



(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 I757489 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：107117023

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 05 月 18 日

(51)Int. Cl. : G06T7/00 (2017.01)

(30)優先權：2017/05/18 美國 62/508,312

2018/05/17 美國 15/982,918

(71)申請人：以色列商應用材料以色列公司(以色列) APPLIED MATERIALS ISRAEL LTD. (IL)
以色列

(72)發明人：薛瓦爾茲班德 伊夏 SCHWARZBAND, ISHAI (IL)；艾維尼爾 洋 AVNIEL, YAN (IL)；赫里斯托 歇爾蓋 KHRISTO, SERGEY (IL)；巴拉姆 摩爾 BARAM, MOR (IL)；雷比 西蒙 LEVI, SHIMON (IL)；吉爾莫斯基 多倫 GIRMONSKY, DORON (IL)；克里斯 羅曼 KRIS, ROMAN (IL)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

TW I271098

TW I550679

TW 201643554A

US 2007/0187595A1

US 2012/0267528A1

US 2014/0165236A1

審查人員：吳家豪

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：8 共 45 頁

(54)名稱

用於量測半導體晶圓上的圖案中的高度差之方法及系統

(57)摘要

用於決定提供於半導體晶圓上的圖案中的高度差的改進技術使用實際的量測(例如，來自 SEM 圖像的量測)和高度差決定模型。在該模型的一個版本中，該模型的可量測的變數是被表示為陰影的深度(意即，相對亮度)的變化的函數，其中陰影的深度取決於：在半導體晶圓上的兩個特徵之間的高度差和寬度差。在該模型的另一個版本中，可量測的變數被表示為循環結構的實際的圖像上的兩個特徵點之間的量測距離的變化相對於掃描電子束的傾斜角度的變化的函數。

An improved technique for determining height difference in patterns provided on semiconductor wafers uses real measurements (e.g., measurements from SEM images) and a height difference determination model. In one version of the model, a measurable variable of the model is expressed in terms of a function of a change in depth of shadow (i.e. relative brightness), wherein the depth of shadow depends on the height difference as well as width difference between two features on a semiconductor wafer. In another version of the model, the measurable variable is expressed in terms of a function of a change of a measured distance between two characteristic points on the real image of a periodic structure with respect to a change in a tilt angle of a scanning electron beam.

指定代表圖：

符號簡單說明：

10 . . . 方塊

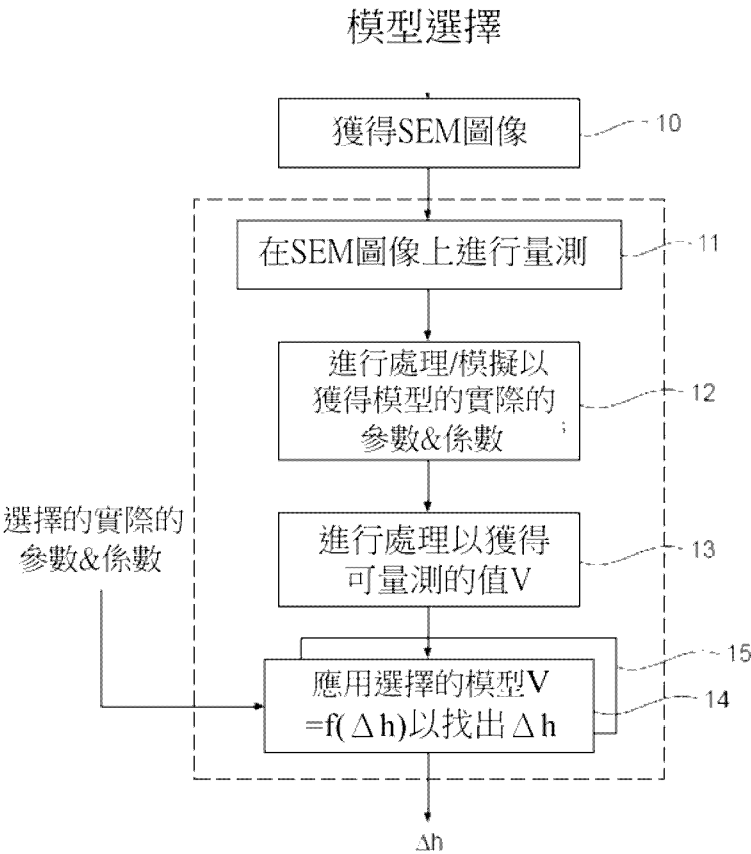
11 . . . 方塊

12 . . . 方塊

13 . . . 方塊

14 . . . 方塊

15 . . . 方塊



第 2A 圖



公告本

I757489

【發明摘要】

【中文發明名稱】用於量測半導體晶圓上的圖案中的高度差之方法及系統

【英文發明名稱】METHOD AND SYSTEM FOR MEASURING HEIGHT

DIFFERENCE IN PATTERNS ON SEMICONDUCTOR WAFERS

【中文】

用於決定提供於半導體晶圓上的圖案中的高度差的改進技術使用實際的量測（例如，來自SEM圖像的量測）和高度差決定模型。在該模型的一個版本中，該模型的可量測的變數是被表示為陰影的深度（意即，相對亮度）的變化的函數，其中陰影的深度取決於：在半導體晶圓上的兩個特徵之間的高度差和寬度差。在該模型的另一個版本中，可量測的變數被表示為循環結構的實際的圖像上的兩個特徵點之間的量測距離的變化相對於掃描電子束的傾斜角度的變化的函數。

【英文】

An improved technique for determining height difference in patterns provided on semiconductor wafers uses real measurements (e.g., measurements from SEM images) and a height difference determination model. In one version of the model, a measurable variable of the model is expressed in terms of a function of a change in depth of shadow (i.e. relative brightness), wherein the depth of shadow depends on the height difference as well as width difference between two features on a semiconductor wafer. In another version of the model, the measurable variable is expressed in terms of a function of a change of a measured distance between two characteristic points on the real image of a periodic structure with respect to a change in a tilt angle of a scanning electron beam.

