



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202205494 A

(43)公開日：中華民國 111 (2022) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：110124052

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 06 月 30 日

(51)Int. Cl.：

*H01L21/67 (2006.01)**G06K9/62 (2006.01)**G06T7/13 (2017.01)*

(30)優先權：2020/06/30

美國

63/046,555

(71)申請人：美商布魯克斯自動機械公司 (美國) BROOKS AUTOMATION, INC. (US)

美國

(72)發明人：蘇加托夫 拉迪克 SUNUGATOV, RADIK (US)；王 洛伊 WANG, ROY R.

(US)；謝 卡爾 SHIEH, KARL (US)；格西諾 胡斯托 GRACIANO, JUSTO

(US)；懷斯 奧斯汀 WISE, AUSTIN (US)；韓森 卡斯帕 HANSEN, CASPAR

(US)；帕斯特 艾瑞克 PASTOR, ERICK (US)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：16 共 92 頁

(54)名稱

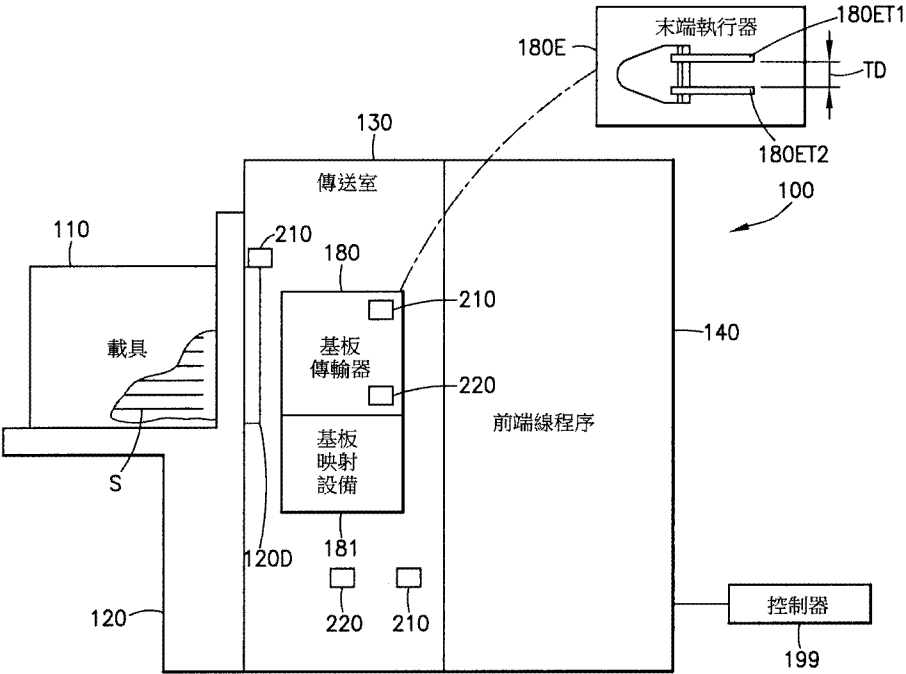
基板映射設備及其方法

(57)摘要

一種半導體晶圓映射設備，包含框架，其形成用於與設置成保持多於一個垂直分佈在基板載具中的晶圓的所述基板載具的裝載站連通的晶圓裝載開口，以透過所述晶圓裝載開口裝載；可動臂，其可移動地安裝到所述框架以相對於所述晶圓裝載開口移動並且具有至少一個可移動地安裝到所述可動臂以透過所述晶圓裝載開口從所述基板載具來裝載晶圓的末端執行器；影像採集系統，其包含佈置在共同支架上的相機的陣列，並且每個相機相對於所述共同支架固定，所述共同支架相對於所述相機的陣列中的每個相機是靜止的，其中每個個別的相機定位成具有設置成利用由所述可動臂定位的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看的視野。

A semiconductor wafer mapping apparatus comprising a frame forming a wafer load opening communicating with a load station for a substrate carrier disposed to hold more than one wafers vertically distributed in the substrate carrier for loading through the wafer load opening, a movable arm movably mounted to the frame so as to move relative to the wafer load opening and having at least one end effector movably mounted to the movable arm to load wafers from the substrate carrier through the wafer load opening, an image acquisition system including an array of cameras arranged on a common support and each camera fixed with respect to the common support that is static with respect to each camera of the array of cameras, wherein each respective camera is positioned with a field of view disposed to view through the wafer load opening with the common support positioned by the movable arm.

指定代表圖：



【圖 1A】

- 符號簡單說明：
- 100:基板處理設備
 - 110:基板載具
 - 120:裝載埠
 - 120D:裝載埠門
 - 130:傳送室
 - 140:前端線程序
 - 180:基板傳輸器
 - 180E:末端執行器
 - 180ET1:叉齒
 - 180ET2:叉齒
 - 181:基板映射設備
 - 199:控制器
 - 210:相機
 - 220:照明器
 - S:基板



202205494

【發明摘要】

【中文發明名稱】

基板映射設備及其方法

【英文發明名稱】

SUBSTRATE MAPPING APPARATUS AND METHOD THEREFOR

【中文】

一種半導體晶圓映射設備，包含框架，其形成用於與設置成保持多於一個垂直分佈在基板載具中的晶圓的所述基板載具的裝載站連通的晶圓裝載開口，以透過所述晶圓裝載開口裝載；可動臂，其可移動地安裝到所述框架以相對於所述晶圓裝載開口移動並且具有至少一個可移動地安裝到所述可動臂以透過所述晶圓裝載開口從所述基板載具來裝載晶圓的末端執行器；影像採集系統，其包含佈置在共同支架上的相機的陣列，並且每個相機相對於所述共同支架固定，所述共同支架相對於所述相機的陣列中的每個相機是靜止的，其中每個個別的相機定位成具有設置成利用由所述可動臂定位的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看的視野。

【英文】

A semiconductor wafer mapping apparatus comprising a frame forming a wafer load opening communicating with a load station for a substrate carrier disposed to hold more than one wafers vertically distributed in the substrate carrier for loading through the wafer load opening, a movable arm movably mounted to the frame so as to move relative to the wafer load opening and having at least one end effector movably mounted to the movable arm to load wafers from the substrate carrier through the wafer load opening, an image acquisition system including an array of cameras arranged on a common support and each camera fixed with respect to the common support that is static with respect to each camera of the array of cameras, wherein each respective camera is positioned with a field of view disposed to view through the wafer load opening with the common support positioned by the movable arm.

【指定代表圖】圖 1A

【代表圖之符號簡單說明】

100:基板處理設備

110:基板載具

120:裝載埠

120D:裝載埠門

130:傳送室

140:前端線程序

180:基板傳輸器

180E:末端執行器

180ET1:叉齒

180ET2:叉齒

181:基板映射設備

199:控制器

210:相機

220:照明器

S:基板

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

基板映射設備及其方法

【英文發明名稱】

SUBSTRATE MAPPING APPARATUS AND METHOD THEREFOR

【技術領域】

【0001】範例性實施例總體上涉及半導體製造設備，並且更具體地，涉及半導體製造設備中的基板的識別。

相關申請案的交叉參考

【0002】本申請案是非臨時案並且主張申請日為2020年6月30日的美國臨時專利申請案編號63/046,555之利益，其揭露內容藉由參考其整體被併入本文。

【先前技術】

相關發展簡述

【0003】在半導體製造設備中，可以將單一基板或基板堆疊(如，晶圓、遮罩、薄膜框架、托盤等)保持在各種位置。在這些位置中之各者處的基板的實體狀態可以是許多中的一種，包含但不限於不存在、存在、雙重槽嵌、橫跨槽嵌和移位/傾斜。通常，每個基板在保持位置處的實體狀態被確定(或映射)以促進半導體製造設備內的基板處

理。

【0004】單一基板(如位於機器人末端執行器上)的基板映射的一個範例包含真空抽吸技術，其中真空吸盤與基板的背面接觸。透過打開末端執行器的真空管線上的閥門，吸盤的真空壓力程度決定了在這種情況下，基板狀態為存在或不存在(真空抽吸技術不檢測基板移動)。當基板與真空吸盤的接觸沒有緊密封時，真空抽吸技術可能致使錯誤讀數。此外，在真空閥的啟用和建立穩定狀態的真空壓力程度之間需要花費的時間幾百毫秒，以獲得對末端執行器的基板的存在或不存在的確定。如可以理解的，對於數個晶圓來說，幾百毫秒對於透過半導體製造設備的基板產出量具有負面影響。

【0005】通常，用於映射保持在例如基板盒或載具中的負載埠的基板的堆疊(具有分隔每個堆疊的基板的間隙)，採用了斷束技術。在此，光束在平行於基板平面的方向上從發射器延伸到接收器。發射器和接收器可以被稱為對射式感測器。對射式感測器沿著基板堆疊的一側向上或向下移動，使得光束接合並被基板中斷(光束中斷表示基板的存在)。雖然斷束技術可以檢測上面提到的許多基板狀態，但是斷束技術對光束相對於基板平面的角度很敏感，因此希望光束與基板平面精確對準。在此，將對射式感測器延伸到基板固定位置和從基板固定位置縮回至少需要幾秒鐘，並且每個基板位置的光束斷裂和光束恢復事件的相關性通常需要受控且緩慢運動輪廓的對射式感測器，

所有這些都會對基板產出量產生負面影響。

【0006】 真空抽吸和斷束技術都涉及機械設計的複雜性。例如，真空抽吸技術對基板處理設備採用真空供應，並且涉及透過基板傳輸臂將真空管線路由至末端執行器。斷束技術涉及移動部件以及對射式感測器的伸縮。這種增加的複雜性增加了製造和維修半導體處理設備裝置的成本。

【0007】 除上述之外，在先進的半導體製造技術中，提供了具有不同厚度的基板。不同厚度的基板對斷束技術在確定基板固定位置的映射方面提出了挑戰。例如，薄基板可能具有不完全阻擋光束的厚度，從而致使對不存在基板的錯誤識別。

【0008】 成像系統也被用於基板映射；然而，在傳統的影像映射系統基板中，如透過載入埠開口的那些成像基板，朝向基板堆疊頂部(或底部)的基板影像可能會失真，或者某些基板可能被位於上方或下方基板擋住。從基板和/或基板載具內部反射的光也可能存在問題，所述反射光可能使基板檢測變得模糊。

【0009】 此外，在半導體製造設施中，各種類型的基板(如上所述)透過基板傳輸器(例如，機械人)傳輸，其在基板被安置處上具有末端執行器以供傳輸。為了傳輸基板，基板傳輸器將末端執行器延伸到基板下方(或對於某些應用從上方)的小空間中(例如，位於基板載具、處理模組的基板安置表面上或其它合適的基板固定位置)以拾取

基板。使用末端執行器拾取基板不會造成基板平坦的問題；然而，如上所述，在先進的半導體製造技術中，提供了具有各種厚度的基板並且可能不是平坦的。例如，先進封裝中的薄化基板、重建基板和扇出基板可能會彎曲/翹曲達幾毫米。這些基板的翹曲可能阻礙末端執行器延伸到基板下方(或上方)的小空間中以拾取基板。

【圖式簡單說明】

【0010】 所揭露實施例的前述態樣和其它特徵在以下描述中結合附圖被解釋，其中：

【0011】 [圖 1A、1B和1C]是結合本揭露的態樣的範例性基板處理設備；

【0012】 [圖 2A、2B和2C]是根據本揭露的態樣的圖 1A、1B和1C的基板處理設備的機器視覺系統和照明器的範例性示意圖；

【0013】 [圖 3A、3B、3C和3D]是根據本揭露的態樣的圖 2A、2B和2C的機器視覺系統和照明器的部分的範例性示意圖；

【0014】 [圖 4A]是根據本揭露的態樣的由圖 2A、2B和2C的機器視覺系統拍攝的基板的範例性影像；

【0015】 [圖 4B]是根據本揭露的態樣的圖 4A的影像的範例性強度輪廓；

【0016】 [圖 5]是根據本揭露的態樣的由圖 2A、2B和2C的機器視覺系統成像的成像基板的原始輪廓以及成像基

板的對應真實輪廓的範例性比較；

【0017】[圖6A]是根據本揭露的態樣的具有基板的上邊緣邊界和下邊緣邊界以及背景被光學消除的基板堆疊的範例性影像；

【0018】[圖6B和6C]是根據本揭露的態樣的基板堆疊中的基板的範例性影像；

【0019】[圖6D]是根據本揭露的態樣的影像最佳化的範例，其顯示了基板堆疊的影像的最佳化以便將邊緣與影像的背景隔離；

【0020】[圖6E]是根據本揭露的態樣的在感興趣區域中隔離圖6D的邊緣的範例；

【0021】[圖6F]是根據本揭露的態樣的影像最佳化的範例，其中圖6D的隔離邊緣在載具的共同基板保持槽內被連接並且存在於個別基板保持槽的邊界；

【0022】[圖7A]是根據本揭露的態樣的圖2A、2B和2C的照明器的範例性示意圖；

【0023】[圖7B]是根據本揭露的態樣的圖7A的一或多個照明器的範例性光路的示意圖；

【0024】[圖8A]是根據本揭露的態樣的圖1A、1B和1C的基板處理設備的範例性傳輸臂的示意圖；

【0025】[圖8B]是根據本揭露的態樣的圖8A的傳輸臂的一或多個照明器的範例性光路的示意圖；

【0026】[圖9A、9B、9C和9D]是根據本揭露的態樣的從不同角度成像的基板的原始邊緣輪廓和真實輪廓的範

例性示意圖；

【0027】[圖 10、11、12和 13]是根據本揭露的態樣的原始邊緣輪廓和校正的真實輪廓的範例性示意圖；

【0028】[圖 14]是根據本揭露的態樣的方法的範例性流程圖；

【0029】[圖 15A、15B、15C和 15D]顯示了根據本揭露的態樣的基板載具的範例性基線影像；以及

【0030】[圖 16A和 16B]是根據本揭露的態樣的由多個相機拍攝的基板的原始輪廓影像和真實輪廓影像的示意圖，每個相機拍攝基板載具的個別不同分離區域的影像。

【發明內容】與【實施方式】

【0031】圖 1A、1B和 1C顯示了根據本揭露的態樣的範例性基板處理設備 100、150、165。儘管將參考附圖描述本揭露的態樣，但是應當理解，本揭露的態樣可以用多種形式實施。此外，可以使用任何合適尺寸、形狀或類型的元件或材料。

【0032】參考圖 1A、1B、1C和 2A，本揭露的態樣提供了包含機器視覺系統 200(在此也稱為影像採集系統)的基板映射設備 181(在此也稱為半導體晶圓映射設備)和至少一個照明器 220(例如，分佈式直接或間接光源，包含但不限於 LED、螢光燈、泛光燈、光陣列等，或其組合)，以供執行基板映射和/或基板邊緣輪廓。根據本揭露的態樣，機器視覺系統 200包含至少一個相機 210(或任何合適

的影像採集感測器)。機器視覺系統200的至少一個相機210和至少一個照明器220被放置在一或多個位置，以拍攝配置在基板處理設備100、150、165的任何合適位置的基板堆疊270的影像。在一些態樣中，至少一個相機210是如本文所述的相機陣列277(本文也稱為相機系統或相機陣列)。在基板堆疊270中的基板S(在此也稱為晶圓)的基板映射280(在本文中稱為映射)，例如，透過基板堆疊270中的基板S的所拍攝的影像的任何合適的分析/處理，基於基板堆疊270中的基板S的真實邊緣輪廓500T(參考圖5)(或在一些態樣中，校正真實邊緣輪廓500TC，例如，如圖10所示)被確定。如可以從本揭露實現的，本文所揭露的基板映射設備181克服傳統基板映射器的缺陷，比如上面提到的那些。本揭露的基板映射設備181實質上沒有移動部件並且可以整合到任何合適的半導體製造設備(在本文中也稱為基板處理設備)中，如基板處理設備100、150、165(或其一或多個部件)，同時提供機會來透過軟體增強基板映射，實質上無需硬體升級。如本文還將描述的，本揭露的態樣提供進階映射應用，包含但不限於測量可能不平坦的基板邊緣輪廓。

【0033】本揭露的態樣還提供用於測量基板S的邊緣輪廓，使得基板傳送器180(參見圖1A)的末端執行器180E(也參見圖8A)的基板保持叉齒180ET1、180ET2之間的距離TD(參見圖1A)可以被調整以拾取翹曲/彎曲基板。具有可調節叉齒的末端執行器的合適範例可以在2017年9

月1日提交的標題為「Substrate Processing Apparatus」的美國專利申請案第15/693,871號中找到，其揭露內容透過參考其整體併入本文。可以併入其中末端執行器具有可調節基板保持叉齒180ET1、180ET2的基板傳送器180的合適範例被描述在在2015年10月30日提交的標題為「Wafer Aligner」的美國專利申請案第14/928,352號中描述，其揭露內容透過參考其整體併入本文。如本文將描述的，至少一個相機210和至少一個照明器220設置在跨越基板S的寬度拍攝基板S或基板堆疊270的影像的位置處。每個基板S的邊緣輪廓是透過處理拍攝的影像來定義的。基於基板的邊緣輪廓，以任何合適的方式確定每個基板S下方橫跨其寬度的可用空間。在任何合適的控制器，如控制器199的控制下，基板傳輸器180命令調節末端執行器180E的基板保持叉齒180TE1、180TE2之間的距離TD(見圖1A)，使得叉齒延伸到具有允許末端執行器180E在基板S下方延伸的間隙的翹曲/彎曲的基板S下方的區域中。

【0034】通常，如本文更詳細地描述的，本揭露的態樣採用至少一個相機210來拍攝基板的外邊緣233的影像，同時基板被至少一個照明器220照射。在此，任何合適的控制器(如控制器199)使用任何合適的演算法(如本文所述的演算法)從拍攝的影像定義基板邊緣輪廓。由至少一個相機210成像的每個基板的外邊緣233上的多個資料點透過採用跨基板寬度W的分佈式和漫射照明而最大化，其中採用用於基板寬度的不同部分的多重曝光技術(例如，調整

曝光速度、光圈等)。每個基板S的外邊緣233上的資料點的準確性透過演算法(例如，其被程式化到控制器199中)最大化，所述演算法拍攝並儲存標準基板的邊緣輪廓作為空間校準資料281(如將在本文更詳細地描述的)。在基板映射設備181的運行時，用於確定映射280和/或邊緣輪廓，測量基板原始輪廓是針對空間校準資料281被比較來確定基板S的校正真實輪廓500TC(參見圖10-13)。原始輪廓是由個別相機看到的基板的邊緣輪廓(也就是說，三維基板邊緣在相機視野的二維平面上的投影，參見圖5中的左側以及圖9B-9D)。真實輪廓500T和/或校正真實輪廓500TC是基板傳輸器180的末端執行器180E在拾取基板S時將「看到」的(也就是說，三維基板邊緣在末端執行器180E的延伸/縮回的平面上的直線投影)，參見圖5的右側以及圖9A)。

【0035】參見圖1A、1B和1C，本揭露的態樣將參考基板處理設備100、150、165來描述；然而，本揭露的態樣同樣適用於排序器，其中多個載具110被耦接到傳送室130並且基板透過傳送室130內的基板傳輸器180從一個載具110移動到另一個載具110(例如，以根據預定的排序/順序將基板佈置在一或多個載具中)，其中排序器中不包含基板程序(例如程序140、160、170)。參考圖1A，基板處理設備100包含裝載埠120、傳輸室130和任何合適的前端線程序140(例如，通常包含使用真空的薄膜處理，如蝕刻、化學氣相沉積、電漿氣相沉積、佈植、計量、快速熱

處理、乾剝離原子層、氧化/擴散、氮化物的形成、微影、磊晶或用於製造在半導體中圖案化的單一半導體結構的其它薄膜程序，高達但不包含金屬互連層的沉積)。裝載埠 120 耦接到傳送室 130 並且被配置成將任何合適的基板盒或載具 110 介接到傳送室 130。傳送室 130 耦接到前端線程序 140 並且包含任何合適的開口和/或閥門，基板透過這些開口和/或閥門在傳輸室 130 和前端線程序 140 之間傳遞。

【0036】傳送室 130 包含基板傳輸器 180，其被配置成在基板載具 110 和前端線程序 140 之間傳送基板 S。在此基板傳輸器 180 包含具有用於透過裝載埠 120 的開口 888 將基板 S 裝載到基板載具 110 和從基板載具 110 卸載基板 S 的末端執行器 180E 的傳輸臂 180TA。如上方指出的，基板傳輸器 180 的合適範例可在 2015 年 10 月 30 日提交並且標題為「WaferAligner」的美國專利申請案第 14/928352 號中找到，其揭露的內容透過參考其整體併入本文。例如，還參考圖 8A 和 8B，將關於大氣傳輸機器人 180 描述所揭露實施例的態樣中，但應當理解，所揭露實施例的態樣同樣適用於真空傳輸機器人，如在前端線程序 140、後端線程序 160 和後端程序 170 發現的那些。如可以理解的，基板傳輸器 180 被安裝到線性滑軌 850 或懸臂 BA (如 2014 年 8 月 11 日提交並且標題為「SubstrateProcessingApparatus」的美國專利申請案第 14/377,987 號，其揭露內容透過參考其整體併入本文)，以便至少在 X 和/或 Y 方向上可移動，而在其它態樣

中，基板傳輸因此被固定以防止在X和/或Y方向上移動。所示配置僅用於說明目的，並且所示部件的佈置、形狀和佈局可以根據需要變化而不偏離本發明的範圍。

【0037】如圖1A-1C和8A所示，在一態樣中，基板傳輸器180可移動地安裝到傳送室130的框架800，或者在其它態樣中，安裝到基板處理設備100、150、165的任何合適模組的框架。如可以理解的，框架800包含一或多個開口888(在此也稱為晶圓裝載開口)，其與用於佈置在裝載埠120的基板載具110的裝載埠120(在此也稱為裝載站)連通，以垂直分佈的佈置(如本文所述)保持多於一個的一或多個基板S，以透過開口888裝載到基板處理設備100中(並且類似地裝載到本文描述的基板處理設備150、165中)。基板傳輸器180包含傳輸臂180TA(在此也稱為可動臂)，在一態樣中，傳輸臂180TA被安裝到托架863，使得傳輸臂180TA可移動地安裝到框架800。在一態樣中，托架863被安裝到線性滑軌850以便在X方向上可移動，而在其它態樣中，托架863安裝到框架800以便固定在X方向(和/或Y方向)。在一個態樣中，任何合適的驅動器867被安裝到框架800並驅動地連接到托架863透過用於在X方向上移動傳輸臂180TA的任何合適的傳動。在此態樣中，傳動是皮帶和滑輪傳動，而驅動器是旋轉驅動器，但在其它態樣中，驅動器867是驅動地連接到托架863的線性致動器，其具有任何合適的傳動或沒有傳動(例如，諸如其中托架包含線性致動器的驅動部分)。在此，傳輸臂180TA包含旋轉驅動器

862、Z驅動柱830、滑動體820和一或多個末端執行器180E。旋轉驅動器862是安裝在托架863的任何合適的旋轉驅動器，而Z驅動柱830被安裝到旋轉驅動器862的輸出，從而在箭頭T的方向關於 θ 軸旋轉(例如， θ 方向)。所述滑動體820可移動地安裝在Z驅動柱830，其中Z驅動柱830包含用於在Z方向上移動滑動體820的任何合適的驅動馬達和/或傳動。

