

(此處由本局於收  
文時黏貼條碼)

# 發明專利說明書 200416933

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92136067

※申請日期：92-12-19

※IPC 分類：H01L 21/66

## 壹、發明名稱：(中文/英文)

基板偏心度之檢測方法及裝置

SYSTEM AND METHOD FOR ON-THE-FLY ECCENTRICITY  
RECOGNITION

## 貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

布魯克斯自動機械公司

Brooks Automation, Inc.

代表人：(中文/英文) 湯姆斯葛利克(Thomas S. GRILK)

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國麻薩諸塞州傑姆斯福德伊利沙白路 15

國籍：(中文/英文) 美國/US

## 參、發明人：(共 1 人)

姓名：(中文/英文)

馬丁荷色克(HOSEK, Martin)

住居所地址：(中文/英文)

美國麻薩諸塞州羅維市滿莫士路 68

國籍：(中文/英文) 美國/US

**肆、聲明事項：**

本案係符合專利法第二十條第一項  第一款但書或  第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利  主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國 2002/12/20 60/435,552
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種基板檢測系統及方法，更詳細而言係關於一種基板偏心率檢測系統及方法。

### 【先前技術】

典型之半導體積體電路之製程將採用機械人操縱器通過完全自動化處理裝置之預定操作程序以進行諸如圓形矽晶圓等基板之循環。基板係被運送至作為工具之設在標準運輸匣盒中之基板處理裝置，該標準運輸匣盒係用以容納儲存在水平槽孔之一批基板。利用特製之夾入機械人將個別基板從匣盒轉移出去，該夾入機械人可作成工具之一體。一般上機械人係利用基板背面與末端操作器之間之摩擦力以抓持基板。在某些應用中，該作用力可藉控制性吸盤抓持器予以增強。

由於在運輸過程中基板在匣盒內有限但不可忽略之運動，機械人可能在抓持基板時發生非預期之偏心率或失準。基板中心之確實位置與機械人末端操作器上所設定之位置之間之差異必須在基板於工具中進行處理加工之前予以調校。用以測定及校正圓形基板之偏心率或失準之現有方法及裝置包括靜定校準器，內設在機械人末端操作器之校準器，及外設感應器。

使用靜定校準器時，機械人係將基板設置於靜定轉動裝置之夾盤上，該靜定轉動裝置可在掃瞄邊緣以取得基準位置及基板偏心率之同時轉動基板。然後該校準器可將基

板移至中心位置或將所產生之偏心向量轉移至機械人，該機械人將利用此項資訊以對中方式夾取基板。此項措施因額外之夾入作業及邊緣掃瞄程序而產生非預期之延誤，所有程序係依序進行而非飛擊式方式。同時亦增加整體複雜度及系統成本。

校準器可一體成型於機械人末端操作器以進行基板之機械化對中作業，並掃瞄其邊緣以取得基準位置。在例常基板轉移作業期間進行校準作業可改良生產率性能。然而機械臂之移動組件之質量及複雜度將會增加，導致限制速度，犧牲其可靠性及構成較高成本。

使用外設感應器以測定基板偏心度一般上包括使基板移動通過一組感應器以偵測基板之先端及尾端。最終取得之資訊係經過處理以測定基板中心之確實位置。在例常基板轉移作業期間進行校準作業將不會增加機械臂之質量及複雜性。使用感應器以測定基板偏心度之一例子見述於 J.Randolph Andrew 於 1998 年 1 月 6 日發表之美國專利案第 5,706,201 號中，名為"測定晶圓中心位置之軟件"。然而此項方法之一項缺點在於需要多個感應器。

最好係可提供一種可用以測定偏心度或失準性之系統，包括有限數目之感應器以降低成本及克服上述缺點及現有系統之其他弊病。

#### 【發明內容】

本發明之一實施例提供一種檢測基板偏心度之方法。其步驟包括測定第一基板周邊之至少三個位置，將至少

三個周邊位置進行編組以形成一或多個圓圈，大略從該至少三個周邊位置之預定圓圈之中心位置預測第一基板之中心位置，並從第一基板所在之基板輸送機構之預測位置與參考位置之差異值以測定偏心向量。

本發明之另一實施例係提供一種測定第一基板之偏心度之方法，其步驟包括在檢測到第一基板周邊之至少三點位置以採集第一基板之運輸機構之位置，修正所採集之位置以檢測延時，並將運輸機構位置轉換為在第一基板周邊上之位置。該方法亦包括將周邊位置進行編組以形成三個一組，各該三個一組將形成一圓圈，大概從周邊位置預測預定圓圈之中心位置作為基板之中心位置，並從在基板運輸機構上之預測位置與參考位置之差異值以測定偏心向量。

本發明之再一實施例係提供一種測定基板之偏心度之方法，其步驟包括通過一或多個感應器之觀察領域進行基板移位以檢測基板周邊之至少三點位置，在檢測各個至少三點位置後獲取基板之移動機構之位置，修正所獲取之位置以檢測延時，並將運輸機構位置轉換為在基板周邊上之位置，將周邊位置進行編組以形成三個一組，各該三個一組將形成一圓圈，大概從周邊位置預測預定圓圈之中心位置作為基板之中心位置，並從在基板運輸機構上之預測位置與參考位置之差異值以測定偏心向量。

本發明又一實施例提供一種基板偏心度之檢測系統，包括有一基板運輸機構以將基板沿著路徑輸送，至少

一個感應器，其中心線係設在偏心向路徑之位置以感應基板周邊之點位置，及一連接基板運輸機構及至少一個感應器之控制器。該控制器係操作於至少一個感應器檢測到第一基板之周邊時以測定基板周邊之至少三個位置，預測基板之中心位置作為理論圓圈之中心位置，其半徑係相等由一組至少三個周邊位置所預設之標稱半徑，並從在基板運輸機構上之預測位置與參考位置之差異以測定偏心向量。

#### 【實施方式】

本發明之前述及其他特徵將藉以下參照附圖予以詳細說明。

爰參照第 1 圖之系統平面圖，在此實施例所示為一基板處理裝置 100，具有本發明所述之特徵。雖然本發明係參照附圖所示之實施例予以說明，須知本發明亦可以多種變更態樣予以實施。此外，任何適當尺寸，形狀或類型之元件或材料均可予以採用。

如第 1 圖所示，本發明包括由一或多個機械臂 120，130 所構成之基板運輸性能及由感應器 197，198 及控制器 170 所構成之感應性能。基板運輸性能 120，130 及感應性能 197，198 將操作以提供飛擊式測定基板之偏心度或失準度。

作為本發明之目的，基板係諸如半導體晶圓，適用以基板處理裝置 100 進行處理加工之任何其他類型之基板，空的基板，或具有類似基板之諸如特定尺寸或特定質量之特性之物件。

另外亦作為本發明之目的，偏心度係指基板中心之實際位置與在機械人操縱器或機械人手臂之末端操作器之預期位置之差異值。該機械人手臂可在配置操作時校正基板中心位置與其預期末端操作器位置之差異，導致基板被配置於中心位置而不受原始偏心度之數量及方向之影響。

本發明之其中一項目的係包括一種檢測基板偏心度之雙感應器結構。利用設在最優化位置之二個感應器以進行基板偏心度之檢測，可有效降低複雜度及成本。另一項目的係包括在系統中之信號延時之校正。此項校正作業係利用機械臂之一或多種速度。本發明之再一目的係包括基板偏移之檢測，即從基板之預定外形以檢測偏移度。此種類型之檢測可用以終止或調整一或多種機械臂 120, 130 之操作。本發明又一目的係包括特徵檢測以測定諸如定向可信度等在基板之已知特徵是否已通過感應器。本發明之又一目的亦包括基板偏心度之測定方法。可利用最小平方最優化為基準之計算予以完成。該計算法亦可特別設計以配合上述雙感應器結構。本發明之另一項目的係包括一校正程序以自動測定感應器之位置，預測與感應器信號相關連之延時，及設定缺陷與特徵檢測之範圍。

再參照第 1 圖，基板處理裝置 100 通常具有一開放予大氣之大氣部 105，及用以作為真空槽之相連式真空部 110。大氣部 105 一般具有一或多個基板支持匣盒 115 及一大氣機械臂 120。真空部 110 具有一或多種處理模組 125，及一真空機械臂 130。真空部 110 亦具有一或多種中間匣

盒，被稱為負載鎖。第 1 圖所示之實施例具有二個負載鎖，即負載鎖 A135，及負載鎖 B140。負載鎖 A 及 B 可作為介面以供基板通過大氣部 105 及真空部 110 之間而不致干擾在真空部 110 中所存在之任何真空之完整性。基板處理裝置 100 通常包括有一控制器 170 以控制基板處理裝置 100 之操作。控制器 170 具有處理器及記憶體 178。記憶體 178 可包括含程式技術以進行本發明之飛擊式基板偏心率及失準之檢測及修正。

大氣式機械臂 120，或稱為 ATM 機械人，包括有一驅動部 150 及一或多個臂部 155。至少一個臂部 155 係安裝於驅動部 150 上。至少一臂部 155 係聯結至一肘節 160，而該肘節 160 係聯結至一末端操作器 165 以抓持基板 215。末端操作器 165 係轉動自如地聯結至肘節 160。ATM 機械人 120 可用以運輸基板至大氣部 105 範圍內之任何位置。例如 ATM 機械人 120 可沿著基板抓持匣盒 115，負載鎖 A 135，及負載鎖 B 140 以運輸基板。驅動部 150 係接收來自控制器 170 之指令，並回應以 ATM 機械人 120 之直接徑向，圓周性，立面，複合式及其他方式之運動。

真空機械臂 130 可安裝於中央槽室 175 中。控制器 170 係用以循環開口 180，185 及協調真空機械臂 130 之操作以將基板運輸於處理模組 125，負載鎖 A 135，及負載鎖 B 140 之間。真空機械臂 130 可包括一驅動部 190 及一或多個末端操作器 195。

在其他實施例中，ATM 機械人 120 及真空機械臂 130

係任何適當類型之運輸裝置，諸如 SCARA 型機械人，活節臂機械人，蛙足型裝置，或雙對稱式運輸裝置等。

### 雙感應器構造

第 2 圖係基板運輸性能及感應性能之實施例之示意圖。在此實施例中之 ATM 機械人 120 係提供基板運輸功能，然而須知此項功能可由真空機械臂 130 或任何其他基板運輸機構予以提供。在此實施例中，ATM 機械人 120 係如圖示可操作以將基板 215 沿著一轉移路徑 225 轉移至工作站 210。工作站 210 係一負載鎖 135，140，一處理模組 125，一匣盒 115，或任何其他可支持基板 215 之基板處理裝置 100 之位置或裝置。

沿著基板轉移路徑 225 上設有一對感應器 197，198，使感應器 197 與轉移路徑 225 之距離，如圖中所示之距離 A，及感應器 198 與轉移路徑 225 之距離，如圖中所示之距離 B，係不相同。如圖所示，距離 A 係大於距離 B，然而須知距離 A 可小於距離 B，而距離 A 及 B 係任何不相等之數值。在變更態樣中可增設感應器，而該感應器可設在沿著轉移路徑 225 上之任何適當位置，只要它們可檢測基板 215，同時距離 A 及 B 係不相等者。感應器 197，198 係任何類型之適用於本發明之感應器，例如貫通樑或反射光學感應器，紅外線感應器，雷射感應器，電容感應器或紫外線感應器等。

如圖示之轉移路徑 225 係一線性路徑，但亦可為曲線或任何其他形狀之路徑。

再參照第 3A-3F 圖，當 ATM 機械人 120 將基板 215 沿著轉移路徑 225 移動時，基板 215 之邊緣被感應器 197，198 所檢測而控制器 170 將捕集末端操作器 165 之位置及速度。當感應器 197，198 檢測基板 215 之最前端及最尾端時，將可取得四組相異之數據組。該數據組連同基板 215 之預期半徑及感應器 197，198 之座標將可被用以測定基板 215 之偏心率及 / 或提供缺陷與特徵檢測目的。

利用設計以容納不同直徑之基板及具有與圓形之已知偏差之基板之計算方法以處理該數據組，諸如在標準矽晶圓之情況下所取得之定向基準。可包括校正作業以應付由相關於感應器 197，198 所產生信號之延時所導致之誤差。

數據組與計算法可產生一偏心率向量，可用以達致對中之基板設置。偏心率向量可被用以計算由 ATM 機械人 120 所操作之目的地位置之調整。藉由改變 ATM 機械人 120 之現有軌線即可以飛擊方式應用該調整，或通過當現有軌線完成之際所執行之附加運動予以應用。本發明之自動調校功能之步驟包括測定感應器 197，198 之位置，預測與感應器信號相關之延時，及設定檢測範圍以檢測基板 215 之缺陷與特徵。

#### 信號延時之校正

當感應器 197，198 檢測到基板 215 之邊緣時，上述之數據組提供末端操作器所採集之位置數據。實施時，該位置數據可包括誤差。例如它們係與感應器 197，198 所產

生之信號相關連之延時，而在控制器 170 之延時可辨認該信號之存在。在基板邊緣進入感應器 197, 198 與控制器確實確認之範圍時，以下稱為感應時間，該末端操作器 165 將在此期間作非預期之長距離行程，在此高速/高精度應用時該誤差將尤為顯彰。

為了預測在感應時間期間末端操作器 165 之運動方向及長度，於邊緣檢測之際將採集末端操作器之速度及位置數據。所採集之速度數據係被用以建立一速度向量。速度向量之方向及大小係被用以測定末端操作器 165 之運動之瞬間方向與速度。假設末端操作器 165 之運動之方向與速度在感應時間期間保持大致固定不變，同時歷時相等於已知之時間延時，末端操作器 165 在感應時間之運動可予重建使基板 215 之特定邊緣進入感應器 197, 198 之範圍時可取得末端操作器之確實位置之預測。

運動重建程序係在各組數據組中進行，例如在感應器 197 檢測到基板 215 之先端邊緣 310 時(第 3B 圖)，在感應器 198 檢測到基板 215 之先端邊緣 310 時(第 3C 圖)，在感應器 197 檢測到基板 215 之尾端邊緣 315 時(第 3D 圖)，及在感應器 198 檢測到基板 215 之尾端邊緣 315 時(第 3E 圖)。

