



(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 I616730 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：106105219

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 02 月 17 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01) G03F9/00 (2006.01)

(30)優先權：2016/02/18 歐洲專利局 16156361.4

2017/01/25 歐洲專利局 17152954.8

(71)申請人：A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B.V. (NL)

荷蘭

(72)發明人：希可利 哈奇 爾金 CEKLI, HAKKI ERGUN (NL)；石橋真史 ISHIBASHI,

MASASHI (JP)；凡 迪傑克 里昂 保羅 VAN DIJK, LEON PAUL (NL)；凡

哈倫 理查 喬哈奈 法蘭西卡斯 VAN HAREN, RICHARD JOHANNES

FRANCISCUS (NL)；柳星蘭 LIU, XING LAN (CN)；強布洛特 雷納 瑪麗亞

JUNGBLUT, REINER MARIA (DE)；艾凡德斯奇吉 賽德利克 馬可

AFFENTAUSCHEGG, CEDRIC MARC (CH)；歐頓 羅納德 亨利克斯 喬哈奈

OTTEN, RONALD HENRICUS JOHANNES (NL)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

TW 200933310A

TW 201423887A

US 2012/208301A1

審查人員：呂燦

申請專利範圍項數：31 項 圖式數：9 共 61 頁

(54)名稱

微影裝置、器件製造方法及相關資料處理裝置及電腦程式產品

LITHOGRAPHIC APPARATUS, DEVICE MANUFACTURING METHOD AND ASSOCIATED DATA PROCESSING APPARATUS AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT

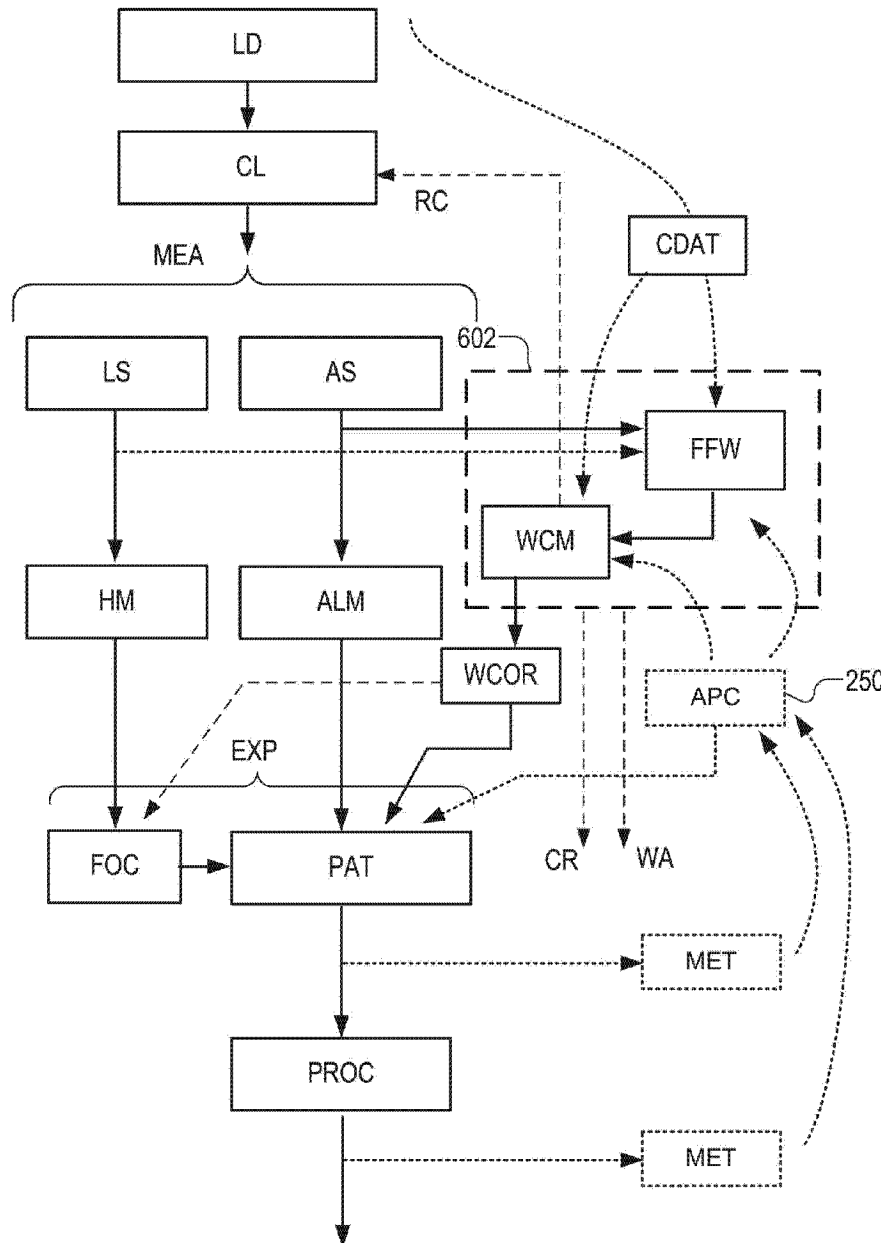
(57)摘要

一種微影程序，其包括：將一基板(W)夾持(CL)至一基板支撐件(WT)上；量測(AS)橫越該經夾持基板之標記之位置；及使用經量測之該等位置將一圖案施加至該經夾持。基於橫越該基板而量測之該等位置中的一翹曲誘發性特性(402、404、406)之辨識而將一校正(WCOR)應用於該經施加圖案在該基板之局域化區中之定位。在一項實施例中，首先藉由使用該等經量測位置及其他資訊(CDAT)推斷該翹曲基板之一或多個形狀特性(FFW)來產生該校正。接著，基於該等經推斷形狀特性，應用一夾持模型(WCM)以回應於夾持而模擬該翹曲基板之變形。第三，基於該經模擬變形計算該校正(LCOR)。可由一查找表整合及/或實施此等步驟中的一些或全部。

A lithographic process includes clamping (CL) a substrate (W) onto a substrate support (WT), measuring (AS) positions of marks across the clamped substrate, and applying a pattern to the clamped using the positions measured. A correction (WCOR) is applied to the positioning of the applied pattern in localized regions of the substrate, based on recognition of a warp-induced characteristic (402, 404, 406) in the positions measured across the substrate. In one embodiment the correction is generated by firstly inferring one or

more shape characteristics of the warped substrate (FFW) using the measured positions and other information (CDAT). Then, based on the inferred shape characteristics, a clamping model is applied (WCM) to simulate deformation of the warped substrate in response to clamping. Thirdly said correction (LCOR) is calculated based on the simulated deformation. Some or all of these steps may be integrated and/or implemented by a look-up table.

指定代表圖：



【圖6】

符號簡單說明：

- 250 . . . 進階程序控制(APC)系統
- 602 . . . 虛線框
- ALM . . . 對準模型
- AS . . . 對準感測器
- CDAT . . . 內容背景資料/資訊
- CL . . . 夾持步驟
- CR . . . 夾持配方
- EXP . . . 曝光站
- FFW . . . 步驟
- FOC . . . 焦點控制模組
- LD . . . 步驟
- LS . . . 高度感測器
- MEA . . . 量測站
- MET . . . 檢測裝置
- PAT . . . 圖案化步驟
- RC . . . 再夾持命令
- WA . . . 翹曲警告旗標
- WCM . . . 夾持模型步驟
- WCOR . . . 步驟/額外校正

【發明說明書】

【中文發明名稱】

微影裝置、器件製造方法及相關資料處理裝置及電腦程式產品

【英文發明名稱】

LITHOGRAPHIC APPARATUS, DEVICE MANUFACTURING METHOD AND ASSOCIATED DATA PROCESSING APPARATUS AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT

【技術領域】

本發明係關於一種微影裝置。本發明進一步係關於使用此微影裝置製造器件之方法，且係關於用於實施此方法之部分之資料處理裝置及電腦程式產品。

【先前技術】

微影裝置為將所要圖案施加至基板上(通常施加至基板之目標部分上)之機器。微影裝置係用於(例如)積體電路(IC)之製造中。在彼情況下，圖案化器件(其替代地被稱為光罩或倍縮光罩)可用以產生待形成於IC之個別層上之電路圖案。將此圖案轉印至基板(例如，矽晶圓)上之目標部分(例如，包含晶粒之部分、一個晶粒或若干晶粒)上。通常經由成像至提供於基板上之輻射敏感材料(抗蝕劑)層上而進行圖案之轉印。一般而言，單一基板將含有經順次地圖案化之鄰近目標部分之網路。已知微影裝置包括：所謂的步進器，其中藉由一次性將整個圖案曝光至目標部分上來輻照每一目標部分；及所謂的掃描器，其中藉由在給定方向(「掃描」方向)上經由輻射光束而掃描圖案同時平行或反平行於此方向而同步地掃描基板來輻照每一目標部分。

微影程序之關鍵效能參數為疊對誤差。此誤差(常常被簡單地稱作「疊對」)為相對於形成於先前層中之特徵將產品特徵置放在正確位置中之誤差。隨著器件結構變得愈來愈小，疊對規格變得愈來愈嚴厲。

當前，借助於諸如(例如) US2012008127A1中所描述之進階程序控制(APC)及(例如) US2013230797A1中所描述之晶圓對準模型的方法來控制及校正疊對誤差。近年來已引入進階程序控制技術，且進階程序控制技術使用沿著經施加器件圖案而施加至基板之度量衡目標之量測。檢測裝置可與微影裝置分離。在微影裝置內，通常基於提供於基板上之對準標記之量測而施加晶圓對準模型，該等量測係作為每一圖案化操作之基本步驟而進行。對準模型現如今包括高階模型，以校正晶圓之非線性失真。對準模型亦可擴展以考量其他量測及/或諸如在圖案化操作期間之熱變形之所計算效應。

雖然對準模型及進階程序控制已帶來疊對之大縮減，但並非所有誤差被校正。此等誤差中之一些可為(例如)不可校正雜訊，但理論上可使用可用技術來校正其他誤差，但實務上在經濟上並不可校正該等誤差。舉例而言，吾人可設想又高階模型，但此等高階模型又將需要位置量測之較高空間密度。對準標記及度量衡目標佔據基板上之空間且被置放於特定部位處，主要被置放於產品區域之間的切割道中。未經取樣區域(例如，印刷IC之區域)中之晶圓柵格之變形可不同於經取樣區域中之晶圓柵格之變形。增加對準標記及疊對目標之空間密度及/或量測頻率將不利地影響微影程序(每小時晶圓)之產出率及可用於每一基板上之功能器件區域兩者。

在一些處理步驟中，將應力引入基板(例如，晶圓)中，使得基板構形改變且引起翹曲(非扁平)形狀。翹曲晶圓可採用(例如)碗槽形狀、圓頂形

狀或鞍座形狀。當將非扁平晶圓裝載至微影裝置中之基板支撐件上時，夾持力致使其在施加器件圖案之前為(相對)扁平的。歸因於晶圓中之底層應力，引入平面內失真。大多數此失真係由上文所提及之對準模型校正直至二階。然而，此校正假定經夾持晶圓完全扁平。實務上，晶圓夾持中之瑕疵可引起晶圓「殘餘不扁平度」(自標稱平面形狀之局域偏差)。不完美的夾持之常見原因為基板支撐件上之提供至基板之接觸表面的支撐結構之有限延伸。通常晶圓之邊緣區並未由支撐結構支撐，從而導致晶圓在該邊緣區處之次佳夾持(或無夾持)。基板之邊緣區接著可示範相比於基板之扁平化中心區(被夾持至基板支撐件)之相當大的非扁平度。因此，基板之邊緣區採用相比於基板之受支撐區之顯著不同構形(例如，形狀)。

當不扁平度在參考層與當前層之間不同時，預期在受影響部位處之未由現有對準模型校正之疊對誤差。

已發佈國際專利申請案WO2015104074A1進一步解釋晶圓不扁平度如何在基板之平面中引入失真(位置偏差)，從而可能導致疊對誤差。當微影裝置為藉由成像而施加圖案之裝置時，局域高度變化亦導致聚焦誤差。Brunner等人在「Characterization of wafer geometry and overlay error on silicon wafers with non-uniform stress」(由SPIE發佈的J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS 12(4)，043002 (2013年10月至12月))中描述由於夾持非扁平基板而引入的平面內失真之研究。兩個公開案之內容係以引用方式併入本文中。

【發明內容】

本發明之一目標為減輕基板之區之殘餘非扁平度(例如，殘餘翹曲)對微影程序之疊對及/或焦點效能之效應。

度量衡工具可用以量測基板之形狀(例如翹曲)，其原則上可用作用於此等殘餘翹曲誘發性誤差之校正系統的基礎。然而，此等額外量測無法總是適用於大容量製造設施中之所有基板。微影裝置內之量測系統(例如，對準感測器及位階量測感測器)可用，但如何使用對準及位階量測資料以校正殘餘翹曲誘發性誤差並非明顯的。本發明之目的為使用由度量衡工具及/或微影裝置內之量測系統提供之量測資料來改良微影程序之效能。量測資料經處理以使得能夠判定殘餘非扁平度且隨後可判定微影裝置之校正，以便減輕與此殘餘非扁平度相關聯之效應。

根據本發明之一態樣，提供一種用於將一圖案施加至一基板上之微影裝置，該裝置包括：一基板支撐件，其用於夾持該基板；一對準感測器，其用於量測橫越該經夾持基板而分佈之特徵之位置；及一圖案化系統，其經組態以將該圖案施加至該經夾持基板，同時至少部分地基於由該對準感測器量測之位置定位該經施加圖案，其中該圖案化系統經組態以基於由該對準感測器橫越該基板而量測的位置中之一翹曲誘發性對準之辨識而將一校正應用於該經施加圖案在該基板之一或多個區中之該定位。

