



(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 I754209 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：109102168

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 21 日

(51)Int. Cl. : G03F9/00 (2006.01)

G03F1/80 (2012.01)

(30)優先權：2019/02/15 美國

16/277,805

(71)申請人：美商應用材料股份有限公司 (美國) APPLIED MATERIALS, INC. (US)
美國(72)發明人：克斯古 塔梅爾 COSKUN, TAMER (US)；波亞茲 穆哈麥特 POYRAZ,
MUHAMMET (TR)；鐘欽 ZHONG, QIN (CN)；蒙可萬榮 帕查
MONGKOLWONGROJN, PACHA (US)

(74)代理人：祁明輝；林素華；涂綺玲

(56)參考文獻：

US 2005/0167514A1

US 2018/0136541A1

US 2018/0275525A1

US 2018/0322237A1

審查人員：黃彥豪

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：7 共 37 頁

(54)名稱

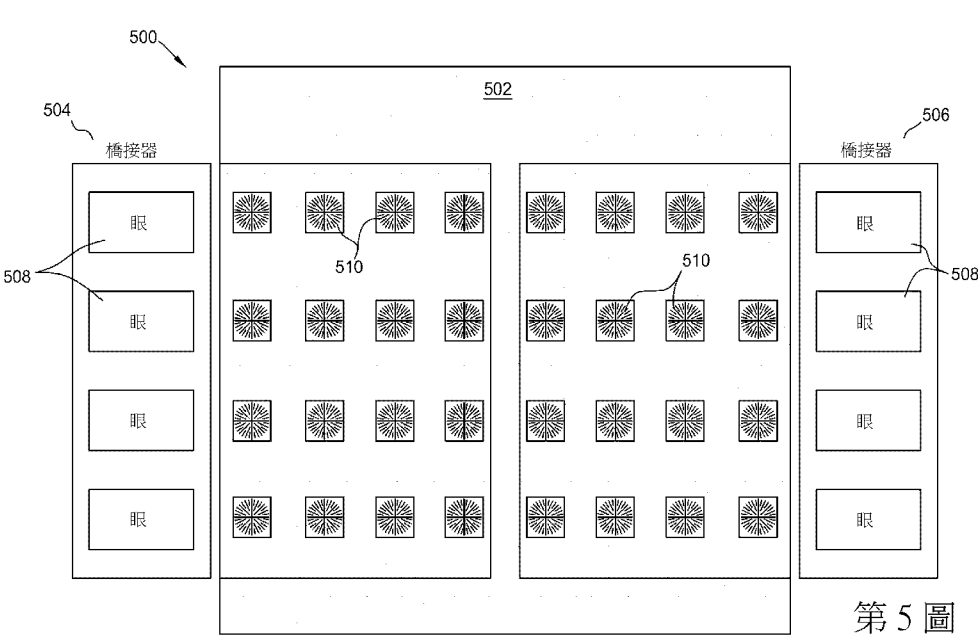
用於數位光刻工具之校正方法

(57)摘要

本揭露是有關於光刻系統以及用於校正光刻系統中的位置誤差的方法。首次啟動光刻系統時，系統進入穩定期。在穩定期之期間系統印刷或曝光基材時，係收集位置讀數和資料，例如溫度、壓力和濕度資料。基於所收集之資料和位置讀數產生模型。在後續穩定期中此模型則用以估計誤差，並在後續穩定期之期間動態地校正估計的誤差。

The present disclosure generally relates to photolithography systems, and methods for correcting positional errors in photolithography systems. When a photolithography system is first started, the system enters a stabilization period. During the stabilization period, positional readings and data, such as temperature, pressure, and humidity data, are collected as the system prints or exposes a substrate. A model is created based on the collected data and the positional readings. The model is then used to estimate errors in subsequent stabilization periods, and the estimated errors are dynamically corrected during the subsequent stabilization periods.

指定代表圖：



符號簡單說明：
23,25,27,29,65,67,69,7
1:眼
500:對準配置
502:板
504,506:橋接器部件
508:眼
510:對準記號

第 5 圖

I754209

【發明摘要】

【中文發明名稱】 用於數位光刻工具之校正方法

【英文發明名稱】 CORRECTION METHOD FOR DIGITAL
LITHOGRAPHY TOOLS

【中文】

本揭露是有關於光刻系統以及用於校正光刻系統中的位置誤差的方法。首次啟動光刻系統時，系統進入穩定期。在穩定期之期間系統印刷或曝光基材時，係收集位置讀數和資料，例如溫度、壓力和濕度資料。基於所收集之資料和位置讀數產生模型。在後續穩定期中此模型則用以估計誤差，並在後續穩定期之期間動態地校正估計的誤差。

【英文】

The present disclosure generally relates to photolithography systems, and methods for correcting positional errors in photolithography systems. When a photolithography system is first started, the system enters a stabilization period. During the stabilization period, positional readings and data, such as temperature, pressure, and humidity data, are collected as the system prints or exposes a substrate. A model is created based on the collected data and the positional readings. The model is then

used to estimate errors in subsequent stabilization periods,
and the estimated errors are dynamically corrected during the
subsequent stabilization periods.

【指定代表圖】 第 5 圖。

【代表圖之符號簡單說明】

23,25,27,29,65,67,69,71:眼

500:對準配置

502:板

504,506:橋接器部件

508:眼

510:對準記號

【特徵化學式】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 用於數位光刻工具之校正方法

【英文發明名稱】 CORRECTION METHOD FOR DIGITAL

LITHOGRAPHY TOOLS

【技術領域】

【0001】 本揭露之實施例一般是有關於光刻系統 (photolithography systems)，且有關於用於校正光刻系統 (photolithography systems) 中的位置誤差 (positional errors) 之方法。

【先前技術】

【0002】 光刻技術 (Photolithography) 廣泛用於製造半導體裝置和顯示裝置，例如液晶顯示器 (LCD)。大面積基板係通常用於製造 LCD。LCD 或平板係通常用於主動矩陣顯示器 (active matrix displays)，例如電腦、觸摸面板裝置、個人數位助理 (PDA)、手機，電視監視器等。一般而言，平板可包括形成夾在兩個板之間的像素的液晶材料層。當將來自電源的電力施加至液晶材料上時，可在像素位置處控制通過液晶材料的光的量，以使得能夠生成影像。

【0003】 微光刻技術 (Microlithography techniques) 一般用以產生電學特徵，其中此電學特徵係被併入作為形成像素的液晶材料層的一部分。根據此技術，光致抗蝕劑係典型地被施加至基板的至少一個表面上。然後，圖案產生器係使用光以曝光作為圖案之一部分的光敏光抗蝕劑 (light-sensitive photoresist) 的選定區域 (selected areas)，以

導致選擇性區域(selective areas)中的光抗蝕劑(photoresist)的化學變化，以製備用於後續材料去除和/或材料添加製程之這些選擇性區域(selective areas)，以產生電氣功能。

【0004】然而，用於這種微光刻技術(microlithography techniques)之工具可能需要8個小時或更長時間才能完全地穩定印刷和圖案化行為(printing and patterning behavior)，在此期間，光抗蝕劑(photoresist)之圖案可能因為各種影響(例如熱變化)而變得不均勻。此工具係包括具有不同傳導係數和熱電容之許多熱源和組件，每一者都可能導致變化而產生不均勻的圖案化，從而對總節距和疊加校正重複性(total pitch and overlay correction repeatability)有負面影響。

【0005】為了繼續以消費者所要求之價格向消費者提供顯示裝置和其他裝置，需要新的設備、方法及系統，以在基板(例如大面積基板)上精確地(precisely)且經濟地(cost-effectively)產生圖案。

【發明內容】

【0006】本揭露一般涉及光刻系統以及用於校正光刻系統中的位置誤差的方法。首次啟動光刻系統時，系統進入穩定期。在穩定期之期間系統印刷或曝光基材時，係收集位置讀數和資料，例如溫度、壓力和濕度資料。基於所收集之資料和位置讀數來產生模型。在後續穩定期中此模型則用以估計誤差，並在後續穩定期中估計的誤差係被動態校正。

【0007】在一實施例中，一種校正方法包括：啟動光刻系統並進入穩定期；在穩定期之期間光刻系統印刷時收集資料和位置讀數；基

於資料和位置讀數產生模型；以及在後續穩定期使用此模型動態地校正估計的誤差。

【0008】在另一實施例中，一種校正方法包括：啟動光刻系統並進入穩定期，並在穩定期之期間光刻系統印刷時收集溫度資料和位置讀數。在穩定期的加熱期和冷卻期之期間收集溫度資料。此模型還包括基於溫度資料和位置讀數來產生模型；校準模型；在後續穩定期使用經校準的模型來估計的誤差；以及在後續穩定期中動態地校正估計的誤差。

【0009】在又一實施例中，一種校正方法包括：啟動光刻系統並進入穩定期；在穩定期之期間光刻系統印刷時收集溫度資料和位置讀數；基於溫度資料和位置讀數產生模型；形成用於確定光刻系統的熱電容和傳遞係數之最佳化問題；在後續穩定期使用此模型和此最佳化問題來估計誤差；以及在後續穩定期之期間動態地校正估計的誤差。

【圖式簡單說明】

【0010】

為了可詳細地理解本揭露之上述特徵，可藉由其中之一些繪示於附圖中之參考實施例，本揭露之一些特定描述係提出以簡短總結上文。然而，應注意的是，附圖僅示出示例性實施例，因此不應被認為是對其保護範圍的限制，並可允許其他等效實施例。

第1A圖係為根據一實施例之光刻系統的透視圖；

第1B圖係為根據另一實施例之光刻系統的透視圖；

第2圖係為根據本文揭露的實施例之影像投影設備的透視示意圖；

第3圖係示出根據本文揭露的實施例之模擬和校準系統行為以估計在穩定期之期間所發生之位置干擾的方法；

第4A圖至第4F圖係示出根據本文揭露的實施例之資料測量的示例圖；

第5圖係示出根據本文揭露的實施例之第一橋接器部件(first bridge component)和第二橋接器部件(second bridge component)的對準配置，其中第一橋接器部件和第二橋接器部件係各自具有設置在其上之複數個眼；

第6A圖至第6C圖係示出根據本文揭露的實施例之具有200mm/s平台速度(stage speed)的資料測量和位置讀數的示例圖；

第7A圖至第7C圖係示出根據本文揭露的實施例之具有100mm/s平台速度(stage speed)的資料測量和位置讀數的示例圖；

為了便於理解，在可能的情況下，使用相同的元件符號來表示圖示中相同的元件。可以預期的是，一個實施例的元件和特徵，可以不需要進一步引述而被有益地併入其他的實施例之中。

【實施方式】

【0011】 本揭露一般有關於一種光刻系統(photolithography systems)以及一種用於校正光刻系統(photolithography systems)中的位置誤差的方法。首次啟動一光刻系統時，系統係進入一穩定期。在此穩定期之期間，在系統印刷或曝光基材時收集位置讀數和資料(例如溫度、壓力和濕度資料)。基於所收集之資料和位置讀數來產生一模型。

然後，使用此模型來估計後續穩定期中的誤差，並在後續穩定期之期間動態地校正估計的誤差(estimated errors)。

【0012】第 1A 圖係為根據本文揭露的實施例之光刻系統 100 的透視圖。光刻系統 100 包括底框 110、板 120、平台 130 和處理設備 160。底框 110 可置於製造設施之地板上並支撐板 120。被動空氣隔離器 112 位於底框 110 和板 120 之間。在一實施例中，板 120 係為整塊的花崗岩，且平台 130 係設置在板 120 上。基板 140 係由平台 130 所支撐。複數個洞(未繪示)係形成於平台 130 中，用以讓複數個升舉銷(未繪示)於其延伸穿過。在一些實施例中，升舉銷可例如從一或多個傳送機器人(未繪示)升起至延伸位置，以接收基板 140。此一或多個傳送機械手臂係用以從平台 130 裝載和卸載基板 140。