在本發明相關之方程式中所用之符號之定義如下列表 1 所示。

表 1

符號	說 明	測量單位
$r$	基板半徑	(m)
$R_{adj}$	末端操作器之調整後目的位置之 R-座標	(m)
$R_{stin}$	機械人工作站之 R-座標	(m)
$R_i$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器之確實 R-座標*	(m)
$\tilde{R}_i$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器 之採集 R-座標(延時讀數)*	(m)
$T_{adj}$	末端操作器之調整後目的位置之 T-座標	(rad)
$T_{stin}$	機械人工作站之 T-座標	(rad)
$T_i$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器之確實 T-座標*	(rad)
$\tilde{T}_i$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器 之採集 T-座標(延時讀數)*	(rad)
$V_{Ri}$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器速度之 R-分量*	(m/s)
$V_{Ti}$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器速度之 T-分量*	(rad/s)
$V_{xi}$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器速度之 x-分量*	(m/s)
$V_{yi}$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器速度之 y-分量*	(m/s)
$X_A$	X-方向測出之感應器之偏位, $X_A = ( X_{SR}  -  X_{SL} ) / 2$	(m)
$X_D$	X-方向測出之感應器之間距, $X_D =  X_{SR}  +  X_{SL} $	(m)
$X_S$	感應器與末端操作器之預定路徑之距離	(m)
$X_{SL}$	左側感應器之 X-座標( $ X_{SL} $ 係左側感 應器與末端操作器之預定路徑之距離)	(m)
$X_{SR}$	右側感應器之 X-座標( $ X_{RL} $ 係右側感 應器與末端操作器之預定路徑之距離)	(m)
$X_i$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器之確實 X-座標*	(m)
$\tilde{X}_i$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器 之採集 X-座標(延時讀數)*	(m)
$y_{SL}$	左側感應器之 y-座標	(m)
$y_{SR}$	右側感應器之 y-座標	(m)
$y_i$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器之確實 y-座標*	(m)
$\tilde{y}_i$	當感應器檢測到基板邊緣時末端操作器	(m)

	之採集 y-座標(延時讀數)*	
$\Delta_E$	基板偏心率總誤差	(m)
$\Delta_S$	基板解晰度	(m)
$\Delta_x$	x-方向之讀數誤差(解晰度)	(m)
$\Delta_y$	y-方向之讀數誤差(解晰度)	(m)
$\epsilon$	斜率方法之精確度	(m)
$\epsilon_{break}$	故障檢測範圍	(m)
$\epsilon_{notch}$	基準(標記)檢測範圍	(m)
$\eta_o$	基板偏心率之 $\eta$ 分量	(m)
$\eta_i$	感應器所檢測之基板邊緣點位置之 $\eta$ 座標*	(m)
$\xi_o$	基板偏心率之 $\xi$ 分量	(m)
$\xi_i$	感應器所檢測之基板邊緣點位置之 $\xi$ 座標*	(m)
$\tau_i$	與感應器所檢測之基板邊緣相關之延時*	(s)

\*其中指數 I 係代表邊緣檢測：

I=1，最前端由右側感應器所檢測，

I=2，最前端由左側感應器所檢測，

I=3，最尾端由右側感應器所檢測，

I=4，最尾端由左側感應器所檢測

假設末端操作器 165 之位置及速度係以極座標方式採集，如半導體製造工業所習用者，則速度向量之笛卡兒分量可利用下列算式予以計算：

$$v_{xi} = v_{Ri} \sin \tilde{T}_i + \tilde{R}_i v_{Ti} \cos \tilde{T}_i \quad (\text{式 1})$$

$$v_{yi} = v_{Ri} \cos \tilde{T}_i - \tilde{R}_i v_{Ti} \sin \tilde{T}_i \quad (\text{式 2})$$

其中  $\tilde{R}_i$  及  $\tilde{T}_i$  係在末端操作器 165 上之一參考點 R' 之

之採集極座標，

$V_{Ri}$  及  $V_{Ti}$  代表速度向量在極座標系統中之相對分量，

$V_{xi}$  及  $V_{yi}$  係速度向量之相對笛卡兒座標，及

$i=1, 2, 3, 4$ ，其中指數  $i$  係代表四種邊緣檢測狀況，當  $i=1$  係代表感應器 197 對基板 215 之最前端緣 310 之檢測相關之座標， $i=2$  係代表感應器 198 對基板 215 之最前端緣 310 之檢測相關之座標， $i=3$  係代表感應器 197 對基板 215 之最尾端緣 315 之檢測相關之座標，而  $i=4$  係代表感應器 198 對基板 215 之最尾端緣 315 之檢測相關之座標。

爰參照第 4 圖，利用速度向量，當基板 215 邊緣確實進入感應器 197, 198 之視界範圍時在末端操作器 165 上之參考點  $R'$  之笛卡兒座標係以下列算式予以測定：

$$x_i = \tilde{R}_i \sin \tilde{T}_i - v_{xi} \tau_i \quad (\text{式 } 3)$$

$$y_i = \tilde{R}_i \cos \tilde{T}_i - v_{yi} \tau_i \quad (\text{式 } 4)$$

其中  $\tau_i$  係與四種邊緣檢測狀況， $i=1, 2, 3, 4$  相關連之延時。

笛卡兒座標係被轉換成原始極座標系統：

$$R_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \quad (\text{式 } 5)$$

$$T_i = \text{atan2}(x_i, y_i) \quad (\text{式 } 6)$$

式中  $i=1, 2, 3, 4$ 。

與感應器 197, 198 所產生之信號及與末端操作器位置採集程序相關連之  $\tau_i$  延時可由以下將述之校正常規程序

之一部份之自動方式予以辨識。

### 偏差檢測

因缺陷，製作誤差，或故障等所導致之基板 215 外形之預定形狀之偏差只要進入感應器 197, 198 之視界範圍即可予以檢測。利用上述延時校正技術重建之末端操作器位置讀數可被轉換成基板 215 上與感應器 197, 198 所檢測之位置相疊合之周邊點位置。

該點位置可被組成三個一組，各該三個一組形成一圓圈，而由該三個一組所界定之圓圈之半徑可予以計算。若由於缺陷或故障而使任何半徑落在預定基板半徑所界定之範圍內介於預定允許範圍以外時，則該基板 215 之周邊形狀係偏離預定值。

以下實施例係採用四個末端操作器位置讀數，然而超過或少於四個讀數者亦可採用。

第 5 圖顯示測定基板周邊 510 之點位置  $P_3$  之示意圖。在基板周邊 510 上之點座標係與上述由感應器 197, 198 在周邊檢測狀況 1, 2, 3 及 4 所檢測之點位置相疊合，係根據下列算式由四個末端操作器位置讀數及感應器 197, 198 之座標予以計出：

適用於在狀況 1 所檢測之點 1；

$$\xi_1 = x_{SL} \cos T_1 - y_{SL} \sin T_1 \quad (\text{式 7})$$

$$\eta_1 = x_{SL} \sin T_1 + y_{SL} \cos T_1 - R_1 \quad (\text{式 8})$$

適用於在狀況 2 所檢測之點 2；

$$\xi_2 = x_{SL} \cos T_2 - y_{SL} \sin T_2 \quad (\text{式 } 9)$$

$$\eta_2 = x_{SL} \sin T_2 + y_{SL} \cos T_2 - R_2 \quad (\text{式 } 10)$$

適用於在狀況 3 所檢測之點 3；

$$\xi_3 = x_{SR} \cos T_3 - y_{SR} \sin T_3 \quad (\text{式 } 11)$$

$$\eta_3 = x_{SR} \sin T_3 + y_{SR} \cos T_3 - R_3 \quad (\text{式 } 12)$$

適用於在狀況 4 所檢測之點 4；

$$\xi_4 = x_{SR} \cos T_4 - y_{SR} \sin T_4 \quad (\text{式 } 13)$$

$$\eta_4 = x_{SR} \sin T_4 + y_{SR} \cos T_4 - R_4 \quad (\text{式 } 14)$$

$\xi$ ， $\eta$ -座標系統之原點係疊合末端操作器 165 上作為基板 215 之實際中心 0 之預定位置之參考點 R'。  $\eta$ -軸係疊合末端操作器 165 之縱軸，徑向指向靜定之  $x$ ， $y$ -座標系統之原點而不受 ATM 機械人位置影響。連接點 1，2，3 及 4 之線條中心之座標係：

$$\xi_{ij} = (\xi_i + \xi_j) / 2 \quad (\text{式 } 15)$$

$$\eta_{ij} = (\eta_i + \eta_j) / 2 \quad (\text{式 } 16)$$

式中  $(i, j) = (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 1)$ 。

與連接點 1，2，3 及 4 之四個線條相關之單位向量係以下式表示：

$$u_{\xi ij} = (\xi_j - \xi_i) / \sqrt{(\xi_j - \xi_i)^2 + (\eta_j - \eta_i)^2} \quad (\text{式 } 17)$$

$$u_{\eta ij} = (\eta_j - \eta_i) / \sqrt{(\xi_j - \xi_i)^2 + (\eta_j - \eta_i)^2} \quad (\text{式 18})$$

式中  $(i, j) = (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 1)$ 。

與連接點 1, 2, 3 及 4 之四個線條相關之正交向量係以下式表示：

$$n_{\zeta ij} = u_{\zeta ij}, \quad n_{\eta ij} = u_{\eta ij} \quad (\text{式 19})$$

式中  $(i, j) = (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 1)$ 。

代表通過四個線條之中心  $(1, 2), (2, 3), (3, 4)$  及  $(4, 1)$  之正交線之線性方程式之係數係如下式表示：

$$a_{ij} = u_{\eta ij} / n_{\zeta ij}, \quad b_{ij} = \eta_{ij} - a_{ij} \zeta_{ij} \quad (\text{式 20})$$

式中  $(i, j) = (1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 1)$ 。

以點 123, 234, 341, 412 之四組三個一組為基準之圓圈中心及半徑之座標係以下式計算：

$$\zeta_{ijk} = (b_{jk} - b_{ij}) / (a_{ij} - a_{jk}) \quad (\text{式 21})$$

$$\eta_{ijk} = (a_{ij} b_{jk} - a_{jk} b_{ij}) / (a_{ij} - a_{jk}) \quad (\text{式 22})$$

$$r_{ijk} = \sqrt{(\xi_i - \xi_{ijk})^2 + (\eta_i - \eta_{ijk})^2} \quad (\text{式 23})$$

式中  $(i, j, k) = (1, 2, 3), (2, 3, 4), (3, 4, 1), (4, 1, 2)$ 。

四個圓圈之半徑與預期基板半徑之差異係如下式所示：

$$\Delta_{ijk} = |r_{ijk} - r| \quad (\text{式 24})$$

式中  $(i, j, k) = (1, 2, 3), (2, 3, 4), (3, 4, 1), (4, 1, 2)$ 。

若任何差異係超過特定界限範圍  $\varepsilon_{\text{break}}$ ，將檢測到偏差，即以下條件屬實：

$$(\Delta_{123} > \varepsilon_{\text{break}}) \vee (\Delta_{234} > \varepsilon_{\text{break}}) \vee (\Delta_{341} > \varepsilon_{\text{break}}) \vee (\Delta_{412} > \varepsilon_{\text{break}})$$

(式 25)

式中  $\vee$  代表邏輯式之"或"運算。

為了防止基板之諸如定向特徵等與特定形狀比較下已知及預期偏差之錯誤偏差檢測，必需將偏差檢測範圍  $\varepsilon_{\text{break}}$  設定為大於最高可能性  $\Delta_{ijk}$  之值，該  $\Delta_{ijk}$  係取自基板 215 之周邊 510 所存在之已知特徵。如果基板 215 係預期具有特定形狀，偏差檢測範圍  $\varepsilon_{\text{break}}$  必需被設定為與形狀之容許範圍相關連之最高  $\Delta_{ijk}$  以上，具有邊緣檢測與位置採集程序之容許值。

當檢測到偏差時，控制器 170 可報告一誤差條件以作為終止或調整 ATM 機械人 120 之作業。

#### 特徵檢測

基板 215 之周邊 510 上存在之特徵亦可予以檢測。本發明中之一特徵可能係諸如定向可靠度等基板周邊形狀之已知偏差。假設該特徵之尺寸係受限制使感應器 197, 198 在周邊 510 所檢測之四個點位置之不超過其中一個係受特徵存在而受影響。如果該特徵或已知偏差進入其中一個感應器之視界範圍，相對應之末端操作器位置讀取必須予以

驗明及在以下將述之繼後偏心率計算被否決為不存在之點位置。

特徵檢測可以上述偏差檢測所用之類似理由作為基準。使用上述測定之點位置例子，如果前述建立之四個圓圈之所有半徑落在預期基板形狀加減特定特徵檢測範圍值所界定之範圍內，所有四個位置讀數將被視為有效及可用於繼後之基板偏心率計算，以下將予詳述。若未能符合此項條件，繼後之偏心率計算可僅採用三個讀數。例如使用四個讀數時，其中基板 215 係呈圓形，三個讀數所產生之圓圈具有最近似基板 215 之標稱半徑，被採用於偏心率計算。剩餘之讀數將被否決成為無效點位置。此項步驟利用前述式 24 所計算之四個  $\Delta_{ijk}$  值輕易予以實施。在符合下列條件下所有四個讀數可予以使用：

$$(\Delta_{123} < \varepsilon_{\text{notch}}) \wedge (\Delta_{234} < \varepsilon_{\text{notch}}) \wedge (\Delta_{341} < \varepsilon_{\text{notch}}) \wedge (\Delta_{412} < \varepsilon_{\text{notch}}) \quad (\text{式 } 26)$$

