



(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 I792538 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：110133101

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 09 月 06 日

(51)Int. Cl. : G03F1/22 (2012.01)

G03F7/20 (2006.01)

(30)優先權：2021/03/03 美國

63/156,016

2021/07/20 美國

17/380,633

(71)申請人：台灣積體電路製造股份有限公司(中華民國) TAIWAN SEMICONDUCTOR  
MANUFACTURING COMPANY, LTD. (TW)

新竹市新竹科學工業園區力行六路八號

(72)發明人：林明勳 LIN, MING-HSUN (TW)；何宇翔 HO, YU-HSIANG (TW)；陳俊華 CHEN,  
JHUN HUA (TW)；廖啟宏 LIAO, CHI-HUNG (TW)；莊燈貴 CHUANG, TENG  
KUEI (TW)

(74)代理人：李世章；秦建譜

(56)參考文獻：

TW 200426363A

TW 201221943A

CN 1525160A

CN 1534381A

CN 107388976A

審查人員：吳彥華

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：6 共 39 頁

(54)名稱

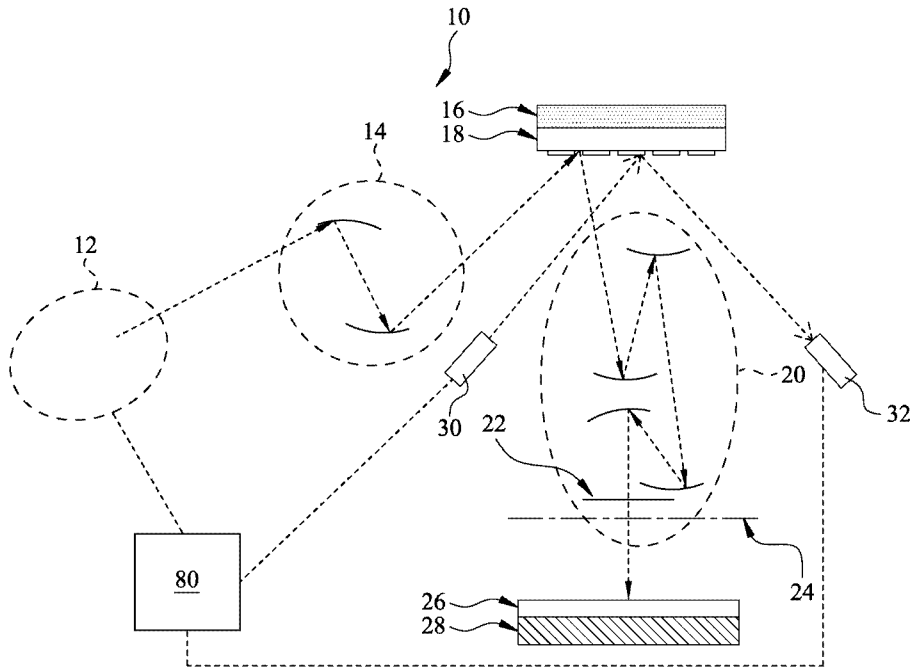
微影方法、微影製程與微影系統

(57)摘要

本揭示案揭示一種微影方法。微影方法包括得到污染層厚度和補償能量之間的關係，其中污染層形成在光罩上且補償能量可移除污染層。微影方法還包括從厚度量測裝置得到第一污染層的第一厚度，其中第一污染層形成在光罩上。微影方法還包括對引導至光罩的光施加第一補償能量，其中藉由得到的關係而計算出第一補償能量。

A lithography method is described. The lithography method includes obtaining a relationship between a thickness of a contamination layer formed on a mask and an amount of compensation energy to remove the contamination layer, obtaining a first thickness of a first contamination layer formed on the mask from a thickness measuring device, and applying first compensation energy calculated from the relationship to a light directed to the mask.

指定代表圖：



第 1 圖

符號簡單說明：

10:微影系統

12:輻射源/光源

14:照明器

16:光罩載台

18:光罩

20:投影光學模組/投影  
光學盒

22:光瞳相位調節器

24:投影光瞳平面

26:基材

28:基材載台

30:光源

32:偵測器

80:控制器

**【中文發明名稱】** 微影方法、微影製程與微影系統

**【英文發明名稱】** LITHOGRAPHY METHOD, LITHOGRAPHY PROCESS AND LITHOGRAPHY SYSTEM

**【中文】**

本揭示案揭示一種微影方法。微影方法包括得到污染層厚度和補償能量之間的關係，其中污染層形成在光罩上且補償能量可移除污染層。微影方法還包括從厚度量測裝置得到第一污染層的第一厚度，其中第一污染層形成在光罩上。微影方法還包括對引導至光罩的光施加第一補償能量，其中藉由得到的關係而計算出第一補償能量。

**【英文】**

A lithography method is described. The lithography method includes obtaining a relationship between a thickness of a contamination layer formed on a mask and an amount of compensation energy to remove the contamination layer, obtaining a first thickness of a first contamination layer formed on the mask from a thickness measuring device, and applying first compensation energy calculated from the relationship to a light directed to the mask.

【指定代表圖】第 1 圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 : 微 影 系 統

1 2 : 輻 射 源 / 光 源

1 4 : 照 明 器

1 6 : 光 罩 載 台

1 8 : 光 罩

2 0 : 投 影 光 學 模 組 / 投 影 光 學 盒

2 2 : 光 瞳 相 位 調 節 器

2 4 : 投 影 光 瞳 平 面

2 6 : 基 材

2 8 : 基 材 載 台

3 0 : 光 源

3 2 : 偵 測 器

8 0 : 控 制 器

【特徵化學式】

無

**【發明說明書】**

**【中文發明名稱】** 微影方法、微影製程與微影系統

**【英文發明名稱】** LITHOGRAPHY METHOD, LITHOGRAPHY PROCESS AND LITHOGRAPHY SYSTEM

**【技術領域】**

**【0001】** 本揭示案實施例是有關於微影方法、微影製程以及應用此微影方法或微影製程的微影系統。

**【先前技術】**

**【0002】** 半導體積體電路 (integrated circuit, IC) 產業已歷經了指數成長。IC 材料及設計的技術性進步已產生了數個世代的 ICs，其中各世代都比前一代具有更小且更複雜的電路。在 IC 演進的歷程中，功能密度 (即單位晶片面積的內連線裝置數目) 通常會增加，而幾何尺寸 (即可使用製程生產的最小元件 (或線)) 卻減少。此微縮化 (scaling down) 的製程通常藉由提高生產效率及降低相關成本來提供效益。此微縮化亦增加 IC 製程的複雜性。

**【0003】** 例如，需要執行更高解析度的微影製程。有一種微影技術是極紫外微影技術 (extreme ultraviolet lithography, EUVL)。極紫外微影技術中採用的掃描器是使用了極紫外 (extreme ultraviolet, EUV) 區域波段的光，其波長大約 1 至 100 奈米。EUV 光源的其中一

種類型是雷射激發電漿 (laser-produced plasma, LPP)。LPP 技術產生 EUV 光線是透過聚焦高能雷射光束至小目標液滴以形成高離子化電漿，其中此高離子化電漿發射出具有最大發光峰值在 13.5 nm 的 EUV 輻射。接著，集光器收集 EUV 光線，以及光學元件反射 EUV 光線至微影曝光目標，例如基材。

【0004】 雖然目前微影設備的方法和設備足以符合原本預期的使用目的，但未必能滿足各方面的要求。因此，為了改善臨界尺寸變異，如何減少 EUV 光罩上的汙染是需解決的問題。

#### 【發明內容】

【0005】 根據本揭示案的一個實施例，一種微影方法包括得到汙染層厚度和補償能量之間的關係，其中汙染層形成在光罩上且補償能量可移除汙染層。微影方法還包括從厚度量測裝置得到第一汙染層的第一厚度，其中第一汙染層形成在光罩上。微影方法還包括對引導至光罩的光施加第一補償能量，其中藉由前述的關係而計算出第一補償能量。

【0006】 根據本揭示案的另一實施例，一種微影製程包括進行微影製程在微影系統中。微影系統包括第一光源、光罩載台、基材載台、以及厚度量測裝置，厚度量測裝置設置以量測汙染層厚度，其中汙染層形成在光罩上且光罩配置在光罩載台上。

【0007】 根據本揭示案的又一實施例，一種微影系統包括光

源、光罩載台、基材載台、以及光罩儲存庫。光罩儲存庫包括數個儲存單元以及第一厚度量測裝置，第一厚度量測裝置設置以量測污染層厚度，其中污染層形成在光罩上且光罩配置在光罩儲存庫中。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0008】

閱讀以下實施方法時搭配附圖以清楚理解本揭示案的觀點。應注意的是，根據業界的標準做法，各種特徵並未按照比例繪製。事實上，為了能清楚地討論，各種特徵的尺寸可能任意地放大或縮小。

