的層厚度出現在 $x=0.6$ 及 $x=0.8$ 之間的 IV 區中。在矽層中，增加最大值 1 nm 的局部層厚度出現在 $x = -0.4$ 及 $x = -0.2$ 之間的 II 區中，及具有層厚度僅 1 nm

的局部層厚度最小值出現在 $x = 0.2$ 及 $x = 0.4$ 之間的 III 區中。

【00131】 兩個層對於沿 z 方向通過的 EUV 輻射均具有相位延遲效應及密度衰減效應。然而，這些效應取決於相應層的局部層厚度及光學常數 δ 及 β 而不同。以下大致成立： $\delta_1 = \delta(\text{Mo}) = 0.076$ 、 $\beta_1 = \beta(\text{Mo}) = 0.006$ 、 $\delta_2 = \delta(\text{Si}) = 0.001$ 及 $\beta_2 = \beta(\text{Si}) = 0.002$ 。

【00132】 首先，參考圖 5，將僅考慮鉬層(第一層)，其層厚度輪廓再次圖解於圖 5A 中。圖 5B 顯示第一層(鉬層)的波前效應 $\Delta\rho_1$ (以奈米為單位)，及圖 5C 顯示第一層的傳輸減少效應，即，相對傳輸損失。對計算波前效應而言，折射率的實部(1- δ)或偏差 δ_1 很重要，其中值 $\delta_1 = 0.08$ 代表通過之波前的相位速度從值 1 減少到值 0.92。整體因此所引起的相位延遲係線性取決於局部層厚度 d_1 。在 I 區中，局部層厚度(3 nm)係超出平均層厚度 1 nm，致使此處 1 nm 以上的第一層材料具有相位延遲效應。可在圖 5B 中看出相對於平均相位延遲的對應相位延遲。IV 區中的條件相反，因為此處僅 1 nm 的鉬在層厚度最小值的區中具有效應。因此，形成與平均相位延遲(由 2 nm 的 Mo 造成)相比的較小相位延遲。

【00133】 密度衰減 ΔI 的程度亦取決於層厚度 d 。以下大致成立：

$$\Delta I = 1 - e^{-((4\pi/\lambda)d\beta)}$$

【00134】 在此例中，層厚度 d 在指數函數的指數中。在 I 區中，尤其高的相對傳輸損失由於局部厚度最大值而產生，而最小相對傳輸損失由於第一層厚度的局部層厚度最小值而發生在 IV 區中。

【00135】 第二層(矽層)的層厚度輪廓圖解於圖 6A 中。此處層厚度具有稍微比較複雜的輪廓，因為層厚度例如在 I 區中由於鉬層的局部層厚度最大值及在 III 區中由於 Si 層的局部最小值而尤其小(最小值僅 1 nm)，而層厚度在 II 及 IV 區各呈現局部最大值。

【00136】 圖 6B 顯示第二層(Si 層)的對應波前效應 $\Delta\rho_2$ (以奈米為單位)，而圖 6C 顯示第二層依據 x 軸上之位置的相對傳輸損失 ΔI_2 。

【00137】 兩個層的效應在波前通過時在定位上正確地相加。

包含由 Mo 構成之第一層及由 Si 構成之第二層之多層膜的波前效應圖解於圖 4B 中。圖 4C 對應地顯示多層膜之相對傳輸損失的位置相依性。

【00138】圖 4B 在相位延遲 $\Delta\rho$ 的軸上以等同比例顯示對兩個層之波前的效應。可以看出，顯現顯著較大相位延遲的鉬主導第一區 I 及第四區 IV 中之波前效應的輪廓。與其相比，II 及 III 區(其中出現矽層之尤其大(II 區)及尤其小(III 區)的絕對層厚度)中的相位延遲效應僅非常小。

【00139】在對傳輸之總效應的情況中(圖 4C)，可以看出矽層使鉬層引起之密度衰減的絕對程度變得更均勻。由於 Si 層的補償效應，最大及最小局部密度損失之間的差異小於純 Mo 層的情況中。

【00140】第一層及第二層不需要出現在相同的膜中。圖 7 舉例顯示膜構件 FE 之具體實施例的示意截面，其中第一層及第二層配置在空間上分開但在光學上座落彼此接近的膜中。第一膜 F1 具有薄膜基板或薄膜支撐層 SUB1，其上塗覆具有局部改變層厚度的第一層 L1(如，由鉬構成)。第一膜由機械穩定的第一框架 R1 夾持，其框架部件全部位在光學使用區 UA 之外。第一框架 R1 利用螺絲釘或以某個其他方法以固定但可釋放的方式連接至等同的第二框架 R2。第二框架支撐第二膜 F2。第二膜 F2 具有薄膜基板(膜支撐層)SUB2，其上塗覆具有局部改變層厚度的第二層 L2(如，由矽構成)。在膜之間垂直於膜平面的幾何距離為幾公釐，如，在 1 mm 及 10 mm 之間。因此，在安裝狀態中，該等膜實際上配置在通過之投影光束的相同位置(實質上等同的子孔徑比率)上。兩個層 L1、L2 的層厚度輪廓互補。兩個膜的機械穩定性實質上由膜基板或膜支撐層的穩定性決定。膜基板或膜支撐層如可由矽或聚合材料組成。

【00141】均勻厚度的膜基板或膜支撐層係針對最佳傳輸結合足夠穩定性而設計，及具有如在 10 至 100 nm、較佳 20 nm 至 50

nm 之範圍中的厚度。膜 F1 之膜層 L1 及膜 F2 之膜層 L2 的材料分別可等同於膜支撐層 SUB1 及 SUB2 分別的材料，及甚至在用等同材料的製造程序期間，無法區別製造膜層(L1 或 L2)及相關聯膜支撐層(SUB1 或 SUB2)。

【00142】清潔設備(未圖解)可組裝在兩個膜 F1 及 F2 和框架 R1 及 R2 之間，該清潔設備按特定的時間間隔以淨化氣體(例如，氫)淨化在膜 F1 及 F2 之間的空隙。

【00143】在此具體實施例中，兩個層(第一層及第二層)可供後續處理(如，利用離子光束)自由進出，因此簡化層厚度輪廓的最佳化。

【00144】圖 8 舉例顯示包含多層膜 MF 之膜構件 FE 之具體實施例的示意截面，其中第一層及第二層配置在膜支撐層 SUB 的相對側。因此，彼此獨立的兩個層可供處理及後續層厚度輪廓變更自由進出。膜支撐層 SUB 例如可由 Mo 或 Si 組成或可屬於由 Mo 及 Si 構成的多層。此處，第一層 L1 及第二層 L2 的材料也分別可等同於膜支撐層 SUB 的材料，及在製造程序期間不需要區別塗覆層 L1 及 L2 及膜支撐層 SUB。

【00145】圖 7 及圖 8 未圖解由於第一層 L1 及第二層 L2 分別具有足夠的穩定性而省掉膜支撐層 SUB 及 SUB1 及 SUB2 的選項。

【00146】在圖 7 及圖 8 之具體實施例的情況中，上文詳細陳述的相同條件原則上適用於層材料的選擇。因此，請參考圖 7 及圖 8 的描述。

【00147】圖 9 顯示配備有或可配備有基於膜之波前校正裝置之另一投影透鏡 PO 的實例。等同於或對應於圖 1 之構件的構件具有相同命名。包括光學資料之投影透鏡的構造描述於對應於 EP 1 950 594 A1(圖 2)的 US 2008/0170310 A1 中。該文獻內容在此方面以引用方式併入此描述內容中。

【00148】圖解顯示從五個隔開物體場點發出之三個個別射線的各個光束路徑。

【00149】從物體平面 OS 開始，個別射線首先由第一反射鏡 M1 反射及接著連續由第二至第六反射鏡 M2 至 M6 反射，第二至第六反射鏡 M2 至 M6 各覆蓋有高反射多層塗層。

【00150】反射鏡 M1、M3 及 M5 具有凸面基本形式，即，該等反射鏡可以凸面最佳匹配表面描述。反射鏡 M2、M4 及 M6 具有凹面基本形式，即，該等反射鏡可以凹面最佳匹配表面描述。在以下描述中，爲了簡化，僅將此類反射鏡定名爲凸面或凹面。凸面第三反射鏡 M3 提供良好的珀茲伐(Petzval)校正。

【00151】與五個物體場點的特定照射方向相關聯的個別射線在投影透鏡 PO 的光瞳平面 PS1 中組合，第三反射鏡 M3 配置鄰接光瞳平面 PS1。第三反射鏡 M3 因此亦定名爲光瞳反射鏡。用於限定投影光束界限的孔徑光闌可配置在光瞳平面 PS1 中。可以機械及可互換光闌或以直接在反射鏡 M3 上之對應塗層的形式提供該孔徑光闌。

【00152】反射鏡 M1 至 M4 將物體平面 OS 成像於中間影像平面 IIS 中。投影透鏡的中間影像側數值孔徑爲 0.2。反射鏡 M1 至 M4 形成第一局部成像光學單元，其具有 3.2x 的縮小成像比例。下游反射鏡 M5 及 M6 形成投影透鏡的另一局部成像光學單元，其具有 2.5x 的縮小成像比例。在中間影像平面 IIS 的區中，在第六反射鏡 M6 中形成通孔 OP6，投影光束在從第四反射鏡 M4 朝向第五反射鏡 M5 反射時通過該通孔。第五反射鏡 M5 繼而具有中央通孔 OP5，投影光束透過該通孔在第六反射鏡 M6 及影像平面 IS 之間通過。