【0013】基板 140 包括任何合適的材料(例如鹼土金屬硼鋁矽酸鹽(Alkaline Earth Boro-Aluminosilicate))，及使用來作為平板面板顯示器之一部分。在其他實施例中，基板 140 係由其他材料製成。在一些實施例中，基板 140 具有形成在其上的光抗蝕劑(photoresist)。光致抗蝕劑係對光照射敏感(sensitive to radiation)。正光抗蝕劑(positive photoresist)包括暴露於光照射之光抗蝕劑之複數個部分在圖案寫入光抗蝕劑中之後，將對提供至光抗蝕劑之光抗蝕劑顯影劑分別為可溶解地。負光抗蝕劑(negative photoresist)包括暴露於光照射之光抗蝕劑之複數個部分在圖案寫入光抗蝕劑中之後，將對提供至光抗蝕劑之光抗蝕劑顯影劑分別為不溶解的。光抗蝕劑之化學成份決定光抗蝕劑將為正光抗蝕劑或負光抗蝕劑。光抗蝕劑的實例包括但不限於重氮萘醌

(diazonaphthoquinone)、酚醛樹脂(phenol formaldehyde resin)、聚甲基戊二酰亞胺(poly(methyl glutarimide))、聚戊二酸甲基(poly(methyl glutarimide))和 SU-8 之至少一者。於此方式中，圖案可產生於基板 140 之一表面上，以形成電子電路。

【0014】光刻系統 100 包括一對支撐件 122 和一對軌道 124。此對支撐件 122 係設置於板 120 上，並於一實施例中，板 120 和此對支撐件 122 為一件式材料。此對軌道 124 係由此對支撐件 122 所支撐，以及平台 130 係在 x 方向中沿著軌道 124 移動。在一實施例中，此對軌道 124 係為一對平行磁性通道。如圖所示，此對軌道 124 之各軌道 124 係為線性的。在另一實施例中，空氣軸承係用於高精度的非接觸式運動，以及線性電動機係配置成在 x 方向和 y 方向上提供力以來回移動平台 130。在其他實施例中，一或多個軌道 124 係為非線性的。編碼器 126 係耦接於平台 130，以提供位置資訊至控制器(未繪示)。

【0015】處理設備 160 包括支撐件 162 和處理單元 164。支撐件 162 係設置於板 120 上，及包括開口 166。開口 166 用以讓平台 130 在處理單元 164 之下方通過。處理單元 164 係由支撐件 162 所支撐。在一實施例中，處理單元 164 係為圖案產生器，配置以在光刻製程(photolithography process)中曝光光抗蝕劑。在一些實施例中，圖案產生器係配置以執行無遮罩光刻製程(maskless lithography process)。處理單元 164 包括多個影像投射裝置(如第 2 圖所示)。在一實施例中，處理單元 164 包含多達 84 個影像投射裝置。各影像投射裝置係設置於盒

165 中。對於執行無遮罩直接圖案化(maskless direct patterning)，處理設備 160 係為有用的。

【0016】 在操作期間，此平台 130 係在 X 方向中從如第 1A 圖所示之裝載位置移動至處理位置。當平台 130 在處理單元 164 之下方通過時，處理位置係意指平台 130 之一或多個位置。在操作期間，平台 130 係藉由複數個空氣軸承(未繪示)升舉，及從裝載位置沿著一對軌道 124 移動至處理位置。複數個垂直引導空氣軸承(未繪示)係耦接於平台 130 及位於相鄰各支撐件 122 之內壁 128 的位置，以穩定平台 130 之移動(movement)。藉由沿著軌道 150 移動來處理和/或移動(indexing)基板 140，此平台 130 亦在 Y 方向中移動。平台 130 係能夠獨立操作，並且可於一方向中掃描基板 140 及於另一方向中步進(step)。

【0017】 測量系統即時測量各平台130的X和Y橫向位置坐標，使得此些影像投射設備之各者可準確地定位圖案，圖案係寫入覆蓋基板之光抗蝕劑。測量系統亦即時測量各平台130繞著垂直或z軸的角位置。角位置測量可在藉由伺服機構掃描期間使用以保持角位置不變，或角位置測量可使用以對藉由影像投射設備270寫入基板140上之圖案的位置進行校正，如第2圖所示。這些技術亦可結合使用。

【0018】 第 1B 圖係為根據本文揭露的實施例之光刻系統 190 的透視圖。光刻系統 190 類似於光刻系統 100。然而，光刻系統 190 包括兩個平台 130。兩個平台 130 中之各者係能夠獨立操作，並且可於一方向上掃描基板 140 及於另一方向上步進(step)。在一些實施例中，

當兩個平台 130 中之一者掃描基板 140 時，兩個平台 130 中之另一者則卸載經曝光之基板並裝載待曝光之下一個基板。

【0019】 儘管第1A圖至第1B圖繪示了光刻系統之兩個實施例，但是本文中亦可預期其他系統和配置。舉例而言，亦預期了包括任何合適數量級的平台的光刻系統。

【0020】 第 2 圖係為根據一實施例之影像投射設備 270 的透視示意圖，其中對於例如光刻系統 100 或光刻系統 190 的光刻系統，此影像投射設備 270 係為有用的。影像投射設備 270 包括一或多個空間光調製器(spatial light modulators)280 具有焦點感測器 283 和照相機 285 之對準和檢查系統(alignment and inspection system)284、以及投射光學部件(projection optics)286。影像投射設備的組件係取決於所使用之空間光調製器而變化。空間光調製器係包括但不限於 microLED、數位微鏡元件(digital micromirror devices，DMD)、液晶顯示器(LCD)、以及垂直腔表面發射雷射器(vertical-cavity surface-emitting lasers，VCSEL)。

【0021】 在操作中，空間光調製器 280 係用以調製通過影像投射設備 270 投射至基板(例如基板 140)之光的一或多種特性(例如振幅、相位或偏振)。對準和檢查系統 284 係用以對準和檢查影像投射設備 270 的組件。在一實施例中，焦點感測器 283 包括複數個雷射，這些雷射係被引導穿過照相機 285 的鏡頭及後側並成像於感測器上，以檢測影像投射設備 270 是否聚焦。照相機 285 係用以對基板(例如基板 140)成像，以確保影像投射設備 270 和光刻系統 100 或 190 之對準係為正

確的或為預定公差內。投射光學部件 286(例如一或多個透鏡)係用以使光投射至基板(例如基板 140)上。

【0022】當光刻系統 100、190 首先啟動時，光刻系統 100、190 係進入穩定期。穩定期係指穩定系統的印刷和圖案化行為之所需的時間(亦即，系統完全預熱所需的時間)。在光刻系統 100、190 的穩定期之期間，發生各種影響和變化(例如熱變化)，這可能對總節距和疊加校正重複性(total pitch and overlay correction repeatability)有負面影響。在某些情況下，由於各種影響和變化，光刻系統 100、190 可能需要八小時或更長時間來穩定印刷和圖案化行為。此外，光刻系統 100、190 之各者包括具有不同傳導率係數和熱電容之許多熱源和組件，每一者都可能潛在地導致變化，從而難以嚴格地監視光刻系統 100、190。

【0023】為了在穩定期之期間使用光刻系統100、190以精確地且準確地曝光基板，基於模型的軟體校正係可用以校正在穩定期之期間所出現之任何誤差。可模擬和校準光刻系統100、190的行為，以估計在穩定期之期間所發生之潛在變化，如第3圖所示如下，以增強總節距和疊加校正重複性(total pitch and overlay correction repeatability)。然後，可在光刻系統100、190的後續穩定期之期間使用此模型來校正疊加和總節距誤差。利用此模型進行動態位置校正，係可消除或減少昂貴的硬體解決方案。此外，由於位置校正係可應用於數位遮罩(digital masks)，故此模型可用於動態位置校正。

【0024】第 3 圖係示出根據本文揭露的實施例之建模和校正系統行為以估計在穩定期之期間所發生之位置擾動的方法 300。方法 300 可分別與第 1A 圖和第 1B 圖之光刻系統 100、190 一起使用。

【0025】方法 300 具有操作 302，其中光刻系統係啟動並進入穩定期。在穩定期之中，由於各種影響和變化(例如熱、壓力和/或濕度變化)，系統的印刷和圖案化行為係可能不穩定。穩定期意指系統的印刷和圖案化行為穩定所需的時間(亦即，系統完全預熱所需的時間)。

【0026】在操作 304 中，光刻系統在穩定期之期間印刷或曝光基板時收集資料和位置讀數。當系統對準並曝光基板以模仿生產線時，係連續地收集資料。在一實施例中，所收集之資料係為溫度資料。可使用一或多個溫度感測器來收集溫度資料，其中此一或多個溫度感測器係設置鄰近於加熱期和冷卻期之溫度波動的已知工具的部件，例如編碼器。舉例而言，大約 20 個溫度感測器可設置在光刻工具上，以收集和監視夾具(chuck)、編碼器(encoder)和橋接器(bridge)/提升管(riser)等的溫度。

【0027】為了收集位置讀數，可在整個穩定期之期間週期性地捕獲校準板或基板上的對準記號(如第 5 圖所示)。校準板可於穩定期之期間用作一參考。此外或可選地，可進一步週期性地記錄相對於干涉儀讀數之編碼器計數變化，其中干涉儀係用作一參考。然後記錄相對於所使用的參考之相對位置變化。

【0028】由於熱影響和於穩定期之期間所發生之波動，可能會無意地干擾基板或校準板上的圖案印刷位置。因此，基板或校準板上的

位置讀數的干擾，係可能直接相關於溫度的波動。其他影響亦可能導致位置讀數的干擾，例如壓力、濕度等。在這種情況下，可使用配置成收集壓力資料、濕度資料等的感測器來代替溫度感測器，或與溫度感測器一起使用。然而，全文將以熱影響作為範例。

【0029】第4A圖至第4F圖係示出資料測量和位置讀數的示例圖。第4A圖至第4F圖僅係為資料測量的示例，而無意於進行作為限制。第4A圖係示出系統中橋接器部件(bridge component)和提升管部件(riser component)在200mm/s的平台速度下之一段時間內的攝氏溫度變化。第4B圖係示出對於具有200mm/s的平台速度之橋接器部件和提升管部件於加熱期之期間沿著y軸所發現之對應位置記號(以微米為單位)，此係示出由熱影響所導致的位置干擾。第4C圖係示出系統中第一橋接器部件、第二橋接器部件和提升管部件在100mm/s的平台速度下之一段時間內的攝氏溫度變化。第4D圖係示出對於具有100mm/s的平台速度之橋接器部件和提升管部件於加熱期之期間沿著y軸所發現之對應位置記號(以微米為單位)，此係進一步示出由熱影響所導致的y軸位置干擾。第4E圖係示出在光刻系統中移動平台的主電機和從電機於一段時間內的攝氏溫度讀數。第4F圖係示出在冷卻期之期間沿著x軸和y軸於一段時間內所發現之位置記號。第4A圖至第4F圖示出穩定期之期間的系統行為係可用數學表示。

【0030】第5圖係示出根據一實施例之第一橋接器部件504和第二橋接器部件506的對準配置500，其中第一橋接器部件504和第二橋接器部件506之各者具有設置在其上的複數個眼508。對準配置500可用於

收集如上第4A圖至第4F圖所示之曲線圖的資料，以及用於收集如下第6A圖至第6C圖和第7A圖至第7C圖所示之曲線圖的資料。第一橋接器部件504和第二橋接器部件506係設置於基板或板502上方。板502包括複數個對準記號510。雖然示出了32個對準記號510，然而係可使用任何數量的對準記號。此外，雖然示出了兩個橋接器部件504、506，然而在光刻系統中可利用附加的橋接器部件，以及橋接器部件504、506之各者可具有超過四個眼設置於其上。對準配置500可包括具有用於收集位置讀數的照相機(未繪示)的曝光單元。

【0031】 第 6A 圖至第 6C 圖係示出具有 200mm/s 的平台速度之資料測量和位置讀數的示例圖。第 7A 圖至第 7C 圖係示出具有 100mm/s 的平台速度之資料測量和位置讀數的示例圖。第 6A 圖至第 6C 圖和第 7A 圖至第 7C 圖僅係為資料測量的示例，而無意於作為限制。可使用任何數量之溫度感測器和任何數量之放置於板上的位置記號，以收集或測量在第 6A 圖至第 6C 圖和第 7A 圖至第 7C 圖的圖式中所顯示之溫度和位置資料。

【0032】 第 6A 圖和第 7A 圖係示出於穩定期之期間之一段時間(以小時為單位)內沿著 x 軸(以微米為單位)發現的位置記號，此係示處由熱影響所導致的 x 軸位置干擾。第 6B 圖和第 7B 圖係示出於穩定期之期間之一段時間(以小時為單位)內在系統的夾具上兩個不同位置測得的溫度。第 6C 圖和第 7C 圖係示出於穩定期之期間之一段時間(以小時為單位)內的系統的第一編碼器、第二編碼器和第三編碼器的攝氏溫度。