本發明利用微影裝置內之平面內位置偏差之量測可用性，以推斷在夾持之前基板之翹曲形狀的存在或不存在。將在夾持之前的基板形狀之知識與夾持程序對翹曲基板之效應之知識組合以預測殘餘不扁平度。此預測又允許校正在定位圖案時之誤差來源。可在平行於基板之平面之方向上進行校正(以縮減疊對誤差)及/或在垂直於基板之方向上進行校正(以縮減焦點誤差)。

應注意，在經量測位置中並未直接觀測到局域偏差。實情為，整體上遍及基板之翹曲誘發性特性或「指紋」之觀測允許預測及校正特定區中

所存在之局域不扁平度。在已知實例中，局域不扁平度尤其影響基板之邊緣區。原則上，可取決於翹曲基板形狀及所施加之夾持力而在某其他區中出現局域不扁平度。

取決於實施，可使先前段落中所提及之推斷及知識連同在位置量測中待辨識之一或若干特性明確，或可使該等推斷及知識僅為隱含的。舉例而言，可計算翹曲基板形狀之明確數學模型及夾持之效應。替代地，機器學習可用以建構查找表(資料庫)，該查找表基於位置量測而輸出殘餘不扁平度之預測。查找表可直接輸出待應用於圖案之平面內定位之校正及/或影像之聚焦中之校正。可明確地表達特定翹曲誘發性特性之辨識，或該特定翹曲誘發性特性之辨識在殘餘不扁平度之合適預測或校正之產生時可為隱含的。應相應地解釋對「辨識(recognition/recognizing)」之參考。

原則上，用於翹曲誘發性特性之辨識之位置量測可為更一般而言由圖案化系統使用以定位經施加圖案之位置量測的超集或子集。原則上，將有可能使用對準感測器以得到出於此等不同目的之位置量測的完全單獨集合。此實施將在本發明之範疇內，而實務上本發明之特定益處為有可能使用同一資料且避免額外的量測額外負擔。

本發明進一步提供一種器件製造方法，其包含將圖案施加於一基板上之一或多個層中且處理該基板以產生功能器件特徵，其中將一圖案施加於該等層中之至少一者中之該步驟包含：**(a)**將該基板夾持至一基板支撐件上；**(b)**量測橫越該經夾持基板而分佈之特徵之位置；及**(c)**將該圖案施加至該經夾持基板，同時至少部分地基於在步驟**(b)**中所量測之位置中的一些或全部來定位該經施加圖案，其中該圖案化步驟**(c)**包括基於在步驟**(b)**中橫越該基板而量測之該等位置中的一些或全部中之一翹曲誘發性特

性之辨識而將一校正應用於該經施加圖案在該基板之一或多個區中之該定位。

在一些實施例中，本發明之該裝置及該方法可藉由修改現有裝置之控制軟體予以實施。

本發明進一步提供一種包含機器可讀指令之電腦程式產品，該等機器可讀指令用於致使一或多個處理器實施根據如上文所闡述之本發明之一微影裝置之控制。

本發明進一步提供一種包含一或多個處理器之資料處理系統，該一或多個處理器經程式化以實施根據如上文所闡述之本發明之一微影裝置之控制。

本發明進一步提供一種包含機器可讀指令之電腦程式產品，該等機器可讀指令用於致使一或多個處理器執行根據如上文所闡述之本發明之一方法的該等步驟(a)至(c)。

本發明進一步提供一種包含一或多個處理器之資料處理系統，該一或多個處理器經程式化以執行根據如上文所闡述之本發明之一方法的該等步驟(a)至(c)。

進一步提議使用表示通常在基板之邊緣區處的基板之殘餘不扁平度之基板高度圖資料。必需具有基板支撐件之知識以便利用正確數學以基於高度圖資料預測平面內失真及/或平面外失真。舉例而言，用以導出與經夾持(非扁平)基板相關聯之平面內失真之正確方法針對基板上之最佳夾持區與基板之並未(或較弱地)夾持至基板支撐件之邊緣區係不同的。基板支撐件特性之知識將接著使能夠識別基板上之次佳夾持區，且進一步使能夠使用正確數學方法以預測針對此次佳夾持區之平面內失真及平面外失真。

根據本發明之一態樣，提供一種用於將一圖案施加至一基板上之微影裝置，該裝置包括：一基板支撐件，其用於夾持該基板；一高度感測器，其用於量測該經夾持基板之一高度圖；及一圖案化系統，其經組態以將該圖案施加至該經夾持基板，同時定位該經施加圖案，其中該圖案化系統經組態以基於該高度圖及該基板支撐件之一特性而將一校正應用於該經施加圖案之該定位。

本發明進一步提供一種器件製造方法，其用於將圖案施加於被夾持至一基板支撐件之一基板上的一或多個層中，該器件製造方法包含：(a) 判定該基板之一區之一高度圖，其中該區係基於該基板支撐件之一特性予以判定；及(b)基於該高度圖及該基板支撐件之該特性而判定對該器件製造方法之一校正。

本發明進一步提供一種包含機器可讀指令之電腦程式產品，該等機器可讀指令用於致使一或多個處理器實施根據如上文所闡述之本發明之一微影裝置或器件製造方法的控制。

本發明進一步提供一種包含一或多個處理器之資料處理系統，該一或多個處理器經程式化以實施根據如上文所闡述之本發明之一微影裝置或器件製造方法的控制。

【圖式簡單說明】

現在將參考隨附示意性圖式而僅作為實例來描述本發明之實施例，在該等圖式中：

圖1描繪根據本發明之一實施例的經組態以進行操作之微影裝置；

圖2示意性地展示圖1之微影裝置連同形成用於半導體器件之生產設施之其他裝置的使用；

圖3說明理想扁平基板及具有三個常見翹曲形狀之翹曲基板；

圖4說明圖1之微影裝置中之基板台的夾持動作，其中在基板之邊緣區中具有由具有碗槽形狀之翹曲基板之夾持誘發的局域不扁平度之插入細節；

圖5說明與圖3所說明之三個翹曲形狀相關聯的對準感測器資料中之可辨識之三個特性；及

圖6為在器件之製造中之微影裝置之操作的流程圖，其說明本發明之各種實施例。

圖7說明夾持至具備基板支撐結構之基板支撐件的基板。

圖8 (包括圖8(a)及圖8(b))說明根據本發明之一實施例的自位階感測器量測結果導出基板高度圖之方法。

圖9描繪根據本發明之一實施例的器件製造程序之操作流程。

【實施方式】

在詳細地描述本發明之實施例之前，有指導性的是呈現可供實施本發明之實施例的實施環境。圖1示意性地描繪微影裝置LA。該裝置包含：照明系統(照明器) IL，其經組態以調節輻射光束B (例如，UV輻射或EUV輻射)；倍縮光罩支撐件(例如，光罩台) MT，其經建構以支撐圖案化器件(例如，光罩或倍縮光罩) MA且連接至經組態以根據某些參數來準確地定位該圖案化器件之第一定位器PM；基板支撐件(例如，晶圓台) WTa或WTb，其經建構以固持基板(例如，抗蝕劑塗佈晶圓) W且連接至經組態以根據某些參數來準確地定位該基板之第二定位器PW；及投影系統(例如，折射投影透鏡系統) PS，其經組態以將由圖案化器件MA賦予至輻射光束B之圖案投影至基板W之目標部分C (例如，包含一或多個晶粒)上。

照明系統可包括用於導向、塑形或控制輻射的各種類型之光學組件，諸如折射、反射、磁性、電磁、靜電或其他類型之光學組件或其任何組合。

倍縮光罩支撐件支撐(亦即，承載)圖案化器件。倍縮光罩支撐件以取決於圖案化器件之定向、微影裝置之設計及其他條件(諸如圖案化器件是否被固持於真空環境中)的方式來固持圖案化器件。倍縮光罩支撐件可確保圖案化器件(例如)相對於投影系統處於所要位置。可認為本文中對術語「倍縮光罩」或「光罩」之任何使用皆與更一般之術語「圖案化器件」同義。

本文中所使用之術語「圖案化器件」應被廣泛地解譯為係指可用以在輻射光束之橫截面中向輻射光束賦予圖案以便在基板之目標部分中產生圖案的任何器件。應注意，舉例而言，若被賦予至輻射光束之圖案包括相移特徵或所謂的輔助特徵，則該圖案可不確切地對應於基板之目標部分中之所要圖案。通常，被賦予至輻射光束之圖案將對應於目標部分中所產生之器件(或多個器件)(諸如積體電路)中之特定功能層。圖案化器件可為透射的或反射的。圖案化器件之實例包括光罩、可程式化鏡面陣列及可程式化LCD面板。

本文中所使用之術語「投影系統」應被廣泛地解釋為涵蓋適於所使用之曝光輻射或適於諸如浸潤液體之使用或真空之使用之其他因素的任何類型之投影系統，包括折射、反射、反射折射、磁性、電磁及靜電光學系統，或其任何組合。可認為本文中對術語「投影透鏡」之任何使用皆與更一般之術語「投影系統」同義。

如此處所描繪，裝置屬於透射類型(例如，使用透射光罩)。替代地，

裝置可屬於反射類型(例如，使用上文所提及之類型之可程式化鏡面陣列，或使用反射光罩)。

微影裝置可屬於具有兩個(雙載物台)或多於兩個基板台(及/或兩個或多於兩個光罩台)之類型。在此等「多載物台」機器中，可並行地使用額外台，或可對一或多個台進行預備步驟，同時將一或多個其他台用於曝光。

微影裝置亦可屬於如下類型：其中基板之至少一部分可由具有相對高折射率之液體(例如，水)覆蓋，以便填充投影系統與基板之間的空間。亦可將浸潤液體施加至微影裝置中之其他空間，例如，光罩與投影系統之間的空間。浸潤技術在此項技術中被熟知用於增加投影系統之數值孔徑。如本文中所使用之術語「浸潤」不意謂諸如基板之結構必須浸沒於液體中，而是僅意謂液體在曝光期間位於投影系統與基板之間。

照明器IL自輻射源SO接收輻射光束。舉例而言，當源為準分子雷射時，源及微影裝置可為單獨實體。在此等狀況下，不認為源形成微影裝置之部分，且輻射光束係憑藉包含(例如)合適導向鏡面及/或光束擴展器之光束遞送系統BD而自源SO傳遞至照明器IL。在其他狀況下，舉例而言，當源為水銀燈時，源可為微影裝置之整體部分。源SO及照明器IL連同光束遞送系統BD在需要時可被稱作輻射系統。

照明器IL可包含用於調整輻射光束之角強度分佈之調整器AD。通常，可調整照明器之光瞳平面中之強度分佈的至少外部徑向範圍及/或內部徑向範圍(通常分別被稱作 σ 外部及 σ 內部)。另外，照明器IL可包含各種其他組件，諸如積光器IN及聚光器CO。照明器可用以調節輻射光束，以在其橫截面中具有所要均一性及強度分佈。

輻射光束B入射於被固持於支撐結構(例如，光罩台MT)上之圖案化器件(例如，光罩MA)上，且係由該圖案化器件圖案化。在已橫穿光罩MA的情況下，輻射光束B傳遞通過投影系統PS，該投影系統PS將該光束聚焦至基板W之目標部分C上。憑藉第二定位器PW及位置感測器IF (例如干涉量測器件、線性編碼器或電容性感測器)，準確地移動基板台WTa/WTb，(例如)以便使不同目標部分C定位於輻射光束B之路徑中。相似地，第一定位器PM及另一位置感測器(其未在圖1中被明確地描繪)係用以(例如)在自光罩庫之機械擷取之後或在掃描期間相對於輻射光束B之路徑來準確地定位光罩MA。一般而言，可憑藉形成第一定位器PM之部分之長衝程模組(粗略定位)及短衝程模組(精細定位)來實現光罩台MT之移動。相似地，可使用形成第二定位器PW之部分之長衝程模組及短衝程模組來實現基板台WTa/WTb之移動。在步進器(相對於掃描器)之狀況下，光罩台MT可僅連接至短衝程致動器，或可固定。可使用光罩對準標記M1、M2及基板對準標記P1、P2來對準光罩MA及基板W。儘管如所說明之基板對準標記佔據專用目標部分，但該等標記可位於目標部分(場)之間的空間中，及/或目標部分內之器件區域(晶粒)之間。此等標記被稱為切割道對準標記，此係因為個別產品晶粒最終將藉由沿著此等線切割而彼此切割。相似地，在多於一個晶粒被提供於光罩MA上之情形中，光罩對準標記可位於該等晶粒之間。

所描繪裝置可用於以下模式中之至少一者中：

1. 在步進模式中，在將被賦予至輻射光束之整個圖案一次性投影至目標部分C上時，使光罩台MT及基板台WTa/WTb保持基本上靜止(亦即，單次靜態曝光)。接著，使基板台WTa/WTb在X及/或Y方向上移位，使得

可曝光不同目標部分C。在步進模式中，曝光場之最大大小限制單次靜態曝光中成像之目標部分C之大小。

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

3. 在另一模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分C上時，使光罩台MT保持基本上靜止，從而固持可程式化圖案化器件，且移動或掃描基板台WTa/WTb。在此模式中，通常使用脈衝式輻射源，且在基板台WTa/WTb之每一移動之後或在一掃描期間之順次輻射脈衝之間根據需要而更新可程式化圖案化器件。此操作模式可易於應用於利用可程式化圖案化器件(諸如上文所提及之類型的可程式化鏡面陣列)之無光罩微影。

亦可使用上文所描述之使用模式之組合及/或變化或完全不同之使用模式。

此實例中之微影裝置LA屬於所謂的雙載物台類型，其具有兩個基板台WTa及WTb以及兩個站-曝光站及量測站-在該等站之間可交換該等基板台。在曝光站EXP處曝光一個基板台上之一個基板的同時，可在量測站MEA處將另一基板裝載至另一基板台上，使得可進行各種預備步驟。該等預備步驟可包括使用高度感測器LS來映射基板之表面高度，及使用對準感測器AS來量測基板上之對準標記之位置。量測係耗時的且提供兩個

