



(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 I879485 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：113108605

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 04 月 22 日

(51)Int. Cl. : **G03F7/20 (2006.01)****G03F9/00 (2006.01)****H01L21/027 (2006.01)**

(30)優先權：2019/05/22 日本

2019-096252

(71)申請人：日商佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)

日本

(72)發明人：橋本明人 HASHIMOTO, AKIHITO (JP) ; 赤松昭郎 AKAMATSU, AKIO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201633370A

US 7016025B1

審查人員：林聖傑

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：19 共 48 頁

(54)名稱

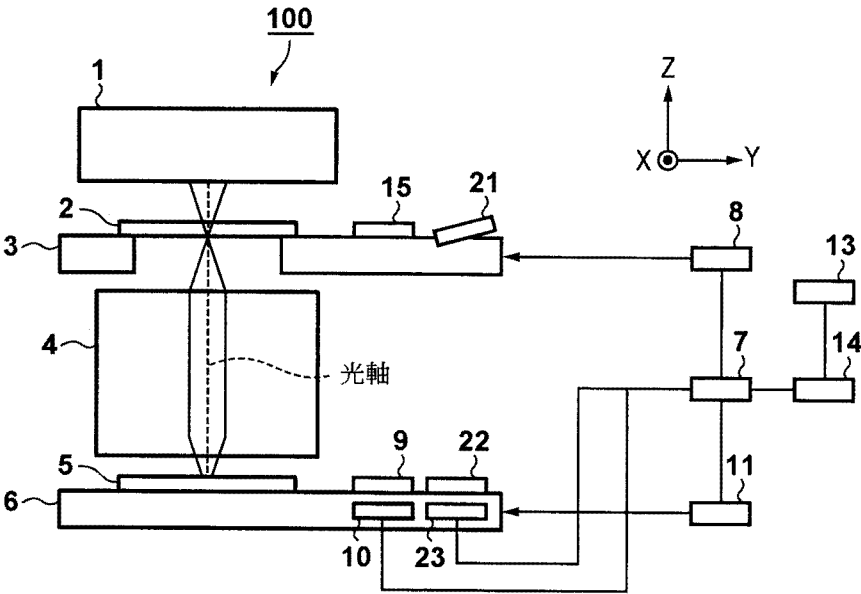
曝光裝置及製造物品之方法

(57)摘要

本發明提供曝光裝置，其進行曝光過程以將遮罩的圖案轉印至基板，曝光裝置包括：投影光學系統，其被建構為將遮罩的圖案投影到基板上；測量圖案，其布置在投影光學系統的物體平面上並且包括多個圖案元素，所述多個圖案元素在投影光學系統的光軸方向上具有不同的位置；第一檢測單元，其被建構為經由投影光學系統檢測來自測量圖案的光；以及控制單元，其被建構為當進行曝光過程時，控制遮罩與基板之間在光軸方向上的相對位置。

The present invention provides an exposure apparatus that performs an exposure process to transfer a pattern of a mask to a substrate, including a projection optical system configured to project the pattern of the mask onto the substrate, a measurement pattern arranged on an object plane of the projection optical system and including a plurality of pattern elements having different positions in an optical axis direction of the projection optical system, a first detection unit configured to detect light from the measurement pattern via the projection optical system, and a control unit configured to control a relative position between the mask and the substrate in the optical axis direction when the exposure process is performed.

指定代表圖：



【圖 1A】

符號簡單說明：

- 1:照明光學系統
- 2:遮罩
- 3:遮罩載台
- 4:投影光學系統
- 5:基板
- 6:基板載台
- 7:主控制單元
- 8:遮罩載台控制單元
- 9:第二測量圖案
- 10:檢測器
- 11:基板載台控制單元
- 13:輸入單元
- 14:確定單元
- 15:第一測量圖案
- 21:第三測量圖案
- 22:成像系統
- 23:圖像感應器
- 100:曝光裝置



I879485

【發明摘要】

【中文發明名稱】

曝光裝置及製造物品之方法

【英文發明名稱】

EXPOSURE APPARATUS AND METHOD OF MANUFACTURING
ARTICLE

【中文】

本發明提供曝光裝置，其進行曝光過程以將遮罩的圖案轉印至基板，曝光裝置包括：投影光學系統，其被建構為將遮罩的圖案投影到基板上；測量圖案，其布置在投影光學系統的物體平面上並且包括多個圖案元素，所述多個圖案元素在投影光學系統的光軸方向上具有不同的位置；第一檢測單元，其被建構為經由投影光學系統檢測來自測量圖案的光；以及控制單元，其被建構為當進行曝光過程時，控制遮罩與基板之間在光軸方向上的相對位置。

【 英文 】

The present invention provides an exposure apparatus that performs an exposure process to transfer a pattern of a mask to a substrate, including a projection optical system configured to project the pattern of the mask onto the substrate, a measurement pattern arranged on an object plane of the projection optical system and including a plurality of pattern elements having different positions in an optical axis direction of the projection optical system, a first detection unit configured to detect light from the measurement pattern via the projection optical system, and a control unit configured to control a relative position between the mask and the substrate in the optical axis direction when the exposure process is performed.

【指定代表圖】圖 1A

【代表圖之符號簡單說明】

- 1:照明光學系統
- 2:遮罩
- 3:遮罩載台
- 4:投影光學系統
- 5:基板
- 6:基板載台
- 7:主控制單元
- 8:遮罩載台控制單元
- 9:第二測量圖案
- 10:檢測器
- 11:基板載台控制單元
- 13:輸入單元
- 14:確定單元
- 15:第一測量圖案
- 21:第三測量圖案
- 22:成像系統
- 23:圖像感應器
- 100:曝光裝置

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

曝光裝置及製造物品之方法

【英文發明名稱】

EXPOSURE APPARATUS AND METHOD OF MANUFACTURING
ARTICLE

【技術領域】

【0001】本發明涉及曝光裝置及製造物品的方法。

【先前技術】

【0002】當通過微影術過程製造諸如半導體裝置或液晶顯示裝置的裝置時，使用將遮罩圖案的圖像投影到基板並將圖案轉印至基板的曝光裝置。曝光裝置需要在遮罩與基板之間進行高精度對準和焦點校準，以便將遮罩圖案準確地轉印至基板。

【0003】作為一種對準和焦點校準方法，日本專利公開案第4-348019號提出了一種通過透鏡(Through The Lens，TTL)方法，其中經由投影光學系統來測量基板相對於遮罩或遮罩圖案的焦點位置的相對位置。通常，在焦點校準中，在投影光學系統的光軸方向(Z方向)上移動基板側標記(上面設置有基板側標記的載台)的同時，經由投影光學系統和基板側標記來檢測通過了遮罩側標記的光，並

根據光量的變化獲得焦點位置。

【0004】然而，在相關技術中，每次進行焦點校準時，都需要在Z方向上移動基板側標記(載台)。這種操作需要時間，這導致生產率降低。另外，由於不能並行地進行在Z方向上移動基板側標記的操作和實際曝光操作，因此不能獲得實際曝光操作中的焦點位置(聚焦狀態)。因此，即使進行焦點校準，在實際曝光操作中，也不能將基板維持在最優焦點位置(最佳焦點位置)，這可能導致曝光精度降低。

【發明內容】

【0005】本發明提供在焦點校準態樣有利的曝光裝置。

【0006】根據本發明的一態樣，提供了一種曝光裝置，其進行曝光過程以將遮罩圖案轉印至基板，曝光裝置包括：投影光學系統，其被建構為將遮罩圖案投影到基板上；測量圖案，其布置在投影光學系統的物體平面上並且包括多個圖案元素，多個圖案元素在投影光學系統的光軸方向上具有不同的位置；第一檢測單元，其被建構為經由投影光學系統檢測來自測量圖案的光；以及控制單元，其被建構為當進行曝光過程時，控制遮罩與基板在光軸方向上的相對位置，其中控制單元基於第一光量分布和第二光量分布來控制相對位置，第一光量分布表示從檢測單元在第一定時的檢測結果中獲得的、通過多個圖案元素中的各

個的光的光量，第二光量分布表示從第一檢測單元在第一
定時之後的第二定時的檢測結果中獲得的、通過多個圖案
元素中的各個的光的光量。

【0007】通過以下參照附圖對示例性實施例的描述，
本發明的其他特徵將變得清楚。

【圖式簡單說明】

【0008】[圖1A]和[圖1B]是示出作為本發明的一個態
樣的曝光裝置的布置的示意圖。

【0009】[圖2]是示出焦點測量處理時的曝光裝置的
示意圖。

【0010】[圖3]是示出變化量測量處理時的曝光裝置
的示意圖。

【0011】[圖4A]和[圖4B]是示出第三測量圖案的布置
的示例圖。

【0012】[圖5A]和[圖5B]是用於說明獲得焦點變化量
的變化量測量處理的圖。

【0013】[圖6A]和[圖6B]是用於說明獲得焦點變化量
的變化量測量處理的圖。

【0014】[圖7]是示出最佳焦點位置與基板載台的Z方
向位置之間的關係圖。

【0015】[圖8A]和[圖8B]是用於說明第三測量圖案相
對於X-Y平面傾斜的角度的設置圖。

【0016】[圖9A]和[圖9B]是用於說明第三測量圖案相

對於 X-Y 平面傾斜的角度的設置圖。

【0017】[圖 10]是用於說明圖 1A 和圖 1B 所示的曝光裝置的操作的流程圖。

【0018】[圖 11]是示出變化量測量處理的細節的流程圖。

【0019】[圖 12]是用於說明焦點測量處理的圖。

【0020】[圖 13A]和[圖 13B]是各自示出圖像感應器的檢測結果的示例圖。

【0021】[圖 14]是示出作為本發明的一個態樣的曝光裝置的另一布置的示意圖。

【0022】[圖 15]是示出根據相關技術的曝光裝置的布置的示意圖。

【0023】[圖 16]是用於說明圖 15 所示的曝光裝置的操作的流程圖。

【0024】[圖 17]是示出第一測量圖案的布置的示例圖。

【0025】[圖 18]是示出由檢測器檢測到的光的光量與基板載台的 Z 方向坐標位置之間關係的示例圖。

【0026】[圖 19]是示出焦點測量處理的細節的流程圖。

【實施方式】

【0027】下文將參照附圖詳細描述實施例。請注意，以下實施例並不意圖限制所請發明的範圍。在實施例中描

述了多個特徵，但是本發明並不限於需要所有這些特徵，並且多個這些特徵可以被適當組合。此外，在附圖中，向相同或相似的構造賦予相同的參考數字，並且省略其冗餘描述。

【0028】首先，將參照圖15至圖19，來描述根據相關技術的使用TTL方法的焦點校準。圖15是示出根據相關技術的曝光裝置的布置的示意圖。在此，定義XYZ坐標系，使得水平面為X-Y平面，垂直方向為Z軸方向。

【0029】參照圖15，來自照明光學系統1的光(曝光用的光)通過由遮罩載台3握持的遮罩2，並經由投影光學系統4到達由基板載台6握持的基板5。通過投影光學系統4來以共軛位置關係設置遮罩2(其圖案平面)和基板5。因此，遮罩2的圖案(實際裝置圖案)經由投影光學系統4投影到基板上，並轉印至基板5。

【0030】圖16是用於說明圖15中所示的曝光裝置的操作流程圖。在步驟S101中，進行用於獲得遮罩2的圖案的成像位置(最佳焦點位置)的焦點測量處理。在步驟S102中，進行運算處理，以從步驟S101中的焦點測量處理的結果中獲得適合於曝光的基板5的最優位置(將基板5定位在最佳焦點位置所需的基板載台6的移動量)和投影光學系統4的校正構件的驅動量。在步驟S103中，基於在步驟S102的運算處理中獲得的基板5的最佳位置和校正構件的驅動量來進行校正處理，以驅動基板載台6和校正構件。在步驟S104中，進行曝光處理以將遮罩2的圖案轉印至基板5。

在步驟 S105 中，確定經過曝光處理的基板 5 的數量是否達到了預定數量。如果經過曝光處理的基板 5 的數量尚未達到預定數量，則過程返回到步驟 S101。另一態樣，如果經過曝光處理的基板 5 的數量達到了預定數量，則操作終止。

【0031】這裏，將具體描述焦點測量處理(步驟 S101)和校正處理(S103)。在焦點測量處理中，首先，在遮罩載台控制單元 8 的控制下，使用干涉儀(未示出)移動遮罩載台 3，使得設置在遮罩 2 或遮罩載台 3 上的第一測量圖案 15 位於照明光學系統 1 下方。圖 17 是示出第一測量圖案 15 的布置的示例圖。第一測量圖案 15 包括具有預定線寬和間距以允許來自照明光學系統 1 的光通過(透過)的多個圖案元素 15A、以及遮擋來自照明光學系統 1 的光的遮光部分 15B，並且由形成有多個圖案元素 15A 的平板形成。

【0032】接下來，在基板載台控制單元 11 的控制下，使用干涉儀(未示出)移動基板載台 6，使得設置在基板載台 6 上的第二測量圖案 9 布置在與第一測量圖案 15 相對應的位置處。第二測量圖案 9 包括與第一測量圖案 15 相對應的多個圖案元素和遮光部分。在第二測量圖案 9 下方設置有檢測已通過第二測量圖案 9 的光(其光量)的檢測器 10。