【0033】 在操作 306 中，基於所收集之資料和位置讀數來產生一模型。此模型可包括一個以上的資料子集，例如具有考量溫度影響、壓力影響和/或濕度影響等所產生的模型。在產生此模型時，假設系統係為線性的或弱非線性的。此模型可使用有效的熱電容和傳輸，以作為一模型參數。此模型可進一步考慮以重複的方式操作系統。可單獨使用或組合使用於第 4A 圖至第 4F 圖、第 6A 圖至第 6C 圖和第 7A 圖至第 7C 圖中的一或多個中繪示的資料，以幫助產生此模型。

【0034】 此外，動態的眼對眼(eye-to-eye)和/或橋接器對橋接器(bridge-to-bridge)模型可併入於所產生之模型中。此模型可捕捉眼中心相對於另一者的變化，或捕捉橋接器之間的間隔漂移(the drift of the separation)，例如第 5 圖的第一橋接器部件 504、第二橋接器部件 506 和眼 508。動態的眼對眼(eye-to-eye)和/或橋接器對橋接器(bridge-to-bridge)模型可為經驗模型，並且可基於實驗結果來校準模型參數。

【0035】 可將操作 302 和操作 304 可重複一或多次以收集更大量的資料，以用於產生此模型。此模型可為級聯瞬時模型(cascaded transient model)，其中級聯瞬時模型係將位置誤差與多個感測器讀數關聯起來。各部件之瞬時響應係取決於部件之熱電容或質量以及熱傳遞特性(thermal transmission properties)。然後，可使用級聯的經驗模型來表示系統中的熱影響。

【0036】 模型可使用以下變量或參數來形成：位置讀數在不具有熱影響的穩定期之期間應有的位置(x, y)、位置讀數實際上受到熱影響

的位置(x' , y')、位置讀數干擾的近似值為(Δx , Δy)(亦即，不具有熱影響的位置讀數與具有熱影響的位置讀數之間的差)、一初始溫度(T_0)、以及相對於初始溫度讀數(ΔT)的溫度變化。在一實施例中，至少必須知道初始溫度(T_0)和相對於初始溫度讀數的溫度變化(ΔT)，以形成模型。為了近似其中位置讀數實際上是由於熱影響所導致的，可使用公式 1-4。

$$\text{公式1:} \quad x' = x + \Delta x(x, y, \overline{\Delta T}, \overline{T}_0)$$

$$\text{公式2:} \quad y' = y + \Delta y(x, y, \overline{\Delta T}, \overline{T}_0)$$

$$\text{公式3:} \quad \Delta x(x, y, \overline{\Delta T}, \overline{T}_0) \approx \sum_{i=1}^N \alpha_{xi} (\Delta T_i, T_{i0}) \phi_{xi}(x, y)$$

$$\text{公式4:} \quad \Delta y(x, y, \overline{\Delta T}, \overline{T}_0) \approx \sum_{i=1}^N \alpha_{yi} (\Delta T_i, T_{i0}) \phi_{yi}(x, y)$$

【0037】在公式 3 和公式 4 中， ϕ 係為空間模式，而 α 係為溫度和整體位置變化之間的模型轉換。位置干擾(Δx , Δy)係制定為所有溫度感測器讀數，包括先前的讀數和當前的讀數。

【0038】在操作 308 中，模型係被校準。校準此模型可包括連續地操作光刻系統以模擬穩定期，以及在穩定期之後使光刻系統保持閒置(idle)以模擬冷卻期。藉由形成最佳化問題來進一步校準模型。形成最佳化問題，以獲得模型參數，使總成本函數(C)最小化(在下面的公式 7 中示出)。成本係定義為於代表過渡之複數個位置(x , y)和的複數個溫度之條件下的測量值與模型預測值之差的總和。可形成最佳化問題，以最小化成本函數。

【0039】形成最佳化問題，以確定系統在穩定期之間期的複數個熱電容和傳輸係數。最佳化器的輸入係為在複數個位置所收集之溫度

讀數和對應位置誤差。最佳化器的輸出係為一組之熱電容和傳輸係數。最佳化器可最小化基板上的測量位置與模型估計位置之間的差異。可使用公式 5 至公式 7 校準模型。公式 5 和公式 6 係用於模型預測誤差，其中 x'_{meas} 和 y'_{meas} 係由於熱影響之測量位置變化。公式 7 係為成本函數，其中 K 係為收集的資料數量， L 係為校準參數的數量。

公式 5：
$$\varepsilon_x(x, y) = x'_{meas} - x'$$

公式 6：
$$\varepsilon_y(x, y) = y'_{meas} - y'$$

公式 7：
$$C = \sqrt{\frac{1}{LK} (\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \varepsilon_x^{k,l})^2} + \sqrt{\frac{1}{LK} (\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \varepsilon_y^{k,l})^2}$$

【0040】在操作 310 中，使用校準模型來估計後續穩定期中的誤差，並且動態地校正後續穩定期中的估計誤差。在對模型進行校準之後，可在後續穩定期之期間使用此模型來校正由於熱影響而導致的預測位置誤差和干擾。如上所述，熱影響僅係為可考慮的一種類型的影響或變化，且不意指作為限制範例。可藉由動態地調整即時(on-the-fly)光刻系統的數位遮罩來校正穩定期之期間的估計位置誤差，而不是對物理光刻系統本身所進行之校正或改變。估計的位置誤差的校正可係為各平板(plate)或各基板上於曝光於數位遮罩之期間所施加之動態數位校正。

【0041】校準模型可進一步用於監視光刻系統的穩定性。模擬數位遮罩的對準之對準模型係可基於校準模型來形成。然後於後續穩定期之期間，對準模型係可與數位遮罩的對準進行比較。對準模型與後續穩定期之期間的對準之比較係可用於確定相似性度量。相似性度量

可用以確定後續穩定期與用於產生模型的初始穩定期是否相同(亦即，後續穩定期是否經歷與初始穩定期相同的位置干擾)。相似性度量可藉由確定是否重複發生相同的位置干擾來確定系統的穩定性。如果系統穩定，則將更容易估算潛在位置誤差，這是由於相同的誤差將在穩定期間的同一時間點重複發生。

【0042】在至少一實施例中，模型可為機器學習模型或具有模型指導之問題，例如神經網絡。舉例而言，如果可獲得大量資料，則光刻系統可使用複數個感測器和大量資料來主動地校正位置干擾或誤差，其中位置干擾或誤差係於後續穩定期之期間於誤差發生之前具有很高的發生頻率。系統可使用資料、感測器和/或模型，以估計或確定具有高發生頻率的誤差，並在誤差發生之前補償潛在的誤差。在補償具有高發生頻率的干擾或誤差之後，系統可進一步將當前印刷位置與模型進行比較，以確定補償是否實際上糾正了潛在的錯誤，並且可根據需要進行其他調整。因此，系統可使用機器學習演算法在發生誤差之前主動地補償潛在的錯誤，而不是在發生錯誤時即時(on-the-fly)糾正錯誤。

【0043】使用上述方法，可精確地模擬和校準光刻系統行為，以估計在穩定期之期間所發生之位置干擾，此係增強了總節距和疊加校正重複性(total pitch and overlay correction repeatability)。然後，在系統的后續穩定期之期間，藉由調整數位遮罩，模型係用以即時(on-the-fly)校正疊加和總節距誤差。此外，如果系統可使用大量資料，

則系統可使用具有模型指導的機器學習模型在出現誤差之前主動地補償潛在的位置干擾或誤差。

【0044】 將模型用於動態位置校正可消除或減少昂貴的硬體解決方案。由於位置校正係應用於數位遮罩，因此可輕易地將模型用於動態位置校正。此外，由於模型係為基於軟體的解決方案，因此新的模型形式可開發以包括以前未包含或未涵蓋之新影響，或包含最初不可獲得的附加感測器。因此，可將光刻系統準確地用於平板(plate)或基板的穩定期之間期的曝光。

【0045】 雖然上文係針對本揭露的實施例，但是在不脫離本揭露的基本保護範圍之情況下，可設計本揭露的其他和進一步實施例，以及本揭露的保護範圍係由後附之申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0046】

23,25,27,29,65,67,69,71:眼

100,190:光刻系統

110:底框

112:被動空氣隔離器

120:板

122:支撐件

124:軌道

126:編碼器

128:內壁

130:平台
140:基板
150:軌道
160:處理設備
162:支撐件
164:處理單元
165:盒
166:開口
270:影像投射設備
280:空間光調製器
283:焦點感測器
284:檢查系統
285:照相機
286:投射光學部件
300:方法
302,304,306,308,310:操作
500:對準配置
502:板
504,506:橋接器部件
508:眼
510:對準記號

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種校正方法，包括：

啟動一光刻系統(photolithography system)並進入一穩定期(stabilization period)；

在該光刻系統於該穩定期之期間印刷時收集資料和位置讀數，其中所收集之該資料包括溫度資料；

根據該資料和該位置讀數來產生一模型，其中該模型係使用選自以下群組之一或多個參數來形成：該位置讀數處於不具有熱影響的該穩定期之期間應有的位置、該位置讀數實際上受到熱影響的位置、該位置讀數的干擾之近似值、該光刻系統的一初始溫度、以及於一預定時間之後來自該初始溫度之一量測溫度變化；以及

在複數個後續穩定期(subsequent stabilization periods)之期間使用該模型動態地校正估計複數個誤差。

【請求項2】 如請求項1所述之方法，其中該溫度資料係使用設置在整個該光刻系統中之複數個溫度感測器來收集。

【請求項3】 如請求項1所述之方法，其中該溫度資料係在該穩定期的加熱期和冷卻期之期間收集。

【請求項4】 如請求項1所述之方法，其中所收集之該資料更包括壓力資料。

【請求項5】 如請求項1所述之方法，其中所收集之該資料更包括濕度資料。

【請求項6】 如請求項1所述之方法，其中該模型係為一組之複數個級聯瞬時模型(cascaded transient models)。

【請求項7】 一種校正方法，包括：

啟動一光刻系統(photolithography system)並進入一穩定期(stabilization period)；

當該光刻系統於穩定期之期間印刷時，收集溫度資料和位置讀數，其中係於該穩定期的加熱期和冷卻期之期間來收集該溫度資料；

根據該溫度資料和該位置讀數來產生一模型，其中該模型係使用選自以下群組之一或多個參數來形成：該位置讀數處於不具有熱影響的該穩定期之期間應有的位置、該位置讀數實際上受到熱影響的位置、該位置讀數的干擾之近似值、該光刻系統的一初始溫度、以及於一預定時間之後來自該初始溫度之一量測溫度變化；

校正該模型；

在複數個後續穩定期(subsequent stabilization periods)使用校正的該模型來估計複數個誤差；以及

在該些後續穩定期之期間動態地校正估計的該些誤差。

【請求項8】 如請求項7所述之方法，其中壓力資料係進一步收集，並且該模型係基於該壓力資料產生。

【請求項9】 如請求項7所述之方法，其中濕度資料係進一步收集，並且該模型係基於該濕度資料產生。

【請求項10】 如請求項7所述之方法，其中該模型係為一組之複數個級聯瞬時模型(cascaded transient models)。

【請求項11】 如請求項7所述之方法，其中該溫度資料係使用設置在整個該光刻系統中之複數個溫度感測器來收集。

【請求項12】 一種校正方法，包括：
啟動一光刻系統(photolithography system)並進入一穩定期(stabilization period)；

在該光刻系統於該穩定期之期間印刷時收集溫度資料和位置讀數；

根據該溫度資料和該位置讀數來產生一模型，其中該模型係使用選自以下群組之一或多個參數來形成：該位置讀數處於不具有熱影響的該穩定期之期間應有的位置、該位置讀數實際上受到熱影響的位置、該位置讀數的干擾之近似值、該光刻系統的一初始溫度、以及於一預定時間之後來自該初始溫度之一量測溫度變化；

形成一最佳化問題以決定該光刻系統之熱電容和傳遞係數；

在複數個後續穩定期(subsequent stabilization periods)使用該模型和該最佳化問題來估計複數個誤差；以及
在該些後續穩定期之期間動態地校正估計的該些誤差。

