201921161

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201921161 A

(43)公開日： 中華民國 108 (2019) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：107143462 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 10 月 01 日

(51)Int. Cl.： *G03F7/20 (2006.01)*

(30)優先權：2013/10/02 德國 10 2013 219 986.4

(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：畢特納 鮑瑞斯 BITTNER, BORIS (DE)；瓦伯拉 諾伯特 WABRA, NORBERT (DE)；哈登伯格 馬丁 凡 HODENBERG, MARTIN VON (DE)；舒納德 桑賈 SCHNEIDER, SONJA (DE)

(74)代理人：李宗德

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：34 項 圖式數：6 共 49 頁

(54)名稱

投影曝光方法及用於微影之投影曝光裝置

PROJECTION EXPOSURE METHOD AND PROJECTION EXPOSURE APPARATUS FOR MICROLITHOGRAPHY

(57)摘要

本發明提供一種用佈局圖樣中至少一個圖像曝光輻射敏感基板(W)的投影曝光方法，包含下列步驟：以該佈局圖樣設置於該投影透鏡之物平面(OS)區域內並可藉由該投影透鏡成像至該投影透鏡之像平面(IS)中的方式，在照明系統(ILL)與投影曝光裝置(WSC)之投影透鏡(PO)之間提供該佈局圖樣，前述像平面相對於該物平面光學共軛，其中該佈局圖樣之成像相關特性可由佈局圖樣數據表示特徵；用根據特定於採用案例並可由照明設定數據表示特徵的照明設定的該照明系統(ILL)所提供的照明輻射照射該佈局圖樣之照明區域；其特徵在於：決定特定於該採用案例並包含佈局圖樣數據及/或照明設定數據的採用案例數據；使用該採用案例數據決定成像規格數據；為對該採用案例調適該投影透鏡之成像表現之目的，以依該成像規格數據而定的方式藉由該投影透鏡之控制單元(CU)控制該投影透鏡(PO)之可控制光學元件；借助於對該採用案例調適的投影透鏡將該佈局圖樣成像至該基板上。

Projection exposure method for exposing a radiation-sensitive substrate (W) with at least one image of a pattern comprises the following steps: providing the pattern between an illumination system (ILL) and a projection lens (PO) of a projection exposure apparatus (WSC) in such a way that the pattern is arranged in the region of an object plane (OS) of the projection lens and can be imaged by means of the projection lens into an image plane (IS) of the projection lens, said image plane being optically conjugate with respect to the object plane, wherein imaging-relevant properties of the pattern can be characterized by pattern data; illuminating an illumination region of the pattern with an illumination radiation provided by the illumination system (ILL) in accordance with an illumination setting which is specific to a use case and which can be characterized by illumination setting data; characterized by: determining use case data which are specific to the use case and which comprise pattern data and/or illumination setting data; determining imaging specification data using the use case data; controlling controllable optical components of the projection lens (PO) by means of a control unit (CU) of the projection lens in a manner dependent on the imaging

specification data for the purpose of adapting the imaging behaviour of the projection lens to the use case;

imaging the pattern onto the substrate with the aid of the projection lens adapted to the use case.

指定代表圖：

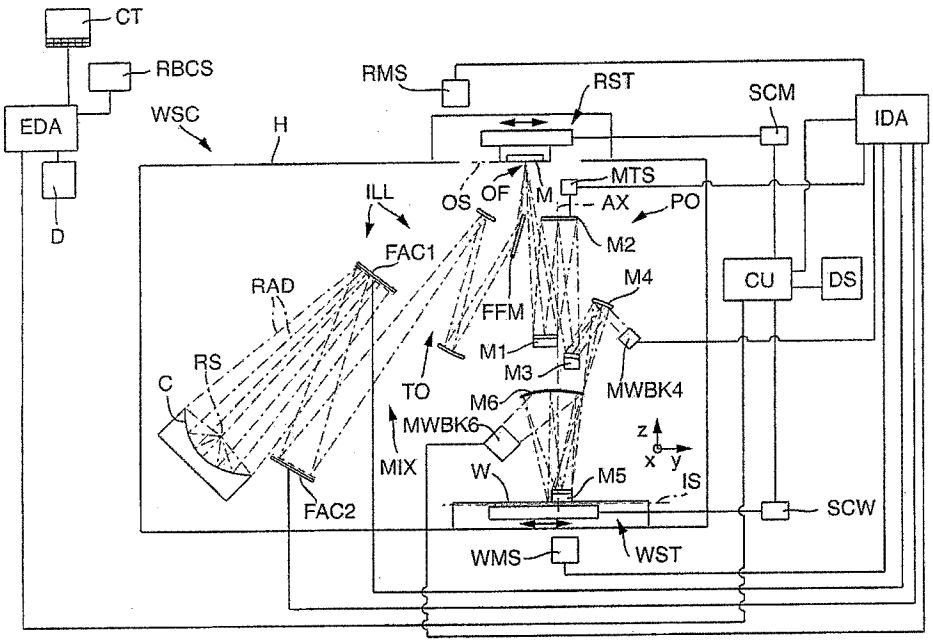


圖1A

符號簡單說明：

W・・・基板

WSC・・・微影投影曝光裝置

H・・・殼體

PO・・・投影透鏡

M・・・反射型圖罩

OS・・・物平面

IS・・・像平面

RS・・・主要輻射源

ILL・・・照明系統

RAD・・・輻射

C・・・集流器

MIX・・・混合單元

TO・・・望遠鏡光學單元

FFM・・・場成形反射鏡

OF・・・有效使用物場

M1~M6・・・反射鏡

FAC1、FAC2・・・鏡面反射鏡

RST・・・托住及操縱圖罩的單元

PAT・・・佈局圖樣

SCM・・・掃描驅動器

SCW・・・掃描器驅動器

AX・・・參考軸

WST・・・晶圓台單元

MS・・・圖罩基板

ILR・・・照明輻射

PR・・・投影輻射

CU・・・控制單元

IDA・・・數據獲取的單元

WMS・・・波前量測系統

RMS・・・倍縮光罩量測系統

MTS・・・溫度量測系統

MWBK1~MWBK6・・・熱成像攝影機

EDA・・・外部數據獲取的單元

CT・・・電腦終端

RBCS・・・倍縮光罩數據獲取裝置

D・・・數據庫

IDA・・・數據獲取的單元

DS・・・數據記憶體

MAN1~MAN6・・・操縱器

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】（中文/英文）

投影曝光方法及用於微影之投影曝光裝置

PROJECTION EXPOSURE METHOD AND PROJECTION EXPOSURE APPARATUS FOR MICROLITHOGRAPHY

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種根據申請專利範圍第 1項之前 言所述以佈局圖樣中至少一個圖像曝光輻射敏感基板的投影曝光方法，以及一種根據申請專利範圍第 27 項之前言所述適合執行該方法的投影曝光裝置。

【先前技術】

【0002】 微影投影曝光方法現今主要用於製造半導體元件等精細結構化元件，例如微影圖罩(倍縮光罩)。在這種情況下，往往需要使用載有待成像結構之特定佈局圖樣的圖罩(光罩、倍縮光罩)，例如半導體元件層之線條佈局圖樣。該佈局圖樣亦可借助於一些其他佈局圖樣單元提供，例如借助於可依該驅動而定產生不同佈局圖樣的可驅動佈局圖樣單元。

【0003】 佈局圖樣單元定位於在照明系統與投影透鏡之間的光束路徑上的投影曝光裝置中，使得該佈局圖樣位於該投影透鏡之物平面區域內。即將曝光的基板，例如塗佈輻射敏感層(光阻劑、光阻)的半導體晶圓，以該基板之輻射敏感表面設置於該投影透鏡之像平面區域內的方式托住，前述像平面相對於該物平面光學共軛。在曝光製程期間，該佈局圖樣借助於從主要輻射源之輻射塑形照明輻射的照明系統照射，其中照明輻射導引至該佈局圖樣上並入射在具有定義外形和尺寸的照明場內的佈局圖樣。在

曝光製程期間，該佈局圖樣所改變的輻射作為投影輻射穿過該投影透鏡，如此將該佈局圖樣成像至塗佈輻射敏感層的待曝光基板上。

【0004】 照明輻射可由每個採用案例的特定照射參數表示特徵。通常，這在此指稱為照明設定，其特定於採用案例並可由照明設定數據表示特徵的。

【0005】 用於投影曝光裝置的一些照明系統可在例如附帶不同的同調程度σ及離軸照明的慣用軸上照明之間進行切換。該離軸照明設定包括例如環形照射或極性照明，舉例來說，偶極照明、四極照明或一些其他多極照明。為採用案例選定最佳照明設定一般由該投影曝光裝置之終端使用者以依待成像的佈局圖樣及其他邊界條件而定的方式進行。該照明設定數據可含有此類照明設定之特定參數。

【0006】 該照明設定一般由該使用者依待成像的佈局圖樣之結構及若適當則其他影響因素而定為特定製程定義，並設定於該照明系統上。該佈局圖樣之成像相關特性可由佈局圖樣數據表示特徵。