【0033】在上述狀態下，在投影光學系統 4 的光軸方向(Z 方向)上稍微移動基板載台 6 的同時，通過主控制單元 7 獲得由檢測器 10 檢測到的光的光量最大的坐標位置 Z_0 。圖 18 是示出由檢測器 10 檢測到的光的光量(檢測光量)與基

板載台6的Z方向坐標位置之間關係的示例圖，其中縱坐標表示檢測光量，橫坐標表示基板載台6的Z方向坐標位置。檢測光量最大的基板載台6的Z方向坐標位置是第一測量圖案15和第二測量圖案9處於共軛位置關係的坐標位置。因此，通過搜索檢測光量最大的基板載台6的Z方向坐標位置，可以獲得來自第一測量圖案15的光的成像位置，即遮罩2的圖案的焦點位置(最佳焦點位置)。然後，主控制單元7基於所獲得的焦點位置，通過焦點位置的移位而在Z方向上移動基板載台6，使得可以將遮罩2的圖案的焦點位置調整到基板5。

【0034】圖19是示出步驟S101中的焦點測量處理的細節的流程圖。在步驟S201中，將遮罩載台3移動至焦點測量位置，使得第一測量圖案15位於照明光學系統1的下方。在步驟S202中，將基板載台6移動至焦點測量位置，使得第二測量圖案9被布置在與第一測量圖案15相對應的位置。可以首先進行步驟S201和S202中的任一者，或者可以並行進行步驟S201和S202。在步驟S203中，利用來自照明光學系統1的光照明第一測量圖案15。在步驟S204中，在Z方向上移動基板載台6。在步驟S205中，檢測器10檢測已通過第二測量圖案9的光以獲得檢測光量。注意，並行(同時)進行步驟S204和S205。在步驟S206中，基於步驟S204中的基板載台6的Z方向位置和在步驟S205中獲得的檢測光量，來獲得檢測光量最大的基板載台6的Z方向位置。

【0035】如上所述，在相關技術中，每次進行焦點校

準時，都需要在Z方向上移動設置有第二測量標記9的基板載台6。這導致曝光裝置的生產率降低。另外，在相關技術中，沒有獲得實際曝光處理中的焦點位置。因此，在實際曝光處理中不能將基板5維持在最優焦點位置(最佳焦點位置)，這導致曝光精度降低。

【0036】因此，在本實施例中，提供了在焦點校準態樣有利的曝光裝置，即提供了抑制由於焦點校準而導致的曝光裝置的生產率降低和曝光精度降低的技術。

【0037】圖1A和圖1B是示出作為本發明一態樣的曝光裝置100的布置的示意圖。圖1A是整個曝光裝置100的正面圖，圖1B是示出遮罩載台3周圍的布置的平面圖。在本實施例中，定義XYZ坐標系，使得水平面是X-Y平面，垂直方向是Z軸方向。

【0038】曝光裝置100是在微影術過程中使用的微影術裝置，該微影術過程是用於製造諸如半導體裝置或液晶顯示裝置等的裝置的過程。在本實施例中，曝光裝置100採用步進掃描方法，並且進行經由遮罩曝光基板以將遮罩的圖案轉印至基板的曝光過程。注意，曝光裝置100可以採用步進重複方法或其他曝光方法。

【0039】曝光裝置100包括：照明光學系統1，其照明遮罩2；遮罩載台3，其握持並移動遮罩2；投影光學系統4，其將遮罩2的圖案投影到基板5上；以及基板載台6，其握持並移動基板5。曝光裝置100還包括主控制單元7、遮罩載台控制單元8、基板載台控制單元11、輸入單元13和

確定單元 14。此外，曝光裝置 100 包括第一測量圖案 15 (物體平面側圖案)、第二測量圖案 9 (像平面側圖案)、檢測器 10 (第二檢測單元)、第三測量圖案 21 (測量圖案)、成像系統 22 和圖像感應器 23 (第一檢測單元)。主控制單元 7 由包括中央處理單元 (CPU)、記憶體等的電腦形成，並且根據存儲在記憶單元中的程式來全面控制曝光裝置 100 的各個單元以操作曝光裝置 100。例如，當進行曝光過程時，主控制單元 7 控制遮罩 2 與基板 5 在投影光學系統 4 的光軸方向上的相對位置。

【0040】來自照明光學系統 1 的光 (曝光用的光) 通過由遮罩載台 3 握持的遮罩 2，並且經由投影光學系統 4 到達由基板載台 6 握持的基板 5。通過投影光學系統 4 來以共軛位置關係設置遮罩 2 (其圖案平面) 和基板 5。因此，遮罩 2 的圖案 (實際裝置圖案) 經由投影光學系統 4 投影到基板上，並轉印至基板 5。在本實施例中，採用了步進掃描方法。因此，通過在 Y 方向上同步掃描遮罩載台 3 和基板載台 6 來將遮罩 2 的圖案轉印至基板 5。

【0041】將描述曝光裝置 100 中與焦點校準有關的布置。通過用戶操作將進行曝光過程 (即將遮罩 2 的圖案轉印至基板 5) 時的曝光條件 (曝光區域、照明模式、遮罩 2 的圖案等) 輸入到輸入單元 13。確定單元 14 基於輸入到輸入單元 13 的曝光條件來確定焦點校準所需的測量條件 (測量位置 (圖像高度位置)、測量圖案等)。

【0042】如圖 17 所示，第一測量圖案 15 包括具有預定

線寬和間距的多個圖案元素15A。在本實施例中，多個圖案元素15A沿著X方向布置以形成線和間隔圖案。第一測量圖案15設置在遮罩載台3(投影光學系統4的物體平面)上，並且通過遮罩載台3定位在目標測量位置處。注意，第一測量圖案15可以包括具有不同線寬、間距或方向並形成線和間隔圖案的各種類型的圖案元素。換句話說，形成第一測量圖案15的多個圖案元素的數量、類型和方向不限於特定的數量、類型和方向。

【0043】如圖1B所示，多個第一測量圖案15以在X方向上間隔開的方式設置在遮罩載台3上。可以在遮罩載台3上設置一個第一測量圖案15，但是為了測量投影光學系統4的特性，首選地設置多個第一測量圖案15。投影光學系統4的特性包括例如焦點位置、失真等。

【0044】當進行焦點測量處理時，主控制單元7經由遮罩載台控制單元8移動遮罩載台3，以將第一測量圖案15定位在由確定單元14確定的測量位置處。類似地，當進行焦點測量處理時，主控制單元7經由基板載台控制單元11移動基板載台6，以將第二測量圖案9定位在由確定單元14確定的測量位置處。

【0045】檢測器10以位於第二測量圖案9下方的方式設置在基板載台6中，並且經由投影光學系統4和第二測量圖案9檢測已通過(透過)第二測量圖案9的光，即來自第一測量圖案15的光。注意，檢測器10可以不檢測透過第一測量圖案15和第二測量圖案9的光，而是檢測被第一測量圖

案 15 和第二測量圖案 9 反射的光。

【0046】圖 2 是示出第一測量圖案 15 和第二測量圖案 9 中的各個位於其測量位置的狀態(即焦點測量處理時的曝光裝置 100)的示意圖。在焦點測量處理中，利用來自照明光學系統 1 的光照射第一測量圖案 15，並且經由投影光學系統 4 和第二測量圖案 9，通過檢測器 10 來檢測已通過第一測量圖案 15 的光。此時，在投影光學系統 4 的光軸方向(Z 方向)上稍微移動基板載台 6 的同時，通過主控制單元 7 獲得由檢測器 10 檢測到的光的光量(檢測光量)最大的位置 Z_0 。由於檢測光量最大的基板載台 6 的 Z 方向坐標位置是第一測量圖案 15 和第二測量圖案 9 處於共軛位置關係的坐標位置，因此這樣的坐標位置是最優焦點位置(最佳焦點位置)。注意，檢測光量與基板載台 6 的 Z 方向坐標位置之間的關係如圖 18 所示。

【0047】在本實施例中，在焦點校準中，進行如下變化量測量處理：獲得焦點測量處理之後的焦點變化量(最佳焦點位置的變化量)而不在 Z 方向上移動基板載台 6。因此，遮罩載台 3(投影光學系統 4 的物體平面)設有第三測量圖案 21(測量圖案)，並且基板載台 6(投影光學系統 4 的像平面)設有成像系統 22 和圖像感應器 23(第一檢測單元)。

【0048】如稍後將描述的，第三測量圖案 21 相對於投影光學系統 4 的光軸傾斜地布置。成像系統 22 是設置在投影光學系統 4 與圖像感應器 23 之間的光學系統，並在圖像感應器上形成第三測量圖案 21 的圖像。在本實施例中，成

像系統22是如下光學系統：其將倍率施加到第三測量圖案21的圖像並將光引導到圖像感應器上。可以根據圖像感應器23的解析度來設置倍率。圖像感應器23包括多個像素，並且檢測(拍攝)由成像系統22形成的第三測量圖案21的圖像。

【0049】當進行變化量測量處理時，主控制單元7經由遮罩載台控制單元8移動遮罩載台3，以將第三測量圖案21定位在由確定單元14確定的測量位置處。類似地，當進行變化量測量處理時，主控制單元7經由基板載台控制單元11移動基板載台6，以將成像系統22和圖像感應器23中的各個定位在由確定單元14確定的測量位置處。

【0050】圖3是示出第三測量圖案21、成像系統22和圖像感應器23中的各個位於其測量位置的狀態(即變化量測量處理時的曝光裝置100)的示意圖。如圖3所示，第三測量圖案21位於照明光學系統1的下方，並利用來自照明光學系統1的光來照明第三測量圖案21。經由投影光學系統4和成像系統22，通過圖像感應器23將來自第三測量圖案21的光檢測為第三測量圖案21的圖像。主控制單元7基於由圖像感應器23檢測到的測量圖案21的圖像，來確定圖像感應器23中的當前焦點位置(最佳焦點位置)。

【0051】圖4A和圖4B是示出第三測量圖案21的布置的示例圖。圖4A是第三測量圖案21的平面圖，圖4B是第三測量圖案21的側面圖。如圖4A所示，第三測量圖案21包括具有預定線寬和間距以允許來自照明光學系統1的光通

過(透過)的多個圖案元素21A、以及遮擋來自照明光學系統1的光的遮光部分21B。第三測量圖案21由形成有多個圖案元素21A的平板21C形成。在本實施例中，多個圖案元素21A沿著Y方向排列以形成線和間隔圖案。另外，如圖4B所示，第三測量圖案21被布置成繞X方向上的軸線傾斜預定角度 θ 。更具體地，平板21C的法線被布置為相對於投影光學系統4的光軸傾斜，使得多個圖案元素21A在光軸方向(Z方向)上具有不同的位置。第三測量圖案21傾斜的方向與多個圖案元素21A(線和間隔)連續的方向相同。

【0052】注意，在本實施例中，通過使第三測量圖案21傾斜而將多個圖案元素21A布置成在光軸方向上具有不同的位置，但是本發明不限於此。僅需要第三測量圖案21包括在投影光學系統4的光軸方向上具有不同位置的多個圖案元素21A。因此，例如，第三測量圖案21可以由階梯狀構件形成，並且圖案元素21A可以形成在構件的各個階梯上。

【0053】如圖1B所示，多個第三測量圖案21以在X方向上間隔開的方式設置在遮罩載台3上。可以在遮罩載台3上設置一個第三測量圖案21，但是為了測量投影光學系統4的特性，優選地設置多個第三測量圖案21。另外，第三測量圖案21相對於第一測量圖案15布置在+Y方向上，但是可以相對於第一測量圖案15布置在-Y方向上，或者可以相對於第一測量圖案15在 $\pm X$ 方向上偏離。然而，為了減小投影光學系統4在焦點測量處理中的影響，優選地將第

一測量圖案15和第三測量圖案21布置為彼此靠近。這是因為焦點位置(最佳焦點位置)根據投影光學系統4的圖像高度而改變。

【0054】將參照圖5A至圖6B，來描述用於獲得焦點變化量的變化量測量處理。圖5A和圖6A中的各個示出了變化量測量處理中的第三測量圖案21、投影光學系統4、基板5、成像系統22和圖像感應器23。此外，通過投影光學系統4在基板上形成的第三測量圖案21的圖像在圖5A中被示出為圖像24。經由成像系統22，通過圖像感應器23來檢測圖像24。圖5B是示出圖像感應器23的檢測結果的示例圖。當圖像感應器23的像素由橫坐標表示、在各個像素處獲得的光量由縱坐標表示時，獲得光量分布25(第一光量分布)。

