



(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 I851283 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：112122248

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 06 月 14 日

(51)Int. Cl. : **G03F7/20 (2006.01)** **G02B5/09 (2006.01)**
 G02B7/00 (2021.01) **G02B7/182 (2021.01)**
 H10N30/20 (2023.01) **H10N30/30 (2023.01)**

(30)優先權：2022/06/15 德國 10 2022 206 038.5

(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：拉布 馬庫斯 RAAB, MARKUS (DE)；鮑雷格 斯蒂芬 BAUEREGER, STEFAN (AT)；維特 阿克塞爾 WITT, AXEL (DE)；溫基 彼得 ESSIG, PETER (DE)；蒂奇 沃爾克 TIETSCH, VOLKER (DE)；帕曼 達格瑪 PAARMANN, DAGMAR (DE)；喬格 菲利普 JOERG, PHILIPP (DE)；麥杰 瑪西爾斯 MANGER, MATTHIAS (DE)；普拉克 希羅 POLLAK, THILO (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

CN	109863457A	DE	102005057325A1
DE	102014202755A1	DE	102020212853A1
US	2010/0149506A1	US	2015/0015864A1

審查人員：李科

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：7 共 27 頁

(54)名稱

用於補償致動器之致動器效應的方法

(57)摘要

本發明有關於一種用於驅動一致動器的方法，該致動器用於半導體微影的一投影曝光設備 (1、101) 的一組件 (Mx、117)，該方法包括以下步驟：

特徵化 (30) 該致動器，

參數化 (31) 一致動器模型，

在一控制結構中實施 (32) 該致動器模型，

使用該致動器模型驅動 (34) 該致動器。

The invention relates to a method for driving an actuator for a component (Mx, 117) of a projection exposure apparatus (1, 101) for semiconductor lithography, comprising the following steps:

- characterizing (30) the actuator,

- parameterizing (31) an actuator model,

- implementing (32) the actuator model in a control structure,

- driving (34) the actuator using the actuator model,

指定代表圖：

符號簡單說明：

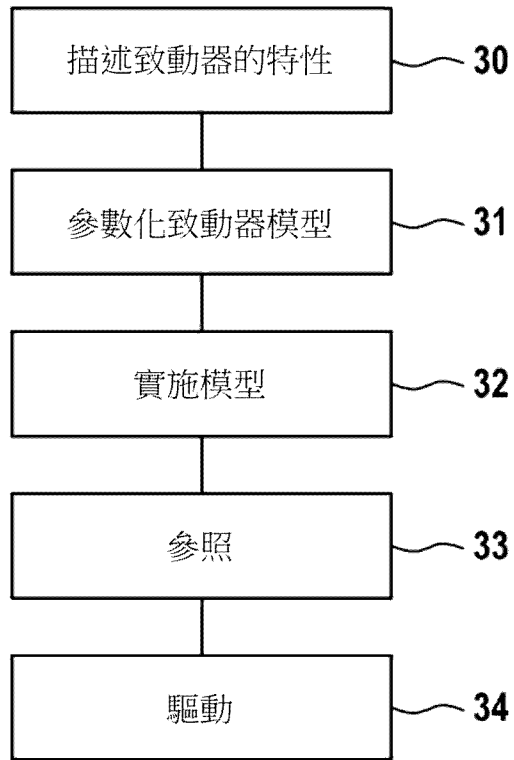
30：步驟

31：步驟

32：步驟

33：步驟

34：步驟



【圖10】



公告本

I851283

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於補償致動器之致動器效應的方法

【英文發明名稱】

METHOD FOR COMPENSATING ACTUATOR EFFECTS OF ACTUATORS

【中文】

本發明有關於一種用於驅動一致動器的方法，該致動器用於半導體微影的一投影曝光設備（1、101）的一組件（Mx、117），該方法包括以下步驟：

- 特徵化（30）該致動器，
- 參數化（31）一致動器模型，
- 在一控制結構中實施（32）該致動器模型，
- 使用該致動器模型驅動（34）該致動器。

【英文】

The invention relates to a method for driving an actuator for a component (Mx, 117) of a projection exposure apparatus (1, 101) for semiconductor lithography, comprising the following steps:

- characterizing (30) the actuator,
- parameterizing (31) an actuator model,
- implementing (32) the actuator model in a control structure,
- driving (34) the actuator using the actuator model,

【指定代表圖】 圖10

【代表圖之符號簡單說明】

30：步驟

31：步驟

32：步驟

33：步驟

34：步驟

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於補償致動器之致動器效應的方法

【英文發明名稱】

METHOD FOR COMPENSATING ACTUATOR EFFECTS OF ACTUATORS

【技術領域】

【0001】 本發明有關於半導體微影之投影曝光裝置中用於補償致動器的致動器效應的方法。

〔交互參照〕

【0002】 本發明主張的德國專利申請案DE 10 2022 206 038.5的優先權，其申請日為2022年6月15日，其內容於此藉由參考完全併入。

【先前技術】

【0003】 隨著對微影系統（尤其是DUV或EUV範圍內）的需求的增加，自適應光學元件變得越來越重要。例如，此類元件可以是可變形反射鏡的形式，其可以利用致動器在極短的時間內驅動，例如為了補償由於反射鏡的光學有效表面的變形而導致的波前像差。光學有效表面是反射鏡的表面，在設備的正常操作期間，使得用於將光罩的結構成像到晶圓上的光入射到反射鏡的表面上。

【0004】 屬於鐵電固態致動器的電致伸縮(electrostrictive)致動器或壓電致動器經常被用作致動器。然而，這樣的致動器經常表現出不理想的效應，例如磁滯和蠕變效應。如果使用所謂的前饋方法來驅動致動器系統，則致動器的這種特性尤其具有破壞性。上述方法的特徵在於，其僅僅是在控制單元中生成的致動信號，該致動信號被輸出到致動器，以用於設定理想狀態，例如致動器的

偏轉。對於這種類型的控制，最初不考慮系統的響應，也就是致動器實際行進的路徑。因此，必須對模型提出非常嚴格的要求，該模型構成計算和輸出致動器所需偏轉的控制信號的基礎。