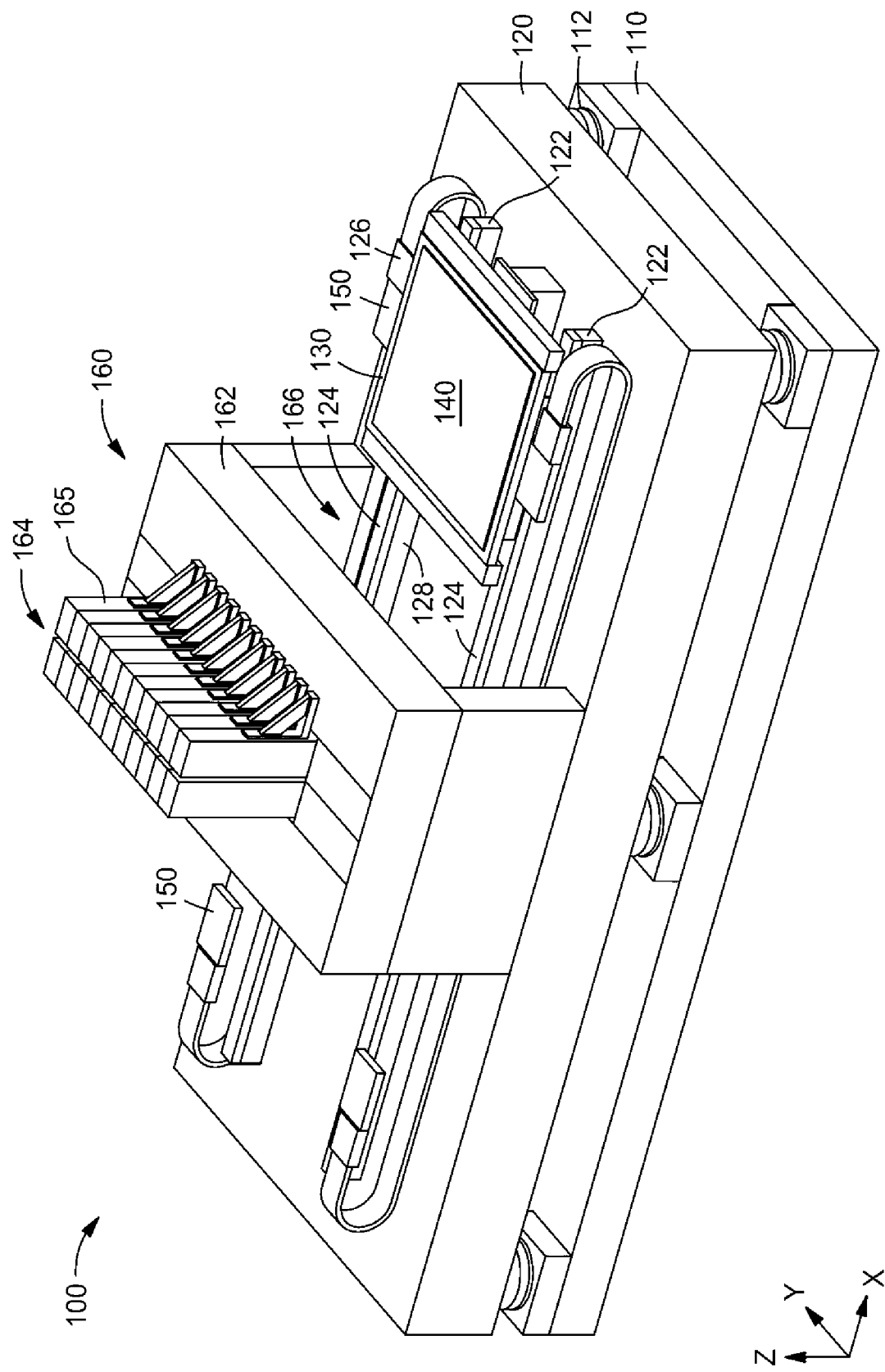
【請求項13】 如請求項12所述之方法，其中壓力資料係進一步收集，並且該模型係基於該壓力資料產生。

【請求項14】 如請求項12所述之方法，其中濕度資料係進一步收集，並且該模型係基於該濕度資料產生。

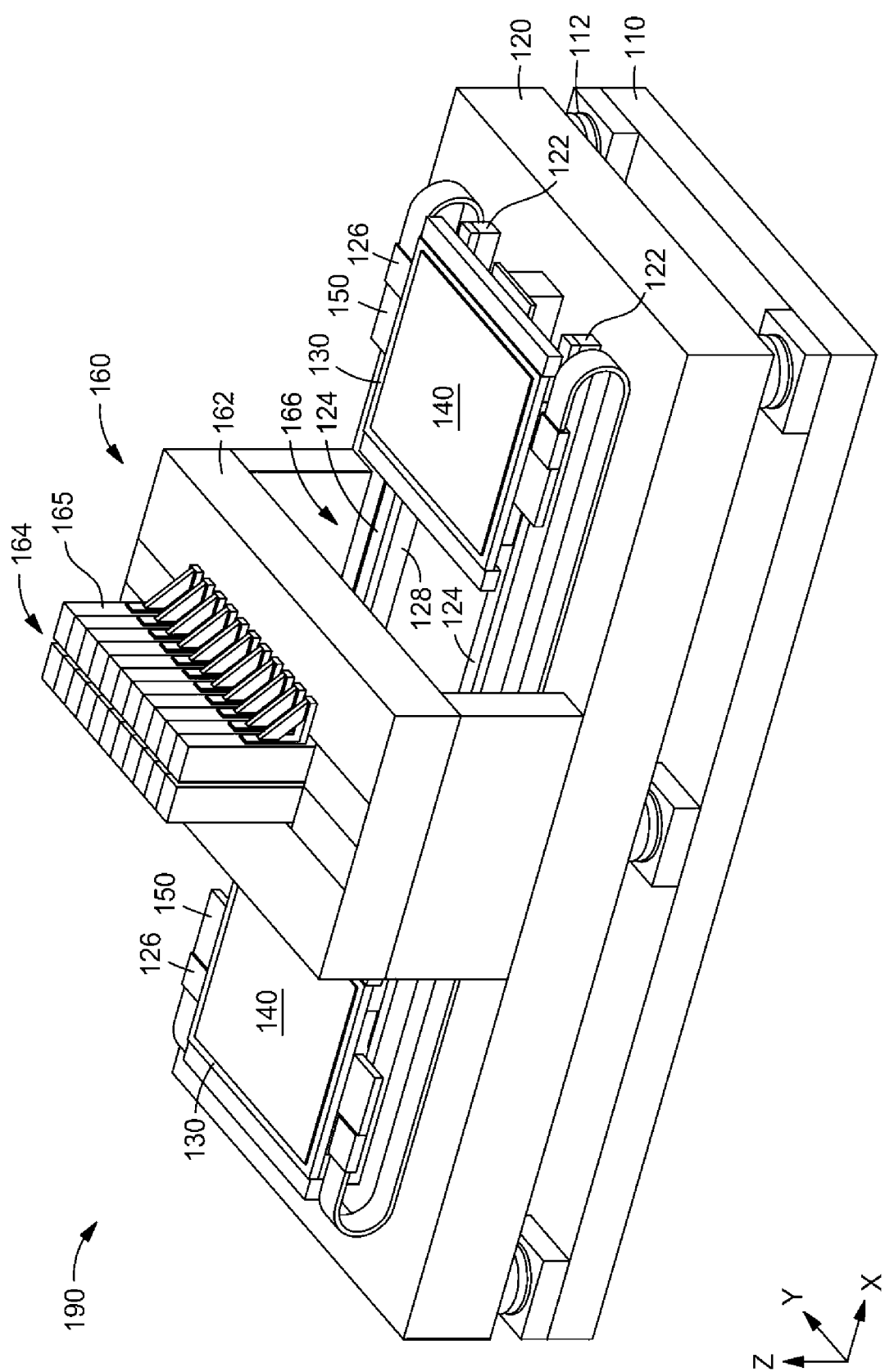
【請求項15】 如請求項12所述之方法，其中該模型係為一組之複數個級聯瞬時模型(cascaded transient models)。

