



(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 I525302 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：101104442

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 10 日

(51)Int. Cl. : G01B11/24 (2006.01)

(30)優先權：2011/02/11 美國 13/025,654

(71)申請人：克萊譚克公司 (美國) KLA-TENCOR CORPORATION (US)  
美國

(72)發明人：翰琪 約翰 J HENCH, JOHN J. (US)；金文 JIN, WEN (CN)；鮑君威 BAO, JUNWEI (CN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW I223365

US 2007/0232045A1

US 2008/0077352A1

審查人員：曾世杰

申請專利範圍項數：26 項 圖式數：8 共 48 頁

(54)名稱

用於產生量測用之廣製程全距函式庫之方法及用於其之機器可存取儲存媒體

METHODS OF GENERATING WIDE PROCESS RANGE LIBRARY FOR METROLOGY AND  
MACHINE-ACCESSIBLE STORAGE MEDIUM THEREFOR

(57)摘要

本發明描述產生量測用之廣製程全距函式庫的方法。舉例而言，一種方法包括產生具有一第一參數之一第一製程全距的一第一函式庫。產生具有該第一參數之一第二製程全距的一第二函式庫。該第二製程全距與該第一製程全距重疊。將該第二函式庫拼接至該第一函式庫以產生具有該第一參數之一第三製程全距的一第三函式庫。該第三製程全距寬於該第一製程全距及該第二製程全距中之每一者。

Methods of generating wide process range libraries for metrology are described. For example, a method includes generating a first library having a first process range for a first parameter. A second library is generated having a second process range for the first parameter. The second process range is overlapping with the first process range. The second library is stitched to the first library to generate a third library having a third process range for the first parameter. The third process range is wider than each of the first and second process ranges.

指定代表圖：

- 符號簡單說明：
- 400 . . . 函式庫
  - 402 . . . 現有函式庫/主函式庫
  - 404 . . . 側函式庫
  - 406 . . . 重疊區域

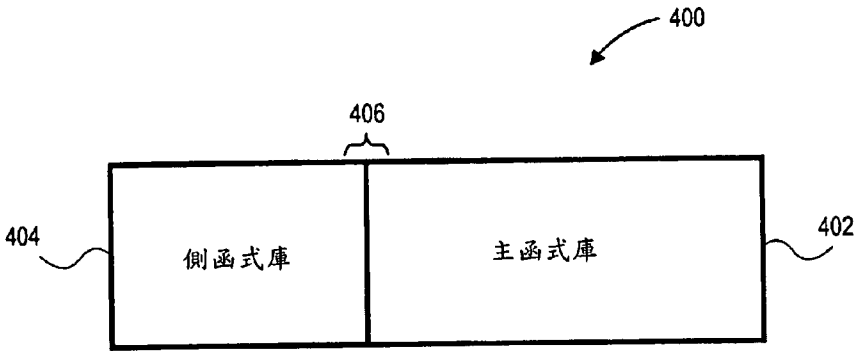


圖4A

# 發明專利說明書

中文說明書替換頁(104年9月14日)

(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：101104442

※申請日：101年2月10日

※IPC 分類：

G01B 11/24 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

用於產生量測用之廣製程全距函式庫之方法及用於其之機器可存取儲存媒體

METHODS OF GENERATING WIDE PROCESS RANGE LIBRARY  
FOR METROLOGY AND MACHINE-ACCESSIBLE STORAGE  
MEDIUM THEREFOR

## 二、中文發明摘要：

本發明描述產生量測用之廣製程全距函式庫的方法。舉例而言，一種方法包括產生具有一第一參數之一第一製程全距之一第一函式庫。產生具有該第一參數之一第二製程全距之一第二函式庫。該第二製程全距與該第一製程全距重疊。將該第二函式庫拼接至該第一函式庫以產生具有該第一參數之一第三製程全距之一第三函式庫。該第三製程全距寬於該第一製程全距及該第二製程全距中之每一者。

## 三、英文發明摘要：

Methods of generating wide process range libraries for metrology are described. For example, a method includes generating a first library having a first process range for a first parameter. A second library is generated having a second process range for the first parameter. The second process range is overlapping with the first process range. The second library is stitched to the first library to generate a third library having a third process range for the first parameter. The third process range is wider than each of the first and second process ranges.

|                   |
|-------------------|
| 104年9月18日修(更)正替換頁 |
|-------------------|

#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(4A)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

|     |            |
|-----|------------|
| 400 | 函式庫        |
| 402 | 現有函式庫/主函式庫 |
| 404 | 側函式庫       |
| 406 | 重疊區域       |

#### 五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明之實施例係處於光學量測之領域，且更特定言之係關於產生量測用之廣製程全距函式庫的方法。

### 【先前技術】

在過去的若干年中，嚴格耦合波方法(RCWA)及類似演算法已廣泛用於研究及設計繞射結構。在RCWA方法中，藉由給定數目個充分薄之平面格柵板片來近似週期性結構之輪廓。具體言之，RCWA涉及三個主要步驟，即，格柵內部之場的傅立葉展開、對特性化繞射信號之恆定係數矩陣之本徵值及本徵向量的計算，及對自邊界匹配條件推斷之線性系統的求解。RCWA將問題分為三個相異之空間區域：1)支援入射平面波場及遍及所有反射繞射階之求和的周圍區域；2)格柵結構及下伏之非圖案化層，其中將波場視為與每一繞射階相關聯之模式的疊加；及3)含有透射波場之基板。

RCWA解之準確性部分地取決於波場之空間諧波展開中所保持之項的數目，其中一般而言滿足能量守恆定律。所保持之項的數目係在計算期間所考慮之繞射階之數目的函數。有效產生給定假設輪廓之模擬繞射信號涉及針對繞射信號之橫向磁場(TM)及/或橫向電場(TE)分量兩者在每一波長下之繞射階之最佳集合的選擇。數學上，所選擇之繞射階愈多，則模擬愈準確。然而，繞射階之數目愈高，則用於計算模擬繞射信號所需之計算愈多。此外，計算時間

係所使用之階之數目的非線性函數。

### 【發明內容】

本發明之實施例包括產生用於量測半導體基板或晶圓上之重複結構之廣製程全距函式庫的方法。

在一實施例中，一種方法包括產生具有一第一參數之一第一製程全距之一第一函式庫。該方法亦包括產生具有該第一參數之一第二製程全距之一第二函式庫，該第二製程全距與該第一製程全距重疊。該方法亦包括將第二函式庫拼接至該第一函式庫以產生具有該第一參數之一第三製程全距之一第三函式庫，該第三製程全距寬於該第一製程全距及該第二製程全距中之每一者。

在一實施例中，一種方法包括產生具有複數個製程全距之一第一函式庫，每一製程全距對應於複數個參數中之一不同者。該方法亦包括產生具有該複數個參數中之一第一者之一製程全距之一第二函式庫，該第二函式庫之該製程全距不同於該複數個參數中之該第一者之該第一函式庫的該製程全距，但與該複數個參數中之該第一者之該第一函式庫的該製程全距重疊。該方法亦包括將該第二函式庫拼接至該第一函式庫。該方法亦包括針對該複數個參數中之一或多個額外參數重複該產生及該拼接以提供一最終函式庫。

在另一實施例中，一種機器可存取儲存媒體具有儲存於其上之指令，該等指令使一資料處理系統執行產生量測用之一廣製程全距函式庫的方法。該方法包括產生具有一第

一參數之一第一製程全距之一第一函式庫。該方法亦包括產生具有該第一參數之一第二製程全距之一第二函式庫，該第二製程全距與該第一製程全距重疊。該方法亦包括將該第二函式庫拼接至該第一函式庫以產生具有該第一參數之一第三製程全距之一第三函式庫，該第三製程全距寬於該第一製程全距及該第二製程全距中之每一者。

在另一實施例中，一種機器可存取儲存媒體具有儲存於其上之指令，該等指令使一資料處理系統執行產生量測用之一廣製程全距函式庫的方法。該方法包括產生具有複數個製程全距之一第一函式庫，每一製程全距對應於複數個參數中之一不同者。該方法亦包括產生具有該複數個參數中之一第一者之一製程全距之一第二函式庫，該第二函式庫之該製程全距不同於該複數個參數中之該第一者之該第一函式庫的該製程全距，但與該複數個參數中之該第一者之該第一函式庫的該製程全距重疊。該方法亦包括將該第二函式庫拼接至該第一函式庫。該方法亦包括針對該複數個參數中之一或多個額外參數重複該產生及該拼接以提供一最終函式庫。

### 【實施方式】

本文中描述產生量測用之廣製程全距函式庫的方法。在以下描述中，陳述了眾多特定細節(諸如，結構之不對稱性質之實例)，以便提供對本發明之實施例的透徹理解。熟習此項技術者將顯而易見，可在無此等特定細節的情況下實踐本發明之實施例。在其他例子中，未詳細描述熟知

之處理步驟(諸如，製造圖案化之材料層的堆疊)以便不會不必要地混淆本發明之實施例。此外，應理解，諸圖中所展示之各種實施例為說明性表示且未必按比例繪製。

在最近之光學臨界尺寸(OCD)應用中，廣製程全距可為需要的，或在製程之存留期期間可存在全距移位。又，使用者可甚至需要建置一函式庫以覆蓋兩個製程全距。使用者很多時候針對第一使用狀況而建置具有小的製程全距之良好函式庫，且旨在使彼函式庫作為基礎。根據本發明之一實施例，稍後在本文中描述為函式庫拼接之製程中將額外函式庫附加至該基礎函式庫以覆蓋較寬製程全距。

在本發明之一或多個實施例之實例中，建立具有相對小之製程全距的良好函式庫(函式庫A)。使用者可需要擴充若干參數之全距以覆蓋未來製程，但意欲函式庫A保持先前全距，此係因為結果為良好的且在彼全距內適用於未來檢測。因此，在一實施例中，以反覆之方式建置新函式庫。該等反覆可涉及以基礎或主函式庫開始且將額外函式庫拼接至該基礎函式庫或拼接至自基礎函式庫形成之最近的新函式庫。最終函式庫可提供適合於達成使用者目標之良好函式庫。在一個此實施例中，每一反覆僅擴充開始函式庫中之全距的一尺寸。

作為一實例，在一實施例中，一製程包括：(a)識別可為多全距(視需要)之良好函式庫(函式庫A)；(b)建置另一良好函式庫(函式庫B)作為同一工作記事簿中之新專案(除了需要擴充之尺寸，函式庫B之全距可在所有尺寸上相等，