【00153】第五反射鏡 M5 配置接近另一光瞳平面 PS2，其與第一光瞳平面 PS1 共軛。通常，該另一光瞳平面 PS2 在投影光束路徑中座落在第五反射鏡 M5 及第六反射鏡 M6 之間，致使實體上可進入的光闌平面存在該另一光瞳平面 PS2 的位置處。

【00154】投影透鏡在光瞳平面 PS1、PS2 之一者中具有以位於中心的方式配置的屏蔽光闌。此屏蔽分配給中央通孔 OP5、OP6

之投影光束路徑的局部射線。因此，投影透鏡的設計亦定名為具有中央光瞳屏蔽的設計。

【00155】將中央物體場點連結至入射光瞳平面 PS1 中投影透鏡之入射光瞳之中央照射點的特異個別射線在下文又稱為中央場點的主射線 CR。在第六反射鏡 M6 反射後，中央場點的主射線 CR 與影像平面 IS 大約形成直角，即，約平行於投影曝光設備的 z 軸蔓延。影像場為矩形。

【00156】投影透鏡 PO 的所有六個反射鏡 M1 至 M6 均體現為無法以旋轉對稱函數描述的曲面表面。

【00157】投影透鏡 PO 提供複數個定位以插入波前校正裝置的膜構件。

【00158】在一具體實施例中，多層膜之形式的第一膜構件 FE1 配置在第一定位 POS1，其在光學上接近第二及第三反射鏡間之光束路徑中的第一光瞳平面 PS1。因此可在整個場上均勻地校正波前像差。子孔徑比率 SV 在此例中約 0.7 至 0.95。

【00159】另一具體實施例試圖利用膜構件校正波前像差的場輪廓。為此目的，將對應調適的膜構件(如，多層膜之形式的第二膜構件 FE2)插入第二定位 POS2，其在光學上接近物體平面及第一反射鏡 M1 之間的物體平面 OS。子孔徑比率 SV 在此例中約 0.5 至 0.3。

【00160】舉例而言，可設計膜構件致使可校正或減少影像像差垂直於掃描方向(y 方向)(即，沿著影像場的長軸)之線性或非線性輪廓的程度。

【00161】膜構件亦可配置在接近光瞳的定位及接近場的定位二者。此變化顯示於圖 9 中。

【00162】為了圖解投影光束路徑中的定位，圖 9 亦以平行於 z 方向的平面圖圖解第一膜構件 FE1 及第二膜構件。可在各例中看到圓形框架 R，該框架支撐部分透明、自我支撐的多層膜 MF。投影光束與膜表面之交叉點的區域分別為所謂的「覆蓋區」FP1 及 FP2。此區為投影光束所照射，其中

從矩形物體場 OF 之(無限數目個)場點發出的所有光束促成覆蓋區的照射。可以看出，接近物體平面 OS 處，覆蓋區 FP1 具有物體場的大約(在真實系統中為狹長的)矩形形狀，角落區已經修圓。接近光瞳平面 PS1 處，覆蓋區 FP2 幾乎為圓形。包圍覆蓋區的最小圓圈將具有直徑 D_{CA} 。此直徑在此定名為「光學自由直徑」。

【00163】每個物體場點是光束(輻射錐)的原點，其孔徑角由物體側數值孔徑決定。每個光束與對應於光學表面(此處為膜表面)上為從單一物體場點發出的光束所照射之彼區之子孔徑 SA 相關聯。給定表面上的子孔徑可以其子孔徑直徑 D_{SA} 為特徵。接近物體平面(或不同場平面)處，該子孔徑或其直徑相對較小。在光瞳平面的區中，理想上，不同場點的所有子孔徑應該重疊，每個光束照射整個使用的光瞳。

【00164】可在定性上看出第一膜構件 FE1 接近場的子孔徑比率 $SV = D_{SA}/D_{CA}$ 相對較小(如，在約 0.05 及 0.3 之間)，而在光學上配置接近光瞳平面 PS1 之第二膜構件 FE2 的 SV 接近值 1，如，在 0.7 及 0.95 之間。

【00165】下文將舉例解釋實際設計膜構件的方式。其描述適用於所有具體實施例。

【00166】膜構件的任務是根據目標規定設定投影透鏡的波前變動及/或傳輸變動。

【00167】關於此任務的起始點是在一或複數個場點處的波前及/或傳輸。可藉由測量及/或模擬獲得這些波前及/或傳輸。另外可對複數個場點使用外插法及/或內插法。以此方式獲得的這些資料是以下描述之最佳化步驟的起始點，並分別定名為「波前資料」及/或「傳輸資料」。

【00168】在第一步驟中，在此假設可利用膜構件的「完美波前校正層」校正波前。「完美波前校正層」係視為理論層如下：其在工作波長 λ 下的複數折射率 n 為 $n = 0 + 0i$ ，致使 1 nm 波前校正層減少(層厚度差異)因此換算成 1 nm 波前相位。光線模型化為移動無限快的概念係取自 Sweatt 模型。作為說明性替代方案，亦可使用以下理論層：其在工作波長 λ 下的複數折射率 n 為 $n = 0.9 +$

0i，致使 1 nm 波前校正層減少(層厚度差異)換算成 0.1 nm 波前相位。在此例中，在計算波前校正層厚度之後，該厚度必須乘以 0.1 倍，以獲得「完美波前校正層」。

【00169】在給定波前資料下，對於定義於投影透鏡之光束路徑中的膜構件定位，現在憑藉合適公式化的最佳化問題計算完美波前校正層。為此目的，首先計算所謂的基本變形。這些基本變形可具有例如具有特定最大振幅(例如，1 nm)之 Zernike 多項式的形式，該等多項式定義於完全涵蓋膜構件定位於光束路徑中之膜之光學上使用區(光學使用區)的圓形區上。除了 Zernike 多項式，亦可使用樣條或 B-樣條或非均勻有理 B-樣條(nurb)，其計算的場同樣完全涵蓋膜構件之膜的光學上使用區。對於因此獲得的這些基本變形(例如，36 或 64 或 100 個 Zernike 及/或 25 或 49 或 100 個樣條或 B-樣條或非均勻有理 B-樣條)，借助光學設計程式計算其光學敏感性。即，計算完美波前校正層之基本變形的波前效應。

【00170】接著將基本變形解譯為操縱器自由度。最佳化問題因而在於利用該自由度儘可能充分概算所要(逐個場點)波前效應。這例如可藉由解答最小化問題來完成：

$$\min \|Mx - p\|_2^2 + \|Gx\|_2^2$$

【00171】在此例中，M 代表 $n \times m$ 矩陣，其具有演變成 n 個初級影像像差的 m 個基本變形。這些初級影像像差例如可為不同場點處的逐像素波前值、這些波前在不同場點處之選擇的 Zernike 係數或其疊加。向量 p 以預定義方式描述波前資料； x 代表要尋找的操縱向量，其描述要疊加之基本變形的振幅；及 G 是適合的加權矩陣，例如，具有純量倍數的單位矩陣。此處提出的方法即所謂的 Tikhonov 正則化，其例如詳細描述於 A. Rieder 的「Keine Problemen mit inversen Problemen (逆推問題沒問題)」，Vieweg，2003 年，第 70 頁(實例 3.3.11)及第四章。其亦解釋如何將最小化問題變換成方程組，以利用已知方法之一者(諸如，高斯消去法)

解答此問題。替代地，亦可查閱網頁：

http://en.wikipedia.org/wiki/Tikhonov_regularization (檢視於 2012 年 8 月 2 日)

【00172】 另一個可能的方法描述於有關不同問題的 WO 2010/034674 A1。

【00173】 使用此方法產生膜構件之「完美波前校正層」之輪廓的規定，其特徵在於：描述位置相依層厚度的函數 $w := w(x, y)$ 。函數 w 可具有正及負層厚度值二者。以下進一步描述消除負層厚度值的方法。

【00174】 應該提到的是，上文描述的程序僅是計算完美波前校正層的一個例示性程序。

【00175】 如果預計僅校正投影透鏡的傳輸行為，則可以函數 $w = w(x, y) = 0$ 描述波前校正層。

【00176】 在第二步驟中，首先假設可以膜構件的「完美傳輸校正層」校正傳輸輪廓。

【00177】 一開始應呈現在工作波長 λ 下具有複數折射率 $n = (1 - \delta) + i\beta$ 的材料。如果光線覆蓋此材料的路徑長度 d ，則傳輸 t 為

$$t = \exp(-(4\pi/\lambda) d\beta)。$$

【00178】 此處不利的是，傳輸不再隨著材料厚度線性改變而是在指數上改變。這所具有的效應是，首先簡化問題成線性方程組的方法失敗。

【00179】 相比之下，如果考慮對數傳輸 $\ln t$ ，給定為

$$\ln t = -(4\pi/\lambda) d\beta，$$

則可看出對數傳輸隨著材料厚度線性改變。

【00180】 「完美對數傳輸校正層」係視為複數折射率 $n = 0 + 1i$ 的理論層。

【00181】 對於給定的傳輸資料 $T(x, y)$ ，計算對數傳輸資料 $\ln T(x, y)$ 。這永遠可行，因為每個點 (x, y) 的傳輸 $T(x, y)$ 大於 0。對於