式中  $\wedge$  代表邏輯式之"與"運算，而  $\varepsilon_{\text{notch}}$  係代表特定之特徵檢測範圍值。

若無法符合上述條件，產生最小  $\Delta_{ijk}$  之三個讀數將被作為提供繼後偏心率計算所用之有效數據點位置。為了區別有效及無效數據，引用四個乘數  $k_1$  至  $k_4$ ，並如下所示般為有效讀數設定為 1 及為無效讀數設定為 0：

$$\begin{aligned} \text{若 } \Delta_{234} = \min(\Delta_{123}, \Delta_{234}, \Delta_{341}, \Delta_{412}) \text{ 時, } k_1 = 0, \\ \text{否則 } k_1 = 1 \end{aligned} \quad (\text{式 } 27)$$

$$\text{若 } \Delta_{341} = \min(\Delta_{123}, \Delta_{234}, \Delta_{341}, \Delta_{412}) \text{ 時, } k_2 = 0,$$

否則  $k_2=1$  (式 28)

若  $\Delta_{421}=\min(\Delta_{123}, \Delta_{234}, \Delta_{341}, \Delta_{412})$  時,  $k_3=0$ ,

否則  $k_2=1$  (式 29)

若  $\Delta_{123}=\min(\Delta_{123}, \Delta_{234}, \Delta_{341}, \Delta_{412})$  時,  $k_4=0$ ,

否則  $k_2=1$  (式 30)

特徵檢測範圍  $\varepsilon_{\text{notch}}$  之數值可根據測量誤差及噪音量作為下述校正例行程序之一部份予以自動測定。如果特徵檢測範圍  $\varepsilon_{\text{notch}}$  太小, 作業之三個讀數模式將比平常更頻繁應用。如果  $\varepsilon_{\text{notch}}$  範圍太大, 特徵檢測技術將不會否決部份受基板 215 之理想形狀之偏心率所影響之讀數。

再參照第 5 圖所示之實施例, 當測定一些有效讀數時, 可預測相對於在末端操作器 165 之參考點 R' 之預定位置之基板 215 實際中心 O 之位置。測定半徑相等於基板 215 之標稱半徑之圓圈之中心位置, 係最符合由感應器 197, 198 所檢測之三或四個有效點位置。由此目的可選定一最小二乘法擬合法。以數學而言, 其目的一般係包括查詢基板 215 之實際中心 O 之預測座標  $\xi_0$  及  $\eta_0$ , 使下列成本函數 J 可獲最小化:

$$J = \sum_{i=1}^4 k_i [(\xi_i - \xi_0)^2 + (\eta_i - \eta_0)^2] \quad (\text{式 31})$$

此項最小化問題可利用斜率為基準之演算程序以數字方式解決。由於基板 215 之實際中心 O 係預期靠近其在

末端操作器 165 之參考點 R' 上之預定位置，其演算程序可在此點開始：

$$\xi_0^{(0)} = 0 \quad (\text{式 32})$$

$$\eta_0^{(0)} = 0 \quad (\text{式 33})$$

以下步驟可重覆執行直至達至基板 215 之實際中心 O 之位置之預期準確度為止：

$$A_i^{(j)} = \sqrt{(\xi_i - \xi_0^{(j)})^2 + (\eta_i - \eta_0^{(j)})^2}, i = 1, 2, 3, 4 \quad (\text{式 34})$$

$$(\partial J / \partial \xi_0)^{(j)} = -2 \sum_{i=1}^4 k_i \frac{A_i^{(j)} - r}{A_i^{(j)}} (\xi_i - \xi_0^{(j)}) \quad (\text{式 35})$$

$$(\partial J / \partial \eta_0)^{(j)} = -2 \sum_{i=1}^4 k_i \frac{A_i^{(j)} - r}{A_i^{(j)}} (\eta_i - \eta_0^{(j)}) \quad (\text{式 36})$$

$$\xi_0^{(j+1)} = \xi_0^{(j)} - K (\partial J / \partial \xi_0)^{(j)} \quad (\text{式 37})$$

$$\eta_0^{(j+1)} = \eta_0^{(j)} - K (\partial J / \partial \eta_0)^{(j)} \quad (\text{式 38})$$

$$J^{(j+1)} = \sum_{i=1}^4 k_i [(\xi_i - \xi_0^{(j+1)})^2 + (\eta_i - \eta_0^{(j+1)})^2] \quad (\text{式 39})$$

其中 K 係選定之係數以達至演算程序之合意收斂性。

在式 39 中所計算之成本函數 J 之數值可用以監察此項程序。計算係重覆進行直至更進一步演算均無法取得顯著增進之結果為止，即直至符合下式之條件為止：

$$\sqrt{(\xi_0^{(j)} - \xi_0^{(j-1)})^2 + (\eta_0^{(j)} - \eta_0^{(j-1)})^2} < \varepsilon, i = 1, 2, 3, 4 \quad (\text{式 40})$$

其中  $\varepsilon$  係結果之預期解晰度。

由於  $\xi, \eta$ -座標系統與末端操作器 165 上之參考點

R'相合，基板 215 之實際中心 O 之預測座標， $\xi_0$  及  $\eta_0$ ，係直接定義基板偏心率向量之  $\xi$ ， $\eta$ -分量。

一般上係如第 3A-3F 圖所示在 ATM 機械人 120 將末端操作器 165 延伸以將基板 215 設置於工作站 210 時，以飛擊式進行偏心率辨識程序。如前所述，ATM 機械人軌線以偏心率向量之形式所作之調整可以飛擊式應用，或在現有軌線已經完成時通過附加運動予以執行。

第 6 圖顯示可用以計算末端操作器 165 之目的位置之調整之偏心率向量之各項分量。該分量可藉下式予以測定：

$$R_{adj} = \sqrt{R_{stn}^2 - \xi_0^2} - \eta_0 \quad (\text{式 41})$$

$$T_{adj} = T_{stn} - a \sin(\xi_0 / R_{atn}) \quad (\text{式 42})$$

式中  $R_{stn}$  及  $T_{stn}$  係工作站 210 之極性座標，而  $R_{adj}$  及  $T_{adj}$  係末端操作器 165 之調整後目的位置之極性座標。

#### 感應器位置之最適化

再參照第 3A-3F 圖，本發明之飛擊式基板偏心率辨識技術使用沿設於轉換路徑 225 上之數個感應器 197, 198 以感應基板 215 之最前端緣 310 及最尾端 315。如前所述，當最前端緣 310 或最尾端 310 之其中一者進入感應器 197, 198 之視界範圍時，末端操作器 165 之參考點 R' 之對應座標將被記錄。

在上述實施例中，四組讀數被用以測定基板 215 相對於末端操作器 165 上之參考點 R' 之偏心率。由於已知特徵

存在而對讀數之影響之可能性亦受顧及。

如果感應器 197, 198 係設在轉換路徑 225 之對側, 而距離 A 及 B(見第 2 圖)係相等時, 在周邊 510(見第 5 圖)上之已知特徵之不同位置將產生相同讀數, 如第 7A-7C 圖所示。在該圖中, 感應器 197 係設在轉換路徑 225 之距離 A 之處, 而感應器 198 係設在轉換路徑 225 之距離 B 之處, 而距離 A 與 B 係相等者。在周邊 510 之已知特徵係一切口 710。

如第 7A 圖所示, 當切口 710 設在基板 215 之右側前端 715 及設在左側尾端 720 時, 可取得相同之讀數。結果將無法測定基板 215 之實際中心 O 之位置。須知此項情況將會發生而無關切口 710 之尺寸或距離 A 及 B 之大小。舉例而言, 如第 7B 圖所示, 當距離 A 及 B 比第 7A 圖所示者小時, 相同之問題將會存在, 而如第 7C 圖所示, 當距離 A 及 B 比第 7A 圖所示者大時, 相同之問題亦存在。

乍看之下僅需使距離 A 與 B 不相等即可減輕此項問題。然而如第 8 圖所示, 既使距離 A 與 B 不相等時亦將發生類似之問題。第 8 圖顯示當基板偏心率  $x_1$  及  $x_2$  對應感應器 197, 198 之對稱性, 如圖示為  $x_a$  時, 可取得切口 710 之二個不同位置 810, 815 之相同讀數。為了避免, 距離 A 與 B 之最小對稱性宜大於最大預期基板偏心率。另一方面, 如第 9 圖所示, 感應器 197, 198 可安裝於轉換路徑 225 之同一側。在此項構造中距離 A 與 B 保持不相等。

須知在距離 A 與 B 之間大幅度之偏位可用以校正末端

操作器 165 之參考點 R' 對轉換路徑 225 之偏差。該偏差可藉在 ATM 機械人 120 之馬達不完整軌跡而引出，當感應器 197，198 之位置未提供距離 A 與 B 之間之偏位量時，將提供混淆讀數。

在實施時，距離 A 與 B 之間之大幅度偏位可用以確保避免測量誤差。在本發明中，偏心率測定之堅定性或測量噪音之耐抗性可藉利用四個讀數所構成之四個圓圈之半徑予以測量，各該圓圈係如前述由四組讀數之其中三個點位置之獨特組合予以測定。其中三個半徑係受切口 710 存在之影響。各該三個半徑與未受影響圓圈之半徑之間之最小差異將顯示切口 710 位置之辨識性。此差異之較大值對應於較佳之切口辨識性能，即較佳之對噪音測量之耐抗堅定性。

參照第 10A-10F 圖以舉例說明，假設基板 215 係 300mm 之晶圓，其實際中心 O 係對齊末端操作器 165 上之參考點 R'。切口 710 之設置使感應器 197 對右側前端緣讀數(第 10B 圖)有 1mm 之影響。感應器 197，198 係對稱性距離轉換路徑 225，110mm。在此狀況下讀取讀數：當感應器 197 檢測右前端緣時(第 10B 圖)，當感應器 198 檢測左前端緣時(第 10C 圖)，當感應器 197 檢測右後端緣時(第 10D 圖)，及當感應器 198 檢測左後端緣時，係分別為位置 1，2，3 及 4 之讀數。四個圓圈之半徑可由以下計算之點予以構成： $r_{123}=149.660\text{mm}$ ， $r_{234}=149.659\text{mm}$ ， $r_{341}=150.001\text{mm}$ ，及  $r_{412}=150.000\text{mm}$ 。如所預期， $r_{412}$  之值，即由點 1，2

及 4 所構成之圓圈之半徑係不受切口 710 存在之影響。其中  $r_{341}$  與  $r_{412}$  之差異極小，顯示辨別右前端之切口與在晶圓左後端之切口之能力有限。

為了比較之用，感應器 197，198 之位置可予改變使距離  $A=40\text{mm}$  及距離  $B=120\text{mm}$ 。於此場合，四個圓圈之半徑係  $r_{123}=149.257\text{mm}$ ， $r_{234}=149.571\text{mm}$ ， $r_{341}=149.688\text{mm}$ ，及  $r_{412}=150.000\text{mm}$ 。由此觀察受切口 710 影響之半徑與不受影響之半徑之最小差異有顯著增加，由此顯示對測量噪音之堅固性之顯著改良。在此項實施例中堅固性係由感應器 197，198 之構造所測定，無關處理數據所用之計算。

由此顯示，本發明之偏心率辨識之整體準確度將不受距離 A 與 B 之偏位而降低，條件係感應器 197，198 之間距係經妥善選擇。換言之，可使用高度偏位之感應器位置以達至預期之特徵檢測堅固性而不致犧牲偏心率辨識之整體準確度。以下二種觀察支持此項結論：

#### 觀察 1

假設感應器 197 係保持固定而感應器 198 係設在與轉換路徑 310 相隔差異距離 B。由於距離 B 係變動性，基板緣部 310 接近感應器 198 之角度將隨著轉換路徑方向而改變。如此將對沿著轉換路徑 225 及垂直於轉換路徑 225 之方向之感應器讀數之分辨性有所影響。當基板端緣靠近角度係大致相等於大約 45 度時，沿著轉換路徑 225 及垂直於轉換路徑之方向之分辨性大致相同。

當感應器 198 離開此理想位置及偏離轉換路徑 225

時，垂直於轉換路徑 225 之方向之感應器讀數之分辨性將有改進，而沿著轉換路徑 225 之方向之分辨性將退化。然而與此同時，前述之偏心度分辨性計算變成對沿著轉換路徑 225 之方向之誤差敏感度變低，使分辨性損失成為不顯著。

當感應器 198 從理想位置移向轉換路徑 225 時，沿著轉換路徑 225 方向之感應器讀數之分辨性有改良，而垂直於轉換路徑 225 方向之分辨性退化。然而此項分辨性之損失將伴隨著對垂直於轉換路徑 225 之方向之讀數誤差之偏心度分辨性計算之敏感度變低。因此，單一方向之分辨性損失係緊接著對該方向之感應器讀數誤差之敏感性減低，使退化之感應器讀數變成較不明顯。

## 觀察 2

當兩個感應器 197, 198 係移向垂直偏向轉換路徑 225 之位置時，同時保持其間距不變，其中一感應器在特定方向之分辨度損失將伴隨著在該方向之其他感應器之改良性分辨度，反之亦然。於是偏心度辨識之整體準確度將不會有明顯改變，除非感應器 197, 198 之間距係經適當選擇者。

參照第 11A, 11B, 及 12 圖，以下傳統將被沿用：y-座標係沿著轉換路徑 225 之方向測量，而 x-座標係以垂直於轉換路徑 225 之方向測量。

第 11A 圖顯示 y-座標(虛線)與 x-座標(實線)之讀數誤差作為根據上述"觀察 1"之偏離轉換路徑 225 之感應器 198 之距離之函數。須知當與轉換路徑 225 之距離相等於

$[\sqrt{(2)/2}]r$  時，感應器 198 在 x-及 y-方向所提供之分辨性係相等，其中 r 係基板 215 之半徑。此係對應於圖式之水平軸之大約 0.7 左右。在此項感應器 198 之位置中，相對於轉換路徑 225 之基板邊緣 310 之角度係如前所述為 45 度。

在第 11B 中，虛線代表由於 y-方向之讀數誤差所導致之整體偏心率誤差，而實線顯示由於 x-方向之讀數誤差所導致之整體偏心率誤差。當第 11A 圖之對應圖成長時，二曲線將趨近零，即對讀數誤差之偏心率分辨性之敏感性將會減低，而對應方向之讀數誤差增加。