對於需要擴充之彼尺寸，與函式庫A之重疊由諸如2奈米之估計之重疊量提供)；(c)將另一大小擴充至所要量，其中自重疊區域中之組合函數的導數以及對函式庫A及函式庫B之函式庫誤差估計來估計重疊量；(d)設置另一函式庫C資料夾且將函式庫A及B拼接在一起以提供函式庫C，該函式庫C為由A及B中之所有子函式庫組成之多全距函式庫；(e)設定A=C且返回至(a)以擴充另一尺寸，從而建置另一函式庫B且進行拼接以形成另一函式庫C；及(f)重複(e)以完成擴充所要之所有尺寸。

總體而言，本文中所描述之製程及方法可提供建置大的製程全距之良好函式庫的創新方式。函式庫可以反覆之方式藉由每次擴充一尺寸全距、接著將該等函式庫拼接在一起以提供具有大的函式庫全距之函式庫來建置。下文詳細描述對重疊區域之判定及如何拼接兩個此等函式庫。所描述之方法可使得有可能建置具有良好準確性之大的全距函式庫。

本文中所描述之拼接函式庫方法可幫助使用者經由反覆方法來建置良好函式庫以覆蓋大的製程全距。該等方法關於擴充尺寸為靈活的，其既考慮到個別使用者之需求亦考慮到所要時序。舉例而言，使用者可使先前函式庫保持先前全距，其中該函式庫已提供一致結果。接著，遞送所使用之具有大而準確之全距的任何新函式庫。

可將本文中詳細描述之方法與習知分割(其中可將函式庫分為多個片段，接著再次將該等片段加在一起)區分。

實情為，在一實施例中，自拼接至額外、重疊之函式庫的基礎或主函式庫來建置函式庫。本發明方法可解決最初建置單一函式庫以覆蓋廣全距方面的困難。來自拼接在一起之多函式庫的總回應可提供具有不可忽視之貢獻之子函式庫的加權求和。因此，可以函數上平滑之方式來執行函式庫之相加。

圖1描繪表示根據本發明之一實施例的例示性之一系列操作的流程圖100，該等操作用於產生量測用之廣製程全距函式庫。

參看流程圖100之操作102，產生第一函式庫，該第一函式庫具有第一參數之第一製程全距。接著，參看流程圖100之操作104，產生第二函式庫，該第二函式庫具有第一參數之第二製程全距。該第二製程全距與該第一製程全距重疊。接著，參看流程圖100之操作106，將第二函式庫拼接至第一函式庫以產生具有第一參數之第三製程全距的第三函式庫。該第三製程全距寬於該第一製程全距及該第二製程全距中之每一者。

根據本發明之一實施例，為簡單起見，可將拼接視為組合兩個重疊之函式庫。舉例而言，針對參數值之給定全距為光譜信號判定兩個函式庫函數  $f_1(x)$  及  $f_2(x)$ ，該等函式庫函數採用給定純量參數變數  $x$ 。為拼接此等重疊之函式庫，存在一全距，對於該全距，由兩個函數之凸組合來給出光譜信號，如方程式1中所提供：

$$f(x) = c(x)f_1(x) + (1 - c(x))f_2(x) \quad (1)$$

用以混合兩個函式庫函數之函數  $c(x)$  係基於邏輯斯 S 型函數 (logistic sigmoid)，如方程式 2 中所提供：

$$c(x) = \left( 1 + e^{\frac{\kappa(x-x_0)}{\rho}} \right)^{-1} \quad (2)$$

其中  $\kappa=13.82$ ， $\rho$  為重疊區域長度，且其中  $x_0$  為重疊區域之中心。可將類似方法應用於子函式庫。舉例而言，在一實施例中，再次參看流程圖 100，第一函式庫具有一或多個子函式庫，第二函式庫具有一或多個子函式庫，且第三函式庫包括第一函式庫及第二函式庫之所有子函式庫。

根據本發明之一實施例，再次參看流程圖 100，第一函式庫具有一或多個額外參數。第二函式庫亦具有該一或多個額外參數。該一或多個額外參數之製程全距在第一函式庫與第二函式庫兩者中係相同的。在一個此實施例中，第一函式庫及第二函式庫僅因第一製程全距及第二製程全距而不同。然而，在一替代實施例中，第一函式庫及第二函式庫中之製程全距在一或多個額外參數方面不同且甚至不重疊。對於此等參數，所得函式庫包括斷開之全距。

在一實施例中，第一函式庫及第二函式庫重疊達一重疊量。在一個此實施例中，結合流程圖 100 而描述之方法進一步包括基於第二製程全距與第一製程全距重疊之區域中之組合函數的導數來判定重疊量的操作。該判定亦係基於對第一函式庫及第二函式庫中之每一者的函式庫誤差估計。

關於重疊區域判定，重疊量係基於兩個區域之函數中之

每一者的特性及組合函數之特性。在一實例中，可判定重疊區域所憑藉之一種方法在一實施例中係基於組合函數之導數，如方程式3中所提供：

$$\nabla f = (c\nabla f_1 + (1-c)\nabla f_2) + \nabla c(f_1 - f_2) \quad (3)$$

可利用重疊全距之中點使得對導數之貢獻(歸因於組合函數  $c(x)|_{x=x_0}$ )小於內插函數之導數。換言之，方程式3之第一項將支配第二項。使用方程式2中所定義之邏輯斯函數，可提供方程式4：

$$\begin{aligned} \bar{J}_f &> |\nabla c(x_0)| |f_1(x_0) - f_2(x_0)| \\ &> \left| \frac{\kappa}{4\rho} \right| |f_1(x_0) - f_2(x_0)| \end{aligned} \quad (4)$$

其中  $\bar{J}_f = \frac{1}{2}(\nabla f_1(x_0) + \nabla f_2(x_0))$ 。針對重疊區域而對方程式4求解產生方程式5：

$$\rho > \frac{\kappa}{4|\bar{J}_f|} |f_1(x_0) - f_2(x_0)| \quad (5)$$

由於在重疊區域之中點的誤差之範數在計算函式庫之前不可用，因此一般而言用所要信號誤差  $E_f$  來代替函式庫。此方法提供方程式6：

$$\rho > \frac{\kappa E_f}{4|\bar{J}_f|} = \frac{3.455 E_f}{|\bar{J}_f|} \quad (6)$$

應理解，上文僅表示一可能之實例。舉例而言，可存在可用於混合函數之大量S型函數。在一實施例中，使用餘弦壓擠式(squasher)S型函數。雖然上文之方程式(1)將保持為相同而不論吾人使用何S型函數，但方程式(2、4、5、6)將相應地改變。可在以下文章中找到可使用之S型函數的

實例：「Universal Approximation by Ridge Computational Models and Neural Networks: A Survey」(M. Sanguineti, The Open Applied Mathematics Journal, 2008年, 31-58); 及「Approximation theory of the MLP model in neural networks」(A. Pinkus, Acta Numerica(1999), 第143頁-195頁, Cambridge University Press)。

根據本發明之一實施例，再次參看流程圖100，方法進一步包括產生具有第一參數之第四製程全距之第四函式庫的操作。該第四製程全距與第三製程全距重疊。另外，執行將第四函式庫拼接至第三函式庫以產生具有第一參數之第五製程全距之第五函式庫的操作。該第五製程全距寬於第三製程全距及第四製程全距中之每一者。

應理解，拼接無需在給定時間限於單一參數。實情為，可在單一拼接製程中修改一個以上參數。舉例而言，在一實施例中，再次參看流程圖100，第一函式庫亦具有第二參數之第四製程全距，第二函式庫亦具有第二參數之第五製程全距，該第五製程全距與該第四製程全距重疊，且第三函式庫亦具有第二參數之第六製程全距，該第六製程全距寬於該第四製程全距及該第五製程全距中之每一者。

在一實施例中，結合流程圖100而描述之第一參數可為二維或三維格柵結構之個別特徵的參數。本文中使用術語「三維格柵結構」來指代除 $z$ 方向上之深度外具有在兩個尺寸上變化之 $x$ - $y$ 輪廓的結構。舉例而言，根據本發明之一實施例，圖2A描繪具有在 $x$ - $y$ 平面中變化之輪廓的週期

性格柵 200。該週期性格柵之輪廓在 z 方向上依據 x-y 輪廓而變化。

本文中使用的術語「二維格柵結構」來指代除 z 方向上之深度外具有僅在一尺寸上變化之 x-y 輪廓的結構。舉例而言，根據本發明之一實施例，圖 2B 描繪具有在 x 方向上變化但不在 y 方向上變化之輪廓的週期性格柵 202。該週期性格柵之輪廓在 z 方向上依據 x 輪廓而變化。應理解，二維結構之在 y 方向上之變化的缺乏無需為無限的，但將圖案中之任何偏差視為長全距(例如，在 y 方向上自圖案之任何偏差實質上比 x 方向上之圖案中之偏差隔開得更遠)。

在個別特徵為二維或三維格柵結構之特徵的一個此實施例中，第一參數為諸如(但不限於)以下各者之參數：個別特徵之寬度、高度、長度、頂部圓角、底部基腳或側壁角度。

在一實施例中，再次參看流程圖 100，第三函式庫包括模擬光譜，且結合流程圖 100 而描述之方法進一步包括比較模擬光譜與樣本光譜之操作。在一實施例中，自空間諧波階之集合來獲得模擬光譜。在一實施例中，自諸如(但不限於)實體參考樣本或實體製造樣本之結構來收集樣本光譜。在一實施例中，藉由使用回歸計算來執行比較。在一實施例中，在計算中同時使用一或多個非差動信號。該一或多個非差動信號可為諸如(但不限於)以下各者的信號：方位角、入射角、偏光器/分析器角度或額外檢測目標。

在本發明之一態樣中，可使用函式庫拼接來展開原始函式庫中之一個以上參數的全距。舉例而言，圖3描繪表示根據本發明之一實施例的另一例示性之一系列操作的流程圖300，該等操作用於產生量測用之廣製程全距函式庫。

參看流程圖300之操作302，產生具有複數個製程全距之第一函式庫。每一製程全距對應於複數個參數中之不同者。參看流程圖300之操作304，產生具有該複數個參數中之第一者之製程全距的第二函式庫。該第二函式庫之製程全距不同於該複數個參數中之該第一者之第一函式庫的製程全距，但與該複數個參數中之該第一者之第一函式庫的製程全距重疊。參看流程圖300之操作306，將第二函式庫拼接至第一函式庫，如上文所描述。