【發明內容】

【0005】 因此，本發明基於指定一種方法的目的，藉由該方法可以獲得用於驅動用於半導體微影的投影曝光設備中的致動器的改良精確度。

【0006】 藉由具有獨立專利請求項的特徵的方法來實現該目的。而附屬請求項則涉及本發明的有利實施例和變型。

【0007】 根據本發明一種用於驅動一致動器的方法，該致動器用於半導體微影的一投影曝光設備的一光學組件，該方法包括以下步驟：

特徵化該致動器，

參數化一致動器模型，

在一控制結構中實施該致動器模型，

使用該致動器模型驅動該致動器。

【0008】 根據本發明，藉由在驅動致動器時應用致動器模型來考慮各個致動器的特性，可以最小化上述效果對致動器控制精確度的不利影響。特別地，這可以帶來成像品質的改良，特別是投影曝光設備的重疊性能的改良。

【0009】 在本發明一較佳實施例中，在某些時間執行一參照步驟。在本文中，參照步驟應當被理解為意指其中建立所考慮的系統的定義狀態的方法步驟。在這種情況下，所考慮的系統可以特別包括模型本身及其參數，而且還可以包括現實世界，例如致動器。

【0010】 例如，由於參照步驟則可以考慮這樣的情況：即使僅存在於軟體中的模型也會在很長一段時間內發生變化。例如，在根據本發明的方法開始時設置的參數可以純粹由於電腦硬體的性質而在幾天、幾週或幾年的時間段內改變。因此，可能需要間歇性地重置這些參數。

【0011】此外，有利的是還間歇地將已驅動的致動器設置於限定的偏轉狀態。如上所述，施加控制電壓的起點和方向肯定在實際致動器偏轉中發揮作用。基於此，致動器的實際偏轉可沿著磁滯曲線的兩個分支之一行進。如果現在利用致動器偏轉的適當限定設置和後續驅動方向的適當選擇來設置限定狀態，則可以確保處於磁滯曲線的正确分支上。

【0012】兩個晶圓的曝光之間的時間段代表了參照步驟的時間的有利選擇。這裡可用的幾毫秒時間足以執行所需的參照步驟。在這種情況下，參照步驟本身並不總是需要包括模型的重置和致動器的控制；當然，也可設想到僅執行這兩項措施中的一項。

【0013】具體地，為了準備根據本發明的方法，以下致動器參數中的一個或多個本身有助於特徵化(characterize)致動器：長度變化、頻率響應、磁滯、漂移。

【0014】特別地，可以在測試環境中描述致動器的特徵；在這種情況下，也可以想到不使用致動器本身，而是使用可比較的樣本來進行特徵描述。

【0015】在替代方案中，致動器能以投影曝光設備為特徵。在這種情況下，例如在測試運行中，可將一個或多個晶圓暴露出來。隨後測量曝光的晶圓。然後，如果使用圖像像差和致動器特性之間的關係的合適模型，則同樣可以根據所確定的圖像像差來判定致動器參數。

【0016】在本發明一較佳變形中，在該致動器模型的參數化期間，生成至少一個單獨模型，其用於該等致動器參數的至少一個，且隨後疊加在至少一個額外模型上。

【0017】在這種情況下，特別有利的漂移模型如下：

- Padde近似，
- $S = a * \tanh(b * U) + c$,
- $P = \tanh(b * U + c * P + d * P^3)$,
- $S = a * P^2$,

- 多項式，

其中S代表致動器偏轉，P代表表面電荷密度，U代表電壓，a、b、c、d為擬合參數。

【0018】 以下模型特別適合描述磁滯：

- Bouc Wen,

- Prandtl-Ishlinskii,

- Preisach

【0019】 用於動力學建模的有利模型尤其包括：

- 疊加Pt1功能，

- 疊加對數函數，

- 分數階微分方程。

【0020】 隨後在控制器中實現如上述所開發的模型，該控制器可用於驅動投影曝光設備的組件的致動器系統。

【0021】 特別是，出於控制目的可以選擇以下選項：

- 逆模型，

- 基於模型的控制，

- 基於觀察者的控制，

- 減除致動器模型，

- 機器學習控制，

- 類神經網路控制。

【0022】 例如，該致動器可為電致伸縮致動器及壓電致動器或磁致伸縮致動器。

【0023】 尤其，該致動器可組態成定位該組件及/或使該組件變形。

【0024】 該組件可為一光學元件，特別為為一反射鏡，選擇性地為一可變形反射鏡。

【圖式簡單說明】

【0025】 下面將參照附圖更詳細地解釋本發明的示例性實施例和變型，其中：

【0026】 圖1示意性地示出用於EUV投影微影的投影曝光設備的經向剖面，

【0027】 圖2示意性地示出用於DUV投影微影的投影曝光設備的經向剖面，

【0028】 圖3示出典型的致動器磁滯曲線，

【0029】 圖4示出致動器的典型漂移行為，

【0030】 圖5示出示例性致動器的目標偏轉方向上的漂移，

【0031】 圖6示出致動器相對於施加到其上的電壓的偏轉，

【0032】 圖7示出對於從模型和測量獲得的值之間的差異所進行的考量，

【0033】 圖8示出實現該模型的不同變體，

【0034】 圖9示出根據本發明的方法的效果，以及

【0035】 圖10示出根據本發明的方法的流程圖。

【實施方式】

【0036】 以下首先參考圖1以示例性方式描述微影投影曝光設備1的基本組成部分。投影曝光設備1及其組成部分的基本結構的描述在此應理解為非限制性的。

【0037】 投影曝光設備1的照明系統2的實施例除了輻射源3之外還具有用於照明物件平面6中的物場5的照明光學單元4。在替代實施例中，輻射源3也可以是與照明系統的其餘部分分開的模組。在這種情況下，照明系統不包括輻射源3。

【0038】 設置在物場5中的光罩7被照明。由光罩支架8支撐光罩7。可利用光罩位移驅動器9使光罩支架8移動，特別是在掃描方向上。

【0039】為了說明的目的，圖1示出笛卡爾座標系。x方向垂直於繪圖平面運行。y方向沿水平方向運行，z方向沿垂直方向運行。圖1中的掃描方向沿著y方向運行。z方向垂直於物件平面6運行。

【0040】投影曝光設備1包括投影光學單元10。投影光學單元10用於將物場5成像為圖像平面12中的像場11。圖像平面12平行於物件平面6延伸。備選地，物件平面6和圖像平面12之間的角度也可能不為0°。

【0041】光罩7上的結構被成像到設置在圖像平面12中的像場11的區域中的晶圓13的感光層上。由晶圓支架14支撐晶圓13。可利用晶圓位移驅動器15使晶圓支架14移動，特別是在y方向上。首先利用光罩位移驅動器9移動光罩7，再利用晶圓位移驅動器15移動晶圓13，以便相互同步。