【請求項16】 如請求項12所述之方法，其中該溫度資料係在該穩定期之期間的加熱期和冷卻期收集。

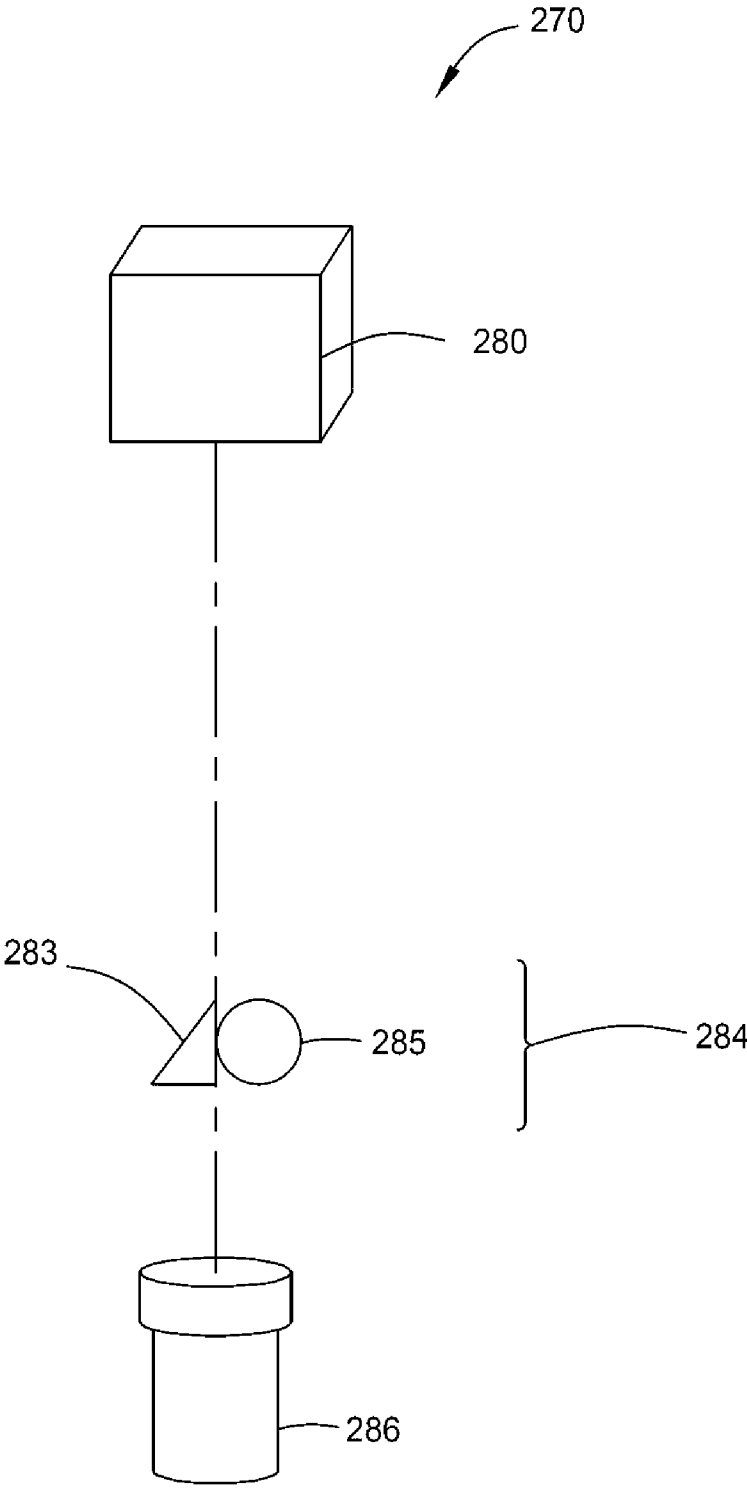
【發明圖式】



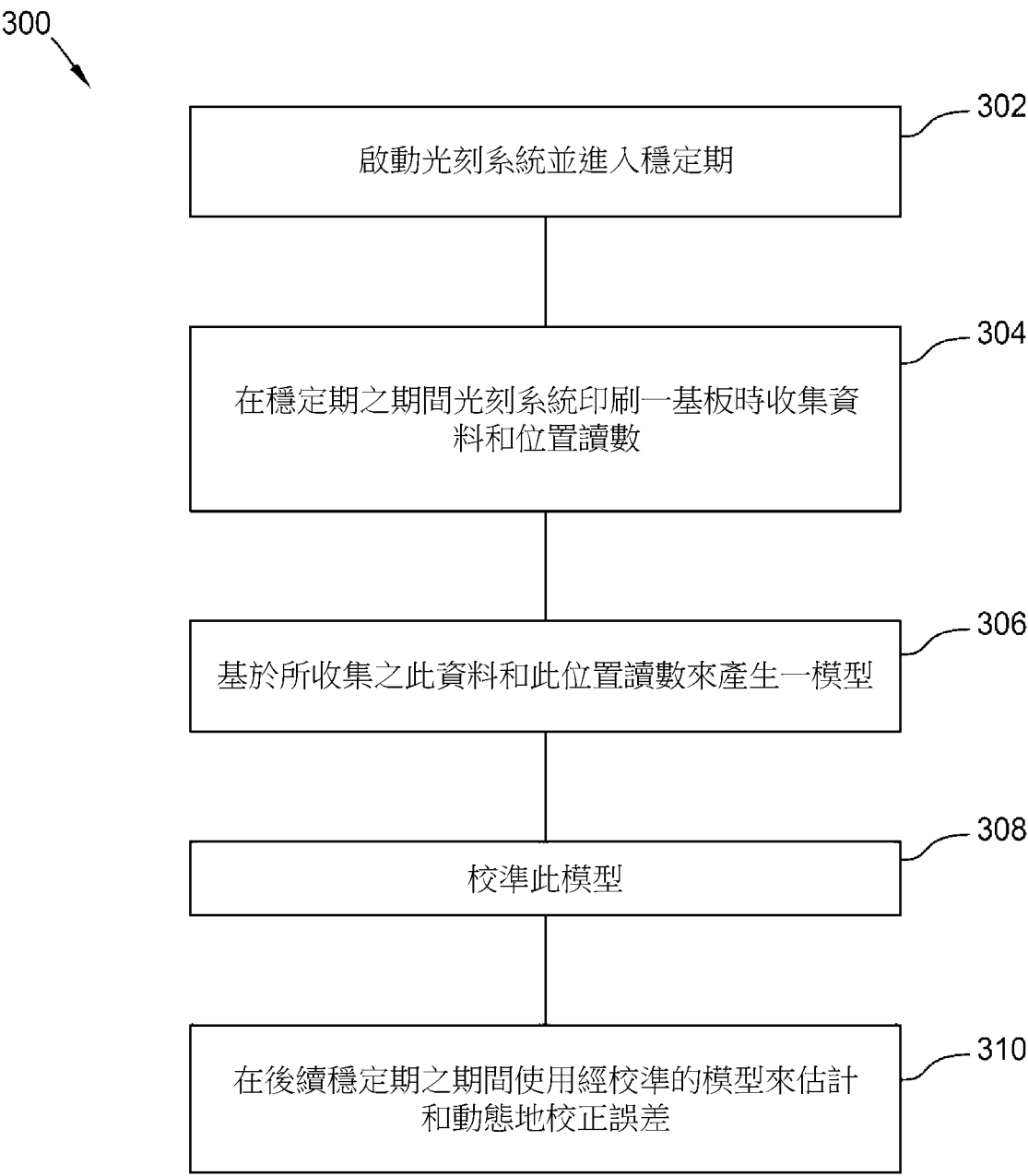
第1A圖



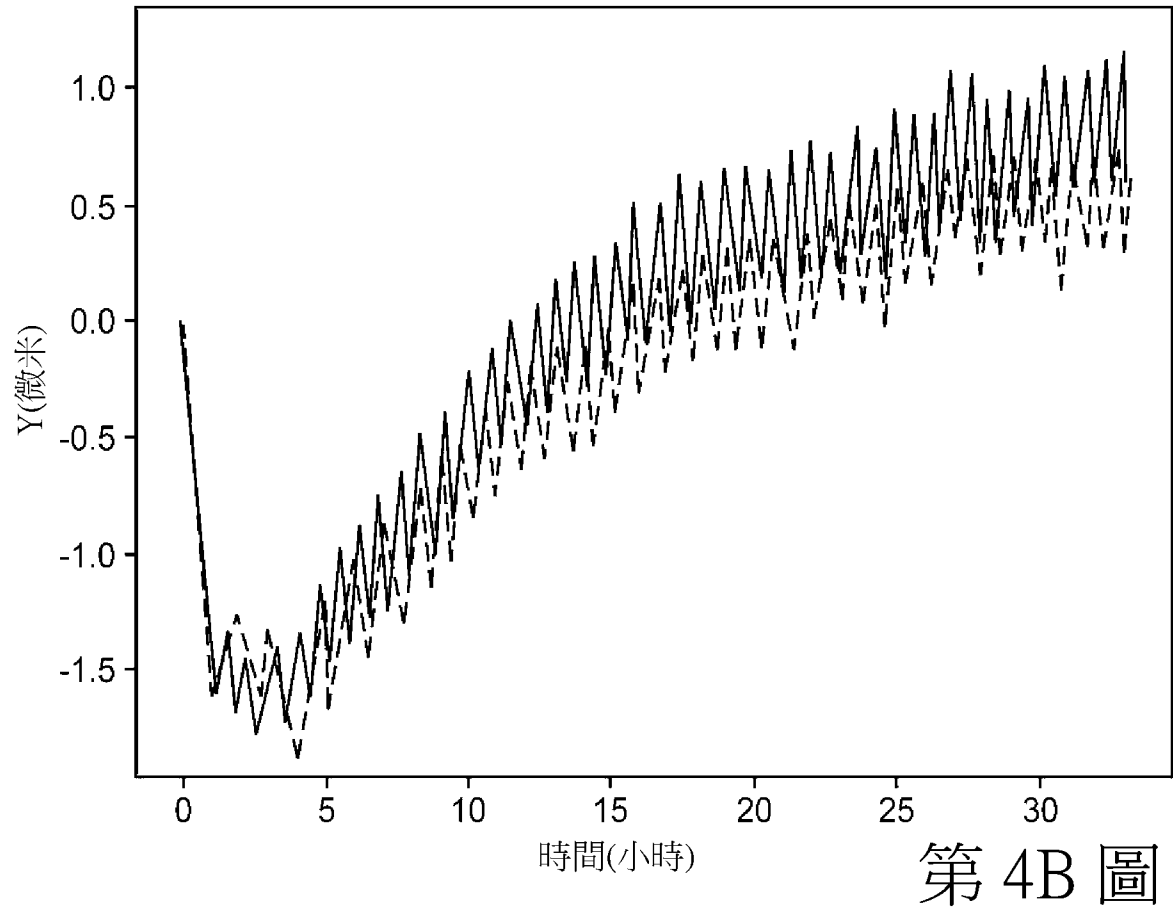
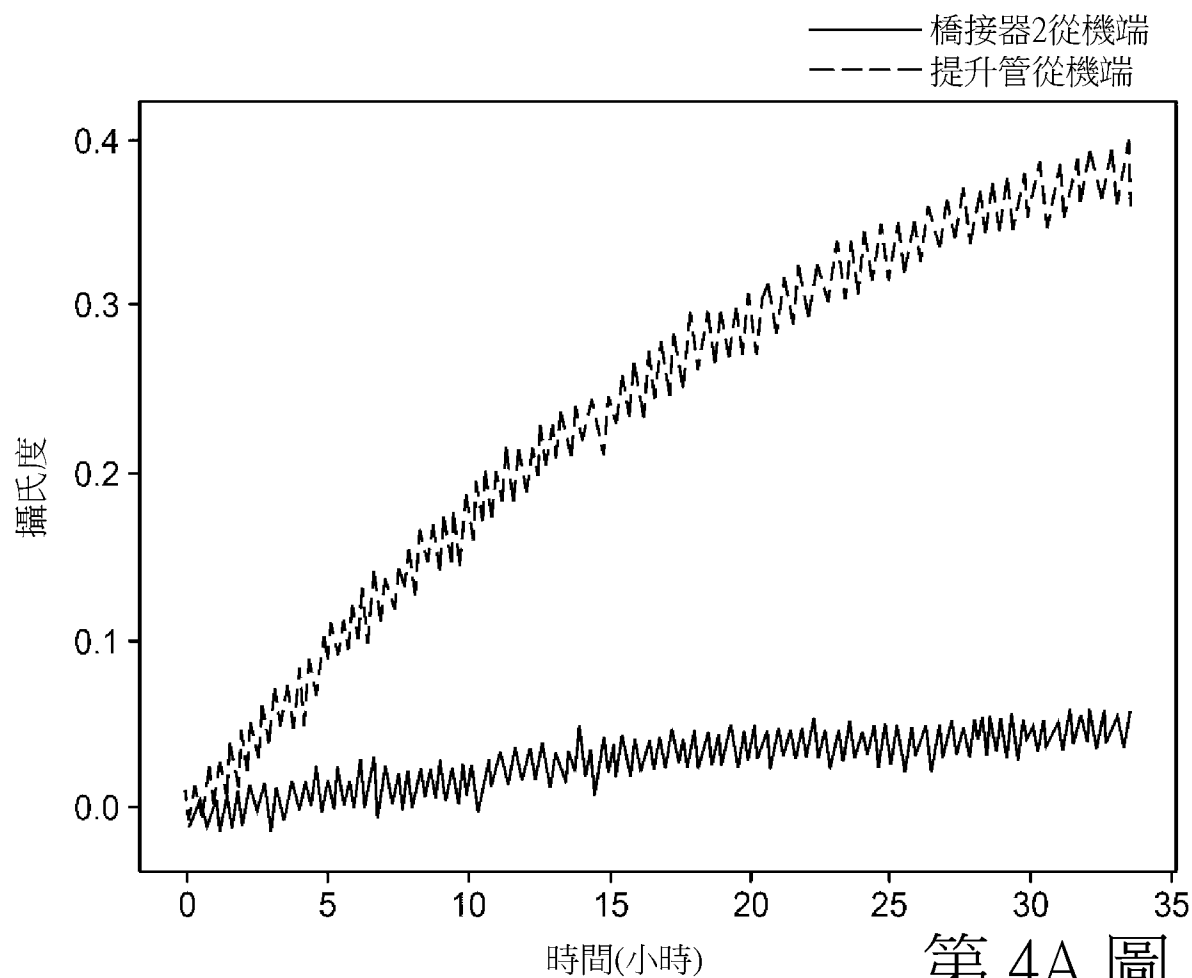
第1B圖