定義於投影透鏡之光束路徑中的膜構件定位，憑藉合適公式化的最佳化問題計算完美對數傳輸校正層。

【00182】接著解答最佳化問題。為此目的，首先再一次計算所謂的基本變形。這些基本變形可具有例如具有特定最大振幅(例如，1 nm)之 Zernike 多項式的形式，該等多項式定義於完全涵蓋膜構件定位於光束路徑中之膜之光學上使用區的圓形區上。除了 Zernike 多項式，亦可使用樣條或 B-樣條或非均勻有理 B-樣條 (nurb)，其計算的場同樣完全涵蓋膜構件之膜的光學上使用區。對於因此獲得的這些基本變形(例如，36 或 64 或 100 個 Zernike 及/或 25 或 49 或 100 個樣條或 B-樣條或非均勻有理 B-樣條)，借助光學設計程式計算其光學敏感性。即，計算完美傳輸校正層之基本變形的傳輸效應及接著決定對數傳輸效應。

【00183】接著將基本變形解譯為操縱器自由度。最佳化問題因而在於利用該自由度儘可能充分概算所要(逐個場點)波前效應。這例如可藉由解答最小化問題來完成：

$$\min \|Ny - q\|_2^2 + \|Hy\|_2^2$$

【00184】在此例中，N 代表 $k \times 1$ 矩陣，其具有演變成 k 個初級影像像差的 1 個基本變形。這些初級影像像差例如可為不同場點處的逐像素傳輸前沿值、這些傳輸前沿在不同場點處之選擇的 Zernike 係數或其疊加。向量 q 以預定義方式描述對數傳輸資料；y 代表要尋找的操縱向量，其描述要疊加之基本變形的振幅；及 H 是適合的加權矩陣，例如，具有純量倍數的單位矩陣。如波前資料的情況解答所產生的最小化問題。

【00185】使用此方法產生膜構件之完美對數傳輸校正層之輪廓的規定，其特徵在於：描述位置相依對數層厚度的函數 $s := s(x,y)$ 。

【00186】應該提到的是，上文描述的程序僅是計算完美對數傳輸校正層的一個例示性程序。

【00187】 如果預計僅校正投影透鏡的波前行爲，則可以函數 $s = s(x,y) = 0$ 描述對數傳輸校正層。

【00188】 所有資訊現在用於轉變成真實材料。因此，假設第一層的材料 M_1 具有複數折射率

$$n_1 = (1 - \delta_1) + i\beta_1$$

及第二層的材料 M_2 具有複數折射率

$$n_2 = (1 - \delta_2) + i\beta_2 \text{。}$$

【00189】 舉例而言，可使用鉬(Mo)作為第一層的材料，及可使用矽(Si)作為第二層的材料。因此預期決定第一及第二材料的材料厚度 $m_1 = m_1(x,y)$ 及 $m_2 = m_2(x,y)$ ，即，第一及第二層厚度，致使在每個點(x,y)處滿足方程組

$$\begin{aligned} \delta_1 m_1(x,y) + \delta_2 m_2(x,y) &= w(x,y) \\ \exp(-4\pi / \lambda(\beta_1 m_1(x,y) + \beta_2 m_2(x,y))) &= \exp(s(x,y)) \text{。} \end{aligned}$$

【00190】 例如，尺寸 101×101 或 201×201 或 501×501 之格子上之點(x,y)的適合離散化產生要解答的方程組，及因此產生關於要在充分精細網格上估計之材料厚度 m_1 及 m_2 的資訊。藉由對數化第二方程式，此方程組甚至可簡化成線性方程組：

$$\begin{aligned} \delta_1 m_1(x,y) + \delta_2 m_2(x,y) &= w(x,y) \\ -4\pi / \lambda(\beta_1 m_1(x,y) + \beta_2 m_2(x,y)) &= s(x,y) \text{。} \end{aligned}$$

【00191】 對於離散化網格的每個點(x,y)，可以慣用方法(諸如，高斯消去法)解答此方程組，並獲得局部材料厚度 $m_1 = m_1(x,y)$ 及 $m_2 = m_2(x,y)$ 。

【00192】 在此例中，函數 $m_1 = m_1(x,y)$ 及 $m_2 = m_2(x,y)$ 可具有正及負函數值二者，及需要產生可從這些理論材料厚度實現的厚度規定。首先，定義材料 M_1 及 M_2 的材料最小厚度 $d_1(x,y)$ 及 $d_2(x,y)$ ，所實現的膜構件必須超出此材料最小厚度。材料最小厚度可局部改變或為恆定。

【00193】 例如，在其中使用 Mo 作為第一層之材料的情況中，可選取 5 nm 或 10 nm 或 20 nm 的位置獨立最小厚度。例如，在其

中使用 Si 作為第二層之材料的情況中，可選取 10 nm 或 20 nm 或 50 nm 的位置獨立最小厚度。

【00194】 接著計算材料厚度規定

$$\tilde{m}_1(x, y) = m_1(x, y) + d_1(x, y) - \min_{(x, y)} m_1(x, y)$$

及

$$\tilde{m}_2(x, y) = m_2(x, y) + d_2(x, y) - \min_{(x, y)} m_2(x, y)。$$

【00195】 可看出，以其全範疇實現僅是變更相位效應的波前校正。然而，僅實現傳輸校正至小於 1 的常數因子，因為所考慮之工作波長下的任何層厚度導致可觀的傳輸損失，及系統傳輸僅可因增加材料厚度而降低。

【00196】 圖 10A-10H 顯示基於數值實例使用上文描述程序獲得的明顯結果：圖 10A 圖解預計要在包含多層之膜構件上實現之「完美波前校正層」的輪廓 d_1' [nm]。在「完美波前校正層」 $w(x, y)$ 之最高標高及最深谷值間之差異的 PV 值約 1.4 nm。因此校正具有最大相位差異約 1.4 nm 的波前輪廓。另外假設膜構件僅用於校正由波前校正層引致的傳輸變動。因此可假設「完美對數傳輸校正層」 $s(x, y)$ 等於作為常數的 0。

【00197】 選取鉬(Mo)作為波前校正層的材料及選取矽(Si)作為傳輸校正層的材料。兩個材料均促成波前校正。圖 10B 顯示藉由解答方程組所獲得之波前校正層之計算的層厚度輪廓 d_1' [nm]。在此例中，可注意到出現正及負層厚度值二者。

【00198】 圖 10B 之計算的層厚度值已換算成圖 10C 中之可實施的層厚度值 d_1 [nm]。為此目的，已將具有恆定層厚度的層加入計算的層厚度輪廓，致使因此獲得之層厚度的最小值大於或等於針對此材料指定的最小層厚度。舉例而言，在圖 10C 中，選取值 5 nm 作為鉬(Mo)的指定最小層厚度。此程序是可能的，因為在此背景中，具有厚度 20 nm 或 100 nm 或 500 nm 的恆定層並不會顯著影響波前輪廓。

【00199】 圖 10D 顯示藉由解答方程組所獲得之傳輸校正層之計算的層厚度輪廓 d_2' [nm]。在此例中再次出現正及負層厚度。舉例而言，如果選取 20 nm 作為矽之指定最小層厚度的值，則此造成圖 10E 圖解之傳輸校正

層的可實施層厚度輪廓 d_2 [nm]。

【00200】圖 10F 顯示膜構件之多層的厚度輪廓：在下方較薄的改變鉬層上塗覆上方較厚的改變矽層。可在位置 $x = 0.75$ 及 $x = 0.5$ ，看出兩個層之厚度的互補行為。兩個層亦可互換，即，亦可在較厚矽層上塗覆較薄鉬層。

【00201】圖 10G 顯示圖 10A 中預定義的波前輪廓與利用圖 10F 描述之膜構件之多層膜產生的波前輪廓的偏差 ΔWF 。其偏差為恆定及因此在光學上中立。

【00202】圖 10H 圖解利用圖 10F 描述之膜構件之多層的傳輸輪廓。如初始預定義，此傳輸輪廓沒有任何變動。此處圖解約 83.6% 的傳輸 T 僅考慮圖 10F 中圖解的兩個層。如已解釋，膜構件可包含可另外降低傳輸的其他層或支撐結構。

【符號說明】

【00203】AR1 第一抗反射層

【00204】AR2 第二抗反射層

【00205】COL 收集器

【00206】CR 主射線

【00207】CS 支撐結構

【00208】FAC1、FAC2 琢面反射鏡

【00209】FE 膜構件

【00210】FE1 第一膜構件

【00211】FE2 第二膜構件

【00212】FFM 場形成反射鏡

【00213】F1 第一膜

【00214】F2 第二膜

【00215】IF 影像場

【00216】IIS 中間影像平面

【00217】ILL 照射系統

【00218】	IMI	中間影像
【00219】	IS	影像平面
【00220】	L1	第一層
【00221】	L2	第二層
【00222】	M	遮罩
【00223】	MF	多層膜
【00224】	MIX	混合單元
【00225】	M1-M6	反射鏡
【00226】	N	多層膜 MF 的表面法線
【00227】	OF	物體場
【00228】	OP5	中央通孔
【00229】	OP6	通孔
【00230】	OS	物體平面
【00231】	PC1	第一外保護層
【00232】	PC2	第二外保護層
【00233】	PO	投影透鏡
【00234】	POS1	第一定位
【00235】	PR	投影光束路徑
【00236】	PS1	光瞳平面
【00237】	PS2	光瞳平面
【00238】	R	機械穩定框架
【00239】	R1	第一框架
【00240】	R2	第二框架
【00241】	RAD	輻射
【00242】	RS	主要輻射源
【00243】	SA	子孔徑
【00244】	SUB	膜支撐層
【00245】	SUB1	薄膜基板/薄膜支撐層
【00246】	SUB2	薄膜基板/膜支撐層

【00247】 TEL 望遠鏡光學單元

【00248】 UA 光學使用區

【00249】 W 輻射敏感基板

【00250】 WFC 波前校正裝置

【00251】 WSC EUV 微影投影曝光設備

【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)

106.8.30.