【0038】一或多個(例如，至少一個)末端執行器180E以任何合適的方式可移動地安裝到所述滑動體820，以沿著R方向延伸和縮回(注意，R方向繞軸線 θ 旋轉，使得末端執行器180E的延伸部可以與X軸或Y軸對齊或在XY平面中以任何合適的旋轉角度對齊)。而兩個末端執行器180E僅被用於範例性目的來說明，應當理解的是，任何合適數量的末端執行器被安裝到滑動體820。如可以理解的，所述一或多個末端執行器180E利用傳輸臂180TA作為一個單元，在相對於框架800的第一方向(例如X、Y和Z方向中的一或多個)上遍歷並且相對於傳輸臂180TA在與第一個方向不同的第二方向(例如R方向)上線性地遍歷。滑動體820包含一或多個線性驅動器825，其被配置成在R方向上獨立地移動每個末端執行器180E。所述一或多個線性驅動器825是具有任何合適傳動的合適驅動器，其在一個態樣中實質上類似於那些描述於，例如，2013年12月17日提交，題為「Substrate Transport Apparatus」的美國臨時專利申請案第61/917056號，其揭露內容透過參考其整體併入本文。

末端執行器 180E 被佈置在滑動體 820 上，使得它們一個疊置在另一個之上，從而具有延伸和縮回的共同軸線 R。末端執行器還可包含任何合適的驅動器，用於調整末端執行器叉齒 180ET1、180ET2 之間的距離 TD (見圖 1A)，如 2017 年 9 月 1 日提交，題為「Substrate Processing Apparatus」的美國專利申請案第 15/693,871 號中所述的，其揭露內容透過參考其整體併入本文。

【0039】載具 110 可以是任何合適的載具 110，如前開口載具 (圖 1A 和 1B 中所示，其合適的範例是前開口統一吊艙 (FOUP)) 或底部開口載具 (其合適的範例是標準機械介面 (SMIF) 吊艙)。在一態樣中，載具 110 可以與 2015 年 8 月 11 日公布的美國專利號 9,105,673 (標題為「Side Opening Unified Pod」) 中描述的那些實質上相似，其揭露內容透過參考其整體併入本文。在一態樣中，傳送室 130 具有與前端線程序 140 相同的大氣 (例如，真空大氣)；而在其它態樣中，傳輸室具有大氣環境，並且前端線程序 140 包含用於在前端線程序 140 和傳輸室 130 之間轉移基板 S 而不會降低前端線程序 140 的處理大氣的任何合適的裝載鎖。

【0040】參考圖 1B，基板處理設備 150 包含裝載埠 120 (類似於本文所述的)、傳輸室 130 (類似於本文所述的) 和任何合適的後端線程序 160 (例如 (通常與由前端線程序 140 形成的半導體結構的金屬互連層的製造相關並且包含在前端程序之後直到並包含最終鈍化層製造的任何合適的處理步驟)。裝載埠 120 耦接到傳輸室 130 並且被配置成將

任何合適的基板載具 110 介接到傳輸室 130。傳輸室 130 被耦接到後端線程序 160 並且包含任何合適的開口和/或閥門，基板透過所述開口和/或閥門在傳輸室 130 和後端線程序 160 之間傳送。傳輸室 130 包含基板傳輸器 180 (如上述的)，被配置成在載具 110 和後端線程序 160 之間傳送基板。載具 110 可以是任何合適的載具 110，如前開口載具 (在圖 1A 和 1B 中所示，其合適的範例是前開口統一吊艙 (FOUP)) 或底部開口載具 (其合適的範例是標準機械介面 (SMIF) 吊艙)。在一態樣中，載具 110 可以與 2015 年 8 月 11 日公布的美國專利號 9,105,673 (標題為「Side Opening Unified Pod」) 中描述的那些實質上相似，其揭露內容透過參考其整體併入本文。在一態樣中，傳送室 130 具有與後端線程序 160 相同的大氣 (例如，真空大氣)；而在其它態樣中，傳輸室具有大氣環境，並且後端線程序 160 包含用於在後端線程序 160 和傳輸室 130 之間轉移基板 S 而不會降低後端線程序 160 的處理大氣的任何合適的裝載鎖。

【0041】參考圖 1C，基板處理設備 165 包含裝載埠 120 (類似於本文所述的)、傳輸室 130 (類似於本文所述的) 和任何合適的後端程序 170 (例如，通常包含基板測試、基板背磨、晶粒分離、晶粒測試、IC (積體電路) 封裝和最終測試)。裝載埠 120 耦接到傳輸室 130 並配置成將任何合適的基板載具 110 介接到傳輸室 130。傳輸室 130 耦接到後端程序 170 並包含任何合適的開口和/或閥門，基板透過所述開口和/或閥門在傳輸室 130 和後端程序 170 之間傳送。傳

輸室 130 包含基板傳輸器 180 (如上述的)，被配置成在載具 110 和後端程序 170 之間傳送基板。載具 110 可以是任何合適的載具 110，如前開口載具 (在圖 1A 和 1B 中所示，其合適的範例是前開口統一吊艙 (FOUP)) 或底部開口載具 (其合適的範例是標準機械介面 (SMIF) 吊艙)。在一態樣中，載具 110 可以與 2015 年 8 月 11 日公布的美國專利號 9,105,673 (標題為「Side Opening Unified Pod」) 中描述的那些實質上相似，其揭露內容透過參考其整體併入本文。

【0042】參考圖 2A、2B 和 2C，將關於保持在基板載具 110 中的一個基板 S 或基板堆疊 270 來描述基板映射設備 181，基板載具 110 位於裝載埠 120 上並與其接合；然而，在其它態樣中，一個基板 S 或基板堆疊 270 可以設置在基板處理設備 100、150、165，包含但不限於任何合適的基板緩衝器、基板對準器、裝載鎖的任何合適的位置和放置一或多個基板 S 的任何其它位置。如上所述，基板映射設備 181 包含至少一個相機 210 和至少一個照明器 220，其耦接到任何合適的控制器，如基板處理設備 100、150、165 的控制器 199。基板 S 或基板堆疊 270 被至少一個照明器 220 照明，如將在本文中描述的，使得至少一個相機拍攝由至少一個照明器 220 照明的基板邊緣的至少一幅影像。體現所述影像的訊號是從至少一個相機 210 傳輸到控制器 199 以處理影像並使用任何合適的影像處理演算法從影像中提取 (或以其它方式確定) 映射 280。映射 280 係儲存在控制器 199 的或可由控制器 199 存取的任何合適的記憶體 199M

中，使得控制器 199 可以基於由映射 280 確定的基板 S 或基板堆疊 270 中的每個基板的狀態來命令基板傳送設備的移動。如本文將描述的，在一或多個態樣中，使用單一相機和照明器對來對基板 S 成像並確定映射，而在其它態樣中，多於一個相機和/或多於一個照明器被使用。在一些態樣中，如取決於基板類型(例如，厚度、形狀、材料等)以及基板周圍的環境(例如，位於載具 110 內、位於未封閉的支架內等)，如本文所述，獲取並分析基板 S 或基板堆疊 270 的多於一個影像以確定映射 280。僅出於範例性目的，本文提供的描述假設僅分析單一影像；然而，如上所述，在不脫離本揭露的態樣的情況下，可以用類似於本文所述的方式來比較、疊加等並分析多於一個影像。同樣為了便於解釋，本揭露是關於基板堆疊 270 的分析來描述的；然而，單一基板 S 的分析與本文所述的實質上相似。

【0043】如本文將描述的，映射 280 被確定或以其它方式產生以確定基板堆疊 270 的每個保持槽中的每個基板 S 的狀態。基板堆疊 270 的影像是在相對於基板堆疊 270 的任何適當(一或多個)位置用至少一個相機 210 和至少一個照明器 220 拍攝的，使得基板堆疊 270 中的基板 S 的外邊緣 233 被拍攝在影像中(參見，例如，圖 4 中的影像 400)。影像由控制器 199 以任何合適的方式處理，如本文中所描述，以識別基板 S 的外邊緣 233，其中外邊緣 233 的至少一個部分定義係基於所述影像由控制器 199 執行的。

【0044】如上面簡要指出的，並且還參考圖 5，對於

基板堆疊 270 的每個保持槽 (注意 (一或多個) 保持槽 (n 、 $n+1$ 、 $n+2$ 、...；各具有相對於如在 SEMI[®] 標準提供的裝載埠參考位置的預定高度) 係由基板載具 110 或其它基板支撐定義，並且佈置成以預定的距離或基板 S 之間間距支撐在基板堆疊 270 中的對應基板 S)，每個基板 S 的邊緣資料 (參見例如圖 5) 基於以下範例性基板映射規則確定保持槽中的基板 S 的狀態：

在影像中沒有檢測到基板邊緣 500 (影像中的基板邊緣 500 是基板 270 中的堆疊的基板 S 的外邊緣 233) 時情況下，任何給定的保持槽不存在基板 S 的狀態 (也就是說，不存在基板)；

在影像中檢測到單一基板邊緣 500 或在影像中檢測到形狀線 (表示基板邊緣 500) 為與保持槽基線 510 重疊情況下，任何給定保持槽中的基板 S 的狀態為存在 (也就是說，單一基板存在於保持槽中)；

在影像中檢測到兩個基板邊緣 500 或在影像中檢測到基板 S 的厚度為，例如，兩倍 (或任何合適的倍數) 的預期基板厚度情況下，任何給定保持槽中的基板 S 的狀態為雙重 (也就是說，兩個基板 S 在同一保持槽中一個在另一個之上)；

在 (表示基板邊緣 500 的) 形狀線不平行於保持槽的基線 510 情況下，任何給定保持槽中的基板 S 的狀態是橫跨 (也就是說，橫跨槽嵌，其中一個基板被橫跨兩個槽放置，如圖 5 中的槽 $n+2$ 和 $n+3$)；

在(表示基板邊緣500的)形狀線並行於槽基線510但垂直移動(這種並行可被檢測)的情況下，當所述至少一個相機210從一個角度(即為，從基板S的上方或下方)觀看基板S時，在任何給定保持槽中的基板S的狀態被移動或傾斜(也就是說，基板已經滑出其在保持槽內的標稱位置)。

注意，每個保持槽中的每個基板S的狀態一起形成映射280。

【0045】參考圖2A、2B、2C和3A，根據本揭露的態樣中，至少一個相機210安裝在近平面300和遠平面301中的一或多個中。近平面300鄰近基板載具110(例如，位於裝載埠120上)，而遠平面301更遠離基板載具110。近平面300是最接近基板載具110的開口399的任何合適距離Y1，其中堆疊在基板載具110內的所有基板S被拍攝並實質上填充裝有廣角鏡頭的相機210的視野FOVW(參見圖3C)。遠平面301是最靠近基板載具110的開口399的任何合適距離Y2，其中堆疊在基板載具110內的所有基板S被拍攝並實質上填充裝有長焦鏡頭的相機210的視野FOVT(圖3D)。如可以理解的，距離Y1、Y2可以基於基板堆疊270的高度以及對應的廣角鏡頭和長焦鏡頭的焦距來確定。根據本揭露，至少一個相機210在X方向上的安裝位置實質上沿著基板堆疊270的垂直(Z軸)中心線371(為了清楚起見，圖3A中未顯示，但實質上是與基板載具110的垂直中心線重合)；然而，在其它態樣中，至少一個相機210可以安裝在垂直中心線371的一側或多側(例如，向左或向右)。至少一個

相機210在Z方向上的安裝位置可以實質上與基板載具110的水平中心平面370(XY平面)共線；然而，在其它態樣中，所述至少一個相機210可被安裝在中心平面370上面或下面。圖2B顯示了與水平中心平面370共線安裝的單一相機210，而圖2C顯示了安裝在水平中心平面370的相機210B、安裝在水平中心平面370上面的相機210A和安裝在水平中心平面370下面的相機210C(注意圖2B和2C對於近平面300和遠平面301是通用的)。在其它態樣中，可以使用更多或更少的相機。在此描述的一或多個相機通常被稱為至少一個相機210(其包含單一相機或相機210A、210B、210C等的系統/陣列)。

【0046】在一或多個態樣中，至少一個相機210中的至少一個被安裝在下部中心位置LC，以用成角度的向上方向拍攝基板堆疊270。在較低的中心位置LC，所得到的影像實質上消除了由於例如環境反射(如來自載具110的內部)和/或可能包含晶粒夾持圖案的基板的頂表面而致使的背景雜訊。此處基板從一或多個位置(例如，左上UL、上中心UC、右上UR、左中ML、中間中心MC、右中MR、左下LL、下中心LC和右下LR)照明。在一或多個態樣中，至少一個相機210中的至少一個被安裝在上中心位置UC，其中基板堆疊從下部位置LL、LC、LR和中間位置ML、MC、MR中的一或多個照明，從而至少抑制來自基板頂表面的背景雜訊或成像(例如，基板的頂表面以類似於在2019年9月13日提交且標題為「Method and Apparatus for

Substrate Alignment」的美國專利申請案第16/570,453號中描述的方式投射在陰影中，其揭露內容透過參考其整體併入本文)。在一或多個態樣中，至少一個相機210中的至少一個安裝在中間中心位置MC處，其中從較低位置LL、LC、LR中的一或多個照射基板堆疊270以至少抑制來自基板S的頂表面的背景雜訊或成像。在其它態樣中，至少一個相機210可以位於近平面300和/或遠平面301上的任何數量和組合的安裝位置UL、US、UR、ML、MC、MR、LL、LC、LR(如至少一個相機210包含多於一個相機)；然而，在至少一個相機210安裝在近平面300上的中間中心位置MC的情況下，至少一個相機210安裝到裝載埠的裝載埠門120D，使得至少一個相機利用裝載埠門從基板傳送路徑移動到基板盒110或從基板盒110移出。在此，當裝載埠門120D移動以打開和關閉裝載埠/基板載具時，至少一個相機210使基板堆疊270成像(具有一或多個影像)。

【0047】參考圖1A-1C和圖2C，至少一個相機210被安裝到基板處理設備100、150、165內部的固定位置處(以便相對於基板堆疊270固定)(參見圖1A-1C)。至少一個相機210也可以安裝到基板處理設備100、150、165(見圖1A-1C)的可移動部件(例如，裝載埠門120D和/或基板傳輸器180)。在此，可移動部件將至少一個相機210定位在近平面300和/或遠平面301上的希望位置UL、US、UR、ML、MC、MR、LL、LC、LR中，以對基板堆疊270成像。圖2C顯示了一個範例，其中包含多於一個相機210A、210B、

210C的相機陣列277位於基板傳輸器180上。在此，相機陣列277被定位在基板傳輸器180的共同支架244(其在此態樣中是Z驅動柱830)上(其中「共同支架」是指，相機陣列277中的每個相機被安裝到的單一支架，使得相機共享單一支架)；然而，在其它態樣中，在固定地安裝在傳送室130中的情況下，相機陣列277可以安裝到基板處理設備100、150、165的任何共同支架，並且在可移動地安裝的情況下，相機陣列可以安裝到基板處理設備100、150、165的任何可移動結構。每個相機210A、210B、210C被固定到共同支架244(或相對於共同支架244固定)。共同支架244相對於相機陣列277的每個相機210A、210B、210C是靜止(也就是說，相機210A、210B、210C和共同支架之間沒有相對運動)。

【0048】在一態樣中，任何合適的相機控制器278位於基板傳輸器180上並且由任何合適的控制器協調，如控制器199；而在其它態樣中，相機控制器278被合併到控制器199中。在一或多個態樣中，至少一個照明器220被安裝到基板傳輸器180或在基板處理設備100、150、165內的固定位置中。

【0049】在至少一個相機210的情況下，在一些態樣中，至少一個照明器220安裝到基板傳輸器180，基板傳輸器180將機器視覺系統200的至少一部分傳輸到基板處理設備100、150、165內的任何希望位置，其中基板堆疊270被保持在所述位置。將至少一個相機210，在一些態樣中，

以及至少一個照明器220安裝至基板傳輸器180可以減少相機和照明器的數目(例如其中基板處理設備100、150、165具有基板載具110被保持並且基板堆疊270被映射在其中的多個裝載埠)並且可以提供至少一個相機210的最佳定位(例如，在任何一或多個位置UL、US、UR、ML、MC、MR、LL、LC、LR在近平面300和/或遠平面301上的無障礙視野)和與機器人環境的構造(即基板處理設備100、150、165內部)無關的至少一個照明器220。

【0050】在圖2C所示的範例中(也參見圖8A和8B)，每個個別的相機210A、210B、210C被佈置在基板傳輸器180的Z驅動柱830上，使得視野FOVA、FOVB、FOVC在平行於或沿著基板載具110的中心平面370(例如，垂直於基板傳輸末端執行器的延伸軸)的方向上延伸。在此，視野FOVA、FOVB、FOVC位於Z驅動柱830(也就是說，共同支架244)上，以透過開口888利用在共同位置CP處(參考圖8B，其中「共同位置」是指基板傳輸的單一位置，使得安裝到共用支架244的相機210A、210B、210C取決於共同支架244的單一位置)由轉移臂180TA(圖8A)定位的Z驅動柱830相對於開口888觀看基板載具110的不同獨立部分(參見，例如，圖2C中的區域RA、RB、RC，和圖6E中的感興趣代表區域(也就是說，區域RA、RB、RC中的任一者))。每個不同的獨立區域RA、RB、RC具有用於保持至少一個或一個以上的基板S的基板槽，各該等區域分離於並且不同於與具有用於保持利用在共同位置CP處的Z軸驅動器

830由每個其它相機210A、210B、210C所觀看的區域/部分中與所述至少一個或一個以上的基板S不同的基板S的不同基板保持槽的基板載具110的部分。保持在基板載具110中的每個基板S利用在共同位置CP處的Z軸驅動器830由相機陣列277成像。在一些態樣中，每個對應的不同分離部分僅由相機陣列277的一個個別相機210A、210B、210C成像(儘管視野可能重疊，但可以裁剪影像，使得每個對應的不同分離部分部分僅由一個個別相機210A、210B、210C成像；而在其它態樣中，視野不重疊)。在一些態樣中，保持在對應不同分離部分的對應晶圓槽中的至少一個基板S僅由相機陣列277的個別相機210A、210B、210C之一成像(再次注意，儘管視野可能重疊，影像可以被裁剪，使得每個個別的不同分離部分僅由一個個別相機210A、210B、210C成像；而在其它態樣中，視野不重疊)。在此，控制器199可通訊地耦接到傳輸臂180TA以相對於框架800(見圖8)移動傳輸臂180TA並將共同支架244定位在共同位置CP。

【0051】基板載具110的每個不同獨立部分和在其中由相機陣列277的個別相機210A、210B、210C觀看的基板堆疊270具有對應於分離的部分和個別相機210A、210B、210C的一組不同晶圓槽，其垂直分佈在由個別相機210A、210B、210C觀看的預定參考高度。預定參考高度是對應於由SEMI®標準為基板載具建立的不同保持槽編號(在此範例中，對於25個槽基板載具)的那些高度，例如從

基板載具 110 所位於的裝載埠 120 的參考位置開始。例如，個別相機 210A、210B、210C 的每個視野 FOVA、FOVB、FOVC 拍攝基板載具 110 的內部 222 的感興趣的個別區域 RA、RB、RC (和在其中基板堆疊 270 的)。在一或多個態樣中，由對應不同分離部分的每個個別相機 210A、210B、210C 拍攝的影像排除由每個個別相機 210A、210B、210C 觀看到的每個其它不同分離部分，而基板載具 110 中的每個槽的每個基板利用在共同位置 CP 處的共同支架 244 由相機陣列 277 成像。在此範例中，基板載具 110 是一個 25 基板載具和對應於保持狹槽 1-8 的感興趣區域 RC、對應於保持狹槽 9-17 的感興趣區域 RB，和對應於保持狹槽 18-25 的感興趣區域 RA。視野 FOVA、FOVB、FOVC 可以重疊任何所需的量，以提供內部 222 的實質上完整覆蓋 (這在一些態樣可以增加影像資訊的量並增加所得映射 280 的解析度)；而在其它態樣中，如本文所述，視野可能不會重疊或被裁剪以進行影像處理。在此態樣中，對於由個別相機 210A、210B、210C 拍攝的每個影像，如本文所述執行影像處理，其中控制器 199 組合個別處理過的影像以產生基板載具 110 內的基板堆疊 270 的映射 280。

【0052】雖然圖 2C 中的相機 210A、210B、210C 被顯示為一個在另一個上方 (例如，在位置 UC、MC、LC)，在其它態樣中 (這也適用於固定安裝的相機) 可以安裝在任何數量的位置 UL、US、UR、ML、MC、MR、LL、LC、LR，以形成一維垂直 (在 Z 方向上) 相機陣列、一維水平 (例

如，在X方向上)相機陣列，或二維相機陣列(例如，在XZ平面上)。如可以理解的，通常對於圓形基板，當透過開口888觀看時，基板的最左側FL和最右側FR(參見圖2A)可能在照明中變暗，因為基板外邊緣233遠離至少一個相機210彎曲。在由至少一個相機210獲得的邊緣訊號低於任何合適的預定臨界值時，可以用更長的曝光時間和/或更大的相機光圈拍攝基板的額外影像。如可以理解的，較長的曝光時間和/或較大的光圈可能會致使影像中基板的中心區域WC過度曝光，其中使用任何合適的影像處理演算法(包含但不限於高動態範圍(HDR)演算法)來組合數個影像(低曝光和高曝光影像)，或組合不同影像的不同垂直段以產生具有突顯基板邊緣233的均勻曝光的結果影像。因此，位於位置UL、US、UR、ML、MC、MR、LL、LC、LR中不同者的相機可以用不同的光圈尺寸和/或曝光速度進行程式化，這些光圈和/或曝光速度係針對基板堆疊/基板載具的不同區域進行了最佳化。例如，與距離至少一個照明器220較遠的相機相比，更靠近至少一個照明器220的相機可以具有更慢的曝光速度和/或更小的光圈，以便實質上防止影像的過度曝光，這可能會阻止基板邊緣檢測。如可以理解的，可以確定不同位置的相機的曝光速度和/或光圈大小，使得所得組合影像實質上在整個影像中具有一致的曝光和影像特徵對比度(參見圖4A)。

【0053】參考圖2A、3B和7，基板S由至少一個照明器220(在本文中 also 稱為照明源)照明並且由至少一個相機

210以使得對應於基板邊緣500的影像中的訊號被最大化，並且對應於背景(包含基板S周圍的環境、基板S的頂部/底部、基板S上的任何晶粒網格圖案等)的影像中的訊號被最小化的方式來拍攝影像，以例如，產生強調邊緣500的高對比影像。美國專利申請案第16/570,453號中描述了高對比成像的一個範例，所述申請案之前透過參考併入本文中。如本文中還將描述的，至少一個照明器被配置成提供跨越每個基板S的寬度W的漫射照明(當從基板的次要側觀看時：參見例如圖4A，其中寬度W是保持在基板保持位置的基板S的可見寬度)。如可以理解的，至少一個照明器220可以用與本文關於相機210、210A、210B、210C所描述的方式實質上相似的方式定位在基板處理設備100、150、165內。