第 1 圖根據本揭示案的一些實施例繪示微影系統之示意圖。

第 2 圖根據本揭示案的一些實施例繪示光罩之截面圖。

第 3 圖根據本揭示案的一些實施例繪示污染層厚度和臨界尺寸減少量之間的關係之圖表。

第 4 A 圖至第 4 C 圖根據本揭示案的一些實施例繪示如何使用補償能量以減少臨界尺寸變異之圖表。

第 5 A 圖至第 5 B 圖根據本揭示案的另一些實施例繪示微影系統之示意圖。

第 6 圖根據本揭示案的一些實施例繪示光罩儲存庫之俯視圖。

**【實施方式】**

**【0009】** 以下的揭示內容提供許多不同的實施例或範例，以展示本揭示案的不同特徵。以下將揭示本揭示案各部件及其排列方式之特定範例，用以簡化本揭示案敘述。當然，這些特定範例並非用於限定本揭示案。例如，若是本揭示案以下的發明內容敘述了將形成第一結構於第二結構之上或上方，即表示其包括了所形成之第一及第二結構是直接接觸的實施例，亦包括了尚可將附加的結構形成於上述第一及第二結構之間，則第一及第二結構為未直接接觸的實施例。此外，本揭示案說明中的各式範例可能使用重複的參照符號及/或用字。這些重複符號或用字的目的是在於簡化與清晰，並非用以限定各式實施例及/或所述外觀結構之間的關係。

**【0010】** 再者，為了方便描述圖式中一元件或特徵部件與另一（些）元件或特徵部件的關係，可使用空間相關用語，例如「在...之下」、「下方」、「下部」、「上方」、「上部」及諸如此類用語。除了圖式所繪示之方位外，空間相關用語亦涵蓋使用或操作中之裝置的不同方位。當裝置被轉向不同方位時（例如，旋轉 90 度或者其他方位），則其中所使用的空間相關形容詞亦將依轉向後的方位來解釋。

**【0011】** 第 1 圖根據本揭示案的一些實施例繪示微影系統 10 之示意圖。微影系統 10 可被稱為掃描器 (scanner)，配置的掃描器可依據輻射源和曝光模式進行相應的微影曝光製程。在一些實施例中，微影系統 10 是極紫外微影技術



(extreme ultraviolet lithodgraphy, EUVL)系統。舉例而言，微影系統 10 可設計成使用極紫外 (extreme ultraviolet, EUV)光或 EUV 輻射來曝光光阻。光阻是一種對光敏感的材料。微影系統 10 使用輻射源 12 來產生光，例如波長介於約 1 奈米至約 100 奈米的 EUV 光。在一實例中，輻射源 12 產生波長約 13.5 奈米的 EUV 光。因此，輻射源 12 可為 EUV 輻射源 12。

【0012】 微影系統 10 亦使用照明器(illuminator)14。在一些實施例中，照明器 14 包括各種折射光學元件，例如例如單透鏡或具有複數透鏡(波帶片(zone plate))的透鏡系統，又或者照明器 14 包括各種反射光學元件(針對 EUV 微影系統)，例如單反射鏡或具有複數反射鏡的反射鏡系統。照明器 14 將來自輻射源 12 的光引導至光罩載台 16 上，特別是引導至固定於光罩載台 16 上的光罩 18 上。在本實施例中，輻射源 12 產生波長在 EUV 範圍內的光，照明器 14 使用反射光學元件。在一些實施例中，照明器 14 包括偶極照明組件(dipole illumination component)。

【0013】 在一些實施例中，可操作照明器 14 來配置反射鏡，以將適當之照明提供至光罩 18。舉例而言，可切換照明器 14 之反射鏡以將 EUV 光反射至不同的照明位置。在一些實施例中，在照明器 14 之前的階段可額外包括其他可切換之反射鏡，這些可控的反射鏡與照明器 14 之反射鏡一起將 EUV 光引導至不同之照明位置。在一些實施例中，照明器

14 經配置以提供正軸照明 (on-axis illumination, ONI) 至光罩 18。在一例子中，使用具有最多為 0.3 之部分同調性 (partial coherence) 的盤形 (disk) 照明器 14。在一些其他的實施例中，照明器 14 經配置以提供離軸照明 (off-axis illumination, OAI) 提供至光罩 18。在一例子中，照明器 14 為偶極照明器。在一些實施例中，偶極照明器之部分同調性最多為 0.3。

**【0014】** 光罩載台 16 經配置以固定光罩 18。在一些範例中，光罩載台 16 包括靜電夾盤 (electrostatic chuck, e-chuck) 以固定光罩 18。由於氣體分子吸收 EUV，因此使用 EUVL 圖案化的微影系統需保持在真空環境中以避免 EUV 強度損失。本揭示案中，術語遮罩 (mask)、光罩 (photomask) 及倍縮光罩 (reticle) 可互換使用以指稱相同的物件。將在第 2 圖中詳細描述光罩 18。

**【0015】** 微影系統 10 可包括投影光學模組 (或投影光學盒 (projection optics box, POB) 20 設置以將光罩 18 的圖案 52 成像在基材 26 上，其中基材 26 固定於微影系統 10 的基材載台 28 上。在一些實施例中，投影光學模組 20 包括折射光學件 (例如用於紫外 (ultraviolet, UV) 微影系統) 或反射光學件 (例如用於 EUV 微影系統)。光經過光罩 18、產生不同的繞射階級 (diffraction order) 並帶著圖案 52 的影像後、集中於投影光學模組 20。投影光學模組 20 的放大倍率小於 1 (因此，在目標 (例如後續所述之基材 26) 上的成像尺寸會小於光罩 18 上的對應物件尺寸)。

照明器 14 和投影光學模組 20 可被合稱為微影系統 10 的光學模組。

【0016】 微影系統 10 可包括光瞳相位調節器 (pupil phase modulator) 22 以調節從光罩 18 導來的光之相位，使得光在投影光瞳平面 (projection pupil plane) 24 上具有相位分佈 (phase distribution)。光學模組中具有一平面，此平面的場分布 (field distribution) 對應於物件 (在本例子中為光罩 18) 之傅立葉轉換 (Fourier Transform)。此平面被稱為投影光瞳平面。光瞳相位調節器 22 提供一種調節投影光瞳平面 24 上的光之相位的機制。在一些實施例中，光瞳相位調節器 22 包括一種調整投影光學模組 20 之反射鏡以調節相位的機制。舉例而言，投影光學模組 20 之反射鏡是可切換的並且經控制來反射 EUV 光，藉此調節經過投影光學模組 20 的光之相位。

【0017】 在一些實施例中，光瞳相位調節器 22 使用光瞳濾光片 (pupil filter)，其放置於投影光瞳平面 24 上。光瞳濾光片過濾掉來自光罩 18 之 EUV 光之特定的空間頻率分量 (spatial frequency components)。尤其是，光瞳濾光片為相位光瞳濾光片，其功能在於調節光的相位分佈，其中光經引導通過投影光學模組 20。然而，由於各種材料都會吸收 EUV 光，所以相位光瞳濾光片在一些微影系統 (例如 EUV 微影系統) 中受到使用上的限制。

【0018】 如前文所述，微影系統 10 亦包括基材載台 28 以固定住待圖案化的基材 26。基材 26 可為半導體基材。在

一些實施例中，基材 26 為矽基材或其他類型之半導體基材。基材上塗佈對輻射敏感之光阻層(resist layer)，在一些實施例中，輻射例如極紫外光。

【0019】 第 2 圖根據本揭示案的一些實施例繪示光罩 18 之截面圖。在一些實施例中，微影系統 10 是 EUVL 系統而光罩 18 是反射式光罩。如第 2 圖所示，光罩 18 包括基材 40。基材 40 可由任何合適的材料製成，例如低熱膨脹材料(low thermal expansion material, LTEM)或石英(fused quartz)。舉例來說，基材 40 的材料包括二氧化鈦( $TiO_2$ )、摻雜的二氧化矽( $SiO_2$ )、或其他具有低熱膨脹係數的合適材料。光罩 18 可進一步包括沉積在基材 40 上的反射多層膜(multiple layer)42。反射多層膜 42 可包括交錯的薄膜 44/46。在一些實施例中，薄膜 44/46 可包括任何高度反射 EUV 光之合適材料。光罩 18 可進一步包括覆蓋層 48，例如鈦(ruthenium, Ru)形成的覆蓋層 48，覆蓋層 48 沉積在反射多層膜 42 上以提供保護的作用。光罩 18 可進一步包括沉積在反射多層膜 42 上的吸收層 50，例如氮化鉭硼(tantalum boron nitride(TaBN))層。吸收層 50 具有圖案 52 用以定義積體電路(integrated circuit, IC)層。在一些實施例中，光罩 18 包括背側導電塗層 54。或者，可在反射多層膜 42 上沉積另外的反射層，且圖案化這個另外的反射層以定義積體電路層，由此形成 EUV 相位偏移光罩(phase shift mask)。

【0020】 如果在製程中未使用光罩 18，於一段時間後，污染層 56 可能會形成在吸收層 50 的上方，如第 2 圖所示。污染層 56 可能包括碳及 / 或氧。舉例來說，當光罩 18 可能在微影製程中或光罩儲存庫中閒置(idle)時，吸收層 50 可能發生局部氧化，而氧化的部分可能形成了污染層 56。當使用附有污染層 56 的光罩 18 於製程中，污染層 56 可能導致 EUV 曝光的臨界尺寸減少。可藉由提升從光源 12 發出的光的能量來移除污染層 56。然而，在一些其他的實施例中，如果污染層 56 的厚度比預期的薄，則過高的光能量可能會對形成在基材 26 上的圖案產生負面影響，因此，當移除污染層 56 時，使用模擬基材(dummy substrate)。為了降低模擬基材的使用率從而提升生產率(throughput)，厚度量測裝置配置在微影系統 10 中。