【0007】 該佈局圖樣數據包括例如關於該佈局圖樣含有哪種類型結構及若適當則在該佈局圖樣中局部分布多麼不同的佈局圖樣結構(即不同部分的佈局圖樣)的資訊。佈局圖樣可含有例如附帶緊密排列線條的一個或複數區域，其唯有在該投影透鏡具有對應高解析度功能時可令人滿意地成像至該基板上。具有相互平行線條群組之最小線間距及/或最小週期性長度(間距)的那些區域在本申請案中標定為核心區域。該核心區域之線條構成「核心區域結構 (core region structure)」。為能令人滿意地成像此類精細結構，往往憑藉所選定的照明設定係偶極照明的事實而採用雙光束干涉條件，其中在該偶極照明之磁極之間的連接線定向垂直於待成像該等精細結構的該等線條之縱向方向。所以，定向精細結構在選定合適照明設定上亦為重要部分。

【0008】 佈局圖樣通常亦含有附帶對該投影透鏡之成像品質要求較不嚴格的較粗略結構的區域。舉例來說，可提供彼此距離較遠的線條，其構成至該成品基板中的該等更精細結構的該等饋送線。對該成像品質要求較不嚴格的此類結構，特別是該投影透鏡之解析度功能，在本申請案中亦標定為「周邊結構 (peripheral structures) 」。

【0009】 對投影透鏡之製造商而言尤其會出現問題：在生產結構化元件的投影透鏡之整個使用期間，不知道終端使用者將使用哪些類型之佈局圖樣。如此通常會為該投影透鏡之成像品質導致非常難以達成的規格，以若有必要則即使非常精細的結構或任何類型之結構皆可令人滿意地成像。隨著該成像品質的要求增加，例如加倍佈局圖樣或四倍佈局圖樣，為提供合適的普遍通用投影透鏡的複雜度及成本對應地增加至極大程度。達到該投影透鏡之性能限制。

【發明內容】

【0010】 本發明之目的為提供一種確保在不同操作條件下在該基板上所生產的結構之高品質的投影曝光方法。本發明之進一步目的為提供一種適合執行該投影曝光方法的投影曝光裝置。

【0011】 此目的藉由包含申請專利範圍第 1項 之特徵的一種投影曝光方法及藉由包含申請專利範圍第 27 項之特徵的一種投影曝光裝置而達成。具優勢的發展在從屬諸申請專利範圍內明確說明。所有諸申請專利範圍之用字遣詞皆作為參考併入所描述內容。

【0012】 在該投影曝光方法中，實行特定於該目前採用案例的系統設定，這對該照明情況之佈局圖樣及特殊特徵之特定特性調適其投影透鏡或成像表現。為達成此目的，首先，決定特定於使用者(「使用者案例」)所設想採用案例的採用案例數據。這些採用案例數據包含佈局圖樣數據及/或照

明設定數據。較佳決定佈局圖樣數據及照明設定數據兩者。所以，此方法步驟可獲取關於目前使用者所設想採用案例的相關資訊，此資訊在該投影透鏡之原始製造過程中，在任何比例的特定組合中皆無法得知。

【0013】 該採用案例相關數據獲取所決定的採用案例數據係用於決定成像規格數據。在這種情況下，用語「成像規格數據 (imaging specification data)」表示適合參數化特定於該採用案例的投影透鏡之成像表現的數據，亦即借助於合適參數說明前述表現。該成像規格數據可包含例如針對 Zernike 係數的規格限值，其說明與該成像相關的特定像差。舉例來說，若該散光不欲超過特定限制，則這可由針對該對應 Zernike 係數 Z5/Z6 的規格表示。

【0014】 由於該成像規格數據係使用該採用案例數據決定，因此該成像規格數據可特定針對所考量的採用案例最佳化。所決定的成像規格數據隨後可借助於該投影透鏡之控制單元用於控制該投影透鏡之可控制光學元件，使得該投影透鏡之成像表現對該採用案例調適。因此發生該投影透鏡之成像表現調適該特定採用案例。該佈局圖樣隨後可借助於對該採用案例調適的投影透鏡成像至成像品質良好的基板上。

【0015】 此過程尤其依據以下考量。眾所公認隨著對投影透鏡的要求增加，基於成像的評估變得越來越重要。該基於成像的評估涉及評估核心區域結構及/或周邊區域結構是否可以充分品質成像，亦即是否存在生產微晶片之個別層的穩定製程視窗。這裡的品質標準包括，舉例來說，該線條之線寬及/或位置及/或該對比度之變化。

【0016】 假設先前最佳化該投影透鏡之實際程序有關所有重要的像差，則作為結果相信該成像性能亦將令人滿意，而在某些情況下將既不適當亦不充分。這尤其係由於依該採用案例而定，該投影透鏡之個別像差可對整體成像性能做出不同貢獻的事實。假設最佳化所有像差至為所有採用

案例皆產生令人滿意的成像表現程度之慣用方法，在未來所有情況下將一方面由於越來越難以達成的規格（尤其積極的照明設定）且另一方面由於所需工作效率高而不再足夠。舉例來說，令人擔心的是針對在加倍曝光方法之背景中的所謂「重疊(overlay)」未來可能預期的極度難以達成的規格，未對特定採用案例調適的投影透鏡將有可能不再能實現該等難以達成的規格。關於該「重疊(overlay)」之定義，應參考美國 US 8,203,696 B2 第 21 段第 36 行至第 22 段第 25 行。

【0017】 根據所主張發明的程序接受對特定採用案例最佳化該投影透鏡之成像表現亦可能導致不必為大量的其他採用案例產生充分良好成像性能的系統狀態。然而，所主張發明所達成的是該投影透鏡之成像性能可能亦對目前存在的採用案例或預期的採用案例調適。為能在操作期間對使用者特定需求最佳化該投影透鏡之狀態，因此提供能使關於該照明設定及/或待成像佈局圖樣的所需資訊可由該投影透鏡之控制單元存取的措施。

【0018】 較佳為提供該佈局圖樣數據及/或該照明設定數據中至少一個部分，係由在該投影透鏡上用作數據獲取的一個或複數量測決定。所以，該方法不必依賴使用者提供最佳化該投影透鏡所需的數據。這可用於自動化該調適。

【0019】 在一些具體實施例中，決定該成像規格數據所需的所有採用案例數據皆由該投影透鏡上的一個或複數量測決定。在這種情況下，無需使用者合作為該特定採用案例最佳化該投影透鏡，因此該投影透鏡之成像表現亦可能以使用者察覺不到的方式自動調適，但對使用者有益或使之具有優勢。

【0020】 若該佈局圖樣數據包含至少核心區域結構數據，則被視為具有優勢。核心區域結構數據含有關於該核心區域結構的定量資訊，其中核心區域為該佈局圖樣中具有相互平行線條群組之最小線間距及/或最小週期

性長度(間距)的區域。該核心區域之該等線條構成「核心區域結構(core region structure)」。

【0021】 在這種情況下，假設該等核心區域結構為最難以成像的佈局圖樣結構。對成像這些結構而言，在成像該等核心區域結構所需的那些區域內的投影輻射之波前應尤其平滑(即梯度特別小)或經良好校正。

【0022】 較佳為，該佈局圖樣數據應包含至少核心區域結構定向數據，其表示該佈局圖樣之核心區域結構之線條定向。給定該核心區域結構定向數據之知識，該投影透鏡之成像性能可最佳化使得在垂直於該等線條的方向上的解析度功能，為在此方向上尤其平滑的波前而設定得充分良好。相較之下，針對在垂直於該等線條之定向的方向上的解析度功能或波前品質的規格可放寬，這整體有助於該投影透鏡對該採用案例之設定。

【0023】 核心區域結構定向數據可例如推導自照明設定數據，其含有關於該使用者在該照明系統上所設定的偶極照明之磁極定向的資訊，因為為了得到雙光束干涉，往往設定這些使得該等磁極之間的連接線垂直於該核心區域結構之線條定向。

【0024】 較佳為，該佈局圖樣數據除了該核心區域結構定向數據之外，應包含更多數據。特別是，表示該佈局圖樣內的核心區域結構之線條位置的核心區域結構位置數據可能有用。關於該投影輻射之波前品質之所需場相關性的資訊可依據該核心區域結構位置數據推導。舉例來說，若核心區域結構位於佈局圖樣之右側邊緣，而在左側邊緣僅存在較粗略的周邊結構，則僅針對在右側邊緣成像該核心區域結構係至關重要的那些場點可能即足以充分校正該波前，而可放寬針對其他場點的成像規格。

【0025】 藉由決定表示在佈局圖樣之周邊構造的線條定向的周邊區域結構定向數據，及/或表示該佈局圖樣內的周邊結構之線條位置的周邊區域結構位置數據，可能實行該投影透鏡之成像表現之進一步佈局圖樣特定

最佳化。

【0026】 使用該採用案例數據決定成像規格數據之較佳變化例尤其係依據以下考量。

【0027】 一般來說，成像規格之形式特定為個別 Zernikes 之最大貢獻及/或(加權)線性或平方 Zernike 總和之最大貢獻。加權平方 Zernike 總和之實例為 RMS 或 RMS 分組(第一、第二、第三或第四階)。加權線性 Zernike 總和之一個實例為依據特定照明設定針對核心區域結構的重疊貢獻。

【0028】 一般來說，對每個場點 FP_1、……FP_M 而言，皆有複數成像規格，例如 $S_1(FP_1)$、……$S_N(FP_M)$。

【0029】 若無關於該具體場點選定統一規格，則 $S_1(FP_1)$ =...= $S_1(FP_M)$、…$S_N(FP_1)$ =...= $S_N(FP_M)$成立。此方法（即針對所有場點統一規格）係先前技術中的慣例做法。

【0030】 在與之不同的情況下，較佳為成像規格數據係以至少兩個場點之成像規格數據在至少一個成像規格方面不同的方式有關該採用案例數據決定。該等成像規格由於依該具體場點而定特定針對該採用案例，因此係「個別地(individually)」決定。該成像規格數據因此可針對不同定位的場點而不同。