案號：102105232
106年08月30日修正(原審)本

申請專利範圍

1. 一種投影透鏡(PO)，其利用具有極紫外光範圍(EUV)中之一工作波長 λ 的電磁輻射，將配置在該投影透鏡之一物體平面(OS)中的一圖案成像於該投影透鏡之一影像平面(IS)中，該投影透鏡包含：

多個反射鏡(M1-M6)，其具有反射鏡表面以如此之一方式配置在該物體平面及該影像平面之間的一投影光束路徑中，致使可利用該等反射鏡將配置在該物體平面中之一圖案成像於該影像平面中，

其特徵在於：

一波前校正裝置(WFC)，其包含一透射膜構件，該透射膜構件具有一膜，該膜在該波前校正裝置的一操作模式中配置在該投影光束路徑中及在該工作波長 λ 下穿透該透射膜構件該 EUV 輻射撞擊在一光學使用區中的一主要部分，其中該透射膜構件包含：

一第一連續層(L1)，其由具有一第一複數折射率 $n_1 = (1 - \delta_1) + i\beta_1$ 的一第一層材料組成及具有一第一光學層厚度，其根據一第一層厚度輪廓在該使用區上局部改變；及

一第二連續層(L2)，其由具有一第二複數折射率 $n_2 = (1 - \delta_2) + i\beta_2$ 的一第二層材料組成及具有一第二光學層厚度，其根據一第二層厚度輪廓在該使用區上局部改變，

其中該第一連續層厚度輪廓及該第二連續層厚度輪廓不同，

其中該第一折射率之實部與 1 的偏差 δ_1 相對於該第一層材料的吸收係數 β_1 為大，及該第二折射率之實部與 1 的偏差 δ_2 相對於該第二層材料的吸收係數 β_2 為小；及

其中該投影光束路徑經由一幅射進入側進入該透射膜構件，並經由與該輻射進入側對向的一輻射離開側離開該透射膜構件。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該膜構件以如此之一方式配置在該投影光束路徑中，致使投影光束的所有射線均以小於 20° 的入射角入射在該光學使用區上。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項所述之投影透鏡，其中該膜構件對於整個光學使用區中的撞擊 EUV 輻射具有至少 70% 之一透射比。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該投影透鏡具有至少一個光瞳平面在該物體平面及該影像平面之間，及該膜構件配置在該光瞳平面中或在光學上配置接近該光瞳平面。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該投影透鏡具有一膜構件在光學上接近該物體平面或該影像平面及/或其中一中間影像平面位在該物體平面及該影像平面之間，及一膜構件配置在該中間影像平面中或在光學上配置接近該中間影像平面，其中該膜構件較佳配置在該物體平面及直接在該物體平面後的第一反射鏡(M1)之間。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該膜構件包含含有該第一層及該第二層的一多層膜。
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該第一層組裝於該膜構件的一第一膜上及該第二層組裝於該膜構件的一第二膜上，該第二膜在實體上與該第一膜分開。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之投影透鏡，其中該第二膜係配置於一位置，該位置與相應第一膜的位置為光學共軛。
9. 如申請專利範圍第 7 項所述之投影透鏡，其中在該第一膜及該第二膜之間的幾何距離小於十公分，及/或在該第一膜及該第二膜之間的光學距離以如此之一方式設定尺寸，致使該等第一及第二膜的子孔徑比率彼此相差小於 0.05。
10. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該工作波長在 5 nm 及 20 nm 之間，其中一第一效率比 $V_1=\delta_1/\beta_1$ 大於 5，及/或其中一第二效率比 $V_2=\delta_2/\beta_2$ 小於 0.6。
11. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中 $V_1=\delta_1/\beta_1$ 及 $V_2=\delta_2/\beta_2$ ，及其中一比率 V_1/V_2 大於 2。
12. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該工作波長係在 7 nm 至 20 nm 的一波長範圍中，及該第一層材料係選自以下群組：鈥(Ru)、鋯(Zr)、鉬(Mo)、鈮(Nb)、鉻(Cr)、鈹(Be)、金(Au)、釔(Y)、釔矽化物(Y_5Si_3)、鋯矽化物($ZrSi_2$)、或主要由該等材料之一者組成的一材料合成物，及/或該第二層材料係選自以下群組：矽(Si)及鍺(Ge)或主要由這些材料之一者組成的一材料合成物。
13. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該工作波長係在 6 nm 及 7 nm 之間的一波長範圍中，及該第一層材料係選自以下群組： $NbOB_4C$ 、 NbO_2 、 Nb_2O_5 、 RuO_4 、 MoO_2 、 Rh_2O_3 、C、Te、In、Ba、Sn、

RuO_2 、 MoO_3 、 La 、 B 、 B_4C 、 BN 、 ZrO_2 或主要由這些材料之一者組成的一材料合成物，及/或該第二層材料係選自以下群組： Y 或 Rb 或主要由這些材料之一者組成的一材料合成物。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中在該光學使用區中該第一光學層厚度的最大局部值及最小局部值之間的第一 PV 比率係在 2 至 6 的範圍中，及/或其中在該光學使用區中該第二光學層厚度的最大局部值及最小局部值之間的第二 PV 比率係在 2 至 6 的範圍中。
15. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該第二層厚度輪廓與該第一層厚度輪廓互補。
16. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該第一層及該第二層的層厚度係設計致使在最大波前變更之一區中，該膜引起至少 3% 之該工作波長的一波前變更。
17. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該第二層厚度大於在該光學使用區中至少一個定位處的該工作波長。
18. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該第一層在該光學使用區中具有一非對稱第一層厚度輪廓，其既無一反射鏡對稱性亦無一徑向對稱性或一旋轉對稱性。
19. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中一膜具有一第一膜表面、一第二膜表面及測量於該等第一及第二膜表面間之小於 $1\text{ }\mu\text{m}$ 的一膜

厚度。

20. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中一膜在至少一個膜表面處具有一外保護層，其由比直接鄰接該保護層的一內層更能抵擋環境影響的一保護層材料組成，其中該保護層材料較佳選自以下群組：鈦(Ru)、銻(Rh)、碳(C)、矽(Si)及氮化矽(Si_3N_4)。
21. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中一膜包含僅一單一第一層及/或僅一單一第二層。
22. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中一多層膜包含至少一個抗反射層，其對該工作波長具有一反射減少效應及其較佳以直接毗鄰一第一層及/或一第二層的方式配置。
23. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中至少一個中間層配置在該第一層及該第二層之間，其中該中間層為一抗反射層及/或一擴散障壁層，其由 C、 B_4C 、 Si_xN_y 、SiC、 Mo_2C 、 MoSi_2 、 Y_5Si_3 或 Nb_4Si 或包含這些材料之一者的一合成物組成。
24. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中一多層膜除了該第一層及該第二層還包含少於 10 個其他層。
25. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該第一層及/或該第二層係以一異質層結構建構，其中基於鉬的一第一層較佳具有一內層結構，其中由鉬構成的相對較厚局部層由與其相比為較薄的一結晶停止

層分開。

26. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該光學使用區具有一最小直徑為 50 mm 或 50 mm 以上。
27. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該膜構件具有一格子狀支撐結構，其在該光學使用區中與該膜接觸並穩定該膜，其中該格子狀支撐結構較佳具有一蜂巢狀結構，其具有形成六角形或其他多邊形開口的支柱。
28. 如申請專利範圍第 1 項所述之投影透鏡，其中該投影透鏡具有一夾持結構以將該等反射鏡保持在其等在該投影光束路徑中的定位處，及該膜構件配置在一可變更支架上，該可變更支架可以如此之一方式相對於該夾持結構移動，致使該膜構件可藉由該可變更支架的移動視情況配置在該投影光束路徑中或在該投影光束路徑外，其中針對一膜構件的每個安裝位置較佳在該投影透鏡上提供一出入通道，以將該膜構件定位在該投影透鏡的該光束路徑中。
29. 一種尤其用於一 EUV 微影投影曝光設備之一投影透鏡的膜構件，其包含：
- 一透射膜構件，其設置用以在極紫外光範圍(EUV)的一工作波長 λ 下穿透該透射膜構件，該 EUV 輻射撞擊在該透射膜構件上一光學使用區中的一主要部分，其中該透射膜構件包含：
 - 一第一連續層，其由具有一第一複數折射率 $n_1 = (1 - \delta_1) + i\beta_1$ 的及一第一層材料組成具有一第一光學層厚度，其根據一第一層厚度輪廓

在該使用區上局部改變；及

一第二連續層，其由具有一第二複數折射率 $n_2 = (1 - \delta_2) + i\beta_2$ 的第二層材料組成及具有一第二光學層厚度，其根據一第二層厚度輪廓在該使用區上局部改變，