【0021】 重新參照第 1 圖，微影系統 10 進一步包括光源 30 和偵測器 32，如第 1 圖所示。光源 30 和偵測器 32 可為厚度量測裝置的一部分，以量測形成在光罩 18 上的污染層 56 的厚度。裝置可以是任何合適的厚度量測裝置。舉例來說，裝置可使用橢圓偏光儀(ellipsometry)來以量測形成在光罩 18 上的污染層 56 的厚度。橢圓偏光儀是一種檢測薄膜特性的光學技術，可用來檢測厚度或深度。入射光與污染層 56 交互作用之後，偏極態(polarization)的改變可作為分析訊號。原因是偏極態的改變隨污染層 56 的厚度而變。在一些實施例中，光源 30 可能是可見光光源或非可見光光源。例如，光源 30 為雷射。光源 30 可產生具有

一或多個波長的光，並且產生出的光將引導至光罩 18 並自光罩 18 反射。反射的光可被偵測器 32 所測得，因此可量測出污染層 56 的厚度。厚度量測裝置的其他組件(未繪出)可包括偏光片(polarizer)和分析器。

【0022】 前述的厚度量測裝置應用橢圓偏光儀來量測污染層 56 的厚度。在一些實施例中，厚度量測裝置可應用其他類型的厚度量測技術，例如干涉儀(interferometry)、反射儀(reflectometry)、皮秒超音波儀(picosecond ultrasonics)、原子力顯微鏡(atomic force microscopy, AFM)、掃描式穿隧顯微鏡(scanning tunneling microscopy, STM)、掃描式電子顯微鏡(scanning electron microscopy, SEM)、穿透式電子顯微鏡(transmission electron microscopy, TEM)、或其他合適的技術。

【0023】 厚度量測裝置(即，光源 30 和偵測器 32)電性連接控制器 80，如第 1 圖所示。控制器 80 可控制厚度量測裝置。控制器 80 亦可電性連接光源 12 以控制光源 12 發出的光的能量。控制器 80 可具有處理器、記憶體、發射器、以及接收器。在一些實施例中，配置的控制 80 可收集並分析來自厚度量測裝置(即，光源 30 和偵測器 32)的厚度資料，並決定是否對光源 12 發出的光施加補償能量。控制器 80 亦可決定對光源 12 發出的光施加多少的補償能量。舉例來說，如果光源 12 發出的光的能量設定為 X 毫焦耳(mJ)並且控制器 80 決定對光源 12 發出的光的能量施加 Y

份量的補償能量，則控制器 80 將使光源 12 發出的光的能量提升至  $X + Y$  mJ。不同類型的光罩 18 所得到的資料可決定補償能量的多寡。

【0024】 第 3 圖根據本揭示案的一些實施例繪示污染層 56 厚度和圖案中的臨界尺寸減少量之間的關係之圖表，其中圖案形成於基材 26 上。如第 3 圖所示，針對第一種類型的光罩 18，例如 A 型光罩，10 個資料點顯示污染層 56 厚度的增加可導致圖案中的臨界尺寸的減少 ( $y$  軸上的正數)，其中圖案是使用第一種類型的光罩 18 而形成在基材 26 上。配適線 (fitted line) 302 顯示污染層 56 厚度和臨界尺寸減少量之間的第一關係。針對第二種類型的光罩 18，例如 B 型光罩，10 個資料點顯示污染層 56 厚度的增加可導致圖案中的臨界尺寸的減少，其中圖案是使用第二種類型的光罩 18 而形成在基材 26 上。配適線 304 顯示污染層 56 厚度和臨界尺寸減少量之間的第二關係。如第 3 圖所示，第一關係不同於第二關係。因此，針對不同類型的光罩 18，污染層 56 厚度和臨界尺寸減少量之間可能表現出不同的關係。關係可能是線性、二次方、三次方、或是其他適當的關係。在一些實施例中，對於某些類型的光罩 18，污染層 56 厚度和臨界尺寸減少量之間的關係是  $y = K / (1 + b e^{-a x})$ ，其中  $x$  是污染層 56 厚度， $a$ 、 $b$ 、和  $K$  是配適線 (例如配適線 302 或 304) 的常數，以及  $y$  是臨界尺寸減少量。

【0025】 在確認每種類型的光罩 18 中污染層 56 厚度和臨

界尺寸減少量之間的關係之後，可確定臨界尺寸減少量與補償能量之間的關係。舉例而言，臨界尺寸減少量與補償能量之間的關係可能是當臨界尺寸每減少 1 奈米時，則施加 1 mJ 的補償能量。在一些實施例中，臨界尺寸減少量與補償能量之間的關係是  $y = x$ ，其中  $y$  是補償能量， $x$  是臨界尺寸減少量。如此一來，對於其中一種類型的光罩 18，污染層 56 厚度和補償能量之間的關係是  $y = K / (1 + b e^{-a x})$ ，其中  $x$  是污染層 56 厚度， $a$ 、 $b$ 、和  $K$  是配適線(例如配適線 302 或 304)的常數，以及  $y$  是補償能量。

**【0026】** 重新參照第 1 圖，污染層 56 厚度和待施加的補償能量之間的關係儲存在控制器 80 中，控制器 80 可使用厚度資訊和前述的關係來調控光源 12 所發出的光的能量。例如，控制器 80 接收來自厚度量測裝置(即，偵測器 32)的訊號並分析出污染層 56 的厚度。依據儲存在控制器 80 內的關係，例如關係為  $y = K / (1 + b e^{-a x})$  其中  $x$  是污染層 56 厚度以及  $a$ 、 $b$ 、和  $K$  是配適線的常數，控制器 80 可計算出補償能量  $y$  的數值。接著，控制器 80 調控光源 12 以使其發出的光的能量提高，並且提高量可等於補償能量  $y$ 。在施加補償能量之後，當光源 12 發出的光到達光罩 18 時可移除污染層 56。在一些實施例中，在對基材 26 進行操作之前，量測污染層 56 的厚度。舉例來說，在對基材 26 進行操作之前，使用厚度量測裝置確認污染層 56 是否形成在光罩 18 上，如果污染層 56 形成在光罩 18 上，則量測污染層 56 厚度。當污染層 56 厚度大於臨界值時，在對基



材 26 進行操作的過程中，施加補償能量至光源 12 發出的光。可在對每個基材 26 進行操作之前，使用厚度量測裝置。厚度量測裝置可對光罩 18 執行原位 (*in-situ*) 檢測。在一些實施例中，可在對一組 (一批) 基材 26 進行操作之前，先量測污染層 56 厚度。

【0027】 第 4 A 圖至第 4 C 圖根據本揭示案的一些實施例繪示如何使用補償能量以降低一組基材 (例如，基材 26) 中的臨界尺寸變異之圖表。如第 4 A 圖所示，在未使用補償能量的情況下，對一組基材 26，或一組晶圓，搭配光罩 18 進行操作。一組基材 26 可包括任何大於 1 的數量的基材 26。在一些實施例中，一組基材 26 包括 151 個基材。基材 26 的臨界尺寸如線 402 所標示。線 402 (即，基材 26 上的圖案的臨界尺寸) 具有高標準差 (三個標準差 ( $3\sigma$ ) 約為 0.31)。具體而言，第 1 個晶圓的臨界尺寸較小是因為光罩 18 處在閒置狀態 (例如在移入微影腔室之前光罩 18 存放於光罩儲存庫中)，第 19 個晶圓的臨界尺寸較小是因為光罩 18 經過約 8 小時的閒置，第 121 個晶圓的臨界尺寸較小是因為光罩 18 經過約 41 小時的閒置，以及第 151 個晶圓的臨界尺寸較小是因為光罩 18 經過約 11 小時的閒置。如前所述，處在閒置狀態的光罩 18 是造成污染層 56 形成的原因。污染層 56 可導致基材 56 上的圖案的臨界尺寸減少。因為上述的四個資料點呈現較小的臨界尺寸，因此這一組基材 26 的臨界尺寸的整體一致性下降 (即，較高標準差)。特定類型光罩 18 的臨界尺寸之行為模式將以線

402 的形式儲存在控制器 80 (見第 1 圖) 內。

【0028】 第 4B 圖根據本揭示案的一些實施例繪示如何使用補償能量。在已知特定光罩 18 中的污染層 56 厚度和補償能量之間的關係 (例如關係為  $y = K / (1 + b e^{-a x})$  其中  $x$  是污染層 56 厚度,  $a$ 、 $b$ 、和  $K$  是配適線 (如第 3 圖的配適線 302 或 304) 的常數, 以及  $y$  為補償能量) 的狀況下, 對一組基材 26 中的一或多個基材 26 進行操作的同時, 可對光源 12 發出的光施加補償能量。右側  $y$  軸對應於線 404, 其標示光罩 18 的閒置時間。閒置的光罩 18 可位於微影系統 10 或光罩儲存庫 600 (見第 6 圖) 中。左側  $y$  軸對應於線 406, 其標示所施加的補償能量。舉例來說, 在對第 1 個基材 26 進行操作之前光罩 18 閒置約 11 小時, 並且, 在對第 1 個基材 26 進行操作之前, 先使用厚度量測裝置 (即, 光源 30 和偵測器 32) 來量測形成在光罩 18 上的污染層 56 厚度。藉由污染層 56 厚度以及污染層 56 厚度和補償能量之間的關係, 控制器 80 (見第 1 圖) 可控制光源 12 (見第 1 圖) 發出已施加補償能量的光。施加的補償能量可見於線 406, 其呈現出遞減至 0 的趨勢。遞減的模式是依據第 4A 圖中線 402 呈現的臨界尺寸之行為模式。基材 26 的臨界尺寸隨著基材 26 的操作而遞增, 這表示在未施加補償能量的情況下光源 12 發出的光可逐漸地移除污染層 56。因此, 補償能量的遞減趨勢可避免臨界尺寸驟增並且幫助移除污染層 56。