基板台會實現裝置之產出率之相當大增加。若在基板台在量測站處以及在曝光站處時位置感測器IF不能夠量測基板台之位置，則可提供第二位置感測器以使得能夠在兩個站處追蹤基板台之位置。

該裝置進一步包括微影裝置控制單元LACU，該微影裝置控制單元LACU控制所描述之各種致動器及感測器之所有移動及量測。LACU亦包括用以實施與裝置之操作相關的所要計算之信號處理及資料處理能力。實務上，控制單元LACU將被實現為具有許多子單元之系統，該等子單元各自處置裝置內之子系統或組件的即時資料獲取、處理及控制。舉例而言，一個處理子系統可專用於基板定位器PW之伺服控制。單獨單元可處置粗略及精細致動器，或不同軸線。另一單元可能專用於位置感測器IF之讀出。該裝置之總體控制可受到中央處理單元控制，該中央處理單元與此等子系統處理單元通信、與操作者通信，且與微影製造程序中所涉及之其他裝置通信。

圖2在200處展示在用於半導體產品之工業生產設施之內容背景中的微影裝置LA。在微影裝置(或簡言之，「微影工具」200)內，量測站MEA在202處被展示且曝光站EXP在204處被展示。控制單元LACU在206處被展示。在生產設施內，裝置200形成「微影製造單元」或「微影叢集」之部分，該「微影製造單元」或「微影叢集」亦含有塗佈裝置208以用於將感光性抗蝕劑及其他塗層施加至基板W以用於由裝置200進行圖案化。在裝置200之輸出側處，提供烘烤裝置210及顯影裝置212以用於將經曝光圖案顯影至實體抗蝕劑圖案中。

一旦已施加並顯影圖案，就將經圖案化基板220轉移至諸如在222、224、226處所說明之其他處理裝置。由典型製造設施中之各種裝置實施

廣泛範圍之處理步驟。出於實例起見，此實施例中之裝置222為蝕刻站，且裝置224執行蝕刻後退火步驟。將其他物理及/或化學處理步驟應用於其他裝置226等等中。可需要眾多類型之操作以製造實際器件，諸如材料之沈積、表面材料特性之改質(氧化、摻雜、離子植入等等)、化學機械拋光(CMP)等等。實務上，裝置226可表示在一或多個裝置中執行之一系列不同處理步驟。

眾所周知，半導體器件之製造涉及此處理之許多重複，以在基板上逐層地建置具有適當材料及圖案之器件結構。因此，到達微影叢集之基板230可為新近製備之基板，或其可為先前已在此叢集中或在另一裝置中完全地被處理之基板。相似地，取決於所需處理，離開裝置226之基板232可經返回以用於同一微影叢集中之後續圖案化操作，其可經指定以用於不同叢集中之圖案化操作，或其可為待發送以供切塊及封裝之成品。

產品結構之每一層需要不同程序步驟集合，且用於每一層處之裝置226可在類型方面完全不同。此外，不同層根據待蝕刻之材料之細節需要不同蝕刻程序，例如，化學蝕刻、電漿蝕刻，且需要特定要求，諸如各向異性蝕刻。

可在其他微影裝置中執行先前及/或後續程序(如剛才所提及)，且可在不同類型之微影裝置中執行該等先前及/或後續程序。舉例而言，器件製造程序中之在諸如解析度及疊對之參數上要求極高的一些層相比於要求較不高之其他層可在更先進微影工具中來執行。因此，一些層可曝光於浸潤類型微影工具中，而其他層曝光於「乾式」工具中。一些層可曝光於在DUV波長下工作之工具中，而其他層係使用EUV波長輻射來曝光。

可在監督控制系統238之控制下操作整個設施，該監督控制系統238

接收度量衡資料、設計資料、程序配方及其類似者。監督控制系統238將命令發佈至裝置中之每一者以對一或多個基板批量實施製造程序。

圖2亦展示度量衡裝置240，度量衡裝置240經提供以用於在製造程序中之所要階段處對產品進行參數量測。現代微影生產設施中之度量衡裝置之常見實例為散射計(例如，角度解析散射計或光譜散射計)，且其可應用於在裝置222中之蝕刻之前量測在220處之經顯影基板之屬性。在使用度量衡裝置240的情況下，其可判定出(例如)諸如疊對或臨界尺寸(CD)之重要效能參數並不滿足經顯影抗蝕劑中之指定準確度要求。在蝕刻步驟之前，存在經由微影叢集剝離經顯影抗蝕劑且重新處理基板220的機會。亦眾所周知，可在進階程序控制(APC)系統250中使用來自裝置240之度量衡結果242以藉由控制單元LACU 206隨著時間推移進行小調整而維持微影叢集中之圖案化操作之準確效能，藉此最小化製造不符合規範之產品且需要重工之風險。度量衡裝置240及/或其他度量衡裝置(圖中未繪示)可應用於量測經處理基板232、234及傳入基板230之屬性。

進階程序控制(APC)系統250可(例如)經組態以校準個別微影裝置且允許更可互換地使用不同裝置。近來已藉由實施穩定性模組，從而導致用於給定特徵大小及晶片應用之經最佳化程序窗，從而使能夠繼續產生更小更先進晶片來達成對裝置之焦點及疊對(層間對準)均一性之改良。在一項實施例中，穩定性模組以規則時間間隔(例如，每日)將系統自動重設至預定義基線。可在US2012008127A1中找到併入有穩定性模組之微影及度量衡方法之更多細節。已知實例APC系統實施三個主程序控制迴路。第一迴路使用穩定性模組及監視晶圓來提供微影裝置之局域控制。第二APC迴路係用於對產品之局域掃描器控制(判定關於產品晶圓之焦點、劑量及疊

對)。

第三控制迴路係允許度量衡整合至第二APC迴路中(例如，用於雙重圖案化)。所有此等迴路除了使用在實際圖案化操作期間進行之量測以外亦使用由檢測裝置240進行之量測。APC系統亦可利用描述每一基板及待應用於該基板之程序之內容背景資訊。

在圖3中，呈半導體晶圓W0之形式之基板具有扁平形狀，亦即，其未受翹曲影響。取決於處理之類型、層材料及經施加圖案，實際晶圓可在圖2所說明之器件製造程序期間獲取非扁平形狀。參考並未經受夾持力時的處於「無強迫」狀態中之晶圓之形狀，圖3亦說明具有典型翹曲形狀之三個晶圓。

晶圓W1具有「碗槽」形狀，從而意謂其上部表面為凹面。(取決於程序之類型，晶圓之上部表面與下部表面可在若干操作之間調換作用。此內容背景中之「上部表面」並未由重力界定，而是為在圖案化或量測操作期間並不處於抵靠微影裝置中之基板台WTa/WTb之表面。晶圓W2具有「圓頂」或「傘」形狀，其中上部表面為凸面。晶圓W3具有「鞍座」形狀。此等翹曲晶圓形狀中之每一者表明基板中之不同層之間的不同應力之徵兆。應瞭解，上部層之收縮可導致晶圓W1之碗槽形狀，上部層之擴展可導致晶圓W2之圓頂形狀。更複合應力可導致鞍座形狀。

圖4說明基板支撐件WT上之由夾持力F固持的基板W。抗蝕劑層312已經塗佈至基板上，其準備好接收攜載待由微影裝置LA之圖案化系統施加至基板之圖案之影像。可(例如)藉由通過基板台中之通道吸引空氣(所謂的真空夾盤)來施加夾持力。針對在近真空環境中操作之系統(諸如EUV微影裝置)，可由靜電吸引力施加夾持力。夾持力可根據自監督控制系統

SCS接收之夾持配方而變化。在一些實施中，可獨立地控制基板台上之不同區中之夾持力。在一些實施中，在基板上之不同區中施加夾持力之時序可受控制(例如)使得自中心區逐漸向外施加夾持力。

如圖4之下部部分中的插入細節所展示，當翹曲晶圓W由夾持力固持至基板台WT時，該晶圓變得扁平。然而，晶圓夾持中之瑕疵可留下尤其在接近晶圓邊緣318之區316中的殘餘不扁平度。在所說明實例中，假定晶圓W具有晶圓W1之碗槽形狀。因此，殘餘不扁平度採取在邊緣區316中的晶圓表面之微小上升之形式。在圓頂形基板W2之狀況下，殘餘不扁平度可採取朝向晶圓邊緣下降之形式。在鞍座形基板W3之狀況下，殘餘不扁平度可採取圍繞晶圓周邊之一些區下降且在其他區中上升之形式。

在圖5中，存在三個向量標繪圖402、404、406，其說明使用圖1之微影裝置之對準感測器AS在橫越三個不同基板之部位陣列處所量測的位置偏差。在每一部位處，提供一或多個對準標記，其係由圖1中之標記P₁及P₂示意性地表示。通常使用此類型之標繪圖，且熟習此項技術者理解，極大地誇示了表示位置偏差之向量之長度。實務上偏差可為大約一奈米，或幾奈米。若當前層中之此等位置偏差不同於參考層中之位置偏差且若該等位置偏差並未藉由在圖案化操作期間之經施加圖案之合適定位予以校正，則將出現疊對誤差。

自此等三個標繪圖，將看到，可在位置偏差中辨識三個極不同特性。在標繪圖402中，存在均一縮小率效應，從而意謂對準標記之經量測位置相對於標稱位置朝向晶圓之中心移位。相反，在標繪圖404之狀況下，觀測到均一放大率效應，從而意謂對準標記之經量測位置相對於其標稱位置朝向晶圓之邊緣向外移位。在第三標繪圖406中，觀測到不對稱特

性，其中存在在X方向上之縮小率及在Y方向上之放大率。應瞭解，可以相對於微影裝置及X軸及Y軸以及微影裝置之參考座標系之任何定向出現此不對稱形狀。

現在，圖5所說明之晶圓尺度放大率及縮小率特性通常並不導致經施加圖案中之疊對誤差，此係因為對準模型(經施加圖案之定位係基於該對準模型)可容易校正此失真。然而，尤其在基板之邊緣區中之殘餘不扁平度可造成可並不易於由對準模型校正的平面內位置偏差。此情形之原因將包括(例如)受影響邊緣區中缺乏對準標記之足夠取樣密度，及/或對準模型中缺乏允許高度局域化偏差之校正之足夠參數。相似地，殘餘不扁平度可造成局域聚焦誤差。使用高度感測器LS所獲得之高度圖資料可不具有表示此等局域變化之空間解析度。原則上，藉由預先量測每一晶圓之翹曲形狀，夾持行為之模型可用以預測晶圓邊緣附近之殘餘偏差。可接著藉由合適演算法校正此等殘餘偏差。然而，儘管可易於得到用於量測晶圓形狀之工具，但提供及操作此等工具以在大容量製造設施中量測每一晶圓將為成本極高的且可消極地影響生產率。

本發明人已認識到，藉由在晶圓已藉由夾持力而扁平之後辨識由對準感測器進行的位置量測中之總體特性，裝置可能夠進行關於處於無強迫狀態中的翹曲晶圓之形狀之推斷，而無需夾持之前進行晶圓形狀之任何直接量測。在碗槽形晶圓藉由夾持力而扁平時模型化該碗槽形晶圓中之應力的情況下，可展示出：基板之上部層將在徑向向內方向上受應力的，從而導致在標繪圖402中看到之縮小率特性。因此，藉由辨識由標繪圖402說明之縮小率特性，微影裝置可在無任何特定量測的情況下推斷出晶圓之無強迫形狀為碗槽形狀，如在晶圓W1之狀況下。相似地，翹曲晶圓之夾持

中之應力之模型化表明：由標繪圖404說明之放大率特性指示無強迫形狀為圓頂形狀，其相似於晶圓W2。相似地，可展示出：由標繪圖406說明之不對稱放大率效應可指示關於翹曲晶圓之鞍座形狀，其相似於晶圓W3。

被賦予至基板之上部表面之精確平面內失真特性將取決於層結構、材料及已應用於基板之該上部表面之圖案化操作，以及經應用以輻照、蝕刻、退火等等之各種物理及化學處理。Brunner等人之論文「Characterization of wafer geometry and overlay error on silicon wafers with nonuniform stress」(由SPIE發佈的J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS 12(4)，043002 (2013年10月至12月))中論述依據夾持力之基板行為之模型化。可在本裝置中應用相似模型化及預測技術。Brunner等人之論文的内容以引用方式併入本文中。已發佈國際專利申請案進一步解釋局域高度變化(不扁平度)如何引入經施加圖案中之平面內定位誤差，以及可能預期之聚焦誤差。

圖6為概述微影裝置之操作的簡單流程圖，其根據本發明之原理實施邊緣區中之校正。出於此目的之微影裝置包括基板支撐件，該基板支撐件用於夾持基板以為將器件圖案施加至基板作準備。在圖1之實例裝置中，用於每一基板之基板支撐件為基板台WTa/WTb中之一者或另一者。該裝置進一步包括一對準感測器，該對準感測器用於在施加該圖案之前量測橫越經夾持基板而分佈之特徵之位置。由對準感測器量測之位置為在基板之平面中的位置，亦即，在X方向及Y方向上之位置或位置偏差。在所說明實例中，一或多個高度感測器LS經提供以用於量測基板表面在Z方向上之位置及/或位置偏差。圖1展示在與曝光站EXP (在該曝光站EXP處，對基板執行圖案化操作)分離之量測站MEA中的對準感測器AS之實例。在其他

實施中，可提供多個對準感測器，及/或該等對準感測器可經組態為更靠近圖案化系統。

微影裝置之圖案化系統包括(在圖1之實例中)投影系統PS及用於圖案化器件MA及基板W之各種定位子系統。圖案化系統包括微影裝置控制單元LACU，該微影裝置控制單元LACU與微影裝置連接且經程式化以控制微影裝置以將圖案施加至經夾持基板，同時至少部分地基於由該對準感測器量測之位置進行經施加圖案之定位。