其中該第一連續層厚度輪廓及該第二連續層厚度輪廓不同，

其中該第一折射率之實部與 1 的偏差 δ_1 相對於該第一層材料的吸收係數 β_1 為大，及該第二折射率之實部與 1 的偏差 δ_2 相對於該第二層材料的吸收係數 β_2 為小；及

其中該投影光束路徑經由一幅射進入側進入該透射膜構件，並經由與該幅射進入側對向的一幅射離開側離開該透射膜構件。

30. 如申請專利範圍第 29 項所述之膜構件，其中該膜構件對於整個光學使用區中的撞擊 EUV 輻射具有至少 70% 之一透射比。

31. 如申請專利範圍第 28 或 29 項所述之膜構件，其特徵在於：申請專利範圍第 6 至 27 項之至少一項之特徵化部分的特徵。

32. 一種投影透鏡(PO)，其利用極紫外光範圍(EUV)中一工作波長 λ 左右的電磁輻射，將配置在該投影透鏡之一物體平面(OS)中的一圖案成像於該投影透鏡之一影像平面(IS)中，該投影透鏡包含：

多個反射鏡(M1-M6)，其具有反射鏡表面以如此之一方式配置在該物體平面及該影像平面之間的一投影光束路徑中，致使配置在該物體平面中的一圖案可利用該等反射鏡成像於該影像平面中，其中在該物體平面及該影像平面之間蔓延之一投影光束的射線形成一波前，

其特徵在於：

一波前校正裝置(WFC)，其包含一透射膜構件，其在該波前校正裝置的至少一個操作模式下配置在該投影光束路徑中穿透該透射膜構件 EUV 輻射撞擊在該穿透膜構件上之一光學使用區中的一主要部分，

其中該波前以如此之一方式為該膜構件所更改，致使在該膜構件出現在該投影光束路徑中時，導致該影像平面中之影像形成的該波前比在不存在該膜構件時更接近該波前的一所要輪廓；及

其中該投影光束路徑經由一幅射進入側進入該透射膜構件，並經由與該輻射進入側對向的一幅射離開側離開該透射膜構件。

33. 如申請專利範圍第 32 項所述之投影透鏡，其中該穿透膜構件以如此之一方式配置在該投影光束路徑中，致使投影光束的所有射線均以小於 20° 的人射角入射在該光學使用區上。
34. 如申請專利範圍第 32 或 33 項所述之投影透鏡，其中至少一個光瞳平面位在該物體平面及該影像平面之間，及其中該膜構件配置在該光瞳平面中或在光學上配置接近該光瞳平面。
35. 一種投影透鏡(PO)，其利用極紫外光範圍(EUV)中一工作波長 λ 左右的電磁輻射，將配置在該投影透鏡之一物體平面(OS)中的一圖案成像於該投影透鏡之一影像平面(IS)中，該投影透鏡包含：

多個反射鏡(M1-M6)，其具有反射鏡表面以如此之一方式配置在該物體平面及該影像平面之間的一投影光束路徑中，致使配置在該物體平面中的一圖案可利用該等反射鏡成像於該影像平面中，其中在該物體平面及該影像平面之間蔓延之一投影光束的射線形成一波前，

其特徵在於：

一第一膜，及

一第二膜，其與該第一膜分開，

其中該等第一和第二膜之每一者在極紫外光範圍的一工作波長 λ 下穿透一透射膜構件，EUV 輻射撞擊在該透射膜構件上之一光學使用區中的一主要部分；及

其中該投影光束路徑經由一輻射進入側進入該透射膜構件，並經由與該輻射進入側對向的一輻射離開側離開該透射膜構件。

36. 如申請專利範圍第 35 項所述之投影透鏡，其中至少一個光瞳平面位在該物體平面及該影像平面之間，及其中該第一膜及或該第二膜配置在該光瞳平面中或在光學上配置接近該光瞳平面。

37. 一種製造一微影投影曝光設備之一投影透鏡的方法，其包含以下步驟：

在所提供定位處以如此之一方式組裝多個反射鏡，致使反射鏡表面以如此之一方式配置在該物體平面及該影像平面之間的一投影光束路徑中，致使可利用該等反射鏡將配置在該物體平面中的一圖案成像於該影像平面中；

決定該投影透鏡的波前像差；

從該投影透鏡的波前像差計算安裝位置之一位置相依波前校正；

以如此之一方式處理一透射膜構件致使如果該透射膜構件在該安裝位置處插入該投影光束路徑中，則由該透射膜構件進行該波前校正，其中該投影光束路徑經由一輻射進入側進入該透射

膜構件，並經由與該輻射進入側對向的一輻射離開側離開該透射膜構件；

在該安裝位置處安裝該已處理的膜構件。

38. 如申請專利範圍第 37 項所述之方法，其中在決定波前像差之前，一透射膜構件係安裝在該投影光束路徑內之預定義安裝位置處，在決定波前像差之後，該透射膜構件自該投影光束路徑移除及其後以如此之一方式處理，致使如果該透射膜構件插入該安裝位置處的投影光束路徑中，則由該透射膜構件進行該波前校正。