【0054】舉例而言，參考圖2A、2B、2C、3B和8A，至少一個照明器220連接到共同支架244並且被配置成透過開口888在利用在共同位置CP處的同支架244照明在基板載具110中的每個基板S的外邊緣233(參見圖2A-2C)(用語「外」是相對於基板載具110並且指的是透過開口888可見的基板邊緣的一部分)。外邊緣233描繪了對應基板S的外邊緣233的上邊緣邊界233U、下邊緣邊界233L(見圖2A)。至少一個照明器220相對於每個相機210、210A、210B、210C設置使得外邊緣233在相機210、210A、210B、210C將反射邊緣照明從至少一個照明器220導向，並且在上邊緣邊界233U和下邊緣邊界233L將利用在共同支架244處的

共同位置CP由每個相機210、210A、210B、210C透過開口888觀看的背景反射光光學消除。至少一個照明器220相對於個別相機210A、210B、210C設置，使得來自基板S和在基板載具110插入(或以其它方式保持)的每個其它基板S的平面表面SP1、SP2(例如，頂部和底部主平面表面)的反射光在每個影像(參見例如圖4A和6B-6E中所示的影像)中藉由基板載具110的不同分離部分的個別相機210A、210B、210C光學消除。例如，圖6E中的感興趣區域顯示圖2C中的區域RA、RB、RC中的任何一或多個(也參見圖16A和16B)，其中來自每個相機210A、210B、210C的影像對個別視野FOVA、FOVB、FOVC的一部分成像(儘管視野可能大於拍攝的影像)，其中來自基板S的平面表面SP1、SP2(和載具的任何背景)和基板載具110中的每個其它基板S的反射光被光學消除。在此，基板S的外邊緣233以圖像對比中的凸紋限定或以其它方式描繪的上邊緣邊界233U和下邊緣邊界233L(參見，例如，圖6A-6C)，透過和所述邊緣反射和光學消除的背景之間形成，由每個相機210、210A、210B、210C暫存，以利用在共同位置CP處的共同支架244實現基板載具110中的每個基板S的邊緣檢測。

【0055】如圖2A和3B所示，在一態樣中，至少一個照明源220是至少一個成形的照明線369。在所示的範例中，成形的照明線369設置在近平面300中的一或多個上部和下部位置中；然而，在其它態樣中，成形的照明線369可以設置在遠平面301中的一或多個上部和下部位置中或

在一或多個近平面300和遠平面301的中間位置中。成形的照明線369具有與保持在基板載具110內的基板S的外邊緣233對應的形狀；然而，在其它態樣中，成形的照明線369可以具有用於以本文所述的方式照明基板S的任何合適的形狀。

【0056】參考圖8A和8B，至少一個照明器220包含至少一個垂直(Z軸)定向的照明器220V1、220V2和至少一個水平(在XY平面上)定向的照明器220H。在此相機210A、210B、210C(雖然顯示了三個，但可以有2個或更多個相機，對兩個或更多個不同的獨立載具區域進行成像)佈置在上部中心位置UC、中間中心位置MC和下部中心位置LC(參見圖3A和3B)，並由兩個照明器220V1、220V2跨越，兩個照明器220V1、220V2分別從右上位置UR延伸到右下位置LR並且從左上位置UL延伸到左下位置LL以形成兩個直線照明線。照明器220H位於相機210A、210B、210C上方，以便從任何合適的角度 β 照射每個基板S的外邊緣233(在圖8B所示的範例中，角度 β 相對於XY平面，但在其它態樣中，角度可能是相對於Z軸)。在此，照明器220H被定位為照明基板S，使得相機210A、210B、210C檢測從載具110滑出的基板S1，同時照明器220V1、220V2以實質上防止或以其它方式消除背景反射(例如，來自載具內部、基板頂部或基板底部)的方式來照明外邊緣233。

【0057】在一個態樣中，還參考圖7A和7B，照明器220V1、220V2被佈置為在XY平面中沿任何合適的方向(也

就是說，以任何合適的角度)引導漫射光，以透過開口888照明基板S的邊緣233(參見圖7A)。出於範例性目的，如圖7B中所示，照明器220V1、220V2被佈置為在傾斜於開口888的平面888P的一或多個方向上照射漫射光。在所示範例中，照明器將光照射到相對於基板載具110的中心線110C向外傾斜任何合適角度 α 的方向。在範例中，所示的角度 α 對於兩個照明器220V1、220V2是相同的；然而，在其它態樣中，照明器220V1的角度 α 可以不同於照明器220V2的角度 α 。在此，來自照明器220V1、220V2的光垂直排列，使得光線到達基板載具110的所有基板保持槽中的基板S，並且不被垂直相鄰的基板阻擋。在此態樣中，來自照明器220V1、220V2的光被導向傳送室130內的反射表面750、751，使得光被反射表面750、751反射(現在是間接光)到基板S的邊緣233上，以實質上消除從相機210A、210B、210C所見的基板載具110內部的反射。在其它態樣中，照明器220V1、220V2以實質上消除了來自如相機210A、210B、210C所見的基板載具110內部的反射的方式設置有擴散器或提供間接或漫射光到基板233的其它光散射裝置。由相機210A、210B、210C中之各者在對應的不同分離區域/部分RA、RB、RC中成像的合成效果是：基板邊緣反射光學消除了背景，在影像對比度中定義了每個基板邊緣的凸紋邊界。

【0058】在一或多個態樣中，照明器220、220V1、220V2、220H、369耦接到控制器199以便被動態地控制

(例如，開啟和關閉)和/或調整(例如，強度)。控制器 199 經配置以循環照明器 220、220V1、220V2、220H、369 中的一或多者或其一部分，以分離或組合地照明基板堆疊 270 的不同部分(例如，分離照明頂部部分、底部部分、中間部分或其任何組合，如實質上同時照明頂部和中間部分、頂部和底部部分，或以任何合適的順序照明不同部分中的一或多個，其中正在成像的這些部分分離或組合地被照明)。控制器 199 被配置成將來自照明器 220、220V1、220V2、220H、369 中的一或多個的照明強度維持為靜止(例如，實質上恆定的強度)或動態地改變強度。在照明器 220、220V1、220V2、220H、369 中的一或多個的強度動態變化的情況下，強度可以沿著照明器 220、220V1、220V2、220V1、220V2、220H、369 的 X 方向、Y 方向和/或 Z 方向變化，包含在盒 110 的不同側上的不同照明強度。在一或多個態樣中，強度的動態變化可以是規則的(例如，以規則的順序，如高-低，其中照明在盒 110 的每個槽的參考線(例如，基線)為高並且對於每個參考線隨著遠離槽參考線而減少(例如，低)。在其它態樣中，照明可以不規則地動態變化，如在一系列槽參考線中的各個槽參考線處為高-高-高-低。此外，不同的照明器 220、220V1、220V2、220H、369 可以採用不同類型的光譜(例如，紅外線、可見白、可見色等)以增強影像對比度。每個冷卻器 220、220V1、220V2、220H、369 可由控制器 199 獨立控制強度和光譜中的一或多個。

【0059】現在參考圖5、4A、4B和6A，影像(例如，最終影像、原始影像、或者重組影像)由控制器199處理，以確定外邊緣233的邊緣輪廓。如可理解的，可以對影像施加任何合適的影像處理以相對於背景增強基板233的外邊緣233的對比度。可以施加於影像以增強對比度的影像處理的範例包含但不限於灰階濾波器、對比度拉伸和強度轉變邊緣濾波器。圖6A中提供了強度轉變邊緣濾波器的範例應用，其中每個外邊緣233用兩個強度轉變來識別(例如，代表每個基板的上邊緣邊界233U、下邊緣邊界233L)。如在圖6A中可以看出，置於另一個頂部(也就是說，「雙重」狀態)的兩個基板位於基板載具110的基板保持槽13中。

【0060】在原始視圖/輪廓中產生基板邊緣輪廓(透過任何合適的邊緣構造/影像處理演算法)。使用空間校準資料將空間校正演算法施加於原始輪廓以產生真實的基板邊緣輪廓(當指揮用於拾取基板S的末端執行器180E的位置時，由控制器採用)，其獨立於至少一個相機210的位置。在此，多相機光學識別系統(如本文中描述的)從由不同相機拍攝的影像中的不同原始輪廓產生實質上相同的真實輪廓500T。

【0061】程式化到控制器199中的邊緣定義演算法對於基板映射和邊緣輪廓定義是相同的。在一或多個態樣中，分析影像的垂直影像切片410-416以檢測外邊緣233。可用垂直切片410-416中的一或多者執行基板映射，其中

以垂直切片 410-416 中的多者執行邊緣輪廓定義。注意，圖 4A 中顯示的七個垂直切片僅用於範例目的，並且在其它態樣中，可以採用多於或少於七個切片(或兩個或三個切片)。為了定義基板 S 的邊緣 233 以用於映射和邊緣輪廓分析，影像 499 被切成垂直切片 410-416，這些垂直切片是在相對於影像 499 的寬度 499W 的預定位置拍攝的影像 499 的窄垂直帶。對於每個切片 410-416，控制器 199 沿水平方向 495 使影像像素的強度平均(用語水平和垂直被使用或僅參考和易於解釋)以產生作為切片 410-416 內的垂直位置的函數的強度輪廓 480。例如，對於基板堆疊的一部分，圖 4B 中顯示切片 410 的強度輪廓 480，其中每個基板邊緣 433(對應於外邊緣 233)在背景程度 488 上由峰值 489 識別(為清楚起見，圖 4B 中僅其中一些被標記)。可以基於個別峰基的寬度來確定每個基板 S 的厚度，其中可以在圖 4B 中看到對應於基板堆疊 270 中的槽 13 的峰的峰基的寬度大約是基板 S 的預期厚度的兩倍(其中影像的像素尺寸可以由控制器 199 以任何合適的方式轉換為英寸或毫米，如透過具有已知尺寸的基板盒特徵的影像識別)，這表示在同一槽中的兩個基板 S，一個在另一個頂部之上(例如，圖 5 中所示的「雙重」狀態)。從圖 4B 中還可以看出，對應於槽 13 的峰值 489 包含「雙峰」，所述「雙峰」也表示在同一槽中的兩個基板 S，一個在另一個頂部之上。

【0062】隨著強度輪廓 480 的建立和峰值 489 的確定，對於每個基板槽，控制器 199 搜索/確定哪些峰值垂直定位

為最接近對應基板保持槽的預定基線高度(基板將被保持的盒內的預定垂直位置，即槽高度)。在此，峰值與基板槽高度相關，以確定基板是否被保持在個別的基板保持槽中。在峰值被發現並且關聯到基板保持高度的情況下，沿著強度輪廓480中的峰值的位置形成在個別的基板保持槽中的基板的原始邊緣輪廓。例如，槽18的高度在圖4b中識別，其中峰值489A實質上相對於槽18的高度居中，使得控制器199將峰值489A與槽18關聯以指示基板存在於槽18中。對於強度輪廓480中的(原始輪廓的)每個資料點，任何給定基板S的真實邊緣輪廓500T(圖5)由控制器199透過從(對於在影像切片的相同水平位置處的給定基板S的)原始輪廓的垂直位置減去(在影像切片的水平位置處的)校準基線的垂直位置來確定。給定基板S的厚度由控制器199確定成為從各個原始輪廓上的所有資料點測量的厚度的平均值。

【0063】在一或多個態樣中，參考圖6B、6C和6D，邊緣定義演算法包含將來自至少一個相機210的原始影像(例如，用控制器199)劃分為中間區域600M、左側區域600L和右側區域600R。左側區域600L實質上由照明器220V2照明，右側區域600R實質上由照明器220V1照明，而中心區域600M實質上由照明器220H照明；然而，在其它態樣中，區域600M、600L、600R可以用任何合適的方式由本文所述的照明器中的任何一或多個來照明。在此，針對中間區域600M、左側區域600L和右側區域600R中之

各者確定上述狀態(例如，以類似於上文關於影像強度輪廓描述的方式)。設置在從基板載具 110 滑出的基板下方(或上方，取決於相機和/或照明角度)的基板可能被隱藏而無法被滑出的基板看到並且在中間區域 600M 中可能不被檢測到，但是那些隱藏的基板在左側區域 600L 和右側區域 600R 中是可檢測的(見圖 6B)。如圖 6B 所示，從影像頂部開始的第四個基板(或晶圓)(識別為「檢測到的晶圓(滑出)」)已經滑出基板載具 110 並且阻擋光線照射到中間區域 600M 中的滑出基板下方的基板上；然而，在左側區域 600L 和右側區域 600R 中可以看到滑出基板下方的基板。如圖 6B 所示，當在左側區域 600L 和右側區域 600R 中檢測到任何給定槽的基板時，則檢測到(也就是說，識別為存在)任何給定槽的基板。對於任何給定槽，在中間區域 600M 檢測到，但在左側區域 600L 和右側區域 600R 中沒檢測到的反射被映射為不存在(例如，空槽)(參見圖 6C)。從圖 6C 中可以看出，與基板保持槽相對應的影像中的區域，其中在中間區域 600M 中存在反射但在左側區域 600L 和右側區域 600R 中都沒有對應的反射的區域被映射為空槽(即沒有基板)。

【0064】圖 6D 顯示了由位於遠平面 301 的中間中心 MC 的至少一個相機 210 拍攝的影像，所述影像已經由控制器 199 最佳化(使用任何合適的影像處理，如本文所述的)，其顯示在中間區域 600M、左側區域 600L 和右側區域 600M 中檢測到的基板邊緣。控制器 199 被配置成檢測(透過諸如

本文所述的任何合適的影像處理)在如圖 6E 所示拍攝在內的任何合適的感興趣區域(其包含中間區域 600M、左側區域 600L 和右側區域 600M 中之各者)中的基板的邊緣。從圖 6F 中可以看出，控制器 199 被配置成連接中間區域 600M、左側區域 600L 和右側區域 600M 中之各者中的檢測邊緣(對應於具有控制器已知的槽邊界的基板載具 110 的基板保持槽)以確定基板存在。

【0065】圖 6B 和 6C 中的中間區域 600M、左側區域 600L 和右側區域 600R 中的一或多個被用於檢測如本文所述的基板翹曲/彎曲。

【0066】在邊緣限定演算法的這一點上獲得足夠的資料，以透過採用上述範例性基板映射規則來執行基板盒 110 中的基板 S 的狀態的映射。

【0067】注意，對於基板的邊緣輪廓分析，需要進一步的資料(除了為映射獲得的資料之外)，以確定可能阻礙基板拾取的基板的彎曲/翹曲。如上所述，基板的原始輪廓可以取決於對基板成像的至少一個相機 210 的位置。控制器 199 被配置成透過對原始輪廓施加空間校正(參見圖 5)來將原始輪廓轉換到獨立於相機的校正真實輪廓 500TC(見圖 10-13)。與真實(邊緣)輪廓相比的原始(邊緣)輪廓的範例在圖 9A-9C 中提供。圖 9A 顯示了在基板堆疊 270 中的每個基板 S 的真實邊緣輪廓 500T。真正邊緣輪廓 500T 實質上等同於定位在遠平面 301 並且位於中間中心位置 MC 的(裝備有長焦鏡頭的)相機 210 的原始影像(圖 3A 和 3B)。僅出於

範例目的，遠攝鏡頭是焦距約為100毫米或更大與全畫幅相機一起使用(也就是說，具有與35毫米格式膠片相同尺寸的影像感測器格式的相機)的鏡頭；然而，在其它態樣中，遠攝鏡頭焦距可能大於或小於約100毫米。在此，基板邊緣的彎曲形狀並不明顯，因為三維到二維投影的方向實質上平行於基板平面。圖9B顯示了位於中間中心位置MC處的近平面300處的(配備有廣角鏡頭的)相機210的原始影像。僅出於範例目的，廣角鏡頭是焦距為約28毫米或更短且與全畫幅相機一起使用的鏡頭；然而，在其它態樣中，廣角鏡頭焦距可以大於或小於約28毫米。圖9C是位於近平面300上的下中心位置LC處的(配備有廣角鏡頭的)相機210的原始影像的顯示，其視野朝上(以一定角度)指向基板堆疊270中的基板S。圖9D是位於近平面300上的上部中心位置LC處的(配備有廣角鏡頭的)相機210的原始影像的顯示，其視野朝下(以一定角度)指向基板堆疊270中的基板S。在此，(來自近平面300的)廣角鏡頭原始視圖顯示了投影到相機視野的二維影像平面的三維物體的效果。從圖9B-9D中可以看出，當三維到二維投影線不再平行時，例如由於靠近相機210，基板的形狀變得可見。基板離相機位置越遠，基板的三維形狀越明顯。當基板離相機更遠時，視角也發生變化(如圖9B-9D所示)，其中相對於相機210距離更遠的基板似乎比距離更近的基板更小。圖9B-9D的原始影像中的基板也可能因廣角鏡頭的特性而失真(例如，桶形失真)。

【0068】上面圖9B-9D中所示的基板邊緣的失真可以由控制器199透過將空間校準資料281施加於原始影像來校正。控制器199被配置成利用經驗方法將原始輪廓轉變成校正的真實輪廓500TC，其中所述校正的真實輪廓500TC提供用於拾取和放置翹曲/彎曲基板S的基板翹曲/彎曲確定和末端執行器調整。所述經驗方法包含在運行時測量基板輪廓時的初始空間校準和空間校正。

【0069】控制器199可通訊地耦接到相機陣列277並且利用每個個別的相機校準來程式化(在此也稱為空間校準資料281)，其具有各個相機210A、210B、210C的基線影像(參見圖5和10中所示的基線510，其中各個基板載具110槽的每個基線510共同形成基線影像)。基線影像的範例在圖15A、15B、15C和15D中提供(注意這些基線影像對應於圖9A、9B、9C和9D的原始和真實輪廓，僅用於範例目的)。每個個別相機210A、210B、210C的基線影像(圖15A-15D顯示了四個相機的基線影像，一個位於遠平面301中心中間CM，三個位於近平面中心中間CM、上部中心US和下部中心LC)不同於其它的個別相機210A、210B、210C中之各者的基線影像(如圖15A-15D中顯而易見的)，並且為由個別相機210A、210B、210C成像的基板載具110的對應分離的不同部分的至少一個對應槽(參見圖2C中的區域RA、RB、RC和圖6E中的感興趣區域)中之各者中的至少一個基板S中之各者定義了預定的基線特徵。如本文將描述的，控制器199被配置成暫存(如在任何合適的記憶

體中)每個個別相機210A、210B、210C的空間校準資料281，其中定性個別相機210A、210B、210C的基線影像的校準晶圓1500設置在對應分離的不同部分的至少一個對應槽中之各者中並且利用界定由控制器199暫存的個別相機210A、210B、210C的基線影像的個別相機210A、210B、210C成像。

【0070】也參考圖10-13，初始空間校準是透過拍攝平坦基板(例如，已知為平坦且未彎曲/翹曲的校準晶圓1500)的原始輪廓而獲得的，其真實輪廓500T和基板堆疊270內的位置是已知的。原始基線或校準影像被保存在控制器199中(或可由控制器199存取的記憶體199M)作為每個個別相機210A、210B、210C的空間校準資料281(參見圖2A)。對應於每個基板保持槽的校準晶圓1500的邊緣輪廓形成每個基板的基線影像和基線510位置(也就是說，從基線影像獲得的基板載具中的對應基板的預期位置)，例如，如圖5和10-13中所示的。通常，空間校準是在相機安裝後進行的，如果初始安裝後相機位置或角度發生變化，則重新運行。在一或多個態樣中，校準晶圓1500與校準盒(實質上類似於盒110，但校準晶圓固定在其中的預定位置)一體地形成或以其它方式固定到校準盒。在此，校準晶圓1500可以是耦接到載具的部分晶圓，以形成以本文描述的方式在校準影像中掃描/檢測的晶圓的前邊緣。在此，校準盒與整合的校準晶圓形成校準晶圓架，所述校準晶圓架作為一個單元安裝在裝載埠上。在其它態樣中，校

準晶圓1500可以一體地形成為插入到盒作為機架單元的晶圓堆疊，在整合的晶圓堆疊中的一體形成的校準晶圓之間具有預定間隔和垂直對準。在此，一體形成的晶圓堆疊可以作為機架單元安置在盒110的槽上和/或從槽移除。

【0071】在運行時，測量基板邊緣輪廓(如用於映射和/或邊緣輪廓)的情況下，控制器199對原始影像/輪廓執行空間校正，其中空間校準資料281由控制器199施加，以透過將給定槽中的基板的原始輪廓減去給定槽的基線510來校正基板的原始輪廓和獲得校正的真實輪廓500TC(例如，其中所測量的原始輪廓500與基線510的任何偏差代表基板的彎曲/翹曲，如校正的真實輪廓500TC所示(參見圖10的右手側))。

【0072】本文描述的空間校正至少提供了從近距離投影(例如，在近平面300處)的廣角鏡頭到在遠距離(例如，在遠平面301處)的長焦鏡頭的等效物的轉換、與相機的角度和與被成像基板的距離相對應的透視效果的校正、廣角鏡頭導致的桶形失真的校正以及相機安裝中位置和方向的機械變化的校正。圖11-13中顯示了透過在邊緣輪廓分析中使用空間校正獲得的實驗資料，其顯示了本文所述的空間校正的有效性。圖11顯示跨整個基板盒110的寬度的三個基板的原始輪廓500。圖12顯示圖11的中間基板(例如，槽13基板)。圖13顯示了校正的槽13基板的真實輪廓500TC，其呈現翹曲/彎曲。此外，注意空間校正可以在透過將影像切片成垂直影像切片410-416來處理影像之前或

之後施加。

【0073】如上所述，當命令基板傳輸器180拾取基板時，基板輪廓由控制器199採用。在此，控制器199可基於基板的校正真實輪廓510TC來命令基板傳送裝置的末端執行器180E以加寬/增加叉齒180TE1、180TE2(參見圖1A)之間的距離TD(參見圖1A)，以透過將叉齒180TE1、180TE2放置在圖13所示的範例性位置，如有足夠空間插入基板下方的叉齒的地方，以適應基板中的任何翹曲/彎曲(例如，如在圖13的槽13基板中)。

【0074】參考圖1A-1C、2A-2C、8A、8B和14，將描述範例性基板映射/邊緣輪廓分析操作。提供形成與裝載埠120連通的開口888(例如，晶圓裝載開口)的框架800(圖14，方塊1400)。如本文所述，裝載埠120被配置成保持基板載具110，其中基板載具110保持多於一個垂直散佈在基板載具110內的基板S，以透過開口888裝載到基板處理設備100、150、165。傳輸臂180TA(例如，可動臂)被提供並且被安裝到框架800(圖14，方塊1405)，以相對於開口888移動。如所描述的，傳輸臂180TA包含可移動地安裝到傳輸臂180TA的末端執行器180E，以透過開口888將基板從基板載具110裝載到基板處理設備100、150、165(反之亦然)。

【0075】提供機器視覺系統200(例如，影像採集系統)(圖14，方塊1410)並且包含至少一個相機210。為了範例性目的，關於相機陣列277描述了所述方法，但是應該

理解所述方法同樣適用於由單一相機拍攝的影像。如上所述，每個個別的相機210A、210B、210C被定位成具有視野FOVA、FOVB、FOVC，所述視野FOVA、FOVB、FOVC被佈置成利用在共同位置CP處由傳輸臂180TA定位的共同支架244，透過開口888觀看具有用於保持多於一個基板S中的至少一個基板的晶圓槽的基板載具110的不同的分離部分，其分離於並且不同於與具有用於保持利用在共同位置CP處的共同支架244由每個其它相機210A、210B、210C所觀看的所述至少一個基板S不同的基板S的不同晶圓槽的基板載具110的部分，並且保持在基板載具110中的每個基板S利用在共同位置CP的共同支架244由相機陣列277成像。