【0029】 控制器 80 可根據儲存的臨界尺寸之行為模式來判

斷何時施加補償能量至光源 12 (見第 1 圖) 發出的光。舉例來說，線 402 (見第 4A 圖) 顯示在第 19 個基材 26 之前光罩 18 閒置約 8 小時，並且第 19 個基材 26 的臨界尺寸大幅度地減少。8 小時的閒置導致污染層 56 形成在光罩 18 上，因此，為了逐步地移除此污染層 56，當對第 19 個基材 26 進行操作時，控制器 80 對光施加補償能量。同樣地，為了移除污染層 56 且同時不使臨界尺寸驟增，補償能量將逐步減少至 0。

**【0030】** 同樣地，在對第 121 個基材 26 進行操作之前光罩 18 閒置約 41 小時且污染層 56 在 41 小時的閒置中形成，因此，為了逐步地移除此污染層 56，當對第 121 個基材 26 進行操作時，控制器 80 對光施加補償能量。接下來，在對第 151 個基材 26 進行操作之前光罩 18 閒置約 11 小時且污染層 56 在 11 小時的閒置中形成，因此，為了逐步地移除此污染層 56，當對第 151 個基材 26 進行操作時，控制器 80 對光施加補償能量。

**【0031】** 第 4C 圖根據本揭示案的一些實施例繪示在根據第 4B 圖所述的方法使用補償能量的情況下，一組基材 (例如，基材 26) 中的臨界尺寸變異之圖表。如第 4C 圖所示，基材 26 的臨界尺寸如線 408 所標示。相較於線 402 的標準差 (見第 4A 圖)，線 408 (即，基材 26 上的圖案的臨界尺寸) 具有較低標準差 (三個標準差 ( $3\sigma$ ) 約為 0.20)。

**【0032】** 第 4A 圖至第 4C 圖所示之實施例說明一種方法：在對一組基材 26 進行操作之前先量測形成在光罩 18 上的

汙染層 56 厚度。如果汙染層 56 厚度大於臨界值，則在對第一子組基材 26 進行操作的過程中施加補償能量，並且補償能量將逐步減少至 0。未施加補償能量的臨界尺寸變異資料儲存於控制器 80 中，隨後，控制器 80 可根據儲存的臨界尺寸變異資料來判斷何時施加補償能量。換言之，每一組基材 26 只使用一次厚度量測裝置。

【0033】 第 5A 圖至第 5B 圖根據本揭示案的另一些實施例繪示微影系統 10 之示意圖。在一些如第 5A 圖所示的實施例中，微影系統 10 包括裝載埠 (load port) 101、傳輸模組 (transferring module) 102、運送載台 104、製程裝置 105 以及控制器 107。微影系統 10 的組件可額外增加或略過，並不以本揭示案之實施例為限。在一些實施例中，微影系統 10 為 EUVL 系統並且製程裝置 105 為 EUVL 裝置。

【0034】 傳輸模組 102 配置以在裝載埠 101 和運送載台 104 之間傳送光罩 200。光罩 200 可能是第 1 圖所示之光罩 18。在一些實施例中，傳輸模組 102 設置在裝載埠 101 和運送載台 104 之間。傳輸模組 102 可包括控制線路 1021 和機械手臂 1023。控制線路 1021 配置以產生電子訊號給機械手臂 1023，藉此控制機械手臂 1023 傳送光罩 200。在一些實施例中，機械手臂 1023 可包括六軸機械手臂 (six-axis robot manipulator)，配置以夾持光罩 200。

【0035】 在一些實施例中，使用運送載台 104 將光罩 200

運送至製程裝置 105 內。如第 5A 圖所示，製程裝置 105 可包括微影腔室 105A 以及裝置腔室 105B。一或多個開口 105C 形成在腔室壁上，其中腔室壁分隔微影腔室 105A 以及裝置腔室 105B。微影腔室 105A 可包含光罩載台 300、基材載台 1051 以支撐基材 400、以及投影光學模組 260(或稱為投影光學盒 (projection optics box, POB))。基材 400 可能是基材 26、光罩載台 300 可能是光罩載台 16、基材載台 1051 可能是基材載台 28、而投影光學模組 260 可能是投影光學模組 20，如第 1 圖所述。

**【0036】** 在一些如第 5A 圖所示之實施例中，裝置腔室 105B 內設置有光源 250 和厚度量測裝置 265。光源 250 可能是如第 1 圖所示的輻射源 12，而厚度量測裝置 265 可能是如第 1 圖所述的厚度量測裝置(即，光源 30 和偵測器 32)。在一些實施例中，厚度量測裝置 265 包括光源、偵測器和其他元件(例如光源元件)。厚度量測裝置 265 配置以原位(in-situ)量測污染層 56 厚度，其形成在光罩 200 上。厚度量測裝置 265 的操作方式相同於第 1 圖所述的厚度量測裝置的操作方式。光罩載台 300 耦接至軸 270，配置的軸 270 使光罩載台 300 傾斜於基準平面，此基準平面大致上平行於基材載台 1051 的頂表面。第 5A 圖的光罩載台 300 的位置是依微影製程而配置，其中光從光源 250 發生，然後光到達光罩 200 並反射至基材 400。在第 5B 圖所示之實施例中，傾斜的光罩載台 300 朝向厚度量測裝置 265 以使厚度量測裝置 265 量測光罩 200 上的汙

染層 56 厚度。藉由軸 270 使光罩載台 300 傾斜可讓厚度量測裝置 265 的光源和偵測器保持在相同位置。在對每一個基材 400 或一組基材 400 進行操作之前，可先傾斜光罩載台 300 以使厚度量測裝置 265 量測光罩 200。

【0037】 如第 5A 圖和第 5B 圖所示，微影系統 10 可進一步包括控制器 107 以控制微影系統 10 的操作。控制器 107 可能是如第 1 圖所述的控制器 80。在一些實施例中，控制器 107 接收來自厚度量測裝置 265 的光罩 200 上的污染層 56 厚度，並且控制光源 250，如此一來，可對光源 250 發出的光施加補償能量藉此移除污染層 56。如前文所述，在對每一個基材 400 或每一組基材 400 進行操作之前，可先使用厚度量測裝置 265 量測光罩 200。

【0038】 第 6 圖根據本揭示案的一些實施例繪示光罩儲存庫 600 之俯視圖。光罩儲存庫 600 可能是微影系統 10 的一部分。如第 6 圖所示，光罩儲存庫 600 包括一或多個儲存單元 602 之陣列。每個儲存單元 602 可設置成儲存一或多個光罩 18 (或光罩 200)。門架 (gantry) 604 設置在儲存單元 602 陣列之間的空間之上方。門架 604 包括軌道 (rail) 606，由支撐件 608 所支撐。機械手臂 610 配置在門架 604 的軌道 606 上。配置的機械手臂 610 可運送光罩 18 進出光罩儲存庫 600。光罩儲存庫 600 進一步包括載台 612 和厚度量測裝置 614。在光罩 18 被置入製程裝置 105 (見第 5A 圖和第 5B 圖) 之前，可先使用機械手臂 610 將光罩 18 (或光罩 200) 放置在載台 612 上，並且厚

度量測裝置 614 量測形成在光罩 18 上的污染層 56 厚度。厚度量測裝置 614 可能是如第 5A 圖和第 5B 圖所述的厚度量測裝置 265。厚度量測裝置 614 可電性連接控制器，例如控制器 80 或控制器 107，並傳送厚度資料給控制器。在已知污染層 56 厚度的情況下，控制器可對光施加補償能量以移除光罩 18 上的污染層 56。

**【0039】** 厚度量測裝置(例如光源 30 和偵測器 32，見第 1 圖)，厚度量測裝置 265(見第 5A 圖和第 5B 圖)、或厚度量測裝置 614(見第 6 圖)可用來量測形成在光罩 18(或光罩 200)上的污染層 56 厚度。在對每一個基材 26(或基材 400)或每一組基材 26(或基材 400)進行操作之前及/或過程中，可對光施加補償能量以自光罩 18(或光罩 200)移除污染層 56。可在如第 1 圖、第 5A 圖和第 5B 圖所示的製程裝置中或如第 6 圖所示的光罩儲存庫 600 中量測污染層 56 厚度。可在光罩 18(或光罩 200)從光罩儲存庫 600 移至製程裝置之沿途的任何位置中量測污染層 56 厚度。在一些實施例中，厚度量測裝置可設置在運送載台 104 上(見第 5A 圖和第 5B 圖)。在一些實施例中，在沿著光罩 18 的輸送路徑上設置多個厚度量測裝置。舉例來說，可同時使用厚度量測裝置 614 和厚度量測裝置 265。

**【0040】** 本揭示案的各種實施例提供一種微影系統，包括厚度量測裝置以量測形成在光罩上的污染層厚度。厚度量測裝置可設置在製程裝置或光罩儲存庫中。厚度資料可轉換成補償能量的訊號，並且，在每一次曝光(基材之間)或每

一組曝光(批次之間)之前，對光施加補償能量。部分實施例可具有優勢。舉例來說，臨界尺寸的變異性可獲得改善。再者，無模擬基材的使用從而提升生產率。

**【0041】** 一實施例提供一種微影方法。微影方法包括得到污染層厚度和補償能量之間的關係，其中污染層形成在光罩上且補償能量可移除污染層。微影方法還包括從厚度量測裝置得到第一污染層的第一厚度，其中第一污染層形成在光罩上。微影方法還包括對引導至光罩的光施加第一補償能量，其中藉由前述的關係而計算出第一補償能量。