【0055】參照圖5B，在光量分布25中，與第三測量圖案21的各個圖案元素21A相對應的部分表現為各自具有大光量的部分PE1至PE7，並且與遮光部分21B相對應的部分表現為各自具有小光量的部分VA1至VA8。由於圖像24相對於圖像感應器23傾斜，因此，如果最佳焦點位置存在於傾斜的高度內，則在與靠近最佳焦點位置的圖案元素21A相對應的部分中，光量最大。另外，在與遠離最佳焦點位置的圖案元素21A相對應的部分中，光量較小。圖5B示出了最佳焦點位置存在於部分PE4中的情況。部分PE3、PE2和PE1中的各個指示像平面在-Z方向上偏離最佳焦點位置，部分PE5、PE6和PE7中的各個指示像平面在+Z方向上

偏離最佳焦點位置。因此，如果可以獲得與部分PE4相對應的圖像感應器23的像素(位置)，則可以根據下面的等式(1)獲得最佳焦點位置BF。

$$BF = P \times \text{Pixel Size} \times (\tan\theta / \text{Mag}) \quad \dots(1)$$

【0056】這裏，P指示與光量最大的部分相對應的圖像感應器23的像素位置，並且Pixel Size指示圖像感應器23的像素尺寸。此外， θ 指示由第三測量圖案21和與投影光學系統4的光軸正交的平面(X-Y平面)形成的角度，並且Mag指示成像系統22的倍率。

【0057】如上所述，可以從光量最大的部分PE4中獲得在Z方向上獲得最佳焦點位置的位置Z₁。然而，也可以使用光量最大的部分PE4和遠離最佳焦點位置的部分(峰)PE1、PE2、PE3、PE5、PE6和PE7來獲得包絡線26，並且根據包絡線26近似地獲得最佳焦點位置。在圖5B中，與從部分PE1至PE7獲得的包絡線26的局部最大值27相對應的圖像感應器23的像素位置被指示為PI1。

【0058】圖6A示出了最佳焦點位置已經偏離圖5A所示狀態下的位置的狀態。如圖6B中所示，由於投影光學系統4內部的空氣波動、形成投影光學系統4的構件的未對準等，圖像24可能移位到圖像28。在這種情況下，如圖6B所示，從圖像感應器23的檢測結果獲得的光量分布從光量分布25改變為光量分布29(第二光量分布)。因此，與從光量分布29獲得的包絡線30的局部最大值31相對應的圖像感應器23的像素位置改變為像素位置PI2，使得最佳焦點位置

改變。

【0059】通過使用像素位置PI1和PI2中的各個獲得最佳焦點位置，可以獲得給定定時的最佳焦點位置與下一定時的最佳焦點位置之間的差，即最佳焦點位置的變化量。圖7是示出最佳焦點位置與基板載台6的Z方向位置之間的關係圖。參照圖7，當與包絡線的局部最大值相對應的像素位置從PI1改變為PI2時，如從等式(1)顯而易見的那樣，基板載台6的Z方向位置可以根據線性關係導出，並且從 Z_1 改變為 Z_2 。

【0060】用作第一參考的參考焦點位置可以使用利用第一測量圖案15、第二測量圖案9和檢測器10獲得的基板載台6的Z方向位置。這是因為該位置指示投影光學系統4的成像位置(最佳焦點位置)。

【0061】如上所述，在本實施例的變化量測量處理中，當獲得焦點變化量(最佳焦點位置)時，在Z方向上移動基板載台6(第二測量圖案9)的操作是不必要的。因此，在本實施例中，省略了在Z方向上移動基板載台6的操作所需的時間，使得可以提高曝光裝置100的生產率(吞吐量)。

【0062】注意，如上所述，在本實施例中，第三測量圖案21被布置為相對於X-Y平面傾斜角度 θ ，但是應該在考慮對焦點位置的靈敏度和焦點位置測量精度(確定精度)的同時設置角度 θ 。將參照圖8A至圖9B，來描述第三測量圖案21相對於X-Y平面傾斜的角度 θ 的設置。圖8A和圖9A

中的各個示出了變化量測量處理中的第三測量圖案21、投影光學系統4、基板5、成像系統22和圖像感應器23。

【0063】參照圖8A，第三測量圖案21被布置為相對於X-Y平面傾斜角度 θ_1 。此外，位置F11指示在給定定時的最佳焦點位置，並且在該狀態下通過投影光學系統4在基板上形成的第三測量圖案21的圖像被示出為圖像40。當最佳焦點位置由於各種因素而從位置F11改變為位置F12時，第三測量圖案21的圖像從圖像40改變為圖像41。

【0064】圖8B是示出在圖8A所示的狀態下由圖像感應器23經由成像系統22檢測到的圖像(光量分布)的圖，其中橫坐標表示圖像感應器23的像素，縱坐標表示在各個像素處獲得的光量。參照圖8B，圖像40對應於光量分布42，並且從光量分布42獲得包絡線44。此外，從包絡線44獲得局部最大值46、以及與局部最大值46相對應的圖像感應器23的像素位置PI11。以這種方式，當最佳焦點位置是位置F11時，圖像感應器23的像素位置PI11對應於位置F11。

【0065】類似地，圖像41對應於光量分布43，並且從光量分布43獲得包絡線45。此外，從包絡線45獲得局部最大值47、以及與局部最大值47相對應的圖像感應器23的像素位置PI12。以這種方式，當最佳焦點位置是位置F12時，圖像感應器23的像素位置PI12對應於位置F12。

【0066】另一態樣，參照圖9A，第三測量圖案21被布置為相對於X-Y平面傾斜角度 θ_2 。在此，假定角度 θ_2 大於角度 θ_1 ($\theta_2 > \theta_1$)。此外，位置F21指示在給定定時的最佳

焦點位置，並且在該狀態下由投影光學系統4在基板上形成的第三測量圖案21的圖像被示出為圖像48。當最佳焦點位置由於各種因素而從位置F21改變為位置F22時，第三測量圖案21的圖像從圖像48改變為圖像49。注意，從位置F21到位置F22的焦點變化量等於從位置F11到位置F12的焦點變化量。

【0067】圖9B是示出在圖9A所示的狀態下由圖像感應器23經由成像系統22檢測到的圖像(光量分布)的圖，其中橫坐標表示圖像感應器23的像素，縱坐標表示在各個像素處獲得的光量。參照圖9B，圖像48對應於光量分布50，並且從光量分布50獲得包絡線52。此外，從包絡線52獲得局部最大值54、以及與局部最大值54相對應的圖像感應器23的像素位置PI21。以這種方式，當最佳焦點位置是位置F21時，圖像感應器23的像素位置PI21對應於位置F21。

【0068】類似地，圖像49對應於光量分布51，並且從光量分布51獲得包絡線53。此外，從包絡線53獲得局部最大值55、以及與局部最大值55相對應的圖像感應器23的像素位置PI22。以這種方式，當最佳焦點位置是位置F22時，圖像感應器23的像素位置PI22對應於位置F22。

【0069】首先，將描述聚焦靈敏度。如上所述，將圖8A和圖8B中的焦點變化量(最佳焦點位置的變化量)設置為等於圖9A和圖9B中的焦點變化量。然而，由圖像感應器23獲得的結果(即從像素位置PI11到像素位置PI12的變化量)與從像素位置PI21到像素位置PI22的變化量不同。以

這種方式，即使焦點變化量相等，對於較大的角度 θ ，圖像感應器上的像素位置的變化量也較小。這可以從通過對等式(1)進行變換而獲得的以下等式(2)理解。

$$[\text{Mag} / (\text{Pixel Size})] \times (1 / \tan\theta) = P / \text{BF} \quad \dots(2)$$

【0070】參照等式(2)，由於倍率 Mag 和像素尺寸 Pixel Size 是恆定的，因此當角度 θ 增大時，等式(2)左側的值減小。因此，如果焦點變化量相等，則當角度 θ 大時，圖像感應器23的像素位置 P 的變化量變小。以這種方式，圖像感應器23的像素位置 P 的變化量對焦點變化量的比率與角度 θ 成反比。本實施例使用圖像感應器23的像素位置 P 的變化量作為焦點變化量，使得像素尺寸 Pixel Size 用作焦點變化量的測量解析度。因此，角度 θ 越小(即圖像感應器23的像素位置 P 的變化量越大)，則可以更準確地測量焦點變化量，並且可以說聚焦靈敏度越高。

【0071】接下來，將描述焦點位置測量精度。如圖8A至圖9B所示，包絡線的清晰度根據第三測量圖案21的角度 θ 而改變。這是因為角度 θ 越大，第三測量圖案21的圖像的邊緣部分越遠離成像平面，使得由圖像感應器23檢測到的光量減少。因此，角度 θ 越大，包絡線越清晰。

【0072】包絡線的清晰度影響確定包絡線的局部最大值的精度。通常，通過從由檢測第三測量圖案21的圖像而獲得的光量分布的峰值近似成內插曲線或多項式，來獲得包絡線的局部最大值。然而，從圖像感應器23的檢測結果獲得的光量分布實際上受到在圖像感應器23中生成的讀出

雜訊或暗雜訊的影響。因此，當包絡線的清晰度低時，確定包絡線的局部最大值的精度趨於減小。另一態樣，當包絡線的清晰度高時，包絡線的局部最大值不太可能受到雜訊的影響，使得可以抑制確定包絡線時的精度降低。以這種方式，角度 θ 越大，焦點位置測量精度越高。

【0073】如上所述，第三測量圖案21的角度 θ 與聚焦靈敏度和焦點位置測量精度之間的權衡關係有關。更具體地，當角度 θ 增大時，聚焦靈敏度降低，但是焦點位置測量精度提高。另一態樣，當角度 θ 減小時，聚焦靈敏度增大，但是焦點位置測量精度降低。因此，需要根據聚焦靈敏度和焦點位置測量精度中的哪一個優先，來設置第三測量圖案21的角度 θ 。

【0074】將參照圖10來描述根據本實施例的曝光裝置100的操作。步驟S401、S403、S404、S405和S407分別與圖16所示的步驟S101、S102、S103、S104和S105相似，因此將省略其詳細描述。

【0075】在步驟S402(第一定時)中，進行參考測量處理。參考測量處理是用作在獲得焦點變化量時使用的參考的參考焦點位置的測量處理。更具體地，第三測量圖案21、成像系統22和圖像感應器23中的各個均被定位在其測量位置。然後，如已經參照圖5A和圖5B所描述的，獲得與從測量圖案21的圖像獲得的光量分布中的光量最大的部分相對應的圖像感應器23的像素位置。

【0076】在步驟S406(第一定時之後的第二定時)中，

確定是否進行變化量測量處理。用戶可以任意設置關於是否進行變化量測量處理的參考。例如，可以將當前基板是否是批次中的第一基板、或將是否對預定數量的基板已進行了曝光處理設置為參考。如果未進行變化量測量處理，則過程進入步驟S407。另一態樣，如果進行了變化量測量處理，則過程進入步驟S408。

【0077】在步驟S408中，進行變化量測量處理。變化量測量處理如參照圖6A和圖6B所描述，但是將參照圖11描述其過程。在步驟S501中，將遮罩載台3移動到變化量測量位置，使得第三測量圖案21位於照明光學系統1的下方。在步驟S502中，將基板載台6移動到變化量測量位置，使得成像系統22和圖像感應器23位於投影光學系統4的下方。可以首先進行步驟S501和S502中的任一者，或者可以並行進行步驟S501和S502。在步驟S503中，利用來自照明光學系統1的光照射第三測量圖案21。因此，第三測量圖案21的圖像經由投影光學系統4和成像系統22形成在圖像感應器上。在步驟S504中，圖像感應器23檢測第三測量圖案21的圖像。在步驟S505中，從在步驟S504中檢測到的第三測量圖案21的圖像獲得光量分布，並且獲得與光量分布中的光量最大的部分相對應的圖像感應器23的像素位置。通過該操作，如上所述，根據在步驟S505中獲得的圖像感應器23的像素位置和在步驟S402中獲得的圖像感應器23的像素位置，可以獲得焦點變化量，即最佳焦點位置的變化量。換句話說，根據在步驟S505中獲得的光量分布與

在步驟S402中獲得的光量分布之間的差，可以獲得將基板5定位在最佳焦點位置所需的基板載台6在光軸方向上的移動量。

【0078】在本實施例中，與相關技術(圖19)相比，不需要在Z方向上移動基板載台6的操作(步驟S204)。因此，在本實施例中，可以獲得焦點變化量，而在焦點校準中無需在Z方向上移動基板載台6。因此，在本實施例中，當對多個基板連續地進行曝光處理操作時，可以在一個曝光處理與下一個曝光處理之間進行焦點校準。因此，在各曝光處理中，可以將基板5維持在最佳焦點位置，使得可以抑制曝光精度的降低。

【0079】在本實施例中，已經描述了使用第一測量圖案15、第二測量圖案9和檢測器10進行焦點測量處理(步驟S401)的情況。然而，如圖12所示，可以使用第一測量圖案15、成像系統22和圖像感應器23來進行焦點測量處理。更具體地，利用來自照明光學系統1的光照明第一測量圖案15，並且圖像感應器23經由投影光學系統4和成像系統22檢測來自第一測量圖案15的光。圖13A是示出圖像感應器23的檢測結果的示例圖。當由橫坐標表示圖像感應器23的像素並且由縱坐標表示在各個像素處獲得的光量時，獲得光量分布131。通過從圖12(圖13A)所示的狀態在Z方向上稍微移動基板載台6，獲得如圖13B所示的光量分布132。因此，通過獲得由圖像感應器23檢測到的光量(光量分布)最大的基板載台6的Z方向位置，可以將該位置設置