【0076】提供至少一個照明器220(圖14，方塊1415)並且連接到共同支架244。如上所述，至少一個照明器被配置成利用在共同位置CP處的共同支架244，透過開口888照明基板載具110中的每個基板S的外邊緣233，所述邊緣描繪基板S的外邊緣233的上邊緣邊界233U和下邊緣邊界233L。由每個個別的相機210A、210B、210C成象的至少一個照明器220相對於每個個別的相機210A、210B、210C以及對應的分離不同部分(參見例如圖2C中的區域RA、RB、RC和圖6E中的感興趣區域)被配置，使得外邊緣233在個別相機210A、210B、210C處從至少一個照明器220引導反射邊緣照明，並且在上邊緣邊界233U和下邊緣邊界233L處將由個別相機210A、210B、210C利用在共同位置

CP處的共同支架244透過開口888拍攝的基板載具110的分離的不同部分的影像中的背景反射光光學消除。如本文所述，基板S的外邊緣233由每個相機210A、210B、210C暫存的影像對比度的凸紋中的由邊緣反射和光學消除背景形成並在邊緣反射和光學消除背景之間形成的上邊緣邊界233U和下邊緣邊界233L限定，以利用在共同位置CP處的共同支架244實現對基板載具110中的每個基板S進行邊緣檢測。

【0077】當基板載具110位於裝載埠120上時，控制器199命令傳輸臂180TA移動，使得傳輸臂180TA相對於開口888定位(圖14，方塊1420)，以透過開口888將基板成像S在載具110內。基板S由至少一個照明器220照明，並且不同分離區域(參見例如圖2C中的區域RA、RB、RC)中的基板S的影像是相機陣列277透過開口888拍攝的(圖14，方塊1425)。在拍攝每個不同分離區域中的基板的原始影像的情況下，控制器199被配置成執行確定基板映射和確定基板翹曲/彎曲中的一或多個。如本文所述，基板的映射和確定翹曲/彎曲可以相對於彼此以任何合適的順序確定，如在需要確定兩者的情況下。

【0078】關於基板映射，控制器199以本文描述的方式(圖14，方塊1430)為每個不同的分離區域(例如，區域RA、RB、RC)確定強度輪廓480(見圖4A和4B)。基於強度輪廓480，控制器199以本文描述的方式(圖14，方塊1440)確定真實邊緣輪廓500T，以便為每個不同的分離區域確定

基板映射 280(圖 14，方塊 1442)並且基板載具 110作為一個整體。所述基板的狀態(例如，不存在、存在、雙重、橫跨、移位)如本文所述由控制器 199透過採用任何合適的影像處理演算法將基板映射規則施加到真實邊緣輪廓 480基於基板映射 280確定(圖 14，方塊 1445)。簡要地參考圖 16B，控制器 199被配置成比較相鄰不同分離區域的相鄰基板保持位置以確定例如跨越相鄰不同分離區域之間的橫跨槽嵌基板。例如，如在圖 16B中可以看到，不同分離區域 RC和RB的槽 8和9分別彼此相鄰，並且在一些態樣中，槽 8和9之間的橫跨槽嵌可以存在基板。控制器 199被配置成在確定基板映射 280以及基板載具 110中的基板 S的狀態，如其中多個相機 210A、210B、210C用於在不同的分離區域 RA、RB、RC中拍攝影像的情況時，在形成相鄰不同分離區域之間的邊界的槽中使用本文描述的晶圓映射規則(在此範例中指的是不同的分離區域 RC和RB，邊界槽是槽 8和9)。

【0079】值得注意的是，與在單一影像中對整個基板載具 110成像相比，當基板 S被成像，在不同的分開的區域拍攝影像(例如，來自覆蓋不同分離區域中的對應一個的不同相機的多個影像，並且被組合以形成基板映射)提供基板 S的較小變形。例如，圖 16A顯示了從相機 210A、210B、210C針對每個個別不同的分離區域 RA、RB、RC拍攝的基板 S的原始輪廓影像，並且圖 16B顯示了從相機 210A、210B、210C針對每個個別不同的分離區域 RA、

RB、RC拍攝的基板S的真實輪廓影像。當將不同的分離區域RA、RB、RC中之各者中的基板輪廓的失真與圖9B-9C的原始輪廓進行比較時，可以看出，與單一相機一次對基板載體110中的所有基板S進行成像相比，當使用多個相機210A、210B、210C對各個不同的分離區域RA、RB、RC進行成像時，基板的失真(也就是說，原始輪廓和真實輪廓之間)較小。

【0080】關於確定基板的翹曲/彎曲，在基板盒110安置所在的裝載埠120的每個相機210A、210B、210C不存在空間校準資料281的情況下，控制器199以本文中描述的方式獲得/確定每個相機210A、210B、210C的空間校準資料281(圖14，方塊1455)。控制器199以本文中描述的方式確定保持在(每個不同的分離區域中)安置在裝載埠210上的基板載具210中的基板S的強度輪廓480(見圖4A和4B)(圖14，方塊1430)。空間校準資料281被施加於拍攝的影像(其成像基板至少透過強度輪廓480被識別)(圖14，方塊1460)，以便為成像基板S確定校正的真實邊緣輪廓500TC。例如，相機210A對應於不同的分離區域RA，相機210B對應於不同的分離區域RB，而相機210C對應於不同的分離區域RC。相機210A的空間校正資料281被施加於不同的分離區域RA，相機210B的空間校正資料281被施加於不同的分離區域RB，而相機210C的空間校正資料281被施加於不同的分離區域RC。不同的分離區域RA、RB、RC中的基板的任何基板翹曲/彎曲由控制器199以任何合適的方

式(如使用本文所述的影像處理)從基板S的校正的真實邊緣輪廓500TC確定(圖14，方塊1467)。翹曲/彎曲確定由控制器199採用以調整末端執行器叉齒180ET1、180ET2之間的距離TD(或間距)(見圖1A)以拾取翹曲/彎曲基板S(圖14，方塊1470)。

【0081】根據本揭露的一或多個態樣，一種半導體晶圓映射設備，包含：框架，其形成用於與設置成保持多於一個垂直分佈在基板載具中的晶圓的所述基板載具的裝載站連通的晶圓裝載開口，以透過所述晶圓裝載開口裝載；可動臂，其可移動地安裝到所述框架以相對於所述晶圓裝載開口移動並且具有至少一個可移動地安裝到所述可動臂以透過所述晶圓裝載開口從所述基板載具來裝載晶圓的末端執行器；影像採集系統，其包含佈置在共同支架上的相機的陣列，並且每個相機相對於所述共同支架固定，所述共同支架相對於所述相機的陣列中的每個相機是靜止的，其中每個個別的相機定位成具有設置成利用在共同位置處由所述可動臂定位的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看具有用於保持所述多於一個晶圓中的至少一個晶圓的晶圓槽的所述基板載具的不同分離部分的視野，其為分離的並且與具有用於保持在共同位置處由具有共同支架的每個其它相機所觀看的所述至少一個晶圓不同的晶圓的不同晶圓槽的所述基板載具的部分不同，並且保持在所述基板載具中的每個晶圓由在所述共同位置處具有所述共同支架的所述相機的陣列成像；以及照明源，其連接到所述共同

支架，所述照明源配置成在所述共同位置處具有所述共同支架的所述晶圓裝載開口照明所述基板載具中的每個晶圓的外邊緣，所述邊緣描繪了所述晶圓的所述外邊緣的上邊緣邊界和下邊緣邊界，所述照明源相對於每個相機設置，使得所述外邊緣在每個相機處引導來自所述照明源的反射邊緣照明，並且在所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界處將每個相機透過在所述共同位置處具有所述共同支架的所述晶圓裝載開口觀看的背景反射光光學消除；其中所述晶圓的所述外邊緣由影像對比度中的凸紋中的所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界限定，由所述邊緣反射和所述光學消除的背景形成並在它們之間，由每個相機暫存，以實現在所述共同位置處具有所述共同支架的所述基板載具中的每個晶圓的邊緣檢測。

【0082】根據本揭露的一或多個態樣，由所述相機的陣列中的所述個別相機所觀看到的每個不同分離部分具有一組不同的晶圓槽，對應於所述分離部分和所述個別相機，以所述個別相機所觀看到的預定參考高度垂直分佈。

【0083】根據本揭露的一或多個態樣，所述半導體晶圓映射設備還包含控制器，所述控制器可通訊地耦接到所述可動臂，以相對於所述框架移動所述可動臂並將所述共同支架定位在所述共同位置。

【0084】根據本揭露的一或多個態樣，所述可動臂為晶圓傳送機器人的手臂，所述晶圓傳送機器人具有末端執行器，用於透過所述晶圓裝載開口將晶圓裝載到所述基板

載具以及從所述基板載具卸載所述晶圓。

【0085】根據本揭露的一或多個態樣，所述照明源相對於所述個別相機設置，使得來自所述晶圓的平坦表面和槽嵌在所述基板載具中的每個其它晶圓的反射光在每個影像中由所述基板載具的所述不同分離部分的所述個別相機光學消除。

【0086】根據本發明的一或多個態樣，一種半導體晶圓映射設備，包含：框架，其形成用於與設置成保持多於一個垂直分佈在基板載具中的晶圓的所述基板載具的裝載站連通的晶圓裝載開口，以透過所述晶圓裝載開口裝載；可動臂，其可移動地安裝到所述框架以相對於所述晶圓裝載開口移動並且具有至少一個可移動地安裝到所述可動臂以透過所述晶圓裝載開口從所述基板載具來裝載晶圓的末端執行器；影像採集系統，其包含佈置在共同支架上的相機的陣列，並且每個相機相對於所述共同支架固定，所述共同支架相對於所述相機的陣列中的每個相機是靜止的，其中每個個別的相機定位成具有設置成利用在共同位置處由所述可動臂定位的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看所述基板載具的對應不同分離部分的視野，所述對應不同分離部分中之各者具有至少一個對應的晶圓槽，所述至少一個對應的晶圓槽與所述基板載具的每個其它對應不同分離部分中的至少一個其它晶圓槽不同，所述對應不同分離部分中之各者透過每個個別相機從所述共同位置處透過所述晶圓裝載開口被觀看，從而由所述對應不同分離部

分的每個個別相機拍攝的影像排除由每個其它個別相機觀看的每個其它不同分離部分，以及所述基板載具中的每個槽中的每個晶圓在所述共同位置處由具有所述共同支架的所述相機陣列成像。

【0087】根據本揭露的一或多個態樣，所述半導體晶圓映射設備還包含照明源，其連接到所述共同支架，所述照明源配置成透過在所述共同位置處具有所述共同支架的所述晶圓裝載開口照明所述基板載具中的每個晶圓的外邊緣，所述外邊緣描繪了所述晶圓的所述外邊緣的上邊緣邊界和下邊緣邊界，其中所述照明源相對於每個個別相機設置，並且所述對應分離不同部分的所述影像由個別相機設置，使得所述外邊緣在個別相機處引導來自所述照明源的反射邊緣照明，並且在所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界處將由所述個別相機透過在所述共同位置處具有所述共同支架的所述晶圓裝載開口拍攝的所述分離不同部分的所述影像中的背景反射光光學消除。

【0088】根據本揭露的一或多個態樣，所述晶圓的所述外邊緣由影像對比度中的凸紋中的所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界限定，由所述邊緣反射和所述光學消除的背景形成並在它們之間，由每個個別相機暫存，以實現在所述共同位置處具有所述共同支架的所述基板載具中的每個晶圓的邊緣檢測。

【0089】根據本揭露的一或多個態樣，所述對應的不同分離部分中之各者僅由所述陣列的一個個別相機成像。

【0090】根據本揭露的一或多個態樣，保持在所述對應不同分離部分的所述對應晶圓槽中的至少一個晶圓中之各者僅由所述相機的陣列的所述個別相機之一成像。

【0091】根據本揭露的一或多個態樣，所述半導體晶圓映射設備還包含控制器，所述控制器可通訊地耦接到所述相機陣列並且用每個個別相機校準程式化，其具有用於所述個別相機的基線影像，不同於每個其它個別相機的所述基線影像，所述基線影像定義了由所述個別相機成像的所述對應分離不同部分的所述至少一個對應槽中之各者中的至少一個晶圓中之各者的預定基線特徵。

【0092】根據本揭露的一或多個態樣，所述控制器被配置成對每個個別相機的校準進行暫存，其中定性所述個別相機的所述基線影像的校準晶圓設置在所述對應分離不同部分的所述至少一個對應槽中之各者中，並且用定義由所述控制器暫存的所述個別相機的所述基線影像的所述個別相機成像。

【0093】根據本揭露的一或多個態樣，一種方法，包含：提供框架，其形成用於與設置成保持多於一個垂直分佈在基板載具中的晶圓的所述基板載具的裝載站連通的晶圓裝載開口，所述基板載具用於透過所述晶圓裝載開口裝載；提供可動臂，其可移動地安裝到所述框架以相對於所述晶圓裝載開口移動並且具有至少一個可移動地安裝到所述可動臂以透過所述晶圓裝載開口從所述基板載具來裝載晶圓的末端執行器；提供影像採集系統，其包含佈置在共

同支架上的相機的陣列，並且每個相機相對於所述共同支架固定，所述共同支架相對於所述相機的陣列中的每個相機是靜止的；移動所述可動臂，使得每個個別的相機定位成具有設置成利用在共同位置處由所述可動臂定位的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看具有用於保持所述多於一個晶圓中的至少一個晶圓的晶圓槽的所述基板載具的不同分離部分的視野，其為分離的並且與具有用於保持在共同位置處由具有共同支架的每個其它相機所觀看的所述至少一個晶圓不同的晶圓的不同晶圓槽的所述基板載具的部分不同，並且保持在所述基板載具中的每個晶圓由在所述共同位置處具有所述共同支架的所述相機的陣列成像；以及利用連接到所述共同支架的照明源，透過在所述共同位置處具有所述共同支架的所述晶圓裝載開口照明所述基板載具中的每個晶圓的外邊緣，所述邊緣描繪了所述晶圓的所述外邊緣的上邊緣邊界和下邊緣邊界，所述照明源相對於每個相機設置，使得所述外邊緣在每個相機處引導來自所述照明源的反射邊緣照明，並且在所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界處將每個相機透過在所述共同位置處具有所述共同支架的所述晶圓裝載開口觀看的背景反射光光學消除；其中所述晶圓的所述外邊緣由影像對比度中的凸紋中的所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界限定，由所述邊緣反射和所述光學消除的背景形成並在它們之間，由每個相機暫存，以實現在所述共同位置處具有所述共同支架的所述基板載具中的每個晶圓的邊緣檢測。

【0094】根據本揭露的一或多個態樣，由所述相機的陣列中的所述個別相機所觀看到的每個不同分離部分具有一組不同的晶圓槽，對應於所述分離部分和所述個別相機，以所述個別相機所觀看到的預定參考高度垂直分佈。

【0095】根據本揭露的一或多個態樣，所述方法還包含利用通訊地耦接到所述可動臂的控制器來命令所述可動臂相對於所述框架移動，以將所述共同支架定位在所述共同位置。

【0096】根據本揭露的一或多個態樣，所述可動臂為晶圓傳送機器人的手臂，所述晶圓傳送機器人具有末端執行器，用於透過所述晶圓裝載開口將晶圓裝載到所述基板載具以及從所述基板載具卸載所述晶圓。

【0097】根據本揭露的一或多個態樣，所述照明源相對於所述個別相機設置，使得來自所述晶圓的平坦表面和槽嵌在所述基板載具中的每個其它晶圓的反射光在每個影像中由所述基板載具的所述不同分離部分的所述個別相機光學消除。

【0098】應當理解，前面的描述僅是本揭露的說明性態樣。在不脫離本揭露的態樣的情況下，本領域技術人員可以設計各種替代和修改。因此，本揭露的各態樣意於包含落入所附的任何請求項的範圍內的所有此類替代、修改和變化。此外，不同的特徵被記載在相互不同的附屬或獨立請求項中的純粹事實並不表示這些特徵的組合不能被有利地使用本揭露的這些態樣的範圍內的這種其餘組合。

【符號說明】

【0099】

100:基板處理設備

110:基板載具

110C:中心線

120:裝載埠

130:傳送室

140:前端線程序

150:基板處理設備

160:後端線程序

165:基板處理設備

170:後端程序

180:基板傳輸器

180E:末端執行器

180ET1:叉齒

180ET2:叉齒

180TA:傳輸臂

181:基板映射設備

199:控制器

199M:記憶體

200:機器視覺系統

210:相機

210A:相機

210B:相機
 210C:相機
 220:照明器
 220V1:照明器
 220V2:照明器
 222:內部
 233:外邊緣
 233U:上邊緣邊界
 233L:下邊緣邊界
 244:共同支架
 270:基板堆疊
 277:相機陣列
 278:相機控制器
 280:映射
 281:空間校準資料
 300:近平面
 301:遠平面
 369:成形的照明線
 370:中心平面
 371:垂直(Z軸)中心線
 399:開口
 400:影像
 410:切片
 411:切片

412:切片
 413:切片
 414:切片
 415:切片
 416:切片
 433:基板邊緣
 480:強度輪廓
 488:背景程度
 489:峰值
 495:水平方向
 499:影像
 499W:寬度
 500:基板邊緣
 500T:真實邊緣輪廓
 500TC:校正的真實邊緣輪廓
 510:基線
 600L:左側區域
 600M:中間區域
 600R:右側區域
 750:反射表面
 751:反射表面
 800:框架
 820:滑動體
 825:線性驅動器

830:Z驅動柱

850:線性滑軌

862:旋轉驅動器

863:托架

867:驅動器

888:開口

888P:平面

FOVA:視野

FOVB:視野

FOVC:視野

RA:區域

RB:區域

RC:區域

1400:方塊

1405:方塊

1410:方塊

1415:方塊

1420:方塊

1425:方塊

1430:方塊

1440:方塊

1442:方塊

1445:方塊

1455:方塊

1460:方 塊

1465:方 塊

1467:方 塊

1470:方 塊

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種半導體晶圓映射設備，包含：

框架，其形成用於與設置成保持多於一個垂直分佈在基板載具中的晶圓的所述基板載具的裝載站連通的晶圓裝載開口，以透過所述晶圓裝載開口裝載；

可動臂，其可移動地安裝到所述框架以相對於所述晶圓裝載開口移動並且具有至少一個可移動地安裝到所述可動臂以透過所述晶圓裝載開口從所述基板載具來裝載晶圓的末端執行器；

影像採集系統，其包含佈置在共同支架上的相機的陣列，並且每個相機相對於所述共同支架固定，所述共同支架相對於所述相機的陣列中的每個相機是靜止的，其中每個個別的相機定位成具有設置成利用在共同位置處由所述可動臂定位的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看具有用於保持所述多於一個晶圓中的至少一個晶圓的晶圓槽的所述基板載具的不同分離部分的視野，該不同分離部件分離於並且不同於與具有用於保持利用在共同位置處的共同支架由每個其它相機所觀看的所述至少一個晶圓不同的晶圓的不同晶圓槽的所述基板載具的部分，並且保持在所述基板載具中的每個晶圓利用在所述共同位置處的所述共同支架由所述相機的陣列成像；以及

照明源，其連接到所述共同支架，所述照明源配置成利用在所述共同位置處的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口照明所述基板載具中的每個晶圓的外邊緣，所述邊緣

描繪了所述晶圓的所述外邊緣的上邊緣邊界和下邊緣邊界，所述照明源相對於每個相機設置，使得所述外邊緣在每個相機處引導來自所述照明源的反射邊緣照明，並且在所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界處將每個相機利用在所述共同位置處的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看的背景反射光光學消除；

其中所述晶圓的所述外邊緣由影像對比度中的凸紋中的所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界限定，由所述邊緣反射和所述光學消除的背景形成並在它們之間，由每個相機暫存，以利用在所述共同位置處的所述共同支架實現所述基板載具中的每個晶圓的邊緣檢測。

【請求項2】如請求項1的半導體晶圓映射設備，其中由所述相機的陣列中的所述個別相機所觀看到的每個不同分離部分具有一組不同的晶圓槽，對應於所述分離部分和所述個別相機，以所述個別相機所觀看到的預定參考高度垂直分佈。

【請求項3】如請求項1的半導體晶圓映射設備，還包含控制器，所述控制器可通訊地耦接到所述可動臂，以相對於所述框架移動所述可動臂並將所述共同支架定位在所述共同位置。

【請求項4】如請求項1的半導體晶圓映射設備，其中所述可動臂為晶圓傳送機器人的手臂，所述晶圓傳送機器人具有末端執行器，用於透過所述晶圓裝載開口將晶圓裝載到所述基板載具以及從所述基板載具卸載所述晶圓。

【請求項5】如請求項1的半導體晶圓映射設備，其中所述照明源相對於所述個別相機設置，使得來自所述晶圓的平坦表面和槽嵌在所述基板載具中的每個其它晶圓的反射光在每個影像中由所述基板載具的所述不同分離部分的所述個別相機光學消除。

【請求項6】一種半導體晶圓映射設備，包含：

框架，其形成用於與設置成保持多於一個垂直分佈在基板載具中的晶圓的所述基板載具的裝載站連通的晶圓裝載開口，以透過所述晶圓裝載開口裝載；

可動臂，其可移動地安裝到所述框架以相對於所述晶圓裝載開口移動並且具有至少一個可移動地安裝到所述可動臂以透過所述晶圓裝載開口從所述基板載具來裝載晶圓的末端執行器；

影像採集系統，其包含佈置在共同支架上的相機的陣列，並且每個相機相對於所述共同支架固定，所述共同支架相對於所述相機的陣列中的每個相機是靜止的，其中每個個別的相機定位成具有設置成利用在共同位置處由所述可動臂定位的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看所述基板載具的對應不同分離部分的視野，所述對應不同分離部分中之各者具有至少一個對應的晶圓槽，所述至少一個對應的晶圓槽與所述基板載具的每個其它對應不同分離部分中的至少一個其它晶圓槽不同，所述對應不同分離部分中之各者由每個個別相機從所述共同位置處透過所述晶圓裝載開口被觀看，從而由所述對應不同分離部分的每個

個別相機拍攝的影像排除由每個其它個別相機觀看的每個其它不同分離部分，以及所述基板載具中的每個槽中的每個晶圓利用在所述共同位置處的所述共同支架由所述相機陣列成像。

【請求項7】如請求項6的半導體晶圓映射設備，還包含照明源，其連接到所述共同支架，所述照明源配置成利用在所述共同位置處的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口照明所述基板載具中的每個晶圓的外邊緣，所述外邊緣描繪了所述晶圓的所述外邊緣的上邊緣邊界和下邊緣邊界，其中所述照明源相對於每個個別相機設置，並且所述對應分離不同部分的所述影像由個別相機設置，使得所述外邊緣在個別相機處引導來自所述照明源的反射邊緣照明，並且在所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界處將由所述個別相機利用在所述共同位置處的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口拍攝的所述分離不同部分的所述影像中的背景反射光光學消除。

【請求項8】如請求項7的半導體晶圓映射設備，其中所述晶圓的所述外邊緣由影像對比度中的凸紋中的所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界限定，由所述邊緣反射和所述光學消除的背景形成並在它們之間，由每個個別相機暫存，以利用在所述共同位置處的所述共同支架實現所述基板載具中的每個晶圓的邊緣檢測。