【指定代表圖】第（ 2A ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 方塊

1 1 方塊

1 2 方塊

1 3 方塊

1 4 方塊

1 5 方塊

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於量測半導體晶圓上的圖案中的高度差之方法及系統

【英文發明名稱】METHOD AND SYSTEM FOR MEASURING HEIGHT

DIFFERENCE IN PATTERNS ON SEMICONDUCTOR WAFERS

【技術領域】

【0001】 本揭露一般性地關於：量測半導體晶圓上的圖案的尺寸，並且特定地量測圖案中的高度差和/或寬度差。

【先前技術】

【0002】 掃描式電子顯微鏡(SEM)圖像被使用於各種映射和成像應用(例如用於半導體晶圓的檢查)。在本領域中已知悉：用於使用SEM圖像的晶圓的三維(3D)映射的數種技術。舉例而言，用於檢查半導體裝置的傳統的技術利用由SEM獲得的多組量測資料來決定半導體裝置的尺寸參數。SEM從相對於裝置的不同的角度方向收集每組資料。藉由分析SEM檢查角度與收集的資料集之間的關係來決定半導體裝置的尺寸參數。

【發明內容】

【0003】 以下是本揭露的簡化的概述，以為了提供本揭露的一些態樣的基本理解。此概述並不是本揭露的廣泛性的概觀。該概述既不旨在識別本揭露的關鍵元件或重要的元件，也不旨在描繪本揭露的特定實施的任何範圍或請求項的任何範圍。該概述的唯一目的是以簡化的形式來呈現本揭露的一些概念，而作為稍後呈現的更為詳細的描述的序言。

【0004】 在此揭示者係一種用於藉由使用實際的量測（例如，來自SEM圖像的量測）和使用高度差決定模型來決定提供於半導體晶圓上的圖案中的高度差的改進技術。在此應用中，詞彙「圖案(pattern)」包含：在半導體晶圓上產生的任何的3D結構。

【0005】 在該模型的一個版本中，該模型的可量測的變數被表示為陰影的深度（意即，相對亮度）的變化的函數，其中陰影的深度取決於在兩個特徵之間的高度差和寬度差。

【0006】 在該模型的另一個版本中，可量測的變數被表示為循環結構的實際的圖像上的兩個特徵點之間的量測距離的變化相對於掃描電子束的傾斜角度的變化的函數。

【0007】 在該模型的兩個版本中，藉由將實際的量測資料饋送到該模型中而從該模型計算出高度差。

【0008】 在一些實施中，一系統包含：能夠使用電腦處理器並且使用該模型的一個或兩個版本來提取高度差的模組。該系統可包含：用以掃描晶圓的SEM和用以產生一或多個SEM圖像的偵測器。

【0009】 在一些實施中，一非暫時性的電腦可讀取媒體可包含：當由一處理裝置執行時使得該處理裝置執行識別具有一變數的一模型的方法的指令，該變數被表示為一核心溝槽與一間隙溝槽之間的高度差的一函數，其中該函數具有一或多個參數；在循環結構的實際的圖像上執行量測以獲得高度差的函數的一或多個參數的值；以及，由一電

腦處理器使用該模型和所獲得的一或多個參數來決定高度差。

【圖式簡單說明】

【0010】 將從在下文中給出的實施方式中和從本揭露的各種實施的隨附圖式中更完整地理解本揭露。

【0011】 第1A圖圖示根據本揭露的一些實施例的包含SEM和電腦系統的一系統的示意性的方塊圖，該電腦系統經配置以使用一模型來決定一圖案的高度差。

【0012】 第1B圖是根據本揭露的一些實施例的示意性的功能方塊圖，該功能方塊圖包含：一高度差決定模組（HDDM）。

【0013】 第1C圖顯示：根據本揭露的實施例的由於多次圖案化而具有核心-間隙凹陷的一圖案。

【0014】 第1D(a)-(b)圖顯示：根據本揭露的另一實施例的由於製程變化而在兩個不同的晶圓上具有不同的高度和寬度的一圖案特徵。

【0015】 第2A圖是根據一些實施例的用以使用一模型和實際的量測來決定一圖案中的高度差的一示例性方法的流程圖。

【0016】 第2B圖示意性地顯示：根據在此揭示的實施例的包含局部通道和參考通道的灰階輪廓的示例性的SEM圖像的一部分。

【0017】 第2C圖示意性地顯示：根據在此揭示的實施例的示例性SEM圖像的一部分，該SEM圖像包含循環結構中的核心溝槽和間隙溝槽的灰階輪廓。

【0018】 第3圖圖示根據一實施例的一示例性圖案的示意圖，該示例性圖案表示出對於執行一模型的一個版本以決定高度差而要進行量測的值。

【0019】 第4圖是根據一實施例的一示例性方法的流程圖，該示例性方法用以根據一模型的一個版本來決定高度。

【0020】 第5圖圖示根據一實施例的一示例性圖案的示意圖，該示例性圖案表示出對於執行一模型的另一個版本以決定高度差而要進行量測的值。

【0021】 第6圖是SEM圖像的一部分，前述者被簡化以示出在第5圖中參照的模型的版本。

【0022】 第7圖是根據本揭露的另一實施例的一示例性方法的流程圖，該示例性方法用以根據在第5圖中參照的模型的版本來決定高度。

【0023】 第8圖是一示例性電腦系統的方塊圖，其中本揭露的實施可在該電腦系統中進行作業。

【實施方式】

【0024】 本揭露的態樣關於：決定在相同的半導體晶圓上的兩個特徵之間的高度差及/或高度差和寬度差二者，或者決定由於製程變化所造成的在兩個不同的半導體晶圓上的相同的圖案特徵之間的高度變化及/或寬度變化。

【0025】在半導體晶圓上形成的圖案通常包含：具有各種形狀和尺寸的特徵/物體。圖案可包含：循環結構或不規則的結構。通常需要估計該等物體之間的高度差(及/或高度差和寬度差二者)以達成許多的目的(例如，在該等物體的製造期間和/或製造該等物體之後檢查半導體晶圓)。

【0026】在現有的技術中，藉由分別地量測個別的特徵的絕對高度並且比較兩個量測值來計算高度差。此揭露描述了一種用於量測兩個特徵之間的高度差的新穎的、更有效的方法，而不必個別地量測兩個特徵中的每一者的個別的絕對高度。

【0027】在此揭露中的方法的優點在於：兩個特徵可以或可以不在實體上彼此相鄰(只要在兩個特徵之間具有相對高度差即可)。此外，可以將兩個特徵之間的寬度差決定為：額外的製程控制參數。該兩個特徵可以是同一圖案的部分或不同圖案的部分。而且，該兩個特徵在兩個不同的晶圓上可以是相同的特徵。詞彙「相同的特徵(same feature)」廣泛地意指為：相同類型的特徵(例如，如同由使用於製造該等特徵的設計意圖檔案所定義者，或者在量測資料(例如，來自SEM圖像的資料)上顯示為大致上相似的)。詞彙「相同的特徵(same feature)」可關於：在單個晶圓上或在不同的晶圓上製造的相同類型的特徵。