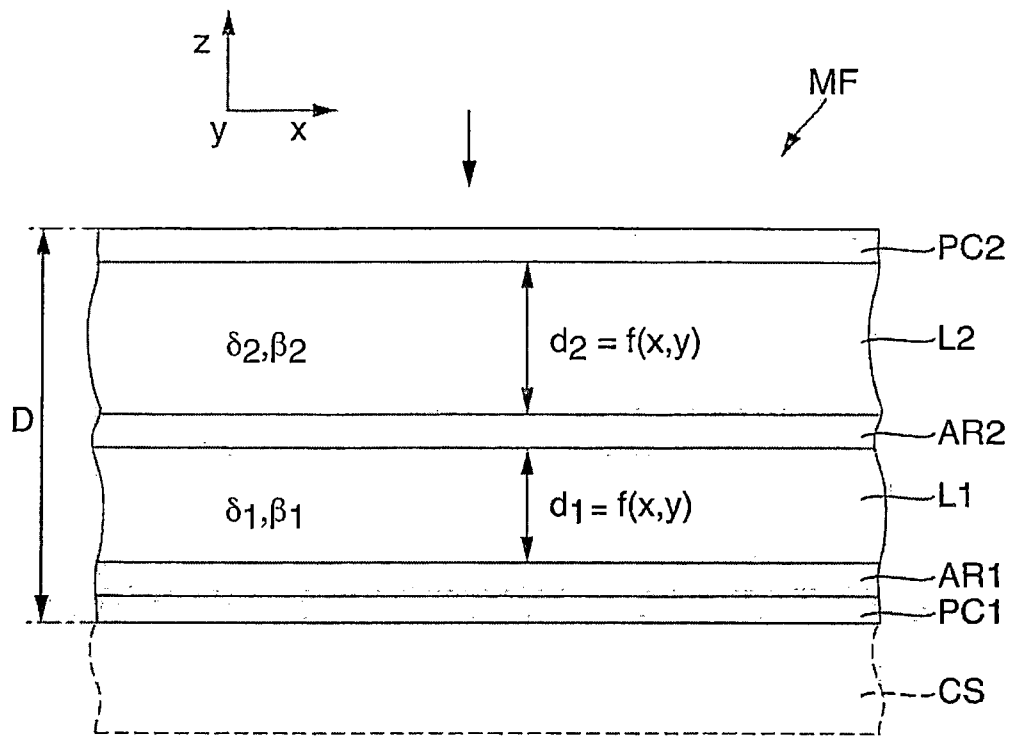


圖2

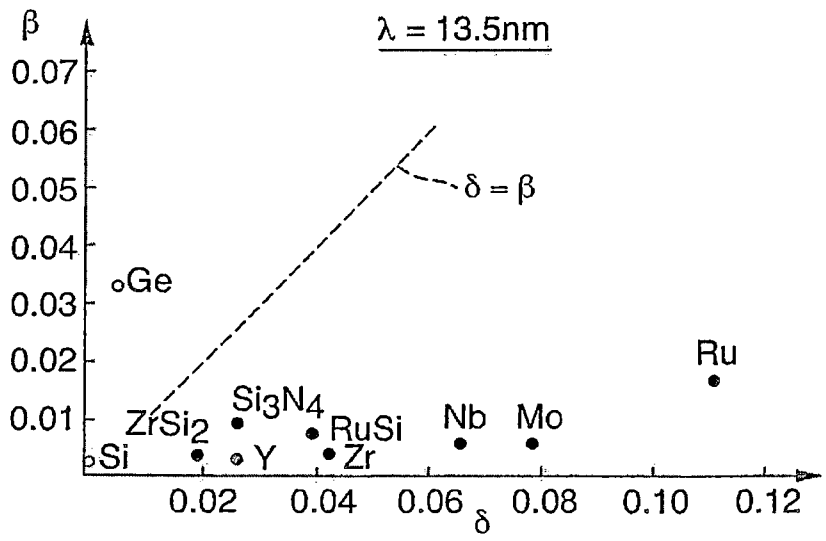


圖3A

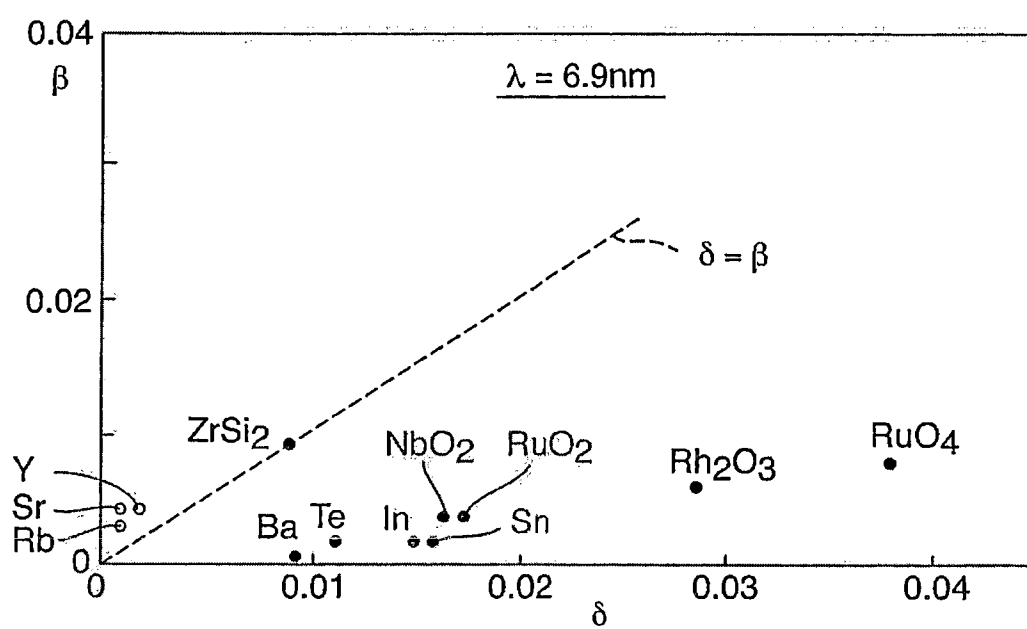


圖3B

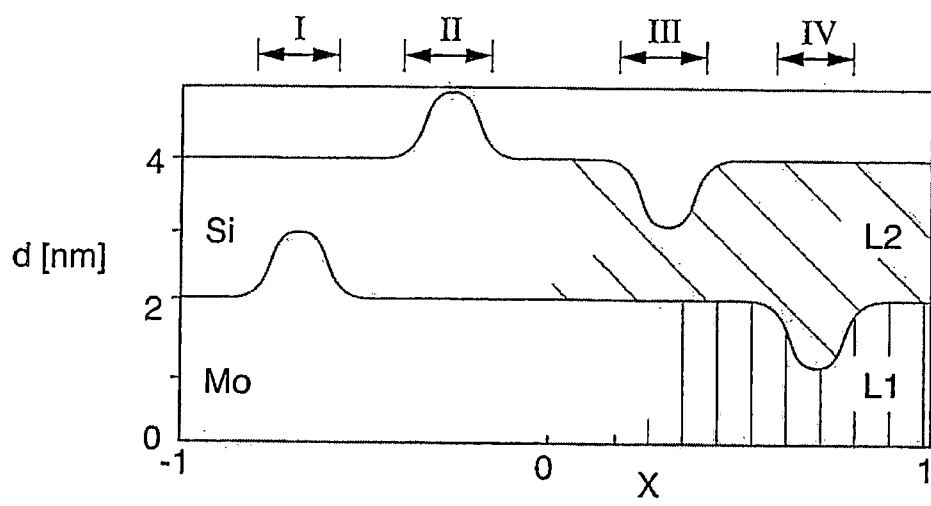


圖4A

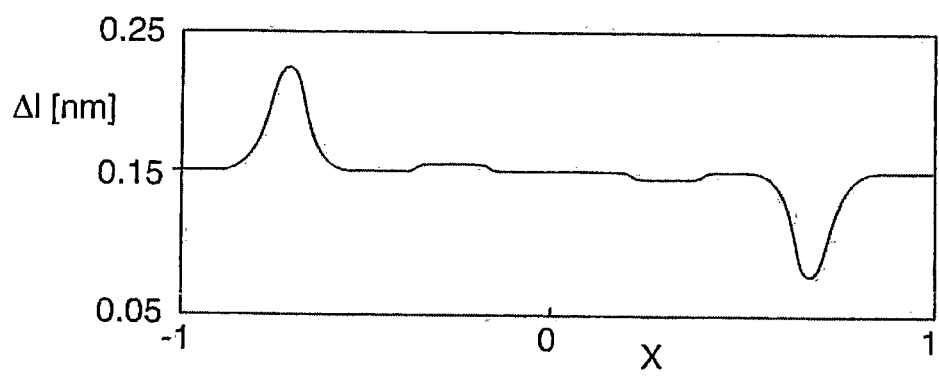


圖4B

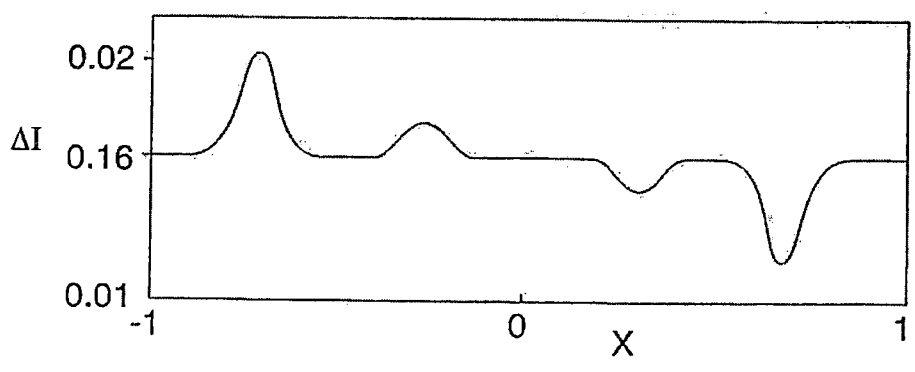


圖4C

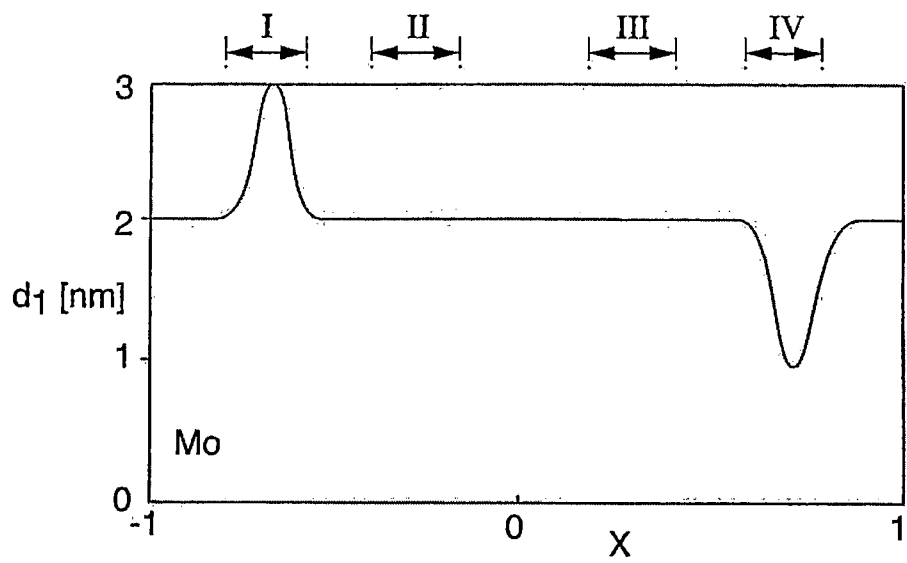