【0042】輻射源3是EUV輻射源。尤其輻射源3可發射EUV輻射16，其在下文中也被稱為使用過的輻射、照明輻射或照明光。特別地，使用過的輻射的波長範圍在5nm和30nm之間。輻射源3可以是電漿源，例如LPP（雷射產生電漿）源或GDPP（氣體放電產生電漿）源。它也可以是基於同步加速器的輻射源。輻射源3可以是FEL（簡稱：自由電子雷射器）。

【0043】從輻射源3發出的照明輻射16由聚光器17聚焦。聚光器17可以具有一個或多個橢圓和/或雙曲面反射表面。聚光器17的至少一個反射表面可以被照明輻射16以掠入射（縮寫為：GI），也就是說入射角相對於垂直於鏡面的方向大於45度，或以垂直入射（縮寫為：NI），也就是說入射角小於45度。可以結構化和/或塗覆聚光器17，首先改良其對所使用的輻射的反射率，再將其用於抑制雜散光。

【0044】在聚光器17的下游，藉由中間焦點平面18中的中間焦點傳播照明輻射16。中間焦點平面18可以表示具有輻射源3與聚光器17的輻射源模組和照明光學單元4之間是分離的。

【0045】照明光學單元4包括偏光鏡19和在光束路徑中佈置在偏光鏡19下游的第一琢面(facet)反射鏡20。偏光鏡19可以是平面偏光鏡，或者備選地，具有

超出純偏轉作用的光束影響作用的反射鏡。備選地或附加地，偏光鏡19可以是光譜濾波器，其將照明輻射16的使用的光波長與波長與其偏離的外來光分離。如果第一琢面反射鏡20佈置在作為場平面的與物件平面6光學共軛的照明光學單元4的平面中，則它也被稱為場琢面反射鏡。第一琢面反射鏡20包括多個單獨的第一琢面21，其也可稱為場琢面。在圖1中僅示出這些第一琢面21中的一些作為示例。

【0046】 第一琢面21可實施為宏觀琢面，特別是矩形琢面或具有弧形邊緣輪廓或部分圓形邊緣輪廓的琢面。第一琢面21可實施為平面琢面或者可選地實施為具有凸曲率或凹曲率的琢面。

【0047】 例如從DE 10 2008 009 600 A1中已知，在每種情況下也可以由多個單獨的反射鏡組成第一琢面21本身，特別是多個微鏡。特別地，第一琢面反射鏡20可以是微機電系統（MEMS系統）。細節參見DE 10 2008 009 600 A1。

【0048】 在聚光器17和偏光鏡19之間，照明輻射16水平地行進，也就是說沿著y方向行進。

【0049】 在照明光學單元4的光束路徑中，第二琢面反射鏡22設置在第一琢面反射鏡20的下游。如果第二琢面反射鏡22佈置在照明光學單元4的光瞳平面中，則它也被稱為光瞳琢面反射鏡。第二琢面反射鏡22也可以設置在距照明光學單元4的光瞳平面的一定距離處。在這種情況下，第一琢面反射鏡20和第二琢面反射鏡22的組合也稱為鏡面反射器。US 2006/0132747 A1、EP 1 614 008 B1和US 6,573,978中已揭示鏡面反射器。

【0050】 第二琢面反射鏡22包括多個第二琢面23。在光瞳琢面反射鏡的情況下，第二琢面23也稱為光瞳琢面。

【0051】 第二琢面23同樣可以是宏觀琢面，其例如可以具有圓形、矩形或六邊形邊界，或者可以備選地是由微鏡組成的琢面。在這方面，同樣參考DE 10 2008 009 600 A1。

【0052】 第二琢面23可具有平面反射表面或可選擇地具有凸或凹曲率的反射表面。

【0053】 照明光學單元4因此形成雙面系統。這一基本原理也稱為複眼聚光器(fly's eye condenser) (或複眼積分器)。

【0054】 將第二琢面反射鏡22不精確地設置在與投影光學單元10的光瞳平面光學共軛的平面中可能是有利的。特別地，光瞳琢面反射鏡22可以設置成相對於投影光學單元10的光瞳平面傾斜，如例如DE 10 2017 220 586 A1中所描述的。

【0055】 利用第二琢面反射鏡22將各個第一琢面21成像到物場5中。第二琢面反射鏡22是物場5上游的光束路徑中照明輻射16的最後一個光束整形鏡或實際上最後一個反射鏡。

【0056】 在照明光學單元4的另一實施例(未示出)中，佈置在第二琢面反射鏡22和物場5之間的光束路徑中的傳輸光學單元，其特別有助於將第一琢面21成像到物場5中。傳輸光學單元可以恰好具有一個反射鏡，或者備選地具有兩個或更多個反射鏡，它們一個接一個地佈置在照明光學單元4的光束路徑中。傳輸光學單元尤其可以包括一個或兩個法向入射反射鏡(NI反射鏡)和/或一個或兩個掠入射反射鏡(GI反射鏡)。

【0057】 在圖1所示的實施例中，照明光學單元4正好可以在聚光器17的下游具有3個反射鏡，具體為偏光鏡19、場琢面反射鏡20和光瞳琢面反射鏡22。

【0058】 在照明光學單元4的另一個實施例中，也不需要偏光鏡19，因此照明光學單元4可以在聚光器17的下游恰好具有2個反射鏡，特別是第一琢面反射鏡20和第二琢面反射鏡22。

【0059】 藉由第二琢面23或使用第二琢面23和傳遞光學單元將第一琢面21成像到物件平面6中通常只是近似成像。

【0060】 投影光學單元10包括多個反射鏡Mi，其根據它們在投影曝光設備1的光束路徑中的佈置將其連續編號。

【0061】 在圖1所示的示例中，投影光學單元10包括六個反射鏡M1至M6。備選方案同樣是可能具有4個、8個、10個、12個或任何其他數量的反射鏡Mi。倒數第二個反射鏡M5和最後一個反射鏡M6均具有用於照明輻射16的通孔。投影光學單元10是二次遮光光學單元。投影光學單元10的像側數值孔徑大於0.5也可以大於0.6，例如可以是0.7或0.75。

【0062】 反射鏡Mi的反射表面可以實施為沒有旋轉對稱軸的自由曲面。備選地，反射鏡Mi的反射表面形狀可以設計為恰好具有一個旋轉對稱軸的非球面。就像照明光學單元4的反射鏡一樣，反射鏡Mi可以具有用於照明輻射16的高反射塗層。這些塗層可以設計為多層塗層，特別是具有鉬和矽的交替層。