第 12 圖顯示總偏心率誤差作為感應器 197, 198 與轉換路徑 225 之距離之偏位之函數。將誤差施加於感應器 197 檢測之基板 215 最前端 310 時所讀取之讀數上可產生結果。其中可觀察感應器 197, 198 之間距可設定為大約  $1.3r$  而使偏心率誤差之敏感度降為偏位水平(粗線)之最低。在此距離中，誤差係保持接近對稱結構之水平。

如前所述，感應器 197, 198 應設置於高度偏位方式以供進行特徵檢測。如第 12 圖所示， $1.3r$  之最適距離可限制感應器之最高偏位位置為  $\pm 0.3r$  左右。最理想之情況係使特徵檢測性能發揮極致，感應器 197, 198 之位置應使實際偏位接近此極限。

#### 自動例行校正

為了達至最高偏心率識別準確度，感應器 197, 198 之座標宜儘可能予以精確測定。此外，與感應器信號及位

置採集程序相關連之延時應予辨識。如前所述，該延時之預測係被用於延時校正。再者，與位置採集程序相關連之聲量可作為如前述之缺陷檢測及特徵檢測之設定範圍之一部份予以評估。上述及其他作業可藉自動例行校正程序予以達成。

參照第 3a-3f 圖及第 5 圖，自動例行校正啟始時係將基板 215 設置於末端操作器 165 上使基板 215 之實際中心 O(第 5 圖)係大致與末端操作器 165 上之參考點 R'(第 5 圖)相疊合。

基板 215 之周邊 510 之預期形狀之任何特徵或其他習知偏差將被定向以偏離感應器 197，198 之視界範圍。

校正程序中係將基板 215 沿著轉換路徑 225 上之方向 C 移動，通過 ATM 機械人 120 之正常操作速度由感應器 197，198 之視界範圍測定感應器 197，198 之約略位置。採集末端操作器 165 上之參考點 R' 之數個(例如四個)位置。可在感應器 197 檢測最前端 310(第 3b 圖)，感應器 198 檢測最前端 310(第 3c 圖)，感應器 197 檢測最後端 315(第 3d 圖)，及感應器 198 檢測最後端 315(第 3e 圖)時採集位置。在各該四個例示位置時亦將採集 ATM 機械人 120 之對應速度。

ATM 機械人 120 將基板 215 沿著轉換路徑 225 之方向 C 以移動通過感應器 197，198 之視界範圍，但以大致較慢速度進行。該大致較慢速度係選擇使 ATM 機械人 120 在與感應器 197，198 所產生信號相關連之延時所相對之時間中

行經之距離係比所需之位置採集精確度更小。

結果，在系統中與由感應器 197，198 所產生之信號相關連之系統延時之誤差將變成可忽略性。當基板 215 以大致較慢速度移動，感應器 197，198 檢測基板 215 之最前端與最後端 310，315 時，參考點 R' 之數個(若持續上述實施例則為四個)位置可被採集。基板 215 之各個檢測位置及已知半徑可用以計算感應器 197，198 之座標。所採集之末端操作器之極性座標係利用下式被轉換為笛卡兒座標：

$$x_i = R_i \sin T_i \quad (\text{式 43})$$

$$y_i = R_i \cos T_i \quad (\text{式 44})$$

式中  $i=1, 2, 3, 4$ 。

參照第 13 圖，可根據下式計算感應器 197 之笛卡兒座標：

$$x_{SR} = x_3 + a_R \sin \alpha_R + b_R \cos \alpha_R = x_4 - a_R \sin \alpha_R + b_R \cos \alpha_R \quad (\text{式 45})$$

$$y_{SR} = y_3 + a_R \cos \alpha_R - b_R \sin \alpha_R = y_4 - a_R \cos \alpha_R - b_R \sin \alpha_R \quad (\text{式 46})$$

式中：

$$a_R = \sqrt{(x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2} / 2 \quad (\text{式 47})$$

$$b_R = \sqrt{r^2 - a_R^2} \quad (\text{式 48})$$

$$\alpha_R = \text{atan2}(x_4 - x_3, y_4 - y_3) \quad (\text{式 49})$$

在式 48 中基板 215 之半徑以  $r$  代表。類似之式組係用以測定感應器 198 之座標：

$$x_{ST} = x_1 + a_L \sin \alpha_L - b_L \cos \alpha_L = x_2 - a_L \sin \alpha_L - b_L \cos \alpha_L \quad (\text{式 } 50)$$

$$y_{SL} = y_1 + a_L \cos \alpha_L + b_L \sin \alpha_L = y_2 - a_L \cos \alpha_L + b_L \sin \alpha_L \quad (\text{式 } 51)$$

式中：

$$a_L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} / 2 \quad (\text{式 } 52)$$

$$b_L = \sqrt{r^2 - a_L^2} \quad (\text{式 } 53)$$

$$\alpha_L = \text{atan2}(x_2 - x_1, y_2 - y_1) \quad (\text{式 } 54)$$

所產生之感應器 197, 198 之座標連同 ATM 機械人 120 在正常操作速度下所採集之位置與速度等可用以預測系統中之延時，即與感應器 197, 198 所產生之信號及繼後位置採集程序相關連之延時。

舉例而言，當感應器 197 檢測基板 215 之最前端 310 之場合(第 3b 圖)，與感應器 197 所產生之信號相關連之延時係大約相等於將末端操作器 165 上之參考點 R' 從感應器 197 檢測最前端 310 之位置行進至 R' 位置被採集之位置所需之時間。假設末端操作器 165 在該二位置之間維持相同運動方向及速度，重建末端操作器之動作以回復至感應器 197 檢測最前端 310 之點位置即可取得此時間。

相同方法可應用於其餘三種場合，即當感應器 198 檢測最前端 310(第 3c 圖)，當感應器 197 檢測最後端 315(第 3d 圖)，及當感應器 298 檢測最後端 315(第 3e 圖)。

當基板之最前端及最後端被二感應器所檢測時所採

集之末端操作器 165 上之參考點 R' 之四組位置與速度係首先利用下式以轉換為笛卡兒座標系統：

$$\bar{x}_i = \bar{R}_i \sin \bar{T}_i \quad (\text{式 55})$$

$$\bar{y}_i = \bar{R}_i \cos \bar{T}_i \quad (\text{式 56})$$

$$v_{xi} = v_{Ri} \sin \bar{T}_i + \bar{R}_i v_{Ti} \cos \bar{T}_i \quad (\text{式 57})$$

$$v_{yi} = v_{Ri} \cos \bar{T}_i - \bar{R}_i v_{Ti} \sin \bar{T}_i \quad (\text{式 58})$$

式中  $i=1, 2, 3, 4$ 。

相對應之延時可藉以下予以預測：

$$\tau_i = (-b_i + \sqrt{b_i^2 - 4a_i c_i}) / (2a_i), \quad i = 1, 3 \quad (\text{式 59})$$

$$\tau_i = (-b_i - \sqrt{b_i^2 - 4a_i c_i}) / (2a_i), \quad i = 2, 4 \quad (\text{式 60})$$

式中：

$$a_i = v_{xi}^2 + v_{yi}^2, \quad i=1, 2, 3, 4 \quad (\text{式 61})$$

$$b_i = -[2(x_i - x_{SL})v_{xi} + 2(y_i - y_{SL})v_{yi}], \quad i=1, 2 \quad (\text{式 62})$$

$$b_i = -[2(x_i - x_{SR})v_{xi} + 2(y_i - y_{SR})v_{yi}], \quad i=3, 4 \quad (\text{式 63})$$

$$c_i = -[(x_i - x_{SL})^2 + (y_i - y_{SL})^2 - r^2], \quad i=1, 2 \quad (\text{式 64})$$

$$c_i = -[(x_i - x_{SR})^2 + (y_i - y_{SR})^2 - r^2], \quad i=3, 4 \quad (\text{式 65})$$

當延時被辨識後，ATM 機械人 120 將在正常操作速度及預定基板偏心率下進行一系列之抓放作業以評估端緣檢測及位置採集程序相關連之噪音量。在各個放置作業中，

由式 24 所界定之  $\Delta_{ijk}$  值將予以計算及儲存。所產生之資訊將可用以自動設定前述之缺陷檢測及特徵檢測之限度。

若預期基板 215 具有嚴格控制之圓形，缺陷檢測之限度可自動設定為在校正抓放程序中所遭遇之最大  $\Delta_{ijk}$  乘以特定安全係數。然而，如果基板 215 呈現與嚴格控制圓形相比之下之已知偏差，例如在周邊 510 上之定向可靠度，缺陷檢測限度可以手動方式設定為大於可能性  $\Delta_{ijk}$  之值，係由該已知特徵存在下所產生以防止錯誤之缺陷報告。特徵檢測限度可自動設定為在校正抓放程序期間所遭遇之最大  $\Delta_{ijk}$  乘以特定安全因數。

本發明有效提供一種與現存系統比較下之複雜度及成本減低之基板偏心率檢測用雙感應器結構。本發明包括系統中之信號延時之校正，同時亦包括基板偏差檢測，即與基板預定形狀相比下之誤差檢測。本發明亦包括特徵檢測以測定基板上之已知特性。本發明亦包括測定基板偏心率及校正程序以自動設定感應器位置之校正程序，並預測與感應器信號相關連之延時，及設定缺陷與特徵檢測之限度。

須知上述說明僅用以說明本發明。精於此藝者當可在不脫離本發明之下作成各種變更態樣。於是，本發明將涵蓋所有變更態樣於申請專利範圍中。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係具有本發明特徵之系統之平面圖；

第 2 圖顯示基板運輸及感應性能之實施例；

第 3a-3f 圖顯示本發明之系統之操作；

第 4 圖顯示在機械人末端操作器上之參考點之笛卡兒座標之測定；

第 5 圖顯示測定在基板周邊之點位置之實施例圖；

第 6 圖係顯示用以計算基板目的地調整之偏心率向量之各個組份；

第 7 圖係顯示由對稱感應器位置所導致之未解狀態之示意圖；

第 8 圖係顯示當感應器係非對稱配置時可能發生之未解狀態之示意圖；

第 9 圖顯示感應器如何非對稱設置於轉換路徑之相同側之情形；

第 10A-10F 圖顯示感應器位置如何影響特徵檢測之情形；

第 11A 圖顯示相對於感應器與轉換路徑之距離之基板位置讀數誤差之示意圖；

第 11B 圖係由於第 11A 圖之讀數誤差所產生之偏心率誤差之圖；

第 12 圖係相對於感應器對稱之總偏心率誤差之圖；

及

第 13 圖顯示當系統校正延時之時相關於其中一個感應器之笛卡兒座標之圖。

【符號說明】

100 - 基板處理裝置	105 - 大氣部
110 - 真空部	115 - 基板抓持匣盒
120 - 機械臂	125 - 處理模組
130 - 機械臂	135, 140 - 負載鎖
150 - 驅動部	155 - 臂部
160 - 腕部	165 - 末端操作器
170 - 控制器	178 - 記憶體
195 - 末端操作器	197, 198 - 感應器
210 - 工作站	215 - 基板
225 - 轉換路徑	310 - 最前端
315 - 最後端	

### 伍、中文發明摘要：

本發明係關於一種基板偏心率檢測方法，其步驟包括測定第一基板周邊之至少三個位置，將至少三個周邊位置進行編組以形成一或多個圓圈，大略從該至少三個周邊位置之預定圓圈之中心位置預測第一基板之中心位置，並從第一基板所在之基板輸送機構之預測位置與參考位置之差異值以測定偏心向量。

### 陸、英文發明摘要：

A method of substrate eccentricity detection includes determining at least three positions on a perimeter of a first substrate, grouping the at least three perimeter positions to define one or more circles, estimating a location of a center of the first substrate as the location of a center of a predetermined circle approximated from the at least three perimeter positions, and determining an eccentricity vector as a difference between the estimated location and a reference position on a substrate transport mechanism on which the first substrate rests.

## 拾、申請專利範圍：

### 【申請專利範圍】

1. 一種基板偏心率檢測方法，其步驟包括：  
測定第一基板周邊之至少三個位置；  
將至少三個周邊位置進行編組以形成一或多個圓圈；  
大略從該至少三個周邊位置之預定圓圈之中心位置  
預測第一基板之中心位置；及  
從第一基板所在之基板輸送機構之預測位置與參考  
位置之差異值以測定偏心向量。
  
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中測定第一  
基板周邊之至少三個位置之步驟包括：  
在檢測到第一基板周邊之至少三點位置時採集基板  
運輸機構之位置；  
利用延時以修正所採集之機構位置以檢測延時；及  
將運輸機構位置轉換為在第一基板周邊上之位置。
  
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之方法，其中測定延時  
之步驟包括：  
將已知半徑之第二基板設置於基板運輸裝置之參考  
位置上；  
以預定速度將第二基板移動通過多個感應器之視界  
範圍，並在感應器檢測到第二基板之最前端及最後端時檢  
測基板運輸裝置之第一位置及第一速度；

以不同之預定速度將第二基板移動通過多個感應器之視界範圍，並在感應器檢測到第二基板之最前端及最後端時檢測基板運輸裝置之第二位置；

從第二位置及已知半徑計算各個感應器之位置；及利用第一速度及所計算之感應器位置重建基板運輸機構從第一位置至第二位置之運動，藉以測定感應器感測第二基板之最前端與最後端之間之延時，並檢測基板運輸裝置之第一位置。

4. 如申請專利範圍第 3 項所述之方法，其中測定延時係以自動例行校正方式實施。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該預定圓圈係由至少三個周邊位置之最匹配組合略算而出。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，另外包括利用偏心率向量以修正基板運輸機構之軌跡之步驟。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，另外包括在基板設置後利用偏心率向量以進行附加之基板運輸機構運動之步驟。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，另外包括測定各該一或多個圓圈之相對半徑及測定是否有任何一個相對

半徑超過偏差限度以檢測在第一基板周邊之偏差。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之方法，另外包括在檢測到偏差時提出誤差條件之報告之步驟。