【請求項9】如請求項7的半導體晶圓映射設備，其中所述對應的不同分離部分中之各者僅由所述陣列的一個個

別相機成像。

【請求項 10】如請求項 7 的半導體晶圓映射設備，其中保持在所述對應不同分離部分的所述對應晶圓槽中的至少一個晶圓中之各者僅由所述相機的陣列的所述個別相機之一成像。

【請求項 11】如請求項 7 的半導體晶圓映射設備，還包含控制器，所述控制器可通訊地耦接到所述相機陣列並且用每個個別相機校準程式化，其具有用於所述個別相機的基線影像，不同於每個其它個別相機的所述基線影像，所述基線影像定義了由所述個別相機成像的所述對應分離不同部分的所述至少一個對應槽中之各者中的至少一個晶圓中之各者的預定基線特徵。

【請求項 12】如請求項 11 的半導體晶圓映射設備，其中所述控制器被配置成對每個個別相機的校準進行暫存，其中定性所述個別相機的所述基線影像的校準晶圓設置在所述對應分離不同部分的所述至少一個對應槽中之各者中，並且用定義由所述控制器暫存的所述個別相機的所述基線影像的所述個別相機成像。

【請求項 13】一種方法，包含：

提供框架，其形成用於與設置成保持多於一個垂直分佈在基板載具中的晶圓的所述基板載具的裝載站連通的晶圓裝載開口，所述基板載具用於透過所述晶圓裝載開口裝載；

提供可動臂，其可移動地安裝到所述框架以相對於所

述晶圓裝載開口移動並且具有至少一個可移動地安裝到所述可動臂以透過所述晶圓裝載開口從所述基板載具來裝載晶圓的末端執行器；

提供影像採集系統，其包含佈置在共同支架上的相機的陣列，並且每個相機相對於所述共同支架固定，所述共同支架相對於所述相機的陣列中的每個相機是靜止的；

移動所述可動臂，使得每個個別的相機定位成具有設置成利用在共同位置處由所述可動臂定位的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口觀看具有用於保持所述多於一個晶圓中的至少一個晶圓的晶圓槽的所述基板載具的不同分離部分的視野，該不同分離部分分離於並且不同於與具有用於保持利用在共同位置處的共同支架由每個其它相機所觀看的所述至少一個晶圓不同的晶圓的不同晶圓槽的所述基板載具的部分，並且保持在所述基板載具中的每個晶圓由在所述共同位置處具有所述共同支架的所述相機的陣列成像；以及

利用連接到所述共同支架的照明源，利用在所述共同位置處的所述共同支架透過所述晶圓裝載開口照明所述基板載具中的每個晶圓的外邊緣，所述邊緣描繪了所述晶圓的所述外邊緣的上邊緣邊界和下邊緣邊界，所述照明源相對於每個相機設置，使得所述外邊緣在每個相機處引導來自所述照明源的反射邊緣照明，並且在所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界處將每個相機透過在所述共同位置處具有所述共同支架的所述晶圓裝載開口觀看的背景反射光光學

消除；

其中所述晶圓的所述外邊緣由影像對比度中的凸紋中的所述上邊緣邊界和所述下邊緣邊界限定，由所述邊緣反射和所述光學消除的背景形成並在它們之間，由每個相機暫存，以實現在所述共同位置處具有所述共同支架的所述基板載具中的每個晶圓的邊緣檢測。

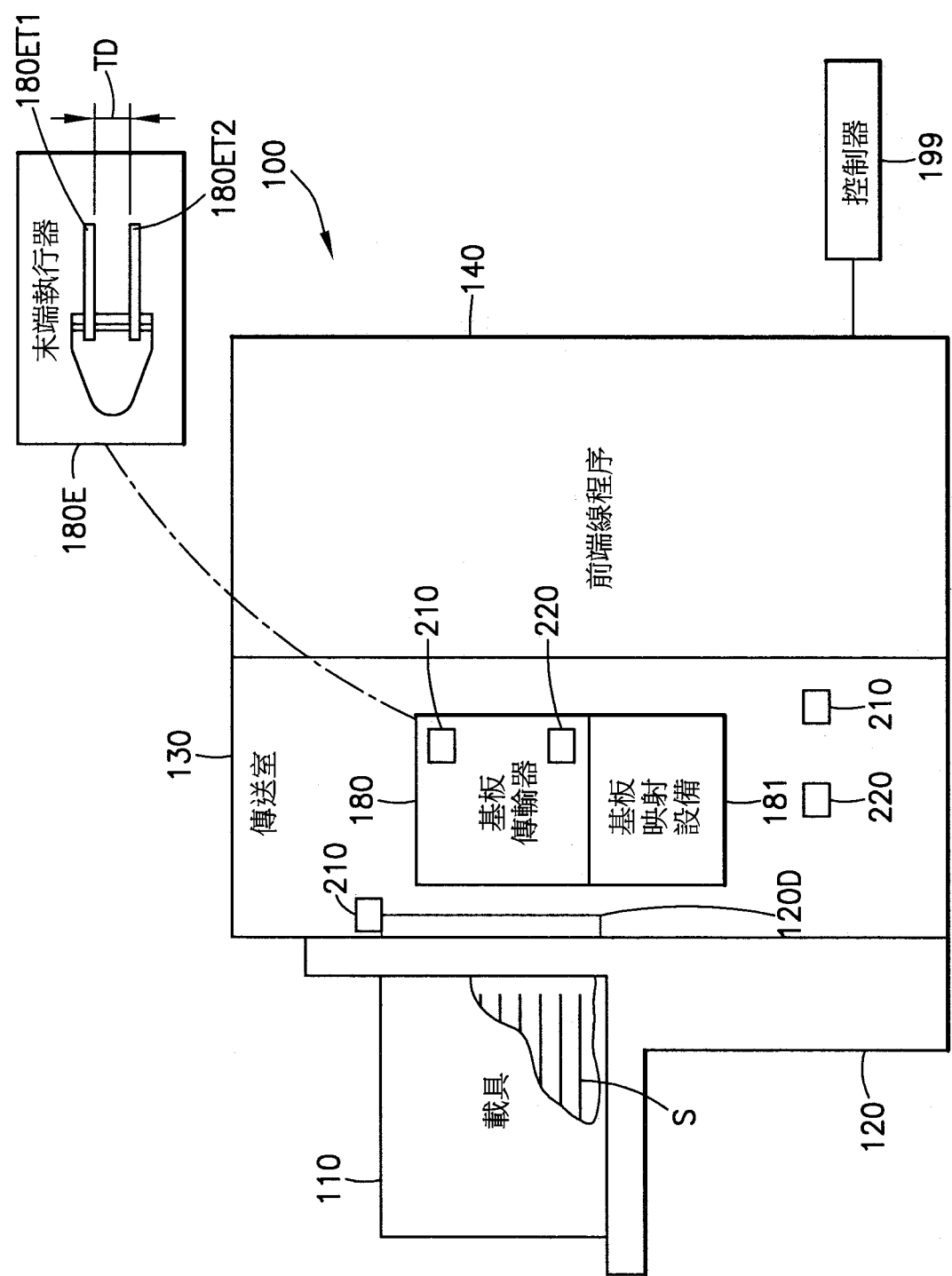
【請求項 14】如請求項 13 的方法，其中由所述相機的陣列中的所述個別相機所觀看到的每個不同分離部分具有一組不同的晶圓槽，對應於所述分離部分和所述個別相機，以所述個別相機所觀看到的預定參考高度垂直分佈。

【請求項 15】如請求項 13 的方法，還包含利用通訊地耦接到所述可動臂的控制器來命令所述可動臂相對於所述框架移動，以將所述共同支架定位在所述共同位置。

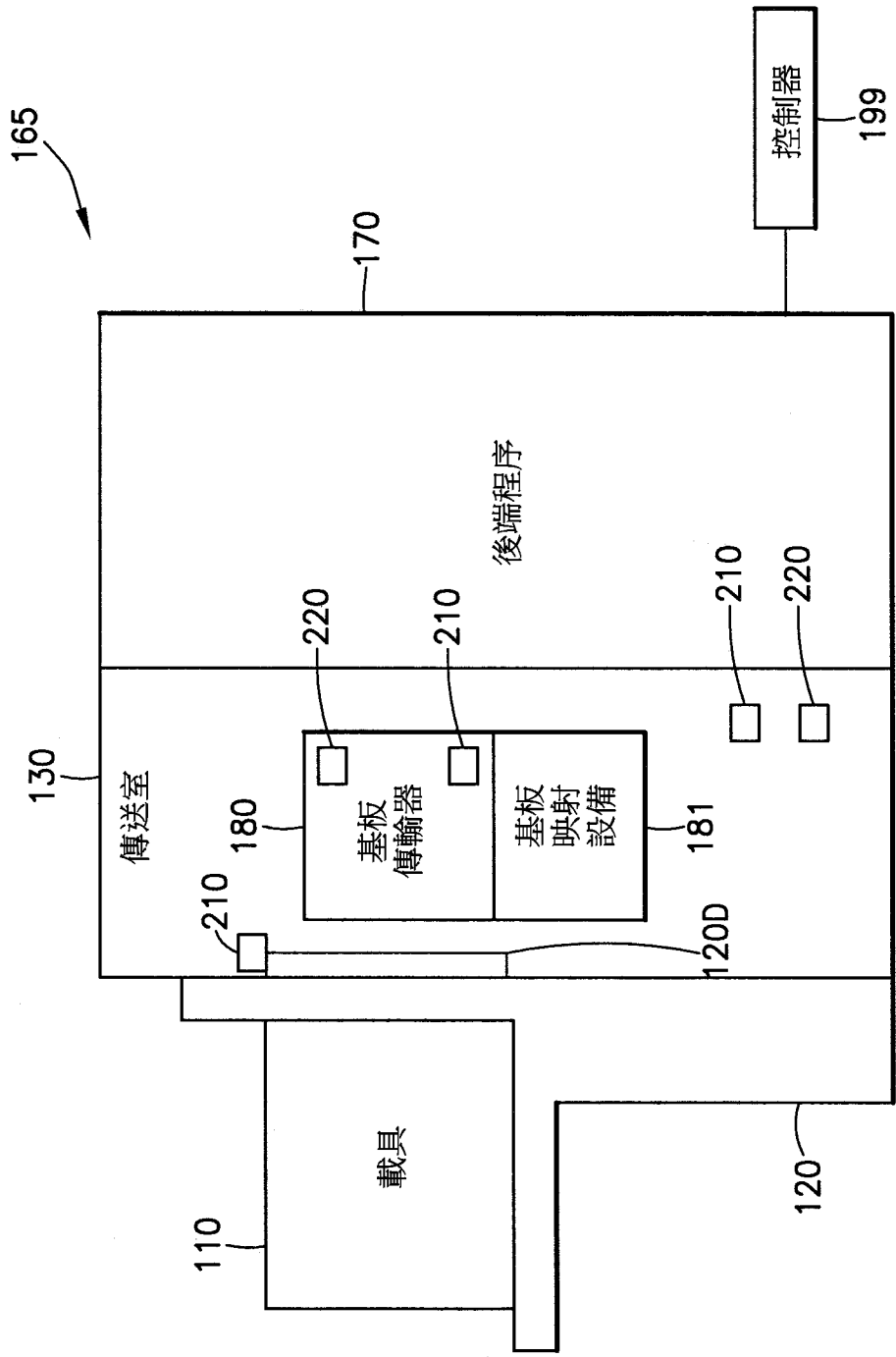
【請求項 16】如請求項 13 的方法，其中所述可動臂為晶圓傳送機器人的手臂，所述晶圓傳送機器人具有末端執行器，用於透過所述晶圓裝載開口將晶圓裝載到所述基板載具以及從所述基板載具卸載所述晶圓。

【請求項 17】如請求項 13 的方法，其中所述照明源相對於所述個別相機設置，使得來自所述晶圓的平坦表面和槽嵌在所述基板載具中的每個其它晶圓的反射光在每個影像中由所述基板載具的所述不同分離部分的所述個別相機光學消除。