參看流程圖300之操作308，針對該複數個參數中之一或多個額外參數(不同於該複數個參數中之該第一者)重複該產生及該拼接(例如，經由循環310)以提供最終函式庫。根據本發明之一實施例，最終函式庫之製程全距中的每一者寬於或等於第一函式庫之複數個製程全距中之對應製程全距。在一實施例中，最終函式庫包括模擬光譜。在一個此實施例中，流程圖300之方法進一步包括比較模擬光譜與樣本光譜之操作，如上文所描述。

關於如自流程圖100及300之方法提供的經拼接之函式庫的使用，在一實施例中，此方法包括基於與經拼接之函式庫中之模擬參數的一致或非一致來更改製程工具之參數。可藉由使用諸如(但不限於)反饋技術、前饋技術及原地控

制技術之技術來執行更改製程工具之參數。在一實施例中，可使用經拼接之函式庫來更準確地設置CD量測工具配方中之器件結構輪廓及幾何形狀。在一實施例中，將經拼接之函式庫用作CD量測工具驗證、診斷及特性化之一部分。

將側函式庫擴充製程描述為本文中所預期之方法的上述實施例中之一或多者的實例實施。圖4A說明表示根據本發明之一實施例之主函式庫的方塊圖，該主函式庫與側函式庫重疊且拼接至側函式庫。

參看圖4A，函式庫400係由拼接至現有函式庫402之側函式庫404組成，其自主函式庫繼承在所有尺寸(正擴充之尺寸除外)上之全距。如上文所描述，在具有未繼承之尺寸之側函式庫404中的全距不與主函式庫402中之對應全距相同，但確實與主函式庫402中之對應全距重疊。因此，儘管描繪為原始全距與新的經擴充全距之間的所得邊界線，但在兩個函式庫之間實際上存在重疊區域406，如上文所描述。

在一實施中，在按下「擴充」按鈕之後，GUI視窗快顯所有尺寸之主函式庫的全距。使用者可改變在一尺寸上之參數全距的一值，其後，使所有其他參數全距固定。建立新的專案，其具有相同之函式庫設定(經修改以對應於側函式庫之全距除外)。可自動地建立側函式庫。在一特定實施例中，三個獨立函式庫使得容易測試在側函式庫及主函式庫之接界附近的檢測移位。

在另一實施中，存在Matlab原型，其採用兩個函式庫(A及B)且將其串連為第三函式庫。函式庫B為A之複本，其中改變一全距從而變成側函式庫。函式庫C為經擴充之函式庫。此原型產生工作函式庫。原始函式庫對側函式庫之樣本數目的比率為函式庫全距之容量(volume)的比率。用於串連該等函式庫之機制可類似於函式庫分割機制，其中組合稍微重疊之子函式庫以形成一主函式庫。重疊係自動地自主函式庫繼承，或在必要時被重新計算。儘管可無限期地重複擴充函式庫之製程，但在一特定實施例中，最大重複為4次。在另一特定實施例中，由方程式7來提供最大重複：

$$\text{函式庫擴充之最大重複} = 2 \cdot N_{\text{DOF}}, \quad (7)$$

其中 $N_{\text{DOF}}$ 為自由度之數目，且與函式庫中之全距的數目同義。

在另一實施中，使用下文之例示性操作來執行側函式庫擴充製程。實例以簡單之2個自由度的薄膜堆疊模型開始。在第一操作中，建立基礎函式庫(例如，良好測試為簡單之2薄膜專案)，其具有粗糙之函式庫設定。接下來，使用粗糙設定來建立基礎函式庫。一旦完成此操作，便可擴充函式庫。在下一操作中，建立側函式庫。使用者可具有擴充參數之全距的選項。在下一操作中，串連基礎函式庫及側函式庫。在下一操作中，組合該等函式庫，且在組合之後，可建立新的專案。

在一實施例中，即使函式庫未被分割，所有新函式庫仍

具有針對每一參數全距而自動計算且加以儲存之重疊長度。此方法極大地簡化函式庫擴充演算法。又，在一實施例中，在函式庫設定與GUI中之設定之間存在至少某種一致性。在一實施例中，若設定已改變，則不允許側函式庫。可以某種方式將側函式庫指定為側函式庫，從而允許其僅與基礎函式庫(自基礎函式庫產生側函式庫)串連。稍後，可存在用以重建構GUI中之所有設定之函式庫檔案中的足夠資訊。

可以多個反覆執行側函式庫擴充製程。圖4B說明表示根據本發明之一實施例之增長型主函式庫的方塊圖，該增長型主函式庫與複數個側函式庫重疊且拼接至該複數個側函式庫。

參看圖4B，函式庫450係由基礎函式庫452組成。側函式庫拼接至基礎函式庫452(或由先前反覆產生之新函式庫)。舉例而言，依次地，建置在基礎函式庫452之一尺寸上重疊的側函式庫454，其自基礎函式庫452繼承在所有尺寸(正擴充之尺寸除外)上的全距。接著，建置在新函式庫(1+2)之一尺寸上重疊的側函式庫456，其自新函式庫(1+2)繼承在所有尺寸(正擴充之尺寸除外)上的全距。接著，建置在新函式庫(1+2+3)之一尺寸上重疊的側函式庫458，其自新函式庫(1+2+3)繼承在所有尺寸(正擴充之尺寸除外)上的全距。接著，建置在新函式庫(1+2+3+4)之一尺寸上重疊的側函式庫460，其自新函式庫(1+2+3+4)繼承在所有尺寸(正擴充之尺寸除外)上的全距。最後，建置在新函式庫

(1+2+3+4+5)之一尺寸上重疊的側函式庫462(6)，其自新函式庫(1+2+3+4+5)繼承在所有尺寸(正擴充之尺寸除外)上的全距。

如上文所描述，在具有未繼承之尺寸之每一側函式庫(454、456、458、460或462)的全距不與先前反覆之函式庫中的對應全距相同，但確實與先前反覆之函式庫中的對應全距重疊。因此，儘管描繪為原始全距與新的經擴充全距之間的所得邊界線，但實際上在所展示之每一鄰接函式庫之間存在重疊區域，如上文所描述。

本文中所描述之經拼接之函式庫可包括基於繞射信號之階的模擬光譜。該等階可模擬為自週期性結構導出。第0階表示繞射信號相對於週期性結構之法線N而處於等於假設入射光束之入射角的角度。將較高繞射階指定為+1、+2、+3、-1、-2、-3等。亦可考慮稱為消散階(evanescent order)之其他階。根據本發明之一實施例，產生供在光學量測中使用的模擬繞射信號。舉例而言，可模型化供在光學量測中使用之輪廓參數(諸如，結構側壁角度)。亦可模型化供在光學量測中使用之晶圓結構中之材料之光學性質，諸如折射率及消光係數(n及k)。

如上文所描述，經拼接之函式庫之使用可包括比較模擬光譜與樣本光譜。在一實施例中，模擬繞射階之集合以表示藉由橢偏量測光學量測系統自二維或三維格柵結構產生之繞射信號。下文結合圖7來描述此光學量測系統。然而，應理解，相同概念及原理同樣地適用於其他光學量測

系統，諸如反射量測系統。所表示之繞射信號可說明二維或三維格柵結構之特徵，諸如(但不限於)輪廓、尺寸或材料組合物。

基於計算之模擬繞射階可指示經圖案化之薄膜(諸如，經圖案化之半導體薄膜或光阻層)之輪廓參數，且可用於校準自動化製程或設備控制。圖5描繪表示根據本發明之一實施例的例示性之一系列操作的流程圖500，該等操作用於判定結構參數(諸如，輪廓參數)及將該等結構參數用於自動化製程及設備控制。

參看流程圖500之操作502，開發經拼接之函式庫或受訓練之機器學習系統(MLS)以自經檢測之繞射信號之集合來擷取輪廓參數。在操作504中，使用經拼接之函式庫或受訓練之MLS來判定結構之至少一輪廓參數。在操作506中，將該至少一輪廓參數傳輸至製造叢集，該製造叢集經組態以執行處理步驟，其中可在進行檢測步驟504之前或之後在半導體製造製程流程中執行該處理步驟。在操作508中，使用該至少一傳輸之輪廓參數來修改用於由製造叢集執行之處理步驟的製程變數或設備設定。

對於機器學習系統及演算法之更詳細描述，參見2003年6月27日申請之題為OPTICAL METROLOGY OF STRUCTURES FORMED ON SEMICONDUCTOR WAFERS USING MACHINE LEARNING SYSTEMS的美國專利第7,831,528號，該案以全文引用之方式併入本文中。對於針對二維重複結構之繞射階最佳化的描述，參見2006年3月

24 日 申 請 之 題 為 OPTIMIZATION OF DIFFRACTION ORDER SELECTION FOR TWO-DIMENSIONAL STRUCTURES 的美國專利第 7,428,060 號，該案以全文引用之方式併入本文中。對於分離式機器學習系統之描述，參見 2005 年 3 月 31 日 申 請 之 題 為 SPLIT MACHINE LEARNING SYSTEMS 的美國專利 7,421,414，該案以全文引用之方式併入本文中。

圖 6 為根據本發明之一實施例之系統 600 的例示性方塊圖，該系統 600 用於判定結構參數(諸如，輪廓參數)及將該等結構參數用於自動化製程及設備控制。系統 600 包括第一製造叢集 602 及光學量測系統 604。系統 600 亦包括第二製造叢集 606。儘管在圖 6 中將第二製造叢集 606 描繪為在第一製造叢集 602 之後，但應認識到，第二製造叢集 606 可在系統 600 中(及例如在製造製程流程中)位於第一製造叢集 602 之前。

可使用第一製造叢集 602 來執行光微影製程(諸如，使塗覆至晶圓之光阻層曝光及顯影)。在一例示性實施例中，光學量測系統 604 包括光學量測工具 608 及處理器 610。光學量測工具 608 經組態以檢測自結構獲得之繞射信號。若所檢測之繞射信號與模擬繞射信號匹配，則將輪廓參數之一或多個值判定為與模擬繞射信號相關聯之輪廓參數之一或多個值。

在一例示性實施例中，光學量測系統 604 亦可包括經拼接之函式庫 612，其具有複數個模擬繞射信號及與該複數個模擬繞射信號相關聯之一或多個輪廓參數的複數個值。

如上文所描述，可預先產生經拼接之函式庫。量測處理器610可比較自結構獲得之所檢測之繞射信號與經拼接之函式庫中之複數個模擬繞射信號。當找到匹配之模擬繞射信號時，假定與經拼接之函式庫中的該匹配之模擬繞射信號相關聯的輪廓參數之一或多個值為在晶圓應用中用以製造結構之輪廓參數之一或多個值。