10. 如申請專利範圍第 8 項所述之方法，其中測定偏差限度之步驟包括：

測定具有已知半徑及預定偏心率之一或多個偏心基板之周邊上之至少三個位置；

將至少三個周邊位置進行編組以形成一或多個圓圈，各個圓圈具有第二半徑；及

將偏差限度設定為各個第二半徑與已知半徑之間之最大差異值乘以一偏差安全因數。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述之方法，其中該偏差限度係由自動例行校正方式予以測定。

12. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中測定第一基板之周邊之至少三個位置之步驟包括：

使第一基板沿著一路徑移動以通過至少二個感應器之視界範圍，其中該路徑與各個感應器之距離係非對稱；及

檢測第一基板之最前端之至少二點位置及最後端之二點位置，

其中將至少三個周邊位置進行編組以形成一或多個圓圈之步驟包括將最前端之至少二個點位置及最後端之至少二個點位置進行編組，以三個一組形成至少四個圓圈，

其中該方法另外包括測定該至少四個圓圈之任何第一半徑是否超過一特徵限度以檢測第一基板周邊之特徵。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之方法，其中該組至少三個周邊位置包括最前端之至少二個點位置及最後端之至少二個點位置之三個點位置，藉以形成不超過特徵限度之第一半徑。

14. 如申請專利範圍第 12 項所述之方法，其中測定特徵限度之步驟包括：

測定一或多個特徵基板之最前端之至少二個位置及最後端之至少二個位置，各具有已知半徑及預定特徵；

將最前端之至少二個位置及最後端之至少二個位置編成三個一組以形成至少四個圓圈，各個圓圈具有第三半徑；及

將特徵限度設定為各個第三半徑與已知半徑之間之最大差異值乘以一特徵安全因數。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中該特徵限度係由自動例行校正方式予以測定。

16. 一種測定第一基板之偏心率之方法，其步驟包括：  
在檢測到第一基板之周邊上之至少三個點位置時採  
集運輸第一基板之機構之位置；  
修正所採集之位置以檢測延時；  
將運輸機構位置轉換成第一基板之周邊上之位置；  
將周邊位置編為三個一組，各組將形成一圓圈；  
由周邊位置略算而出之預定圓圈之中心位置預測基  
板中心之位置；及  
由預測位置與基板運輸機構上之參考位置之差異以  
測定偏心率向量。

17. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，另外包括利  
用偏心率向量以修正基板運輸機構之軌跡。

18. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，另外包括利  
用偏心率向量以在基板設置後進行附加之基板運輸機構運  
動。

19. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，另外包括下  
列步驟：

測定具有已知半徑及預定偏心率之一或多個偏心率基  
板之周邊上之至少三個位置；

將該至少三個周邊位置編組以形成一或多個圓圈，各  
個圓圈具有第二半徑；

將偏差限度設定為各個第二半徑與已知半徑之間之最大差異值乘以一偏差安全因數；及

測定是否有任何第一半徑超過偏差限度以檢測基板周邊之偏差。

20. 如申請專利範圍第 16 項所述之方法，另外包括下列步驟：

測定一或多個特徵基板之最前端之至少二個位置及最後端之至少二個位置，各具有已知半徑及預定特徵；

將最前端之至少二個位置及最後端之至少二個位置編成三個一組以形成至少四個圓圈，各個圓圈具有第三半徑；及

將特徵限度設定為各個第三半徑與已知半徑之間之最大差異值乘以一特徵安全因數；及

測定是否有任何第一半徑超過特徵限度以檢測基板周邊上之特徵。

21. 一種測定基板之偏心率之方法，其步驟包括：

移動基板通過一或多個感應器之視界範圍以檢測基板之周邊上之至少三個點位置；

在檢測到各個至少三個點位置時採集移動基板之機構之位置；

修正所採集之位置以檢測延時；

將運輸機構位置轉換成基板之周邊上之位置；

將周邊位置編為三個一組，各組將形成一圓圈；

由周邊位置略算而出之預定圓圈之中心位置預測基板中心之位置；及

由預測位置與基板運輸機構上之參考位置之差異以測定偏心率向量。

22. 如申請專利範圍第 21 項所述之方法，其中移動基板通過一或多個感應器之視界範圍之步驟另外包括將基板設置於介於至少一個匣盒與處理槽之負載鎖之間以單一步驟移動基板。

23. 一種基板偏心率檢測系統，包括：

一個基板運輸機構以沿著一路徑運輸第一基板；

至少一個感應器以感測第一基板之周邊上之點位置；及

連接於基板運輸機構及至少一個感應器上之一控制器，可操作以：

當至少一個感應器檢測到第一基板之周邊時測定第一基板之周邊上之至少三個位置；

由具有相等於標稱半徑之半徑之理論圓圈之中心位置以預測第一基板之中心位置，該標稱半徑係由至少三個周邊位置之組合略算而出；及

由預測位置與基板運輸機構上之參考位置之間之差異測定一偏心率向量。

24. 如申請專利範圍第 23 項所述之系統，其中測定第一基板之周邊上之至少三個位置之程序包括下列步驟：

在檢測到第一基板之周邊上各個至少三個點位置時採集基板運輸機構之位置；

利用延時以修正所採集之機構位置以檢測延時；及將機構位置轉換成第一基板之周邊上之位置。

25. 如申請專利範圍第 24 項所述之系統，其中測定延時之步驟包括：

將具有已知半徑之第二基板設置於基板運輸裝置上之參考位置上；

以正常操作速度將第二基板移動通過多個感應器之視界範圍，當感應器檢測到第二基板之最前端及最後端時檢測基板運輸裝置之第一位置及第一速度；

以低於正常操作速度將第二基板移動通過多個感應器之視界範圍，當感應器檢測到第二基板之最前端及最後端時檢測基板運輸裝置之第二位置及第二速度；

從第二位置及已知半徑計算各個感應器之位置；及利用第一速度及所計算之感應器位置以重建基板運輸機構從第一位置至第二位置之運動，藉以測定感應器感應第二基板之最前端與最後端之間之延時，及檢測基板運輸裝置之第一位置。

26. 如申請專利範圍第 25 項所述之系統，其中測定延時係以自動例行校正方式實施。

27. 如申請專利範圍第 23 項所述之系統，其中該控制器係利用至少三個周邊位置之最匹配組合略算出標稱半徑。

28. 如申請專利範圍第 23 項所述之系統，其中該控制器係利用偏心率向量以修正基板運輸機構之軌跡。

29. 如申請專利範圍第 23 項所述之系統，其中該控制器係在設置基板之後利用偏心率向量以進行附加之基板運輸機構運動。

30. 如申請專利範圍第 23 項所述之系統，其中該控制器係另外將至少三個周邊位置編組以形成一或多個各具有第一半徑之個圓圈以測定第一基板周邊之偏差，並測定是否有任何一個第一半徑超過偏差限度。