【0031】 一個實例或許可例示此方法之效益。對非旋轉對稱 Zernikes 而言，例如 Z_{17} 及 Z_{18}，Z_{17} 訊問與 Z_{18} 不同的波前範圍。對應地，在 x 偶極之情況下，Z_{17} 將具有比 Z_{18} 範圍更狹窄的規格，而在旋轉 x 偶極之情況下，Z_{18}(或一般來說 Z_{17} 與 Z_{18} 之線性組合)具有範圍較狹窄的規格。

【0032】 將該成像規格數據歸因於該選定結構數據具有解答以下問題的結果：對給定採用案例而言，仍可確保可靠成像的最大可能規格為何？

【0033】 該成像規格數據可包含選自以下群組的一個或多個結構數據：

核心區域結構定向數據、核心區域結構位置數據、周邊結構定向數據、周邊結構位置數據，其係以下列方式

有成像規格數據(特別是波前規格數據)在至少一個態樣上不同的兩個場點及/或

有對第n階波前展開函數的波前的波前規格在至少一個態樣上不同於旋轉90°/n角度的波前的一個場點，其中此差異係歸因於該選定結構數據。

【0034】 第 n 階波前展開函數可為例如第 n 階 Zernike。

【0035】 依據 Zernike 係數 Z_m 之實例，此可例如如下理解。假設有不同的場點 FP_i 和 FP_j 及成像規格 S_k，使得條件：$S_k(FP_i) \neq S_k(FP_j)$成立。該第一場點 FP_i 可為例如核心區域內的場點，而該第二場點 FP_j 係欲位於該周邊結構之區域內。該成像規格 S_k 應為奇數階 Zernike，亦即例如第一階或第三階或第五階或第七階 Zernike，舉例來說 Z_2 或 Z_3 或 Z_7 或 Z_8(第一階)或 Z_{10} 或 Z_{11}(第三階)或 Z_{26} 或 Z_{27}(第五階)或 Z_{50} 或 Z_{51}(第七階)。若具有最小線間距的待成像的線條經旋轉，則例如 Z_2 及 Z_3、或 Z_2 及 Z_8、或 Z_{10} 及 Z_{11} 或 Z_{26} 或 Z_{27} 或 Z_{50} 或 Z_{51} 之合適的線性組合亦可為特定。該等奇數階 Zernikes 在此被視為特別有關，尤其因為其主導對加倍佈局圖樣或四倍佈局圖樣而言很重要的重疊。

【0036】 該成像規格可選定，例如使得在針對該核心區域內的第一場點的成像規格與針對該周邊區域內的第二場點的成像規格之間的規格比大幅偏離該數值 1，例如至少 10%或至少 30%或至少 50%。特別是，例如該條件：

$$\text{最大}(Sk(FPi)/Sk(FPj), Sk(FPj)/Sk(FPi)) \geq \alpha$$

成立，其中$\alpha \geq 1.5$。特別是，$\alpha \geq 2$或甚至$\alpha \geq 5$亦可成立。

【0037】 將該投影透鏡之成像表現特別精確調適該採用案例憑藉針對採用案例的採用案例數據及/或成像規格數據中至少一個子集係藉由外部

數據獲取決定並傳遞至該投影透鏡之控制單元的事實，在較佳具體實施例中為可能。對外部數據獲取而言有各種可能性，其可個別或以複數措施之組合使用。一種可能性係針對該使用者欲經由使用者界面訊問的所需數據。為此目的，可在該投影透鏡或該投影曝光裝置之操作單元上提供附帶畫面及鍵盤等的對應使用者界面。或者，亦可能從可存取該投影透鏡之控制單元的記憶體取回該有關數據中至少一個部分。

【0038】 所儲存的數據可含有例如關於該照明系統、關於該投影透鏡及/或關於該倍縮光罩的資訊。舉例來說，經由數據線，與該投影曝光裝置之照明系統上的設定相關的資訊可在決定該成像規格數據時取回及使用。與該倍縮光罩相關的資訊可藉由掃描器(及條碼)以例如倍縮光罩識別碼(ID)之形式讀取。與該倍縮光罩 ID 相關聯的詳細資訊隨後可從可存取該投影透鏡之控制單元的數據庫取回。或者，可在該倍縮光罩上提供例如含有所有有關資訊且可讀取的無線射頻識別(RFID)晶片。

【0039】 除了作為替代實施例或者除了獲取外部數據之外，固有數據獲取可由在該投影透鏡上或中的量測實現。在這種情況下，例如決定採用案例數據可包含以自動方式決定投影輻射數據，其表示在該投影透鏡之像平面方向上穿過該物平面的投影輻射中至少一個特性。這運用使用該投影輻射數據獲取該佈局圖樣數據及/或該照明設定數據中至少一個部分之可能性。若適當則該投影透鏡調適該採用案例所需的所有數據，皆可依據在該投影透鏡上可量測的效應由此類自動化數據獲取實行，使得該使用者無需提供附加資訊。

【0040】 在一些具體實施例中，該決定投影輻射數據包含在一個或複數場點量測該投影輻射之波前。波前量測尤其具有對該投影透鏡之成像品質終究至關重要的波前特性由此可直接決定的優勢。用於波前量測的合適系統已在許多投影曝光裝置中因其他目的而存在，因此其可用於在本發明

具體實施例之背景中的固有數據獲取。

【0041】 美國專利說明書US 7,333,216 A1及US 6,650,399 A1顯示波前量測系統之實例，其原則上可在執行該方法時使用。有關該波前量測系統之結構及功能的前述文件之所揭示內容併入本發明所說明內容之背景。

【0042】 作為替代例或除了波前量測之外，該決定投影輻射數據亦可包含強度分布數據之決定，其表示位於該投影光束路徑中的物平面與像平面之間中至少一個參考表面的投影輻射之輻射強度之二維分布。

【0043】 設置於該投影透鏡之光束路徑中的光學元件中至少一個光學表面可能用作參考表面。該參考表面因此可為例如設置於該投影透鏡之光束路徑中的光學元件、例如透鏡元件(折射光學元件)或反射鏡(反射光學元件)之光學表面。若該光學元件為反射鏡且該光學表面為反射鏡表面，則從該強度分布數據可能以特別簡單的方式引出關於由此所造成的波前改變的結論，因為所引致的反射鏡加熱決定性引致該反射鏡表面中的可逆變化及隨之而來的波前改變。對該參考表面而言亦可能由光闌之表面或在待曝光的圖罩(倍縮光罩)或基板上的表面(例如晶圓)構成。若適當則該參考表面亦可位於或在浸潤液體中。

【0044】 在該浸潤液體之區域內的直接量測可具有優勢，尤其因為直接在場平面中的情況可由該量測決定，並因此可能有關於該核心之分布及/或該倍縮光罩之周邊結構的非常良好的結論。藉由間或更換該浸潤液體，若適當則可能免除完整求解該熱傳導方程式及推導該強度分布。

【0045】 可能在該投影輻射內量測該輻射強度分布。在一些具體實施例中，間接決定該強度分布數據係憑藉為決定強度分布數據而在該參考表面的二維溫度分布以空間解析方式量測的事實達成。

【0046】 在這種情況下，假設入射參考表面的投影輻射造成與該強度成比例並可由合適的溫度敏感量測系統偵測的加熱。該二維溫度分布可例

如藉由一個或複數個熱成像攝影機(紅外線攝影機)或藉由一個或複數個其他溫度感測器獲取。若適當則可能用預測性模型執行該等量測值之外推及/或內插及/或該等量測值之匹配，以得到更精確的量測值。或者，從在參考表面的二維溫度分布決定強度分布數據時，亦可能藉由求解熱傳導方程式考慮熱傳導效應，以改進決定該投影輻射中的強度分布時的精確度。

【0047】 在一個具體實施例中，第一強度分布數據係在位於或接近該投影透鏡之光瞳平面的第一參考表面決定，且照明設定數據係使用該第一強度分布數據決定。此方法變化例運用靠近或在該投影透鏡之光瞳平面中的強度分布大體上由相對光學共軛、在該照明系統之光瞳平面中的強度分布決定的事實，使得藉由用充分精確度決定在該投影透鏡之光瞳平面中的強度分布，可能引出關於該照明設定的結論(例如偶極照明、四極照明、慣用照明等)。該所照射的佈局圖樣對進入該投影透鏡的光瞳區域內的強度分布之影響在此可忽略不計至第一近似值。然而，若適當則亦可在該決定中考慮此影響。佈局圖樣數據若適當則亦可推導。

【0048】 較佳為，第二強度分布數據係在位於或接近該投影透鏡之場平面的第二參考表面決定，且佈局圖樣數據係使用該第二強度分布數據決定。此措施尤其依據該佈局圖樣及分布於其中的結構之圖像係在該投影透鏡之場平面中構成，以及此類圖像接近場平面仍可能至少大致以失焦形式存在的考量。所以，可能例如依據該第二強度分布數據得到關於核心區域結構及周邊結構之橫向分布的資訊。

【0049】 舉例來說，該子孔徑比 SAR 可用於定量在該光束路徑中的光學元件或光學表面之位置。

【0050】 根據一個例示性定義，在該投影光束路徑中的光學元件之光學表面之子孔徑比 SAR 係根據 SAR := DSA/DCA 定義為在該子孔徑直徑 DSA 與該光學自由直徑 DCA 之間的商數。該子孔徑直徑 DSA 係由用從給