系統600亦包括量測處理器616。在一例示性實施例中，處理器610可將一或多個輪廓參數之一或多個值傳輸至量測處理器616。量測處理器616可接著基於使用光學量測系統604所判定之一或多個輪廓參數之一或多個值來調節第一製造叢集602之一或多個製程參數或設備設定。量測處理器616亦可基於使用光學量測系統604所判定之一或多個輪廓參數之一或多個值來調節第二製造叢集606之一或多個製程參數或設備設定。如上文所提到，製造叢集606可在製造叢集602之前或之後處理晶圓。在另一例示性實施例中，處理器610經組態以將所檢測之繞射信號之集合用作至機器學習系統614之輸入及將輪廓參數用作機器學習系統614之預期輸出來訓練機器學習系統614。

圖7為說明根據本發明之實施例的利用光學量測來判定半導體晶圓上之結構之輪廓的架構圖。光學量測系統700包括量測光束源702，其將量測光束704投射於晶圓708之目標結構706處。使量測光束704以入射角 $\theta$ 朝向目標結構706投射。藉由量測光束接收器712來檢測繞射光束710。將繞射光束資料714傳輸至輪廓應用伺服器716。該輪廓應

用伺服器716比較所檢測之繞射光束資料714與模擬繞射光束資料之經拼接之函式庫718，該模擬繞射光束資料表示目標結構之臨界尺寸及解析度的變化之組合。

根據本發明之一實施例，模擬繞射光束資料之至少一部分係基於針對兩個或兩個以上方位角所判定之差異。根據本發明之另一實施例，模擬繞射光束資料之至少一部分係基於針對兩個或兩個以上入射角所判定之差異。在一例示性實施例中，選擇最佳地匹配所檢測之繞射光束資料714的經拼接之函式庫718的執行個體。應理解，儘管頻繁地使用繞射光譜或信號及相關聯之假設輪廓的經拼接之函式庫來說明概念及原理，但本發明同樣地適用於包括模擬繞射信號及輪廓參數之相關聯集合的經拼接之資料空間(諸如，在回歸、神經網路及用於輪廓擷取之類似方法中)。將選定經拼接之函式庫716之執行個體的假設輪廓及相關聯之臨界尺寸假定為對應於目標結構706之特徵的實際橫截面輪廓及臨界尺寸。光學量測系統700可利用反射計、橢偏儀或其他光學量測器件來檢測繞射光束或信號。

本發明之實施例可適合於多種薄膜堆疊。舉例而言，在一實施例中，薄膜堆疊包括單一層或多個層。又，在一實施例中，所分析或檢測之格柵結構包括三維分量與二維分量兩者。舉例而言，可藉由利用二維分量對總體結構及其繞射資料之較簡單貢獻來最佳化基於模擬繞射資料之計算的效率。

為促進對本發明之實施例的描述，使用橢偏量測光學量

測系統來說明以上概念及原理。應理解，相同概念及原理同樣地適用於其他光學量測系統，諸如反射量測系統。以類似方式，可利用半導體晶圓來說明該概念之應用。再次，該等方法及製程同樣地適用於具有重複結構之其他工件。在一實施例中，光學散射量測術係一種技術，諸如(但不限於)光學光譜橢偏術(SE)、光束輪廓反射量測術(BPR)及增強型紫外線反射量測術(eUVR)。

可將本發明提供為電腦程式產品或軟體，其可包括具有儲存於其上之指令的機器可讀媒體，該等指令可用以程式化電腦系統(或其他電子器件)以執行根據本發明之製程。機器可讀媒體包括用於以可由機器(例如，電腦)讀取之形式來儲存或傳輸資訊的任何機制。舉例而言，機器可讀(例如，電腦可讀)媒體包括機器(例如，電腦)可讀儲存媒體(例如，唯讀記憶體(「ROM」)、隨機存取記憶體(「RAM」)、磁碟儲存媒體、光學儲存媒體、快閃記憶體器件等)；機器(例如，電腦)可讀傳輸媒體(電、光學、聲學或其他形式之傳播信號(例如，載波、紅外線信號、數位信號等))等。

圖8說明呈電腦系統800之例示性形式之機器的圖解表示，在該電腦系統800內，可執行用於使機器執行本文中所論述之方法中之任何一或多者的指令集。在替代實施例中，機器可連接(例如，網路連接)至區域網路(LAN)、企業內部網路、企業間網路或網際網路中之其他機器。機器可在主從式網路環境中作為伺服器或用戶端機器而操作，

或在同級間(或分散式)網路環境中作為同級機器而操作。機器可為個人電腦(PC)、平板PC、機上盒(STB)、個人數位助理(PDA)、蜂巢式電話、web器具、伺服器、網路路由器、交換器或橋接器或能夠執行指定待由彼機器採取之動作的指令集(順序或以其他方式)的任何機器。另外，雖然僅說明了單一機器，但亦應將術語「機器」理解為包括個別地或接合地執行用以執行本文中所論述之方法中之任何一或多者的一指令集(或多個指令集)的機器(例如，電腦)之任何集合。

例示性電腦系統800包括處理器802、主記憶體804(例如，唯讀記憶體(ROM)、快閃記憶體、諸如同步DRAM(SDRAM)或Rambus DRAM(RDRAM)之動態隨機存取記憶體(DRAM)等)、靜態記憶體806(例如，快閃記憶體、靜態隨機存取記憶體(SRAM)等)，及次要記憶體818(例如，資料儲存器件)，該等各者經由匯流排830而彼此通信。

處理器802表示一或多個通用處理器件，諸如微處理器、中央處理單元或其類似者。更特定言之，處理器802可為複雜指令集計算(CISC)微處理器、精簡指令集計算(RISC)微處理器、超長指令字(VLIW)微處理器、實施其他指令集之處理器或實施指令集之組合的處理器。處理器802亦可為一或多個專用處理器件，諸如特殊應用積體電路(ASIC)、場可程式化閘陣列(FPGA)、數位信號處理器(DSP)、網路處理器或其類似者。處理器802經組態以執行用於執行本文中所論述之操作的處理邏輯826。

電腦系統800可進一步包括網路介面器件808。電腦系統800亦可包括視訊顯示單元810(例如，液晶顯示器(LCD)或陰極射線管(CRT))、文數字輸入器件812(例如，鍵盤)、游標控制器件814(例如，滑鼠)及信號產生器件816(例如，揚聲器)。

次要記憶體818可包括機器可存取儲存媒體(或更具體言之，電腦可讀儲存媒體)831，在該機器可存取儲存媒體831上儲存有體現本文中所描述之方法或功能中之任何一或多者的一或多個指令集(例如，軟體822)。軟體822亦可在其由電腦系統800之執行期間完全或至少部分地駐留於主記憶體804內及/或處理器802內，該主記憶體804及該處理器802亦構成機器可讀儲存媒體。軟體822可進一步經由網路介面器件808經網路820來傳輸或接收。

雖然在例示性實施例中將機器可存取儲存媒體831展示為單一媒體，但應將術語「機器可讀儲存媒體」理解為包括儲存該一或多個指令集之單一媒體或多個媒體(例如，集中式或分散式資料庫及/或相關聯之快取記憶體及伺服器)。亦應將術語「機器可讀儲存媒體」理解為包括能夠儲存或編碼供機器執行且使機器執行本發明之方法中之任何一或多者的指令集的任何媒體。應將術語「機器可讀儲存媒體」相應地理解為包括(但不限於)固態記憶體及光學與磁性媒體。

根據本發明之一實施例，一種機器可存取儲存媒體具有儲存於其上之指令，該等指令使資料處理系統執行產生量

測用之廣製程全距函式庫的方法。該方法包括產生具有第一參數之第一製程全距的第一函式庫。產生第二函式庫，該第二函式庫具有第一參數之第二製程全距。該第二製程全距與該第一製程全距重疊。將第二函式庫拼接至第一函式庫以產生具有第一參數之第三製程全距的第三函式庫。該第三製程全距寬於第一製程全距及第二製程全距中之每一者。

在一實施例中，第一函式庫具有一或多個子函式庫，第二函式庫具有一或多個子函式庫，且第三函式庫包括第一函式庫及第二函式庫之所有子函式庫。

在一實施例中，第一函式庫具有一或多個額外參數，第二函式庫亦具有該一或多個額外參數，且該一或多個額外參數之製程全距在第一函式庫與第二函式庫兩者中係相同的。在一個此實施例中，第一函式庫及第二函式庫僅因第一製程全距及第二製程全距而不同。

在一實施例中，第一函式庫及第二函式庫重疊達一重疊量。在一個此實施例中，該方法進一步包括基於第二製程全距與第一製程全距重疊之區域中之組合函數的導數來判定該重疊量。該判定亦係基於對第一函式庫及第二函式庫中之每一者的函式庫誤差估計。

在一實施例中，該方法進一步包括產生具有第一參數之第四製程全距的第四函式庫。該第四製程全距與第三製程全距重疊。在一個此實施例中，該方法亦包括將第四函式庫拼接至第三函式庫以產生具有第一參數之第五製程全距

的第五函式庫。該第五製程全距寬於第三製程全距及第四製程全距中之每一者。

在一實施例中，第一函式庫具有第二參數之第四製程全距，第二函式庫具有第二參數之第五製程全距，該第五製程全距與該第四製程全距重疊，且第三函式庫具有第二參數之第六製程全距，該第六製程全距寬於第四製程全距及第五製程全距中之每一者。

在一實施例中，第一參數為二維或三維格柵結構之個別特徵的參數。在一個此實施例中，第一參數為諸如(但不限於)以下各者之參數：個別特徵之寬度、高度、長度、頂部圓角、底部基腳或側壁角度。

在一實施例中，第三函式庫包括模擬光譜。在一個此實施例中，該方法進一步包括比較該模擬光譜與樣本光譜。

根據本發明之另一實施例，一種機器可存取儲存媒體具有儲存於其上之指令，該等指令使資料處理系統執行產生量測用之廣製程全距函式庫的另一方法。該方法包括產生具有複數個製程全距之第一函式庫。每一製程全距對應於複數個參數中之不同者。產生第二函式庫，該第二函式庫具有該複數個參數中之第一者的製程全距。第二函式庫之製程全距不同於該複數個參數中之該第一者之第一函式庫的製程全距，但與該複數個參數中之該第一者之第一函式庫的製程全距重疊。將第二函式庫拼接至第一函式庫。接著針對該複數個參數中之一或多個額外參數重複該產生及該拼接以提供最終函式庫。