為最佳焦點位置。

【0080】另外，如圖14所示，曝光裝置100還可以包括旋轉單元532，該旋轉單元532使第三測量圖案21繞垂直於投影光學系統4的光軸的軸線(繞X軸)旋轉。在這種情況下，曝光裝置100可以不包括第一測量圖案15。更具體地，當進行焦點測量處理時，旋轉單元532使第三測量圖案21旋轉，使得第三測量圖案21變得平行於X-Y平面(使得平板21C的法線變得平行於投影光學系統4的光軸)。在這種狀態下，利用來自照明光學系統1的光照射第三測量圖案21，並且檢測器10經由投影光學系統4和第二測量圖案9檢測來自第三測量圖案21的光。此時，通過在Z方向上稍微移動基板載台6的同時獲得由檢測器10檢測到的光的光量最大的位置，可以將該位置設置為最佳焦點位置。

【0081】另外，當進行變化量測量處理時，旋轉單元532使第三測量圖案21旋轉，使得第三測量圖案21的多個圖案元素21A在投影光學系統4的光軸方向上具有不同的位置。在該狀態下，利用來自照明光學系統1的光照射第三測量圖案21，並且圖像感應器23經由投影光學系統4和成像系統22檢測來自第三測量圖案21的光。然後，獲得與從測量圖案21的圖像獲得的光量分布中的光量最大的部分相對應的圖像感應器23的像素位置。

【0082】這裏，代替使第三測量圖案21繞垂直於投影光學系統4的光軸的軸線旋轉，可以想到使圖像感應器23繞垂直於投影光學系統4的光軸的軸線旋轉。然而，在這

種情況下，應該在考慮成像系統22的倍率的同時設置圖像感應器23的傾斜角度 θ 。在本實施例中，圖像感應器23的像素位置的變化被認為是焦點變化。在這種情況下，如從等式(1)顯而易見，圖像感應器23的像素位置變化的解析度由圖像感應器23的像素尺寸(Pixel Size)和成像系統22的倍率(Mag)確定。通常，為了增大圖像感應器23的像素位置變化的解析度，將成像系統22的倍率設置為正值。

【0083】另一態樣，投影光學系統4的數值孔徑NA由曝光裝置100所需的解析度確定。當此時的數值孔徑NA為NA1時，可以使用成像系統22的倍率Mag來將圖像感應器23中的數值孔徑NA2表達為NA1/Mag。如上所述，成像系統22的倍率Mag是正值，使得數值孔徑NA2小於數值孔徑NA1。

【0084】這裏，投影光學系統4的焦深DOF由以下等式(3)表達。

$$\text{DOF} = k \times (\lambda / \text{NA}^2) \quad \dots(3)$$

【0085】其中k為比例常數， λ 為入射到投影光學系統4的光的波長。如等式(3)所示，當數值孔徑NA減小時，焦深DOF與數值孔徑NA的平方成反比地增大。如上所述，圖像感應器23中的數值孔徑NA2變得小於數值孔徑NA1，但是焦深DOF增大。隨著焦深DOF的增大，第三測量圖案21的圖像變得不太可能模糊。因此，第三測量圖案21的圖像的各端的光量不太可能小於中心的光量，使得包絡線的清晰度降低。

【0086】為了增大包絡線的清晰度，需要使圖像感應器23傾斜。然而，由於數值孔徑 $NA2$ 為 $NA1/Mag$ ，因此需要根據成像系統22的倍率的平方，來以大於第三測量圖案21的傾斜角度的角度使圖像感應器23傾斜。如果成像系統22的倍率約為幾倍，則可以使圖像感應器23傾斜。然而，如果成像系統22的倍率大於一定程度，則圖像感應器23的傾斜角度增大，並且無法在圖像感應器上形成第三測量圖案21的圖像。例如，在本實施例中，假設第三測量圖案21的角度 θ 是 5° 並且成像系統22的倍率是五倍。在這種情況下，為了通過使圖像感應器23傾斜而獲得與本實施例所示的包絡線等同的包絡線，圖像感應器23的傾斜角度為 75° 。因此，圖像感應器23的傾斜角度變得基本上平行於投影光學系統4的光束，使得難以在圖像感應器上形成第三測量圖案21的圖像。

【0087】根據本發明實施例的製造物品的方法例如適合於製造諸如半導體裝置、液晶顯示裝置、平板顯示器或微機電系統(MEMS)的物品。該製造方法包括以下步驟：通過使用上述曝光裝置100來曝光塗覆有感光材料的基板；以及使曝光的感光材料顯影。另外，使用顯影的感光材料的圖案作為遮罩對基板進行蝕刻步驟、離子植入步驟等，以在基板上形成電路圖案。通過重複曝光、顯影、蝕刻等步驟，在基板上形成由多層形成的電路圖案。在後處理中，對其中形成有電路圖案的基板進行切割(處理)，並進行晶片安裝、接合和檢查步驟。該製造方法還可包括其

他已知步驟(氧化、沉積、氣相沉積、摻雜、平坦化、抗蝕劑去除等)。根據該實施例的製造物品的方法在物品的性能、品質、生產率和生產成本中的至少一項態樣優於傳統方法。

【0088】雖然參照示例性實施例對本發明進行了描述，但是應當理解，本發明並不限於所公開的示例性實施例。應當對所附請求項的範圍給予最寬的解釋，以使其涵蓋所有這些修改例以及等同的結構和功能。

【符號說明】

【0089】

- 1:照明光學系統
- 2:遮罩
- 3:遮罩載台
- 4:投影光學系統
- 5:基板
- 6:基板載台
- 7:主控制單元
- 8:遮罩載台控制單元
- 9:第二測量圖案
- 10:檢測器
- 11:基板載台控制單元
- 13:輸入單元
- 14:確定單元

15:第一測量圖案

15A:圖案元素

15B:遮光部分

21:第三測量圖案

21A:圖案元素

21B:遮光部分

21C:平板

22:成像系統

23:圖像感應器

24:圖像

25:第一光量分布

26:包絡線

27:局部最大值

28:圖像

29:第二光量分布

30:包絡線

31:局部最大值

40:圖像

41:圖像

42:光量分布

43:光量分布

44:包絡線

45:包絡線

46:局部最大值

47:局部最大值

48:圖像

49:圖像

50:光量分布

51:光量分布

52:包絡線

53:包絡線

54:局部最大值

55:局部最大值

100:曝光裝置

131:光量分布

132:光量分布

532:旋轉單元

F11,F12,F21,F22:最佳焦點位置

PE1~PE7:大光量的部分

PI1,PI2,PI11,PI12,PI21,PI22:像素位置

S101~S105:曝光裝置的操作步驟

S201~S206:測量焦點的步驟

S401~S408:曝光裝置的操作步驟

S501~S505:測量變化量的步驟

VA1~VA8:小光量的部分

Z_1, Z_2 :最佳焦點位置

Z_0 :最大光量的位置

$\theta, \theta_1, \theta_2$:傾斜角度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種曝光裝置，其進行曝光過程以將遮罩的圖案轉印至基板，所述曝光裝置包括：

投影光學系統，其被建構為將所述遮罩的圖案投影到所述基板上；

測量圖案，其布置在所述投影光學系統的物體平面上並且包括多個圖案元素；

第一檢測單元，其被建構為經由所述投影光學系統檢測來自所述測量圖案的光；以及

控制單元，其被建構為基於第一光量分布和第二光量分布來控制所述遮罩與所述基板之間在該投影光學系統的光軸方向上的相對位置，

其中，所述第一光量分布表示已經通過所述多個圖案元素中的每一個的光的光量，其從所述第一檢測單元在第一定時的檢測結果中獲得，

其中，所述第二光量分布表示已經通過所述多個圖案元素中的每一個的光的光量，其從所述第一檢測單元在第二定時的檢測結果中獲得，且

其中，該第二定時是在該第一定時之後所進行的該曝光過程之後的定時。

【請求項2】根據請求項1所述的曝光裝置，其中所述控制單元基於所述第一光量分布中所包括的最高峰值的位置和所述第二光量分布中所包括的最高峰值的位置來控制所述相對位置。

【請求項3】根據請求項1所述的曝光裝置，其中在所述第一定時從布置在所述投影光學系統的參考焦點位置處的所述第一檢測單元的檢測結果中獲得所述第一光量分布，並且

在所述第二定時從布置在所述參考焦點位置處的所述第一檢測單元的檢測結果中獲得所述第二光量分布。

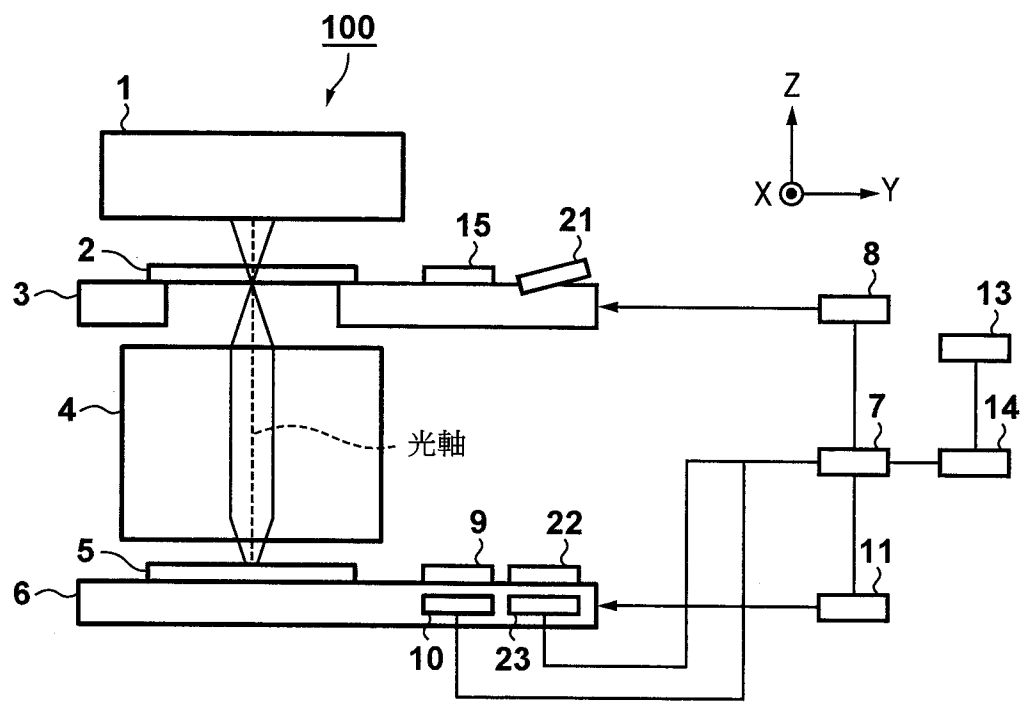
【請求項4】根據請求項3所述的曝光裝置，其中所述參考焦點位置包括所述投影光學系統在所述第一定時的最佳焦點位置。

【請求項5】根據請求項1所述的曝光裝置，其中所述第一檢測單元包括圖像感應器，所述圖像感應器被建構為檢測所述測量圖案的圖像。

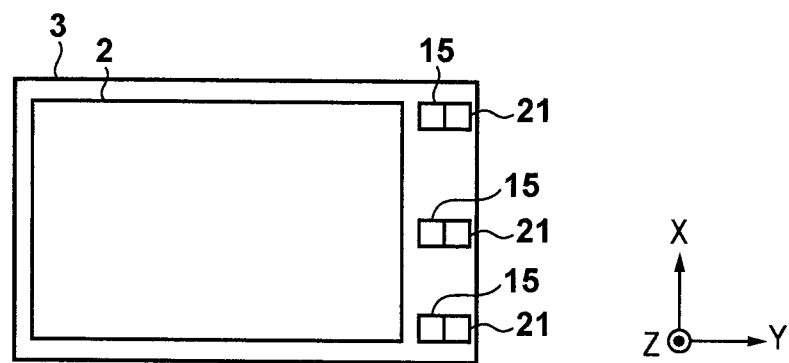
【請求項6】根據請求項5所述的曝光裝置，其中所述第一光量分布和所述第二光量分布是在圖像感應器傾斜的狀態下獲得的。