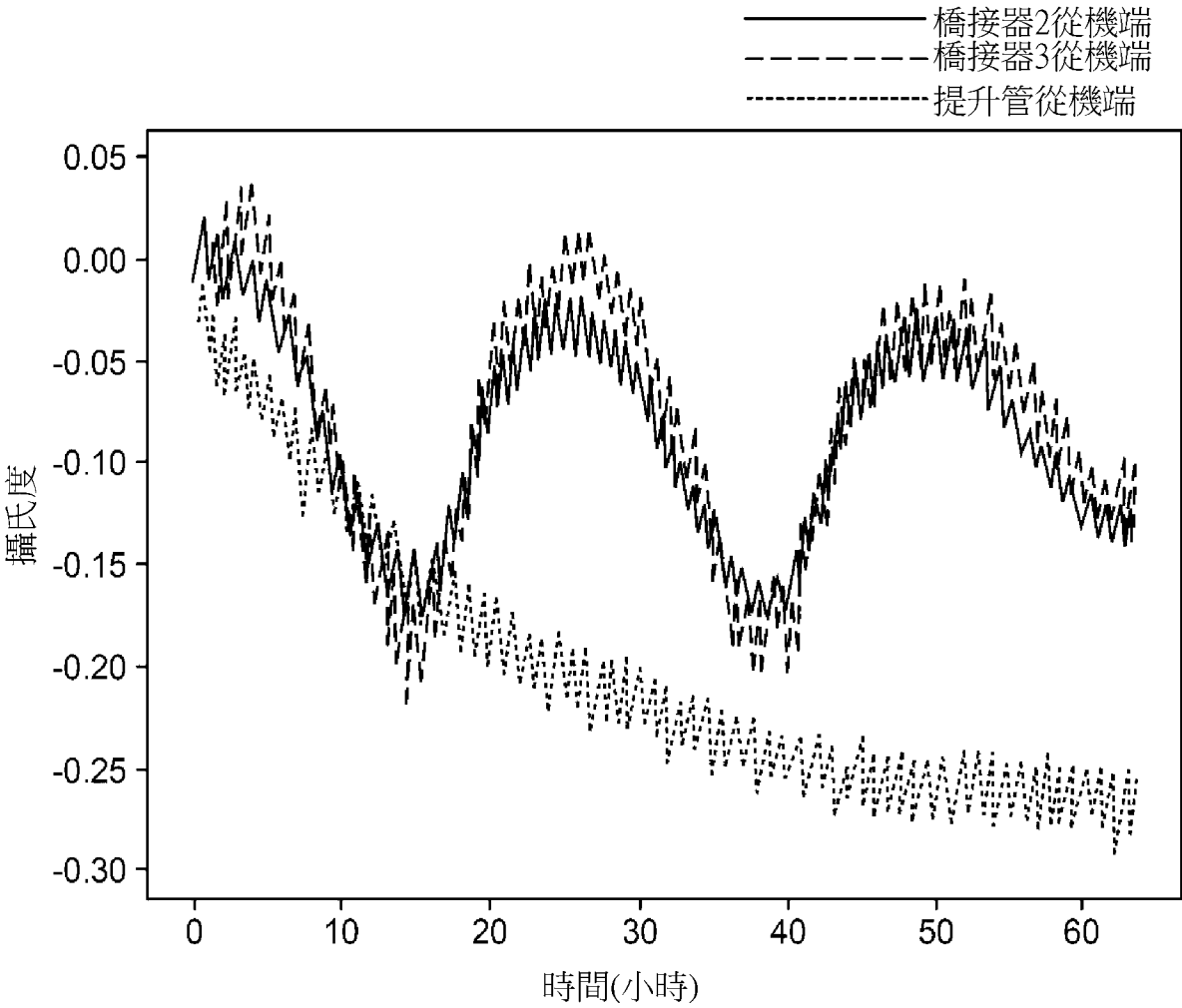


第 2 圖

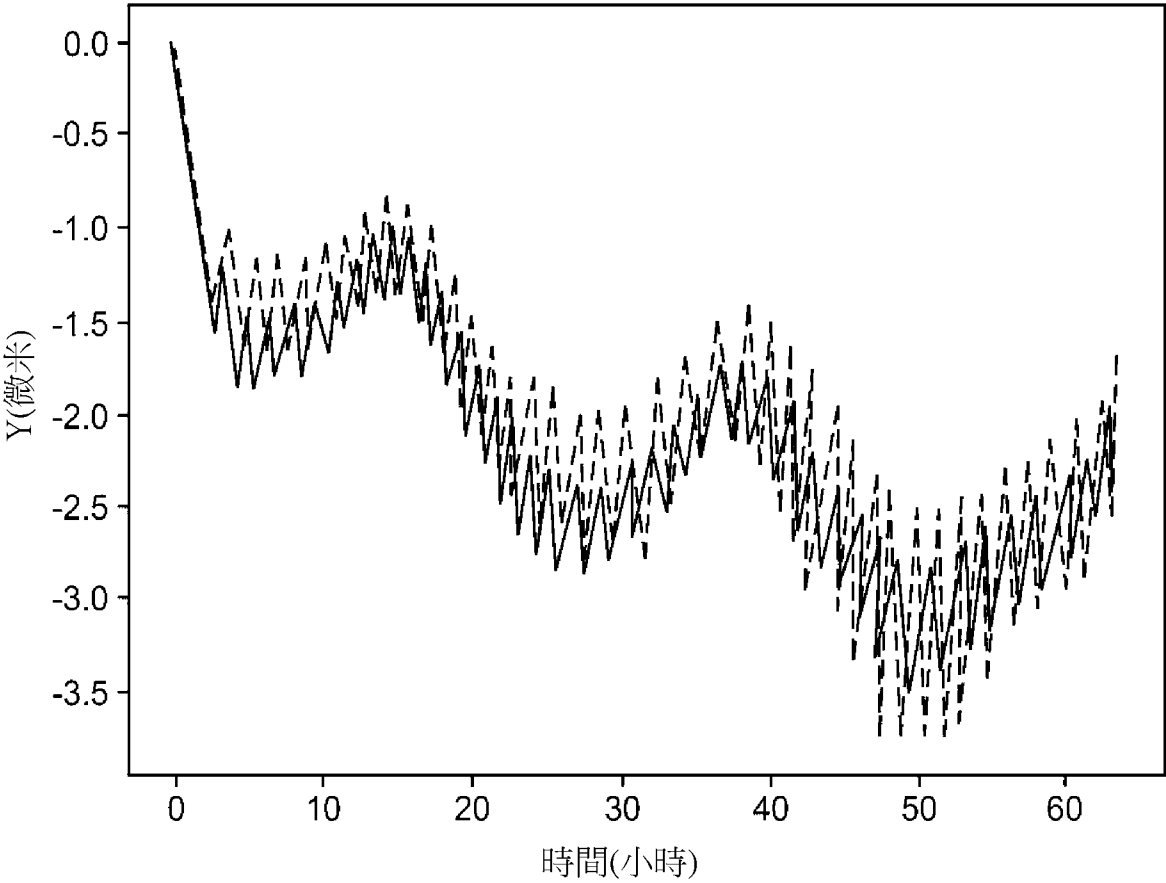


第 3 圖

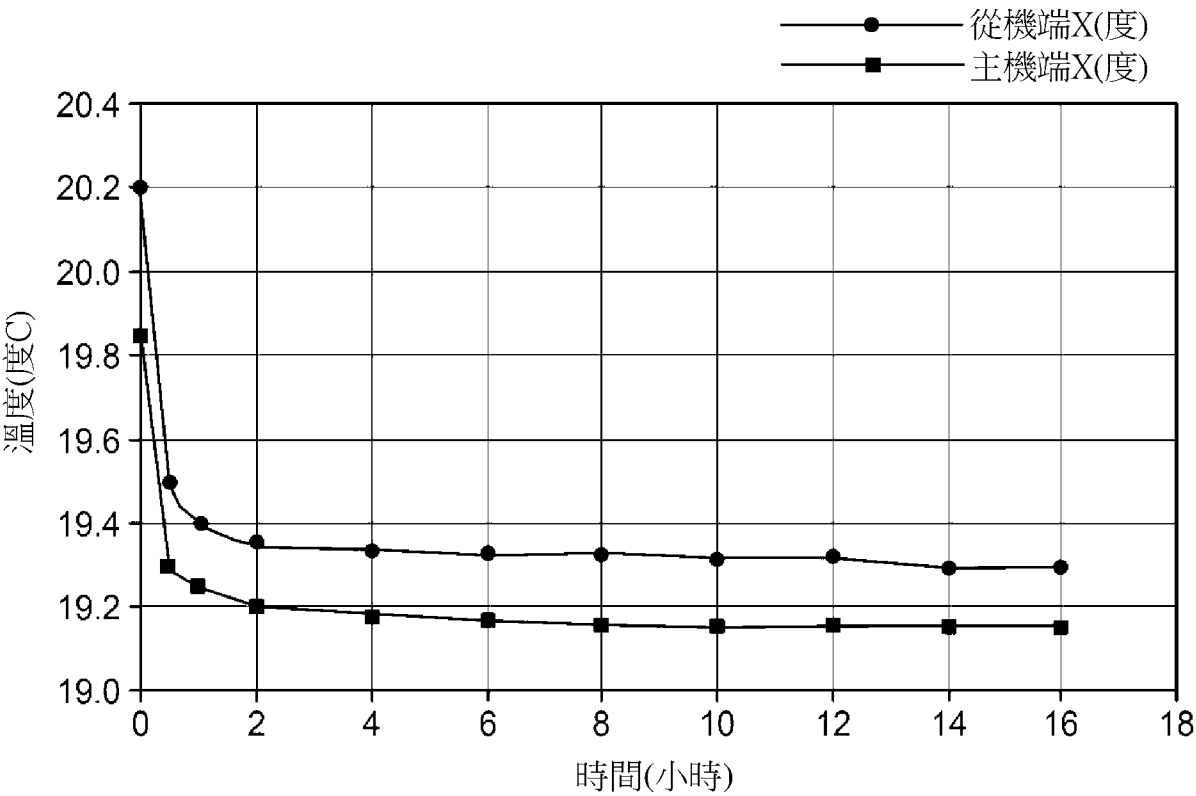




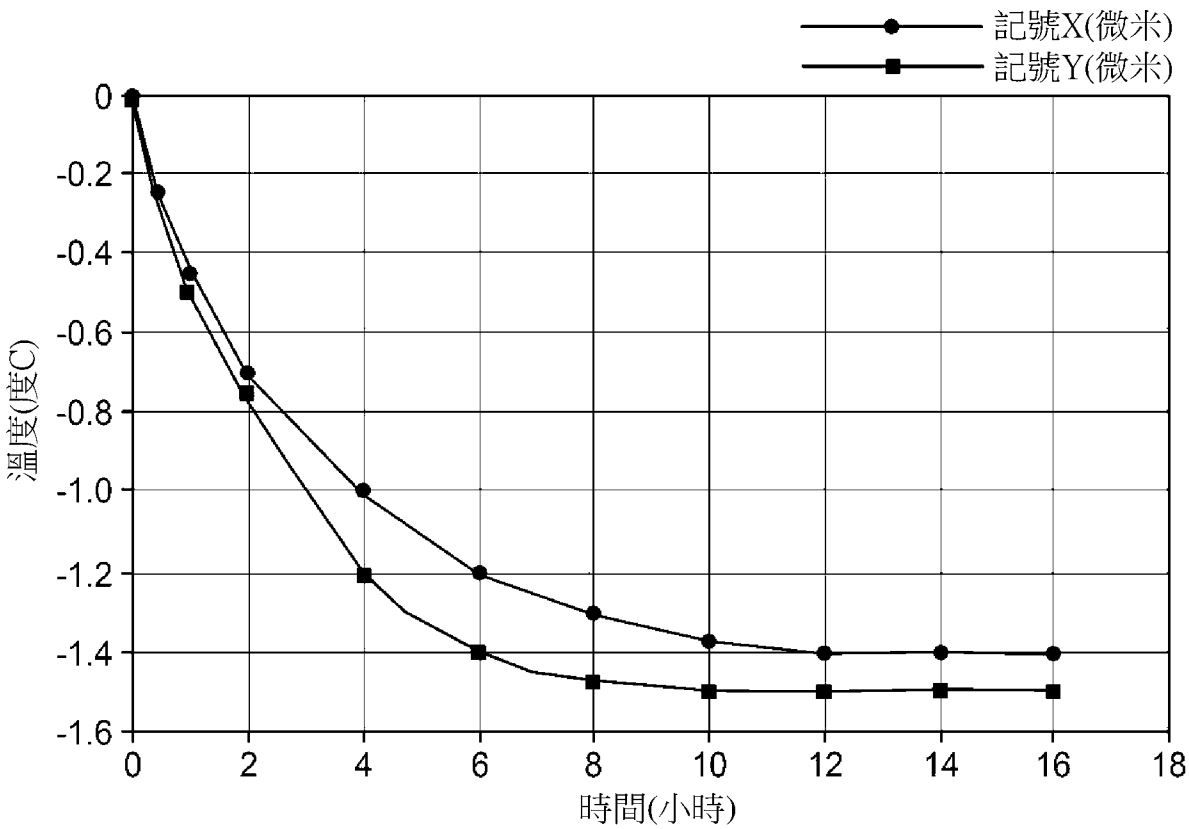