在一實施例中，最終函式庫之製程全距中的每一者寬於或等於第一函式庫之複數個製程全距中之對應製程全距。在一實施例中，最終函式庫包括模擬光譜，且該方法進一步包括比較該模擬光譜與樣本光譜。

可使用任何合適之神經網路來執行結合流程圖100及300而描述的一或多種方法。作為一實例，神經網路使用反向傳播(back-propagation)演算法。神經網路包括輸入層、輸出層及位於該輸入層與該輸出層之間的隱藏層。輸入層與隱藏層係使用鏈路而連接。隱藏層與輸出層係使用鏈路而連接。然而，應認識到，神經網路可包括以神經網路技術中通常已知之各種組態而連接的任何數目個層。

輸入層可包括一或多個輸入節點。在一例示性實施中，輸入層中之輸入節點對應於輸入至神經網路中之輪廓模型之輪廓參數。因此，輸入節點之數目對應於用以特性化輪廓模型之輪廓參數的數目。舉例而言，若使用兩個輪廓參數(例如，頂部及底部臨界尺寸)來特性化輪廓模型，則輸入層包括兩個輸入節點，其中第一輸入節點對應於第一輪廓參數(例如，頂部臨界尺寸)且第二輸入節點對應於第二輪廓參數(例如，底部臨界尺寸)。

在神經網路中，輸出層包括一或多個輸出節點。在一例示性實施例中，每一輸出節點為線性函數。然而，應認識到，每一輸出節點可為各種類型之函數。另外，在當前例示性實施中，輸出層中之輸出節點對應於自神經網路輸出之模擬繞射信號之尺寸。因此，輸出節點之數目對應於用

以特性化模擬繞射信號之尺寸的數目。舉例而言，若使用五個尺寸(例如，對應於五個不同波長)來特性化模擬繞射信號，則輸出層包括五個輸出節點，其中第一輸出節點對應於第一尺寸(例如，第一波長)，第二輸出節點對應於第二尺寸(例如，第二波長)，等等。另外，為提高效能，可基於模擬繞射信號之單獨分量及/或模擬繞射信號之該等分量的尺寸而將神經網路分成複數個子網路。

在神經網路中，隱藏層包括一或多個隱藏節點。在一例示性實施中，每一隱藏節點為S型轉移函數或徑向基底函數。然而，應認識到，每一隱藏節點可為各種類型之函數。另外，在當前例示性實施中，基於輸出節點之數目來判定隱藏節點之數目。更特定言之，隱藏節點之數目( $m$ )係以預定比率( $r=m/n$ )而與輸出節點( $n$ )之數目相關。舉例而言，當 $r=10$ 時，對於每一輸出節點而言存在10個隱藏節點。然而，應認識到，預定比率可為輸出節點之數目對隱藏節點之數目的比率(亦即， $r=n/m$ )。另外，應認識到，可在基於預定比率而判定隱藏節點之初始數目之後來調節神經網路中之隱藏節點的數目。此外，可基於經驗及/或實驗而非基於預定比率來判定神經網路中之隱藏節點的數目。

對所檢測之光譜之分析大體上涉及比較所檢測之樣本光譜與模擬光譜以推斷最佳地描述所檢測之樣本的模型參數值。舉例而言，在一實施例中，在第一操作處，由使用者定義材料檔案之集合以指定材料(自其形成所檢測之樣本

特徵)之特性(例如， $n$ 、 $k$ 值)。

在第二操作處，散射量測使用者藉由選擇材料檔案中之一或多者來定義預期樣本結構之標稱模型以組裝對應於存在於待檢測之週期性格柵特徵中之材料的材料之堆疊。可進一步經由定義模型參數(諸如，厚度、CD、SWA、HT、邊緣粗糙度、圓角半徑等)之標稱值來用參數表示此使用者定義之模型，該等模型參數特性化經檢測之特徵的形狀。取決於是定義了2D模型(亦即，輪廓)抑或3D模型，具有30個至50個或更多此等模型參數係常見的。

自用參數表示之模型，可使用嚴格繞射模型化演算法(諸如，嚴格耦合波分析(RCWA))來計算針對格柵參數值之給定集合的模擬光譜。接著在第三操作處執行回歸分析直至用參數表示之模型收斂於特性化最終輪廓模型(對於2D)之參數值之集合為止，該最終輪廓模型對應於將所檢測之繞射光譜匹配於預定匹配準則的模擬光譜。假定與匹配之模擬繞射信號相關聯的最終輪廓模型表示結構之實際輪廓(自其產生模型)。

可接著在第四操作處利用匹配之模擬光譜及/或相關聯之最佳化輪廓模型以藉由擾動用參數表示之最終輪廓模型的值而產生模擬繞射光譜之函式庫。可接著由在製造環境中操作之散射量測系統來使用模擬繞射光譜之所得函式庫以判定是否已根據規格來製造隨後所檢測之格柵結構。函式庫產生可包括機器學習系統(諸如，神經網路)，其產生數個輪廓中之每一者的模擬光譜資訊，每一輪廓包括一或

多個模型化輪廓參數之集合。為產生該函式庫，機器學習系統自身可必須經歷基於光譜資訊之訓練資料集合的某種訓練。此訓練可為計算密集型及/或可必須針對不同模型及/或輪廓參數域而重複。可由關於訓練資料集之大小的使用者決策來引入在產生函式庫之計算負載方面的顯著低效。舉例而言，選擇過大之訓練資料集可導致針對訓練之不必要計算，而藉由具有不足大小之訓練資料集的訓練可使重新訓練成為必要以產生函式庫。

本文中所描述之一些實施例包括對待用於訓練機器學習系統中之訓練資料集大小的自動化判定。大體而言，訓練資料集係基於資料集特性化量度之收斂而被設定大小且可進一步基於對最終求解誤差之估計。遞增性地展開及測試訓練資料集以識別收斂，且在某些實施例中估計此樣本大小將提供之最終求解誤差。執行遞增性展開及測試直至滿足收斂準則及/或對最終求解誤差之估計滿足臨限值為止。

因為本文中所描述之訓練矩陣設定大小方法可能不需要單獨訓練，所以得以快速地、有效地且在對最終求解誤差之良好控制的情況下來識別用於神經網路訓練之良好訓練資料樣本集。在識別了訓練資料樣本集之情況下，可接著訓練機器學習系統以產生所要目標函數資訊。在一特定實施例中，訓練機器學習系統以產生可用以推斷藉由散射量測系統所檢測之未知樣本(例如，繞射格柵或晶圓週期性結構)之參數的模擬光譜資訊(例如，繞射信號)之函式庫。

應理解，可在處於本發明之實施例之精神及範疇內的多種情形下應用上文之方法。舉例而言，在一實施例中，在半導體、太陽能、發光二極體(LED)或相關製造製程中執行上文所描述之方法。在一實施例中，在獨立或整合之量測工具中使用上文所描述之方法。在一實施例中，在單一或多檢測目標回歸中使用上文所描述之方法。

因此，已揭示產生量測用之廣製程全距函式庫的方法。根據本發明之一實施例，一種方法包括產生具有第一參數之第一製程全距的第一函式庫。產生具有第一參數之第二製程全距的第二函式庫。該第二製程全距與第一製程全距重疊。將第二函式庫拼接至第一函式庫以產生具有第一參數之第三製程全距的第三函式庫。該第三製程全距寬於第一製程全距及第二製程全距中之每一者。

### 【圖式簡單說明】

圖1描繪表示根據本發明之一實施例的例示性之一系列操作的流程圖，該等操作用於產生量測用之廣製程全距函式庫。

圖2A描繪根據本發明之一實施例之週期性格柵，該週期性格柵具有在x-y平面中變化之輪廓。

圖2B描繪根據本發明之一實施例之週期性格柵，該週期性格柵具有在x方向上變化但不在y方向上變化之輪廓。

圖3描繪表示根據本發明之一實施例的例示性之一系列操作的流程圖，該等操作用於產生量測用之廣製程全距函式庫。

圖4A說明表示根據本發明之一實施例之主函式庫的方塊圖，該主函式庫與側函式庫重疊且拼接至該側函式庫。

圖4B說明表示根據本發明之一實施例之增長型主函式庫的方塊圖，該增長型主函式庫與複數個側函式庫重疊且拼接至該複數個側函式庫。

圖5描繪表示根據本發明之一實施例的例示性之一系列操作的流程圖，該等操作用於判定結構參數及將該等結構參數用於自動化製程及設備控制。

圖6為根據本發明之一實施例之系統的例示性方塊圖，該系統用於判定結構參數及將該等結構參數用於自動化製程及設備控制。

圖7為說明根據本發明之一實施例的利用光學量測來判定半導體晶圓上之結構之輪廓的架構圖。

圖8說明根據本發明之一實施例之例示性電腦系統的方塊圖。

#### 【主要元件符號說明】

|     |                                |
|-----|--------------------------------|
| 100 | 表示用於產生量測用之廣製程全距的例示性之一系列操作的流程圖  |
| 200 | 週期性格柵                          |
| 202 | 週期性格柵                          |
| 300 | 表示用於產生量測用之廣製程全距的例示性之另一系列操作的流程圖 |
| 400 | 函式庫                            |
| 402 | 現有函式庫/主函式庫                     |

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| 404 | 側函式庫                                         |
| 406 | 重疊區域                                         |
| 450 | 函式庫                                          |
| 452 | 基礎函式庫                                        |
| 454 | 側函式庫                                         |
| 456 | 側函式庫                                         |
| 458 | 側函式庫                                         |
| 460 | 側函式庫                                         |
| 462 | 側函式庫                                         |
| 500 | 表示用於判定結構參數且將該等結構參數用於自動化製程及設備控制的例示性之一系列操作的流程圖 |
| 600 | 用於判定結構參數且將該等結構參數用於自動化製程及設備控制的系統              |
| 602 | 第一製造叢集                                       |
| 604 | 光學量測系統                                       |
| 606 | 第二製造叢集                                       |
| 608 | 光學量測工具                                       |
| 610 | 量測處理器                                        |
| 612 | 經拼接之函式庫                                      |
| 614 | 機器學習系統                                       |
| 616 | 量測處理器                                        |
| 700 | 光學量測系統                                       |
| 702 | 量測光束源                                        |

|     |           |
|-----|-----------|
| 704 | 量測光束      |
| 706 | 目標結構      |
| 708 | 晶圓        |
| 710 | 繞射光束      |
| 712 | 量測光束接收器   |
| 714 | 繞射光束資料    |
| 716 | 輪廓應用伺服器   |
| 718 | 經拼接之函式庫   |
| 800 | 電腦系統      |
| 802 | 處理器       |
| 804 | 主記憶體      |
| 806 | 靜態記憶體     |
| 808 | 網路介面器件    |
| 810 | 視訊顯示器件    |
| 812 | 文數字輸入器件   |
| 814 | 游標控制器件    |
| 816 | 信號產生器件    |
| 818 | 次要記憶體     |
| 820 | 網路        |
| 822 | 軟體        |
| 826 | 處理邏輯      |
| 830 | 匯流排       |
| 831 | 機器可存取儲存媒體 |