31. 如申請專利範圍第 30 項所述之系統，其中該控制器係用以在檢測到偏差時提出誤差條件之報告。

32. 如申請專利範圍第 30 項所述之系統，其中該控制器可藉以下步驟以測定偏差限度：

測定具有已知半徑及預定偏心率之一或多個偏心基板之周邊上之至少三個位置；

將至少三個周邊位置進行編組以形成一或多個圓圈，各個圓圈具有第二半徑；及

將偏差限度設定為各個第二半徑與已知半徑之間之最大差異值乘以一偏差安全因數。

33. 如申請專利範圍第 32 項所述之系統，其中該控制器係以自動例行校正方式測定偏差限度。

34. 如申請專利範圍第 23 項所述之系統，其中該控制器係藉以下步驟測定第一基板之周邊之至少三個位置：

使第一基板沿著一路徑移動以通過至少二個感應器之視界範圍，其中該路徑與各個感應器之距離係非對稱；及

檢測第一基板之最前端之至少二點位置及最後端之二點位置，

其中該控制器係將最前端之至少二個點位置及最後端之至少二個點位置進行編組，以三個一組形成至少四個各具有第一半徑之圓圈，

其中該控制器係測定該至少四個圓圈之任何第一半徑是否超過一特徵限度以檢測第一基板周邊之特徵。

35. 如申請專利範圍第 34 項所述之系統，其中該組至

少三個周邊位置包括最前端之至少二個點位置及最後端之至少二個點位置之三個點位置，藉以形成不超過特徵限度之第一半徑。

36. 如申請專利範圍第 34 項所述之系統，其中該控制器係藉以下步驟測定特徵限度：

測定一或多個特徵基板之最前端之至少二個位置及最後端之至少二個位置，各具有已知半徑及預定特徵；

將最前端之至少二個位置及最後端之至少二個位置編成三個一組以形成至少四個圓圈，各個圓圈具有第三半徑；及

將特徵限度設定為各個第三半徑與已知半徑之間之最大差異值乘以一特徵安全因數。

37. 如申請專利範圍第 36 項所述之系統，其中該控制器係以自動例行校正方式測定特徵限度。

38. 一種基板偏心率檢測系統，係由以下構成為特徵：