定場點所發出光束光線照射的光學元件之部分面積之最大直徑給定。該光學自由直徑 DCA 為圍繞該光學元件之參考軸的最小圓之直徑，其中該圓包括由來自該物場的所有光線照射的光學元件之面積之該區域。

【0051】 在場平面(例如物平面或像平面)中，SAR = 0 據此成立。在光瞳平面中，SAR = 1 成立。「近場(near-field)」表面因此具有接近 0 的子孔徑比，而「近光瞳(near-pupil)」表面具有接近 1 的子孔徑比。

【0052】 較佳為，在參考表面設置近光瞳之情況下，該子孔徑比介於 0.5 與 1 之間，特別是在介於 0.7 與 1 之間之範圍內。在參考表面設置近場之情況下，該子孔徑比較佳為介於 0 與 0.5 之間，特別是在介於 0 與 0.3 之間之範圍內。

【0053】 若第一強度分布數據係在第一參考表面決定，且第二強度分布數據亦在第二參考表面決定，且該採用案例數據隨後使用這兩種類型之強度分布數據決定，則一般可得到與該成像有關採用案例數據相關的特別精確資訊。

【0054】 在較佳變化例中，快速且足夠精確評估強度分布數據係憑藉採用案例分類數據儲存於可存取該投影曝光裝置之控制單元的記憶體中的事實而產生，前述數據針對在該照明區域內的照明設定與圖罩結構之多種多樣組合，含有針對位於該物平面與該像平面之間的至少一個參考表面的對應強度分布數據，其中投影輻射數據係使用該採用案例分類數據決定。

【0055】 佈局圖樣識別方法及/或特徵擷取方法可例如在決定來自該投影輻射數據的佈局圖樣數據及/或照明設定數據時使用。這些方法亦可在將所量測到的強度分布數據與該採用案例分類數據相較時具優勢地採用，以快速且可靠決定關於該特定採用案例的基本資訊。

【0056】 從在光學表面的二維溫度分布決定強度分布數據時，若適當則可能藉由求解時間不變的熱傳導方程式考慮熱傳導效應。

【0057】 由於該投影透鏡調適特定採用案例之要求，因此可能發生雖然該投影透鏡係為此採用案例最佳設定但其在不同佈局圖樣及/或不同照明設定之情況將不再具有充分成像表現的情況。尤其基於此原因，在一些具體實施例中，提供的是將第一投影曝光之第一採用案例數據與直接或間接接續的第二投影曝光之第二採用案例數據相較，且該比較導致產生採用案例比較數據。依據該採用案例比較數據，可能監測該投影透鏡是否針對該各自採用案例正確設定。

【0058】 特別是，可能產生以依該採用案例比較數據而定的方式指示該採用案例之變化的採用案例變化信號。舉例來說，若針對相同的圖罩結構採用不同的照明設定、若不同的佈局圖樣用相同的照明設定照射，及/或若該照明設定和該佈局圖樣兩者皆從一個投影曝光改變至下一個，則前述變化可能存在。若採用案例變化為所指示的核心區域結構，則可以適時方式在該投影透鏡上進行重新調整以確保該投影透鏡亦最佳調適該新的採用案例。

【0059】 本發明亦關於配置成執行該投影曝光方法的投影曝光裝置。該投影曝光裝置包含一系統，其用於對特定採用案例調適該投影透鏡之成像表現，其中該系統包含決定特定於該採用案例的採用案例數據的單元、使用該採用案例數據決定成像規格數據的單元，以及一控制單元，其分配給該投影透鏡並配置使得該投影透鏡之可控制光學元件可由該控制單元以依該成像規格數據而定的方式控制以對該採用案例調適該投影透鏡之成像表現。

【0060】 以下依據具體示例性具體實施例進一步說明具優勢的配置。

【0061】 以上特徵及更多特徵不僅從諸申請專利範圍亦從說明和所附圖式顯而易見，其中該等個別特徵在每種情況下皆可由其自身實現，或作為多數在本發明具體實施例及其他領域中具有子組合之形式，並構成具

優勢且固有受保護的具體實施例。本發明之示例性具體實施例例示於所附圖式中，且以下更詳細進行說明。

【圖式簡單說明】

【0062】 圖1在1A中顯示根據本發明之一個具體實施例的極紫外光(EUV)微影投影曝光裝置之元件，並在1B中顯示根據另一具體實施例的投影透鏡之細節；

【0063】 圖2及圖3顯示表示在該投影曝光裝置之操作期間可能的步驟順序的流程圖；以及

【0064】 圖4A~4E至圖6A~6I顯示用於從近場光學元件及近光瞳光學元件上的溫度分布量測決定關於核心區域結構及周邊結構之位置及定向的資訊以及關於該照明設定的資訊的示例性具體實施例。

【實施方式】

【0065】 圖1在1A中顯示用於曝光輻射敏感基板W的極紫外光(EUV)微影投影曝光裝置WSC之元件，其設置於投影透鏡PO之像平面IS區域內，附帶反射型圖罩M之佈局圖樣中至少一個圖像，前述佈局圖樣設置於該投影透鏡之物平面OS區域內。圖1B顯示在特定細節配備不同的變化例中的投影透鏡之細節。

【0066】 該投影曝光裝置係用主要輻射源RS之輻射操作。照明系統ILL用於接收該主要輻射源之輻射，並用於塑形導引至該佈局圖樣上的照明輻射。該投影透鏡PO用於將該佈局圖樣之結構成像至該光敏感基板W上。

【0067】 該主要輻射源RS尤其可為雷射電漿源或氣體放電源或同步加速器型輻射源。此類輻射源產生極紫外光範圍(EUV範圍)內的輻射RAD，特別是具有介於5 nm與15 nm之間的波長。為使該照明系統及該投影透鏡可

在此波長範圍內操作，其用可反射EUV輻射的元件構成。

【0068】 從該輻射源RS出射的輻射RAD藉由集流器C收集，並導引入該照明系統ILL。該照明系統包含一混合單元MIX、一望遠鏡光學單元TO及一場成形反射鏡FFM。該照明系統塑形該輻射，並因此照射位於該投影透鏡PO之物平面OS中或與之接近的照明場。在這種情況下，該照明場之外形及尺寸決定在該物平面OS中的有效使用物場OF之外形及尺寸。該照明場一般為在寬度與高度之間具有高深寬比的狹縫形狀。

【0069】 在該裝置之操作期間，反射型圖罩M設置於該物平面OS中。該投影透鏡PO在此具有六個反射鏡M1至M6，並在縮尺上將該圖罩之佈局圖樣成像至該像平面中，待曝光的基板(例如半導體晶圓)係設置於前述像平面中。

【0070】 該混合單元MIX大體上由兩個鏡面反射鏡FAC1、FAC2組成。該第一鏡面反射鏡FAC1設置於相對於該前述物平面OS光學共軛的照明系統之平面中。其因此亦標定為場鏡面反射鏡。該第二鏡面反射鏡FAC2設置於相對於該投影透鏡之光瞳平面光學共軛的照明系統之光瞳平面中。其因此亦標定為光瞳鏡面反射鏡。

【0071】 借助於向下布置於該光束路徑中的光瞳鏡面反射鏡FAC2及成像光學組合件，並包含用掠入射操作的望遠鏡光學單元TO及場成形反射鏡FFM，該第一鏡面反射鏡FAC1之個別鏡像鏡面(個別反射鏡)成像至該物場中。

【0072】 在該場鏡面反射鏡FAC1的空間(局部)照明強度分布決定該物場中的局部照明強度分布。在該光瞳鏡面反射鏡FAC2的空間(局部)照明強度分布決定該物場OF中的照明角度強度分布。

【0073】 用於托住及操縱該圖罩M(倍縮光罩)的單元RST係設置使得設置於該圖罩上的佈局圖樣PAT位於該投影透鏡PO之物平面OS中，前述物

平面在此亦標定為該倍縮光罩平面。該圖罩借助於掃描驅動器SCM在針對在垂直於該投影透鏡之參考軸AX(z方向)的掃描方向(y方向)上的掃描器操作的此平面中可移動。

【0074】 待曝光的基板W由包含一掃描器驅動器SCW的單元WST托住，以在掃描方向(y方向)上垂直於該參考軸AX與該圖罩M同步移動該基板。依該投影透鏡PO之設計而定，圖罩及基板之這些移動可彼此平行或反向平行實現。

【0075】 亦標定為「晶圓台(wafer stage)」的單元WST及亦標定為「倍縮光罩台(reticle stage)」的單元RST為藉由掃描控制單元進行控制的掃描器單元之一部分，其在該具體實施例之情況下整合至該投影曝光裝置之中央控制單元CU中。

【0076】 該投影曝光裝置WSC之所有光學元件皆容納於可抽真空的殼體H內。該投影曝光裝置在真空下操作。

【0077】 具有類似基本結構的EUV投影曝光裝置例如從WO 2009/100856 A1或WO 2010/049020 A1已習知，其所揭示內容作為參考併入本說明書之內容。

【0078】 該圖罩M具有圖罩基板MS，其具有結構化、肉眼可見大體上平面的前側。含有例如鉬及矽或釕及矽之交替層的多層設置位於該前側上；前述多層設置可反射EUV輻射。該圖罩之佈局圖樣PAT由一個或複數個結構化吸收體層構成，其可由例如基於鉭的吸收體材料組成。在該所例示的併入操作狀態中，該前側以該照明系統所提供的照明輻射ILR傾斜入射該佈局圖樣的方式面向該照明系統ILL及該投影透鏡PO，亦即在相對於該前側之表面法線不同於零的角度，係由該佈局圖樣改變並隨後作為投影輻射PR傾斜輻射至該投影透鏡PO中。