## 七、申請專利範圍：

1. 一種產生用於量測一半導體基板或晶圓上之重複結構之一廣製程全距函式庫的方法，該方法包含：

產生具有一第一參數之一第一製程全距之一第一函式庫；

產生具有該第一參數之一第二製程全距之一第二函式庫，該第二製程全距與該第一製程全距重疊；

將該第二函式庫拼接至該第一函式庫以產生具有該第一參數之一第三製程全距之一第三函式庫，該第三製程全距寬於該第一製程全距及該第二製程全距中之每一者，該拼接包含基於該第二製程全距與該第一製程全距重疊之一區域中之一組合函數的一導數來判定該第一製程全距與該第二製程全距之一重疊量；及

自該第三函式庫提供一模擬光譜。
2. 如請求項1之方法，其中該第一函式庫具有一或多個子函式庫，該第二函式庫具有一或多個子函式庫，且該第三函式庫包括該第一函式庫及該第二函式庫之所有該等子函式庫。
3. 如請求項1之方法，其中該第一函式庫具有一或多個額外參數，該第二函式庫亦具有該一或多個額外參數，且該一或多個額外參數之製程全距在該第一函式庫與該第二函式庫兩者中係相同的。
4. 如請求項3之方法，其中該第一函式庫及該第二函式庫僅因該第一製程全距及該第二製程全距而不同。

5. 如請求項1之方法，其中該拼接進一步包含判定對該第一函式庫及該第二函式庫中之每一者的一函式庫誤差估計。
6. 如請求項1之方法，該方法進一步包含：

產生具有該第一參數之一第四製程全距的一第四函式庫，該第四製程全距與該第三製程全距重疊；及

將該第四函式庫拼接至該第三函式庫以產生具有該第一參數之一第五製程全距的一第五函式庫，該第五製程全距寬於該第三製程全距及該第四製程全距中之每一者。
7. 如請求項1之方法，其中該第一函式庫具有一第二參數之一第四製程全距，該第二函式庫具有該第二參數之一第五製程全距，該第五製程全距與該第四製程全距重疊，且該第三函式庫具有該第二參數之一第六製程全距，該第六製程全距寬於該第四製程全距及該第五製程全距中之每一者。
8. 如請求項1之方法，其中該第一參數為二維或三維格柵結構之一個別特徵的參數。
9. 如請求項8之方法，其中該第一參數係選自由以下各者組成之群：該個別特徵之寬度、高度、長度、頂部圓角、底部基腳及側壁角度。
10. 如請求項1之方法，其進一步包含：

比較該模擬光譜與一樣本光譜。
11. 一種產生用於量測一半導體基板或晶圓上之重複結構之

一廣製程全距函式庫的方法，該方法包含：

產生具有複數個製程全距之一第一函式庫，每一製程全距對應於複數個參數中之一不同者；

產生具有該複數個參數中之一第一者之一製程全距之一第二函式庫，該第二函式庫之該製程全距不同於該複數個參數中之該第一者之該第一函式庫的該製程全距，但與該複數個參數中之該第一者之該第一函式庫的該製程全距重疊；

將該第二函式庫拼接至該第一函式庫，該拼接包含基於該第二製程全距與該第一製程全距重疊之一區域中之一組合函數的一導數來判定該第一製程全距與該第二製程全距之一重疊量；

針對該複數個參數中之一或多個額外參數重複該產生及該拼接以提供一最終函式庫；及

自該最終函式庫提供一模擬光譜。

12. 如請求項11之方法，其中該最終函式庫之製程全距中之每一者寬於或等於該第一函式庫之該複數個製程全距中之對應製程全距。

13. 如請求項11之方法，其進一步包含：

比較該模擬光譜與一樣本光譜。

14. 一種機器可存取儲存媒體，其具有儲存於其上之指令，該等指令使一資料處理系統執行產生用於量測一半導體基板或晶圓上之重複結構之一廣製程全距函式庫的一方法，該方法包含：

產生具有一第一參數之一第一製程全距的一第一函式庫；

產生具有該第一參數之一第二製程全距的一第二函式庫，該第二製程全距與該第一製程全距重疊；及

將該第二函式庫拼接至該第一函式庫以產生具有該第一參數之一第三製程全距的一第三函式庫，該第三製程全距寬於該第一製程全距及該第二製程全距中之每一者，該拼接包含基於該第二製程全距與該第一製程全距重疊之一區域中之一組合函數的一導數來判定該第一製程全距與該第二製程全距之一重疊量。

15. 如請求項14之儲存媒體，其中該第一函式庫具有一或多個子函式庫，該第二函式庫具有一或多個子函式庫，且該第三函式庫包括該第一函式庫及該第二函式庫之所有該等子函式庫。
16. 如請求項14之儲存媒體，其中該第一函式庫具有一或多個額外參數，該第二函式庫亦具有該一或多個額外參數，且該一或多個額外參數之製程全距在該第一函式庫與該第二函式庫兩者中係相同的。
17. 如請求項16之儲存媒體，其中該第一函式庫及該第二函式庫僅因該第一製程全距及該第二製程全距而不同。
18. 如請求項14之儲存媒體，其中該拼接進一步包含判定對該第一函式庫及該第二函式庫中之每一者的一函式庫誤差估計。
19. 如請求項14之儲存媒體，該方法進一步包含：

產生具有該第一參數之一第四製程全距的一第四函式庫，該第四製程全距與該第三製程全距重疊；及

將該第四函式庫拼接至該第三函式庫以產生具有該第一參數之一第五製程全距的一第五函式庫，該第五製程全距寬於該第三製程全距及該第四製程全距中之每一者。

20. 如請求項14之儲存媒體，其中該第一函式庫具有一第二參數之一第四製程全距，該第二函式庫具有該第二參數之一第五製程全距，該第五製程全距與該第四製程全距重疊，且該第三函式庫具有該第二參數之一第六製程全距，該第六製程全距寬於該第四製程全距及該第五製程全距中之每一者。

21. 如請求項14之儲存媒體，其中該第一參數為二維或三維格柵結構之一個別特徵的參數。

22. 如請求項21之儲存媒體，其中該第一參數係選自由以下各者組成之群：該個別特徵之寬度、高度、長度、頂部圓角、底部基腳及側壁角度。

23. 如請求項14之儲存媒體，其中該第三函式庫包含一模擬光譜，該方法進一步包含：

比較該模擬光譜與一樣本光譜。

24. 一種機器可存取儲存媒體，其具有儲存於其上之指令，該等指令使一資料處理系統執行產生用於量測一半導體基板或晶圓上之重複結構之一廣製程全距函式庫的一方法，該方法包含：

產生具有複數個製程全距之一第一函式庫，每一製程全距對應於複數個參數中之一不同者；

產生具有該複數個參數中之一第一者之一製程全距之一第二函式庫，該第二函式庫之該製程全距不同於該複數個參數中之該第一者之該第一函式庫的該製程全距，但與該複數個參數中之該第一者之該第一函式庫的該製程全距重疊；

將該第二函式庫拼接至該第一函式庫，該拼接包含基於該第二製程全距與該第一製程全距重疊之一區域中之一組合函數的一導數來判定該第一製程全距與該第二製程全距之一重疊量；及