【0063】 投影光學單元10在物場5中心的y座標和像場11中心的y座標之間在y方向y上具有大的物件-圖像偏移。在y方向上，該物件-圖像偏移可大致相同於物件平面6和圖像平面12之間的距離z。

【0064】 特別地，投影光學單元10可以具有變形形式。特別地，它在x方向和y方向上具有不同的成像比例 β_x 、 β_y 。投影光學單元10的兩個成像比例 β_x 、 β_y 優選為 $(\beta_x, \beta_y) = (+/-0.25, +/-0.125)$ 。正成像比例 β 表示沒有圖像反轉成像。成像比例 β 的負號表示圖像反轉成像。

【0065】 因此導致投影光學單元10的尺寸在x方向上以4:1的比例減少，也就是垂直於掃描方向。

【0066】 導致投影光學單元10的尺寸在y方向上，以8:1的比例減少，也就是在掃描方向上。

【0067】 同樣可能會有其他成像比例。也有可能在x方向和y方向上具有相同符號和相同絕對值的成像比例，例如絕對值為0.125或0.25。

【0068】 取決於投影光學單元10的形式，在物場5和像場11之間的光束路徑中的x方向和y方向上的中間圖像平面的數量可以相同或不同。從US 2018/0074303 A1中已知在x方向和y方向上具有不同數量的此類中間圖像的投影光學單元的示例。

【0069】在每種情況下，光瞳琢面23的其中一個分配給場琢面21的其中恰好一個，其分別形成用於照明物場5的照明通道。這尤其可以根據科勒原理（Köhler principle）產生照明。利用場琢面21將遠場分解成多個物場5。場琢面21在分配給它們的光瞳琢面23上分別產生中間焦點的多個圖像。

【0070】利用已分配的光瞳琢面23，場琢面21在每種情況下以相互重疊的方式成像到光罩7上，做為照明物場5的用途。物場5的照明特別地盡可能均勻。其優選具有小於2%的均勻性誤差。可以藉由不同照明通道的疊加來實現場均勻性。

【0071】可藉由設置光瞳琢面在幾何上限定投影光學單元10的入射光瞳的照明。可以藉由選擇照明通道，特別是引導光的光瞳琢面的子集，設置投影光學單元10的入射光瞳中的強度分佈。該強度分佈也稱為照明設置。

【0072】以定義方式照明的照明光學單元4的照明光瞳的部分區域中同樣優選的光瞳均勻性，其可以藉由重新分配照明通道來實現。

【0073】以下將敘述關於物場5的照明以及特別是投影光學單元10的入射光瞳的其他方面和細節。

【0074】投影光學單元10可以具有同心入射光瞳。後者可能是可存取，其也能是不可存取的。

【0075】光瞳琢面反射鏡22通常無法準確照明投影光學單元10的入射光瞳。當將光瞳琢面反射鏡22的中心遠心成像到晶圓13上的投影光學單元10成像時，孔徑射線通常不在單個點處相交。然而，可以找到其中成對確定的孔徑光管線的距離變得最小的區域。該區域表示入射光瞳或與其共軛的真實空間中的區域。特別地，該區域具有有限曲率。

【0076】投影光學單元10對於切向光束路徑和矢狀光束路徑可能具有不同的入射光瞳姿態。在這種情況下，應該在第二琢面反射鏡22和光罩7之間設置成像元件，特別是傳輸光學單元的光學組成部分。利用該光學元件，可以考慮切向入射光瞳和矢狀入射光瞳的不同姿態。

【0077】在圖1所示的照明光學單元4的組件配置中，光瞳琢面反射鏡22設置在與投影光學單元10的入射光瞳共軛的區域中。場琢面反射鏡20設置成相對於物件平面6傾斜。第一琢面反射鏡20相對於由偏光鏡19界定出的配置平面傾斜。

【0078】第一琢面反射鏡20相對於由第二琢面反射鏡22界定出的配置平面傾斜。

【0079】圖2示意性地示出穿過用於DUV投影微影的另一投影曝光設備101的經向剖面，其中同樣可以使用本發明。

【0080】投影曝光設備101的結構和成像原理相當於圖1中描述的構造和過程。使用相對圖1增加100的附圖標記來表示相同的結構部件，也就是圖2中的附圖標記從101開始。

【0081】與圖1中描述的EUV投影曝光設備1相比，折射、衍射和/或反射光學元件117，例如透鏡元件、反射鏡、稜鏡、端接板等，由於用作所用光的DUV輻射116的較大波長在100nm至300nm的範圍內，特別是193nm，因此光學元件117可以用於DUV投影曝光設備101中的成像或照明。在這種情況下，投影曝光設備101主要包括照明系統102、用於接收和精確定位具有結構的光罩107的光罩支架108，該結構確定晶圓113上的後續結構，晶圓支架114用於支撐、移動和精確定位晶圓113，以及具有多個光學元件117的投影透鏡110，利用安裝座118將這些光學元件117固定在投影透鏡110的透鏡殼119中。

【0082】照明系統102提供晶圓113上的光罩107的成像所需的DUV輻射116。雷射、電漿源等可以用作該輻射116的來源。在照明系統102中藉由光學元件成形輻射116，使得當DUV輻射116入射到光罩107上時，DUV輻射116具有關於直徑、偏振、波前形狀等的期望特性。

【0083】除了額外使用折射光學元件117（例如透鏡元件、稜鏡、端接板）之外，具有透鏡殼119的下游投影光學單元110的構造在原理上與圖1中描述的結構沒有區別，因此不再進一步詳細描述。

【0084】圖1和圖2所示的裝置均包含多個組件，可利用致動器定位這些組件或將這些組件變形。因此，用於此目的的致動器的特性對所示裝置的性能具有直接影響。

【0085】圖3示意性地示出當施加電壓，直到達到最大電壓，以及隨後回縮到最小電壓(在所示的示例中為0V)時致動器的機械應變的行為；這種行為本身是已知的。從圖中可以很容易地識別出磁滯現象的發生。換句話說，在電壓下降的情況下，對應於電壓值的致動器的機械應變不對應於在電壓增加時致動器的機械應變。原則上，很難從物理角度解釋潛在的影響，並且這些影響基本上只能在宏觀上進行建模。

【0086】此外，如圖4所示，除了上述磁滯效應之外，典型的致動器還具有一定的漂移行為。換句話說，即使施加矩形電壓信號，致動器的所需偏轉也不是瞬時設定的，而是具有一定的時間曲線。