在操作中，在步驟LD處將基板(例如，半導體晶圓)裝載至裝置中且在步驟CL處將該基板夾持至基板台上。使用對準感測器AS及高度感測器LS來量測基板。使用基於對準之對準模型ALM以控制在曝光站EXP處所執行之圖案化步驟PAT中之經施加圖案的定位。來自高度感測器之高度圖資料係用於焦點控制模組FOC中以控制圖案化步驟中之聚焦。在圖案化步驟PAT中將圖案施加至每一目標部分之後，根據該圖案處理基板以產生器件特徵，如圖2所說明。基板返回以供以上文所描述之方式進行進一步圖案化及處理步驟直至全部產品層完整為止。

在使用對準感測器量測及對準模型ALM的情況下，可由在翹曲晶圓被夾持於基板台上時該翹曲晶圓中之應力引起的放大率或其他效應在很大程度上得以校正。然而，如所提及，對準模型可不偵測基板之邊緣區中之局域化位置偏差及/或可不能夠校正基板之邊緣區中之局域化位置偏差，其中藉由夾持力並未完美地達成翹曲晶圓之扁平化。根據本發明之原理，圖6之方法展示圖1之微影裝置之圖案化系統如何經組態以對基板之邊緣區中之經施加圖案之定位應用校正。此校正為任何對準校正及可由APC系統250應用之校正額外的校正。如上文參考圖5所解釋，此額外校正無需絕

對地量測或知曉無強迫晶圓形狀。實情為，該額外校正係基於由對準感測器橫越基板量測之位置中(亦即，對準資料中)之翹曲誘發性特性的辨識。

在圖6之流程圖中，基於自對準感測器接收之對準資料執行步驟FFW。原則上，此對準資料為通常將作為將圖案施加至任何基板之準備之部分而量測的資料。額外的量測額外負擔並非必需的，但可視需要進行額外量測。在步驟FFW中，基於圖5所說明之特性中之一者或另一者之辨識來估計或推斷經裝載及經夾持基板之無強迫形狀。實務上，很可能存在振幅在不同晶圓間變化的此等特性中之一或多者。作為回應，步驟FFW中推斷之無強迫形狀之高度變化之振幅可變化。

在已判定晶圓之無強迫形狀之估計的情況下，執行夾持模型步驟WCM以估計基板之一或多個區中之局域化位置偏差。詳言之，此等位置偏差為未在晶圓尺度特性自身中表示之彼等位置偏差。亦即，在已認識到夾持之前之晶圓具有具某一振幅的碗槽形狀、圓頂形狀或鞍座形狀的情況下，夾持模型預測到很可能存在高度及/或平面內位置之某些局域化偏差。可以分析方式及/或藉由數值模擬及/或藉由自先前經處理基板之機器學習來界定夾持模型。一另外步驟WCOR使用夾持模型之輸出以界定用於圖案化步驟PAT中之校正，以縮減翹曲誘發性效應對經施加圖案之定位之影響。該等校正(例如)在晶圓以碗槽或傘形狀(圖3中之W1及W2)而翹曲時可具有徑向對稱圖案，或在翹曲晶圓較類似於類鞍座形狀(圖3中之W3)時可具有較複雜圖案。在後者狀況下，校正圖案具有與鞍座形狀之(旋轉)定向相關聯之定向(在基板之平面內)。

除了模型化及校正由翹曲晶圓之夾持造成之平面內失真以外或代替模型化及校正由翹曲晶圓之夾持造成之平面內失真,亦可模型化及校正局

域高度偏差,如由通向焦點控制模組FOC之虛線所說明。

如先前所提及，基板台可提供可變夾持特性，且可針對每一基板或基板類別定義意欲提供具有預期形狀之晶圓之最佳夾持的夾持配方。在個別晶圓實際上具有不同形狀(在形狀程度(振幅)方面，或在形狀自身之類型方面)之情況下，可在步驟FFW或WCM中判定出應用於當前基板之夾持配方並非理想配方。視需要，可發佈再夾持命令RC，從而致使以更適合於當前晶圓之實際形狀之新夾持特性重複夾持步驟CL。是否發佈再夾持命令之決策可簡單地基於所觀測之翹曲誘發性特性與已使用之夾持特性的比較。替代地，可參考所觀測特性之振幅及/或參考由夾持模型WCM預測之局域不扁平度之振幅及/或範圍來限定決策。

此再夾持操作加至供處理基板之循環時間，特別是在已再夾持基板之後將必須重複使用對準感測器進行之量測時。循環時間之此增加可藉由在已使用對準感測器進行位置量測之粗略集合之後執行步驟FFW及/或WCM而最小化。可在已確認已應用合適夾持特性之後得到對準量測之全集合。循環時間之增加亦可藉由預測何種翹曲形狀及振幅可存在於每一基板中而最小化。舉例而言，在經歷相同程序之極相似基板批次中，應預期，大多數或全部晶圓將具有相似形狀。僅在例外狀況下，將需要再夾持。在此批次及相似批次中之基板之正在進行的處理期間，可輸出經更新夾持配方CR，以供未來基板基於所推斷之無強迫晶圓形狀使用。

一些實施例中之另一特徵為在偵測到過度翹曲的情況下發佈「翹曲警告」旗標WA (圖6)。該旗標係與一或若干受影響基板相關聯：倘若其受嚴重影響使得應自進一步處理省略掉其或使其經受進一步分析。可(例如)在所辨識之翹曲誘發性特性超過一或若干經建立警告準則時產生翹曲警告

旗標WA。一或多個警告準則可指(例如)所觀測特性之振幅。替代地或另外，該等警告準則可指由夾持模型WCM預測之局域不扁平度之振幅及/或範圍。視需要，在極端狀況下，可將基板加旗標為「不良的」且在未完成圖案化操作的情況下自微影裝置自動地抽出該基板。

現在，熟習此項技術者將認識到，可在許多基板中發現諸如放大率之特性，其中原因與翹曲基板之扁平化完全不相關。舉例而言，基板及/或基板台之加熱通常將造成基板之材料擴展，且因此，造成相似於圖5中之向量標繪圖404的放大率特性。若將此加熱徵兆簡單地假定為夾持翹曲晶圓之徵兆，則夾持模型步驟WCM將預測實際上不存在邊緣區中之局域偏差。代替藉由經施加校正改良微影程序之效能，實際上可使效能更差。

因此，在實務實施例中，除了對準感測器位置量測以外，步驟FFW亦接收相當多額外資訊。此額外資訊之實例係由圖6之流程圖上之點線指示。關於基板之內容背景資料CDAT包括指定基板之歷史特性及/或存在於微影裝置內之條件之資料。一個此類條件為溫度。另一條件可能為基板台之設計細節，及/或基板台之磨損狀態。亦可供應來自高度感測器LS之高度資料，其可用以支援或破壞特定翹曲形狀之推斷。一些實施例中之對準感測器AS自身可運用量測遞送品質等級或可靠度等級。舉例而言，先前已揭示使用多個輻射波長之對準感測器，其中構思為：藉由比較信號，可偵測諸如對準標記變形之問題。

如由點線資料路徑所說明，APC系統250使用來自檢測裝置MET之度量衡資料以更新程序之控制。基於許多先前經處理基板之度量衡的來自APC系統250之資料亦可用以確認或縮減對準資料中所觀測之特性真正地指示特定翹曲形狀之似然性。因為APC系統提供其自有對圖案化系統之校

正，所以應瞭解，計算額外校正WCOR以免在別處產生重複校正。同時，雖然APC系統可量測及預測及校正影響具有相似類型及處理歷史的數個基板之偏差，但主要基於在圖案化的同時由個別基板上之對準感測器進行的位置量測之額外校正WCOR允許不同晶圓間校正，而無需任何額外的量測額外負擔。

可用以改進特定無強迫形狀之推斷的資訊之另外實例包括應用於基板自身之程序之細節，例如，基板之前側(上部)及/或後側上之堆疊(經沈積材料)、先前步驟中所施加之圖案。舉例而言，很大程度上已圖案化及處理之層可橫向地擴展多於底層基板。

概言之，在以上實例中，在22或三個相異步驟中計算額外校正且在基板之邊緣區中應用該等額外校正。藉由步驟FFW，至少部分地基於橫越基板之經量測位置，推斷翹曲基板之一或多個形狀特性。接著，在步驟WCM中，至少部分地基於所推斷形狀特性，計算夾持模型以回應於由基板支撐件進行之夾持而模擬翹曲基板之變形。接著在步驟WCOR中，至少部分地基於經模擬變形而計算一或多個校正。可由執行於圖案化系統內之一或多個處理器上之各別軟體模組實施此等不同步驟。此等處理器可為現有微影裝置控制單元之部件，或為達成目的而新增的額外處理器。另一方面，可視需要在單一模組或程式中組合該等步驟之功能，或可在不同子步驟或子模組中細分或組合該等步驟之功能。舉例而言，可計算位置偏差且接著作為一單獨步驟將該等位置偏差轉換成校正，如圖6所說明。替代地，可藉由模擬及/或查找直接計算校正，使得將步驟WCM及WCOR有效地組合為一個步驟。

在一個特定實施中，步驟FFW及WCM並未被明確地執行為單獨步

驟。實情為，圖案化系統經組態以藉由使用對準感測器資料及其他相關資訊以詢問查找表且擷取至少部分地定義額外校正之資料來產生校正。此查找表可執行(例如)虛線框602內之功能，及/或其可包括步驟WCOR之功能。可基於相似於步驟FFW及WCM之步驟藉由預程式化來建立查找表。替代地，可完全基於數個基板之處理之經驗觀測(視情況)運用使用晶圓形狀量測工具進行之晶圓形狀之直接量測來建立查找表。

可應用組合查找表與模型之混合方法。舉例而言，查找表可用以辨識指示一晶圓形狀或另一晶圓形狀之特性之一般形式，而振幅值係用以設定所應用校正之振幅。

如圖4所說明，基板W之邊緣區316尤其展示歸因於基板W朝向基板支撐件WT之夾持中之瑕疵的殘餘不扁平度。不完美夾持之重要原因係與基板支撐件WT之特性有關。圖7說明夾持至基板支撐件WT之基板W。基板支撐件WT通常具備支撐結構701(例如導柱、瘤節)，該等支撐結構提供至基板W之接觸表面。替代地，代替複數個支撐結構，亦可提供單一大(通常為圓形大瘤節，其具有比得上基板之大小)支撐結構作為至基板之接觸表面。通常，該或該等支撐結構並未完全延伸至基板W之邊緣718；最向外支撐結構702以半徑 $R_o < R$ 而定位。支撐結構橫越基板支撐件WT之延伸部分及/或覆蓋範圍為基板支撐件WT之重要特性。未由支撐結構支撐的基板之部分716通常實質上擺脫夾持力，此係因為(例如)在基板之邊緣附近並未提供真空吸引或真空吸引在邊緣區716處表現得顯著不同(較不有效)。在基板夾持至基板支撐件期間，由支撐結構701支撐的基板之區710表現得不同於未受支撐及未夾持區716。舉例而言，當碗槽形基板(圖3中之w1)置放於基板支撐件上且隨後被夾持時，基板之邊緣區

716部分地保持其原始(未夾持；「無強迫」)碗槽形狀，而受支撐區710變得實質上扁平。

沿著參考扁平平面之法線(圖7中之水平點線)之晶圓表面位置之偏差在基板處於未夾持狀態中時係由 $w(x,y)$ 表示，且在基板被夾持至基板固持器之狀況下係由 $w''(x,y)$ 表示。一般而言， w (或 w'')為與基板 W 上之一部位相關聯的 x 座標及 y 座標之函數。函數 $w(x,y)$ 被定義為基板之高度圖。高度圖可旋轉對稱，在此狀況下，可表達依據基板半徑而變化的高度圖： $w(r) = w(\sqrt{x^2 + y^2})$ ，支撐區710係由以下方程式描述： $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ ， $r \leq R_0$ 且邊緣區716係由 $r > R_0$ 描述。針對處於無強迫狀態中之基板 W (例如，未將顯著夾持力施加至基板 W)判定(例如，預測、模擬或量測)高度圖 $w(x,y)$ 。通常使用專用晶圓形狀度量衡工具來量測基板 W 之高度圖 $w(x,y)$ ，該等專用晶圓形狀度量衡工具類似於KLA Tencor PWG或Ultratech超高速系統(參照案：i) Brunner, T.A.、Zhou, Y.、Wong, C.W.、Morgenfeld, B.、Leino, G及Mahajan, S.之「Patterned wafer geometry (PWG) metrology for improving process-induced overlay and focus problems」(Proc. SPIE 9780, 97800W (2016年))及ii) Anberg, D.、Owen, D. M.、Lee, B. H.、Shetty, S.及Bouche, E.之「A study of feed-forward strategies for overlay control in lithography processes using CGS technology」(ASMC 2015, 395 (2015年)))。此等工具利用干涉量測方法以導出處於無強迫狀態中之基板之形狀。

如圖5所說明，非扁平基板之夾持可導致基板之平面內失真(通常被稱作「IPD」)，從而在後續圖案化步驟期間引起疊對誤差。基板之邊緣區716亦將示範明顯的殘餘不扁平度 $w(r > R_0)$ 或所謂的平面外失真(通常被稱

作「OPD」)。

IPD表達歸因於基板彎曲及應力分量之存在的基板上之位置之橫向位移 $u(x,y)$ 。晶圓表面處之橫向位移 $u(x,y)$ (參照案：T.A. Brunner 等人，J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS 2014年，043002)根據以下方程式取決於基板之厚度「 T 」及基板形狀 $w(x,y)$ 之局部導數：

$$\bar{u}(x,y) = -\frac{T}{6} * \left[\frac{\partial w''(x,y)}{\partial x} \quad \frac{\partial w''(x,y)}{\partial y} \right] - \frac{T}{2} * \left[\frac{\partial w''(x,y)}{\partial x} \quad \frac{\partial w''(x,y)}{\partial y} \right] \quad (I)。$$

方程式I右側之第一項為通常由施加至基板之層(圖中未繪示)引入的施加至基板之薄膜應力之平面內分量。可(例如)歸因於該層之熱膨脹係數與基板之熱膨脹係數之間的差而誘發薄膜應力。公式I右側之第二項表達源自由基板之彎曲誘發的應力之橫向位移。