第 4C 圖



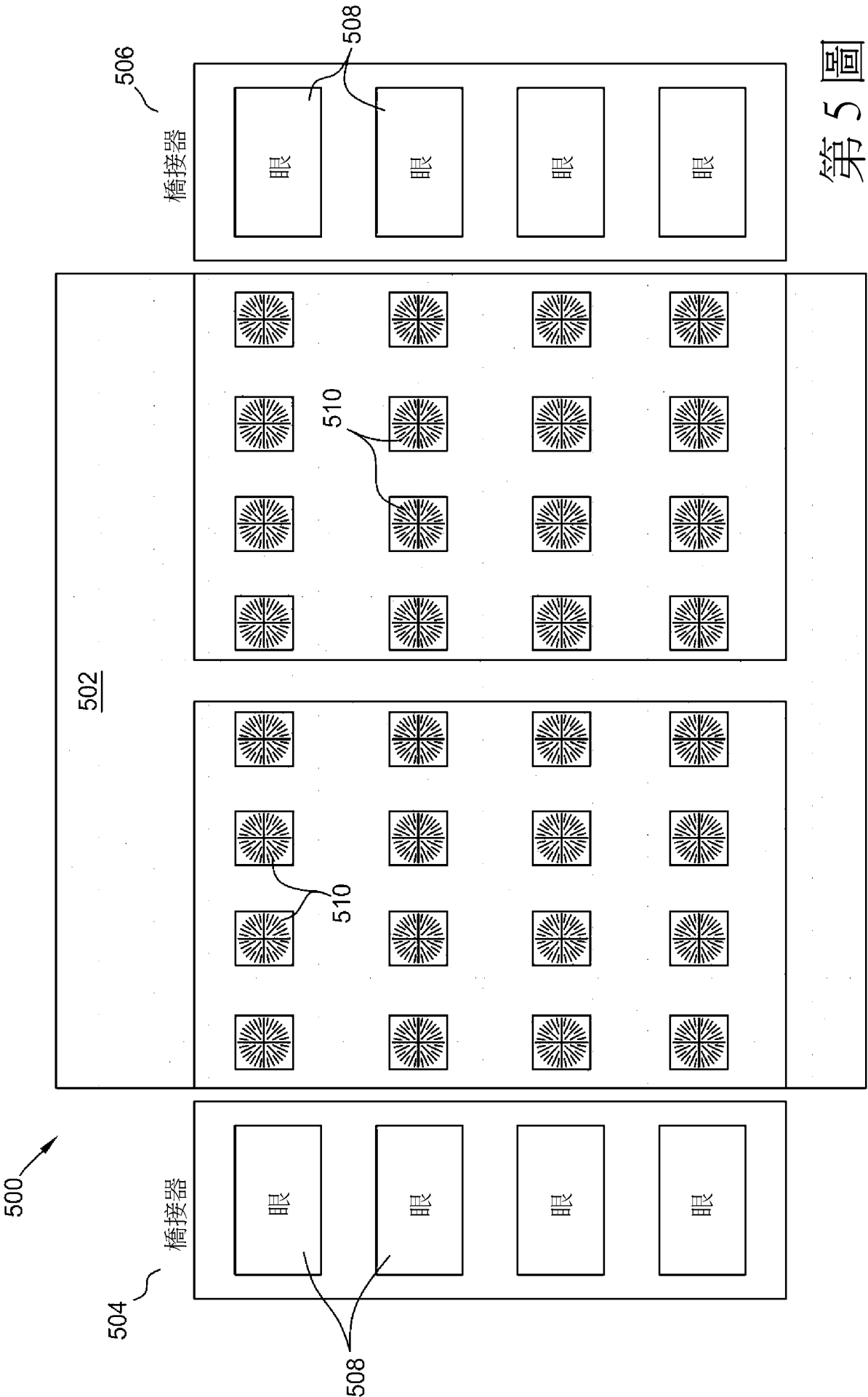
第 4D 圖



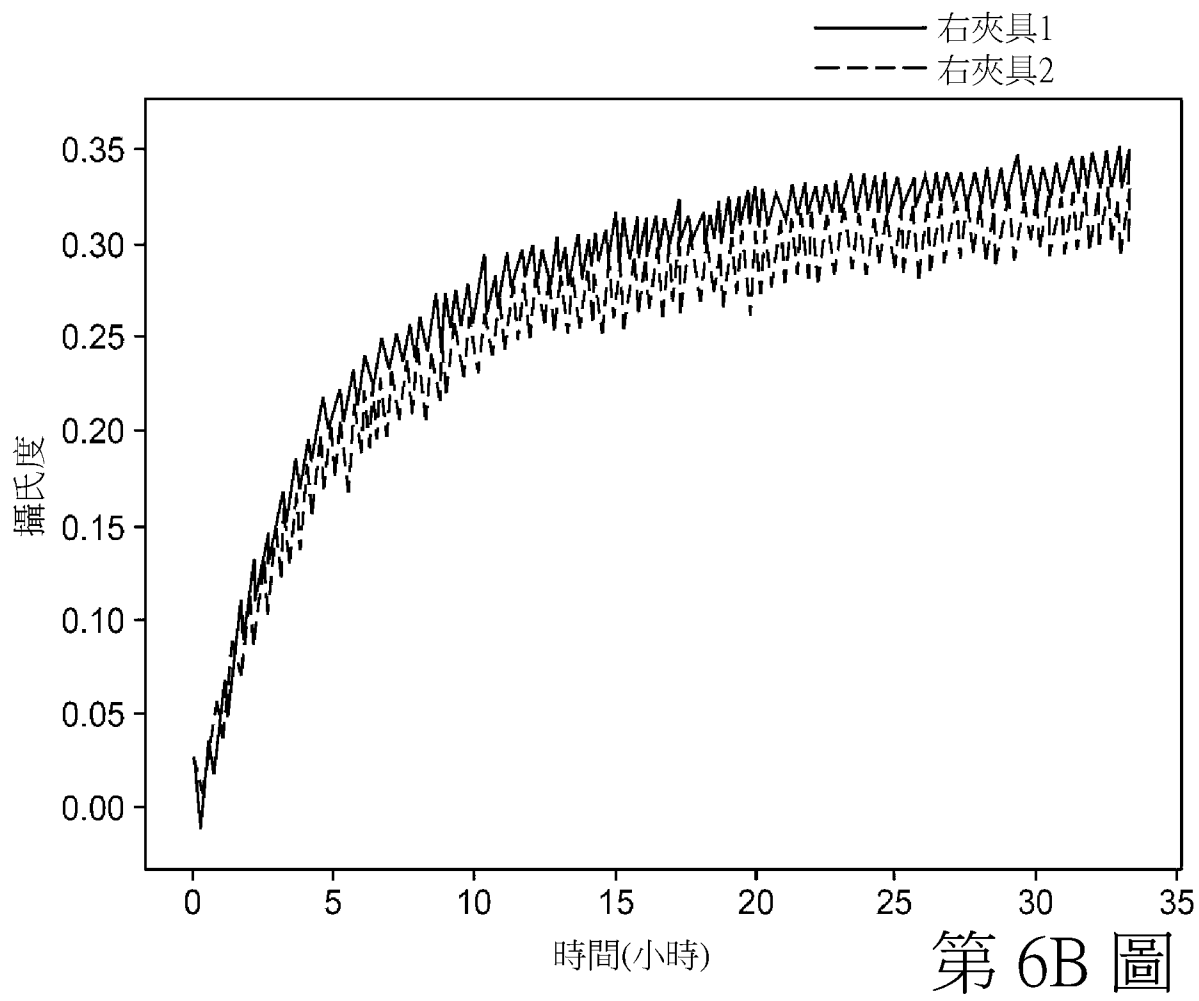
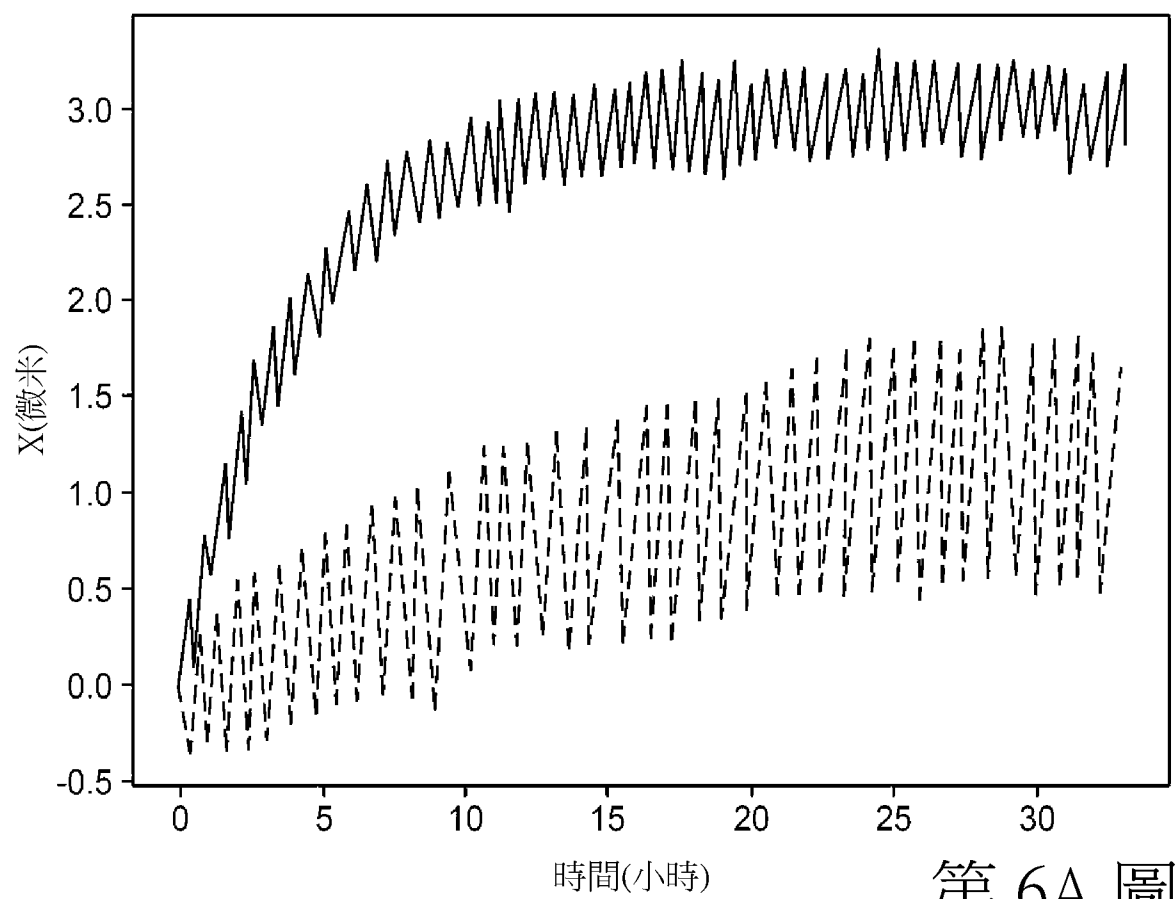
第 4E 圖