【請求項7】一種製造物品的方法，所述方法包括：
使用請求項1界定的曝光裝置來曝光基板；
使所述曝光的基板顯影；以及
從所述顯影的基板來製造所述物品。

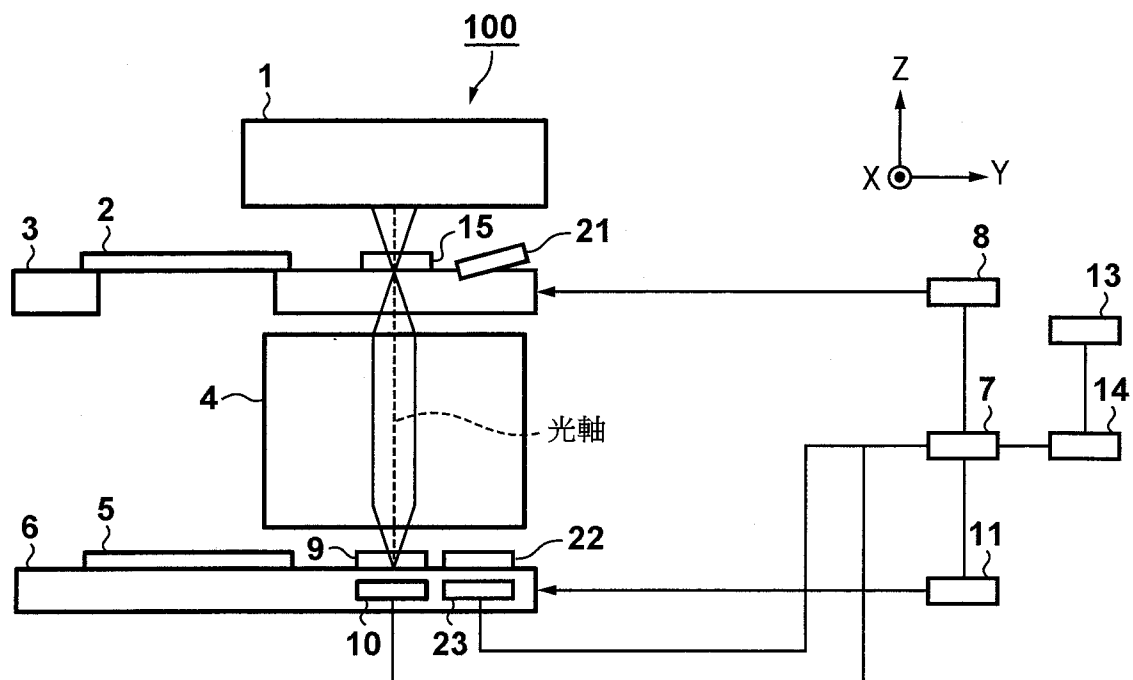
【發明圖式】



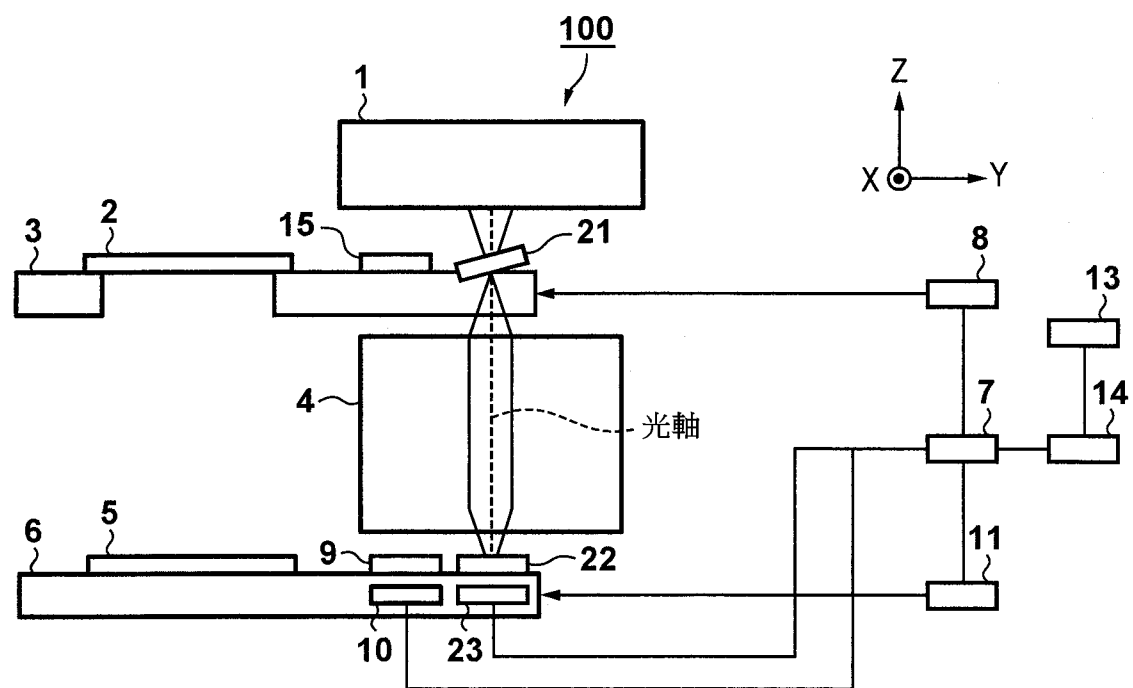
【圖 1A】



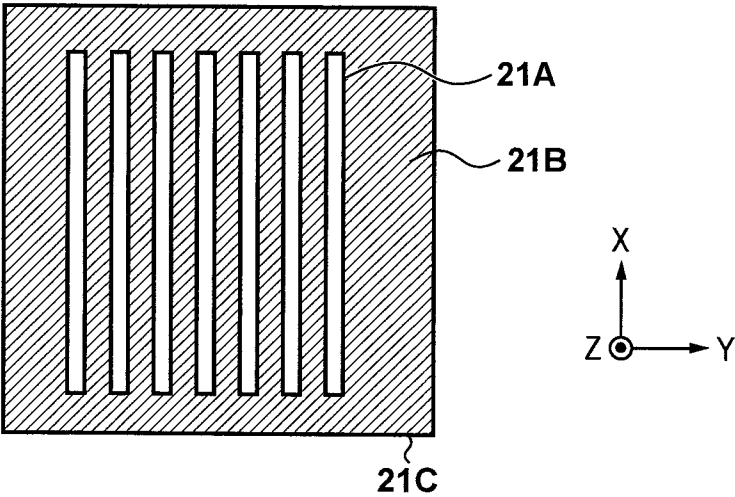
【圖 1B】



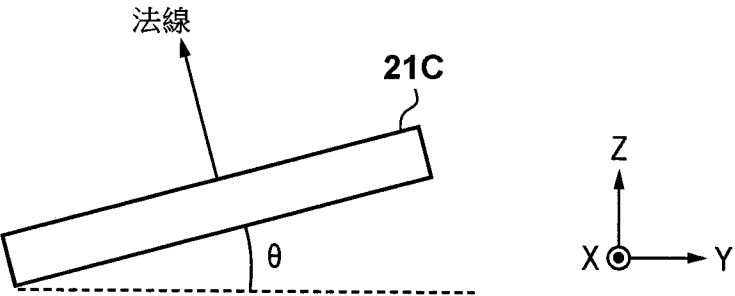
【圖 2】



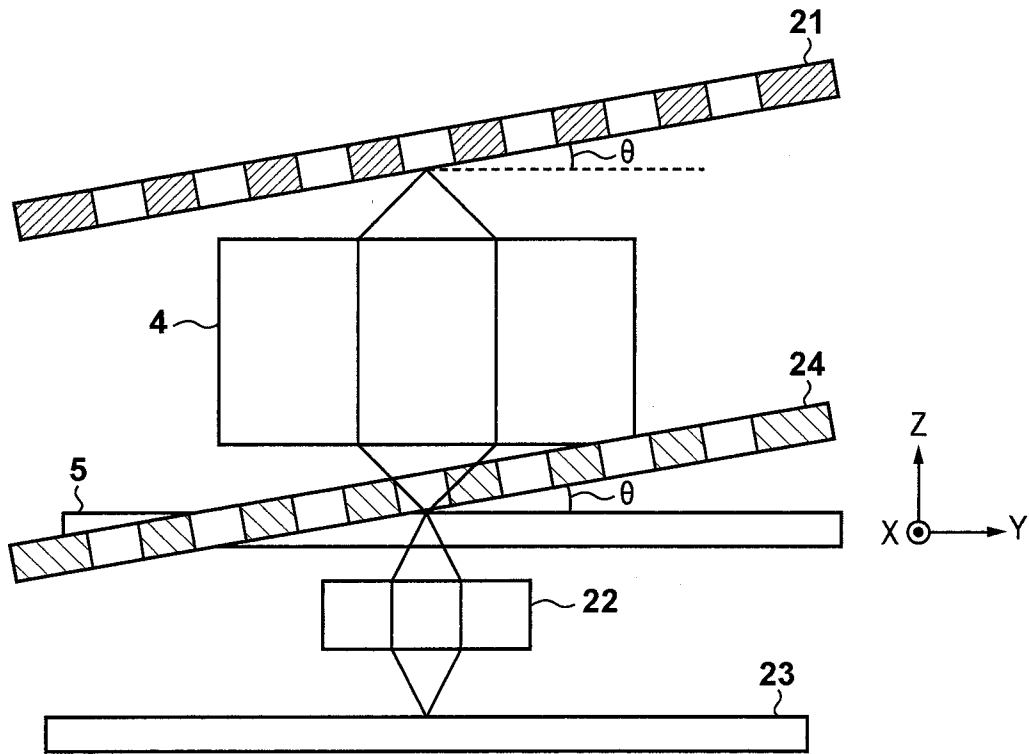
【圖 3】