在經完美(扁平)夾持基板 W 之狀況下，歸因於基板彎曲之橫向位移實質上變為零。因此，橫越(接近)最佳地夾持至基板固持器之基板之區域710並未留下彎曲相關IPD (公式I之第二項)。此針對並未最佳地夾持至基板固持器之基板之區716係不同的。薄膜應力誘發性橫向位移(公式I之第一項)貢獻於針對區710及716兩者之IPD。然而，通常使用施加至基板之對準特徵之位置量測來登記薄膜應力誘發性橫向位移。通常實施基於該等對準量測的微影程序或微影裝置之設定(例如，投影透鏡放大率及/或基板支撐件定位)之後續校正。通常在微影裝置(或程序)之校正之後，將不繼續存在歸因於薄膜應力分量之實質性IPD。繼續存在之唯一IPD項為在基板之區716處之彎曲相關之橫向位移。根據以下方程式計算此項(公式I之第二項)：

$$\bar{u}(x,y) = -\frac{T}{2} * \left[\frac{\partial w''(x,y)}{\partial x} \quad \frac{\partial w''(x,y)}{\partial y} \right] (\text{假定：} r > R_o) \quad (II)。$$

高度圖 $w''(x,y)$ 係與經夾持基板之表面相關聯。

已發現，針對未夾持區716，經夾持基板之高度圖 $w''(x,y)$ 之梯度可自未夾持基板之高度圖 $w(x,y)$ 之梯度及校正項導出。校正項基本上模型化夾持基板之區710對未夾持區716之高度圖之梯度之效應。校正項係自橫越基板之高度圖梯度之連續性原理導出。接著導出：校正項等於在基板之經夾持區與未夾持區之間的邊界 $r=R_0$ 處的未夾持基板之高度圖梯度。則校正項「Cor」為：
$$\text{Cor} = -\frac{T}{2} * \left[\frac{\partial w_{R=R_0}(x,y)}{\partial x} \quad \frac{\partial w_{R=R_0}(x,y)}{\partial y} \right]$$
且因此可表達依據未夾持高度圖 $w(x,y)$ 而變化的IPD：

$$\bar{u}(x,y) = -\frac{T}{2} * \left[\frac{\partial w(x,y)}{\partial x} \quad \frac{\partial w(x,y)}{\partial y} \right] + \frac{T}{2} * \left[\frac{\partial w_{R=R_0}(x,y)}{\partial x} \quad \frac{\partial w_{R=R_0}(x,y)}{\partial y} \right]_{r>R_0} \quad (\text{III})$$

基於基板支撐件之特性，可針對在區 $R=R_0$ 處之基板判定半徑 R_0 且隨後可判定高度圖 $w(x,y)$ 之梯度。公式III允許準確預測由基板W之區716之殘餘不扁平度(例如，殘餘彎曲)造成的IPD。

支撐結構701係根據基板支撐件WT之特定組態而配置，而判定區710及716之延伸部分且因此判定基板上之使公式III適用於預測IPD之區域。一般而言，IPD係與微影程序之疊對誤差密切相關，且因此重要的是校正IPD或至少減輕IPD對微影程序之疊對效能之效應。經預測IPD可接著隨後用以判定對微影裝置或微影程序之校正，從而減輕該IPD之(疊對)效應。此可(例如)為特定以基板之(邊緣)區716為目標之校正(例如，並不應用於基板之(中心)區710中之校正)。該校正可與投影透鏡調整或在微影程序期間所應用的基板支撐件位置之調整相關聯。

在一實施例中，判定基板之區之高度圖，其中該區係基於基板支撐件之特性予以判定，且基於該高度圖及該基板支撐件之該特性判定校正。

在一實施例中，校正係基於基板之區之平面內失真的計算。

在一實施例中，校正係基於基板之區之平面內失真對微影程序之疊

對的效應之減輕。

在一實施例中，校正係與微影裝置之投影透鏡調整相關聯。

在一實施例中，校正係與在微影程序期間之基板支撐件位置之調整相關聯。

在一實施例中，自基板之無強迫形狀之干涉量測判定基板之高度圖。

在一實施例中，基板支撐件之特性為基板支撐結構之分佈。

在一實施例中，基板之區716並未由提供於基板支撐件WT上之支撐結構701支撐。

在一實施例中，區716為基板之邊緣區。

如所描述，繼續存在於基板之未夾持區處之IPD可由微影裝置校正。針對區716，OPD亦可相當大，且因此，所謂的焦點校正(藉由投影透鏡之焦點位置改變實施或沿著光軸之基板支撐件之移位實施)可對微影程序之效能有利。

類似於使用經量測高度圖 $w(x,y)$ 以預測施加至基板之特徵之橫向位移，亦可預測在基板之未夾持區處出現的平面外位移(焦點誤差)。可直接自高度圖 $w''(x,y)$ 導出此等平面外位移； $OPD(r > R_0) = w''(r > R_0)$ 。可自未夾持高度圖 $w(x,y)$ 使用如下事實導出經夾持高度圖 $w''(x,y)$ ： $w(r)$ 之值針對 $r=R_0$ 實質上為零($w''(r)$ 之連續性)且其導數 $\frac{\partial w_{R=R_0}(r)}{\partial r}$ 橫越基板係連續的。以下方程式表達在經夾持區域外部依據半徑 r 而變化的平面外位移OPD：

$$OPD(r) \equiv w''(r) = w(r) + \frac{\partial w_{R=R_0}(r)}{\partial r} * (R_0 - r) - w(R_0) \quad (IV)$$

公式IV可用以預測依據半徑 r 而變化的OPD (在給出 $r>R_0$ 的情況下)。

在一實施例中，對微影裝置之校正係基於基板之經次佳地夾持至基

板支撐件之區的平面外失真之計算。使用高度圖資料及基板支撐件之特性知識來計算該校正。

在一實施例中，校正為投影透鏡及/或基板定位之調整，其中該校正係基於基板之次佳夾持區716之平面外失真的減輕。

亦可自圖案化工具(微影裝置)內之高度量測判定高度圖 $w(x,y)$ 。如圖1所說明，感測器LS(通常被稱作「位階感測器」或「高度感測器」)提供在基板W之曝光之前的基板W之高度圖之量測。可在以引用方式併入本文中之美國專利申請公開案第US20070085991號中發現關於位階感測器系統之更多資訊。在高度量測期間，將基板夾持至基板支撐件WTb，該基板支撐件WTb在後續圖案化步驟期間亦使用。圖8a揭示基板之高度圖量測之結果；灰階指示在基板上之某一部位處之高度值。基板之區810係由支撐結構701最佳地支撐，且基板之區820在高度量測期間並未由支撐結構支撐或由支撐結構次佳地支撐。實務上，區810並非總是延伸至最向外置放之支撐結構702，此係因為殘餘不扁平度可影響基板高度圖降至小於 R_0 之半徑。基板之區820可接著不與如圖7所描繪之區716完全重合，而是更向內徑向地延伸。圖8a中之圓形點線因此通常不以 $r=R_0$ 而定位，而是以 $r=R_1 < R_0$ 而定位。

基板區820實質上根據a)在無強迫狀態中之基板及b)夾持效應而塑形。與區820相關聯之高度量測表示高度圖 $w''(x,y)$ 。橫向位移可使用應用於經量測高度圖 $w''(x,y)$ 之公式II予以判定，而平面外位移可直接自高度圖 $w''(x,y)$ 予以判定。

根據一實施例，可將自位階感測器量測獲得之高度圖 $w''(x,y)$ 轉譯成如圖8b所描繪之徑向高度圖830。將二維高度圖 $w''(x,y)$ 轉譯成一維徑向高

度圖 $w''(r)$ 之方法可基於將基板分段成三角形區(片段) 840 (兩個徑向定向點線與基板之外部邊緣之間的區域，如圖8a所說明)。可判定每片段之函數 $w''(r)$ 。此判定可涉及將每片段之四階徑向多項式 $w''(r) = a * r^4 + b * r^3 + c * r^2 + d * r + e$ 擬合至高度圖 $w''(x,y)$ 。然而，亦有可能利用至少二階之其他多項式。將徑向剖面擬合至多項式函數允許使用根據公式II的每片段之IPD之分析判定。可直接自高度剖面之徑向擬合獲得OPD： $OPD = w''(r)$ 。

除了IPD及OPD之判定以外，經判定徑向函數 $w''(r)$ 亦可用以導出基板之最佳夾持區810及基板之次佳夾持區820之延伸部分。如圖8b所展示(垂直點線)，在基板上存在基板仍實質上扁平所處之最大徑向位置。可針對基板之每一方位角片段判定此位置以導出與區810之最大徑向延伸部分(或替代地，區820之最小徑向位置)相關聯的 (x,y) 位置之一般圖。

OPD表示在某一位置 (x,y) 處之基板之焦點偏移，且可由微影裝置之焦點控制器使用以最佳化基板相對於微影裝置之投影光學件之焦平面之位置。

在一實施例中，自對基板執行之高度感測器量測判定基板之高度圖。

在一實施例中，將高度圖轉換成徑向剖面。

在一實施例中，針對橫越基板而分佈之複數個方位角片段判定徑向剖面。

在一實施例中，將徑向剖面擬合至多項式函數。

在一實施例中，多項式函數為四階多項式。

在一實施例中，自徑向剖面或多項式函數導出IPD。

在一實施例中，自徑向剖面或多項式函數導出OPD。

在一實施例中，使用徑向函數以判定基板之最佳夾持區810之延伸部分。

在一實施例中，使用徑向函數以判定基板之次佳夾持區820之延伸部分。

圖9說明使用經量測高度圖(使用位階感測器LS、基板幾何形狀之離線量測，或藉由基於對準資料之重新建構)控制微影裝置或器件製造程序的大體上適用流程。在步驟900中，產生高度圖資料。隨後在步驟901中，判定與基板之次佳夾持區相關聯之高度圖資料。在步驟902中，組合步驟901中獲得之高度圖資料與基板支撐件之知識以導出與次佳夾持基板相關聯之平面內失真(IPD)及/或平面外失真(OPD)資料。在步驟903中，微影裝置之控制器使用所導出之IPD及/或OPD資料以定位基板及/或在基板之圖案化期間調整投影透鏡。

在以下經編號條項中提供根據本發明之另外實施例：

1. 一種用於將一圖案施加至一基板上之微影裝置，該裝置包括：一基板支撐件，其用於夾持該基板；一對準感測器，其用於量測橫越該經夾持基板而分佈之特徵之位置；及一圖案化系統，其經組態以將該圖案施加至該經夾持基板，同時至少部分地基於由該對準感測器量測之位置定位該經施加圖案，其中該圖案化系統經組態以基於由該對準感測器橫越該基板量測的位置中之一翹曲誘發性特性之辨識而將一校正應用於該經施加圖案在該基板之一或多個區中之該定位。
2. 如條項1之裝置，其中該翹曲誘發性特性為指示藉由該夾持進行之一翹曲基板之變形的特性。

3. 如條項2之裝置，其中該圖案化系統經組態以辨識指示具有一碗槽形狀、一圓頂形狀及一鞍座形狀中之至少一者之一翹曲基板之扁平化之一翹曲誘發性特性。

4. 如條項3之裝置，其中該圖案化系統經組態以區分指示成不同形狀之翹曲基板之扁平化的翹曲誘發性特性，且根據由該所辨識特性指示之翹曲基板之該形狀來應用不同校正。

5. 如條項1至4中任一項之裝置，其中該圖案化系統經組態而以基於該翹曲誘發性特性之一所觀測振幅之一振幅來應用該校正。

6. 如條項1至5中任一項之裝置，其中該圖案化系統經組態以在該所辨識特性指示一鞍座形基板之扁平化之一狀況下調整該校正之一定向。

7. 如前述條項中任一項之裝置，其中該圖案化系統經組態以藉由以下操作產生該校正：(i)至少部分地基於橫越該基板之該等經量測位置，推斷該翹曲基板之一或多個形狀特性；(ii)至少部分地基於該等所推斷形狀特性，應用一夾持模型以回應於該夾持而模擬該翹曲基板之變形；及(iii)至少部分地基於該經模擬變形計算該校正。

8. 如條項1至7中任一項之裝置，其中該圖案化系統經組態以藉由至少部分地基於橫越該基板之該等經量測位置而詢問一查找表及擷取至少部分地定義該校正之資料來產生該校正。

9. 如前述條項中任一項之裝置，其中該圖案化系統經組態以在產生該校正之前考量額外資訊以縮減除了一翹曲基板之扁平化之外的因素之影響。

10. 如條項9之裝置，其中該裝置進一步包括用於量測遍及該經夾持基板之構形變化之一高度感測器，且其中該額外資訊包括表示該等構形變

化之資料。

11. 如條項9至10中任一項之裝置，其中該額外資訊表示以下各者中之一或多者：對該同一基板上之一先前層進行之位置量測；該基板之一處理歷史；該基板支撐件之一磨損狀態；該基板及/或該基板支撐件之一溫度；由該對準感測器進行之該等量測之可靠度；一經應用夾持動作；程序校正。