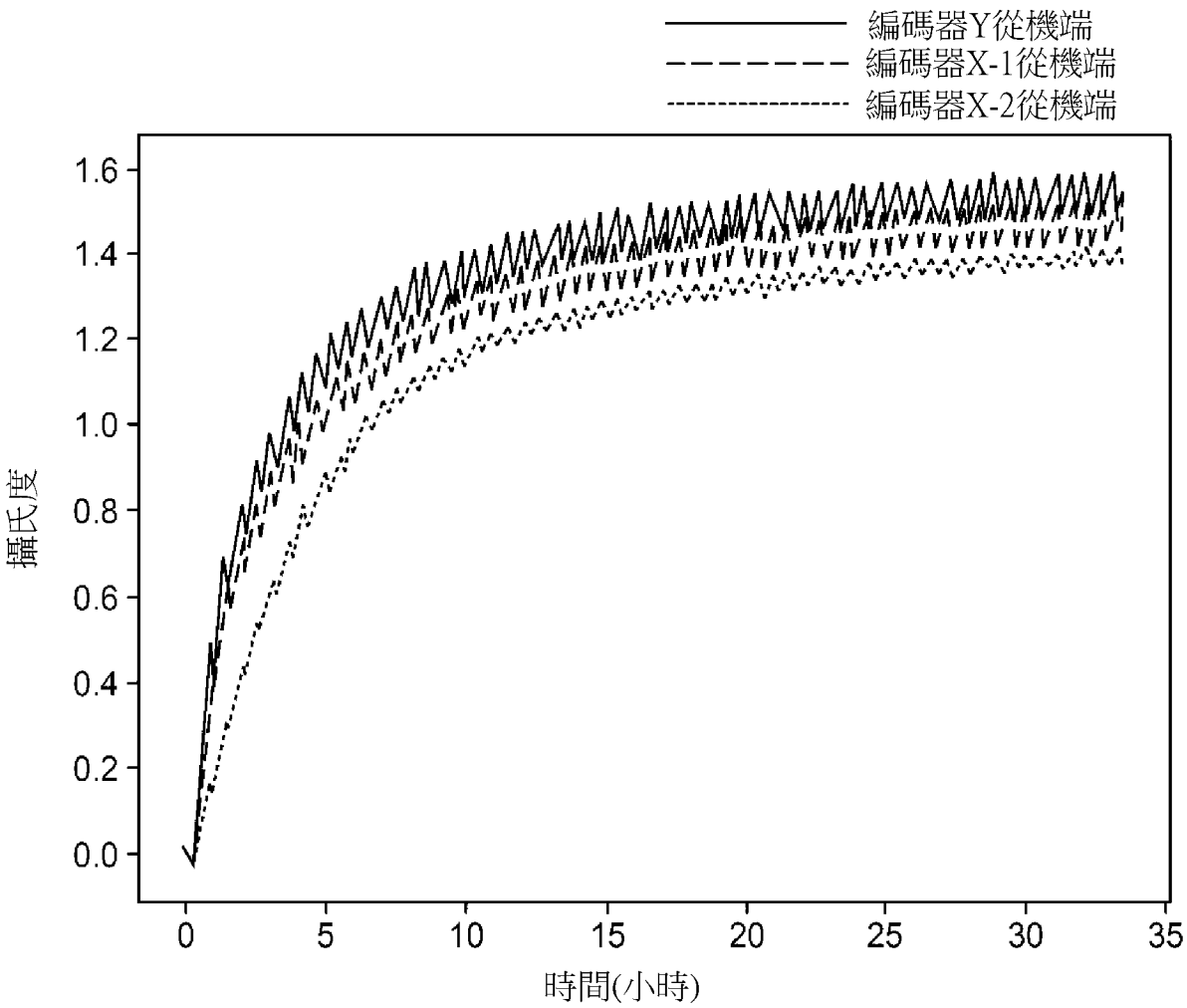


第 4F 圖

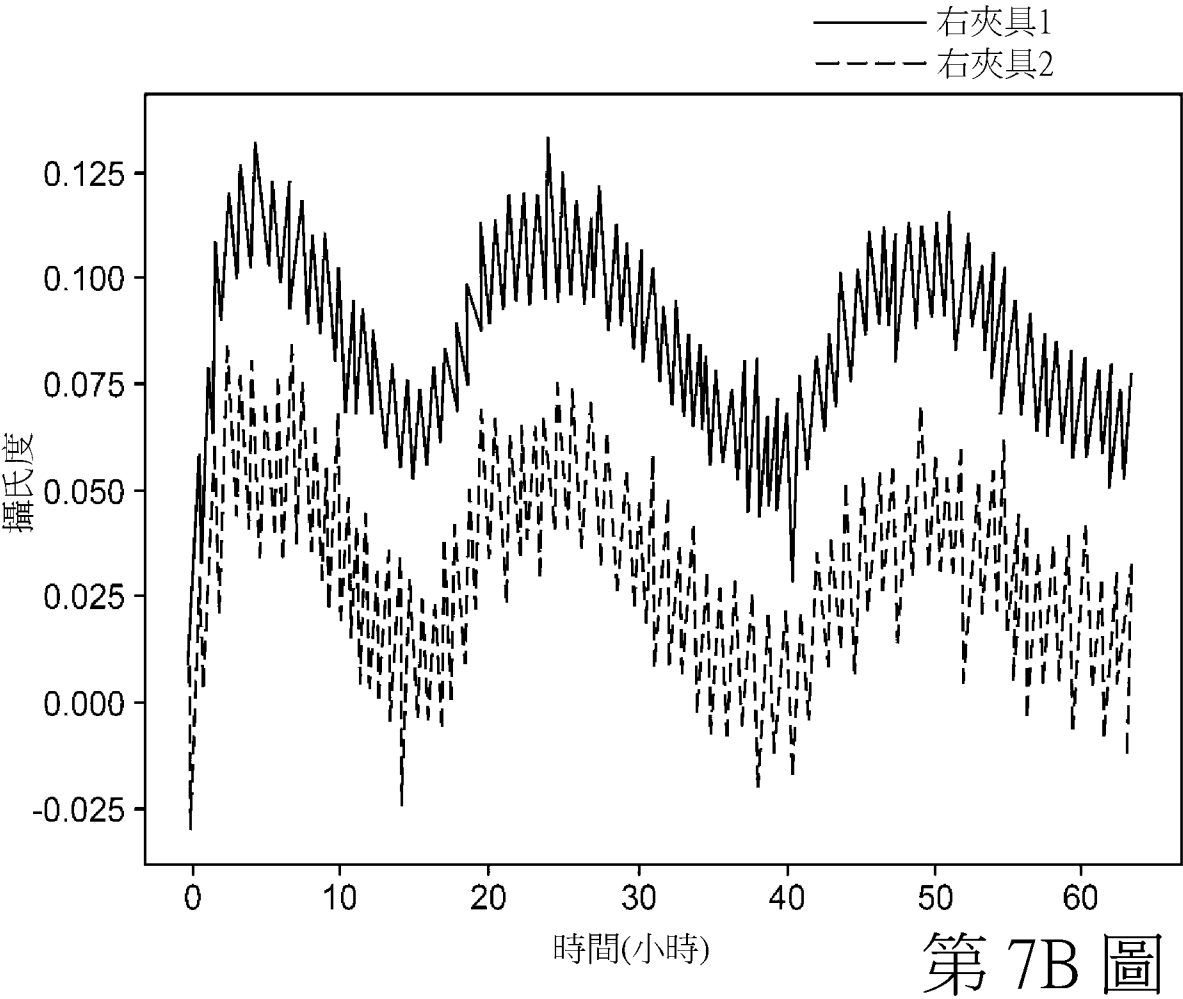
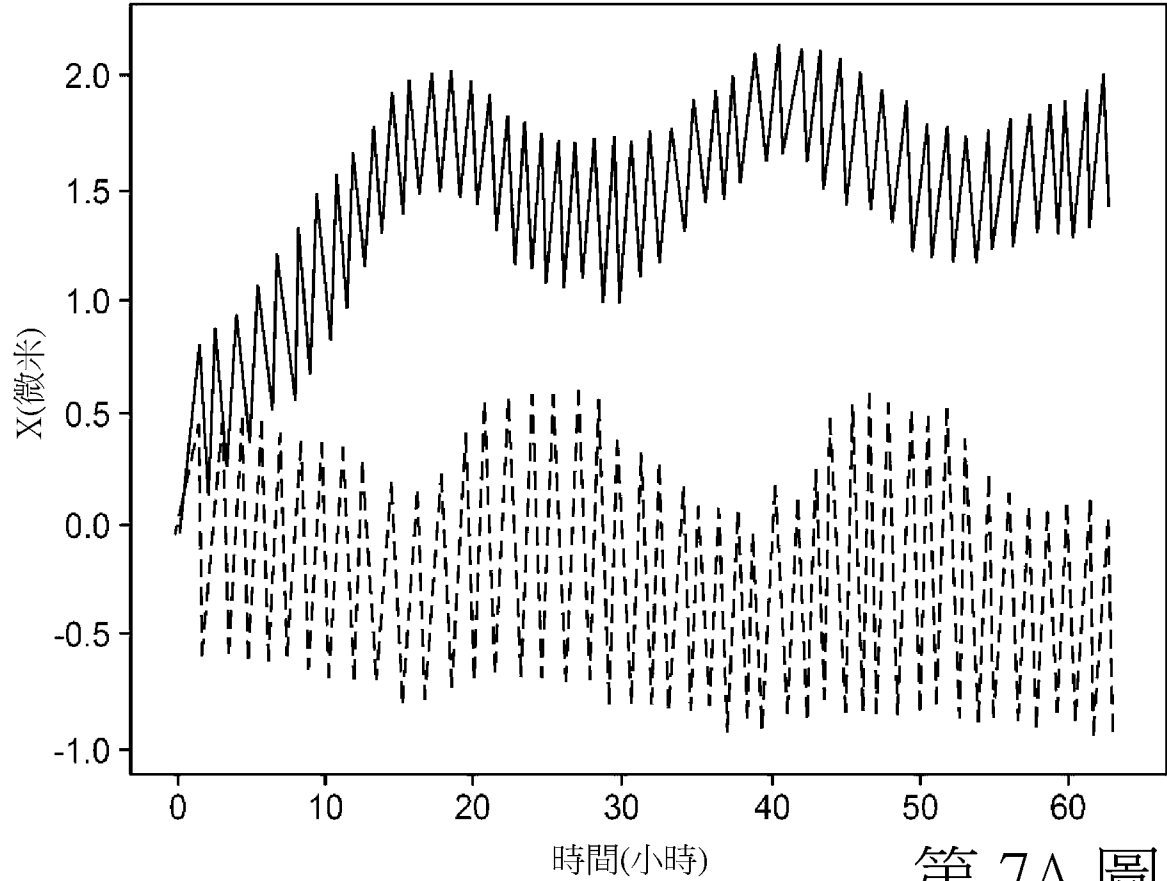


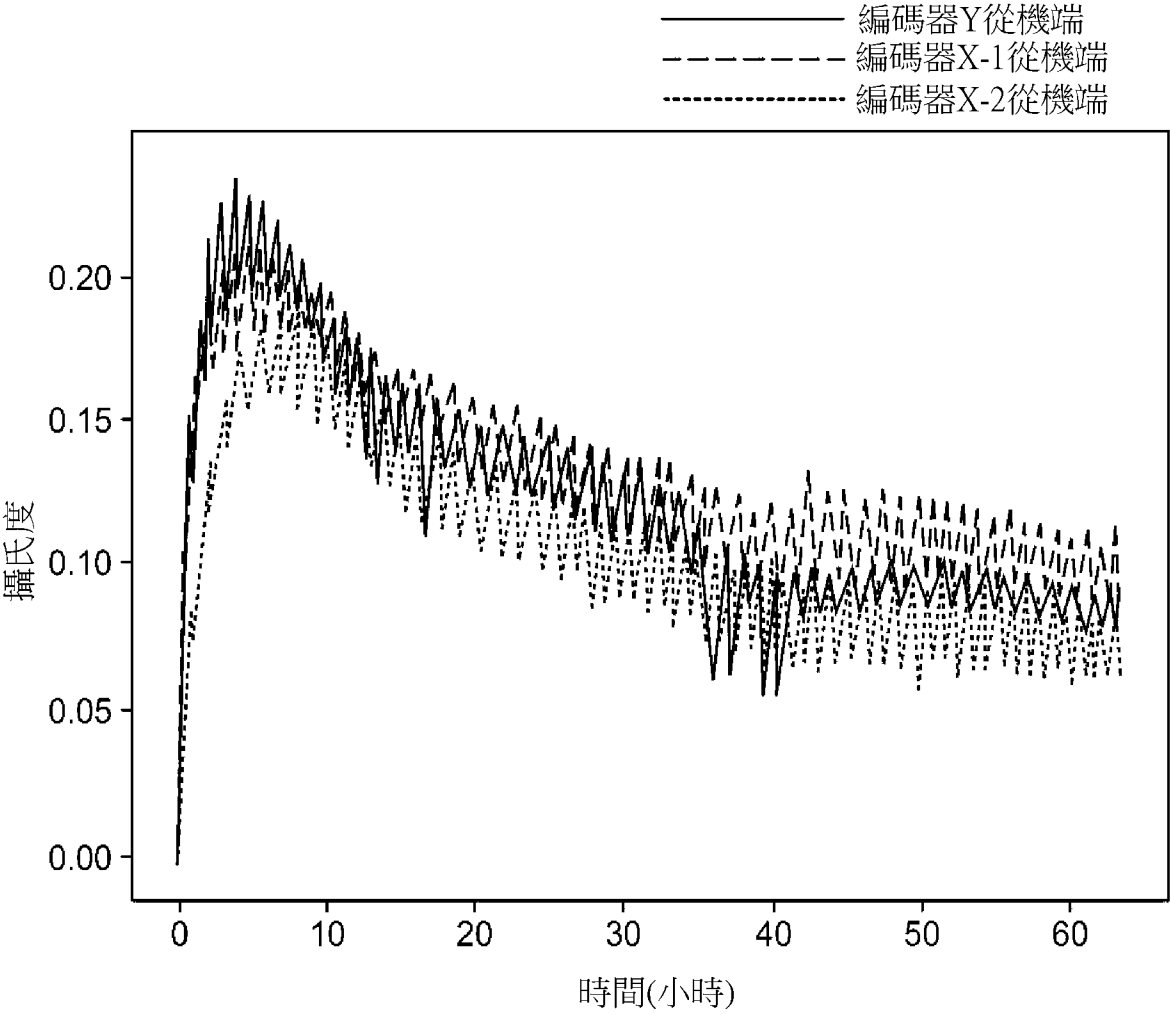
第5圖





第 6C 圖





第 7C 圖