用以將基板沿著一路徑運輸之基板運輸機構；

中心線設在偏離路徑以感應基板之周邊上之點位置之至少一個感應器；及

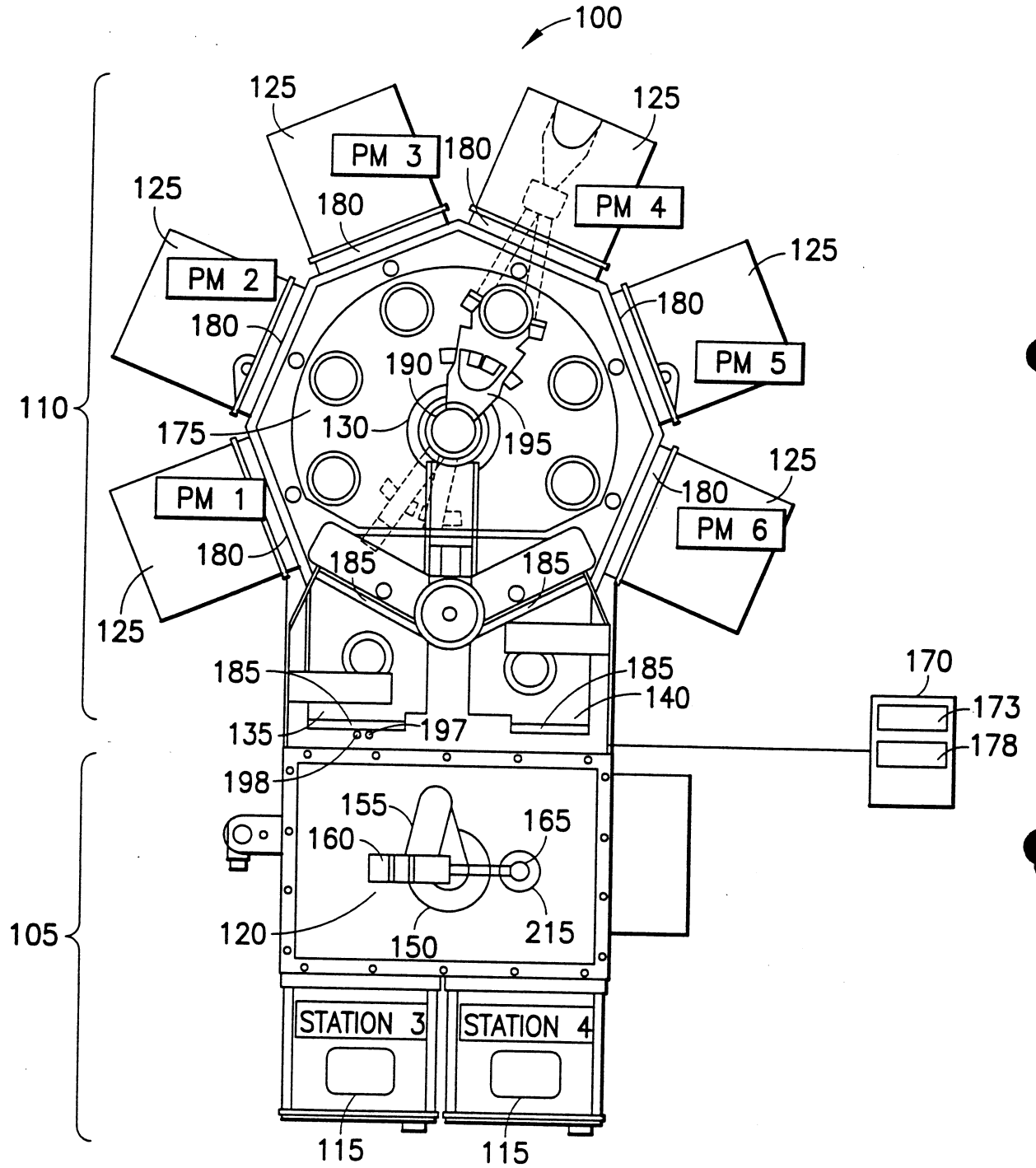
連接至基板運輸機構及至少一個感應器上之控制器，用以：

當至少一個感應器檢測到第一基板之周邊時測定基

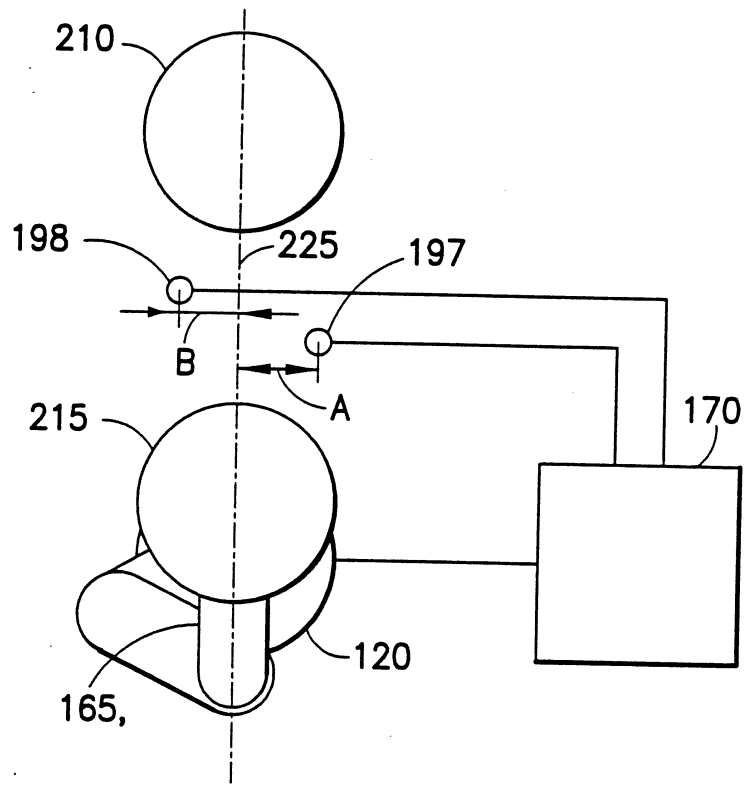
板周邊上之至少三個位置；

由半徑相等於標稱半徑之理論圓圈之中心以預測基板之中心位置，其中該標稱半徑係由至少三個周邊位置之組合略算而出；及

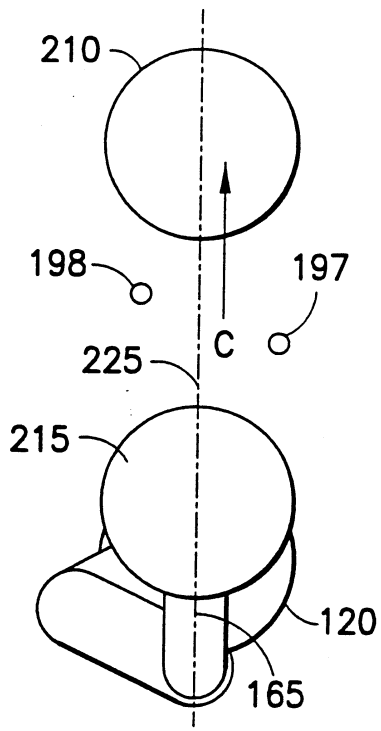
由預測位置與基板運輸機構上之參考位置之差異值測定偏心率向量。



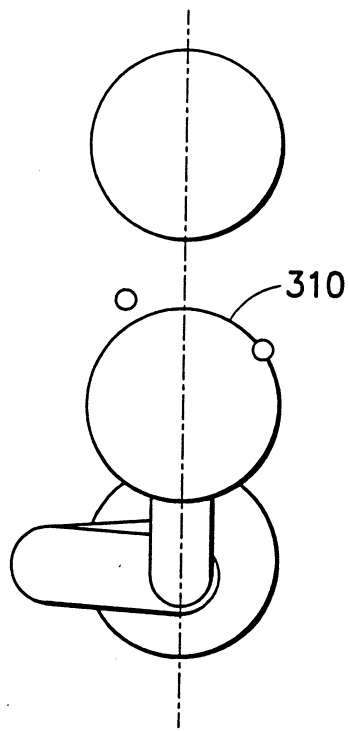
第 1 圖



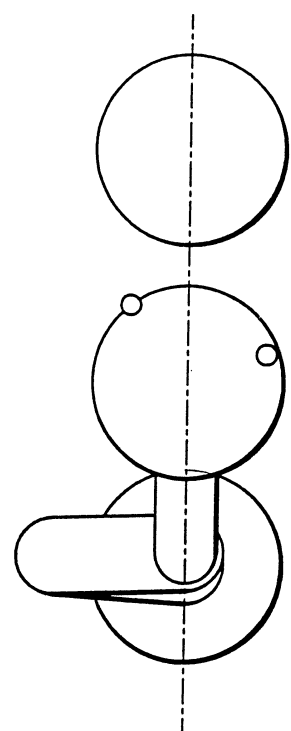
第 2 圖



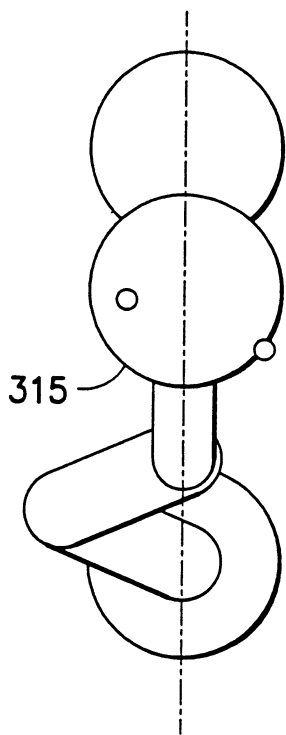
第 3a 圖



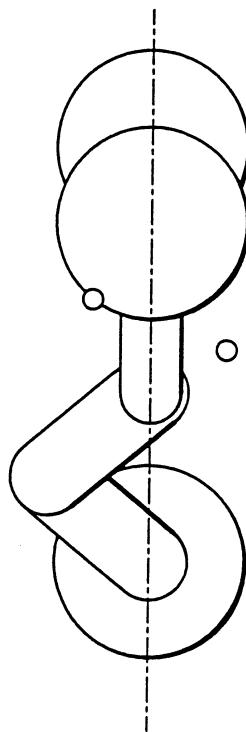
第 3 b 圖



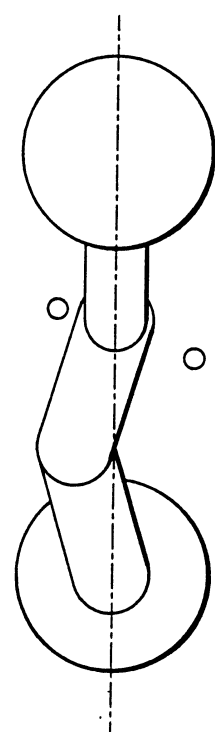
第 3 c 圖



第 3d 圖

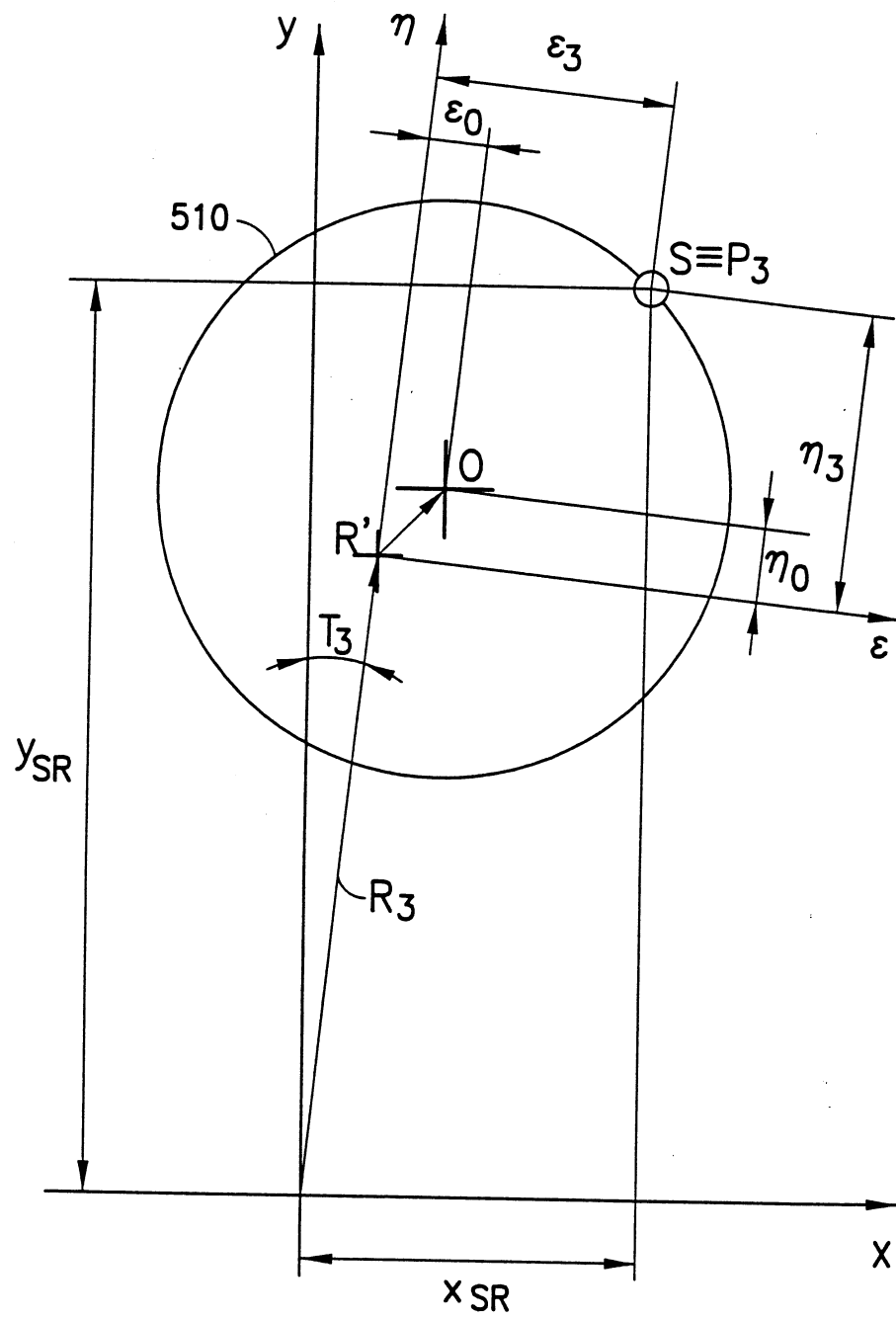


第 3e 圖

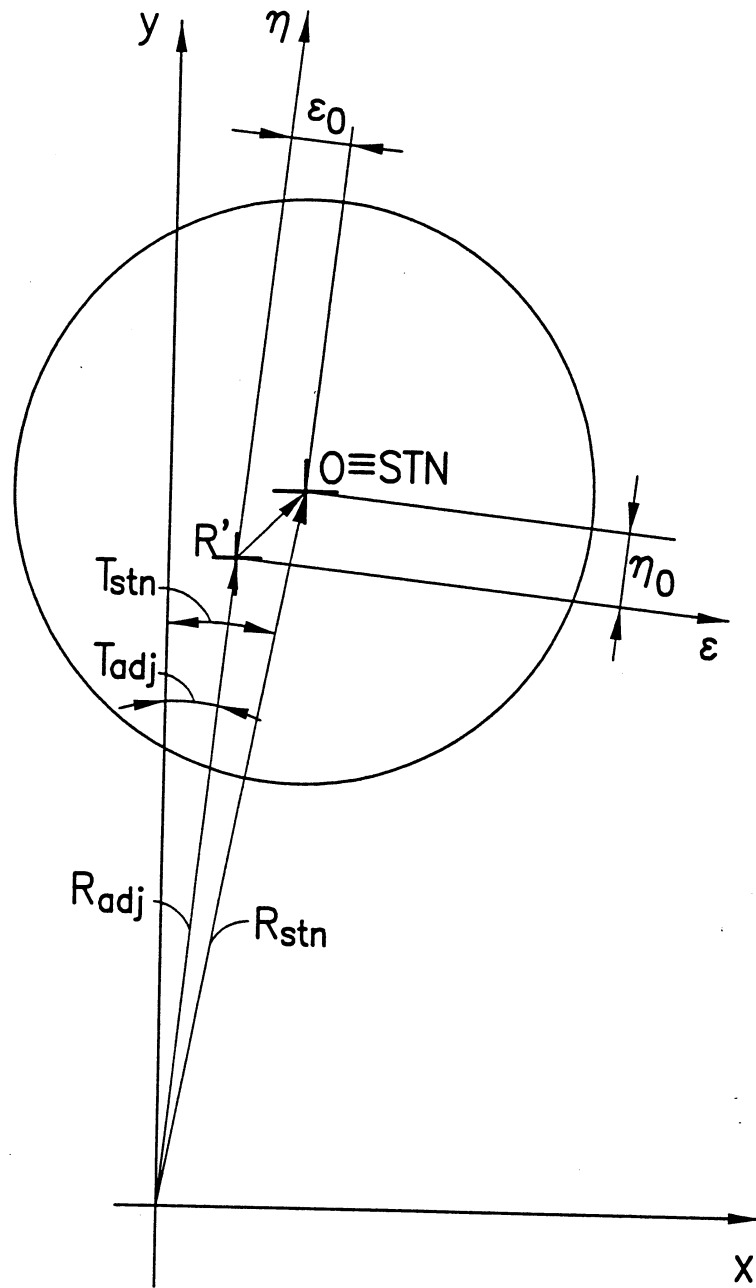


第 3f 圖

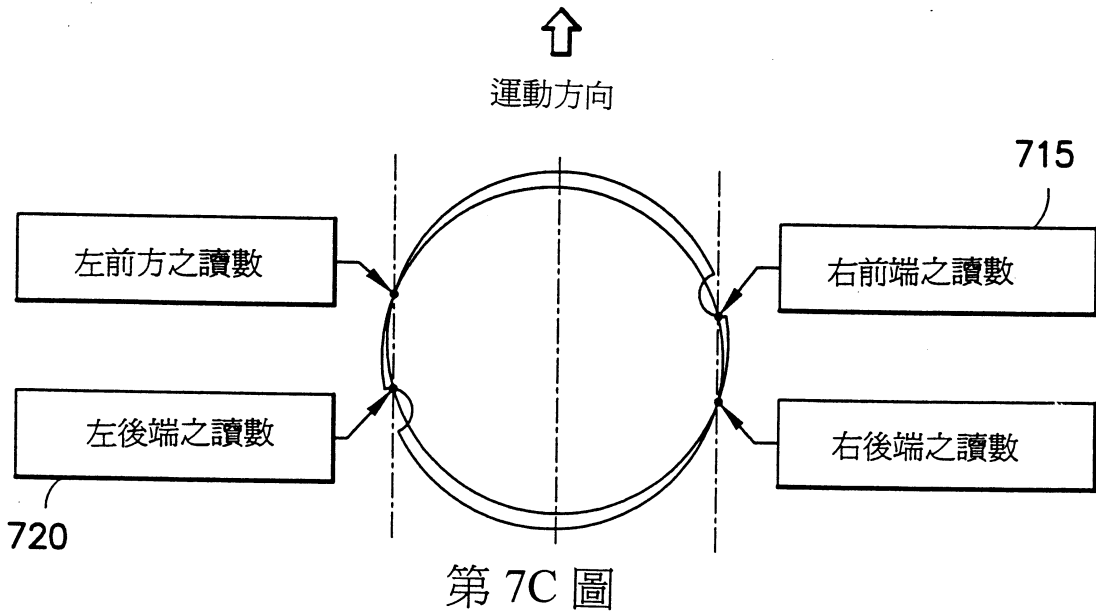
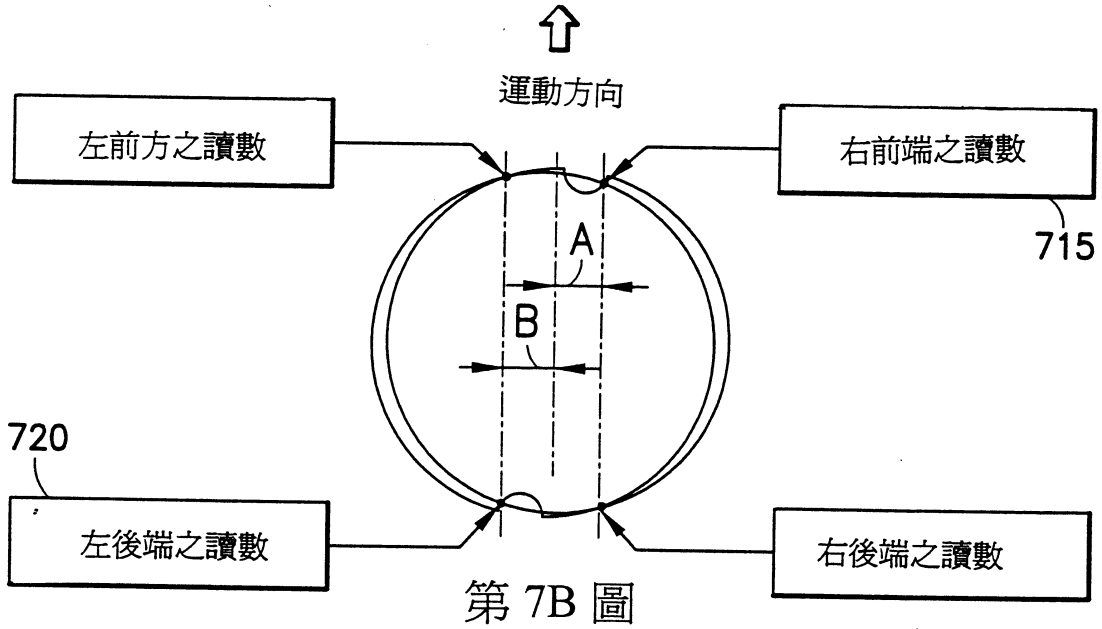
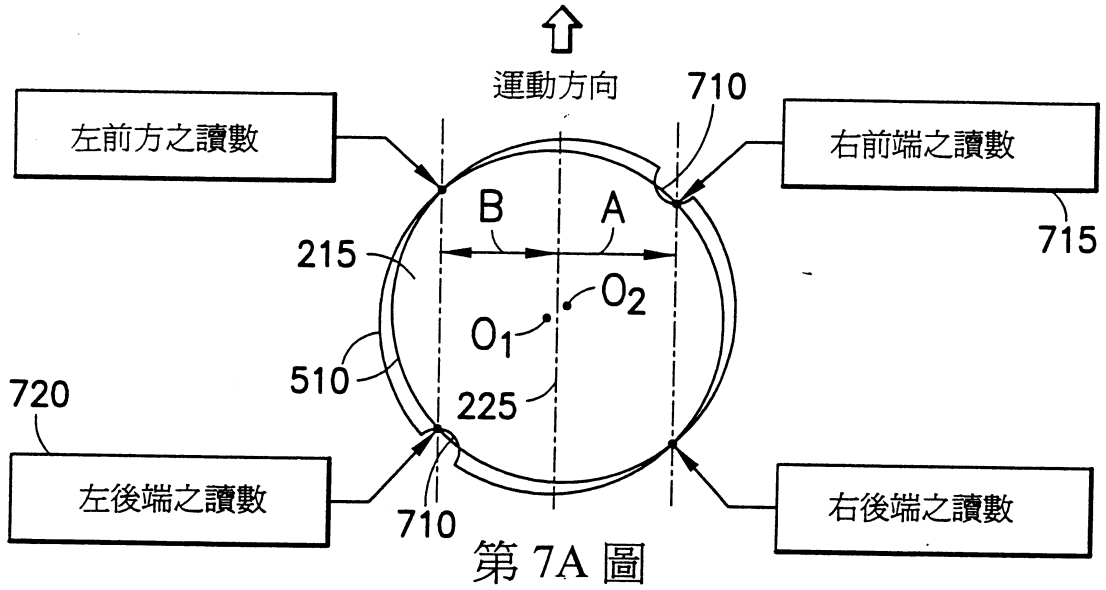