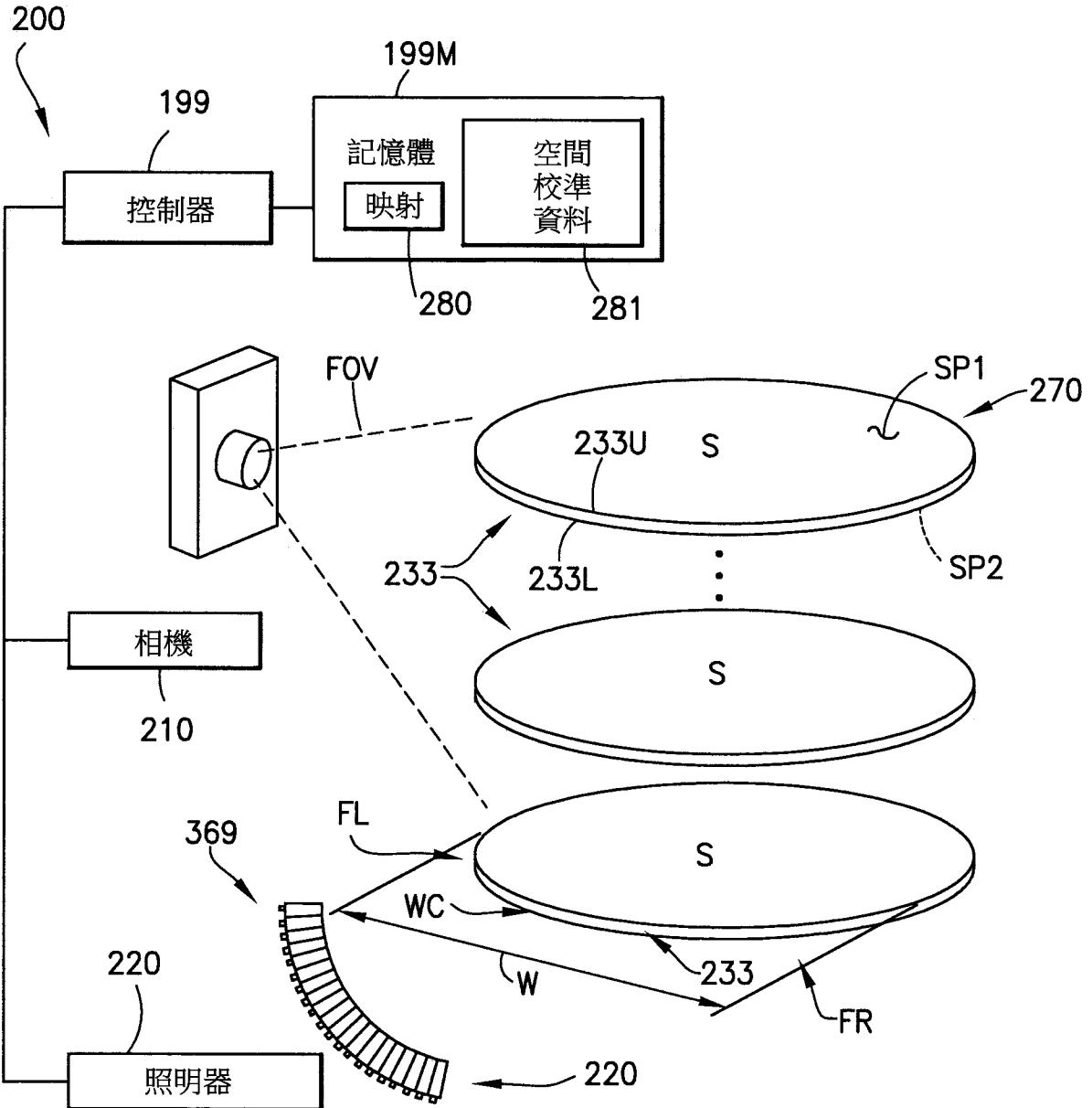
【發明圖式】



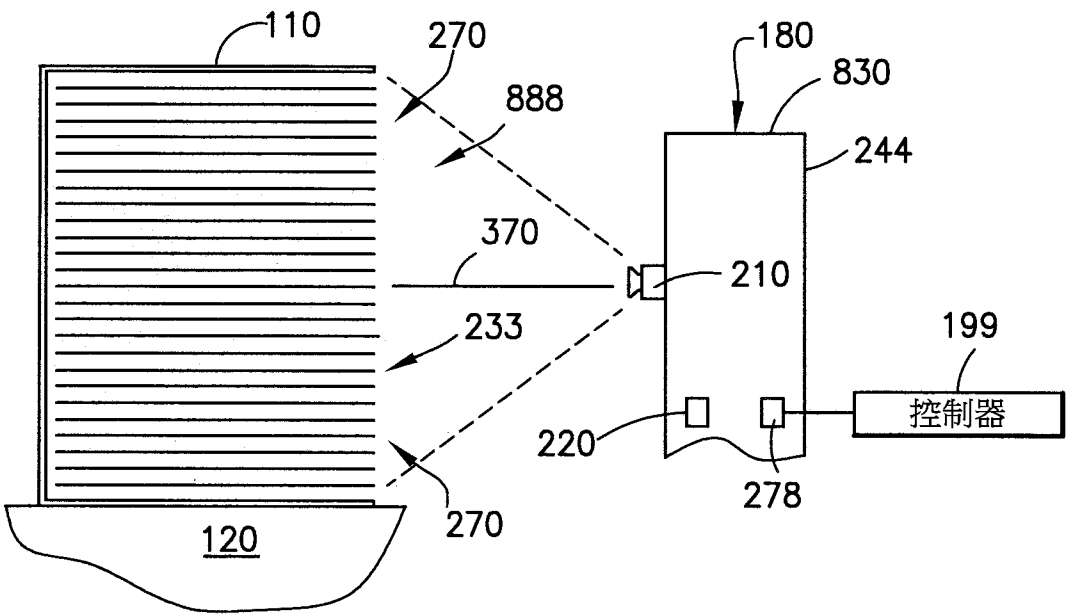
【圖 1A】



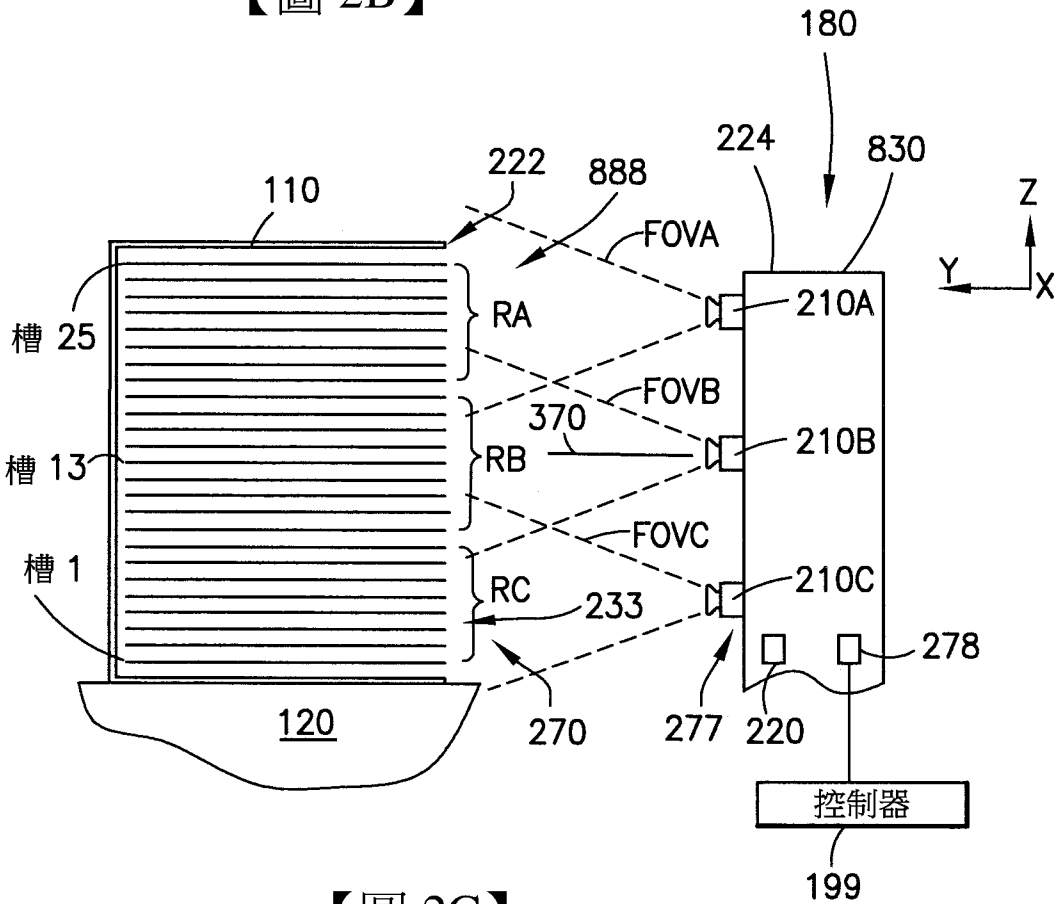
【圖 1C】



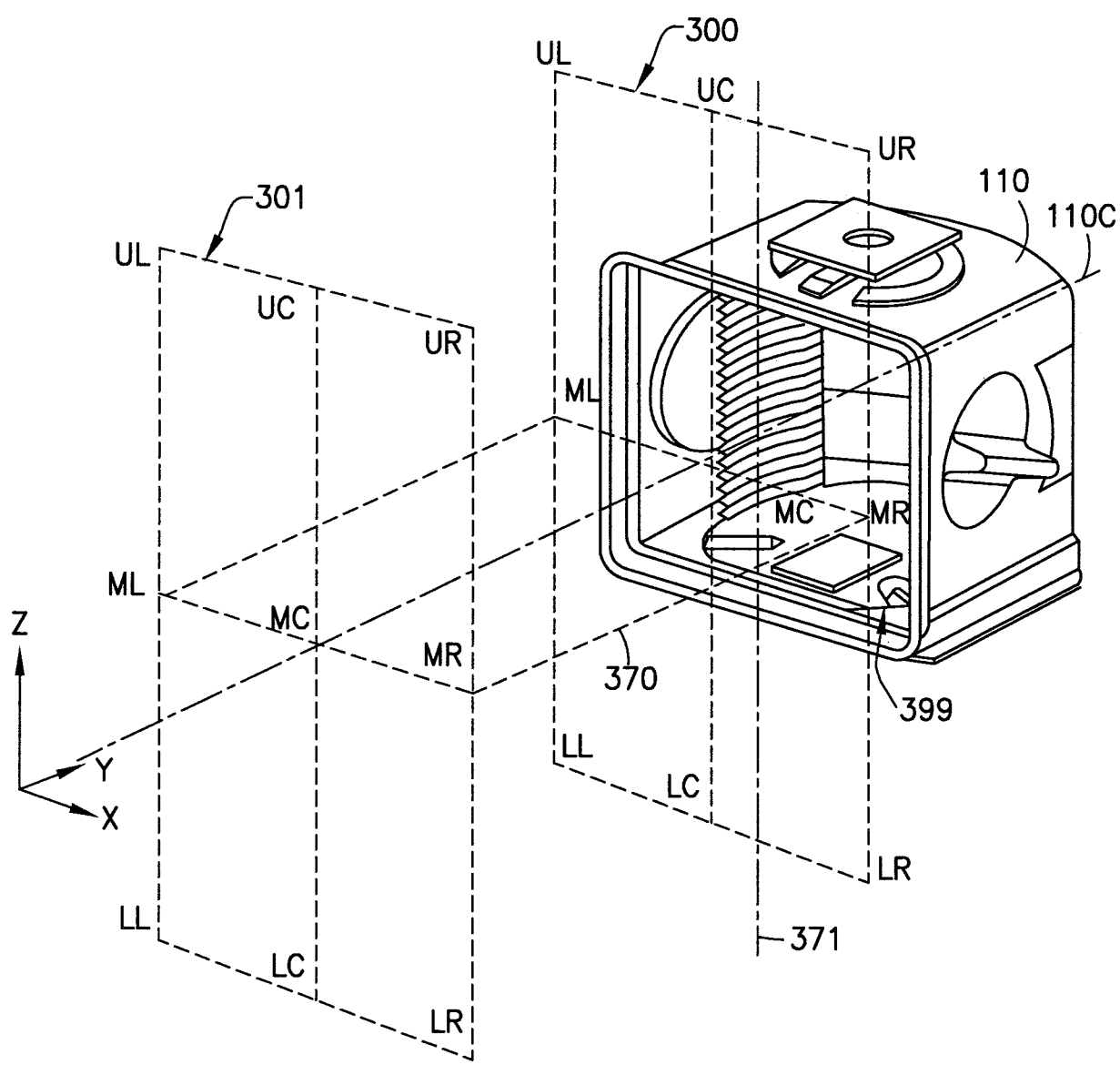
【圖 2A】



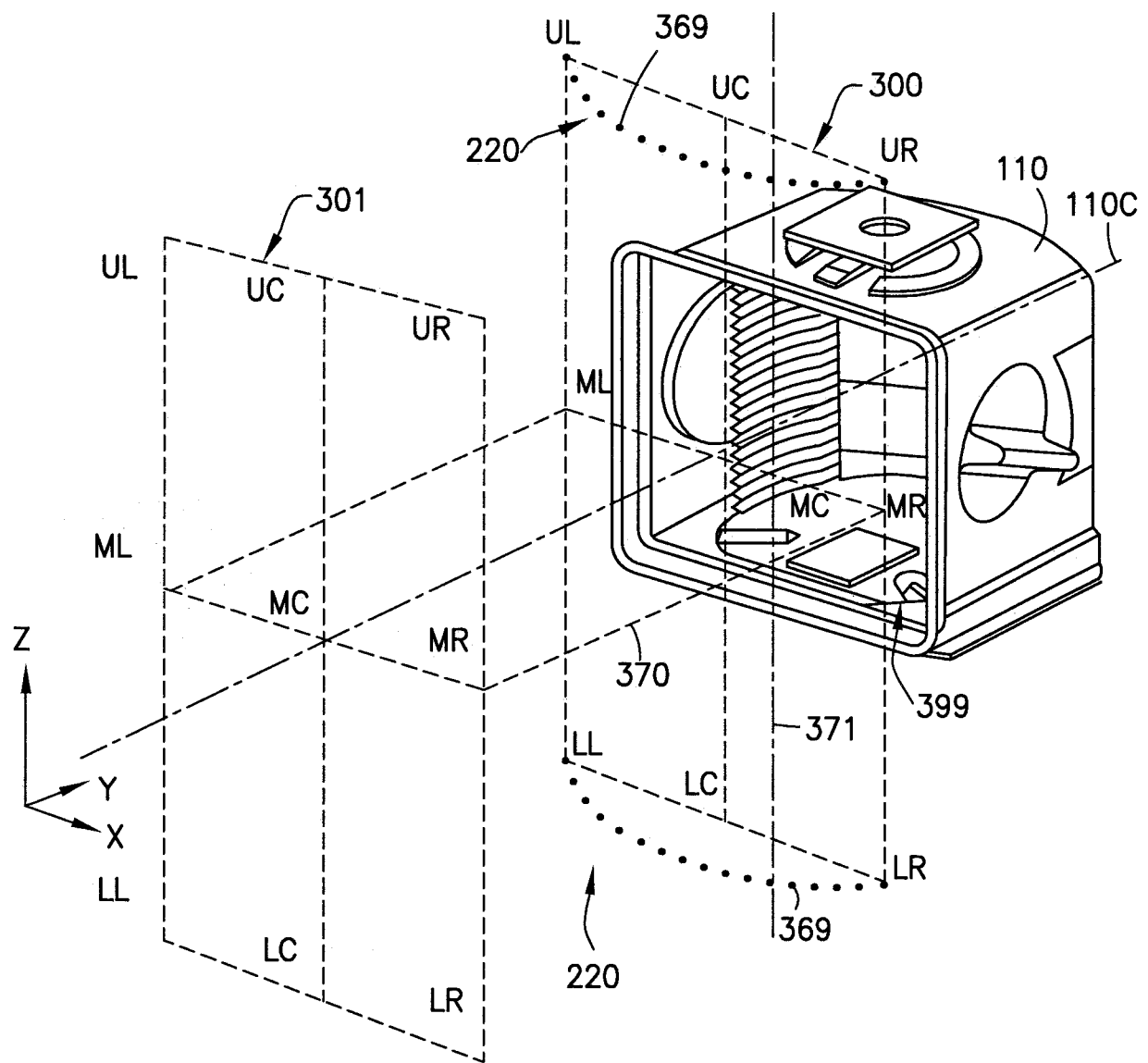
【圖 2B】



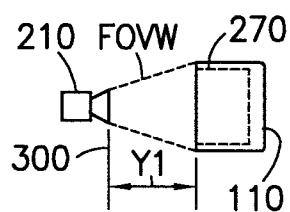
【圖 2C】



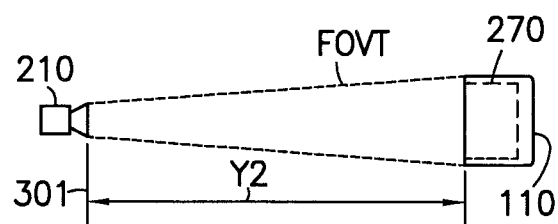
【圖 3A】



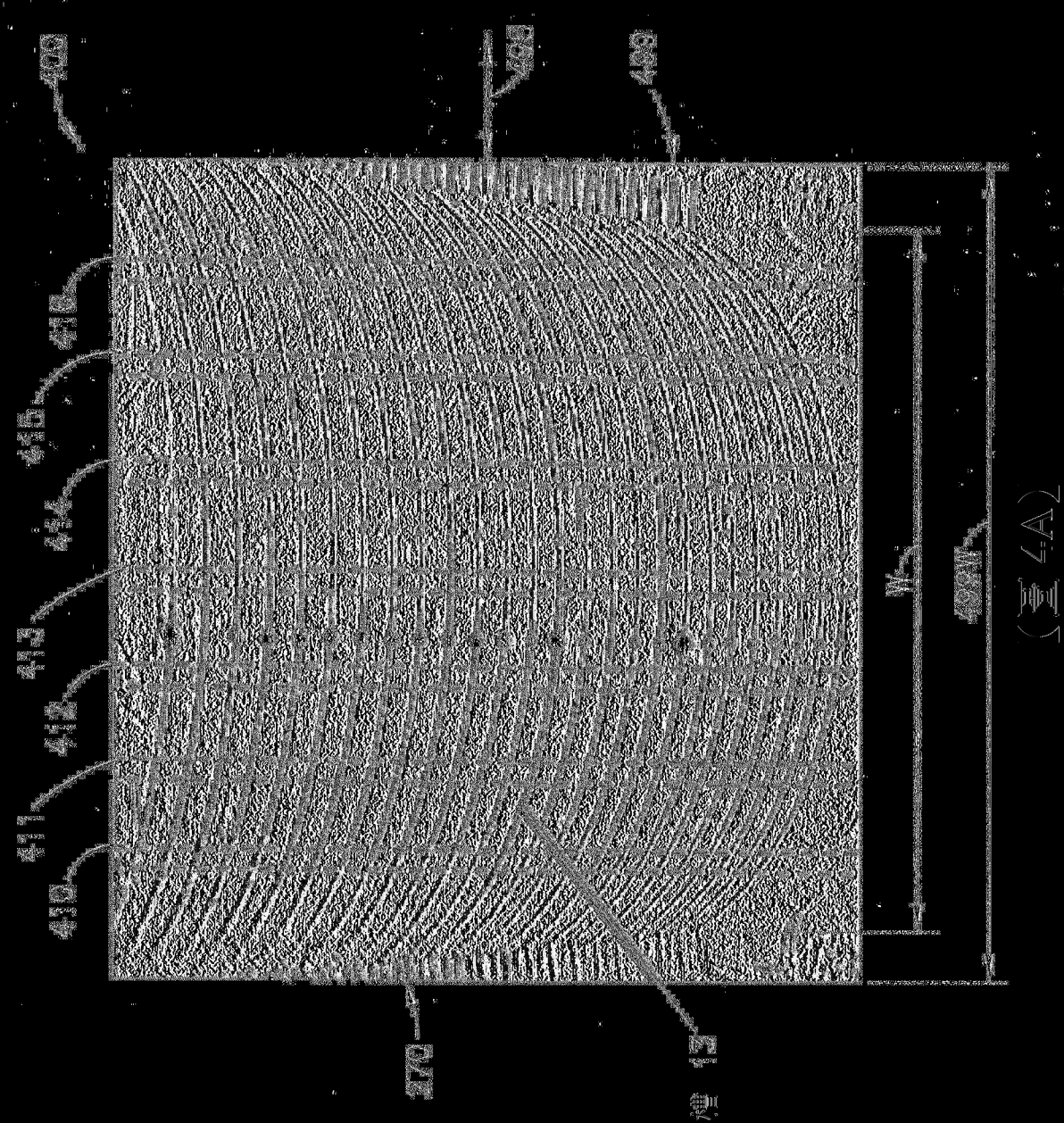
【圖 3B】

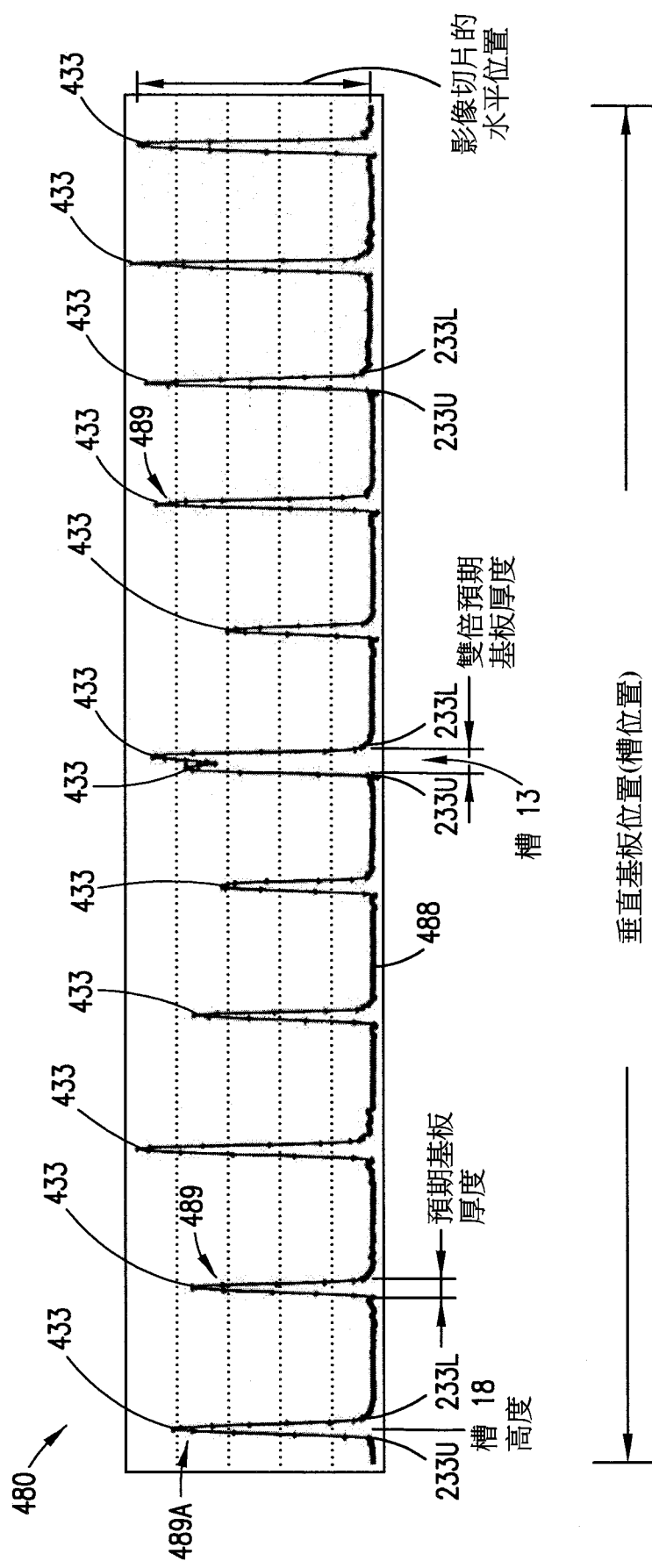


【圖 3C】

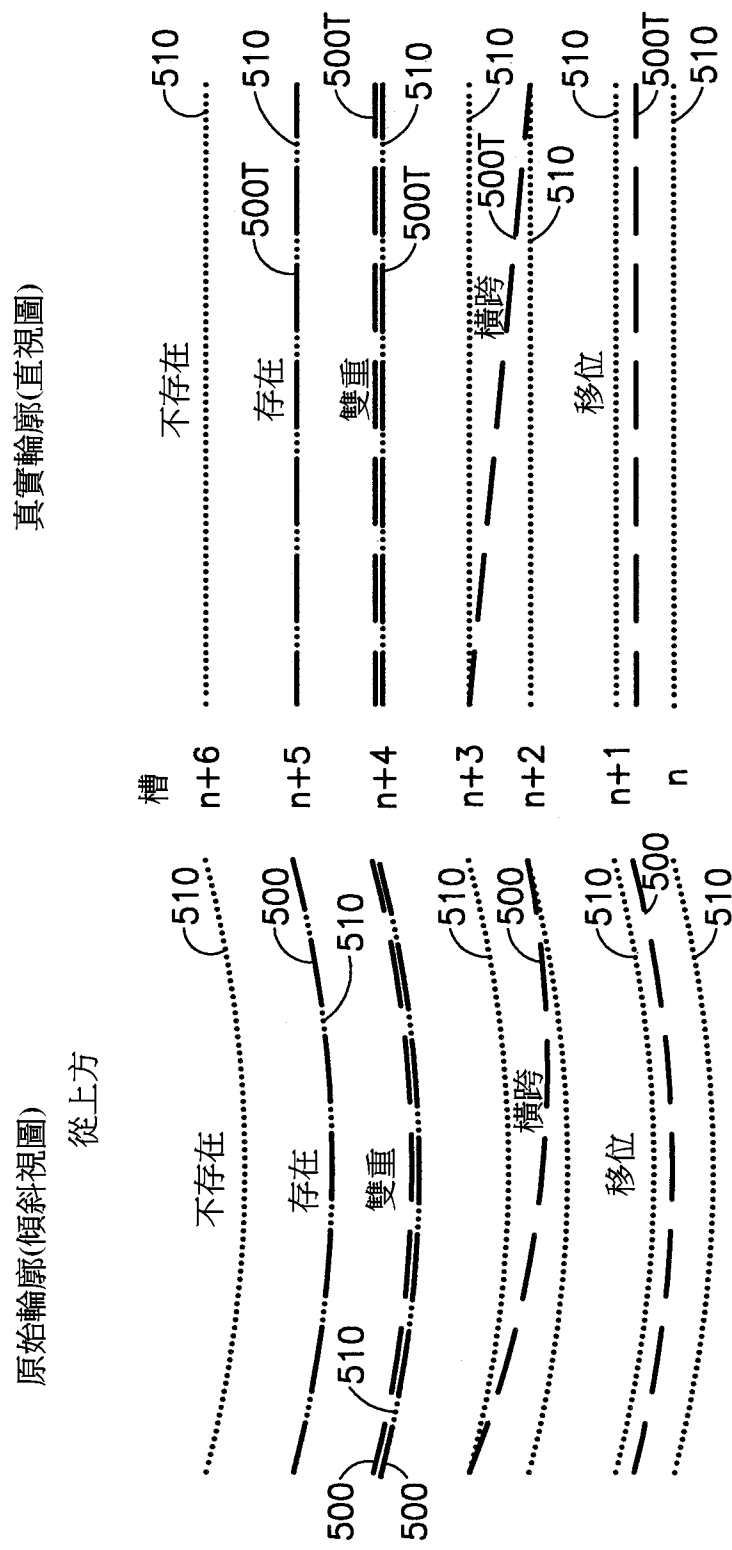