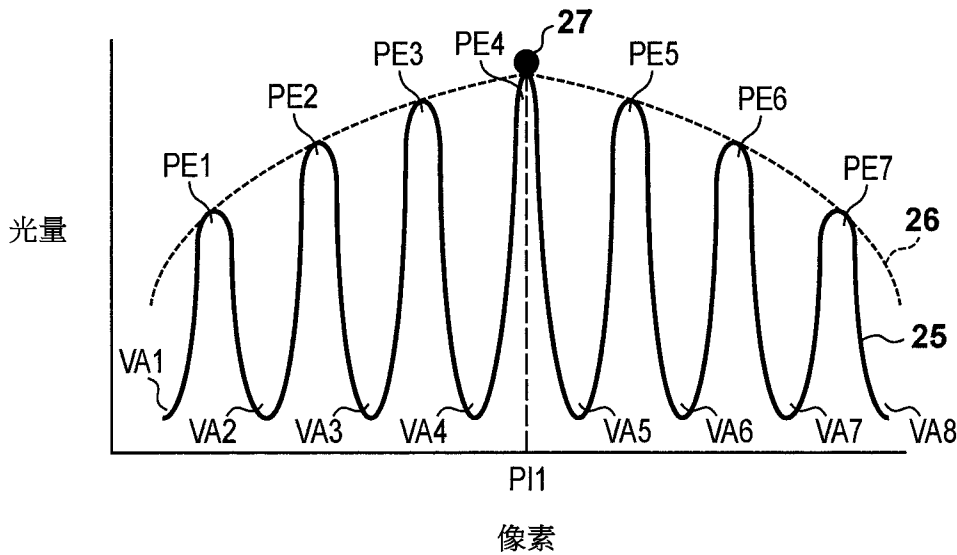
【圖 4A】



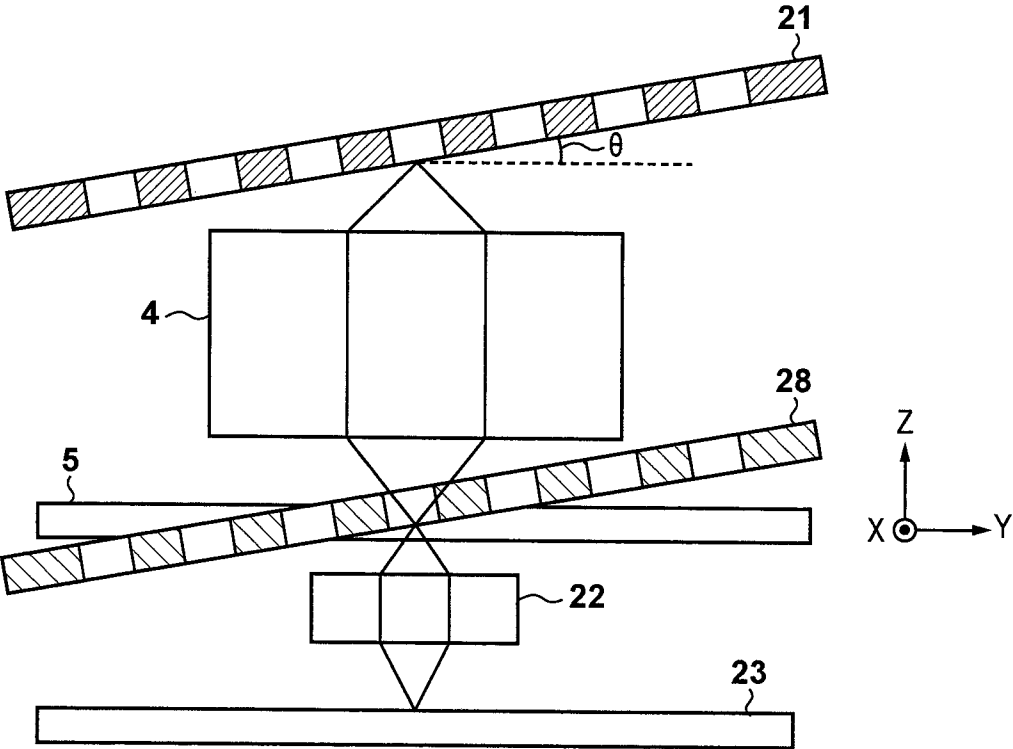
【圖 4B】



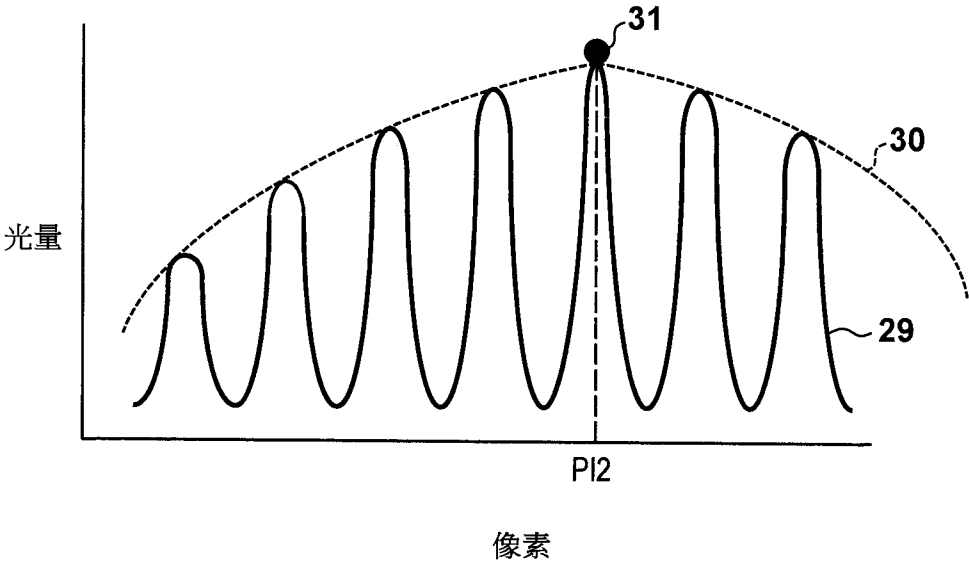
【圖 5A】



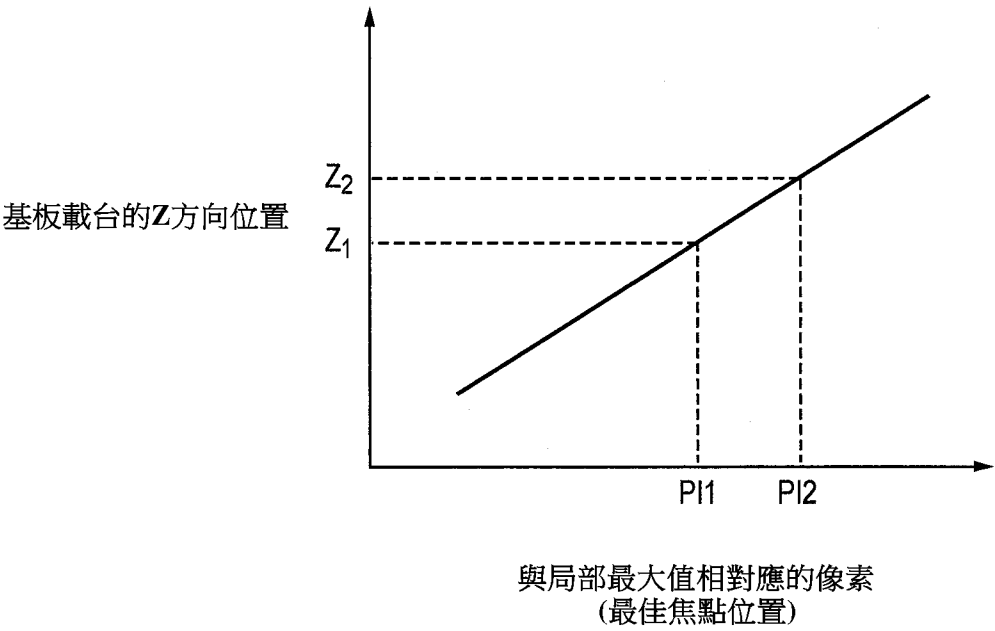
【圖 5B】



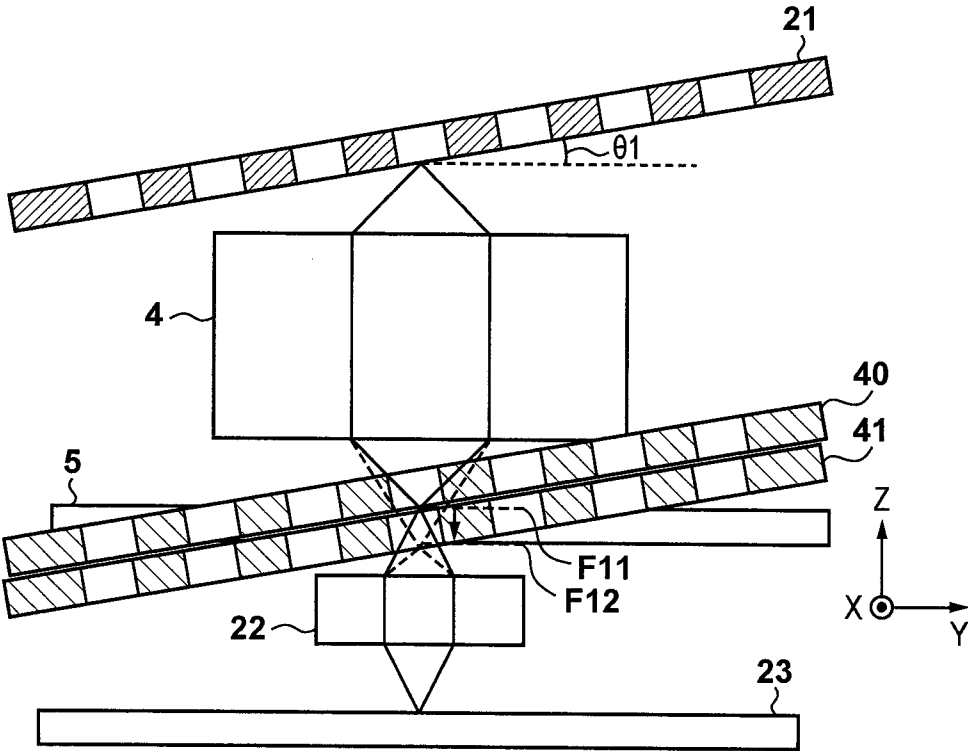
【圖 6A】



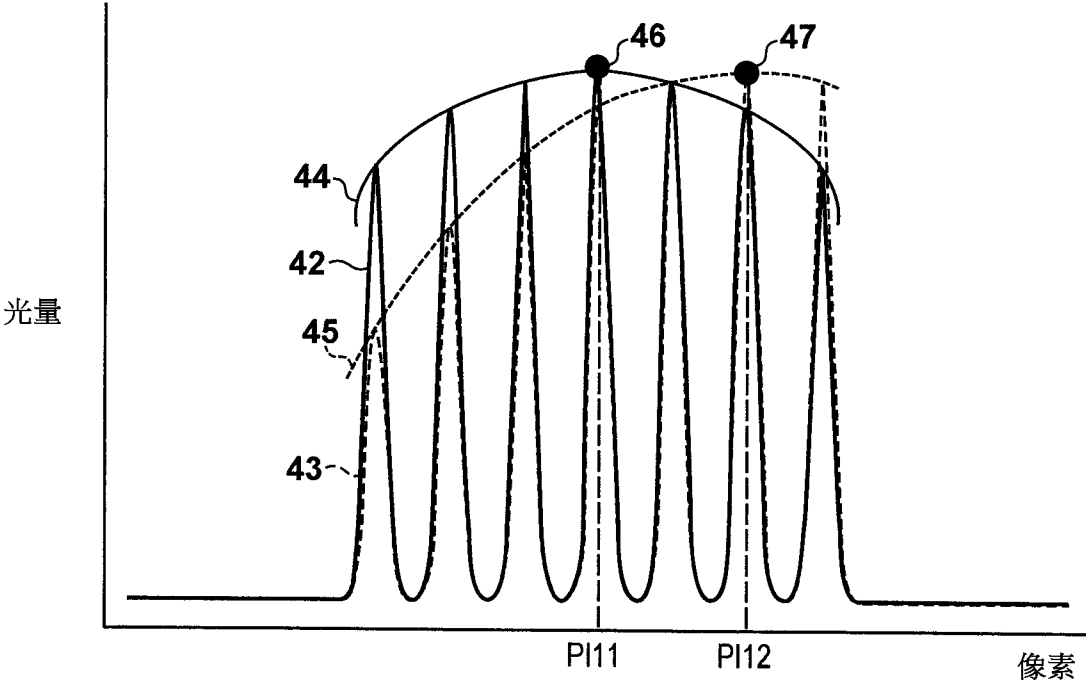
【圖 6B】



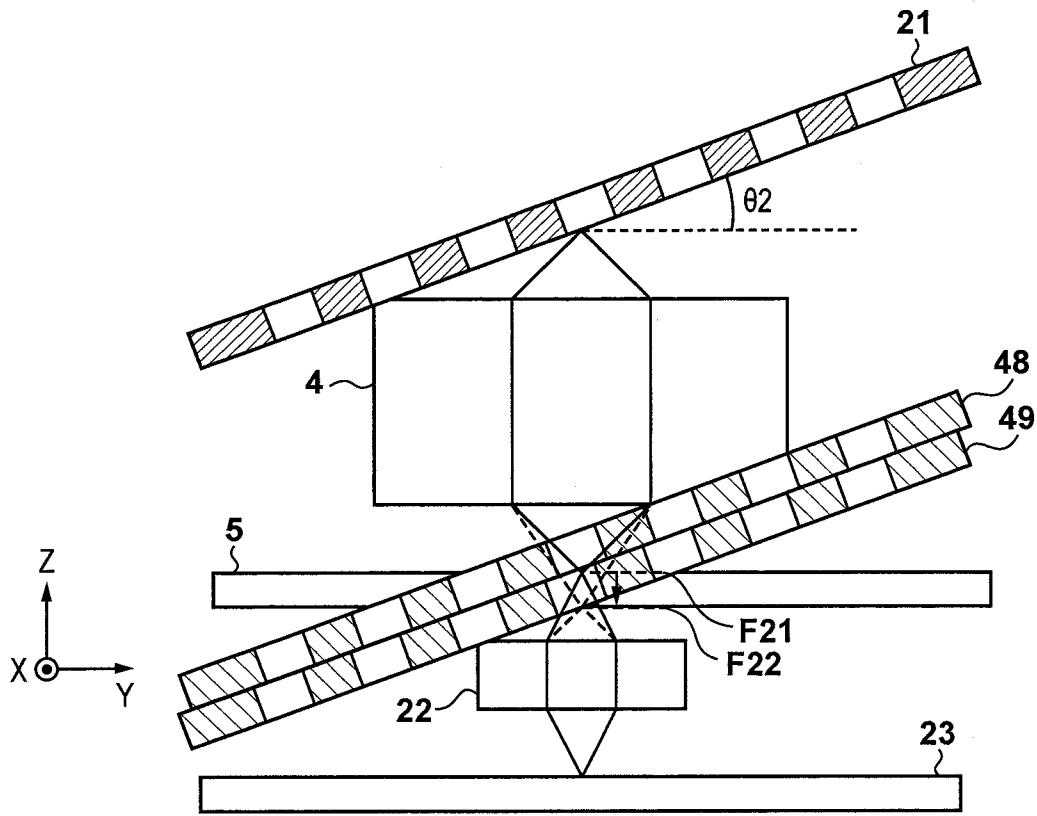