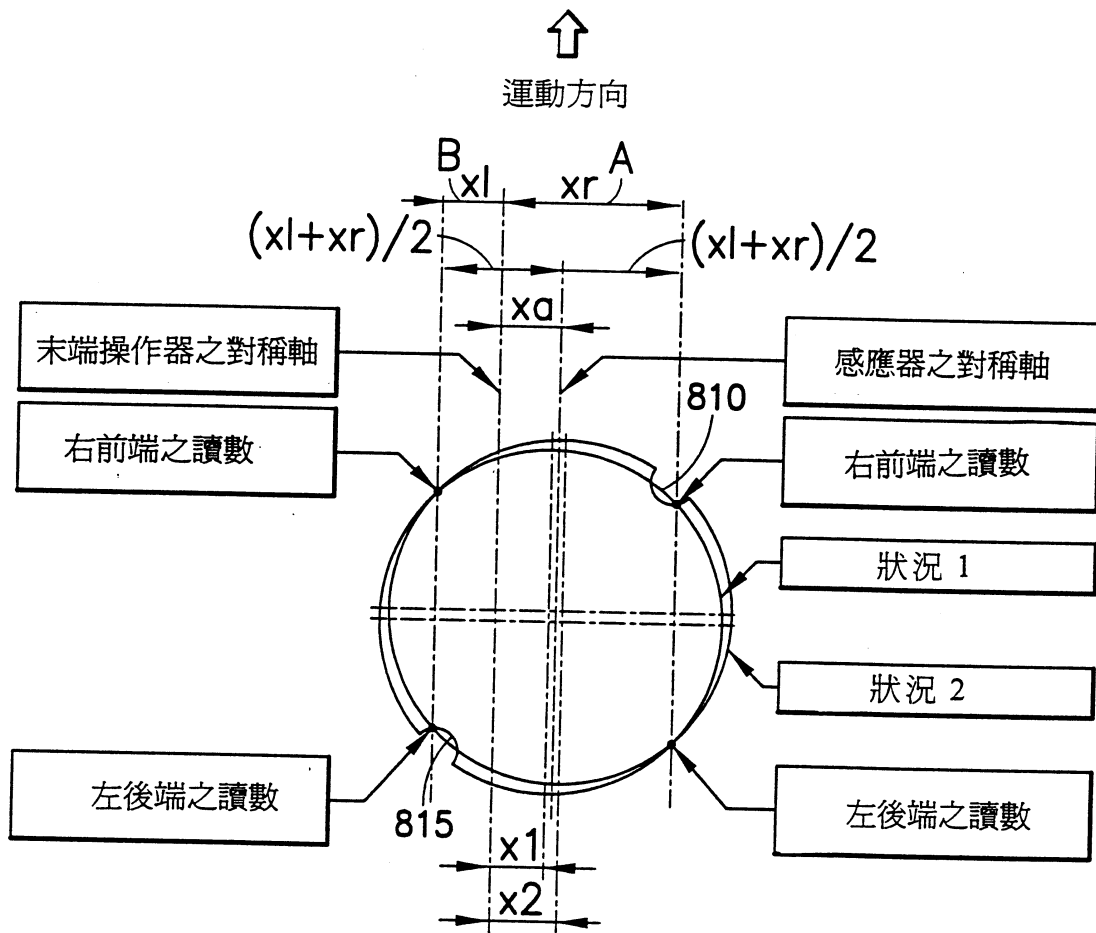


第 5 圖



第 6 圖





備註：

$x_r$  = 右感應器與末端操作中心之距離

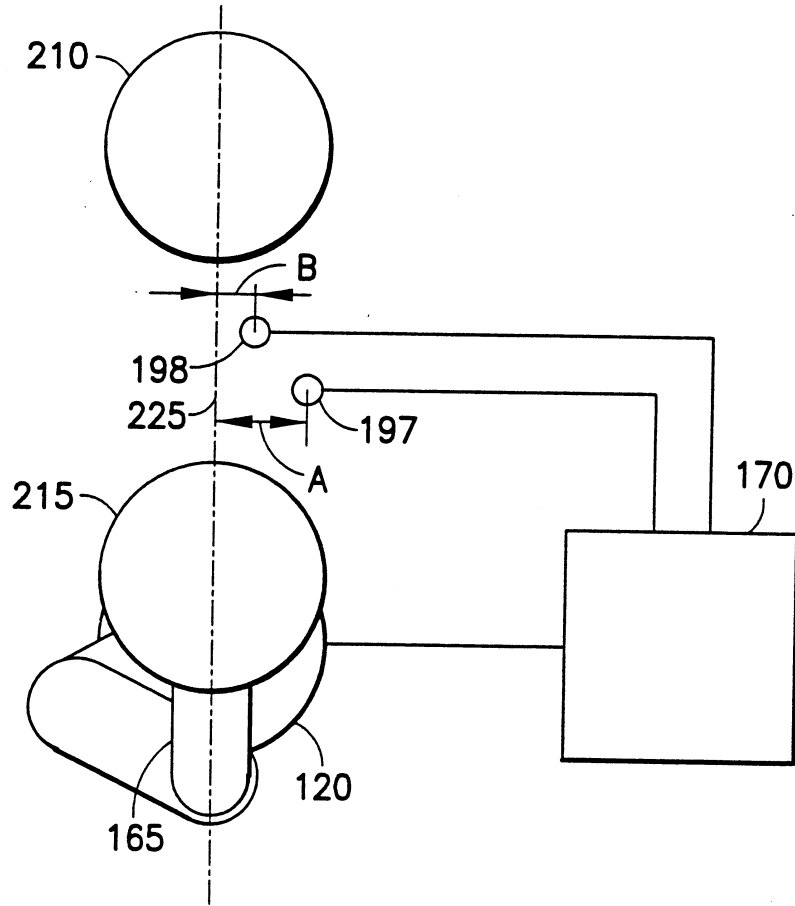
$x_l$  = 左感應器與末端操作中心之距離

$x_a$  = 不對稱之感應器偏位， $x_a = (x_r - x_l) / 2$

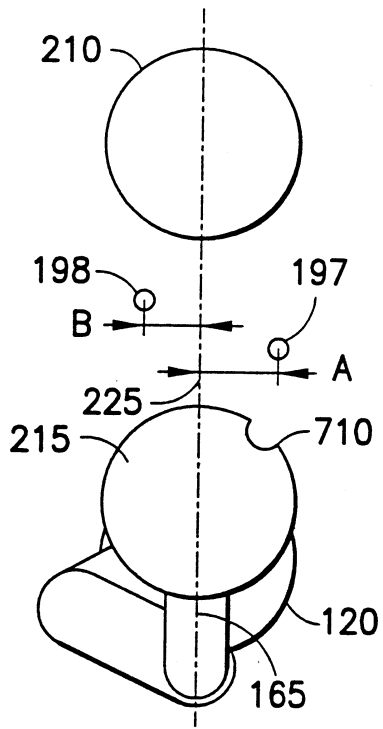
$x_1$  = 晶圓在狀況 1 中之偏心度之 x-組份

$x_2$  = 晶圓在狀況 2 中之偏心度之 x-組份

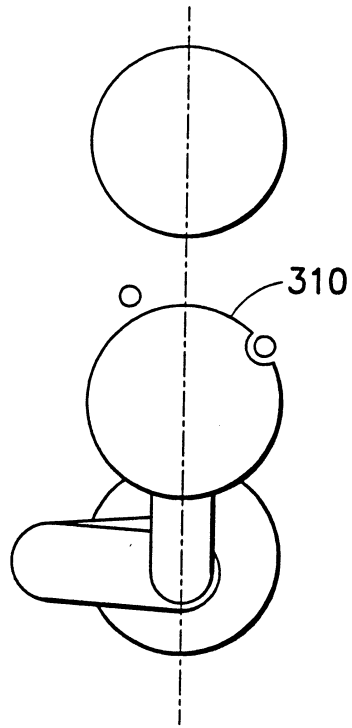
第 8 圖



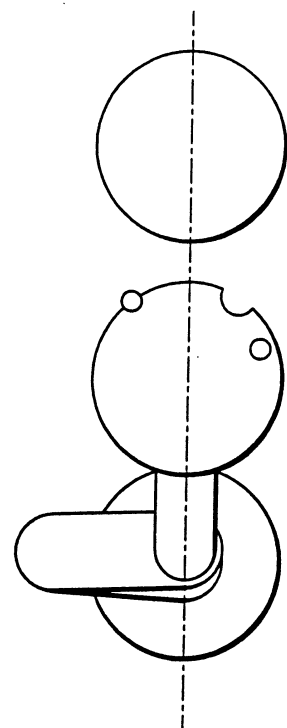
第 9 圖



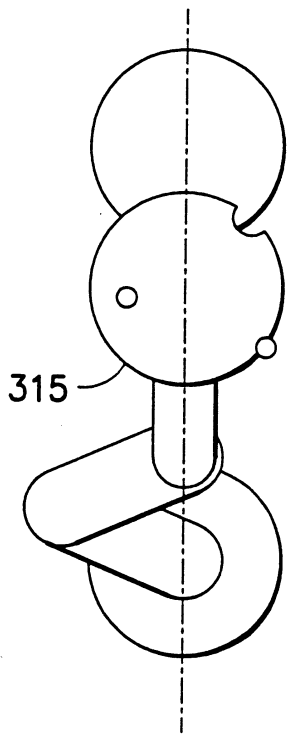
第 10a 圖



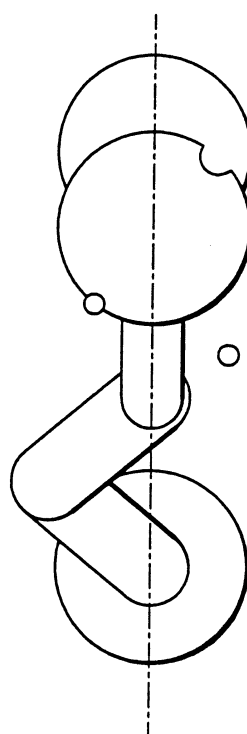
第 10b 圖



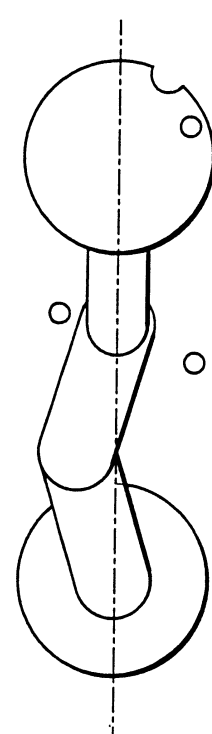
第 10c 圖



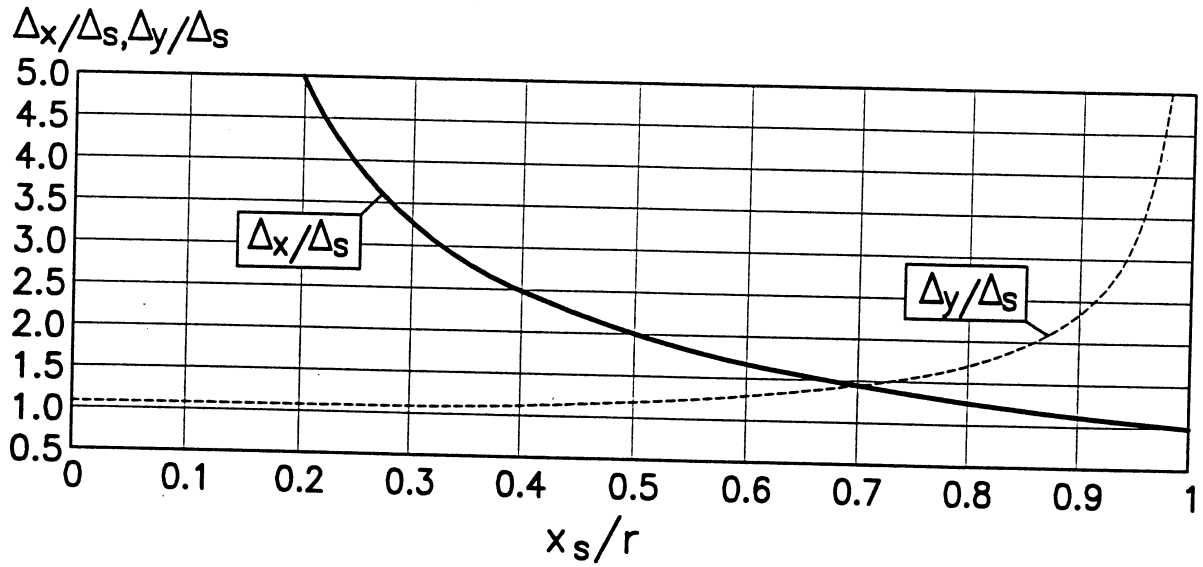
第 10d 圖



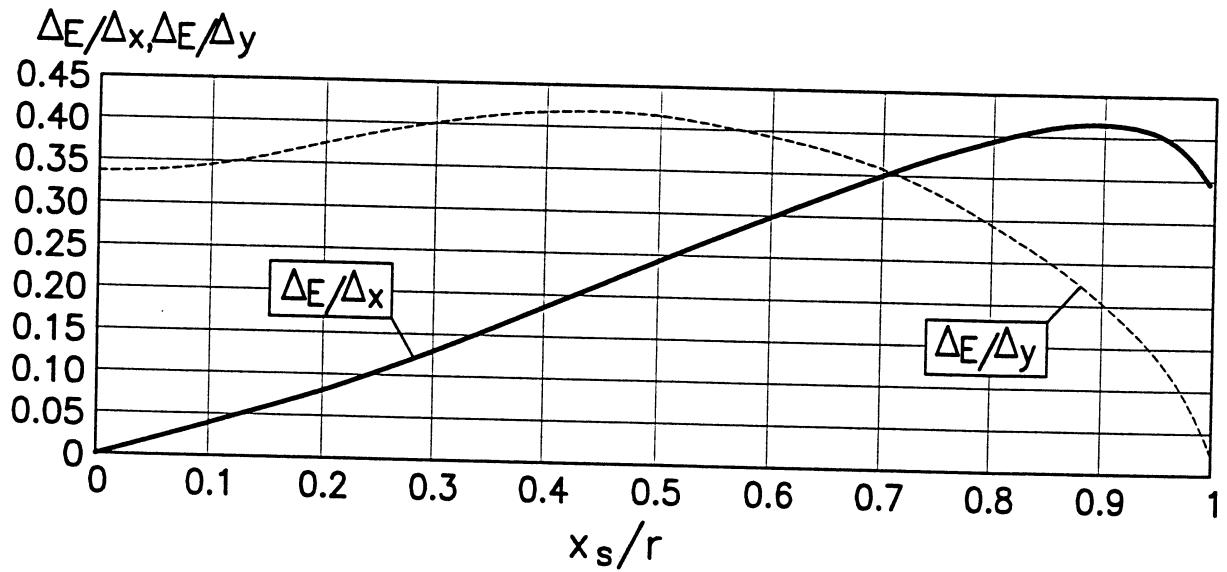
第 10e 圖



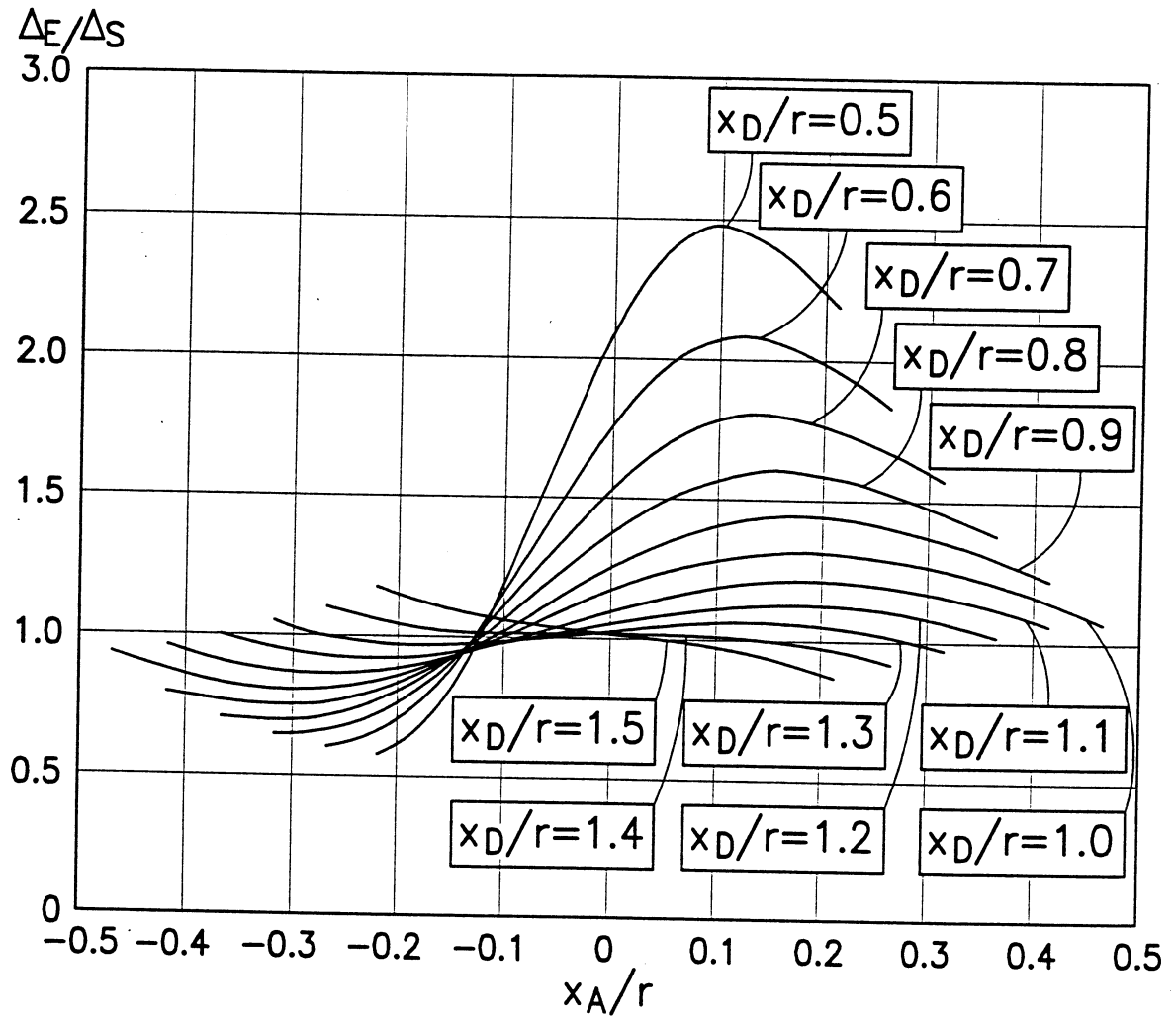
第 10f 圖



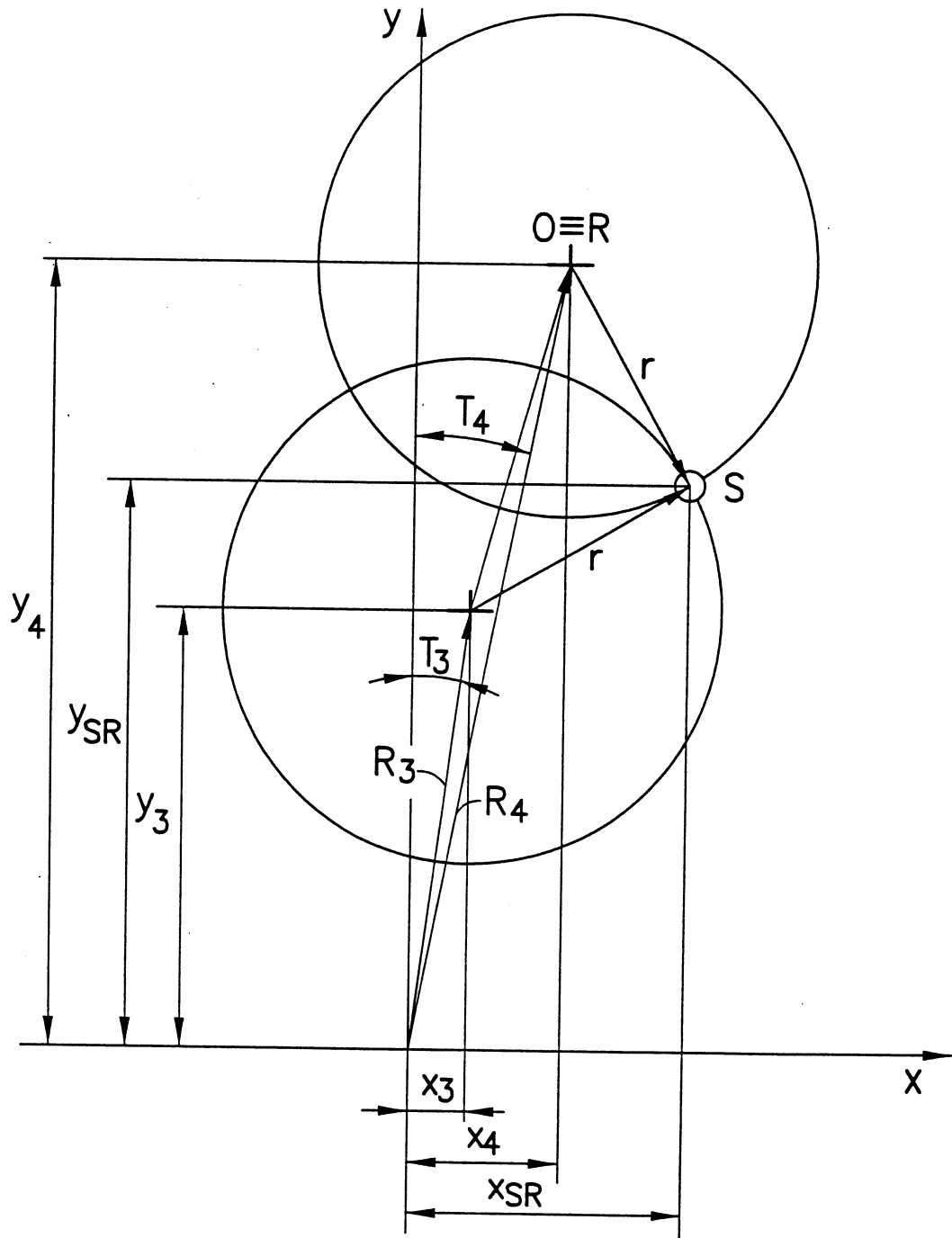
第 11A 圖



第 11B 圖



第 12 圖



第 13 圖

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第( 1 )圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

100 - 基板處理裝置	105 - 大氣部
110 - 真空部	115 - 基板抓持匣盒
120 - 機械臂	125 - 處理模組
130 - 機械臂	135, 140 - 負載鎖
150 - 驅動部	155 - 臂部
160 - 腕部	165 - 末端操作器
170 - 控制器	175 - 中央槽室
178 - 記憶體	180, 185 - 循環開口
190 - 驅動部	195 - 末端操作器
197, 198 - 感應器	

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：