【圖 3D】

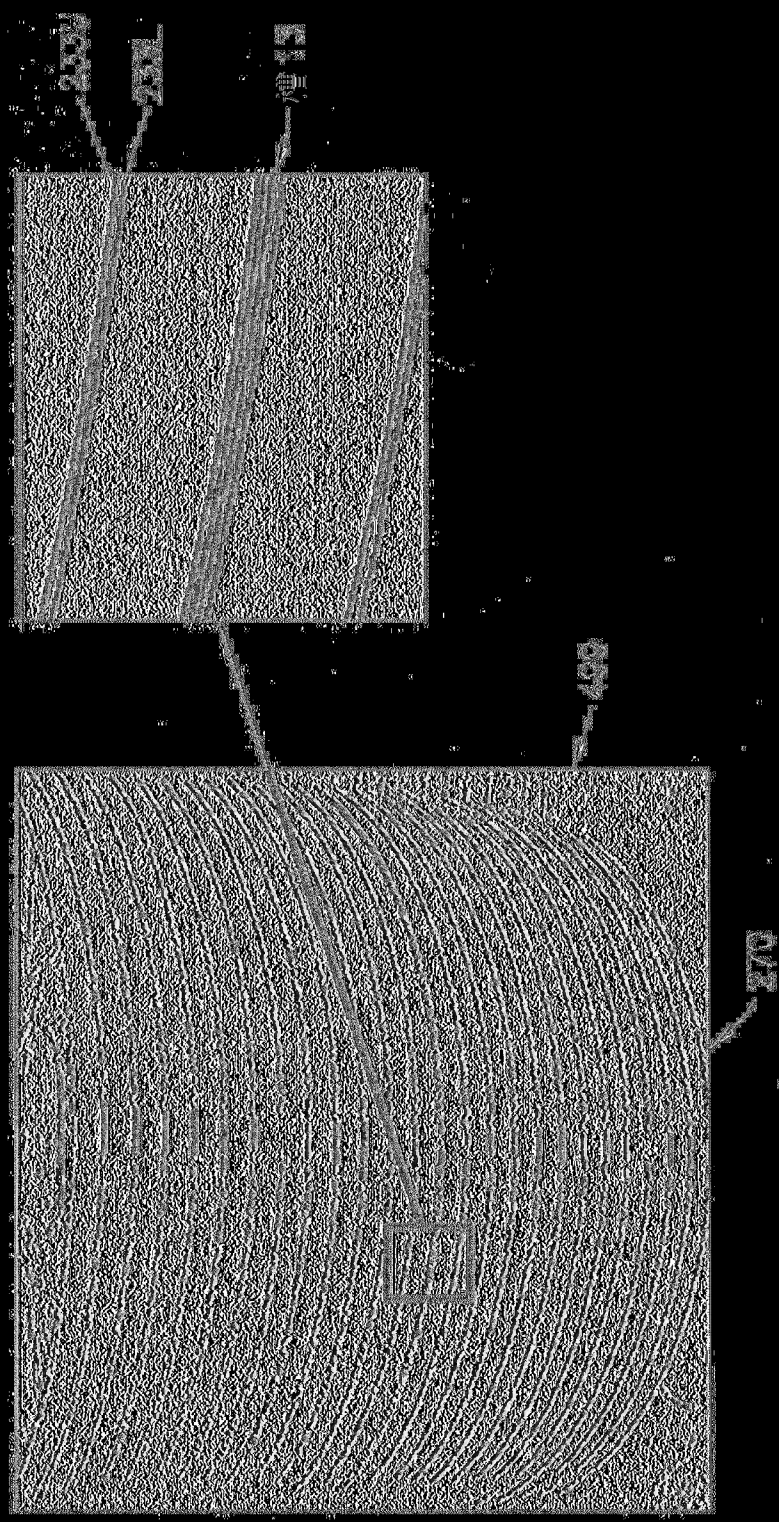




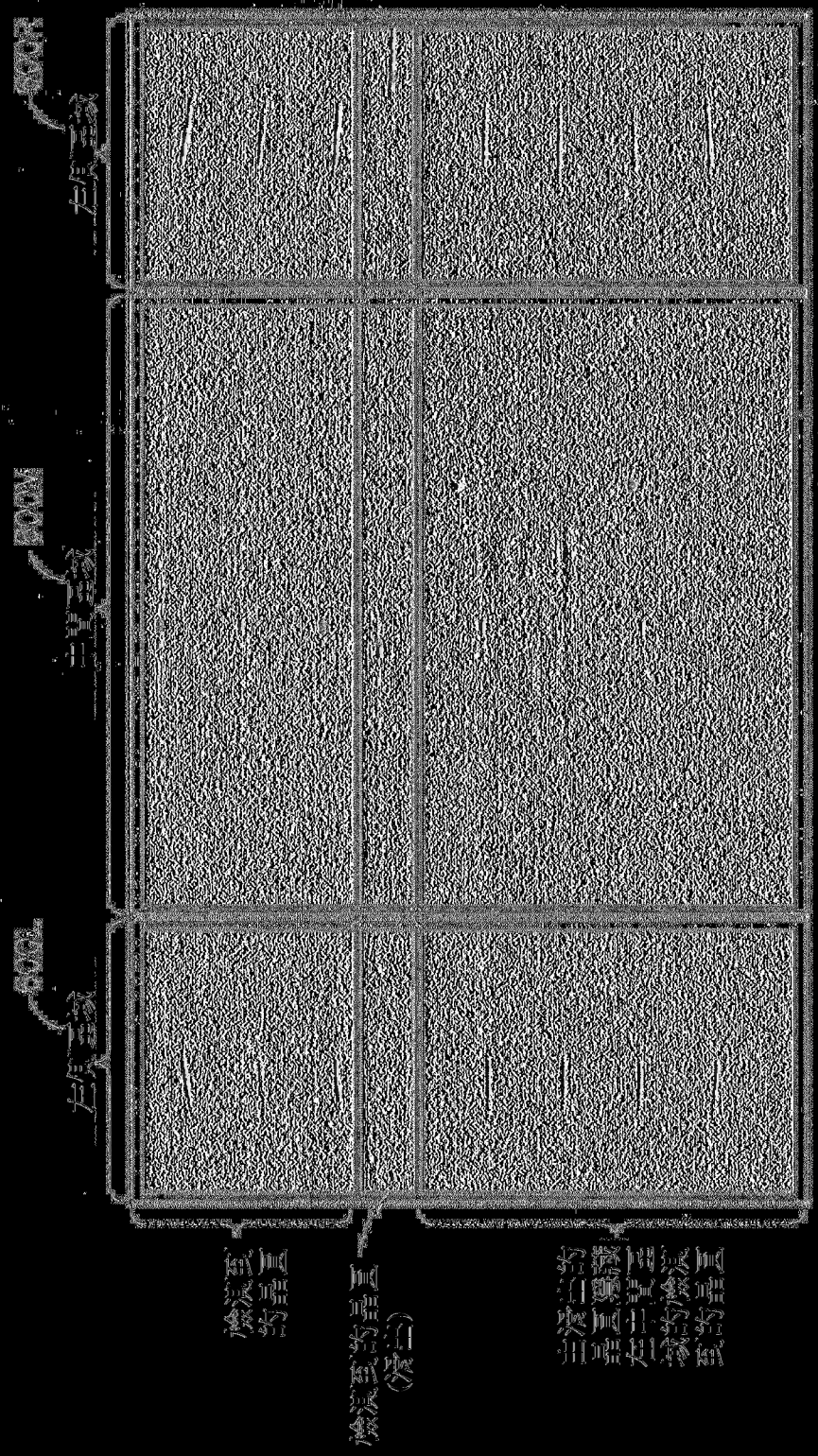
【圖 4B】



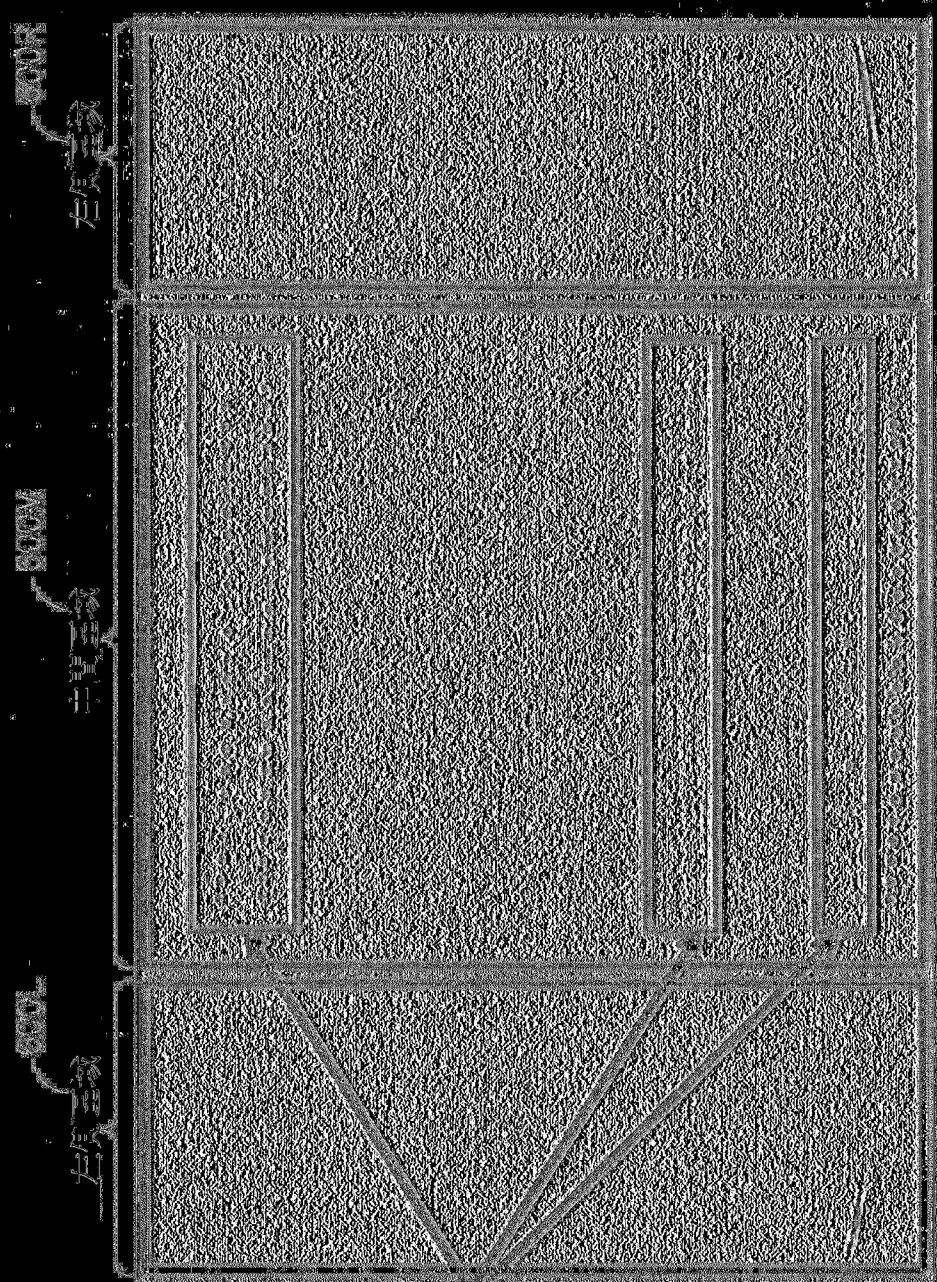
【圖 5】



(圖 6A)



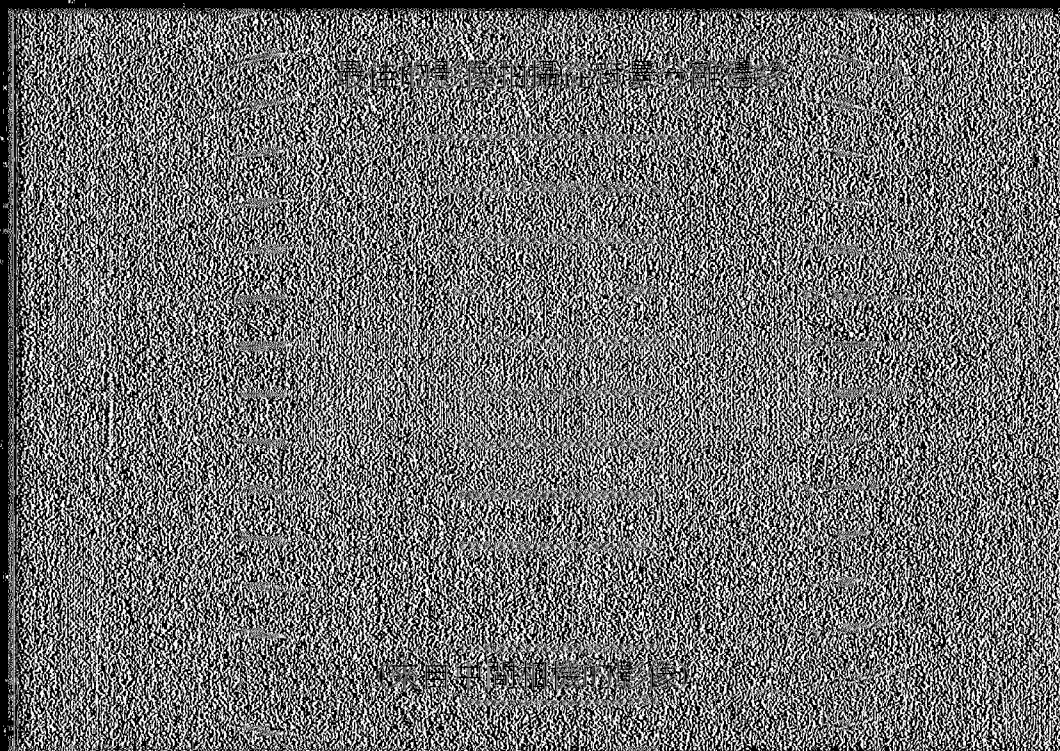
(圖 63)



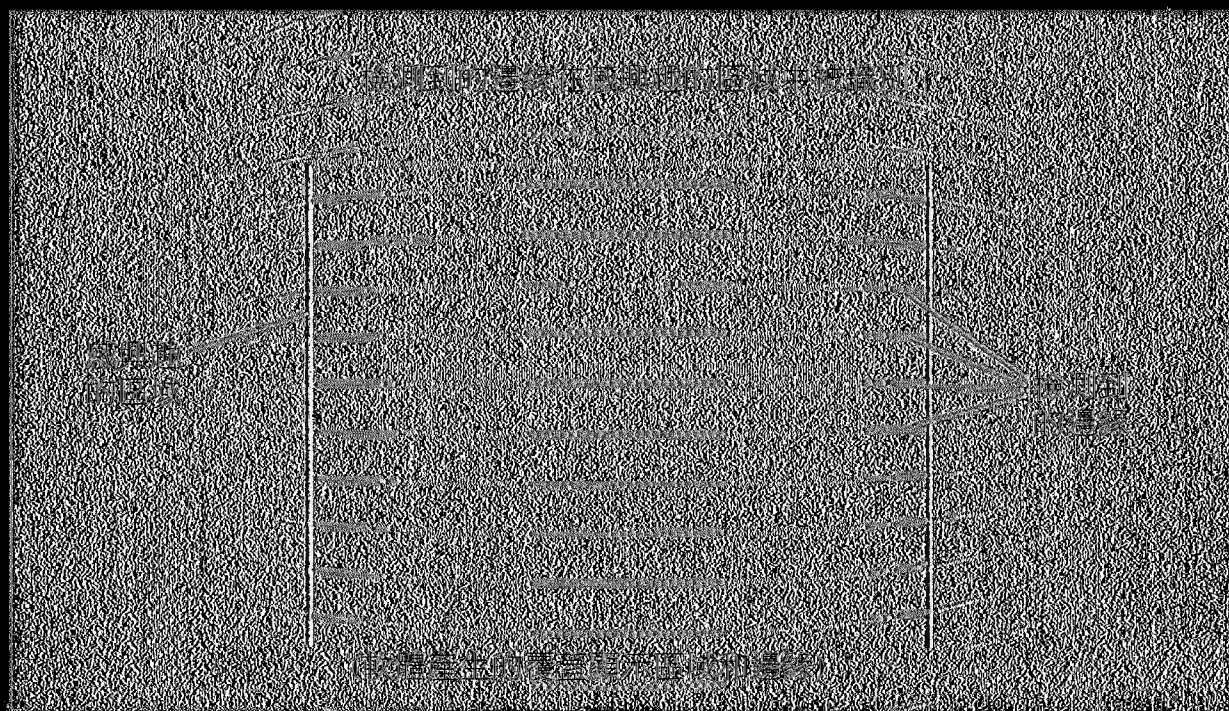
沒有檢測到重量
(傳送算送過)
(這反對)

機翼重量

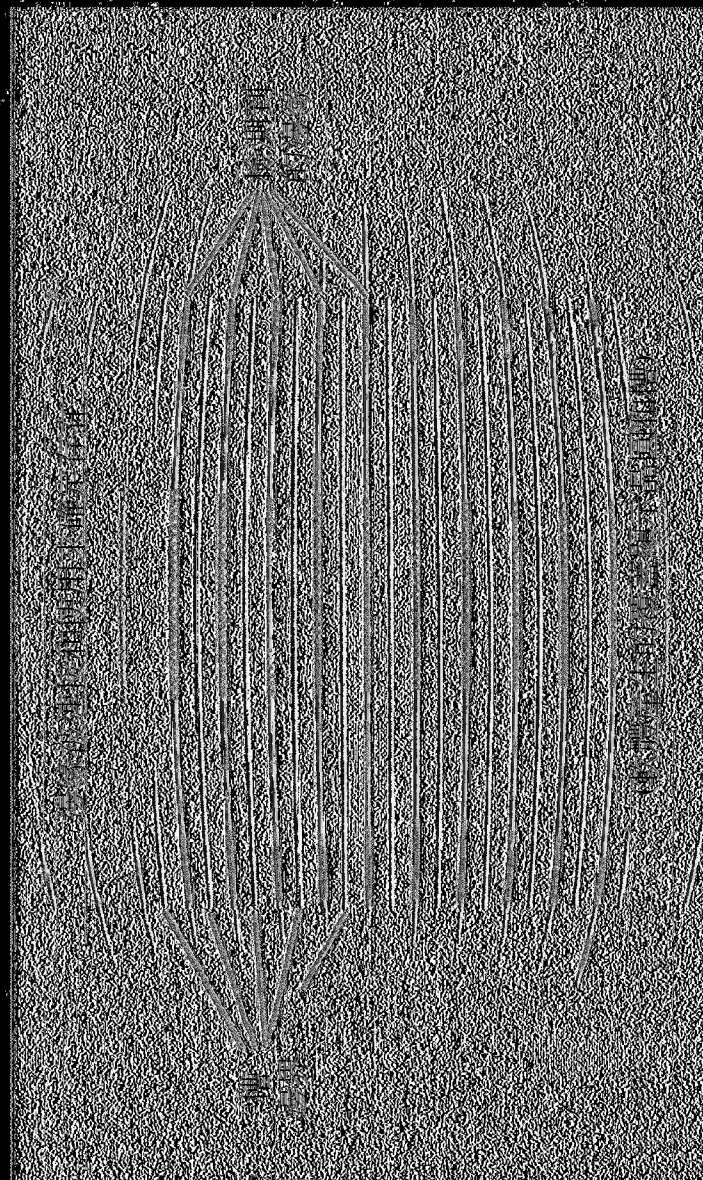
(圖 6C)



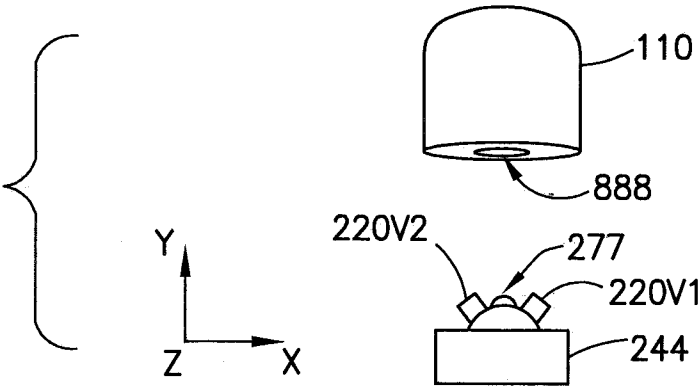
|(H) 6D)|



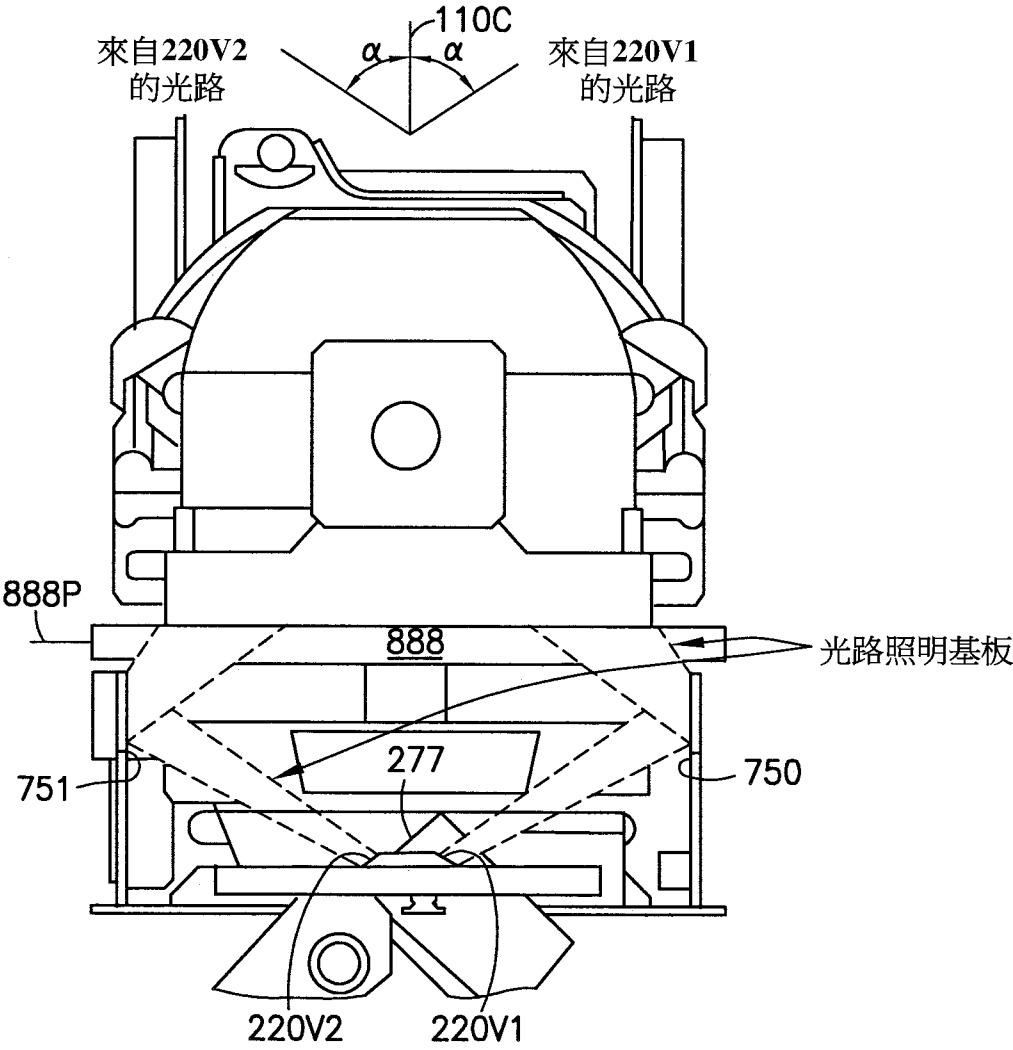
|(H) 6E)|



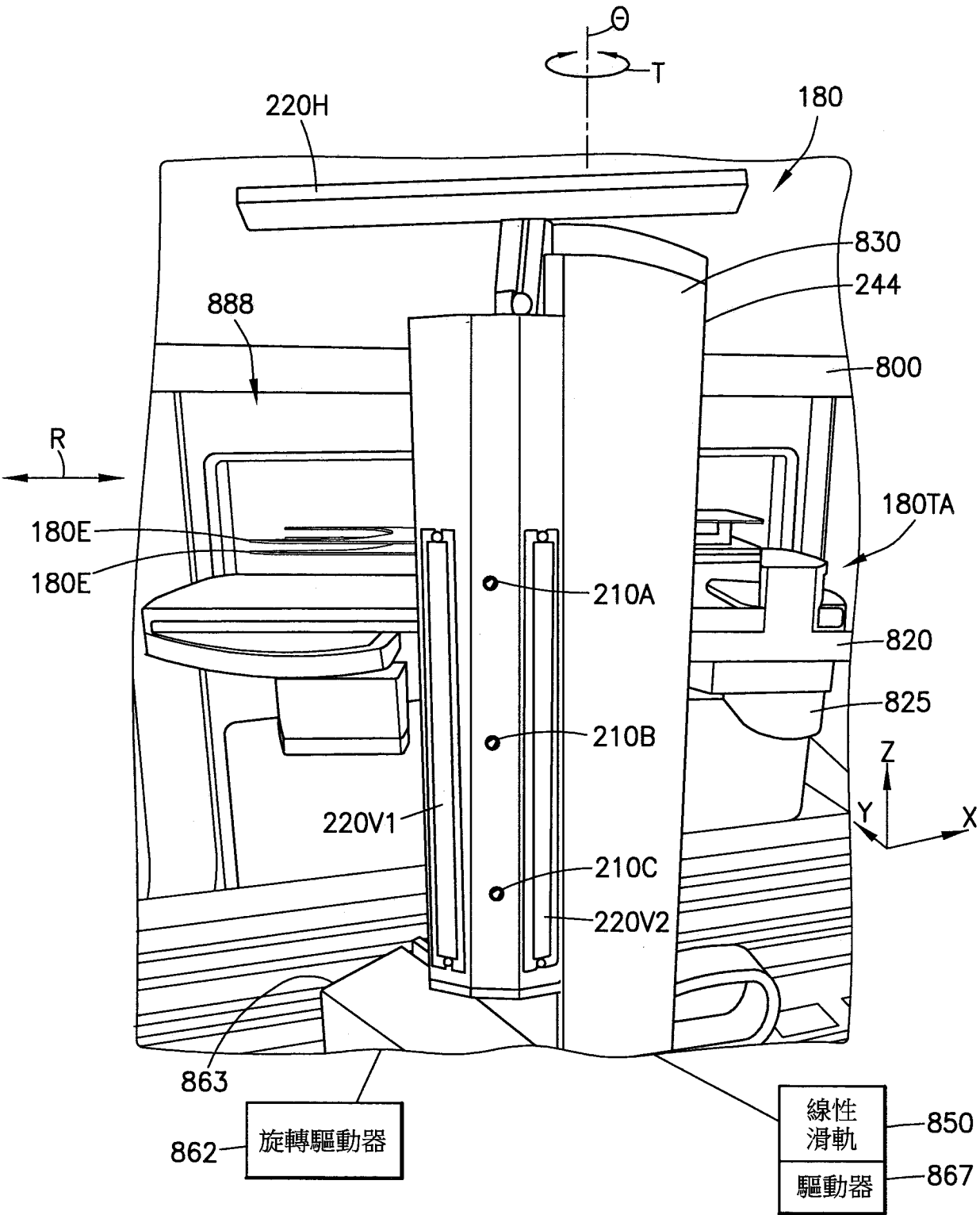
(19)