【0087】如果致動器必須在相對較短的時間內完成顯著的偏轉，則上述效果尤其不利。這種情況根據圖5進行說明：在致動器經過相對大行程的偏轉之後，在相鄰區域的第一次曝光期間，在圖中很容易識別出示例性致動器的目標偏轉方向上的漂移。可以假設對於這些第一區域僅能獲得不令人滿意的成像結果。

【0088】應當基於下面的圖6和圖7以示例性方式對於模型的操作模式進行解釋。

【0089】在這種情況下，致動器的偏轉相對於施加到其上的電壓定性繪製成如圖6所示。在這種情況下，真實偏轉由虛線表示，而基於模型生成的曲線由點線表示。在圖中很容易識別出兩條曲線之間最初的小偏差。

【0090】只有考慮到差異（如圖7所示），才能識別出模型的品質和操作模式。圖7中的實線說明了從基於完整模型生成的曲線中減除的結果，也就是說，特別是在考慮磁滯和漂移的情況下，當使用不考慮上述影響的模型時所產

生的曲線。這產生了清楚地識別所述效果的影響的圖示。正如已經提到的，實線僅根據基於模型的計算。

【0091】圖7所示的第二張圖是從理想曲線中減去相關致動器偏轉的實際測量值所得出的，也就是說，如果忽略影響，則模型中會出現該曲線。圖中可以清楚地看出兩種表示形式之間的高度對應性，進而可以得出有關所用模型品質的結論。

【0092】圖8a至圖8d中示出用於實現該模型的不同變體。

【0093】此處，圖8a最初形象化了減除方法。本質上，該方法基於這樣的事實：最初假設偏轉的特定目標值，例如40 μm 。隨後，該模型用於判定在上述目標值的假設下將設置模擬偏轉。例如，如果模型現在提供38 μm 的值，則將兩個值的差（即2 μm ）應用於目標值，然後該目標值形成實際控制的基礎，以獲得所需的偏轉。

【0094】圖8b說明了逆方法。在這種情況下，在可逆模型的情況下，輸出和輸入可以互換並集成到控制器中。

【0095】圖8c說明了基於模型的閉環控制方法。在這種情況下，一開始已計劃的驅動信號用作模型的起始值，隨後提供特定行程。然後將模型模擬的行程提供給迴路控制器，在所需模型和由此獲得的模型之間利用迴路控制器進行比較，然後再次使用模型調整驅動信號，直到出現所需的行程。一旦獲得該狀態，就使用以這種方式獲得的致動信號來驅動致動器。

【0096】圖8d示出基於圖8b和8c所示的變體的組合。當然，也可以偏離該組合。

【0097】結合圖9再次說明根據本發明的方法的效果；這裡，所生成的結構的重疊誤差隨著時間的推移而繪製，在每種情況下都遵循致動器的偏轉。此處利用點表示已校正的情況，利用虛線表示未校正的情況，藉此可視化各個曝光過程。對於未校正的情況，從圖中可以清楚地看出一組各自的首次曝光過程的顯著錯誤。如上述已經解釋的，這是由於以下事實：在經過顯著行程的位移

之後，致動器尚未到達在該組的開始處所尋求的最終位置。與此相反，在校正的情況下實際上無法識別出偏差（用點示出）。

【0098】圖10再次以流程圖示意性地示出根據本發明的方法過程。

【0099】示例以下步驟：

特徵化30該致動器，

參數化31一致動器模型，

在一控制結構中實施32該致動器模型，

使用該致動器模型驅動34該致動器，

以及已描述的參照33步驟。

【0100】不言而喻，圖10示出的示意圖純粹是示例性的。特別地，參照33是可選的但有利的步驟。

【符號說明】

1：微影投影曝光設備

2：照明系統

3：輻射源

4：照明光學單元

5：物場

6：物件平面

7：光罩

8：光罩支架

9：光罩位移驅動器

10：投影光學單元

11：像場

12：圖像平面

13：晶圓

- 14：晶圓支架
- 15：晶圓位移驅動器
- 16：EUV輻射
- 17：聚光器
- 18：中間焦點平面
- 19：偏光鏡
- 20：第一琢面反射鏡
- 21：第一琢面
- 22：第二琢面反射鏡
- 23：第二琢面
- 30：步驟
- 31：步驟
- 32：步驟
- 33：步驟
- 34：步驟
- 101：微影投影曝光設備
- 102：照明系統
- 107：光罩
- 108：光罩支架
- 110：投影透鏡
- 113：晶圓
- 114：晶圓支架
- 116：輻射
- 117：折射光學元件
- 118：安裝座
- 119：透鏡殼

M1：反射鏡

M2：反射鏡

M3：反射鏡

M4：反射鏡

M5：反射鏡

M6：反射鏡

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種用於驅動一致動器的方法，該致動器用於半導體微影的一投影曝光設備（1、101）的一組件（Mx、117），該方法包括以下步驟：