【圖 7】



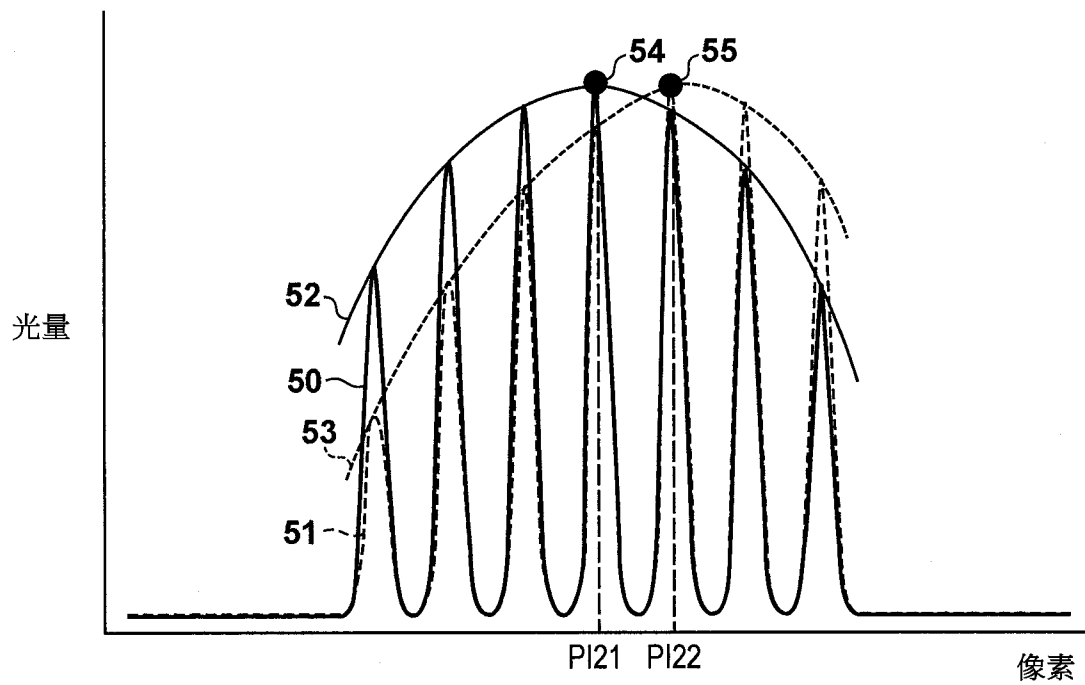
【圖 8A】



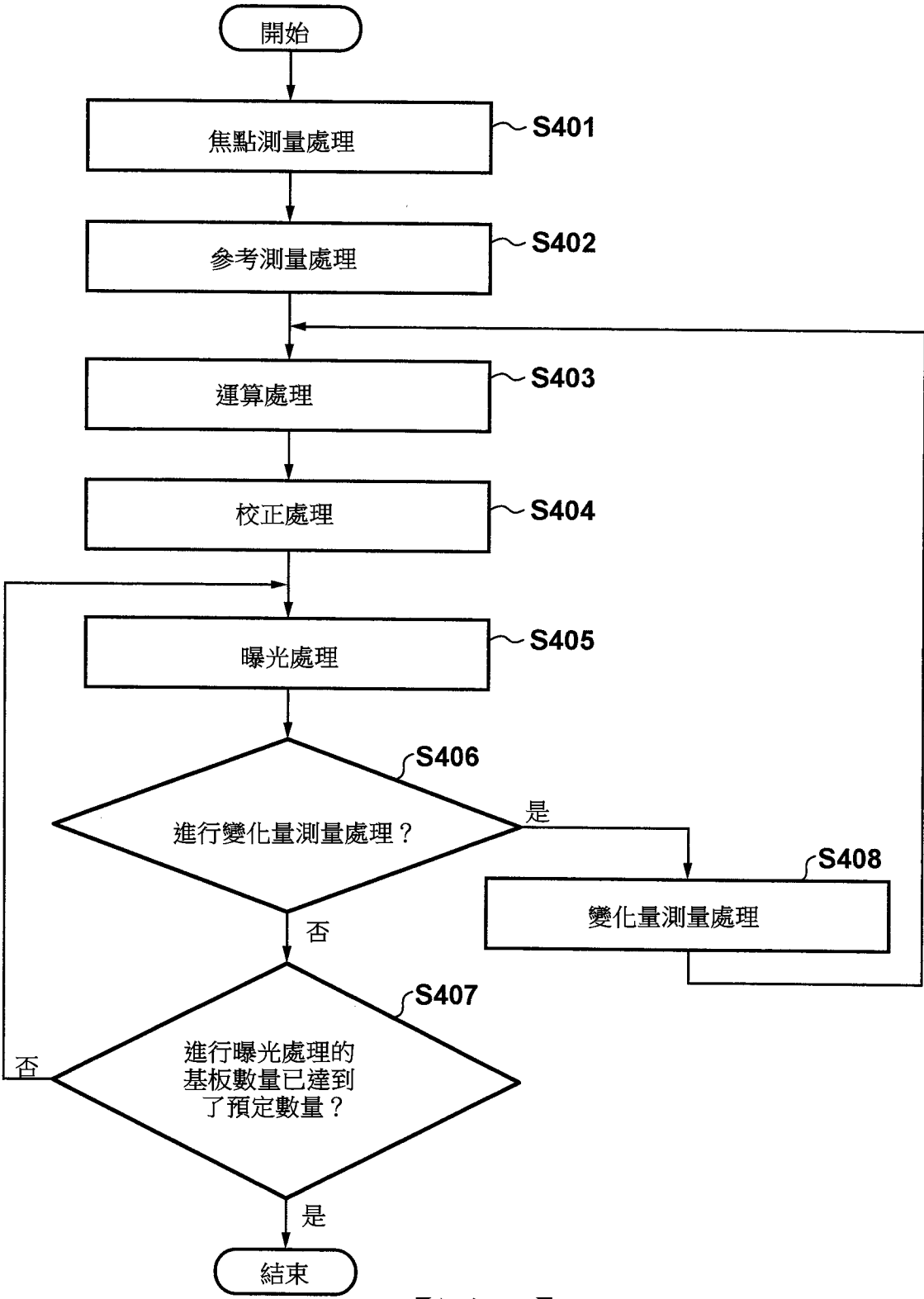
【圖 8B】



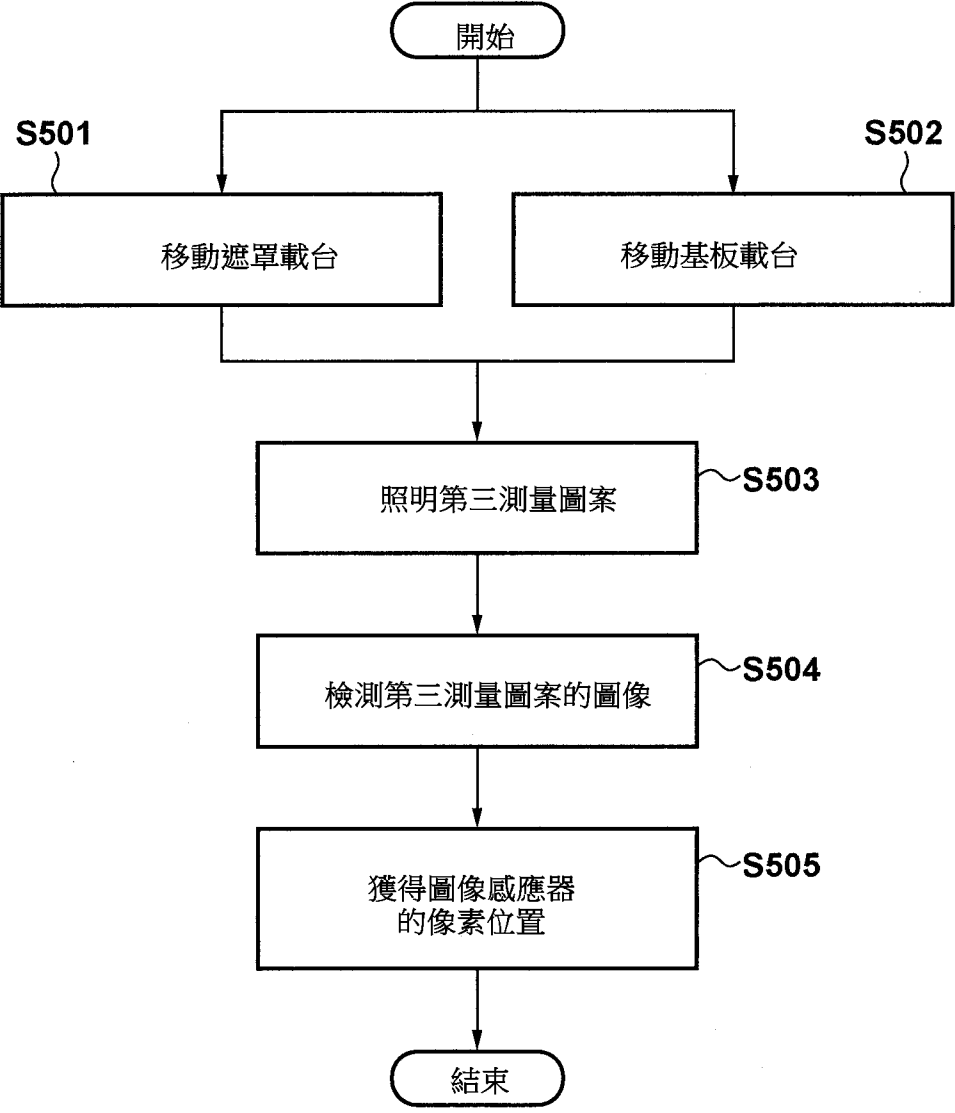
【圖 9A】



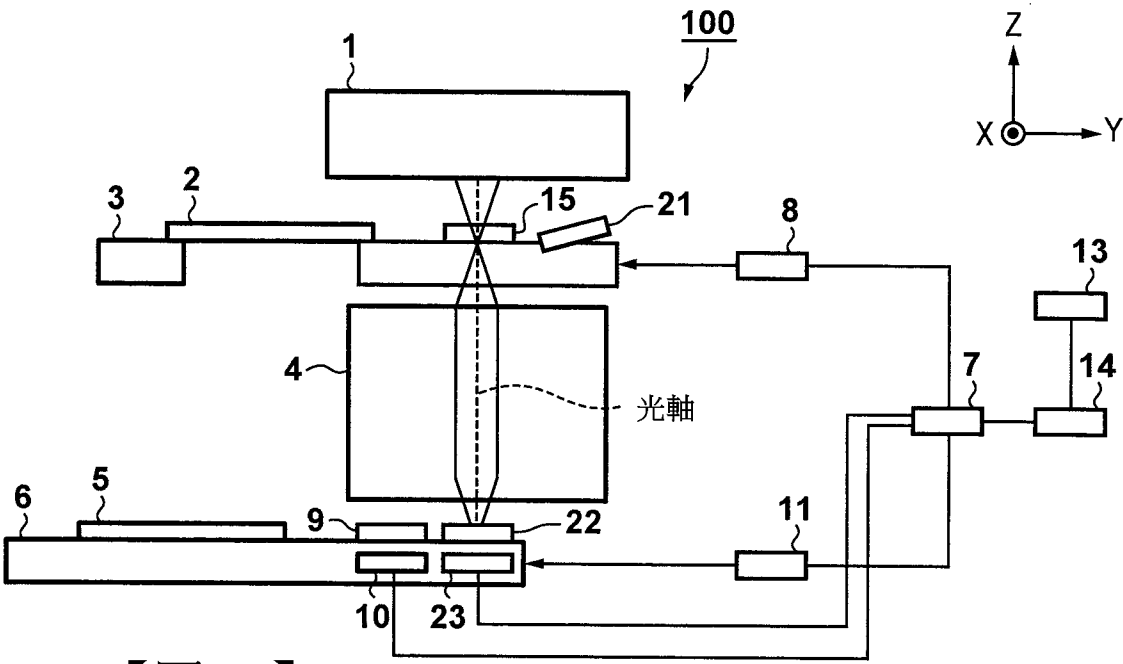
【圖 9B】



【圖 10】

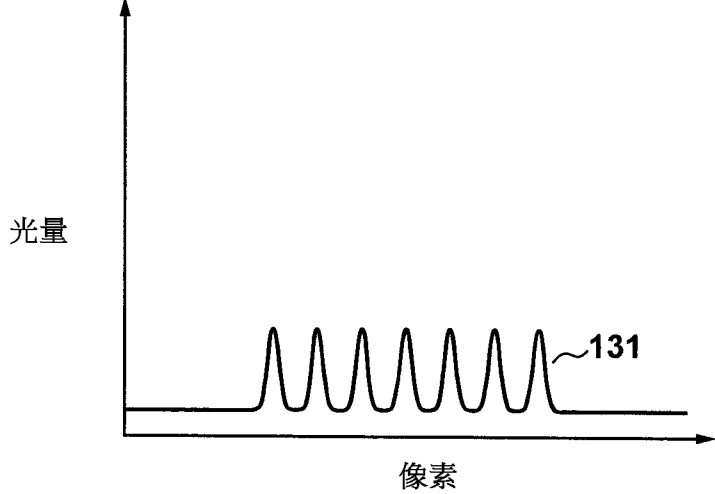


【圖 11】

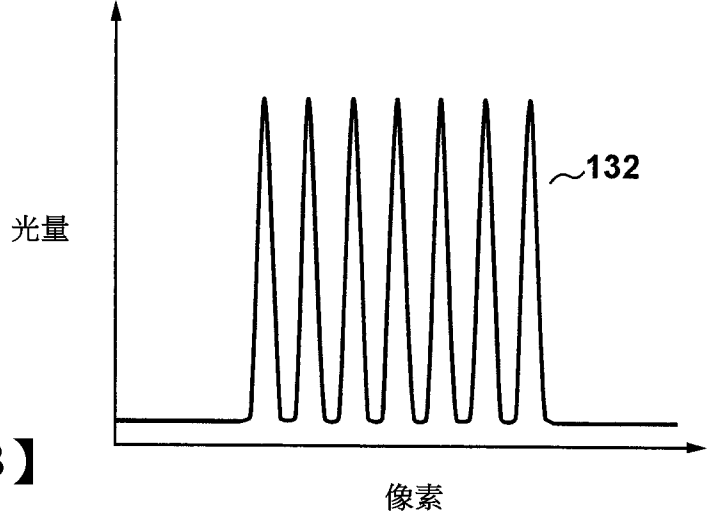


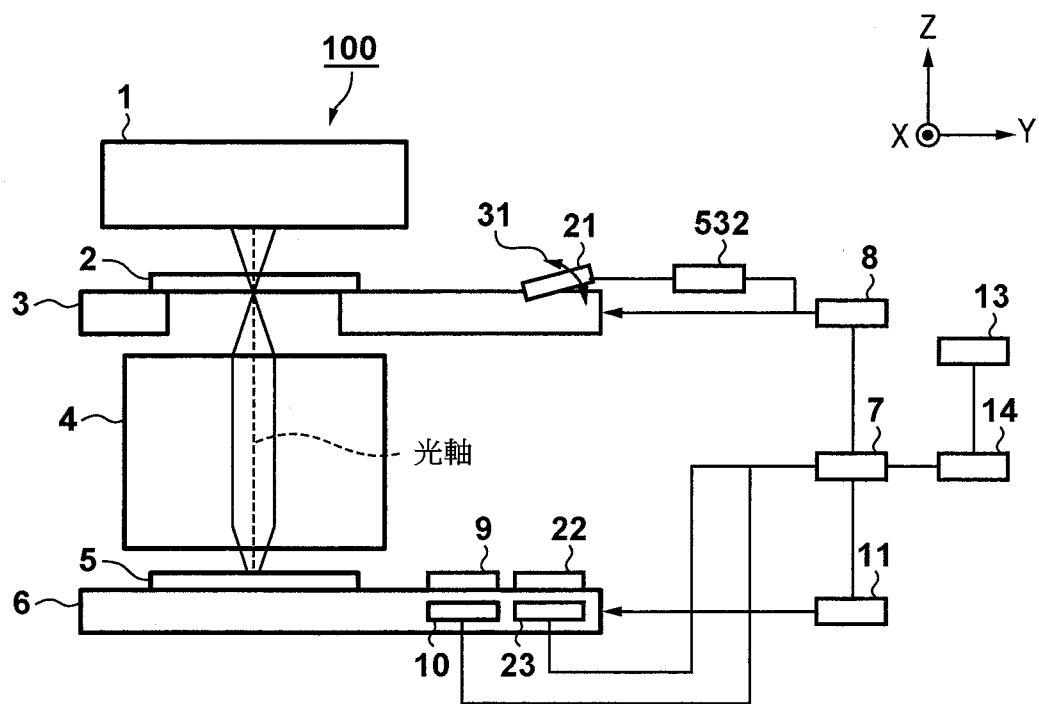