【0028】具有可關注的高度差的圖案的一實例是材料凹陷或核心-間隙凹陷，該材料凹陷或該核心-間隙凹陷可

以出現在形成於半導體晶圓上的循環結構中的相鄰溝槽之間。材料凹陷可以被理解為在循環結構中的相鄰溝槽(意即，核心溝槽和間隙溝槽)的深度/高度之間的平均差異。材料凹陷可以是使用於半導體製造的多次圖案化(例如：雙圖案化)製程的結果。

【0029】 溝槽中的一些者可為：一通道的形式，該通道具有側壁，其中該通道可具有：閉合的輪廓或開放的輪廓。決定高度差(Δh)可以被理解為：決定針對於任何的通道對(例如，針對於圖案的特定的核心-間隙對)的 Δh 的絕對值，及/或被理解為：決定針對於類似的通道的存在於循環圖案內的感興趣區域中的 Δh 的平均值。

【0030】 所揭露的技術亦可被使用以評估：由於製程引起的變化而在同一晶圓的不同部分上或在兩個不同晶圓上的相同特徵中的尺寸差異。在半導體裝置的生產中，精確性、重複性，及生產過程對於變化的穩定性是非常重要的。藉由在各個生產階段期間量測(例如)圖案的高度和寬度來實施：用於控制製程不精確性和不穩定性的製程控制技術。

【0031】 在某些情況下，製程控制量測和尤其是在線的SEM製程控制量測可基於分析陰影資訊來提供：關於圖案量測(例如高度和寬度)與參考之間的偏差的資訊。

【0032】 第1A圖圖示示例性的系統S3，該系統S3包含：具有發明性的子系統S1和S2。子系統S1包含：所提出的具有發明性的高度差決定模組(HDDM)，該高度差

決定模組包含：一或多個建模處理器 $SP1$ (及 $SP2$ ，如果多於一個處理器被使用)。 $HDDM$ 位於一電腦 C 中，並且經配置以藉由使用在本申請案中描述的模型的兩個版本中的至少一者來決定半導體圖案的特徵之間的高度差 Δh 。 $S1$ 被耦接至電腦記憶體 M 。

【0033】 電腦 C 可藉由通訊線路 L 從 SEM 接收資料。 SEM 產生：在半導體晶圓 W 上製造的圖案的 SEM 圖像。如果 SEM 或任何單獨的量測模組經調適以使用 SEM 圖像來執行量測，量測結果將被傳送至子系統 $S1$ 。子系統 $S1$ 可由可以獲得來自使用者的指令的控制處理器 P 來控制。

【0034】 第二子系統 $S2$ 包含： $HDDM$ (其中包含建模處理器 $SP1$ 和 / 或 $SP2$)、量測模組 MM ，以及控制處理器 P 。

【0035】 量測模組 MM 從 SEM 接收圖像、執行亮度的精確的量測、圖案的各種長度 / 寬度的精確的量測，可部分地處理量測，並且可由處理器 P 來控制。

【0036】 子系統 $S1$ 和 $S2$ 可以放置在被提供有顯示器 D 和鍵盤 K 的獨立式電腦 C 中；電腦藉由通訊線路 L 直接地或間接地連接至 SEM 。

【0037】 擴展系統 $S3$ 可進一步包含：併入電子束源的 SEM 和一或多個偵測器，該等偵測器被設置以當被插入 SEM 時監視半導體晶圓 W 而收集亮度資料 (意即，表示在 SEM 圖像上的灰階的資料)。 SEM 可以將來自多個偵測器的收集的資料處理為一組合的 SEM 圖像，或者可以將

收集的資料提供給模組 **MM**，以用於在其內部形成組合的圖像、執行量測，以及部分地處理該等量測。

【0038】 第1B圖圖示基於第1A圖的方塊圖，其中對於方塊和模組的功能和控制輸入被顯示。功能輸入/連接係藉由粗箭頭來顯示，而控制輸入/連接係藉由細箭頭來表示。應注意到控制處理器 **P** 控制 **MM** 和 **HDDM** (**HDDM** 是 **S1** 的部分) 二者。在此方塊圖中，量測模組 **MM** 被顯示為：藉由虛線輪廓標記為 **S2** 的具有發明性的實施例的一部分。該系統 **S2** 可被安裝在電腦中，該電腦係藉由 **L** 連接至 **SEM**。在此並未顯示記憶體 **M** 和其連接。

【0039】 第1C圖顯示：**HDDM** 可在核心-間隙凹陷的情境中計算 Δh ，前述者相關於第2B圖至第7圖更為詳細地描述。這是一個通常與多次圖案化相關聯的問題。

【0040】 第1D(a)圖和第1D(b)圖顯示：即使由於多次圖案化的緣故而沒有材料凹陷，也可能由於製程變化而在兩個不同晶圓上的相同特徵之間或在晶圓的不同部分處製造的相同特徵之間具有高度差(意即，第1D(a)圖中的 h_1 與第1D(b)圖中的 h_2 之間的差異)。由於製程變化的緣故，也可能會有寬度差(意即，第1D(a)圖中的 w_1 與第1D(b)圖中的 w_2 之間的差異)。第二晶圓可為：由相同的生產工具製造的具有相同設計的另一晶圓。第二晶圓可為：由相同類型的不同生產工具製造的具有相同設計的另一晶圓。第一晶圓和第二晶圓之間的高度和/或寬度的差異可能是由於製程變化、工具故障，及類似者所導致。

【0041】 第2A圖顯示：在系統S3中的操作的示意性流程圖，其中包含系統S2的操作（被顯示在第1B圖中的以虛線繪示的矩形內）。系統S2的操作包含：作為系統S1的HDDM的操作。量測模組MM可包含：用於在處理器的控制下執行一組和/或兩組量測，而進一步地處理量測結果的兩個實施例中的至少一個。處理可以在MM處開始並且在HDDM處終止。然而，可以在HDDM處完全地執行處理，而使得實際上MM可以形成HDDM的部分。舉例而言，MM可包含：用於量測和處理SEM圖像上的通道/溝槽的灰階（亮度）的硬體方塊和/或軟體方塊，以及用於量測和處理（a）通道的寬度「w」；及/或（b）通道之間的距離 ΔX 的硬體方塊和/或軟體方塊（其中取決於選擇模型的何者版本，或者是否選擇了模型的兩個版本（如同在下文中闡述者））。模型可由使用者來選擇，或者可由處理器來選擇。