12. 如前述條項中任一項之裝置，其中該經應用校正影響主要在該基板之一邊緣區中之該圖案之定位。

13. 如前述條項中任一項之裝置，其中該經施加校正影響該圖案在平行於該基板之一平面之一或多個方向上之定位。

14. 如前述條項中任一項之裝置，其中該校正影響該圖案在垂直於該基板之一平面之一方向上之定位。

15. 如前述條項中任一項之裝置，其中該圖案化系統經進一步組態以在施加該圖案之前回應於該所辨識特性而變化該基板台之一夾持特性。

16. 如條項15之裝置，其中該圖案化系統經組態以藉由比較一已使用夾持特性與同該所辨識特性相關聯的一夾持特性而判定是否變化該夾持特性。

17. 如條項15或16之裝置，其中該夾持特性依據在該基板之不同區處所施加的夾持力之相對強度及/或在該基板之不同區處施加夾持力之相對時序而可變。

18. 如前述條項中任一項之裝置，其進一步包含一警告產生器，該警告產生器用於在一所辨識翹曲誘發性特性符合一或多個警告準則時警告一操作者。

19. 一種器件製造方法，其包含將圖案施加於一基板上之一或多個層中且處理該基板以產生功能器件特徵，其中將一圖案施加於該等層中之至少一者中之該步驟包含：(a)將該基板夾持至一基板支撐件上；(b)量測橫越該經夾持基板而分佈之特徵之位置；及(c)將該圖案施加至該經夾持基板，同時至少部分地基於在步驟(b)中所量測之位置中的一些或全部來定位該經施加圖案，其中該圖案化步驟(c)包括基於在步驟(b)中橫越該基板而量測之該等位置中的一些或全部中之一翹曲誘發性特性之辨識而將一校正應用於該經施加圖案在該基板之一或多個區中之該定位。

20. 如條項19之方法，其中該翹曲誘發性特性為指示藉由該夾持進行之翹曲基板之變形的特性。

21. 如條項20之方法，其中步驟(c)包括辨識指示具有一碗槽形狀、一圓頂形狀及一鞍座形狀中之至少一者之一翹曲基板之扁平化之一翹曲誘發性特性。

22. 如條項21之方法，其中步驟(c)包括區分指示成不同形狀之翹曲基板之扁平化的翹曲誘發性特性，且根據由該所辨識特性指示之翹曲基板之該形狀來應用不同校正。

23. 如條項19至22中任一項之方法，其中步驟(c)包括以基於該翹曲誘發性特性之一所觀測振幅之一振幅來應用該校正。

24. 如條項19至23中任一項之方法，其中步驟(c)包括在該所辨識特性指示一鞍座形基板之扁平化之一狀況下調整該校正之一定向。

25. 如條項19至24中任一項之方法，其中步驟(c)包括藉由以下操作產生該校正：(i)至少部分地基於橫越該基板之該等經量測位置，推斷該翹曲基板之一或多個形狀特性；(ii)至少部分地基於該等所推斷形狀特性，

應用一夾持模型以回應於該夾持而模擬該翹曲基板之變形；及(iii)至少部分地基於該經模擬變形計算該校正。

26. 如條項19至25中任一項之方法，其中步驟(c)包括藉由至少部分地基於橫越該基板之該等經量測位置而詢問一查找表及擷取至少部分地定義該校正之資料來產生該校正。

27. 如條項19至26中任一項之方法，其中在步驟(c)中，在產生該校正之前考量額外資訊以縮減除了一翹曲基板之扁平化之外的因素之影響。

28. 如條項27之方法，其中該步驟(b)進一步包括量測遍及該經夾持基板之構形變化，且其中該額外資訊包括表示該等構形變化之資料。

29. 如條項27至28中任一項之方法，其中該額外資訊表示以下各者中之一或多者：對該同一基板上之一先前層進行之位置量測；該基板之一處理歷史；該基板支撐件之一磨損狀態；該基板及/或該基板支撐件之一溫度；由該對準感測器進行之該等量測之可靠度；一經應用夾持動作；程序校正。

30. 如條項19至29中任一項之方法，其中該經應用校正影響主要在該基板之一邊緣區中之該圖案之定位。

31. 如條項19至30中任一項之方法，其中該經施加校正影響該圖案在平行於該基板之一平面之一或多個方向上之定位。

32. 如條項19至31中任一項之方法，其中該校正影響該圖案在垂直於該基板之一平面之一方向上之定位。

33. 如條項19至32中任一項之方法，其中步驟(c)進一步包括在施加該圖案之前回應於該所辨識特性而變化該基板台之一夾持特性。

34. 如條項33之方法，其中步驟(c)包括藉由比較一已使用夾持特性

與同該所辨識特性相關聯的一夾持特性而判定是否變化該夾持特性。

35. 如條項33至34中任一項之方法，其中該夾持特性依據在該基板之不同區處所施加的夾持力之相對強度及/或在該基板之不同區處施加夾持力之相對時序而可變。

36. 如前述條項中任一項之方法，其進一步包含一警告產生器，該警告產生器用於在一所辨識翹曲誘發性特性符合一或多個警告準則時警告一操作者。

37. 一種包含機器可讀指令之電腦程式產品，該等機器可讀指令用於致使一或多個處理器控制如條項1至18中任一項的用以辨識一特性且應用一校正之一微影裝置之該圖案化系統。

38. 一種包含一或多個處理器之資料處理系統，該一或多個處理器經程式化以藉由辨識一翹曲誘發性特性且應用一校正來控制如條項1至18中任一項之一微影裝置之該圖案化系統。

39 一種包含機器可讀指令之電腦程式產品，該等機器可讀指令用於致使一或多個處理器執行一如條項19至36中任一項之方法之該步驟(c)。

40. 一種包含一或多個處理器之資料處理系統，該一或多個處理器經程式化以執行一如條項19至36中任一項之方法之該步驟(c)。

41. 一種器件製造方法，其用於將圖案施加於被夾持至一基板支撐件之一基板上的一或多個層中，該器件製造方法包含：判定該基板之一區之一高度圖，其中該區係基於該基板支撐件之一特性予以判定；及基於該高度圖及該基板支撐件之該特性而判定對該器件製造方法之一校正。

42. 如條項41之方法，其中自該基板之一無強迫形狀之一干涉量測

判定該高度圖。

43. 如條項42之方法，其中自該基板上之一高度感測器之量測判定該高度圖。

44. 如條項43之方法，其中在該等量測期間將該基板夾持至該基板支撐件。

45. 如條項41至44中任一項之方法，其中該校正係基於該基板之該區之一平面內失真的計算。

46. 如條項41至45中任一項之方法，其中該校正係基於該基板之該區之一平面外失真的計算。

47. 如條項45之方法，其中該校正係基於該基板之該區之一平面內失真的減輕。

48. 如條項46之方法，其中該校正係基於該基板之該區之一平面外失真的減輕。

49. 如條項41至48中任一項之方法，其進一步包含在使用該校正以用於該基板之定位的同時將圖案施加至該基板之一步驟。

50. 如條項41至49中任一項之方法，其進一步包含在使用該校正以調整一投影透鏡設定的同時將圖案施加至該基板之一步驟。

51. 如條項41至50中任一項之方法，其中該特性係與提供至該基板支撐件之一支撐結構之一延伸部分相關聯。

52. 如條項41至51中任一項之方法，其中該特性係與提供至該基板支撐件之支撐結構之一分佈相關聯。

53. 如條項41至52中任一項之方法，其中該基板之該區係與該基板至該基板支撐件之次佳夾持相關聯。

54. 如條項41至53中任一項之方法，其中該基板之該區係與由提供至該基板支撐件的該等支撐結構進行之該基板之次佳支撐相關聯。

55. 如條項41至54中任一項之方法，其中該基板之該區包含該基板之一邊緣區。

56. 如條項44之方法，其進一步包含判定與該高度圖相關聯之一徑向剖面之一步驟。

57. 如條項44或56之方法，其進一步包含將該高度圖分割成若干片段且針對每一片段判定一相對應徑向剖面之一步驟。

58. 如條項56或57之方法，其進一步包含將該徑向剖面擬合至較佳為四階之一多項式函數之一步驟。

59. 如條項56至58中任一項之方法，其中自該徑向剖面或該多項式函數計算該基板之該區之該平面內失真。

60. 如條項56至58中任一項之方法，其中自該徑向剖面或該多項式函數計算該基板之該區之該平面外失真。

61. 如條項56至60中任一項之方法，其中自該徑向剖面或擬合至該徑向剖面之該多項式函數判定該基板支撐件之該特性。

62. 一種用於將一圖案施加至一基板上之微影裝置，該裝置包括：一基板支撐件，其用於夾持該基板；一高度感測器，其用於量測該經夾持基板之一高度圖；及一圖案化系統，其經組態以將該圖案施加至該經夾持基板，同時定位該經施加圖案，其中該圖案化系統經組態以基於該高度圖及該基板支撐件之一特性而將一校正應用於該經施加圖案之該定位。

63. 如條項62之微影裝置，其中該校正係使用一如條項41至61中任一項之方法予以判定。

64. 一種包含機器可讀指令之電腦程式產品，該等機器可讀指令用於致使一或多個處理器使用一如條項41至61中任一項之方法來判定該校正。

65. 一種包含一或多個處理器之資料處理系統，該一或多個處理器經程式化以藉由使用一如條項41至61中任一項之方法來判定該校正而控制一微影裝置之圖案化系統。

結論

總之，本發明提供微影裝置及操作微影裝置之方法，其中由夾持翹曲晶圓造成的局域化平面內失真及/或高度變化可使用高度圖或對準量測來校正，該等高度圖量測可在該微影裝置內或該微影裝置外部予以執行。

可使用含有機器可讀指令之一或多個序列的電腦程式來實施本發明之一實施例，該等機器可讀指令描述辨識由對準感測器獲得之位置資料中之特性及應用校正之方法，如以上所描述。此電腦程式可(例如)經執行於圖1之控制單元LACU內，或某其他控制器內。亦可提供經儲存有此電腦程式之資料儲存媒體(例如，半導體記憶體，磁碟或光碟)。

本文中所使用之術語「輻射」及「光束」涵蓋所有類型之電磁輻射，包括紫外線(UV)輻射(例如，具有為或為約365奈米、355奈米、248奈米、193奈米、157奈米或126奈米之波長)及極紫外線(EUV)輻射(例如，具有在5奈米至20奈米之範圍內之波長)，以及粒子束(諸如，離子束或電子束)。

術語「透鏡」在內容背景允許時可指各種類型之光學組件中之任一者或其組合，包括折射、反射、磁性、電磁及靜電光學組件。

本發明之廣度及範疇不應由上述例示性實施例中之任一者限制，而

應僅根據以下申請專利範圍及其等效者進行界定。

【符號說明】

200	微影裝置LA/微影工具
202	量測站MEA
204	曝光站EXP
206	微影裝置控制單元LACU
208	塗佈裝置
210	烘烤裝置
212	顯影裝置
220	經圖案化基板/經顯影基板
222	處理裝置
224	處理裝置
226	處理裝置
230	傳入基板
232	經處理基板
234	經處理基板
240	度量衡裝置/檢測裝置
242	度量衡結果
250	進階程序控制(APC)系統
312	抗蝕劑層
316	邊緣區
318	晶圓邊緣
402	向量標繪圖

404	向量標繪圖
406	向量標繪圖/第三標繪圖
602	虛線框
701	支撐結構
702	最向外支撐結構
710	受支撐區
716	部分/邊緣區/未受支撐及未夾持區/次佳夾持區
718	邊緣
810	最佳夾持區
820	次佳夾持區/基板區
830	徑向高度圖
840	三角形區
900	步驟
901	步驟
902	步驟
903	步驟
AD	調整器
ALM	對準模型
AS	對準感測器
B	輻射光束
BD	光束遞送系統
C	目標部分
CDAT	內容背景資料/資訊

CL	夾持步驟
CO	聚光器
CR	夾持配方
EXP	曝光站
F	夾持力
FFW	步驟
FOC	焦點控制模組
IF	位置感測器
IL	照明系統/照明器
IN	積光器
LA	微影裝置
LACU	微影裝置控制單元
LD	步驟
LS	高度感測器
M ₁	光罩對準標記
M ₂	光罩對準標記
MA	圖案化器件/光罩
MEA	量測站
MET	檢測裝置
MT	倍縮光罩支撐件/光罩台
P ₁	基板對準標記
P ₂	基板對準標記
PAT	圖案化步驟

PM	第一定位器
PS	投影系統
PW	第二定位器/基板定位器
RC	再夾持命令
SO	輻射源
W	基板
WA	翹曲警告旗標
WCM	夾持模型步驟
WCOR	步驟/額外校正
WT	基板支撐件
WTa	基板支撐件/基板台
WTb	基板支撐件/基板台
W0	半導體晶圓
W1	晶圓/碗槽形基板
W2	晶圓/圓頂形基板
W3	晶圓/鞍座形基板



【中文發明名稱】

微影裝置、器件製造方法及相關資料處理裝置及電腦程式產品

【英文發明名稱】

LITHOGRAPHIC APPARATUS, DEVICE MANUFACTURING METHOD AND ASSOCIATED DATA PROCESSING APPARATUS AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT

【中文】

一種微影程序，其包括：將一基板(W)夾持(CL)至一基板支撐件(WT)上；量測(AS)橫越該經夾持基板之標記之位置；及使用經量測之該等位置將一圖案施加至該經夾持。基於橫越該基板而量測之該等位置中的一翹曲誘發性特性(402、404、406)之辨識而將一校正(WCOR)應用於該經施加圖案在該基板之局域化區中之定位。在一項實施例中，首先藉由使用該等經量測位置及其他資訊(CDAT)推斷該翹曲基板之一或多個形狀特性(FFW)來產生該校正。接著，基於該等經推斷形狀特性，應用一夾持模型(WCM)以回應於夾持而模擬該翹曲基板之變形。第三，基於該經模擬變形計算該校正(LCOR)。可由一查找表整合及/或實施此等步驟中的一些或全部。

【英文】

A lithographic process includes clamping (CL) a substrate (W) onto a substrate support (WT), measuring (AS) positions of marks across the clamped substrate, and applying a pattern to the clamped using the positions measured. A correction (WCOR) is applied to the positioning

of the applied pattern in localized regions of the substrate, based on recognition of a warp-induced characteristic (402, 404, 406) in the positions measured across the substrate. In one embodiment the correction is generated by firstly inferring one or more shape characteristics of the warped substrate (FFW) using the measured positions and other information (CDAT). Then, based on the inferred shape characteristics, a clamping model is applied (WCM) to simulate deformation of the warped substrate in response to clamping. Thirdly said correction (LCOR) is calculated based on the simulated deformation. Some or all of these steps may be integrated and/or implemented by a look-up table.