【0079】 該投影曝光裝置配備用於對特定採用案例或使用者案例調

適該投影透鏡PO之成像表現的系統，此系統使該投影透鏡能在該設計所預定義的一定限度內對特定採用案例自動調適其成像特性，使得針對該特定採用案例最佳化的成像特性得以達成。為此目的，供應用於決定特定於該採用案例的採用案例數據的單元，其用於針對特定採用案例的內部及外部數據獲取。借助於該採用案例數據，有利於該採用案例的明確說明該投影透鏡之成像表現的成像規格數據隨後由對應的單元決定。該投影透鏡配備可控制光學元件，其可借助於分配給該投影透鏡的控制單元CU依據該成像規格數據驅動，以改變該投影透鏡之成像特性並使其對該採用案例調適(參見圖1B)。

【0080】 關於特定採用案例的資訊原則上可由固有數據獲取及/或外部數據獲取決定。該固有數據獲取大體上使用可借助於合適的量測系統直接或間接在該投影曝光裝置之元件上決定的數據。舉例來說，藉由外部數據獲取，數據可由使用者經由使用者界面訊問。亦可能從含有關於為該採用案例所提供的照明系統、投影透鏡及/或倍縮光罩的資訊的對應記憶體取回有關數據之一部分。

【0081】 一些這些系統在圖1中依據投影曝光裝置之實例進行說明。在此很重要的是強調為對該採用案例執行調適，可能僅一個或兩個至三個所提及的系統應存在於投影曝光裝置上。雖然該等不同的系統係依據單一示例性具體實施例進行說明，但熟習此項技術者顯而易見個別單元或單元之群組可視需要選用提供作為對其他單元或除此之外的替代例。

【0082】 用於固有數據獲取的系統通常具有用於固有數據獲取的單元IDA，對其可連接一個或複數個量測及獲取單元。波前量測系統WMS專為進行在該投影透鏡中從該圖罩傳遞至待曝光基板的投影輻射之波前的量測所設計。較佳為提供針對複數個場點的空間解析量測。舉例來說，可能提供在US 7,333,216 A1或US 6,650,399 A1中所說明類型之波前量測系統，其

所揭示內容在此方面作為參考併入本說明書之內容。

【0083】 或者，可能提供專為例如在光學上量測該圖罩之佈局圖樣結構及獲取例如關於該等核心區域結構的資訊所設計的倍縮光罩量測系統RMS，特別是其在該佈局圖樣內的局部位置及與該核心區域結構之線條定向相關的資訊。

【0084】 溫度量測系統MTS專為以空間解析方式獲取在該第二反射鏡M2上的照明區域內的局部反射鏡溫度並從中決定在用作參考表面的此反射鏡表面的二維溫度分布所設計。該溫度量測系統可含有例如多種多樣溫度感測器，其以二維分布設置於接近該多層反射層的反射鏡基板中。

【0085】 或者，為在反射鏡表面的熱分布之空間解析記錄可供應至少一個熱成像攝影機。在所例示實例之情況下，在該第六反射鏡M6之凹面鏡表面的熱分布係藉由該熱成像攝影機MWBK6以空間解析方式獲取，且在該第四反射鏡M4之凹面鏡表面的熱分布係藉由該熱成像攝影機MWBK4以空間解析方式獲取。

【0086】 若用於量測的反射鏡為安裝於該投影透鏡之光瞳平面中或與之接近的反射鏡(即「近光瞳(near-pupil)」)，則關於所選定照明設定的有關資訊可從中推導出。在反射鏡設置近場之情況下，若適當則可能推導出關於在該佈局圖樣內的核心區域結構之位置的資訊。

【0087】 在圖1A(及圖1B)實例之情況下，該第一反射鏡M1及該第四反射鏡M4在每種情況下皆以光學接近設置於場平面，亦即「近場(near-field)」，其中該子孔徑比SAR在M1之情況下約為0.3而在M4之情況下約為0.15。相較之下，該第二反射鏡M2及該第六反射鏡M6在每種情況下皆以光學接近設置於光瞳平面，亦即「近光瞳(near-pupil)」，其中該子孔徑比SAR在M2之情況下約為0.8而在M6之情況下約為0.9。

【0088】 在圖1B實例中，兩個近光瞳反射鏡(M2及M6)有關該熱分布

進行監測。量測誤差可藉由該等各自量測結果之比較及運算計費而減少。一般來說，若在量測上對每種類型(近場及近光瞳)分別僅獲取一個光學表面則已足夠。

【0089】 為得到關於該照明設定分別設定的資訊，用於固有數據獲取數據的系統亦獲取該第一鏡面反射鏡FAC1(場鏡面反射鏡)及該第二鏡面反射鏡FAC2(光瞳鏡面反射鏡)之反射鏡位置，以決定特別是在該物場(在倍縮光罩)中的局部照明強度分布。

【0090】 用於外部數據獲取的系統具有用於外部數據獲取的單元EDA，對其進而可連接一個或複數個元件。電腦終端CT用於由使用者輸入數據。倍縮光罩數據獲取裝置RBCS可含有例如倍縮光罩條碼掃描器及/或RFID接收器，以得到關於該倍縮光罩的有關資訊，特別是關於借助於該倍縮光罩之所獲取的識別數據從倍縮光罩數據庫施加於該倍縮光罩的佈局圖樣。所連接的數據庫D允許存取所儲存的採用案例數據。

【0091】 用於固有數據獲取的單元IDA及用於外部數據獲取的單元EDA連接至該投影曝光裝置之控制單元CU，且該中央數據記憶體DS與之連接並可與其交換數據。

【0092】 該投影透鏡包含一操縱系統，其具有使其可能依據該控制單元CU之控制信號以所定義方式改變該投影透鏡之成像特性的多種多樣操縱器。在這種情況下，用語「操縱器(manipulator)」尤其表示專為在個別光學元件或光學元件之群組上依據對應控制信號積極動作以改變其光學效應所設計的光電機械單元。一般來說，操縱器係設定使得在量測上所獲取的成像像差可以目標方式減少。操縱器往往亦提供以例如移置、傾斜及/或變形該圖罩或該基板。操縱器可例如專為使光學元件沿著參考軸或與之垂直偏心或專為傾斜光學元件所設計。在這種情況下，該操縱器引起光學元件之剛體移動。亦可能借助於熱操縱器局部或整體加熱或冷卻光學元件，及/或

引入光學元件之變形。為此目的，操縱器含有一個或複數致動元件或致動器，其目前的致動值可依據該控制系統之控制信號變化或調整。

【0093】 圖1B藉由實例顯示操縱器MAN1至MAN6之系統，其分配給該投影透鏡PO之反射鏡M1至M6，並在每種情況下皆連接至該控制單元CU。每個操縱器MAN1至MAN6皆允許該相關聯反射鏡之剛體移動，亦即特別是傾斜、平行於該參考軸AX的移置及/或垂直於該參考軸AX的移置。與該第二反射鏡M2相關聯的第二操縱器MAN2(光學接近光瞳，SAR約為0.8)為變形操縱器，其具有允許該第二反射鏡之反射鏡表面一維或二維變形的多種多樣獨立可驅動的致動器。這可能涉及例如熱操縱器(藉由非均勻加熱的反射鏡變形)或機械操縱器(藉由機械致動的反射鏡變形)。

【0094】 在圖1B的示例性實施例中，提供用於內部數據獲取的系統，其允許關於欲從在該第一反射鏡M1及在該第二反射鏡M2的投影輻射之二維強度分布決定的目前採用案例的資訊。該第一反射鏡M1之反射鏡表面相對光學設置靠近該物平面OS，且在此標定為「近場反射鏡(near-field mirror)」。相較之下，該第二反射鏡M2之反射鏡表面設置於最接近的光瞳表面中或與之非常靠近，這係相對於該物平面OS的傅立葉轉換(Fourier-transformed)表面。該第二反射鏡M2因此亦標定為「光瞳反射鏡(pupil mirror)」。

【0095】 在該第二反射鏡M2設置近光瞳之情況下，該子孔徑比SAR係在介於0.7與1之間之範圍內，亦即約為0.8。在該第一反射鏡M1設置近場之情況下，該子孔徑比係在介於0與0.4之間之範圍內，亦即約為0.3。

【0096】 第一熱成像攝影機MWBK1相對於該第一反射鏡M1設置，使得其二維像場獲取該第一反射鏡之整個所照射區域，使得由此可能記錄該第一反射鏡上的二維溫度分布。第二熱成像攝影機MWBK2相對於該第二反射鏡M2之反射鏡表面對應設置，以獲取該光瞳反射鏡之整個所照射區域。

【0097】 以下說明如何依據在藉由這些單元所獲取的近場反射鏡及近光瞳反射鏡上的二維強度分布，可能得到關於在該圖罩M之佈局圖樣PAT中的核心區域結構及周邊結構之橫向分布的資訊。

【0098】 該投影曝光裝置之可能的操作，一般會搭配圖2及圖3的流程圖進行說明。在這種情況下，圖2顯示從併入新的倍縮光罩前或後的開始ST直到結束透鏡準備開始(PREP)的部分視需要選用的步驟。圖3顯示用於在操作期間最佳化該投影透鏡的部分視需要選用的更多步驟。