**【0042】** 在一些實施例中，微影方法進一步包括使用厚度量測裝置量測第一污染層的第一厚度。在一些實施例中，在製程裝置中量測第一污染層的第一厚度。在一些實施例中，在光罩儲存庫中量測第一污染層的第一厚度。在一些實施例中，微影方法進一步包括在施加第一補償能量之後形成第二污染層在光罩上，其中第二污染層在光罩閒置一段時間的過程中形成。在一些實施例中，一段時間大於約 8 小時。在一些實施例中，在光罩閒置的過程中，光罩設置於微影系統中。在一些實施例中，微影方法進一步包括對引導至光罩的第二光施加第二補償能量，其中藉由前述關係而計算出第二補償能量。在一些實施例中，第一補償能量不同於第二補償能量。

**【0043】** 另一實施例提供一種微影製程。製程包括進行微影製程在微影系統中。微影系統包括第一光源、光罩載台、基材載台、以及厚度量測裝置，厚度量測裝置設置以量測



汙染層厚度，其中汙染層形成在光罩上且光罩配置在光罩載台上。

**【0044】** 在一些實施例中，厚度量測裝置包括第二光源和偵測器。在一些實施例中，微影製程進一步包括配置在第一光源和光罩載台之間的照明器、設置在光罩載台和基材載台之間投影光學盒、以及控制器，控制器電性連接第一光源、第二光源和偵測器。在一些實施例中，光罩載台和基材載台設置在微影腔室中，並且第一光源和厚度量測裝置設置在裝置腔室中，裝置腔室相鄰於微影腔室。在一些實施例中，微影製程進一步包括傳輸模組和運送載台，其中運送載台設置在傳輸模組和微影腔室之間。在一些實施例中，微影製程進一步包括耦接光罩載台的軸，其中軸設置以使光罩載台傾斜於一平面，此平面大致上平行於基材載台的頂表面。在一些實施例中，微影製程是極紫外微影製程。

**【0045】** 又一實施例提供一種微影系統。微影系統包括光源、光罩載台、基材載台、以及光罩儲存庫。光罩儲存庫包括數個儲存單元以及第一厚度量測裝置，第一厚度量測裝置設置以量測汙染層厚度，其中汙染層形成在光罩上且光罩配置在光罩儲存庫中。

**【0046】** 在一些實施例中，微影系統進一步包括配置在光源和光罩載台之間的照明器、設置在光罩載台和基材載台之間的投影光學盒、以及控制器，其中控制器電性連接光源和第一厚度量測裝置。在一些實施例中，光罩載台和基材

載台設置在微影腔室中，並且光源設置在裝置腔室中，裝置腔室相鄰於微影腔室。在一些實施例中，微影系統進一步包括第二厚度量測裝置，設置在裝置腔室中，其中第二厚度量測裝置電性連接控制器。

**【0047】** 以上概略說明了本揭示案數個實施例的特徵，使所屬技術領域內具有通常知識者對於本揭示案可更為容易理解。任何所屬技術領域內具有通常知識者應瞭解到本揭示案可輕易作為其他結構或製程的變更或設計基礎，以進行相同於本揭示案實施例的目的及/或獲得相同的優點。任何所屬技術領域內具有通常知識者亦可理解與上述等同的結構並未脫離本揭示案之精神及保護範圍內，且可在不脫離本揭示案之精神及範圍內，可作更動、替代與修改。

### **【符號說明】**

#### **【0048】**

- 1 0 : 微影系統
- 1 2 : 輻射源 / 光源
- 1 4 : 照明器
- 1 6 : 光罩載台
- 1 8 : 光罩
- 2 0 : 投影光學模組 / 投影光學盒
- 2 2 : 光瞳相位調節器
- 2 4 : 投影光瞳平面
- 2 6 : 基材

- 2 8 : 基材載台
- 3 0 : 光源
- 3 2 : 偵測器
- 4 0 : 基材
- 4 2 : 反射多層膜
- 4 4 : 薄膜
- 4 6 : 薄膜
- 4 8 : 覆蓋層
- 5 0 : 吸收層
- 5 2 : 圖案
- 5 4 : 背側導電塗層
- 5 6 : 汙染層
- 8 0 : 控制器
- 1 0 1 : 裝載埠
- 1 0 2 : 傳輸模組
- 1 0 4 : 運送載台
- 1 0 5 : 製程裝置
- 1 0 5 A : 微影腔室
- 1 0 5 B : 裝置腔室
- 1 0 5 C : 開口
- 1 0 7 : 控制器
- 2 0 0 : 光罩
- 2 5 0 : 光源
- 2 6 0 : 投影光學模組 / 投影光學盒

265: 厚度量測裝置

270: 軸

300: 光罩載台

302: 配適線

304: 配適線

400: 基材

402: 線

404: 線

406: 線

408: 線

600: 光罩儲存庫

602: 儲存單元

604: 門架

606: 軌道

608: 支撐件

610: 機械手臂

612: 載台

614: 厚度量測裝置

1021: 控制線路

1023: 機械手臂

1051: 基材載台

## 【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)

無

國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

**【發明申請專利範圍】 111年9月27日修正本**

**【請求項 1】** 一種微影方法，包括：

得到一污染層的厚度和一補償能量之間的一關係，其中該污染層形成在一光罩上且該補償能量移除該污染層；

從一厚度量測裝置得到一第一污染層的一第一厚度，其中該第一污染層形成在該光罩上；以及

對由一光源所產生且引導至該光罩的一第一光施加一第一補償能量，其中藉由該第一污染層的該第一厚度以及該關係而計算出該第一補償能量。

**【請求項 2】** 如請求項 1 所述之微影方法，進一步包括在施加該第一補償能量之後形成一第二污染層在該光罩上，其中該第二污染層在該光罩閒置一時間的過程中形成。

**【請求項 3】** 如請求項 2 所述之微影方法，進一步包括對由該光源所產生且引導至該光罩的一第二光施加一第二補償能量，其中藉由該第二污染層的一第二厚度以及該關係而計算出該第二補償能量。

**【請求項 4】** 如請求項 3 所述之微影方法，其中該第一補償能量不同於該第二補償能量。

**【請求項 5】** 一種微影製程，包括：

進行該微影製程在一微影系統中，其中該微影系統包

括：

一第一光源；

一光罩載台；

一基材載台；

一厚度量測裝置，設置以量測一污染層的一厚度，其中該污染層形成在一光罩上且該光罩配置在該光罩載台上，其中該厚度量測裝置包括一第二光源和一偵測器；以及

一控制器，電性連接該第一光源、該第二光源和該偵測器，其中該控制器收集並分析來自該第二光源和該偵測器的厚度資料，並決定是否對該第一光源發出的光施加補償能量以及決定對該第一光源發出的光施加多少的補償能量。