【指定代表圖】

圖6

【代表圖之符號簡單說明】

250	進階程序控制(APC)系統
602	虛線框
ALM	對準模型
AS	對準感測器
CDAT	內容背景資料/資訊
CL	夾持步驟
CR	夾持配方
EXP	曝光站
FFW	步驟

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於將一圖案施加至一基板上之微影裝置，該裝置包括：

一基板支撐件，其用於夾持該基板；

一對準感測器，其用於量測橫越該經夾持基板而分佈之特徵之位置；及

一圖案化系統，其經組態以將該圖案施加至該經夾持基板，同時至少部分地基於由該對準感測器量測之位置定位該經施加圖案，其中該圖案化系統經組態以基於由該對準感測器橫越該基板而量測的位置中之一翹曲誘發性特性之辨識而將一校正應用於該經施加圖案在該基板之一或多個區中之該定位。

【第2項】

如請求項1之裝置，其中該翹曲誘發性特性為指示藉由該夾持進行之翹曲基板之變形的特性。

【第3項】

一種器件製造方法，其包含將圖案施加於一基板上之一或多個層中且處理該基板以產生功能器件特徵，其中將一圖案施加於該等層中之至少一者中之該步驟包含：

(a)將該基板夾持至一基板支撐件上；

(b)量測橫越該經夾持基板而分佈之特徵之位置；及

(c)將該圖案施加至該經夾持基板，同時至少部分地基於在步驟(b)中所量測之位置中的一些或全部來定位該經施加圖案，其中該圖案化步驟(c)包括基於在步驟(b)中橫越該基板而量測之該等位置中的一些或全部中

之一翹曲誘發性特性之辨識而將一校正應用於該經施加圖案在該基板之一或多個區中之該定位。

【第4項】

如請求項3之方法，其中該翹曲誘發性特性為指示藉由該夾持進行之翹曲基板之變形的特性。

【第5項】

如請求項4之方法，其中步驟(c)包括辨識指示具有一碗槽形狀、一圓頂形狀及一鞍座形狀中之至少一者的一翹曲基板之扁平化之一翹曲誘發性特性。

【第6項】

如請求項3之方法，其中步驟(c)包括藉由以下操作產生該校正：(i)至少部分地基於橫越該基板之該等經量測位置，推斷該翹曲基板之一或多個形狀特性；(ii)至少部分地基於該等所推斷形狀特性，應用一夾持模型以回應於該夾持而模擬該翹曲基板之變形；及(iii)至少部分地基於該經模擬變形計算該校正。

【第7項】

如請求項3之方法，其中在步驟(c)中，在產生該校正之前考量額外資訊以縮減除了一翹曲基板之扁平化之外的因素之影響。

【第8項】

如請求項7之方法，其中該步驟(b)進一步包括量測遍及該經夾持基板之構形變化，且其中該額外資訊包括表示該等構形變化之資料。

【第9項】

如請求項7之方法，其中該額外資訊表示以下各者中之一或多者：對

該同一基板上之一先前層進行之位置量測；該基板之一處理歷史；該基板支撐件之一磨損狀態；該基板及/或該基板支撐件之一溫度；由該對準感測器進行之該等量測之可靠度；一經應用夾持動作；程序校正。

【第10項】

如請求項3之方法，其中該經應用校正影響該圖案在平行於該基板之一平面之一或多個方向上及/或在垂直於該基板之一平面之一方向上的定位。

【第11項】

如請求項3之方法，其中步驟(c)進一步包括在施加該圖案之前回應於該所辨識特性而變化該基板台之一夾持特性。

【第12項】

一種器件製造方法，其用於將圖案施加於被夾持至一基板支撐件之一基板上之一或多個層中，該器件製造方法包含：

判定該基板之一區之一高度圖，其中該區係基於該基板支撐件之一特性予以判定；及

基於該高度圖及該基板支撐件之該特性而判定對該器件製造方法之一校正。

【第13項】

如請求項12之方法，其中自該基板之一無強迫形狀之一干涉量測判定該高度圖。

【第14項】

如請求項12之方法，其中自該基板上之一高度感測器之量測判定該高度圖。

【第15項】

如請求項12之方法，其中該校正係基於該基板之該區之一平面內失真的計算。

【第16項】

如請求項12之方法，其中該校正係基於該基板之該區之一平面外失真的計算。

【第17項】

如請求項12之方法，其進一步包含在使用該校正以用於該基板之定位及/或調整一投影透鏡設定的同時將圖案施加至該基板之一步驟。

【第18項】

如請求項12之方法，其中該特性係與提供至該基板支撐件之一或多個支撐結構之一延伸部分相關聯。

【第19項】

如請求項12之方法，其中該特性係與提供至該基板支撐件之支撐結構之一分佈相關聯。

【第20項】

如請求項12之方法，其中該基板之該區係與由該基板支撐件提供至該基板之次佳夾持或次佳支撐相關聯。

【第21項】

如請求項12之方法，其中該基板之該區包含該基板之一邊緣區。

【第22項】

如請求項14之方法，其進一步包含判定與該高度圖相關聯之一徑向剖面之一步驟。

【第23項】

如請求項22之方法，其中自該徑向剖面計算該基板之該區之該平面內失真。

【第24項】

如請求項22之方法，其中自該徑向剖面計算該基板之該區之該平面外失真。

【第25項】

如請求項22之方法，其中自該徑向剖面判定該基板支撐件之該特性。

【第26項】

一種用於將一圖案施加至一基板上之微影裝置，該裝置包括：

一基板支撐件，其用於夾持該基板；

一高度感測器，其用於量測該經夾持基板之一高度圖；及

一圖案化系統，其經組態以將該圖案施加至該經夾持基板，同時定位該經施加圖案，其中該圖案化系統經組態以基於該高度圖及該基板支撐件之一特性而將一校正應用於該經施加圖案之該定位。