圖5A

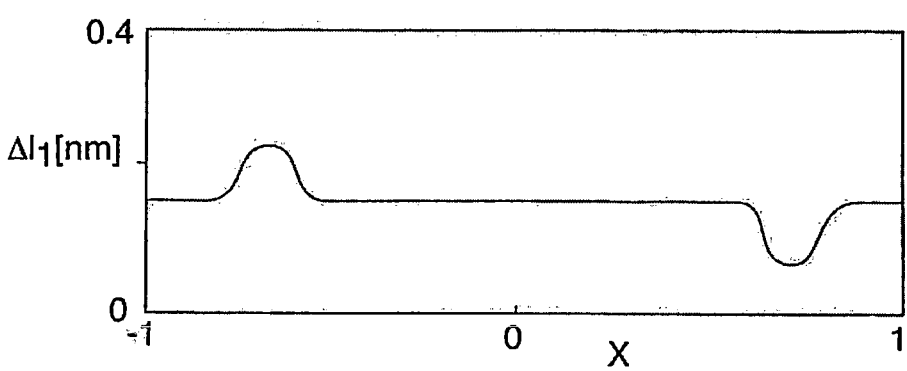


圖5B

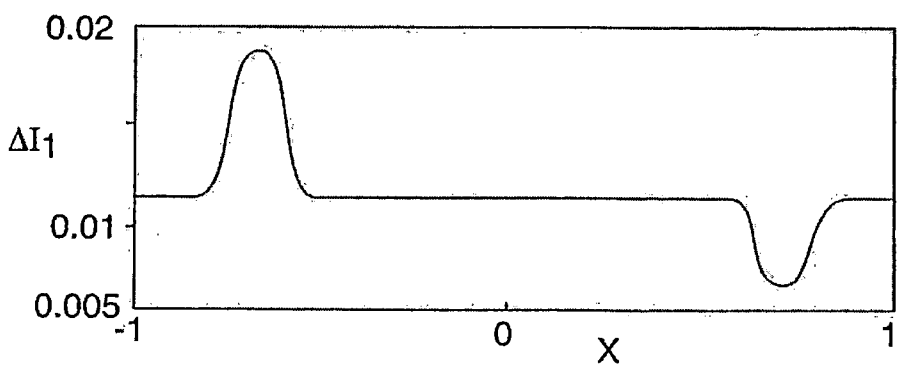


圖5C

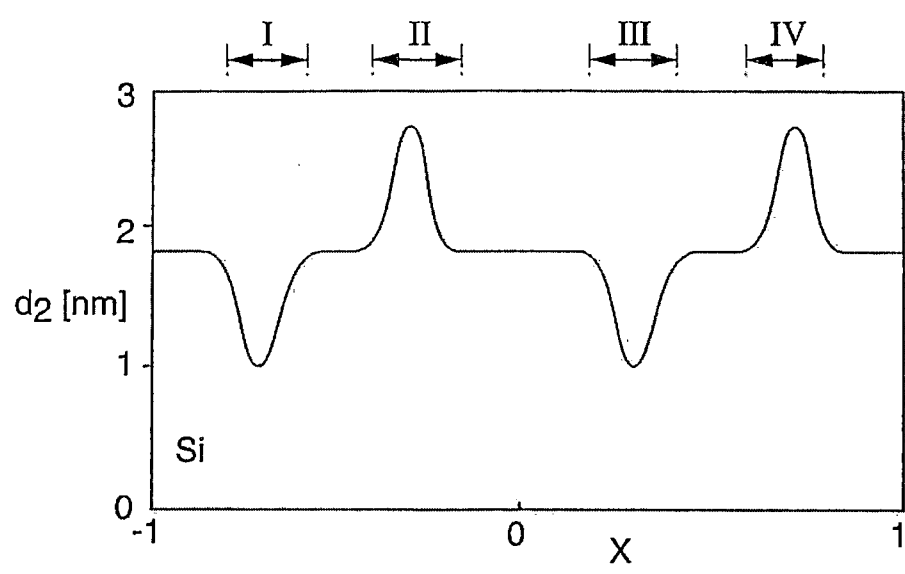


圖6A

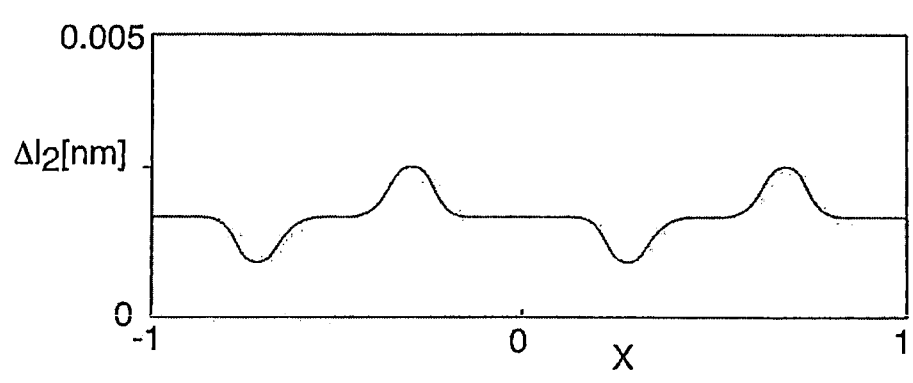


圖6B

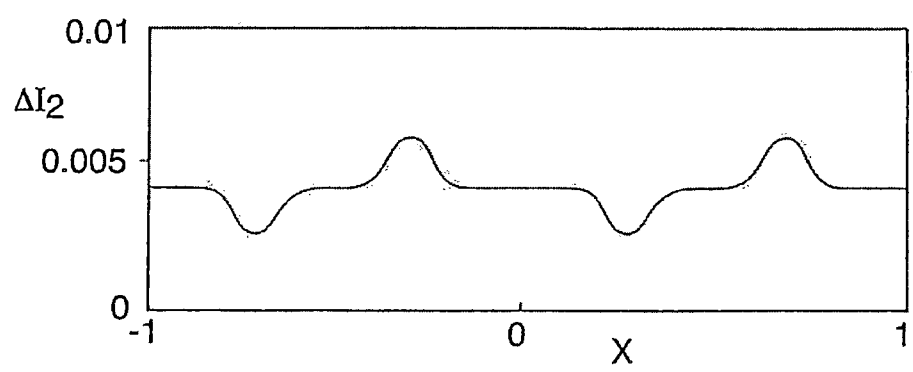
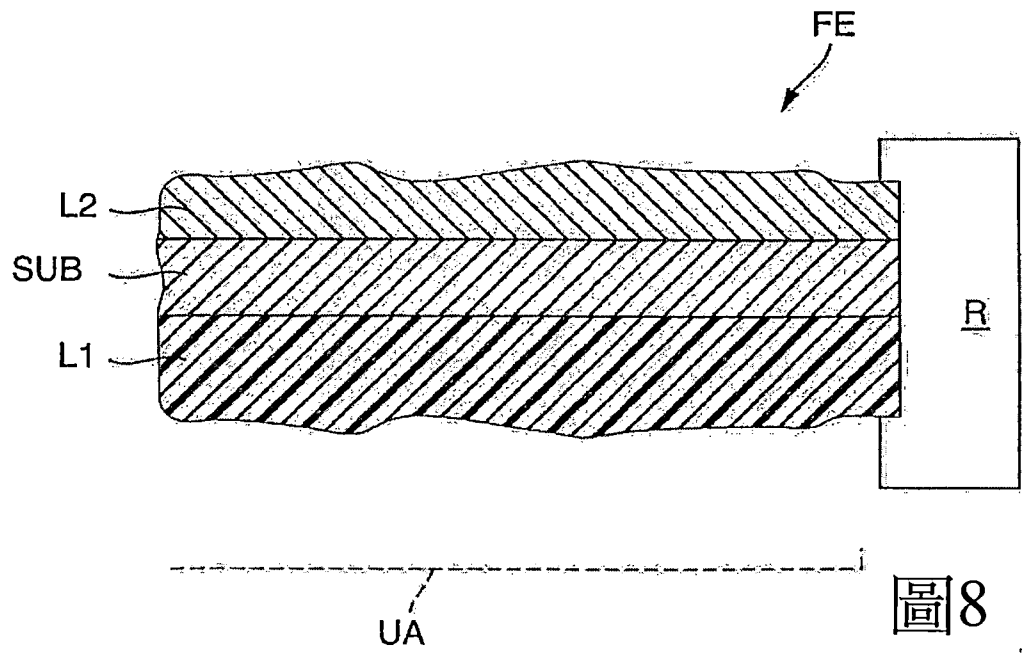
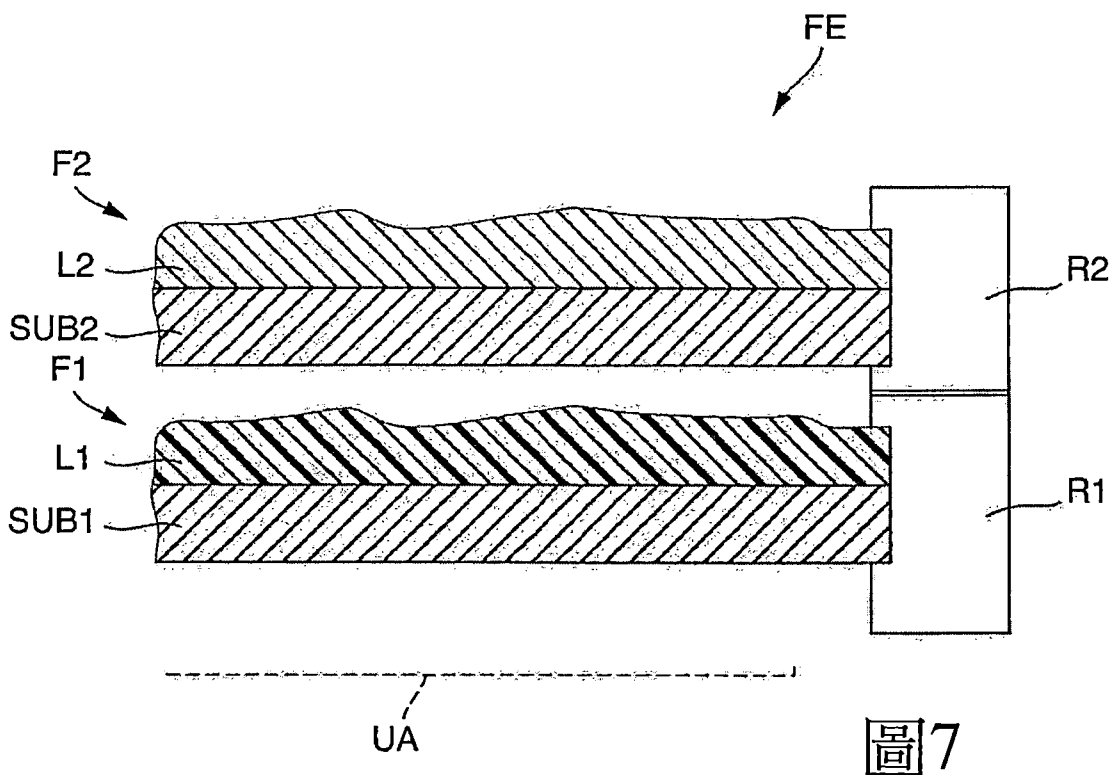