**【請求項 6】**如請求項 5 所述之微影製程，進一步包括一軸，該軸耦接該光罩載台，其中該軸設置以使該光罩載台傾斜於一平面，該平面大致上平行於該基材載台的一頂表面。

**【請求項 7】**一種微影系統，包括：

一光源；

一光罩載台；

一基材載台；以及

一光罩儲存庫，包括：

複數個儲存單元；以及

一第一厚度量測裝置，設置以量測一污染層的一厚度，其中該污染層形成在一光罩上且該光罩配置在該光罩儲存庫中。

【請求項 8】如請求項 7 所述之微影系統，進一步包括：

一照明器，配置在該光源和該光罩載台之間；

一投影光學盒，設置在該光罩載台和該基材載台之間；

以及

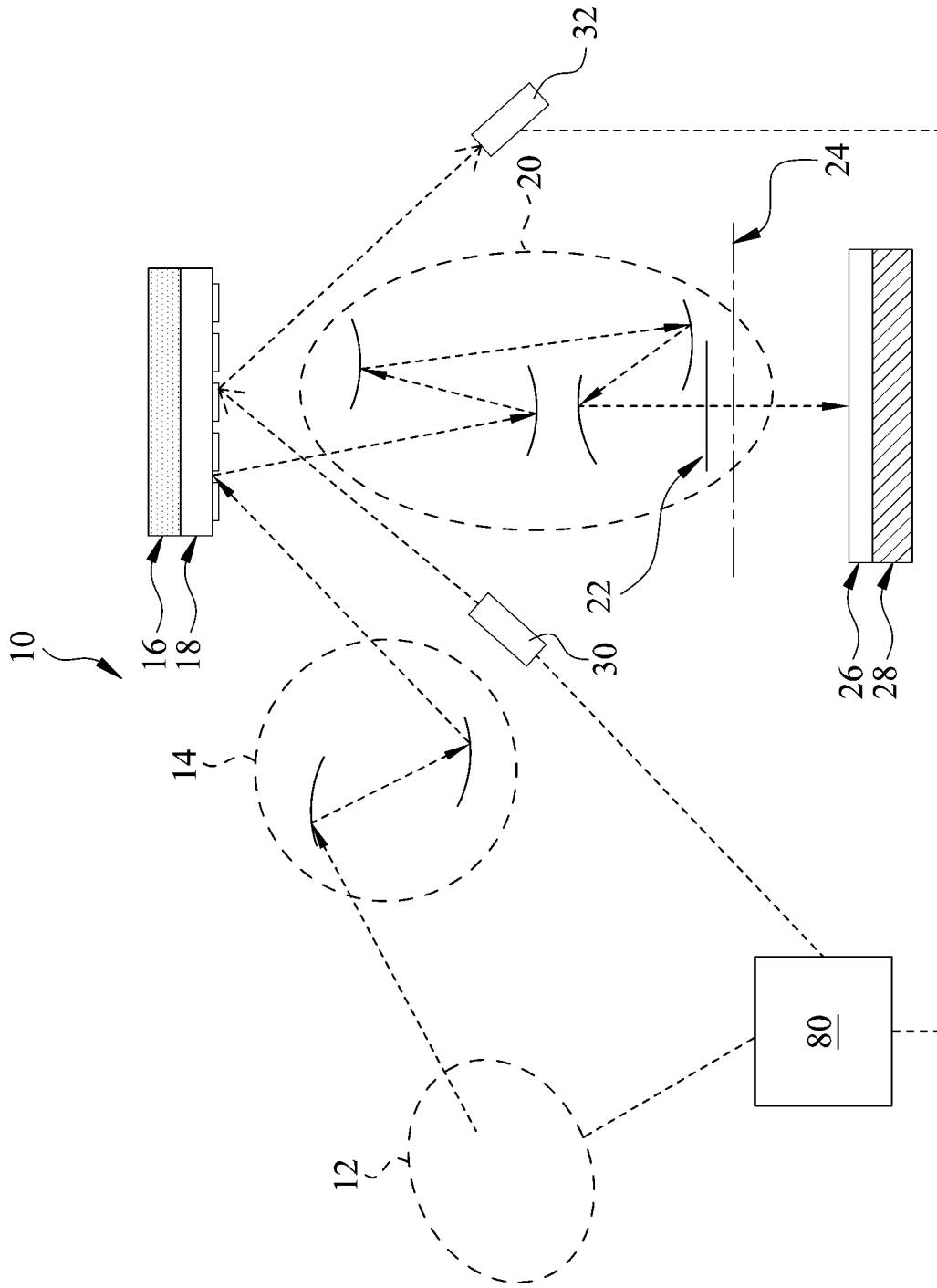
一控制器，電性連接該光源和該第一厚度量測裝置。

【請求項 9】如請求項 8 所述之微影系統，其中該光罩載台和該基材載台設置在一微影腔室中，並且該光源設置在一裝置腔室中，該裝置腔室相鄰於該微影腔室。

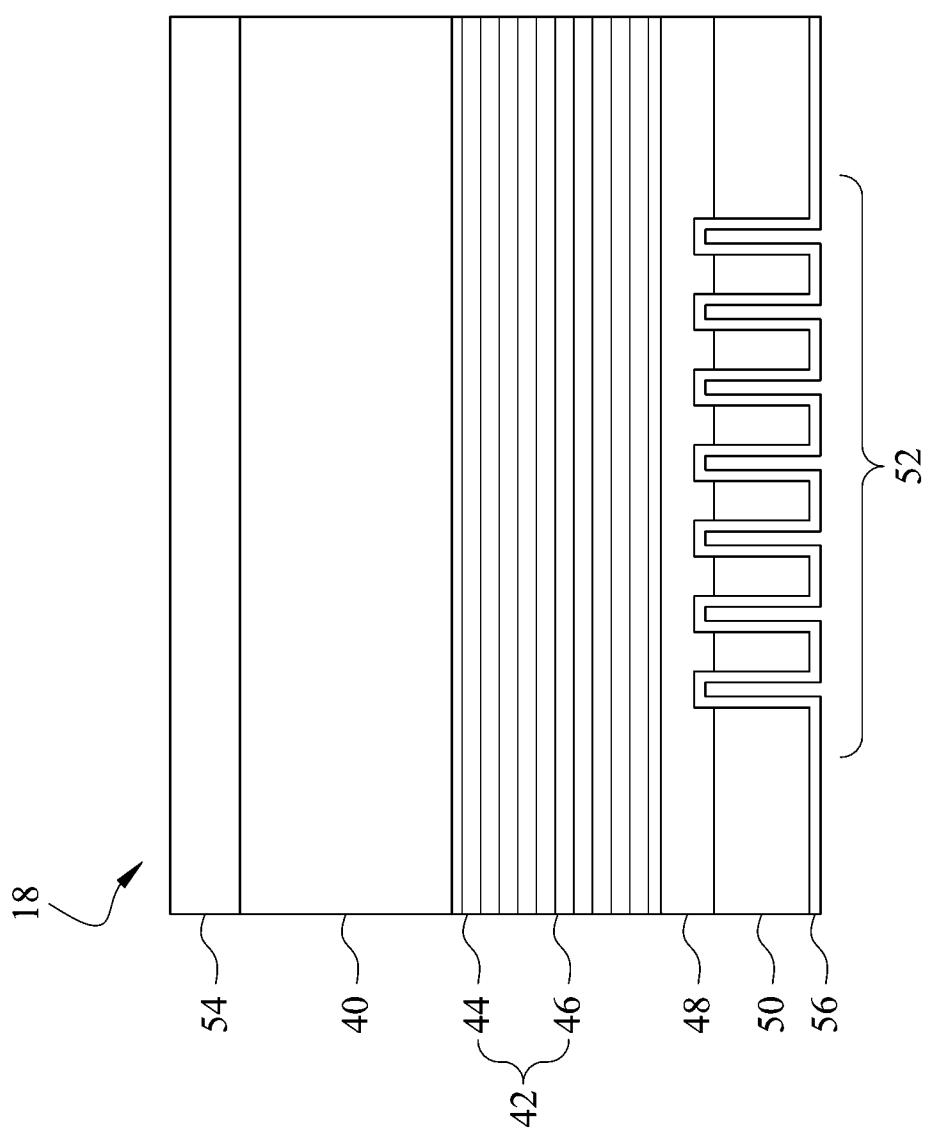
【請求項 10】如請求項 9 所述之微影系統，進一步包括一第二厚度量測裝置，設置在該裝置腔室中，其中該第二厚度量測裝置電性連接該控制器。