【0042】 具有某高度的圖案的SEM圖像顯示指示圖案高度的陰影（因此與高度相關的）。與電子偵測器相關地，從陰影位置發出的電子可由該圖案吸收，並且將不會到達電子偵測器。因此，與陰影位置相關聯的電子信號損失表示：圖案幾何圖形和形狀-高度和寬度。

【0043】 根據本揭露的實施例，藉由應用反映與高度相關的陰影（其中該陰影與圖案相關聯）的模型來處理圖案的SEM圖像，從而決定SEM圖像中的圖案的高度和/或寬度相較於一參考的差異。

【0044】 在顯示於第1C圖中的核心-間隙實例中，核心溝槽的SEM圖像可以作為間隙溝槽的SEM圖像的參考。在顯示於第1D(a)圖和第1D(b)圖中的實例中，第一晶圓的圖案SEM圖像可以作為第二晶圓的圖案SEM圖像的參考。在兩個實例中，決定關於高度差的資訊。注意到顯示於第1D(a)-(b)圖中的圖案不限於多次圖案化。

【0045】 根據本揭露的實施例，參考可以與絕對尺寸值相關聯-例如，在第1D(a)圖中的高度 h_1 或寬度 w_1 。絕對高度值可以例如在諸如為SEM配方設置步驟的初步過程控制步驟期間，或在利用諸如為OCD(光學CD量測)或TEM(穿透式電子顯微鏡)的非在線的量測技術的互補量測步驟期間獲得。藉由使用與參考相關聯的絕對高度值和所決定的高度差，可以獲得圖案的絕對高度值。

【0046】 如同在前文中所提及者，高度決定涉及到：識別具有變數 V 的模型，該變數 V 被表示為：高度差 Δh 的函數(意即， $V = f(\Delta h)$)。 V 具有一可量測的值，並且是一或多個真實參數的一函數，該等真實參數中的一些者能夠被量測。在該模型的一個版本中，變數 V 被表示為：一陰影深度的一函數，其中該陰影深度取決於高度差以及相鄰的特徵之間的寬度差。在該模型的另一個版本中，該變數被表示為：在SEM圖像上的兩個特徵點之間的量測距離的變化相對於被使用以獲得SEM圖像的電子束的傾斜角度的變化。使用者可以選擇該模型的任一版本以決定高度差。以下所述者亦為可能的：使用該模型的多個版本來

決定高度差並且比較結果以達成更佳的精確性。習知技藝者將會容易地理解到：第2A圖中所顯示的流程圖中的方塊10-15根據所選擇的模型的版本進行操作。

【0047】 在選擇模型 $V = f(\Delta h)$ 的至少一個版本之後，獲得一或多個SEM圖像(方塊10)。可以藉由利用電子束來掃描晶圓(並且可選擇地改變電子束的傾斜角度(其中取決於選擇該模型的何者版本))而獲得SEM圖像。來自一或多個電子偵測器的資料可被使用以獲得組合的SEM圖像。可替代性地，可以使用預先選擇的已知的SEM圖像資料。

【0048】 接著，執行在SEM圖像上的量測(方塊11)。此任務可以在第1B圖中顯示的量測模組(MM)或HDDM處執行。量測可包含：執行統計量測或模擬以為了獲得所選模型的實際參數和/或係數(方塊12)(如果其沒有被事先提供(意即，如果其未被預先選擇))，並且計算出所選擇的模型的可量測的值V(方塊13)。

【0049】 將所選擇的版本的模型應用於量測結果(方塊14和/或方塊15)的最終操作係由HDDM來執行。如果預先選擇了一些實際的參數或係數，則可以將該等實際的參數或該等係數饋送至14及/或15。在後文中，更為詳細地描述該模型的兩個版本。

模型的版本1：從相對亮度中決定高度差(陰影的深度)

【0050】 首先，描述了第一版本的模型的操作，其中使用「陰影的深度(depth of shadow)」方法來計算出高

度差，該方法利用特徵的頂部和底部之間的亮度的變化（灰階差）。為了達成此申請案的目的，「陰影的深度（depth of shadow）」意指：相對亮度或相對灰階。亮度差與高度差有關（意即，灰階差是高度差的結果）。灰階差表示：由於不同高度的特徵產生的「陰影（shadow）」所導致的產量損失（在SEM中偵測到的次級電子的產量損失）。

【0051】第2B圖圖示灰階SEM圖像的示例性的部分，其中圖案的頂部部分是亮灰色的，而底部部分是深灰色的。圖案的明亮的頂部部分是被次級和背向散射電子更加地「照亮（illuminated）」，該等次級和背向散射電子是由一掃描電子束產生的並且由至少一個SEM偵測器（未被顯示出來）偵測到。圖案的暗的底部部分產生較少的電子，因而由與SEM圖像的較暗部分相同的偵測器偵測到。

【0052】該圖案包含：被稱為「參考（reference）」通道16的第一通道，該參考（reference）」通道16被形成為具有閉合的橢圓形的輪廓。被稱為「局部（local）」通道的第二通道被形成在橢圓形的輪廓和直條形的輪廓之間。

【0053】該模型的第一版本（ $V = \Delta \eta_{LR} = f(\Delta h, \Delta w_{LR})$ ）是基於以下兩個方程式：

$$\eta_L = \eta(h_L, w_L) ; \text{ 及}$$

$$\eta_R = \eta(h_R, w_R) ,$$

其中在量測局部對象的相對灰階的值 h_L 和參考對象的相對灰階的值 h_R 的情況下，分別地量測局部對象的底部通道的寬度的值 w_L 和參考對象的底部通道的寬度的值 w_R 。

【0054】計算出可量測的值 $\Delta \eta_{LR}$ 和實際的參數 ΔW_{LR} ，然後使用函數「f」找出 ΔH 。函數「f」可以被認為是單調的並且可以使用校正程序來建構。當對於函數「f」施用任何的已知的近似時，其第一近似可以是線性的並且將僅需要兩個係數/參數，該兩個係數/參數將被稱為 α 和 β 。該等係數可以藉由校正找到，可以被模擬得到或可以被事先選擇。