針對該複數個參數中之一或多個額外參數重複該產生及該拼接以提供一最終函式庫。

25. 如請求項24之儲存媒體，其中該最終函式庫之製程全距中之每一者寬於或等於該第一函式庫之該複數個製程全距中之對應製程全距。

26. 如請求項24之儲存媒體，其中該最終函式庫包含一模擬光譜，該方法進一步包含：

比較該模擬光譜與一樣本光譜。

八、圖式：

流程圖 100

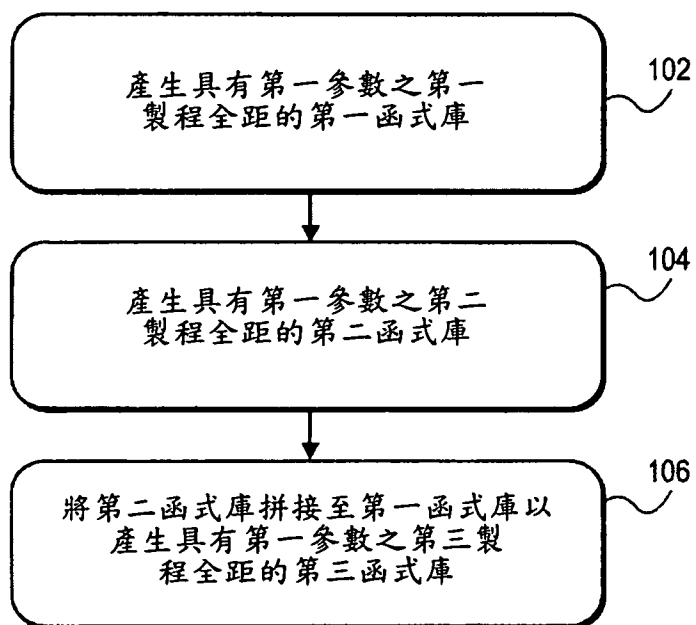


圖 1

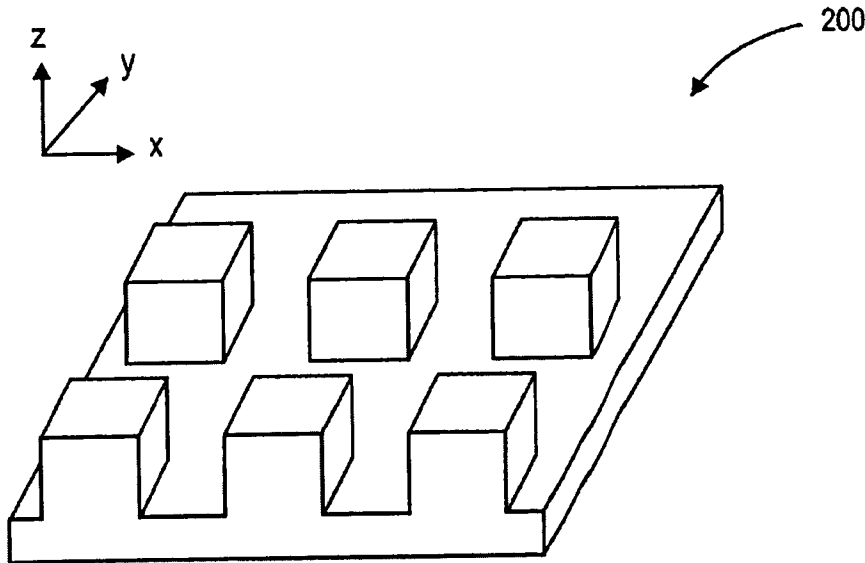


圖 2A

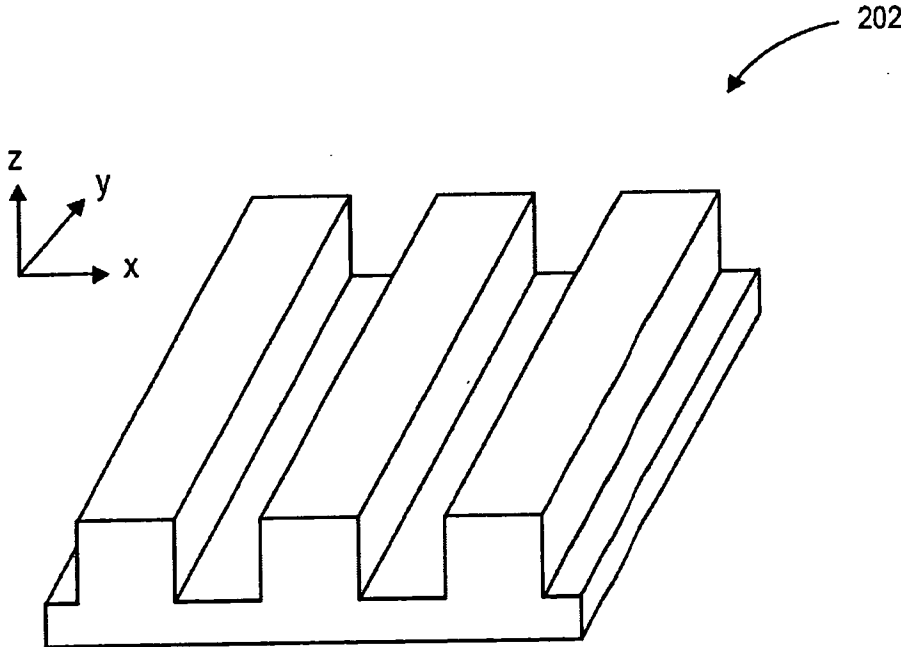


圖 2B

流程圖 300