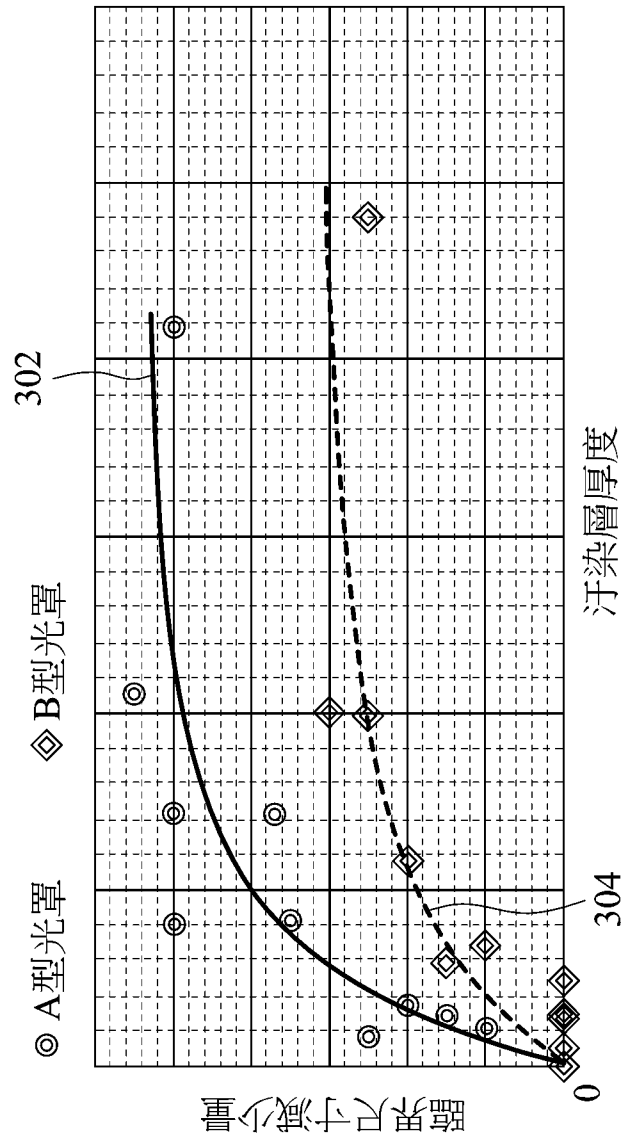
【發明圖式】



第 1 圖

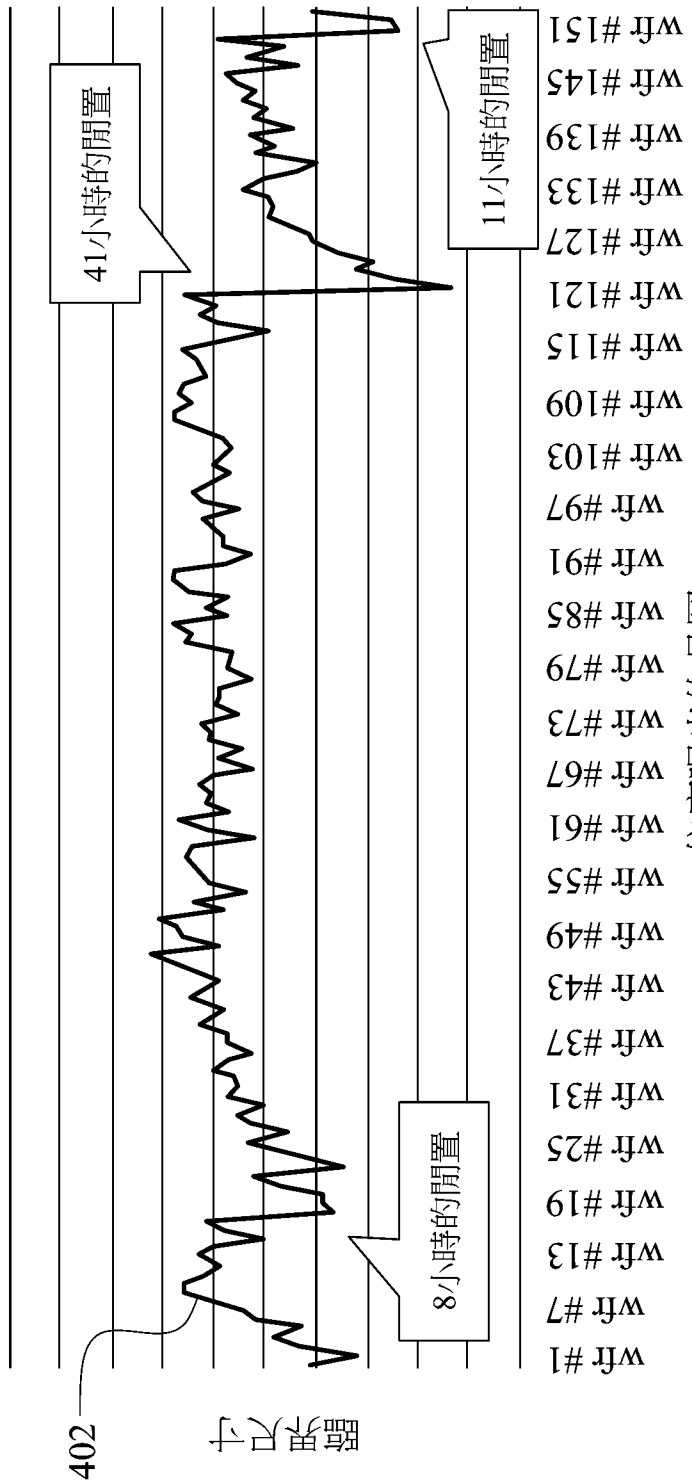


第 2 圖



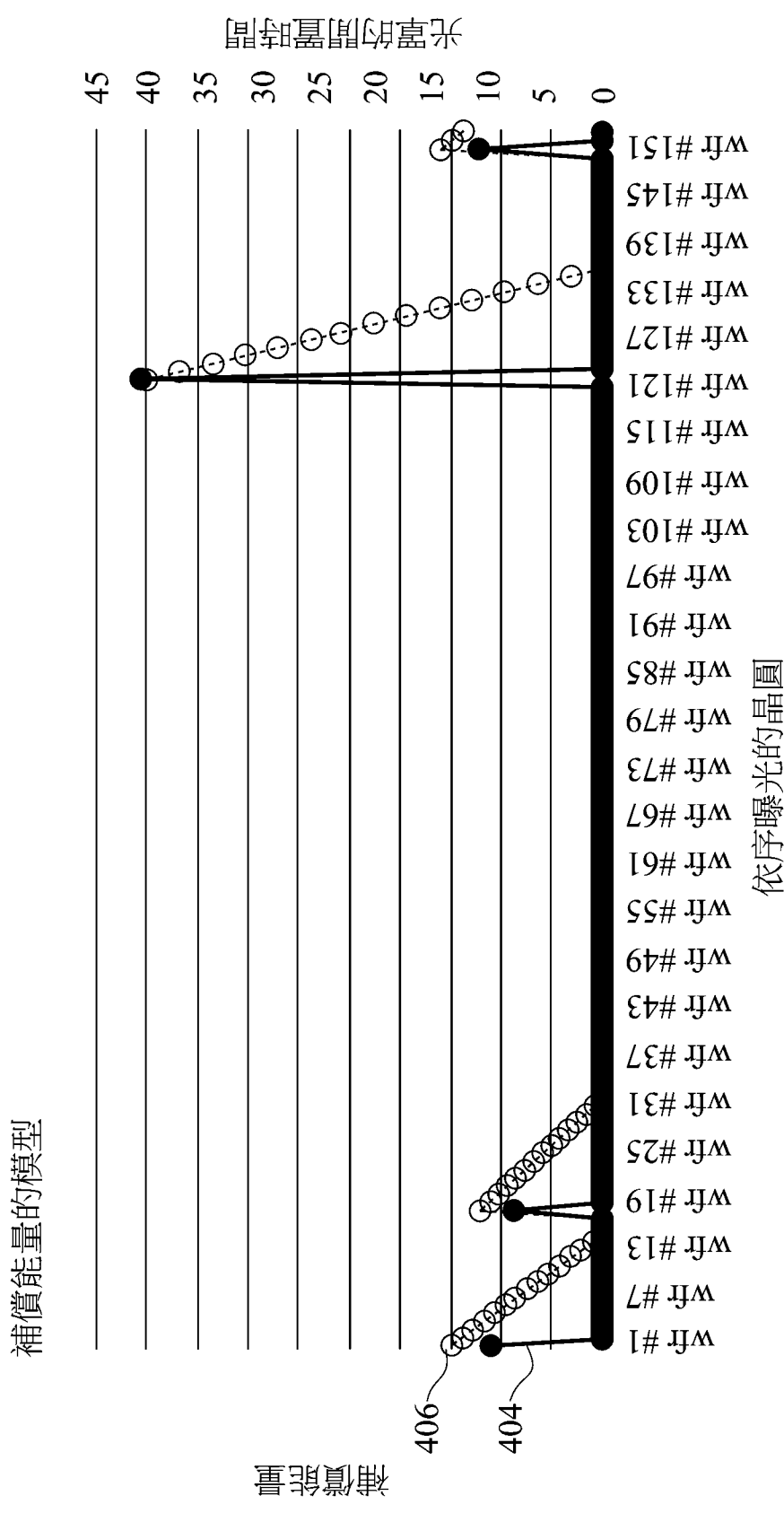
第3圖

臨界尺寸的行為模式(未施加補償能量)



依序曝光的晶圓

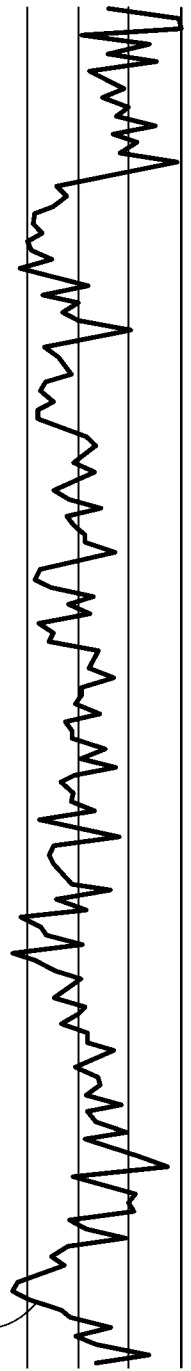
第4A圖



第4B圖

臨界尺寸的行為模式(施加補償能量)