圖6C



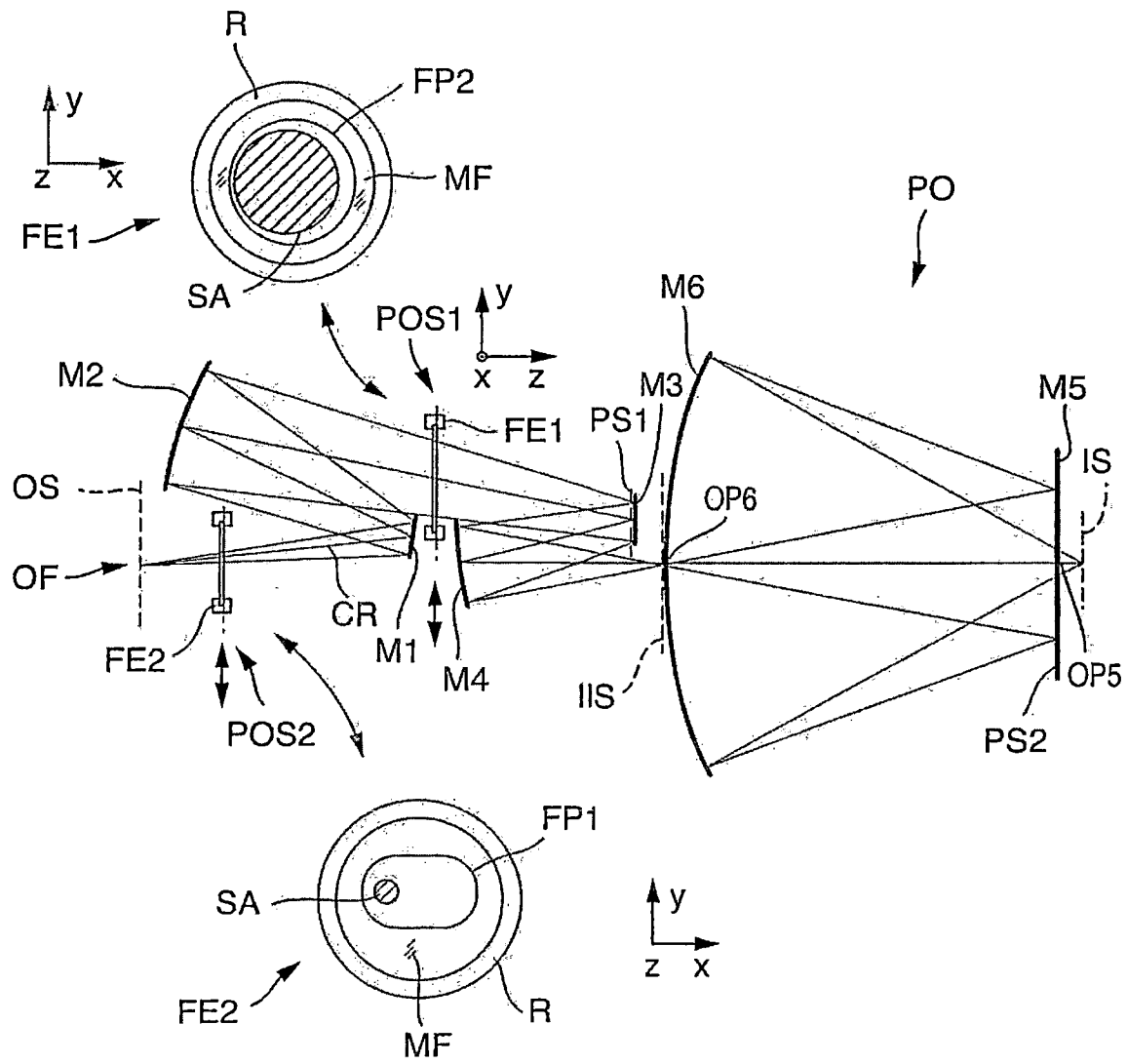


圖9

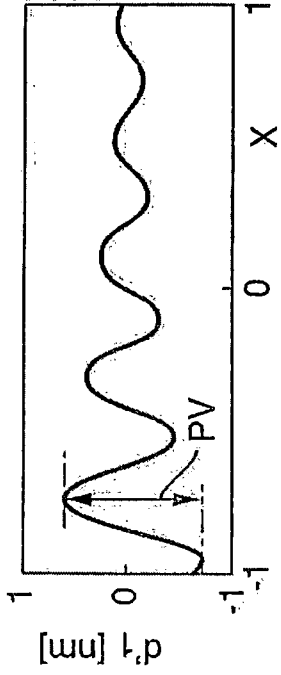


圖 10A

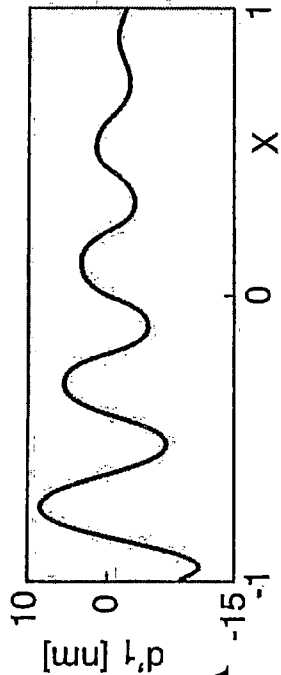


圖 10B

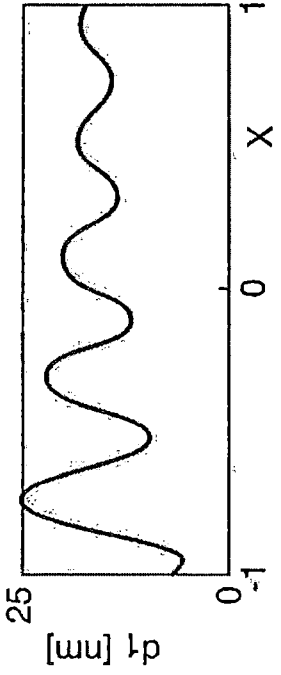


圖 10C

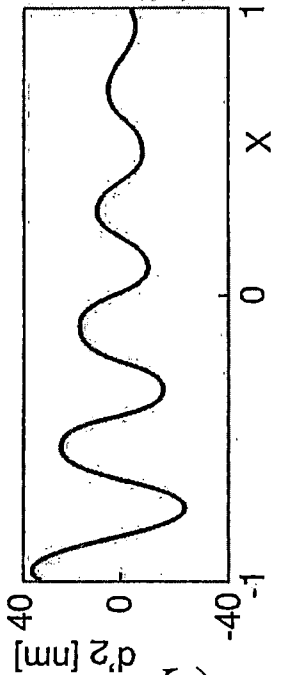


圖 10D

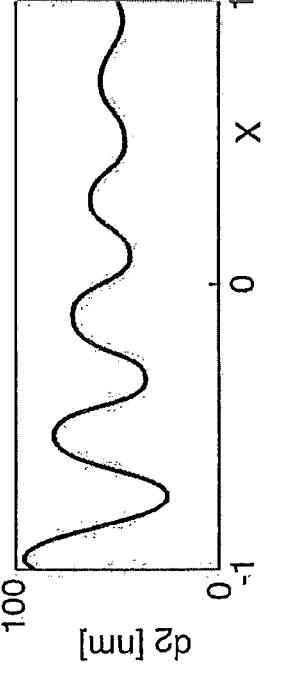


圖 10E

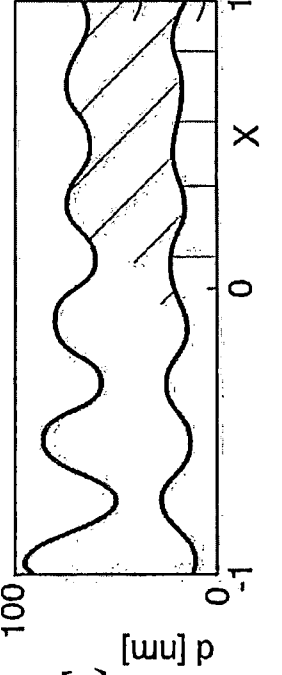


圖 10F

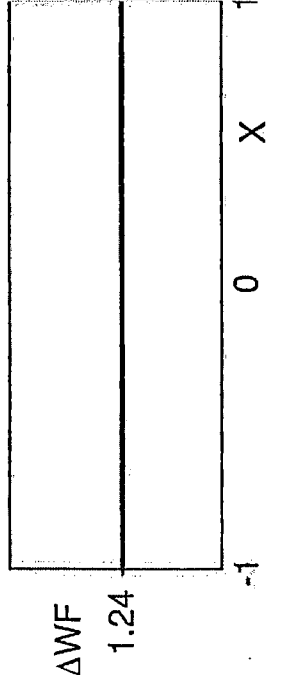


圖 10G

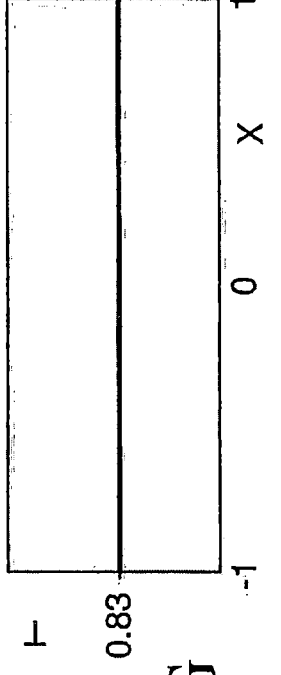


圖 10H