【0099】 在視需要選用的步驟S1中，採用案例數據係由操作者經由該電腦終端CT輸入。採用案例數據亦可從附帶存取所儲存採用案例數據的數據庫D讀出。若採用案例數據係經由電腦終端CT輸入，則其可儲存於該中央數據記憶體DS中。

【0100】 在視需要選用的步驟 S2 中，關於欲併入的倍縮光罩或所併入的倍縮光罩的倍縮光罩之識別係例如借助於條碼掃描器或 RFID 接收器從該倍縮光罩讀入，且對應的倍縮光罩資訊係從該數據庫 D 讀出。舉例來說，關於核心區域結構之位置及定向的資訊可儲存在此。若資訊係藉由此路線獲取，則其儲存於該中央數據記憶體 DS 中。

【0101】 若倍縮光罩量測系統 RMS 存在並使用，則在視需要選用的步驟 S3 中，例如關於核心區域結構及周邊結構之位置及定向的資訊可藉由該佈局圖樣之量測借助於該倍縮光罩量測系統決定。

【0102】 在視需要選用的步驟 S4 及 S5 中，關於目前該照明系統上所設定照明設定的資訊可由在該第一鏡面反射鏡 FAC1 及分別在該第二鏡面反射鏡 FAC2 的對應感測器獲取。對應的照明設定數據可儲存於該數據記憶體 DS 中。

【0103】 該外部數據獲取之所有步驟 S1 至 S5 皆可視需要選用。可能為此目的所提供的一個或複數個裝置在投影曝光裝置上及使用。其他具

體實施例具有用於外部數據獲取的其他系統或無系統。

【0104】 此向上數據獲取結束於時間點 DAK1 COMP。依據直到現在所呈現的資訊，在步驟 S6 中的控制單元 CU 計算採用案例數據 UCD 並將其儲存於該中央數據記憶體 DS 中。依據前述數據，在步驟 S7 中的控制單元 CU 計算供應的成像規格數據 ASD 並將其儲存於該中央數據記憶體 DS 中。該投影曝光裝置因此準備好進行在時間點 PREP 的透鏡開始。

【0105】 若該倍縮光罩併入該預定義位置且該照明系統開始操作，則該圖罩之佈局圖樣經照射且該佈局圖樣所修改的輻射作為投影輻射穿過該投影透鏡至該基板 W。在此階段中，關於該目前採用案例的資訊可借助於該內部數據獲取之單元獲取(參見圖 3)。在步驟 S8 中，在該第二反射鏡 M2 的溫度之局部分布係借助於該溫度量測系統 MTS 決定。或者，在步驟 S9 中，借助於該熱成像攝影機 MWBK，在該第六反射鏡 M6 之凹面鏡表面上的局部熱分布可決定，並可產生對應的數據。或者，在步驟 S10 中，該波前量測系統 WMS 可用於例如在針對複數個場點的投影透鏡之出射光瞳中，量測穿過該投影透鏡的投影輻射之波前。每個步驟 S8 至 S10 皆可視需要選用，且縮寫「A/O」代表「及/或(AND/OR)」。關於以此方式所決定採用案例的資訊係由該控制單元 CU 處理，其用於在步驟 S11 中計算該採用案例數據 USD(UPD)之更新。在步驟 S12 中，前述數據係儲存於該中央數據記憶體 DS 中，以用於進一步控制。

【0106】 在步驟 S13 中，該控制單元 CU 為其特殊本質之特徵在於該等先前步驟中的外部及內部數據獲取的採用案例，計算控制數據及規格(成像規格數據)。在對應數據已儲存於該中央數據記憶體 DS 中後(步驟 S14)，該控制單元依據這些採用案例數據決定與之調適的透鏡模式 LM(步驟 S15)。前述透鏡模式之控制參數在步驟 S16 中儲存於該中央數據記憶體 DS 中。在步驟 S17 中，該透鏡模式隨後由該控制單元 CU 啟用(CU ACT)，使

得在步驟 S18 中，該投影曝光裝置可依據使用採用案例數據對該照明之特定倍縮光罩及特定特性調適的透鏡模式，在步驟 S19 中的觸發器(TRIGG)之後進行操作。

【0107】 該投影曝光裝置之操作用以此方式所決定的成像規格數據繼續。在這種情況下，用語「透鏡模式(lens model)」大體上表示投影曝光裝置控制演算法。該透鏡模式計算該等操縱器必須如何依據量測(或投影)進行重新調整，並將對應的控制命令傳達至該操縱器控制單元。該成像規格數據決定該「透鏡模式(lens model)」必須如何控制該投影曝光裝置以達成該必要的成像規格。

【0108】 參照圖 4A~4E 至圖 6A~6I，藉由實例現在將說明在一個具體實施例中，從在近場光學元件及近光瞳光學元件上的溫度分布量測和關於該等照明設定的資訊，得到能使該投影透鏡對該目前採用案例準確調適的核心區域結構之位置及定向和周邊結構之位置及定向的結論的可能方式。

【0109】 欲為此獲取的該採用案例數據大體上由佈局圖樣數據及照明設定數據組成。佈局圖樣數據說明待成像的倍縮光罩或有關在什麼場點需要哪種成像品質之問題的其佈局圖樣。所呈現必須成像密集線條的成像品質必須高於所呈現必須成像具有較大間距的較不密集線條的成像品質。據此，對該佈局圖樣數據而言，含有關於需求高成像品質的那些區域(核心區域結構數據)及關於成像品質不那麼高即充足的那些區域(周邊結構數據)的資訊被視為有利。該核心區域結構數據包括核心區域結構定向數據，其表示該佈局圖樣之核心區域結構之線條定向，以及核心區域結構位置數據，其表示在佈局圖樣內的核心區域結構之線條位置。對應地，周邊結構數據包含所謂的周邊結構定向數據，其表示不屬於該佈局圖樣內的核心區域結構的佈局圖樣之線條定向，以及周邊結構位置數據，其表示在該佈局

圖樣內的此類線條之位置。

【0110】 若關於待成像的倍縮光罩的詳細直接資訊不存在或無法決定，則一般來說借助於照明設定數據可能推斷出該佈局圖樣之基礎特性。照明設定數據特別是包含關於該設定照明設定的資訊，亦即關於在該照明系統之光瞳平面中的照明強度分布，其亦標定為該照明光瞳。其包括例如 x 偶極、y 偶極、四極或自由光瞳，亦即例如不具有低對稱性並可為不對稱的照明強度分布。

【0111】 圖 4A~4E 至圖 6A~6I 顯示適合說明該基本原則的一些實例。

【0112】 在圖 4A~4E 之情況下，在該照明系統上設定 x 偶極，其特徵在於介於相對於該照明光瞳之中心直徑相對的磁極 P1、P2 之間的連接線在 x 方向上前進。若所需為成像其線條平行於 y 方向(亦即垂直於該等磁極之連接線(圖 4B))前進的核心區域結構 CO，則使用者通常會設定此類照明強度分布。為了比較，圖 4C 顯示周邊結構 PE，其線條平行於 x 方向前進。該對應的照明強度分布顯示於圖 4D(核心區域結構)及圖 4E 下方。在該投影透鏡之光瞳 PUP 中的強度分布係由在該照明系統之光瞳(圖 4A)中的強度分布決定，並含有關於在該佈局圖樣之結構的繞射的資訊。對該核心區域結構 CO 而言，出現在 x 方向(實線)上直徑相對的磁極。在該所照射區域中，建立該反射鏡表面之局部加熱，其可借助於該所分配的熱成像攝影機進行偵測。該等虛線表示導致該所加熱區域之橫向模糊的時間相關性熱分布之效應。定向垂直於該核心區域結構之線條的周邊結構之線條在 y 方向上產生繞射，且該對應的繞射在 y 方向上導致該等磁極分離，其結果為在該投影透鏡之光瞳中出現較佳加熱之四個區域。在這種情況下，該等細線區域表示該等周邊結構的繞射等級之位置，而無細線的該等磁極表示較細線寬的其變化。顯而易見的是，關於在該投影透鏡之光瞳(例如在該第二反射鏡 M2)中的照明強度分布的資訊，已能得到關於核心區域結構數據及周邊結構

數據的結論。

【0113】 圖 5A~5I 顯示不同的核心區域及週邊結構，以及搭配在 x 偶極照明設定(圖 5A)之情況下與位於近場的光學元件相關之熱分布的其組合。該核心區域結構 CO 在每種情況下皆垂直於在該等磁極 P1、P2 之間的連接線前進；該等周邊結構與之垂直。在熱分布(5D、5E、5H、5I)之繪圖中，具有光邊界的區域 T2 係在比鄰接灰色區域 T1 更高的溫度。顯而易見的是，在核心區域結構 CO 及周邊結構 PE 在 x 方向上彼此鄰接的那些佈局圖樣(圖 5F、圖 5G)之情況下，較密集核心區域結構所位於的該側依據在近場光學元件(圖 5H、圖 5I)的熱分布顯而易見。所以，核心區域結構位置數據及周邊結構位置數據除了該對應的定向數據之外，可借助於近場所獲取的溫度分布得到。

【0114】 圖 6A~6I 顯示在該等核心區域結構之線條在 x 方向上前進且該等周邊結構之線條在 y 方向上前進的情況下對應於圖 5A~5I 的例示圖。此類結構係用 y 偶極照明(圖 6A)有利照射，以針對該等較密集的核心區域結構使用該雙光束干涉。在此，從圖 6F 至圖 6I 亦顯而易見，藉由獲取在近場光學元件的熱分布，不僅可得到關於核心區域結構及周邊結構之定向的資訊，亦可得到關於其在該圖罩之佈局圖樣中的相對位置的資訊。