408

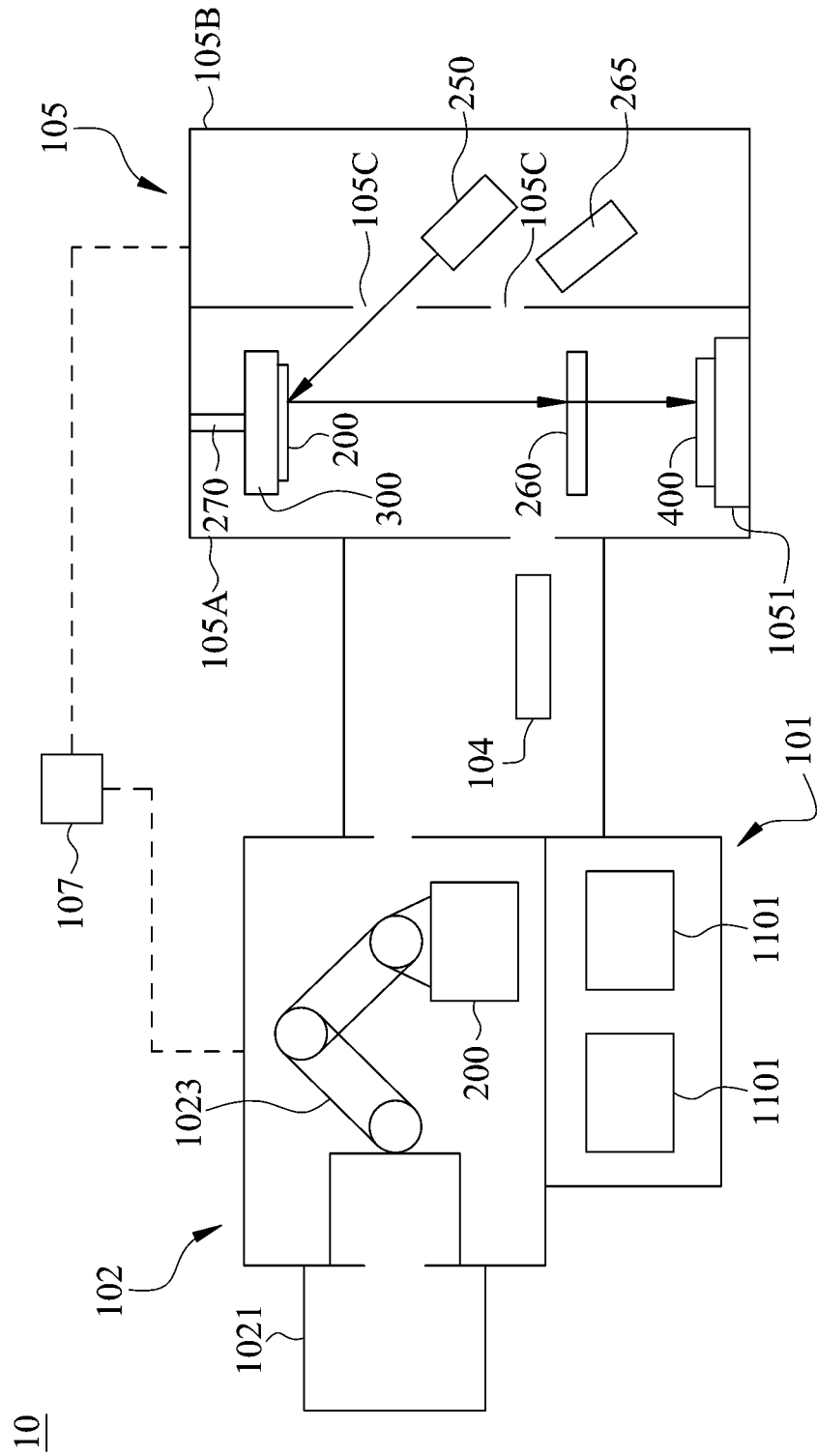


臨界尺寸

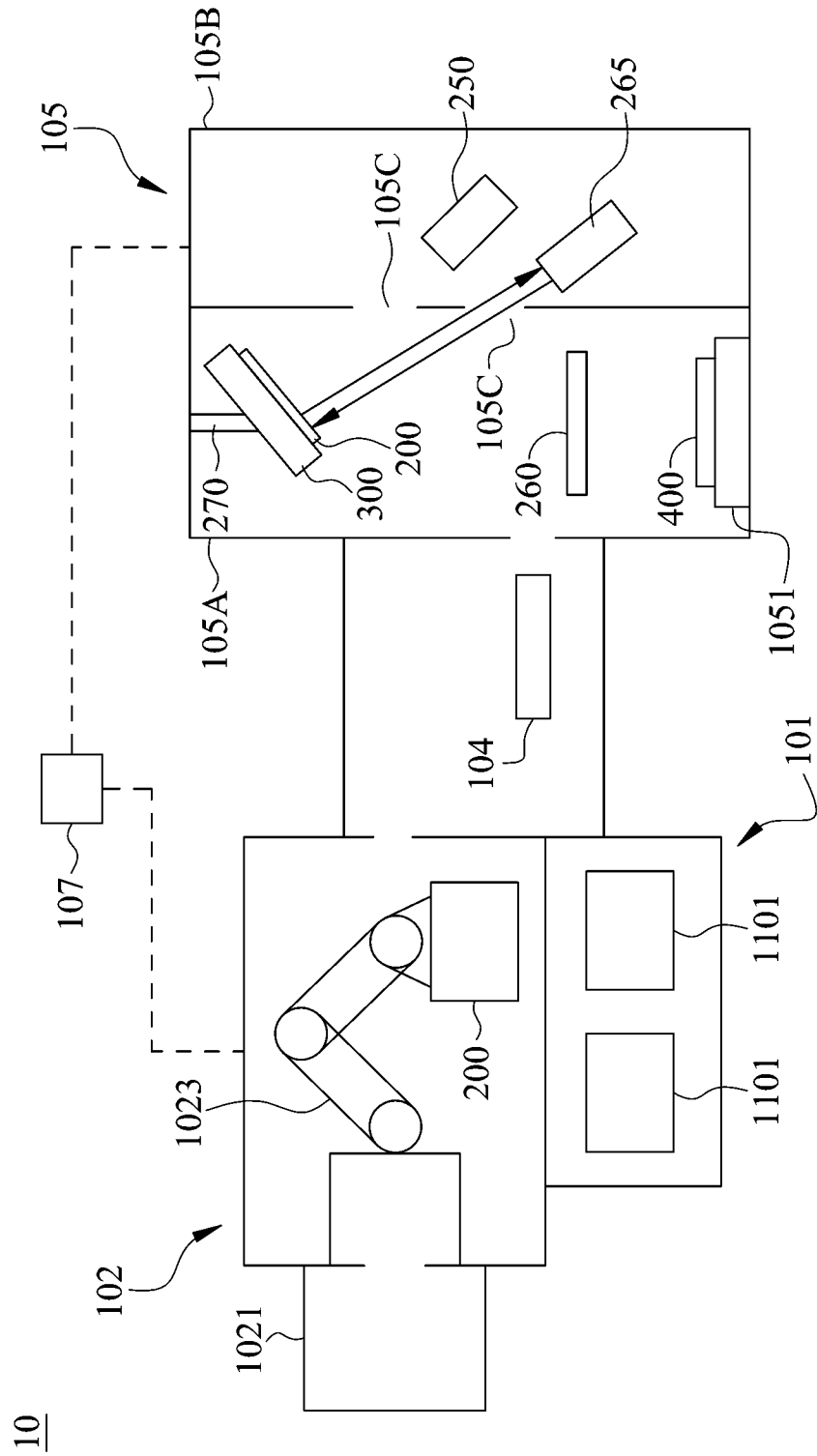
- wfr #1
- wfr #7
- wfr #13
- wfr #19
- wfr #25
- wfr #31
- wfr #37
- wfr #43
- wfr #49
- wfr #55
- wfr #61
- wfr #67
- wfr #73
- wfr #79
- wfr #85
- wfr #91
- wfr #97
- wfr #103
- wfr #109
- wfr #115
- wfr #121
- wfr #127
- wfr #133
- wfr #139
- wfr #145
- wfr #151

依序曝光的晶圓

第 4C 圖

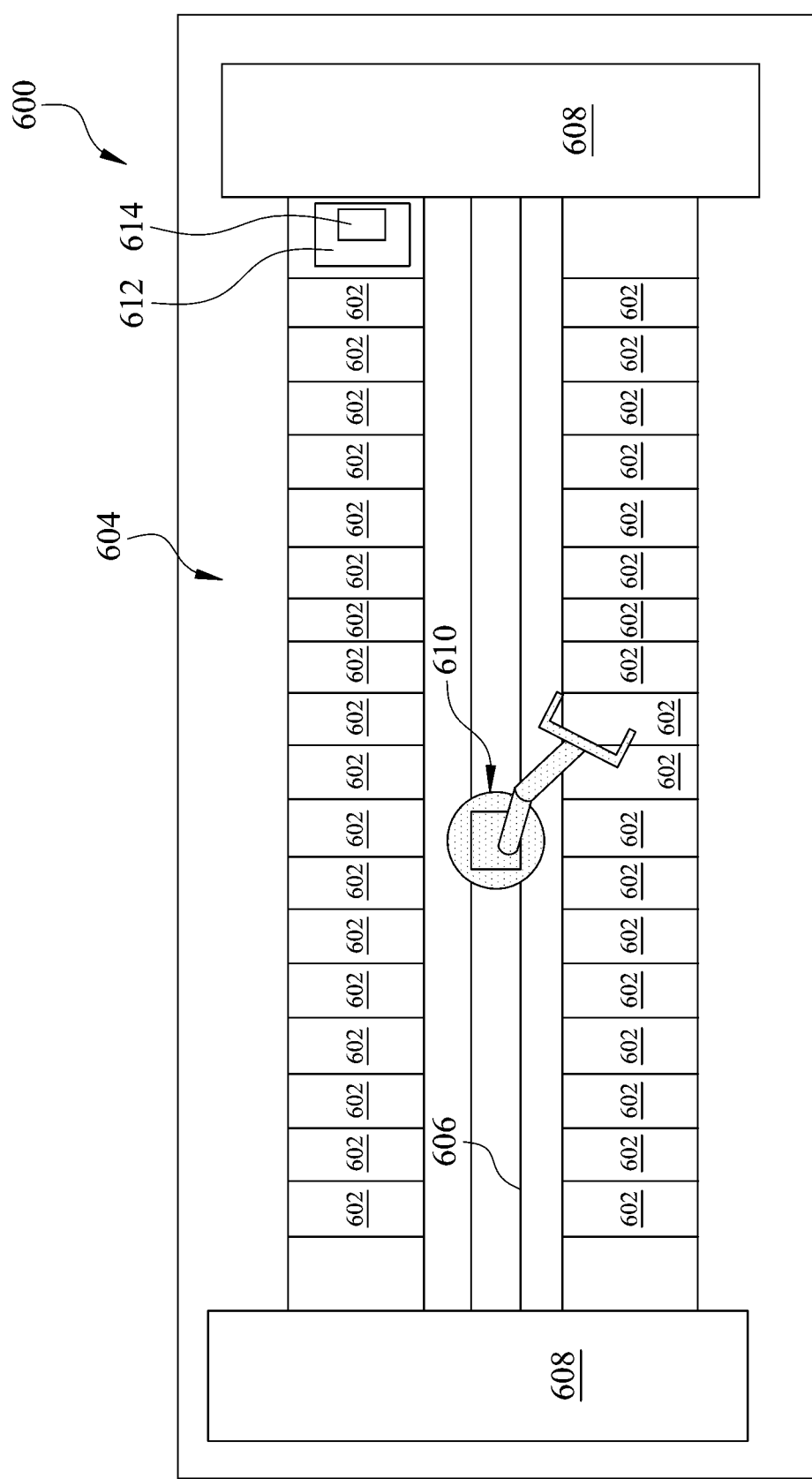


第 5A 圖



第 5B 圖





第 6 圖