【0055】因此，該模型的第一版本可能基本上接近於以下所述者：

$$\Delta \eta_{LR} = \beta (\Delta h) + \alpha (\Delta w_{LR})$$

其中係數 α 和 β 分別地表徵相對灰階 η 與通道寬度「w」和高度「h」的依賴關係。

特定地， $\Delta \eta_{LR} = \eta(\text{local}) - \eta(\text{reference})$ ，

其中 $\eta(\text{local}) = Y_{\text{local}(\text{bottom})} / Y_{\text{local}(\text{top})}$ ，以及

$\eta(\text{reference}) = Y_{\text{reference}(\text{bottom})} / Y_{\text{reference}(\text{top})}$ 。

Y 表示在圖案的頂部或底部處的產量(亮度)。

【0056】應理解到：針對於特定的量測選擇的局部通道和參考通道可位於 SEM 圖像上的相距彼此相當遠的距離之處，並且理解到：每一通道與其對應的壁部分相關聯，從而形成該通道的底部和頂部。此外，對於所提出的技術

而言，該等通道中的一者(比如說，參考通道)不必由其實際的量測來表示。例如，它可以由在量測的程序中獲得的平均值來表示。

【0057】 局部通道-參考通道方法可被使用以量測核心-間隙對中的高度差，其中核心溝槽與間隙溝槽交錯。第2C圖圖示來自一圖案的SEM圖像的示例性的部分，該圖案包含：屬於半導體晶圓上的某些循環結構的核心溝槽和間隙溝槽的灰階輪廓。在此圖示中，每一對相鄰的溝槽包含：一個核心溝槽18和一個間隙溝槽19。與在前文中討論的通用的參考通道-局部通道模型並行地進行繪製，核心溝槽可被使用以作為參考通道且間隙溝槽可被使用以作為局部通道(反之亦然)。受讓人所擁有的美國專利(美國專利編號第8,538,130號)描述了一種CD計量系統和將類似的結構元件分類的方法，其中包含被製造在半導體晶圓上的循環結構中的核心-間隙對。

【0058】 第3圖是顯示於第2C圖中的循環結構的示意性的示例性側視圖(或橫截面)，其中可以注意到：間隙溝槽19比核心溝槽18更深，並且存在有在核心溝槽和間隙溝槽之間的典型的材料凹陷(Δh 或高度差)。材料凹陷通常是多次圖案化技術(例如雙圖案化)的結果。間隙溝槽具有：大於核心溝槽的高度 H_c 的高度 H_g 。各個間隙溝槽和核心溝槽的寬度 W_g 和 W_c 亦可以不同。

【0059】 對於一對相鄰的間隙溝槽和核心溝槽(例如，示例性的對1)，量測在底部(y_{bottom})處的灰階亮度與在

頂部 (y_{top}) 處的亮度之間的比率 η 兩次。由於相鄰的間隙溝槽和核心溝槽的不同的 height，量測的比率是不同的。

【0060】 針對於此情況的提出的第一版本的模型的線性函數被表示為：

$$\Delta \eta_{cg} = \beta (\Delta h) + \alpha (\Delta w_{cg}),$$

其中 $\Delta \eta_{cg}$ 是核心 - 間隙對的亮度比 (意即，在頂部 (y_{top}) 處的亮度與在底部 (y_{bottom}) 處的亮度之間的比率) 的差異， Δh 是核心 - 間隙對的高度差，以及 Δw_{cg} 是核心 - 間隙對的寬度差。 α 和 β 是從量測 / 校正中被預先選擇的或以統計的方式計算出的係數。被顯示在前述的方程式中的線性關係允許：使用 SEM 圖像並且基於亮度 ($y_{top(c)}$ 、 $y_{bottom(c)}$ 、 $y_{top(g)}$ ，及 $y_{bottom(g)}$) 和寬度 (w_c 和 w_g) 的量測而計算出 Δh ，同時考慮到事先接收的或藉由模擬和 / 或校準導出的係數 α 和 β 。係數 α 表示： η 與溝槽的寬度的依賴關係 ($d\eta/dw$)。係數 β 反映了 η 與溝槽的高度的依賴關係 ($d\eta/dh$)。

【0061】 第4圖是一示例性方法的流程圖，該方法用以使用在前文中描述的模型的版本來決定相鄰的核心溝槽與間隙溝槽之間的高度差。此申請案重複地提及：在循環的圖案中的相鄰核心溝槽和間隙溝槽。然而，該方法可以在此揭露的範疇內進行修改而用於量測在非規則的圖案中的兩個通道的 Δh ，其中兩個通道被認為是「一對 (a pair)」間隙 - 核心。第4圖的方法可藉由處理邏輯來執行，該處理邏輯可包含：硬體 (例如，處理裝置、電路、

專用邏輯、可程式化邏輯、微代碼、裝置的硬體、積體電路等等)、軟體(例如,運行的指令或在處理裝置上執行的指令)或其組合。在一些實施例中,第4圖的方法可藉由顯示於第1A圖和第1B中的系統來執行。

【0062】如同在第4圖中顯示者,該方法可以開始於方塊20處,其中藉由初級電子束來掃描具有在晶圓W上的一圖案樣品的。在方塊22中,SEM的一或多個偵測器偵測:背向散射和次級電子。基於偵測器資料,藉由SEM來產生晶圓的一或多個SEM圖像。在方塊24中,組合一或多個SEM圖像以產生一組合的SEM圖像。在方塊26中,量測每一核心-間隙對的寬度,並且計算出其的寬度差。此功能可以在量測模組MM處執行。針對於每一核心-間隙對,在方塊28中,量測在底部處和頂部處的灰階,計算間隙和核心的 η ,然後計算出 $\Delta\eta$ 。在計算出每一核心-間隙對的 η 和 $\Delta\eta$ 之後,基於所執行的灰階的量測,可以對於感興趣的區域進行平均。最後,在方塊30中,使用 $V = f(\Delta h)$ 的模型的第一版本導出高度差 Δh ,其中函數 f 被表示為: $\Delta\eta_{cg} = \beta(\Delta h) + \alpha(\Delta w_{cg})$ 。特定地, $\Delta h = (\Delta\eta_{cg} - \alpha\Delta w_{cg}) / \beta$ 。

【0063】應注意到:在前文中提及的可量測的值和實際的參數可以是絕對的或平均的。其對於特定的兩個通道是絕對的,並且可以針對於該圖案的一特定的區域進行平均。相對灰階(或亮度) η 可以是絕對的或平均的。可以針對於特定的核心-間隙對中的特定的間隙/核心來量測(計