【圖 12】

【圖 13A】



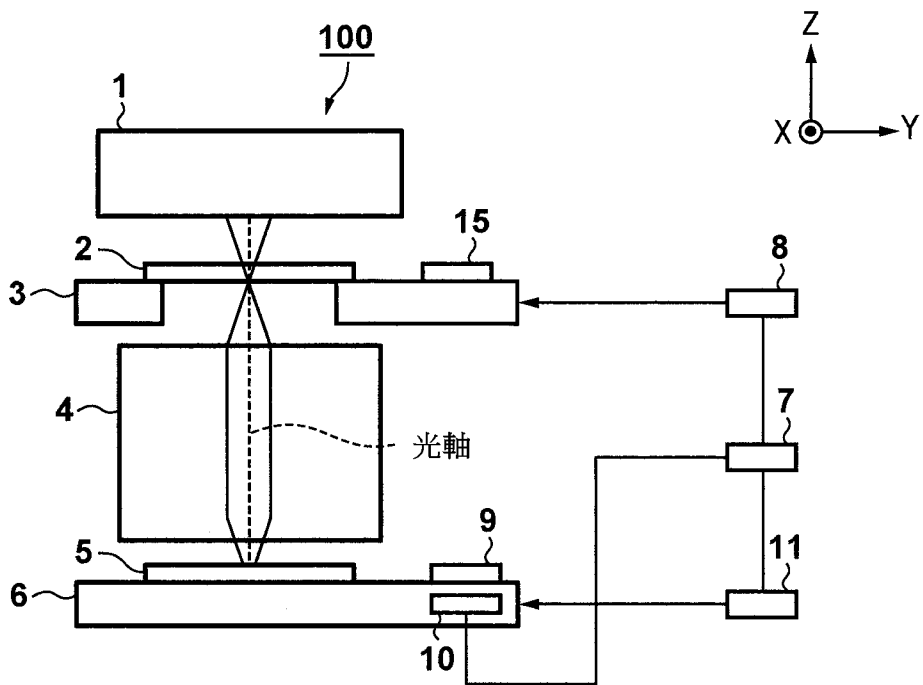
【圖 13B】





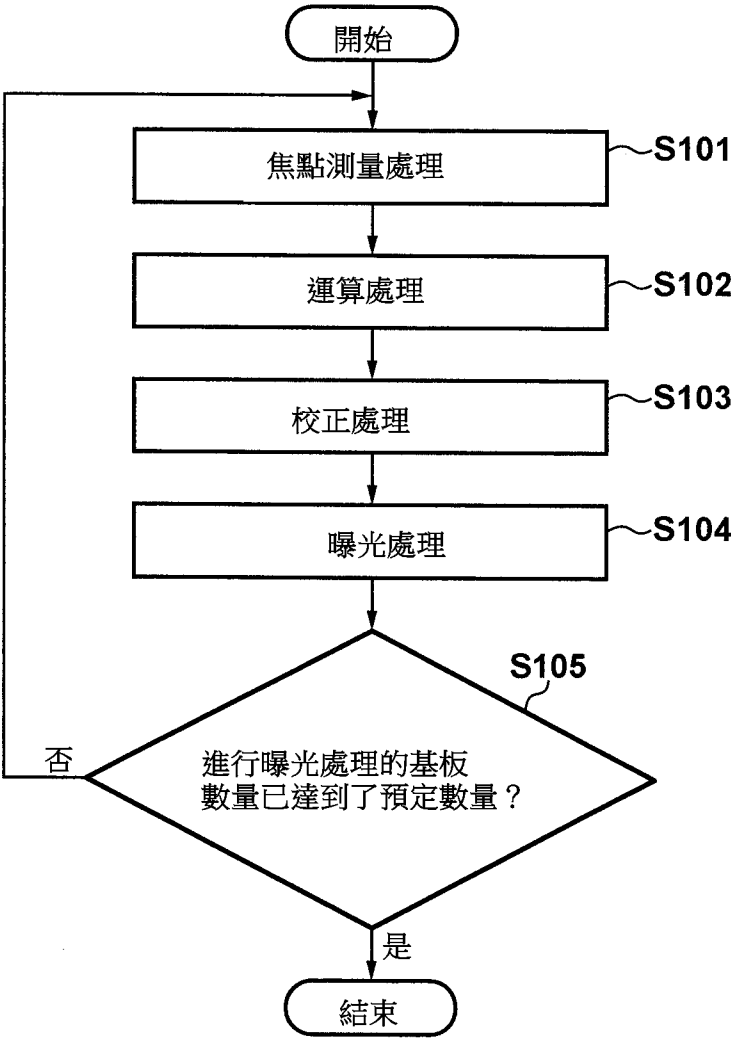
【圖 14】

先前技術



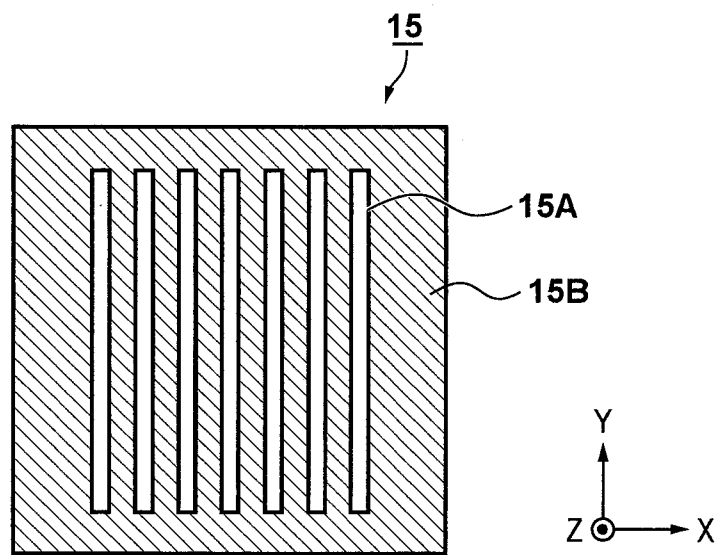
【圖 15】

先前技術



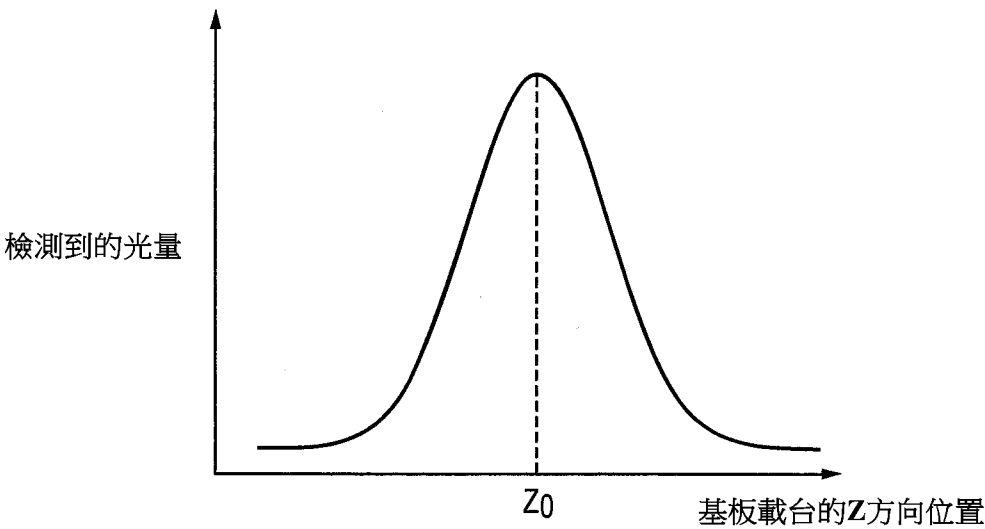
【圖 16】

先前技術

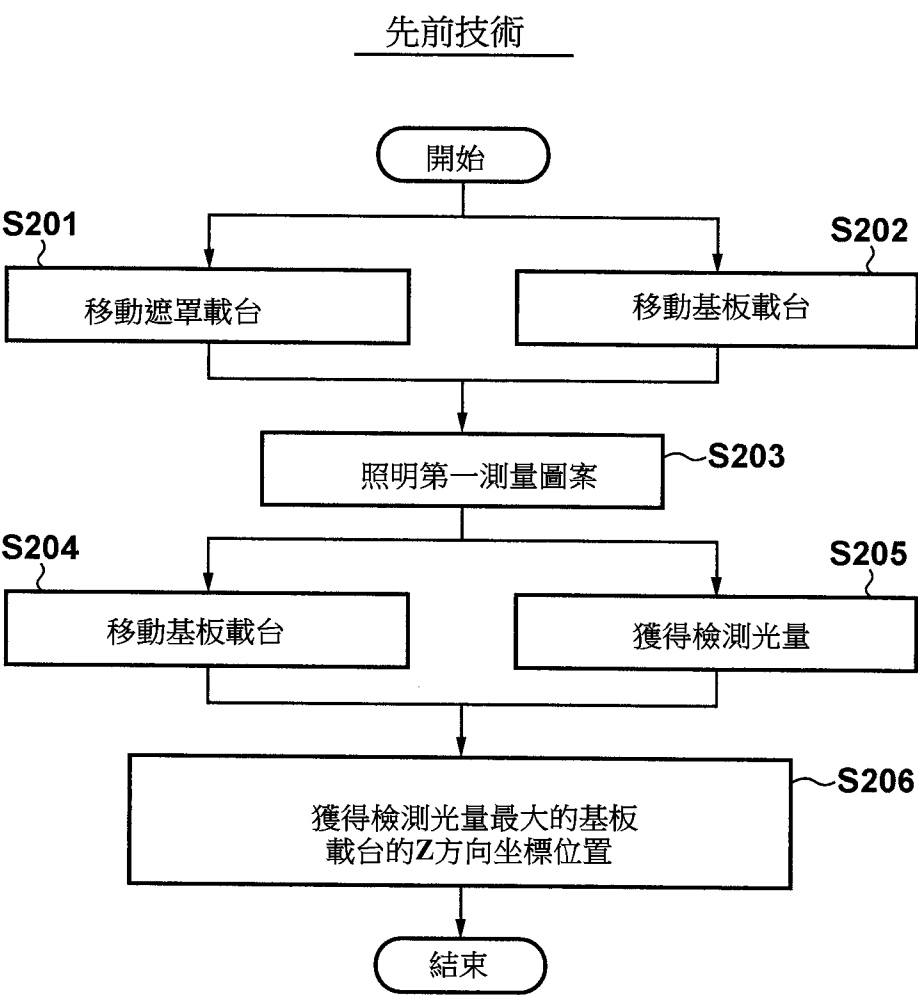


【圖 17】

先前技術



【圖 18】



【圖 19】