特徵化（30）該致動器，

參數化（31）一致動器模型，

在一控制結構中實施（32）該致動器模型，

使用該致動器模型驅動（34）該致動器，

在該投影曝光設備（1、101）內進行該致動器的特徵化；

其中特徵化（30）該致動器包括檢測以下該等致動器參數中的一個或多個：長度變化、頻率響應、磁滯、漂移。

【請求項2】 如請求項1所述之方法，

其中在某些時間執行一參照步驟（33）。

【請求項3】 如請求項2所述之方法，

其中該參照步驟（33）包括該等模型參數的重新設置。

【請求項4】 如請求項2或3所述之方法，

其中該參照步驟（33）包括在一已限定的致動器位置上的歸位(homing)。

【請求項5】 如請求項2至3中任一項所述之方法，

其特徵在於，執行該參照步驟（33）的該時間是在兩個晶圓的曝光之間。

【請求項6】 如請求項1至3中任一項所述之方法，

其中，在該致動器模型的參數化（31）期間，生成至少一個單獨模型，其用於該等致動器參數的至少一個，且隨後疊加在至少一個額外模型上。

【請求項7】 如請求項1至3中任一項所述之方法，

其中該致動器是一電致伸縮、壓電或磁致伸縮致動器。

【請求項8】 如請求項1至3中任一項所述之方法，

其中該致動器組態成定位該組件（Mx、117）。

【請求項9】 如請求項1至3中任一項所述之方法，

其中該致動器組態成使該組件（ M_x 、117）變形。

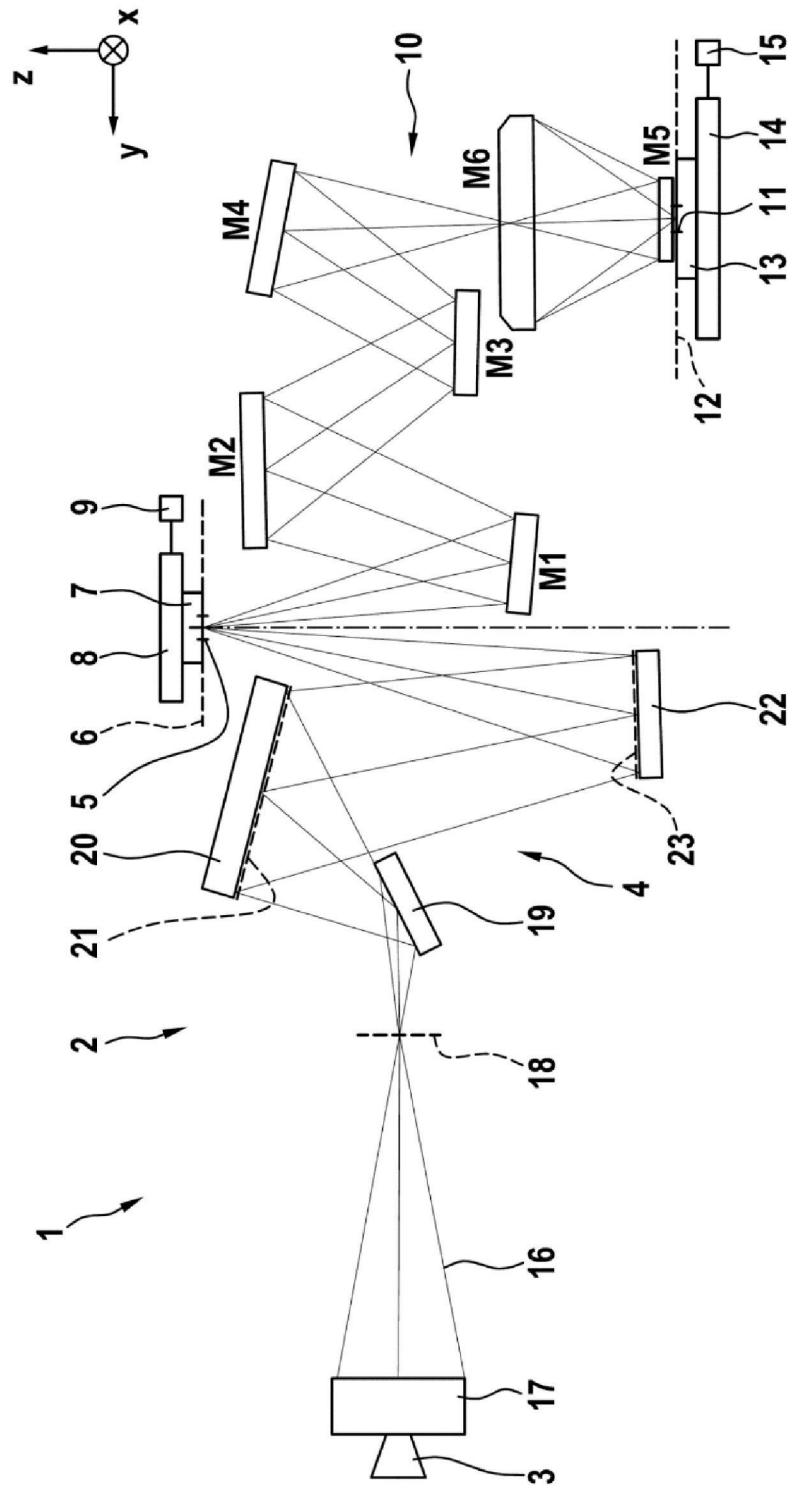
【請求項10】 如請求項1至3中任一項所述之方法，

其中該組件為一光學元件（ M_x 、117）。

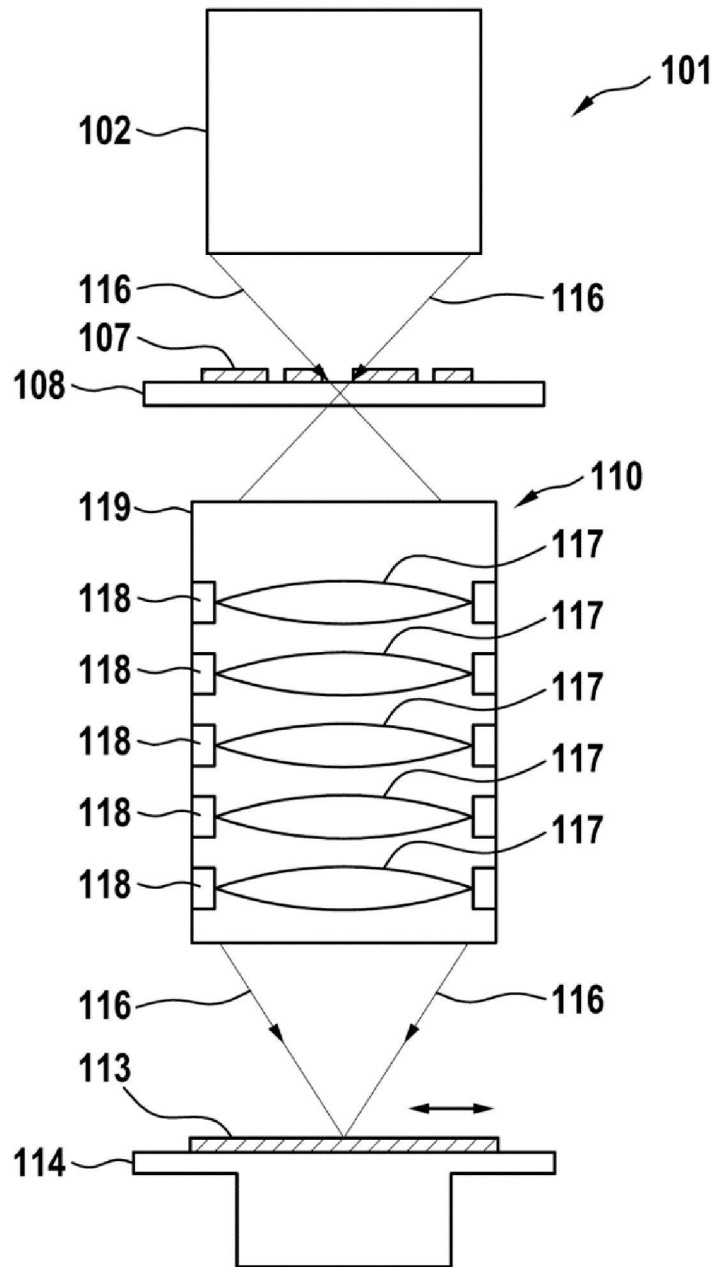
【請求項11】 如請求項10所述之方法，

其中該組件為一反射鏡（ M_x ）。

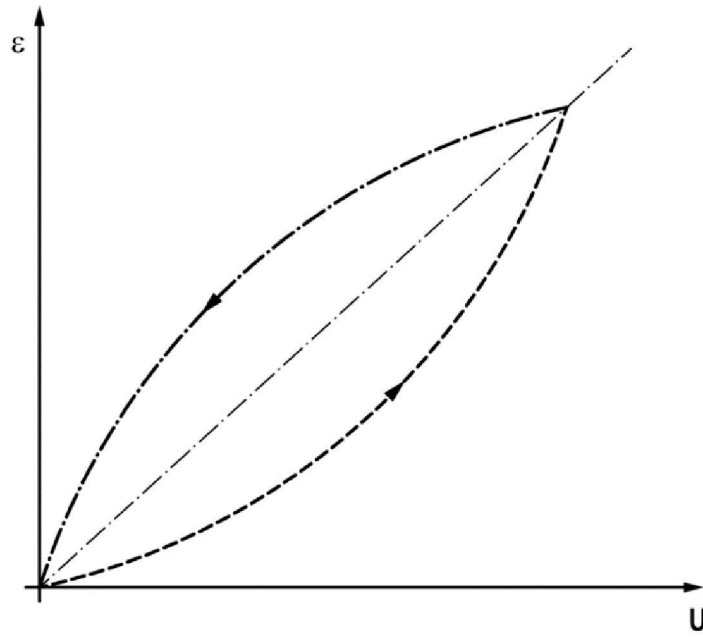
【發明圖式】



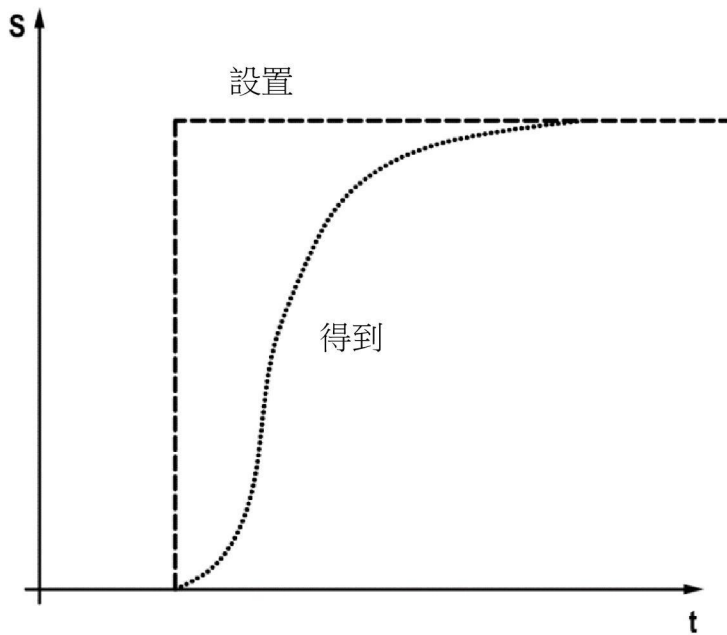
【圖1】