【第27項】

如請求項26之微影裝置，其中該校正係使用一如請求項12之方法予以判定。

【第28項】

一種包含機器可讀指令之電腦程式產品，該等機器可讀指令用於致使一或多個處理器使用一如請求項12之方法來判定該校正。

【第29項】

一種包含一或多個處理器之資料處理系統，該一或多個處理器經程式化以藉由使用一如請求項12之方法來判定該校正而控制一微影裝置之圖案化系統。

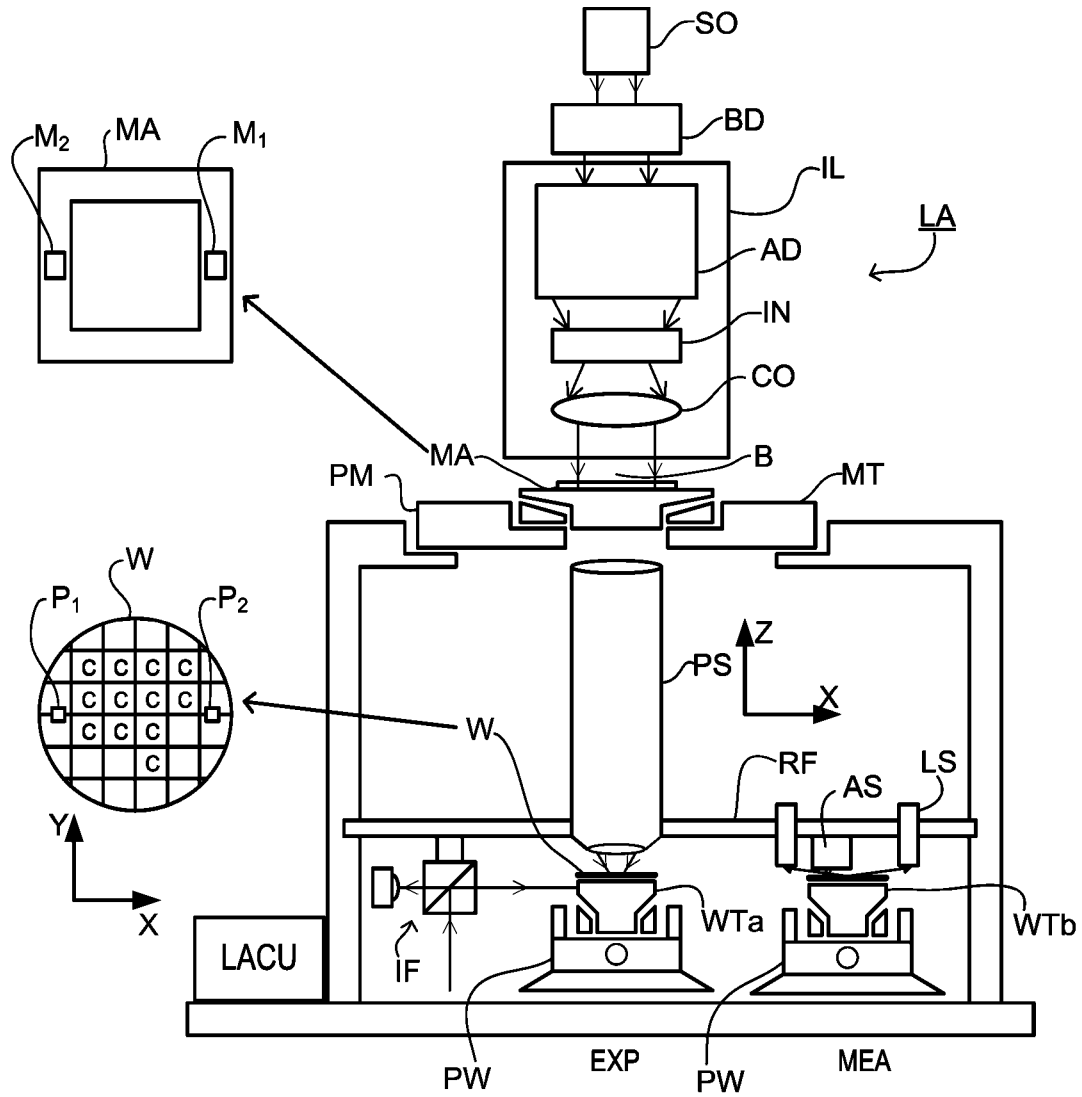
【第30項】

一種包含機器可讀指令之電腦程式產品，該等機器可讀指令用於致使一或多個處理器控制一微影裝置之圖案化系統以如請求項3中所主張來辨識一特性且應用一校正。

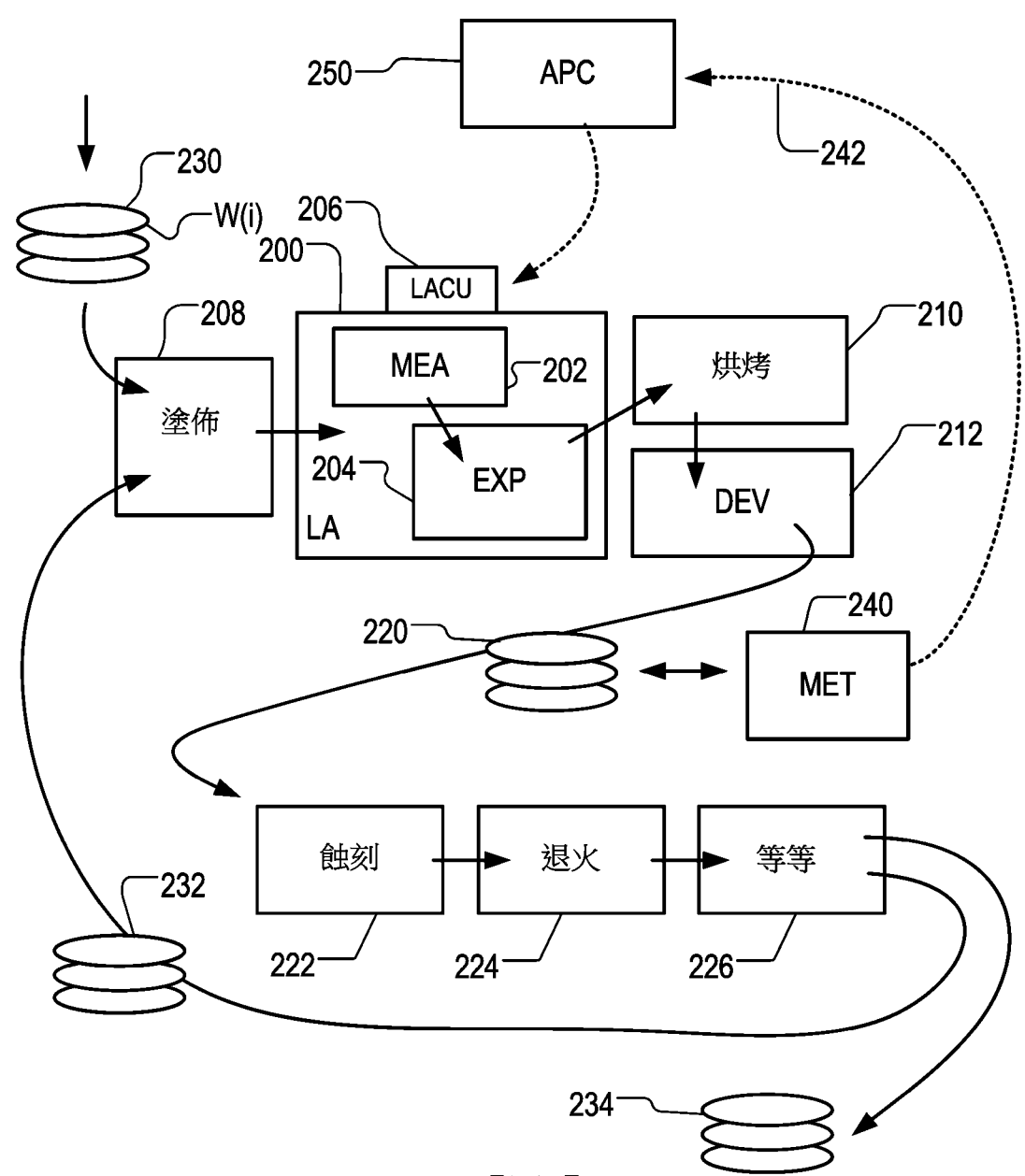
【第31項】

一種包含一或多個處理器之資料處理系統，該一或多個處理器經程式化以藉由如請求項3中所主張來辨識一翹曲誘發性特性且應用一校正而控制一微影裝置之圖案化系統。

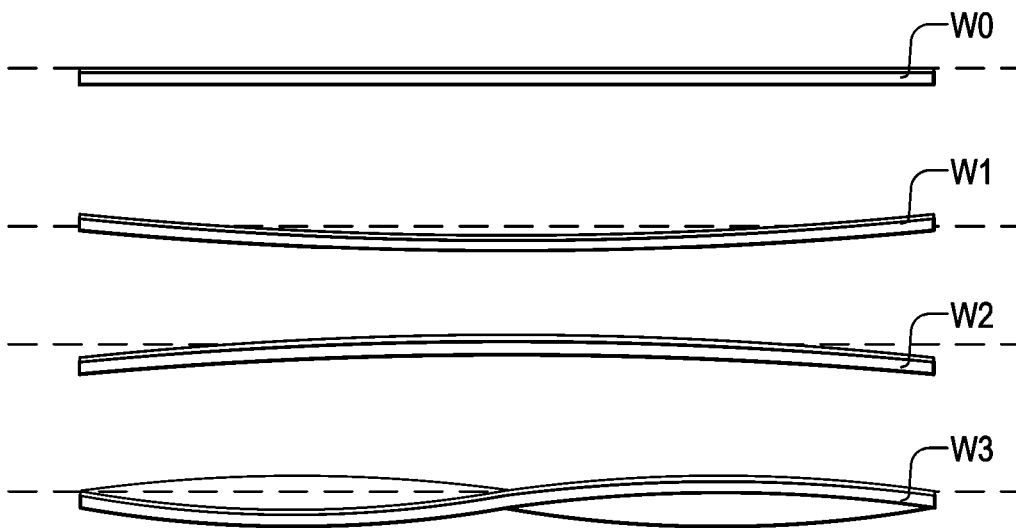
【發明圖式】



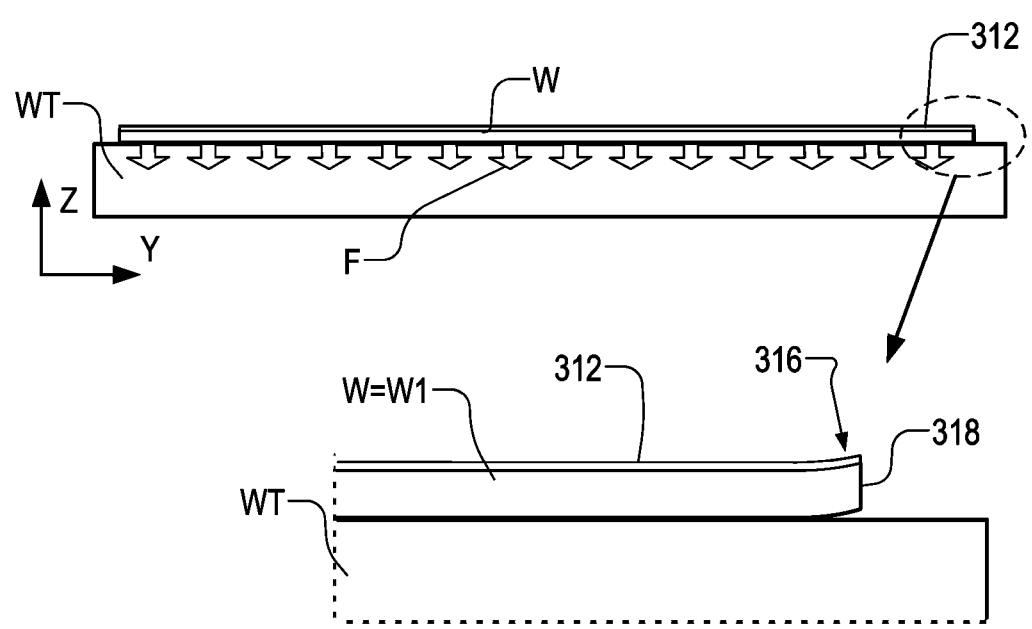
【圖1】



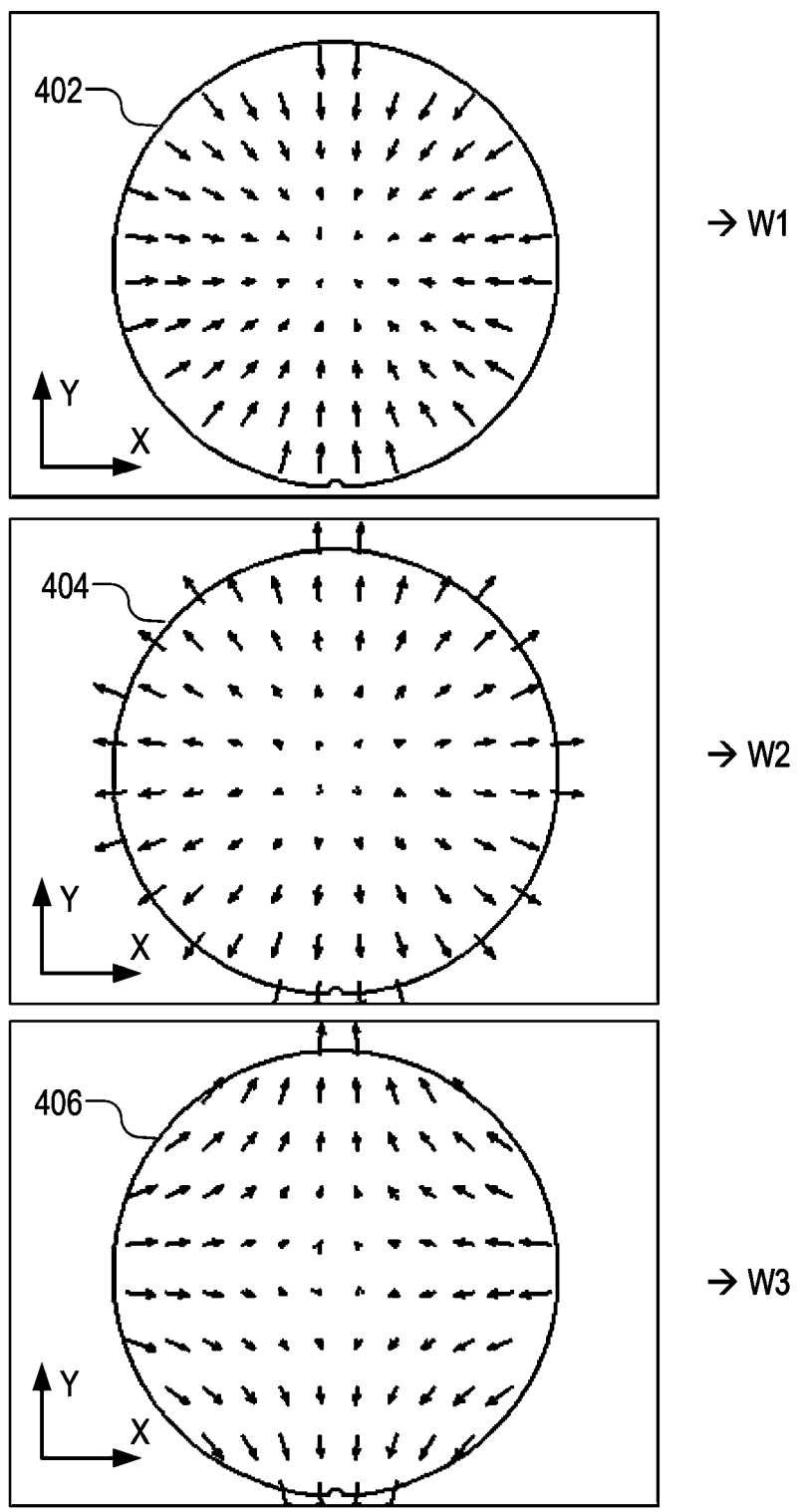
【圖2】



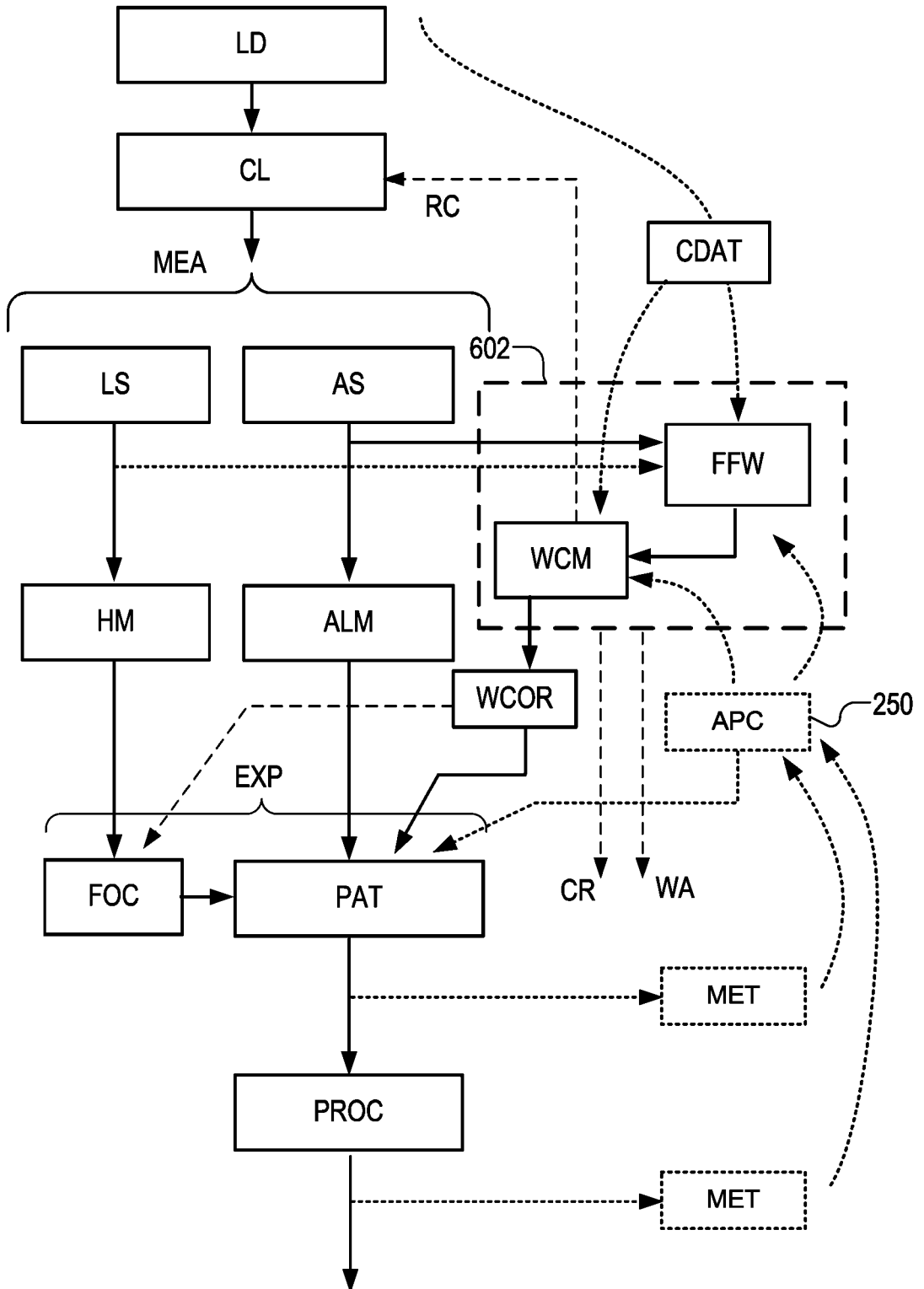
【圖3】



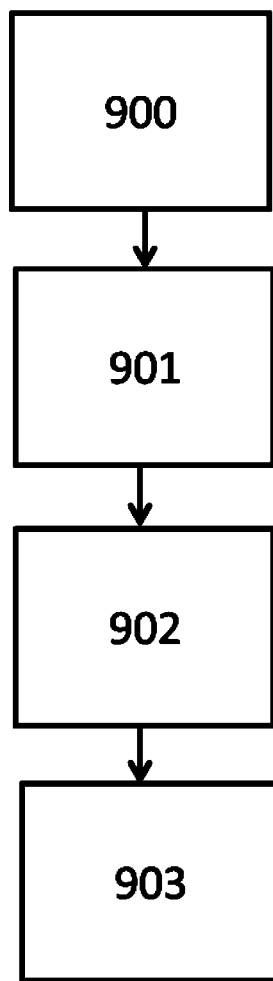
【圖4】



【圖5】



【圖6】



【圖9】

of the applied pattern in localized regions of the substrate, based on recognition of a warp-induced characteristic (402, 404, 406) in the positions measured across the substrate. In one embodiment the correction is generated by firstly inferring one or more shape characteristics of the warped substrate (FFW) using the measured positions and other information (CDAT). Then, based on the inferred shape characteristics, a clamping model is applied (WCM) to simulate deformation of the warped substrate in response to clamping. Thirdly said correction (LCOR) is calculated based on the simulated deformation. Some or all of these steps may be integrated and/or implemented by a look-up table.

【指定代表圖】

圖6

【代表圖之符號簡單說明】

250	進階程序控制(APC)系統
602	虛線框
ALM	對準模型
AS	對準感測器
CDAT	內容背景資料/資訊
CL	夾持步驟
CR	夾持配方
EXP	曝光站
FFW	步驟

FOC	焦點控制模組
LD	步驟
LS	高度感測器
MEA	量測站
MET	檢測裝置
PAT	圖案化步驟
RC	再夾持命令
WA	翹曲警告旗標
WCM	夾持模型步驟
WCOR	步驟/額外校正