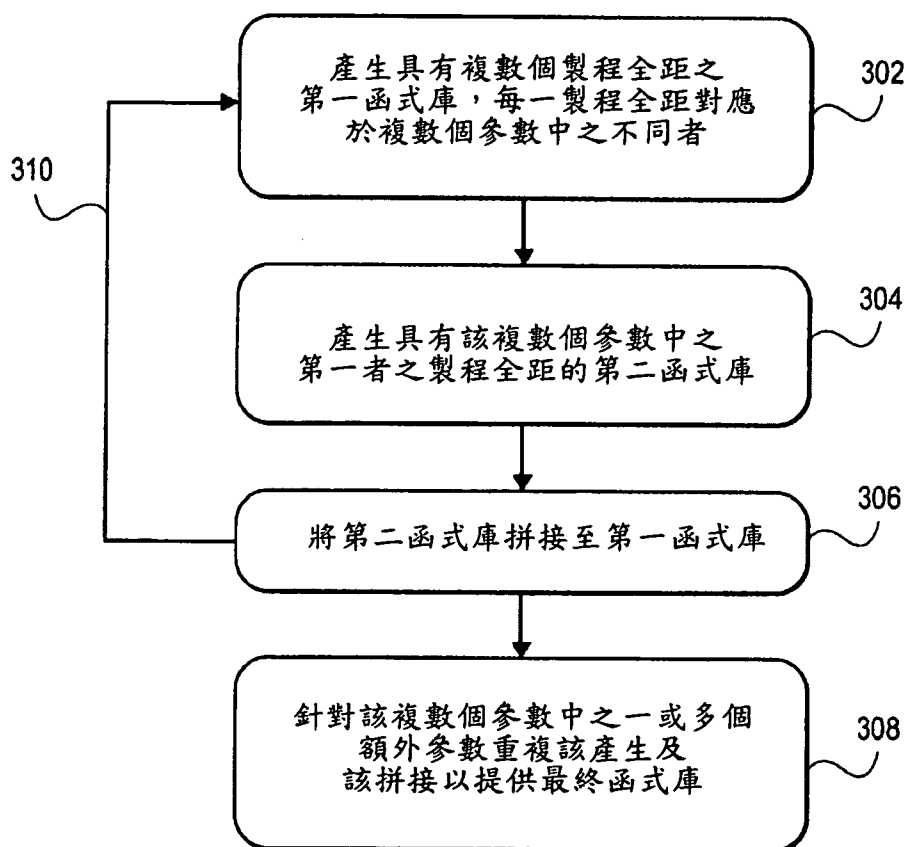


圖3

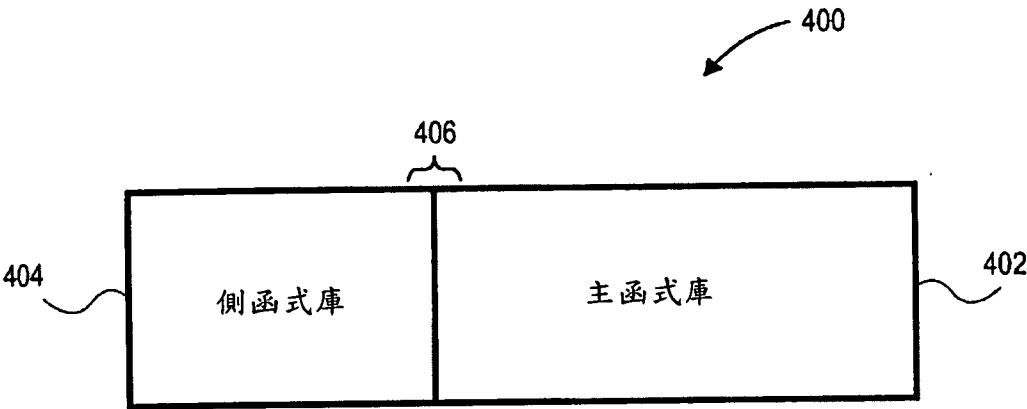


圖 4A

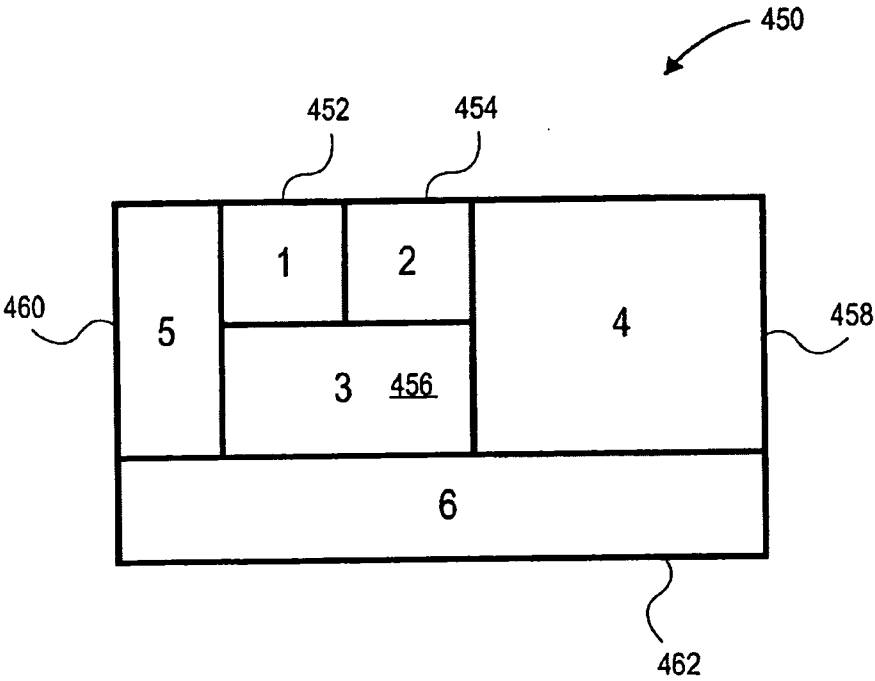


圖 4B

流程圖 500

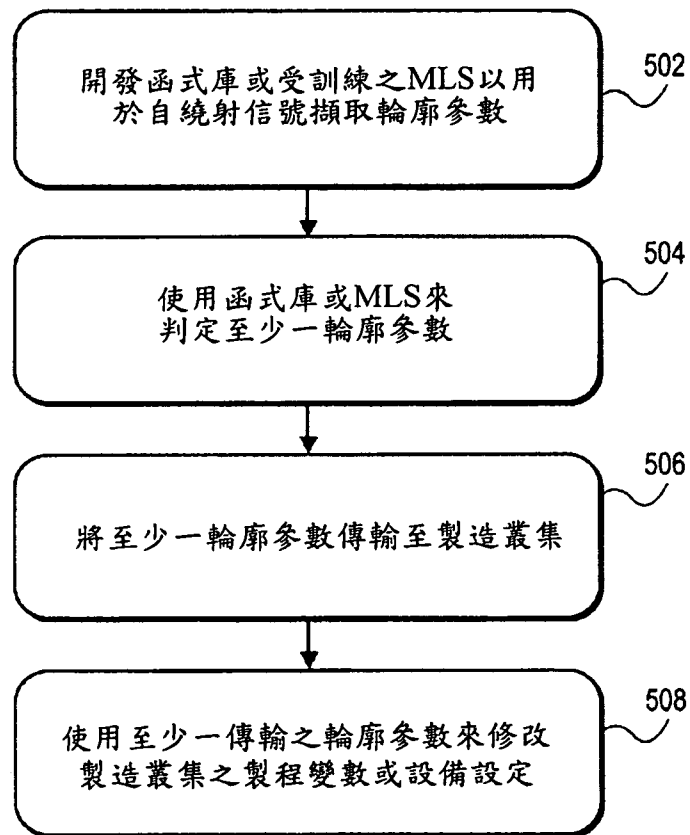


圖5

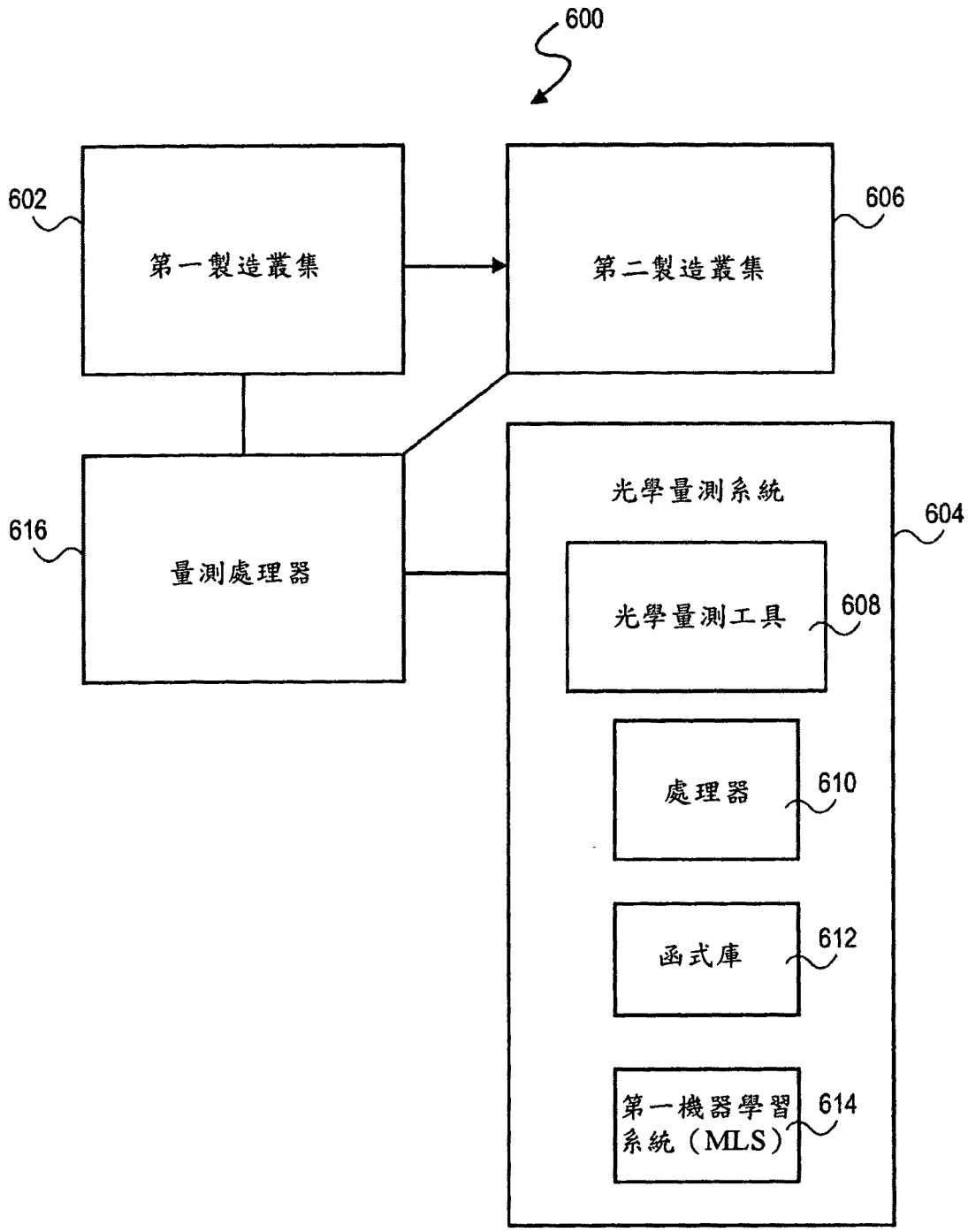


圖6

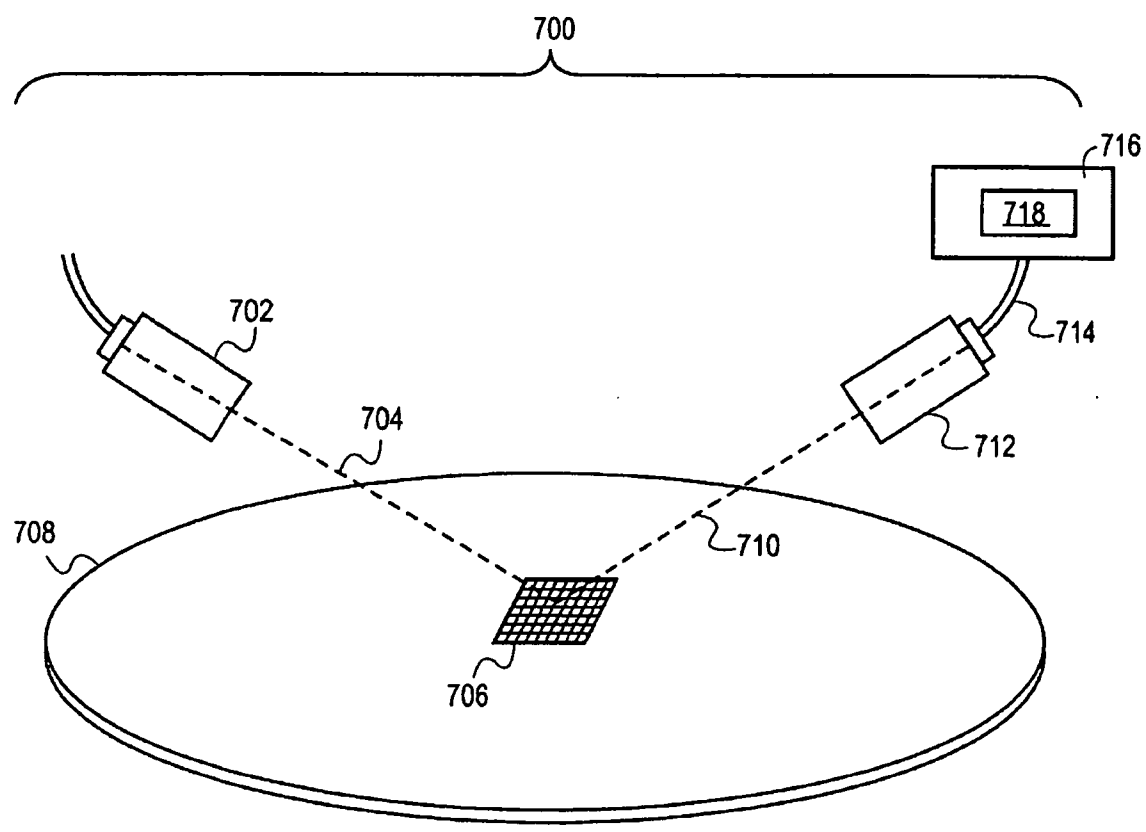


圖 7

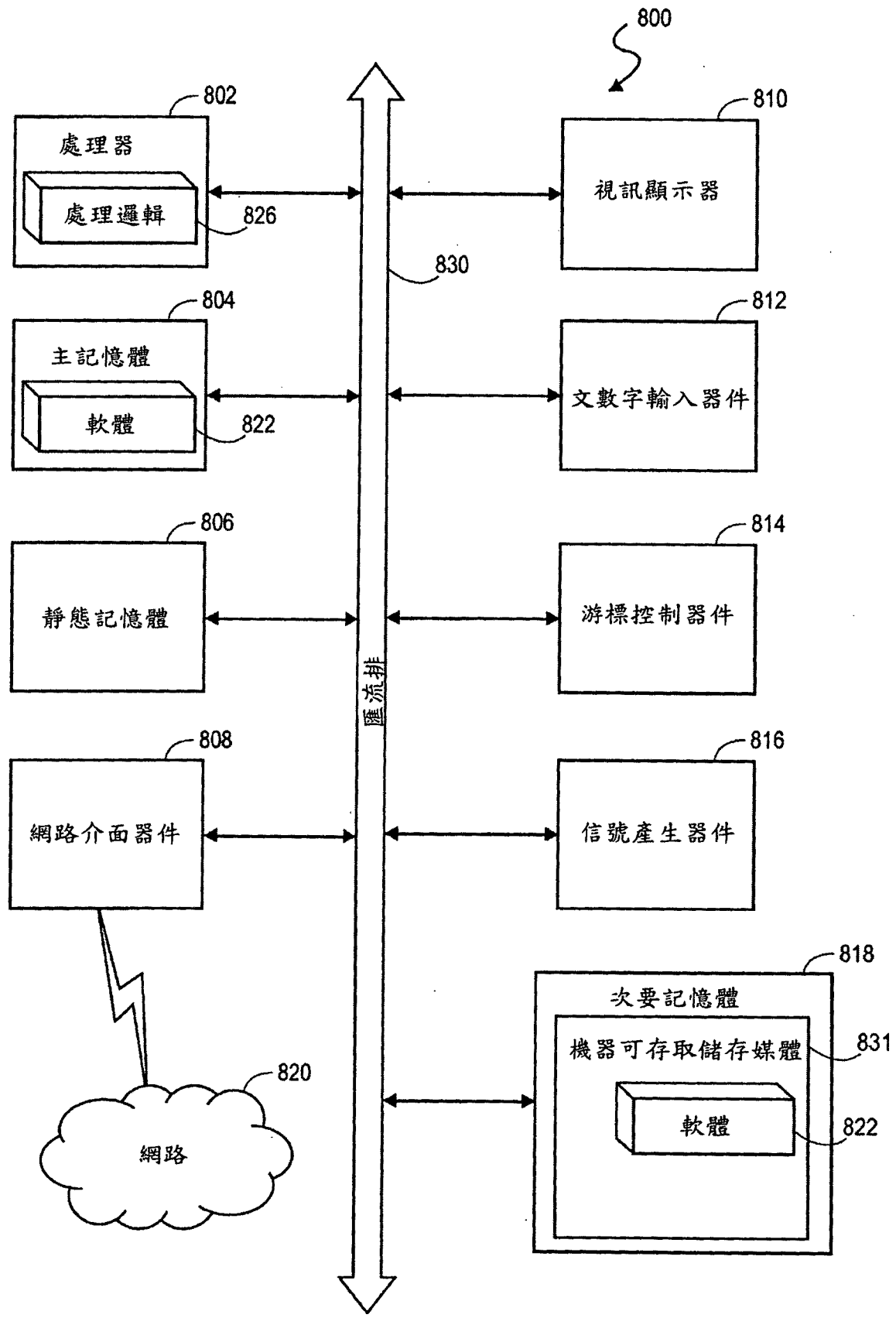


圖 8