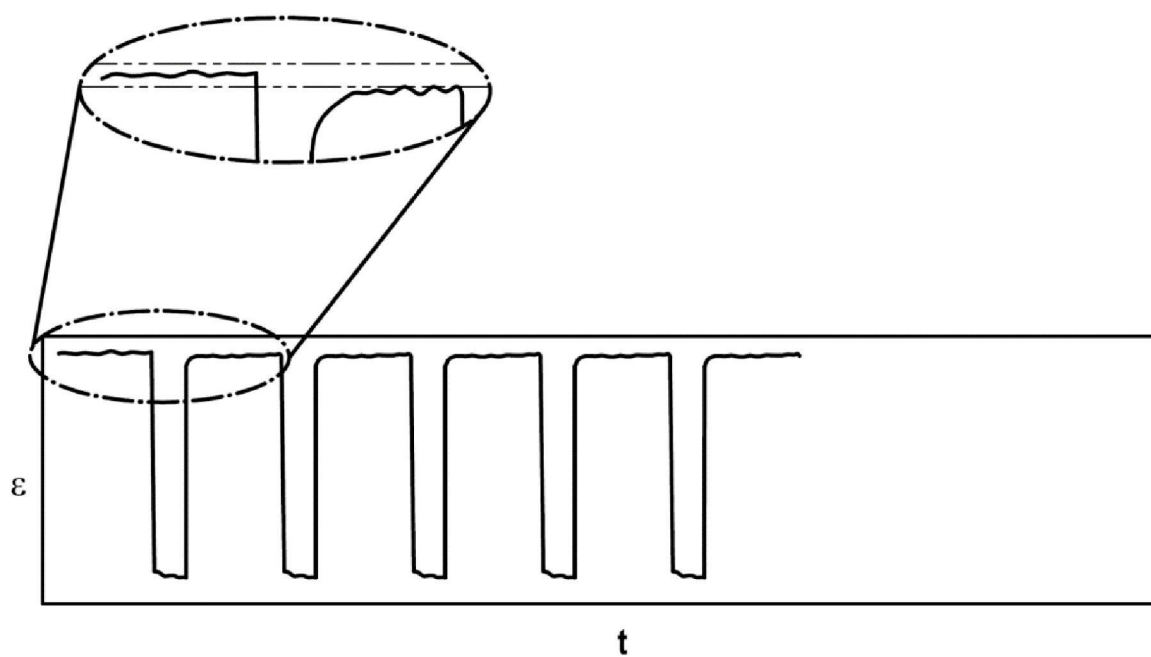
【圖2】



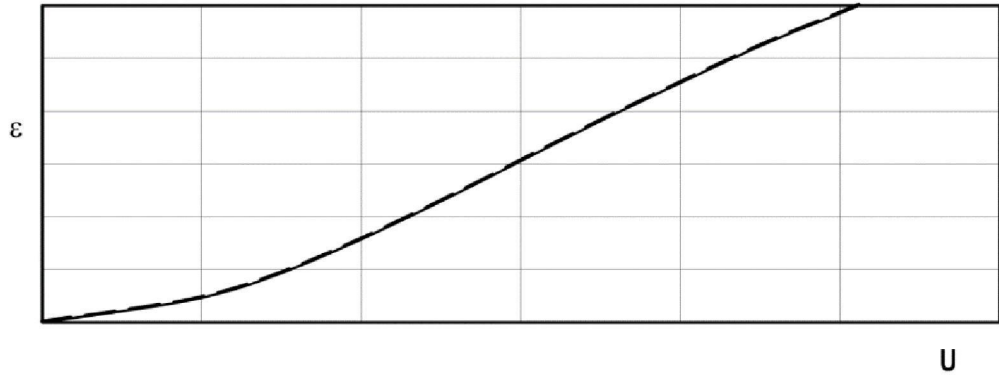
【圖3】



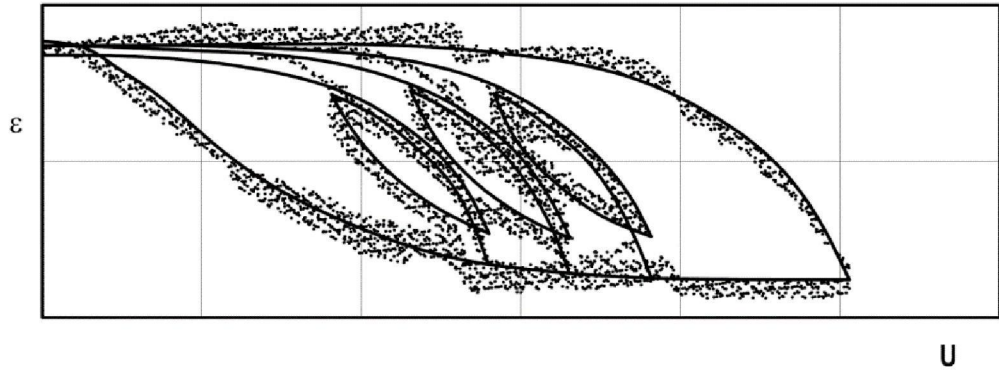
【圖4】



【圖5】

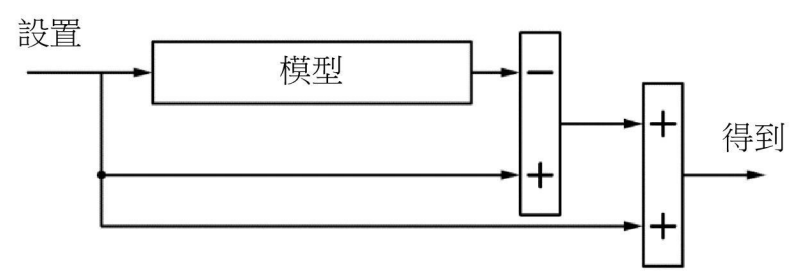


【圖6】

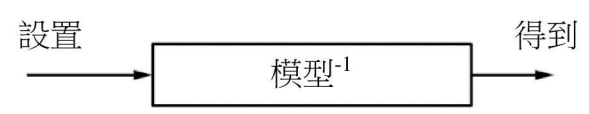


【圖7】

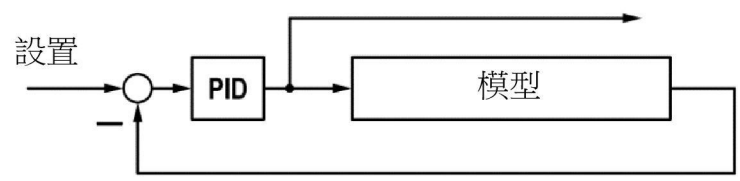
a)



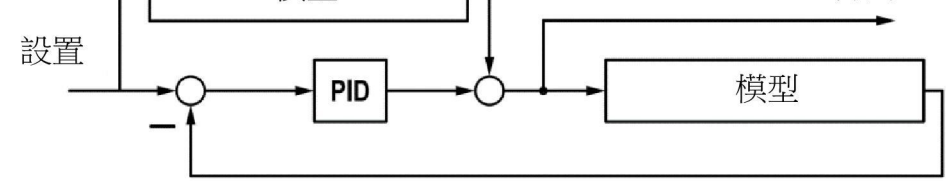
b)



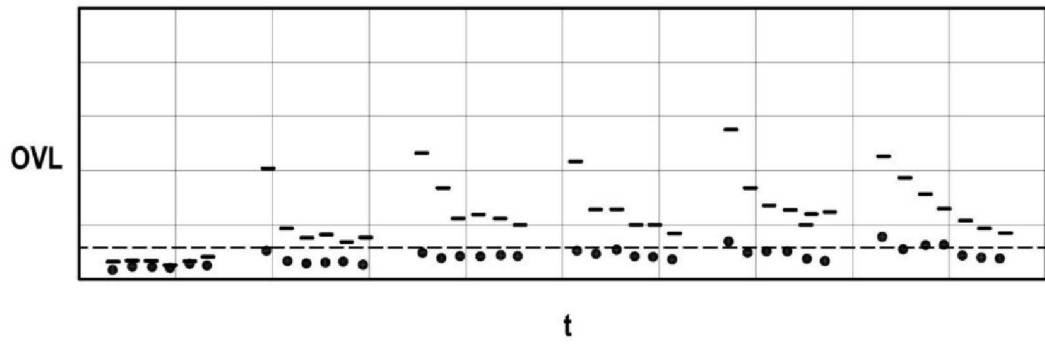
c)



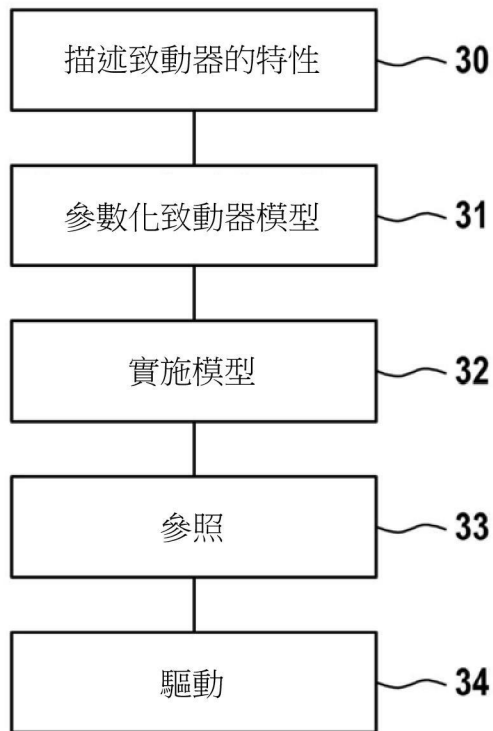
d)



【圖8】



【圖9】



【圖10】