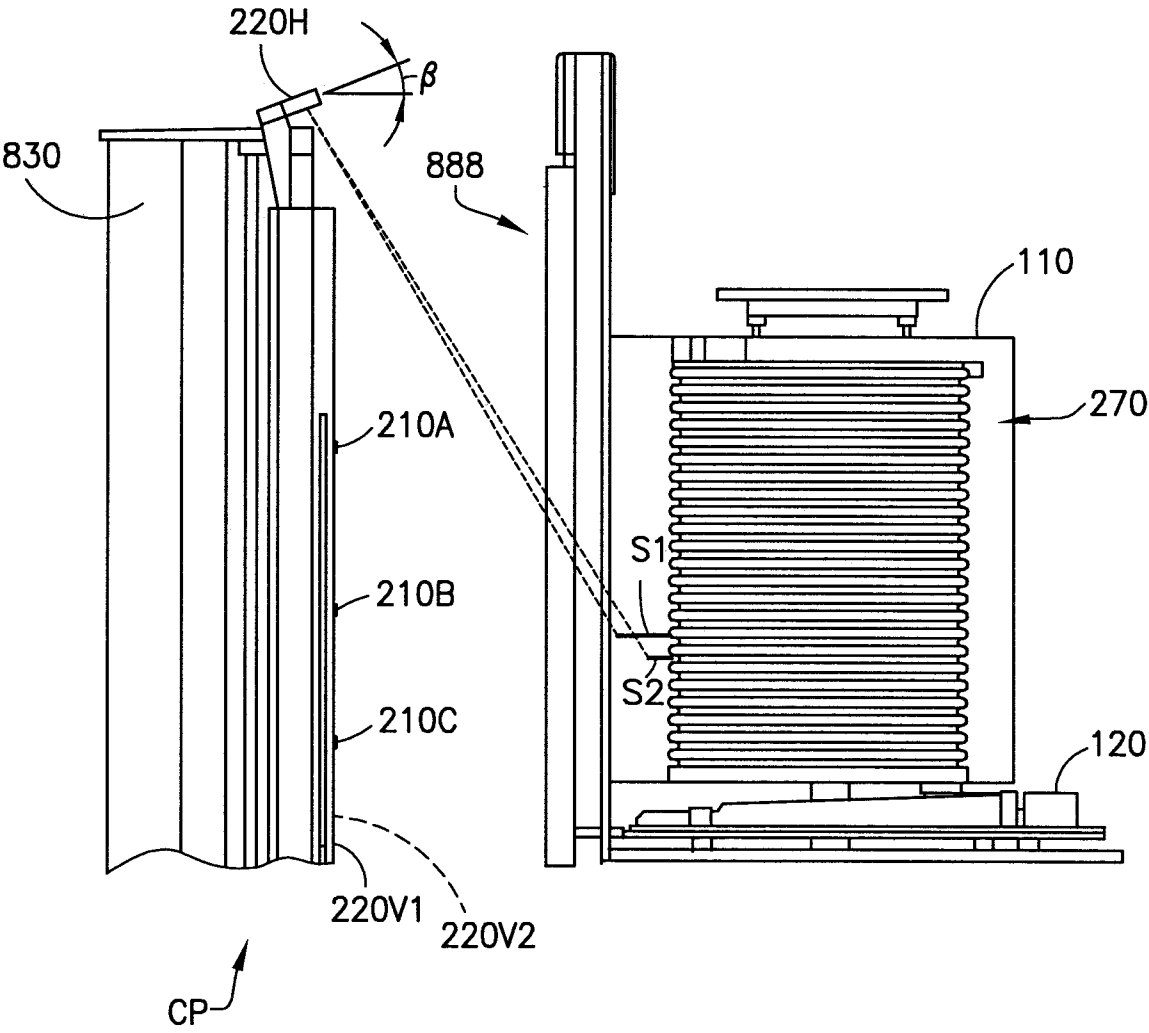
【圖 7A】



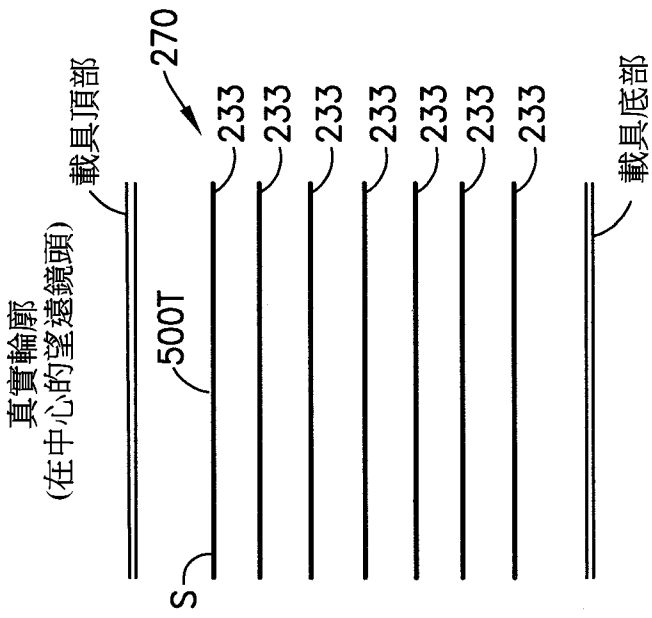
【圖 7B】



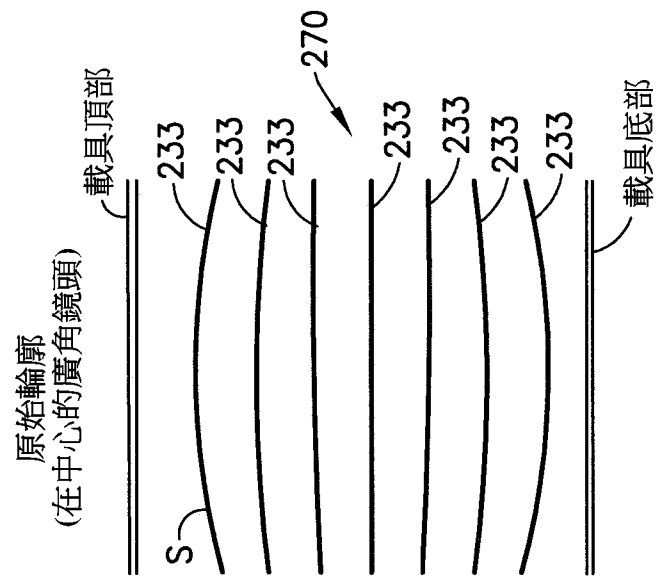
【圖 8A】



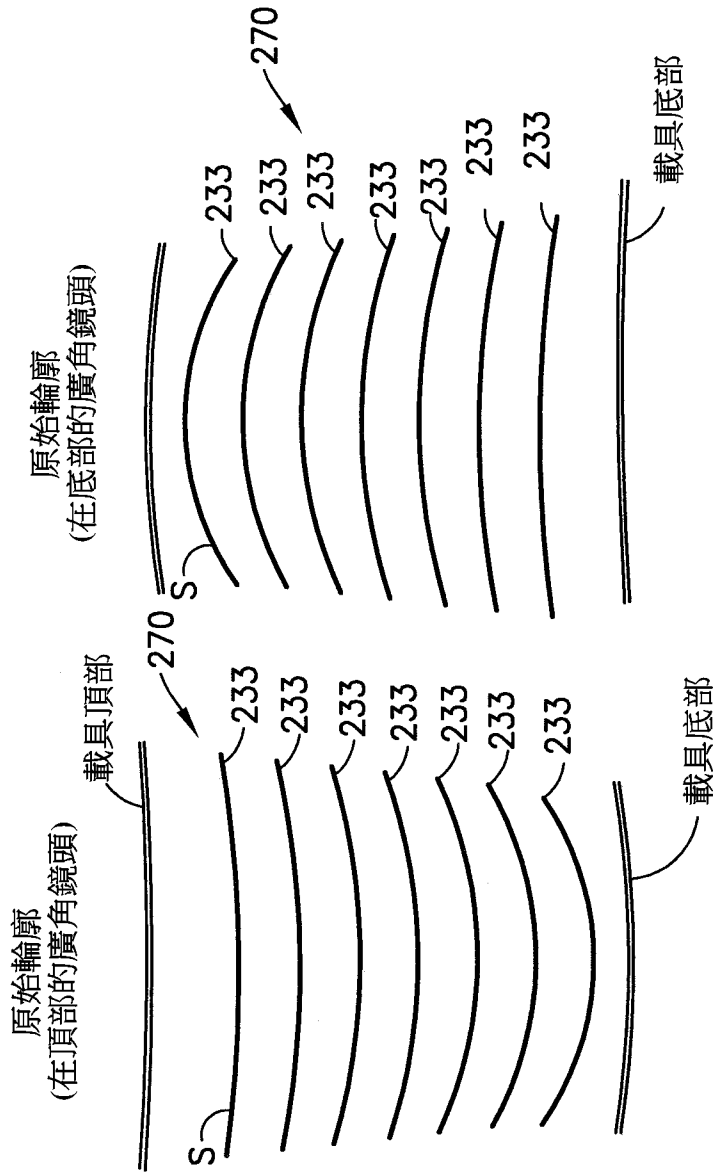
【圖 8B】



【圖 9A】

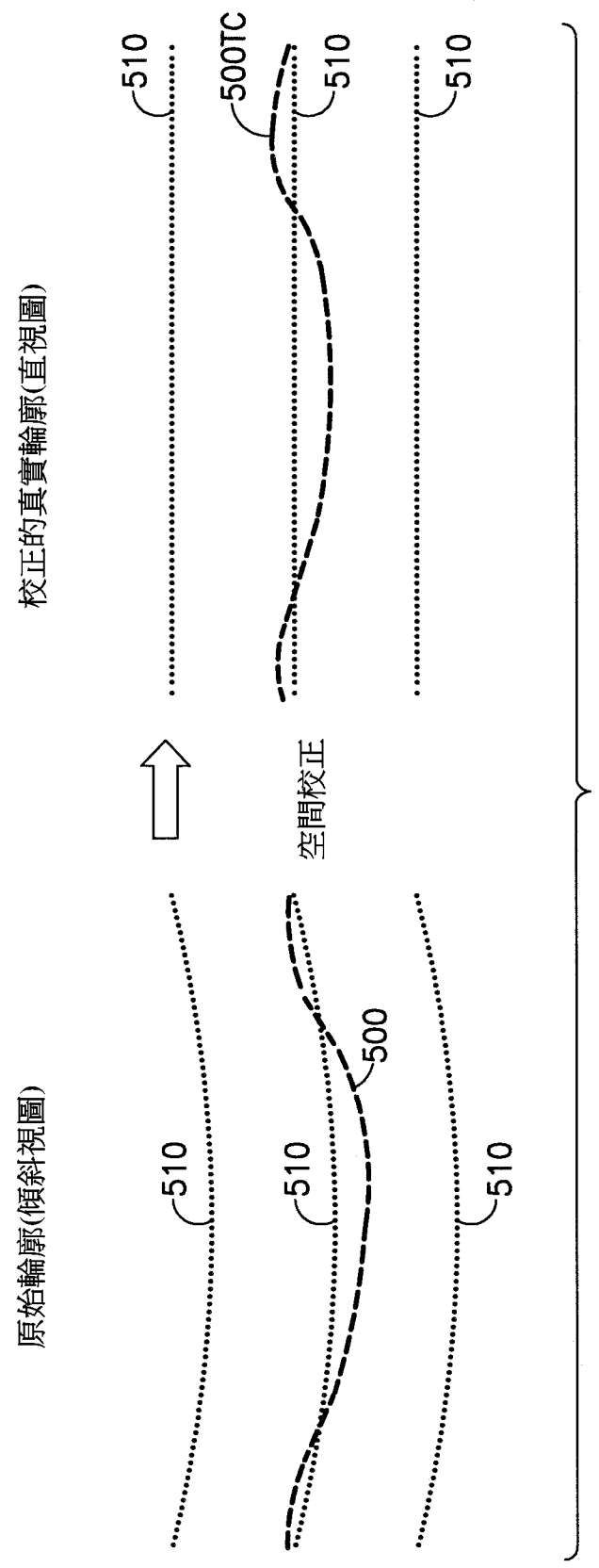


【圖 9B】



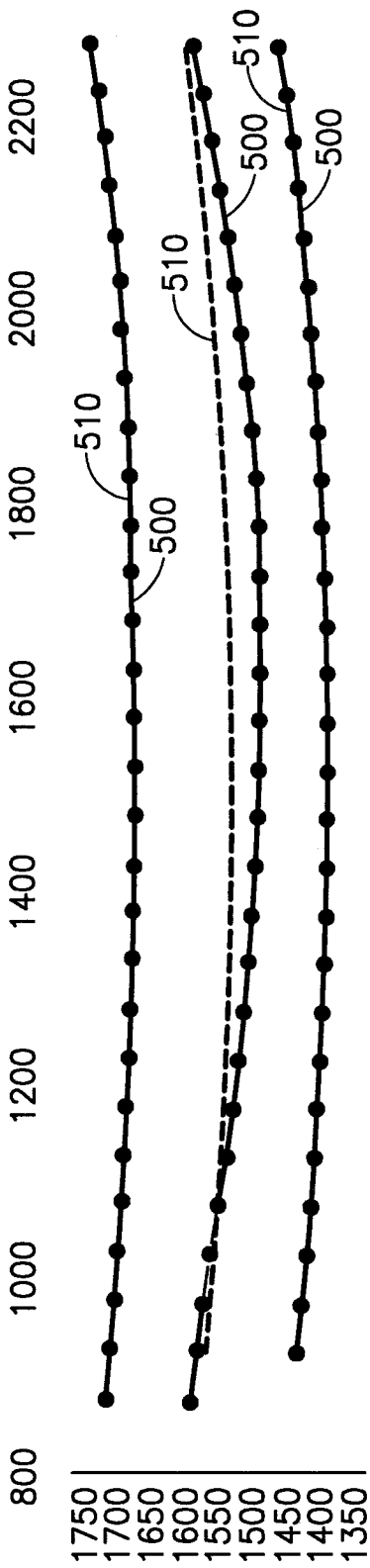
【圖 9D】

【圖 9C】



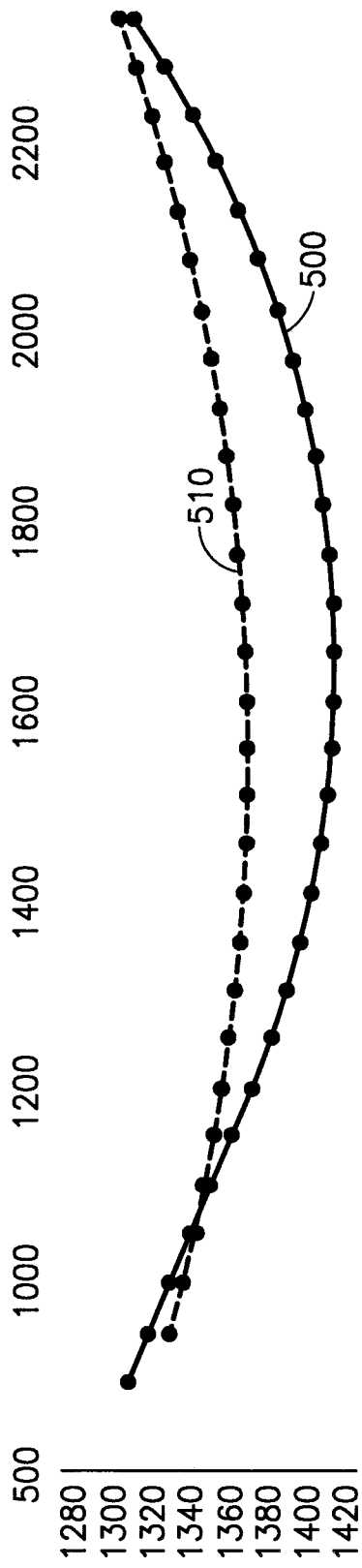
【圖 10】

橫跨FOUP的晶圓邊緣輪廓



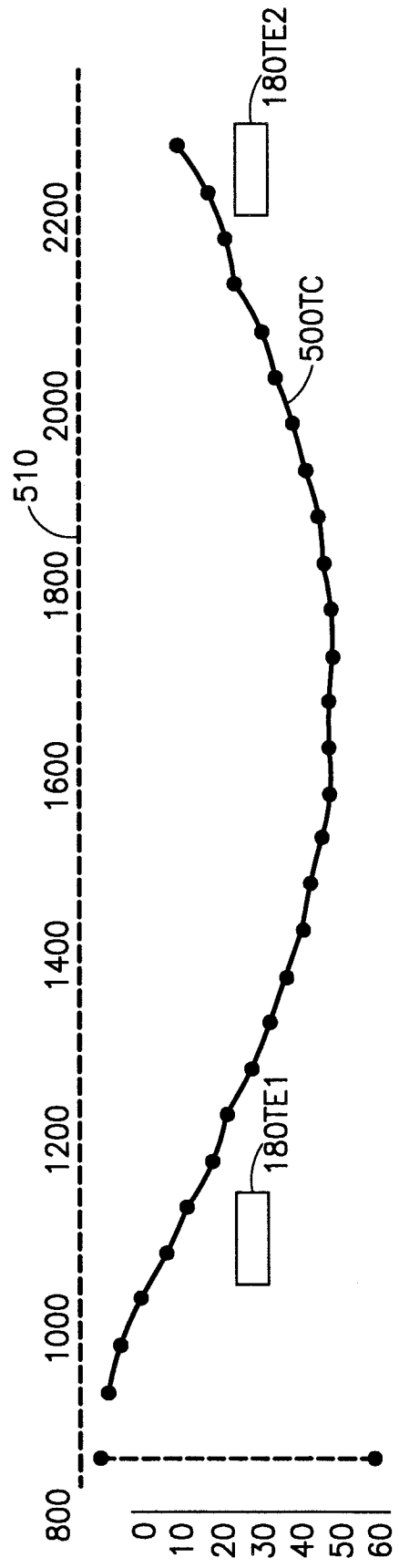
【圖 11】

槽13晶圓邊緣VS預期的平坦晶圓邊緣



【圖 12】

槽13形狀

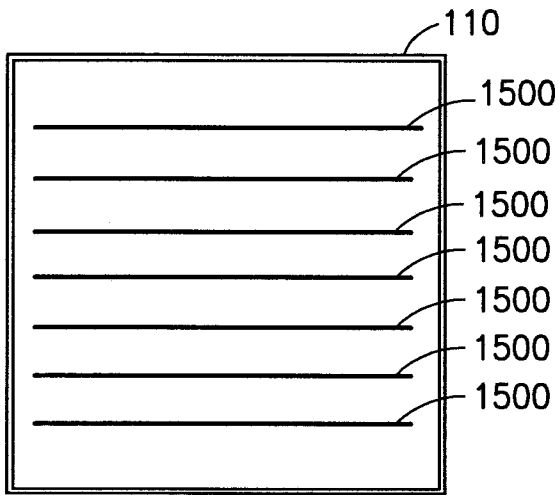


【圖 13】



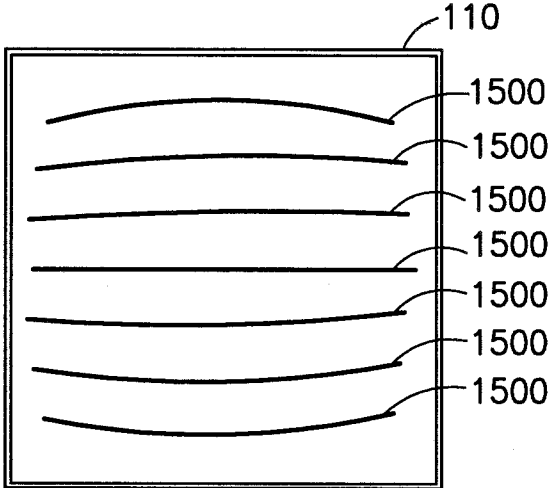
(圖 14)

基線影像
在中心的望遠鏡頭



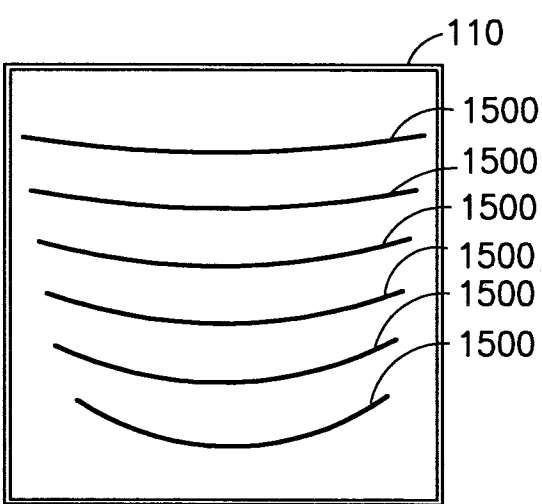
【圖 15A】

基線影像
在中心的廣角鏡頭



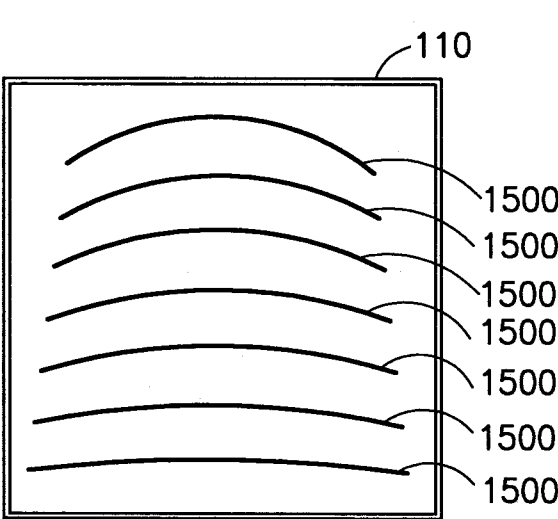
【圖 15B】

基線影像
在頂部的廣角鏡頭

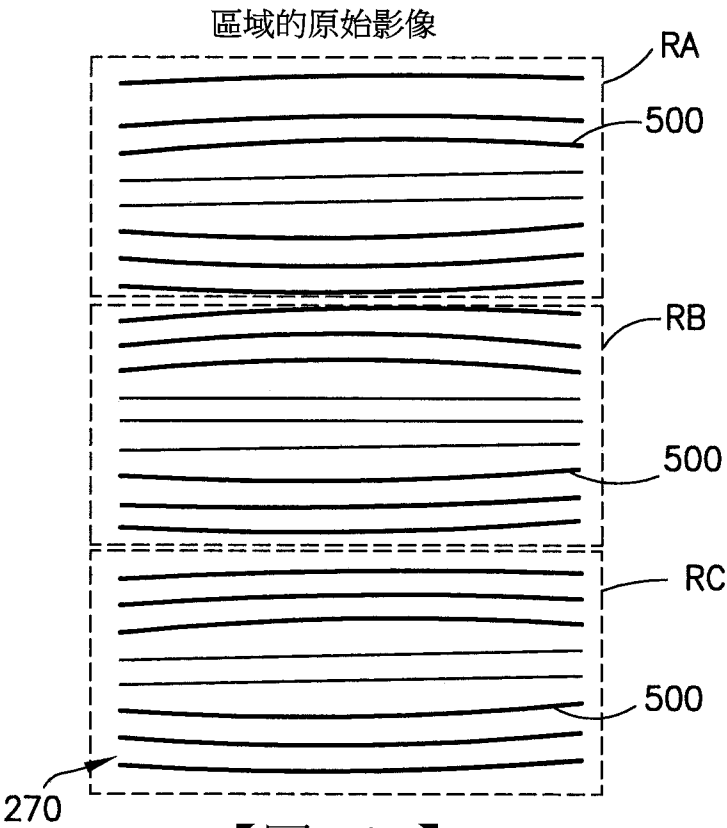


【圖 15C】

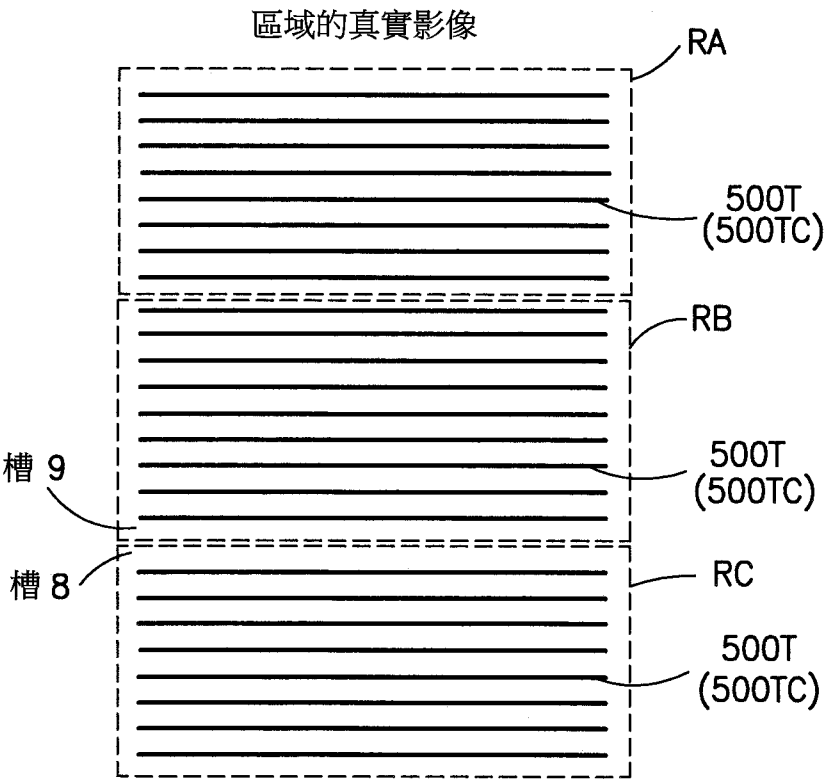
基線影像
在底部的廣角鏡頭



【圖 15D】



【圖 16A】



【圖 16B】