算)絕對的 η ，而可以針對於在循環結構的一感興趣的區域中的一組間隙/核心/對量測(計算)平均的 η 。

【0064】 同樣地，當藉由量測在SEM圖像上的(一個核心-間隙對的)核心溝槽的寬度「 w_c 」和(一個核心-間隙對的)相鄰的間隙溝槽的寬度「 w_g 」來獲得實際的參數「 Δw_{cg} 」時，該實際的參數「 Δw_{cg} 」是絕對的；而如果基於絕對參數「 Δw_{cg} 」的數目而針對於一感興趣的區域計算出「 Δw_{cg} 」，則「 Δw_{cg} 」將被平均。當針對於特定的核心-間隙對進行量測時，材料凹陷「 Δh 」是絕對的，並且當針對於感興趣的區域進行計算(基於絕對的「 Δh 」的數目，或基於平均的「 Δw_{cg} 」)時，將對於材料凹陷「 Δh 」進行平均。此外，詞彙「統計量測(statistical measurements)」可例如被理解為：使用藉由實際的量測獲得的經驗資料的校準，或者僅被理解為：平均的實際的量測。

模型的第2版本：藉由改變電子束傾斜角度來決定高度差

【0065】 第二版本的模型從一變數計算出高度差，該變數可以被表示為：當掃描電子束的傾斜角度改變時的SEM圖像上的兩個特徵點之間的量測距離的改變。習知技藝者會理解到：在一圖案的側視圖上的「特徵點(characteristic point)」可對應於在相同圖案的俯視圖上的「特徵線(characteristic line)」，並且兩個特徵點之間的距離對應於二條的平行的特徵線之間的距離。

【0066】特徵線應該被理解為：沿著循環結構的底部邊緣設置的具有條帶的形式的亮點。實際上，沿著結構的底部和壁之間的底部角落發現此一特徵線，該角落是藉由傾斜的掃描電子束到達，從而在SEM圖像處產生相對明亮的(特徵性)點(其係由於電子是從角落的壁部分和底部部分二者發射的緣故)。

【0067】第5圖顯示：在第2C圖和第3圖中所顯示的相同的圖案的側視圖，其中就具有更為寫實的圓形輪廓。首先利用具有相對於與晶圓的表面垂直的軸(虛線)的傾斜角度 γ_1 的電子束40來掃描圖案。然後，可以藉由以與 γ_1 不同的角度 γ_2 傾斜的電子束42來掃描圖案。先決條件是：對於兩個角度而言，至少一個偵測器D1將記錄在間隙溝槽的底部角落處(Cg)和在該間隙溝槽的相鄰核心溝槽的底部角落Cc處的特徵線，間隙溝槽和核心溝槽屬於相同的核心-間隙對(在此表示為對1)。在Cg和Cc處的特徵線將被視為：從由D1收集的資料中獲得的在SEM圖像上的亮點。當傾斜角度改變時，該等線將會改變其位置。此者更為詳細地顯示於第6圖中。額外的條件是：至少一個偵測器應能夠記錄傾斜角度 γ_1 和 γ_2 二者的特徵線，以為了比較此些偵測器的SEM圖像並量測在該等SEM圖像上的距離 ΔX_1 和 ΔX_2 。

【0068】然後，在位於Cc處的特徵線與位於Cg處的特徵線之間量測的距離 ΔX_1 和 ΔX_2 (針對於相同的核心-

間隙對且對於不同的傾斜角度獲得的)被使用於計算此核心-間隙對的材料凹陷 Δh 。

【0069】 第6圖顯示：在第2C圖和第5圖中所顯示的圖案的SEM圖像的示意性的簡化部分，其中以不同的傾斜角度產生的特徵線被示意性地顯示為：規則結構的在淺灰色的頂部與深灰色的底部之間的白色部分。處於傾斜角度 γ_1 的特徵線顯現為更窄的，而處於傾斜角度 γ_2 的特徵線顯現為更寬的(因為 $\gamma_1 < \gamma_2$)。傾斜方向係由粗箭頭示意性地顯示。針對於一特定的核心-間隙對來量測：在特徵線的右端之間的距離 ΔX (右端是藉由黑色虛線來標示)。應注意到：在淺的核心處的特徵線比在較深的間隙處的特徵線寬。

【0070】 舉例而言，針對於核心-間隙對1(核心1和間隙1)量測在特徵線之間的距離 ΔX_1 ，該等特徵線顯現在處於傾斜角度 γ_1 時獲得的SEM圖像上。針對於相同的核心-間隙對1量測特徵線之間的距離 ΔX_2 ，該等特徵線顯現在處於傾斜角度 γ_2 時獲得的SEM圖像上。可以針對於另一個核心-間隙對(例如，包含間隙1和核心2的對2)量測類似的距離。可以觀察到：距離 ΔX 隨著傾斜角度的改變而變化。因為此變化是在核心-間隙對之間的高度差的函數，可以使用適當版本的模型從 ΔX 中導出高度差。

【0071】 應理解到：在前文中提及的可量測的值 $\Delta(\Delta X)$ 可以從一距離(ΔX)的兩個值中計算得到，其中該距離(ΔX)是使用針對於掃描電子束的兩個不同的傾斜角

度 γ 獲得的兩個分別的SEM圖像來量測的。舉例而言，可以選擇兩個傾斜角度，並且可以針對於特定的「核心-間隙(core-gap)」對獲得值 $\Delta(\Delta X)$ 。

【0072】第7圖是用於執行根據模型的第2版本的方法的示例性的流程圖。第7圖的方法可由處理邏輯來執行，該處理邏輯可包含：硬體(例如，處理裝置、電路、專用邏輯、可程式化邏輯、微代碼、裝置的硬體、積體電路等等)、軟體(例如，運行的指令或在處理裝置上執行的指令)，或其組合。此外，圖案可為循環結構或具有材料凹陷的不規則的結構。在一些實施例中，第4圖的方法可由顯示於第1A圖和第1B圖中的系統執行。應注意到：需要用於實施此模型的至少一個偵測器。