【0115】 借助於該等熱成像攝影機 MWBK1、MWBK2 所獲取的強度分布，使用圖像處理裝置轉換為對應的核心區域結構數據及周邊結構數據。為此目的，可能在該等評估演算法中使用佈局圖樣識別及/或特徵擷取之方法。該等所獲取的強度分布亦可與以採用案例分類數據之形式儲存於該評估單元之記憶體中的標準強度分布相較。

【0116】 從因此所決定的採用案例數據，隨後在下一步驟中決定成像規格數據。這考慮到事實：可施加於核心區域結構不必成像的那些場點的規格，可比可施加於核心區域結構必須成像的那些場點的規格更不嚴格(例

如較大可容許 Zernikes 之形式)。

【0117】 即使在核心區域結構所成像的那些場點，並非所有 Zernikes 皆必須為小。舉例來說，若定向於該核心區域結構之待成像的最密集線條之方向上的那些 Zernikes(或 Zernikes 之組合，例如 $\cos 30° \times Z_7 + \sin 30° \times Z_8$)為小，則可能足夠。前述 Zernikes 之其他 Zernikes 及其他定向(例如 $\cos 60° \times Z_7 + \sin 60° \times Z_8$)的確可為大。

【0118】 較佳具體實施例已依據 EUV 投影曝光裝置及方法進行說明。然而，用法可能性不限於此。本發明亦可用於使用來自深紫外光範圍(Deep ultraviolet range，DUV)或真空紫外光範圍(Vacuum ultraviolet range，VUV)的輻射的投影曝光裝置及方法之情況下，例如在小於 260 nm 之波長，特別是在約 193 nm。該照明系統及該投影透鏡隨後可含有折射光學元件，特別是透鏡元件，若適當則搭配一個或複數個反射鏡。文件 WO 2004/019128 A2 及 WO 2005/111689 A2 藉由實例揭示包含反射折射投影透鏡的投影曝光裝置，其具有三個成像透鏡部分及對應的兩個中間圖像，其中在該第二透鏡部分中，凹面鏡設置於光瞳平面之區域中。

【符號說明】

SAR	子孔徑比
DSA	子孔徑直徑
DCA	光學自由直徑
W	基板
WSC	微影投影曝光裝置
H	殼體
PO	投影透鏡
M	反射型圖罩

OS	物平面
IS	像平面
RS	主要輻射源
ILL	照明系統
RAD	輻射
C	集流器
MIX	混合單元
TO	望遠鏡光學單元
FFM	場成形反射鏡
OF	有效使用物場
M1~M6	反射鏡
FAC1、FAC2	鏡面反射鏡
RST	托住及操縱圖罩的單元
PAT	佈局圖樣
SCM	掃描驅動器
SCW	掃描器驅動器
AX	參考軸
WST	晶圓台單元
MS	圖罩基板
ILR	照明輻射
PR	投影輻射
CU	控制單元
IDA	數據獲取的單元
WMS	波前量測系統
RMS	倍縮光罩量測系統

MTS	溫度量測系統
MWBK1~MWBK6	熱成像攝影機
EDA	外部數據獲取的單元
CT	電腦終端
RBCS	倍縮光罩數據獲取裝置
D	數據庫
IDA	數據獲取的單元
DS	數據記憶體
MAN1~MAN6	操縱器
RFID	無線射頻識別晶片
ST	開始
PREP	透鏡準備開始
UCD	案例數據
ASD	成像規格數據
LM	透鏡模式
TRIGG	觸發器
S1~S19	步驟
P1、P2	磁極
CO	核心區域結構
PE	周邊結構
PUP	光瞳
T1	鄰接灰色區域
T2	具有光邊界的區域

【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)

201921161

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：　　※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

投影曝光方法及用於微影之投影曝光裝置

PROJECTION EXPOSURE METHOD AND PROJECTION EXPOSURE APPARATUS FOR MICROLITHOGRAPHY

【中文】

本發明提供一種用佈局圖樣中至少一個圖像曝光輻射敏感基板(W)的投影曝光方法，包含下列步驟：

以該佈局圖樣設置於該投影透鏡之物平面(OS)區域內並可藉由該投影透鏡成像至該投影透鏡之像平面(IS)中的方式，在照明系統(ILL)與投影曝光裝置(WSC)之投影透鏡(PO)之間提供該佈局圖樣，前述像平面相對於該物平面光學共軛，其中該佈局圖樣之成像相關特性可由佈局圖樣數據表示特徵；

用根據特定於採用案例並可由照明設定數據表示特徵的照明設定的該照明系統(ILL)所提供的照明輻射照射該佈局圖樣之照明區域；

其特徵在於：

決定特定於該採用案例並包含佈局圖樣數據及/或照明設定數據的採用案例數據；

使用該採用案例數據決定成像規格數據；

為對該採用案例調適該投影透鏡之成像表現之目的，以依該成像規格數據而定的方式藉由該投影透鏡之控制單元(CU)控制該投影透鏡(PO)之可控制光學元件；

借助於對該採用案例調適的投影透鏡將該佈局圖樣成像至該基板上。

【英文】

Projection exposure method for exposing a radiation-sensitive substrate (W) with at least one image of a pattern comprises the following steps:

providing the pattern between an illumination system (ILL) and a projection lens (PO) of a projection exposure apparatus (WSC) in such a way that the pattern is arranged in the region of an object plane (OS) of the projection lens and can be imaged by means of the projection lens into an image plane (IS) of the projection lens, said image plane being optically conjugate with respect to the object plane, wherein imaging-relevant properties of the pattern can be characterized by pattern data;

illuminating an illumination region of the pattern with an illumination radiation provided by the illumination system (ILL) in accordance with an illumination setting which is specific to a use case and which can be characterized by illumination setting data;

characterized by:

determining use case data which are specific to the use case and which comprise pattern data and/or illumination setting data;

determining imaging specification data using the use case data;

controlling controllable optical components of the projection lens (PO) by means of a control unit (CU) of the projection lens in a manner dependent on the imaging specification data for the purpose of adapting the imaging behaviour of the projection lens to the use case;

imaging the pattern onto the substrate with the aid of the projection lens adapted to the use case.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1A。

【本代表圖之符號簡單說明】：

W	基板
WSC	微影投影曝光裝置
H	殼體
PO	投影透鏡
M	反射型圖罩
OS	物平面
IS	像平面
RS	主要輻射源
ILL	照明系統
RAD	輻射
C	集流器
MIX	混合單元
TO	望遠鏡光學單元
FFM	場成形反射鏡
OF	有效使用物場
M1~M6	反射鏡
FAC1、FAC2	鏡面反射鏡
RST	托住及操縱圖罩的單元
PAT	佈局圖樣
SCM	掃描驅動器
SCW	掃描器驅動器
AX	參考軸

WST	晶圓台單元
MS	圖罩基板
ILR	照明輻射
PR	投影輻射
CU	控制單元
IDA	數據獲取的單元
WMS	波前量測系統
RMS	倍縮光罩量測系統
MTS	溫度量測系統
MWBK1~MWBK6	熱成像攝影機
EDA	外部數據獲取的單元
CT	電腦終端
RBCS	倍縮光罩數據獲取裝置
D	數據庫
IDA	數據獲取的單元
DS	數據記憶體
MAN1~MAN6	操縱器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無。

申請專利範圍

1. 一種方法，包括：

將一佈局圖樣單元定位在一照明系統和一投影透鏡之間的一光束路徑中，使得由該佈局圖樣單元所提供的一佈局圖樣落於該投影透鏡的一物平面的一區域中，該佈局圖樣包括至少一核心區域和與該核心區域相鄰的至少一周邊區域；

用根據特定於一採用案例的一照明設定的照明輻射照射該佈局圖樣，該照明設定的特徵在於照明設定數據，且該佈局圖樣的成像相關特性由佈局圖樣數據表徵；

決定關於特定於該採用案例的採用數據的成像規格數據，使得關於至少一成像規格，適於該核心區域的成像規格數據與適於該周邊區域的成像規格數據不同，該採用案例數據包括佈局圖樣數據及/或照明設定數據；

基於該成像規格數據控制該投影鏡頭的光學部件，以使該投影透鏡的成像行為適應該採用案例；及

使用適應該採用案例的該投影透鏡以將該佈局圖樣成像於一基板上，該佈局圖樣係設置在該投影透鏡的物平面上。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，進一步包括通過至少一次測量來決定至少一部分的該佈局圖樣的數據及/或照明設定，以獲取關於該投影透鏡的數據。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中；

該佈局圖樣數據包括至少一核心區域結構數據，其包含關於該核心區域的結構的定量資訊；

該核心區域包括一區域，其具有在該佈局圖樣中一組相互平行線的最小行間距及/或最小周期長度；及

從該核心區域結構的該核心區域的複數條線。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該佈局圖樣數據包括核心區域結構位向數據，其表示該核心區域的線條的一位向。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，更包括自照明設定數據推導該核心區域結構位向數據，照明設定數據含有關於在該照明系統上的一偶極照明設定之多個磁極之該位向的資訊。