【0073】第7圖的方法開始於方塊50處，其中利用處於兩個傾斜角度 γ_1 和 γ_2 的初級電子束來掃描圖案。接著，在方塊52中，藉由一或多個偵測器來偵測次級和背向散射電子，從而針對於每一傾斜角度產生一相對應的SEM圖像。注意到：SEM圖像可為使用來自多個偵測器的資料的一組合的圖像。在方塊54中，對於針對一特定的傾斜角度獲得的每一SEM圖像，識別出對於每一核心-間隙對且在此特定的傾斜角度處產生的特徵線。在方塊56中，對於每一特定的核心-間隙對，量測在處於兩個不同的傾斜角度的特徵線之間的距離 ΔX_1 和 ΔX_2 。然後，計算出在該等距離之間的差(意即， $\Delta(\Delta X)$)。在方塊58中，使用第2版本的模型的函數計算出 Δh ，其中變數 Δ

(ΔX) 是 Δh 的函數，如同下面的方程式顯示者： $\Delta(\Delta X) = (\Delta(\tan \gamma)) * \Delta h$ ，其中 ($\Delta(\tan \gamma)$) 是在 $V = f(\Delta h)$ 中的函數「 f 」，前述者反映了傾斜角度的變化。

【0074】總而言之，在第二版本的模型中量測可量測的值 V 的方法可例如包含以下子步驟：

- 藉由選擇電子束的兩個不同的角度（如角度 $\gamma 1$ 和 $\gamma 2$ ），選擇函數「 f 」的兩個實際的參數，並且將第三實際的參數 $\Delta \tan \gamma$ 計算為 $(\tan(\gamma 1) - \tan(\gamma 2))$ ；

- 利用以角度 $\gamma 1$ 傾斜的電子束來掃描規則的結構，然後利用以角度 $\gamma 2$ 傾斜的電子束來掃描規則的結構，

- 針對於兩個分別的不同的角度 $\gamma 1$ 和 $\gamma 2$ 獲得圖案的兩個 SEM 圖像 $I_{\gamma 1}$ 和 $I_{\gamma 2}$ ，

- 針對於兩個圖像 $I_{\gamma 1}$ 和 $I_{\gamma 2}$ 中的每一者決定一對通道（比如說，相鄰的核心溝槽和間隙溝槽）的兩條特徵線（其中兩條特徵線是由該對相鄰的核心溝槽和間隙溝槽的底部角落 C_c 和 C_g 在被傾斜的電子束照射時於該圖像上產生的特徵線）；

- 針對於兩個圖像 $I_{\gamma 1}$ 和 $I_{\gamma 2}$ 中的每一者，決定該對通道的兩條特徵線之間的距離 ΔX ，

- 量測作為在圖像 $I_{\gamma 1}$ 中決定的距離 ΔX 與在圖像 $I_{\gamma 2}$ 中決定的距離 ΔX 之間的差 $\Delta(\Delta X)$ 的值 V 。

【0075】然後將高度差 Δh 決定為： $\Delta h = \Delta(\Delta X) / (\Delta(\tan \gamma))$ ，其中 $\Delta \tan \gamma = \tan(\gamma 1) - \tan(\gamma 2)$ 。

【0076】 可以在晶圓的循環結構上選擇感興趣的區域，然後可以對於沿著在感興趣的區域中預先選擇的一或多個軸/方向的絕對的量測值(和/或基於絕對的量測值進行的絕對的計算)進行平均。此者引入了量測的精確性與晶圓的一特定的區域或整個晶圓中的高度差的適當估計之間的權衡。

【0077】 第8圖圖示電腦系統600的一示例性機器，其中在該電腦系統內可執行一組用於使得該機器執行在此討論的方法中的任何的一或多個的指令。在替代性的實施中，機器可被連接(例如，以網路連接的方式)至在LAN、企業內部網路、企業外部網路，及/或Internet中的其他的機器。機器可以伺服器或客戶端機器的身份在客戶端-伺服器網路環境中進行操作、作為一同級機器在同級間網路環境(或分散式網路環境)中進行操作，或者作為一伺服器或一客戶端機器在雲端計算基礎設施或環境中進行操作。

【0078】 該機器可為：個人電腦(PC)、平板PC、機頂盒(STB)、個人數位助理(PDA)、蜂巢式行動電話、網路設備、伺服器、網路路由器、交換器或橋接器、或能夠執行一集合的指令(循序的或以另外的方式)的任何的機器，該集合的指令指定：要由此機器進行的動作。再者，雖然圖示單個機器，但是詞彙「機器(machine)」亦應被用以包含個別地或聯合地執行一集合(或多個集合)的

指令以執行在此討論的方法中的任何的一或多個的機器的任何的集合。

【0079】 示例性電腦系統600包含：處理裝置602、主記憶體604(例如，唯讀記憶體(ROM)、快閃記憶體、動態隨機存取記憶體(DRAM)(例如：同步DRAM(SDRAM))等等)、靜態記憶體606(例如，快閃記憶體、靜態隨機存取記憶體(SRAM))等等)和資料儲存裝置616，前述者藉由匯流排608相互進行通訊。

【0080】 處理裝置602表示：一或多個一般性目的處理裝置(例如，微處理器、中央處理單元等等)。更為特定地，處理裝置可為：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，或實現其他指令集的處理器，或實施指令集的組合的處理器。處理裝置602亦可為：一或多個特殊性目的處理裝置(例如，特殊應用積體電路(ASIC)、現場可程式化閘陣列(FPGA)、數位訊號處理器(DSP)、網路處理器等等)。處理裝置602經配置以執行用於進行在此討論的操作和步驟的指令。

【0081】 電腦系統600可進一步包含網路介面裝置622以透過網路618進行通訊。電腦系統600亦可包含：視訊顯示單元610(例如，液晶顯示器(LCD)或陰極射線管(CRT))、文數字輸入裝置612(例如，鍵盤)、游標控制裝置614(例如，滑鼠或觸控板)、訊號產生裝置620(例

如，揚聲器)、圖形處理單元(未被顯示出)、視訊處理單元(未被顯示出)和音訊處理單元(未被顯示出)。

【0082】 資料儲存裝置616可包含：機器可讀取儲存媒體624(亦被習知為電腦可讀取媒體)，其中在該機器可讀取儲存媒體上儲存有體現在此描述的方法或功能中的任何的一或多個的一或多組指令或軟體。在由電腦系統600執行指令期間，該等指令亦可完全地或至少部分地常駐於主記憶體604內和/或處理裝置602內，主記憶體604和處理裝置602也構成機器可讀取儲存媒體。