6. 如申請專利範圍第 4 項所述之方法，其中除該核心區域定向數據外，該佈局圖樣數據還包括選自下列群組的一個或多個數據：

一核心區域結構位置數據，其表示位在該佈局圖樣內的一核心區域結構的線條的位置；

一周邊區域結構位向數據，其表示該周邊區域的線條的位向；

一周邊區域結構位置數據，其表示該周邊區域的線條的位置。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中；

一成像規格 S_k 具有一規格比，介於在該核心區域內的一第一場點的一成像規格 $S_k(FP_i)$與該周邊區域內的一第二場點的一對應成像規格 $S_k(FP_j)$之間該規格比偏離數值 1；且滿足

$\max(S_k(FP_i)/S_k(FP_j), S_k(FP_j)/S_k(FP_i)) \geq 1.5$。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中該成像規格 S_k 係藉由一奇數

階 Zernike 係數或奇數階 Zernike 係數之一線性組合所描述。

9. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中；

該成像規格數據包括選自以下群組的一或多個結構數據：核心區域結構位向數據、核心區域結構位置數據、周邊結構位向數據、周邊結構位置數據；

該至少一結構數據係使以下列所述至少一成立：

有兩個場點，在至少一個態樣上其成像規格數據不同；及

有一個場點，在至少一個態樣上，在此點上一第 n 階波前展開函數的一波前的該波前規格不同於在旋轉一 90°/n 角度後的波前的該波前規格。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包括：

藉由一外部數據獲取，決定一採用案例的採用案例數據及/或成像規格數據的至少一個子集；

將採用案例數據及/或成像規格數據的該至少一個子集與該投影透鏡的該控制單元通訊，

其中：

獲取該外部數據包括採用以下群組中至少一個量測：

經由一使用者界面，由一使用者的訊問；

從一記憶體擷取，該記憶體係可存取該投影曝光裝置之一控制單元；

從與該投影曝光裝置之照明系統有關設定相關的資訊的決定；及

從關於一待曝光圖罩的資訊的決定。

11. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包括藉由固有數據獲取，由在該投影透鏡上或中的至少一個量測，決定一採用案例的採用案例數據中至少一個子集，並與該投影透鏡之控制單元相通訊。

12. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中決定採用案例數據包括以一自動方式決定投影輻射數據，其表示在該投影透鏡之像平面方向上穿過該物平面的投影輻射中至少一個特性。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之方法，其中該決定投影輻射數據包括在一個或複數個場點，量測該投影輻射之一波前。

14. 如申請專利範圍第 12 項所述之方法，其中該決定投影輻射數據包括決定一強度分布數據，該強度分布數據表示位於該投影光束路徑中的物平面與像平面之間中至少一個參考表面的投影輻射之輻射強度之一二維分布。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中設置於該投影透鏡之光束路徑中的一光學元件中至少一個光學表面係用作參考表面。

16. 如申請專利範圍第 15 項所述之方法，其中該光學元件係一反射鏡且該光學表面係一反射鏡表面。

17. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中為決定強度分布數據，以一空間解析方式量測在該參考表面的一二維溫度分布。

18. 如申請專利範圍第 17 項所述之方法，更包括獲取該二維溫度分布係藉由一或多個熱成像攝影機或至少一溫度感測器。

19. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中決定位於一參考表面的強度分布數據，該參考表面位在或靠近該投影透鏡之一光瞳平面，且使用該強度分布數據決定照明設定數據。

20. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，更包括決定位於一參考表面的強度分布數據，該參考表面位在或接近該投影透鏡之一場平面，且使用該強度分布數據決定佈局圖樣數據。

21. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中：

一第一參考表面設置於或接近該投影透鏡之一光瞳平面；

一第二參考表面設置於或接近該投影透鏡之一場平面；及

該方法更包括：

決定在該第一參考表面的第一強度分布數據；

決定在該第二參考表面的第二強度分布數據；以及

使用該第一及該第二強度分布數據決定該佈局圖樣數據及/或照明設定數據。

22.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中：

採用案例分類數據係儲存於可存取該投影曝光裝置之一控制單元的一記憶體中；

在該照明區域中為使一照明設定與一圖罩結構的組合多樣性，該採

用案例分類數據包括至少一個參考表面的對應強度分布數據，該至少一個參考表面係位於該物平面與該像平面之間，及

使用該採用案例分類數據決定投影輻射數據。

23. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中當從該投影輻射數據決定佈局圖樣數據及/或照明設定數據時，使用一佈局圖樣識別方法及/或一特徵擷取方法。

24. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包括為產生採用案例比較數據之目的，將一第一投影曝光之第一採用案例數據與一直接接續的第二投影曝光之第二採用案例數據相較。

25. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，更包括產生以依該採用案例比較數據而定的一方式指示該採用案例之變更的一採用案例變更信號。

26. 一種使用投影曝光設備的方法，該投影曝光設備包括一照明系統、一佈局圖樣形成單元和一投影透鏡，該佈局圖樣形成單元被配置為提供包括一核心區域和與該核心區域不同的一周邊區域的佈局圖樣，該佈局圖樣被佈置在該投影鏡頭的一物平面中，該方法包括：

以照明輻射照射該佈局圖樣，該照明輻射係由該照明系統根據特定於一採用案例的照明設定所提供，該照明設定的特徵在於照明設定數據和由佈局圖樣數據所表徵的該佈局圖樣的成像相關特性；

決定特定於該採用案例的採用案例數據，該採用案例數據包括佈局圖樣數據及/或照明設定數據；

決定關於該採用案例數據的成像規格數據，使得關於至少一成像規

格，該核心區域的成像規格數據與該外圍區域的成像規格數據不同；

基於該成像規格數據控制該投影鏡頭的光學組件，以使該投影透鏡的成像行為適應於該採用案例；及

使用適應於該採用案例的該投影透鏡以將佈局圖樣成像到一基板上。

27. 一種裝置，包括：

一佈局圖樣化單元，其配置成提供一佈局圖樣包括一核心區域和與該核心區域不同的一周邊區域；

一照明系統，其配置以照明該佈局圖樣；

一投影透鏡，具有一物平面和一像平面，該佈局圖樣在使用期間設置在該物平面中，該投影透鏡配置成在該像平面的區域中產生該佈局圖樣的圖像；及

一系統，其配置使該投影鏡頭的成像行為適應於一特定的採用案例，該系統包括：

用於決定特定於該採用案例的採用案例數據的多個單元；

用於決定關於該採用案例數據的成像規格數據的多個單元，使得關於至少一成像規格，該核心區域的成像規格數據與該外圍區域的成像規格數據不同；及

分配給該投影透鏡的一控制單元，且配置根據成像規格數據控制該投影透鏡的光學元件，以使該投影透鏡的成像行為適應於該採用案例，

其中該裝置係一投影曝光裝置。

28. 如申請專利範圍第 27 項所述之裝置，其中配置成決定採用案例數據的該等單元包括一固有數據獲取系統，該固有數據獲取系統包括用以獲

取固有數據的一單元，所述固有數據連接到選自下組的至少一個測量和獲取單元：

一波前測量系統，用以該測量在該投影透鏡中從光罩到待曝光基板的投影輻射的波前；

一光罩版測量系統，其配置成測量該光罩的佈局圖樣的結構;

一單元，其配置成決定強度分佈數據，該強度分佈數據表示位於該投影透鏡的一物平面和該投影透鏡的一像平面之間的至少一參考表面處在一投影光束路徑中該投射輻射的輻射強度的二維分佈。

29. 如申請專利範圍第 28 項所述之裝置，其中配置成決定強度分佈數據的該單元包括從以下各項組成的群組中選擇其中至少一項：

一溫度測量系統，其配置成：i）在一光學元件的一光學表面處，此光學表面作為參考表面，以一空間解析的方式在一照明區域中獲取局部溫度；ii）由此決定在該光學表面的二維溫度分佈；及

一熱成像相機，其配置成空間解析一二維熱分佈的記錄，其分布在該投影透鏡的一光學元件的一光學表面上。

30. 如申請專利範圍第 29 項所述之裝置，其中具有該光學表面的該光學元件包括一反射鏡。

31. 如申請專利範圍第 28 項所述之裝置，其中用於固有數據獲取的該系統包括：

一第一單元，其用於在位於或接近該投影透鏡之一光瞳平面的一第一參考表面決定第一強度分布數據，以及

一第二單元，其用於在位於或接近該投影透鏡之一場平面的一第二

參考表面決定第二強度分布數據。

32. 如申請專利範圍第 31 項所述之裝置，其中在該第一參考表面的一子孔徑比係在 0.7 至 1 之範圍內，且在該第二參考表面的一子孔徑比係在 0 至 0.3 之範圍內。

33. 如申請專利範圍第 27 項所述之裝置，其中決定採用案例數據的該等單元包括用於外部數據獲取的一系統，其包括用於獲取外部數據的一單元，其連接至選自以下群組的一或多個單元：

一使用者界面，其附帶用於由一使用者輸入數據的一電腦終端；

一記憶體，其可存取該控制單元，且其中儲存形式為關於該照明系統、關於該投影透鏡及/或關於該倍縮光罩的資訊的該採用案例數據中至少一個部分；

一數據線，經由其可取回與該投影曝光裝置之照明系統有關設定相關的資訊；

一倍縮光罩數據獲取單元，其用於讀取關於該倍縮光罩的資訊。

34. 如申請專利範圍第 27 項所述之裝置，其中該投影透鏡之一個可控制光學元件係一反射鏡，其設置於或接近一光瞳表面，並對其分配附帶使該反射鏡之反射鏡表面得以一維或二維變形的多種多樣獨立可驅動致動器的一變形操縱器。