【0083】 在一實施中，該等指令包含：用以實施與高度差決定相對應的功能的指令。雖然機器可讀取儲存媒體624在一示例性實施中被顯示為單一的媒體，但是詞彙「機器可讀取儲存媒體(machine-readable storage medium)」應被用以包含：儲存一或多個集合的指令的單一的媒體或多個媒體(例如，集中式的或分散式的資料庫，及/或相關聯的快取記憶體和伺服器)。詞彙「機器可讀取儲存媒體(machine-readable storage medium)」亦應被用以包含：能夠儲存或編碼由該機器執行並且使得該機器執行本揭露的方法中的任何的一或多個的一集合的指令的任何的媒體。詞彙「機器可讀取儲存媒體(machine-readable storage medium)」應從而被用以包含(但不限於)：固態記憶體、光學媒體，及磁性媒體。

【0084】 已經根據對電腦記憶體內的資料位元的操作的演算法和符號表示來呈現前面的實施方式的一些部分。該等演算法的描述和表示是由在資料處理的技術領域中的彼些習知技藝者所使用以將該等習知技藝者的工作的本質最為有效地傳達給其他的習知技藝者的方式。演算法在此(且一般性地)被認為是：導致所欲的結果的自我一致的一序列的操作。該等操作係：需要進行物理量的物理操作的彼些操作。通常地(儘管並非必要地)，該等量採用：能夠被儲存、被組合、被比較，及以另外的方式進行操作的電氣訊號或磁性訊號的形式。將該等訊號稱作為位元、數值、元件、符號、字元、詞彙、號碼，或類似者已被證明為有時候是方便的(主要是由於經常使用的原因)。

【0085】 然而，應該牢記在心的是：該等和類似的詞彙的所有者係用以與適當的物理量相關聯，並且僅為被運用至該等量的方便的標記。除非特定地和另外地聲明(如同從前文的討論中顯而易見的)，理解到：在全文的描述中，利用詞彙(例如：「識別(*identifying*)」、「或「決定(*determining*)」、「或「執行(*executing*)」、「或「進行(*performing*)」、「或「收集(*collecting*)」、「或「產生(*creating*)」、「或「傳送(*sending*)」，或類似者)的討論意指為：電腦系統或類似的電子計算裝置的動作和程序，該電腦系統或該類似的電子計算裝置操作被表示為在電腦系統的暫存器和記憶體內的物理(電子)量的資料和轉換被表示為在電腦系統的暫存器和記憶體內的物理

(電子)量的資料為類似地被表示為在電腦系統記憶體或暫存器或其他的此類的資訊儲存裝置內的物理量的其他的資料。

【0086】 本揭露亦關於：用於執行在此的操作的設備。此設備可以特別地為了達到所欲的目的而建構，或者該設備可包含：選擇性地由儲存在電腦中的電腦程式啟動或重新配置的一般性目的電腦。此一電腦程式可被儲存在電腦可讀取儲存媒體(例如(但不限於)：包含軟碟、光碟、CD-ROM，及磁光碟、唯讀記憶體(ROM)、隨機存取記憶體(RAM)、EPROM、EEPROM，磁卡或光學卡，或適合用於儲存電子指令的任何的類型的媒體的任何類型的碟片(其中每一者被耦接至電腦系統匯流排))中。

【0087】 在此呈現的演算法和顯示器並不固性地與任何的特定的電腦或其他的設備相關。各種一般性目的系統可根據在此的教示與程式共同地使用，或者可證明建構更為專用的設備以執行該方法是方便的。用於各種的該等系統的結構將如同在後文的描述中闡述般顯現。此外，本揭露並未參照任何的特定的程式語言來描述。將理解到：可使用各種程式語言來實施如同在此描述的本揭露的教示。

【0088】 本揭露可被提供以作為電腦程式產品或軟體，該電腦程式產品或該軟體可包含：具有儲存於其上的指令的機器可讀取媒體，該等指令可被使用以對電腦系統(或其他的電子設備)進行編程以根據本揭露來執执行程序。機器可讀取媒體包含：用於以機器(例如：電腦)可讀

取的形式來儲存資訊的任何的構件。舉例而言，機器可讀取（例如，電腦可讀取）的媒體包含：機器（例如，電腦）可讀取儲存媒體（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、快閃記憶體設備等等）。

【0089】 在前面的說明書中，已經參考其特定的示例性實施描述了本揭露的實施。將為顯而易見的是，在不偏離如同在後續的申請專利範圍中闡述的本揭露的實施的更寬廣的精神和範疇的情況下，可以對其進行各種修改。因此，說明書和圖式被認為是具有示例說明性的意義，而非具有限制性的意義。

【符號說明】

【0090】

S 1 子系統

S 2 子系統

S 3 擴展系統

C 電腦

D 顯示器

K 鍵盤

P 控制處理器

S P 1 建模處理器

S P 2 建模處理器

M 電腦記憶體

S E M 掃描式電子顯微鏡

W 半 導 體 晶 圓

M M 量 測 模 組

Δh 高 度 差

1 0 方 塊

1 1 方 塊

1 2 方 塊

1 3 方 塊

1 4 方 塊

1 5 方 塊

1 6 通 道

1 8 核 心 溝 槽

1 9 間 隙 溝 槽

2 0 方 塊

2 2 方 塊

2 4 方 塊

2 6 方 塊

2 8 方 塊

3 0 方 塊

4 0 電 子 束

4 2 電 子 束

5 0 方 塊

5 2 方 塊

5 4 方 塊

5 6 方 塊

5 8 方 塊

6 0 0 電 腦 系 統

6 0 2 處 理 裝 置

6 0 4 主 記 憶 體

6 0 6 靜 態 記 憶 體

6 0 8 匯 流 排

6 1 0 視 訊 顯 示 單 元

6 1 2 文 數 字 輸 入 裝 置

6 1 4 游 標 控 制 裝 置

6 1 6 資 料 儲 存 裝 置

6 1 8 網 路

6 2 0 訊 號 產 生 裝 置

6 2 2 網 路 介 面 裝 置

6 2 4 機 器 可 讀 取 儲 存 媒 體

【生物材料寄存】

【 0 0 9 1 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 9 2 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種用於決定在一半導體晶圓上的一圖案中的兩個特徵之間的一高度差的電腦實施的方法，該方法包含以下步驟：

識別具有一變數的一模型，該變數被表示為該高度差的一函數，其中該函數具有一或更多個物理參數、以及表徵該一或更多個物理參數的互相依賴關係的一或更多個量；

在該半導體晶圓上的圖案的一實際的圖像上執行量測以獲得該高度差的該函數的該一或更多個物理參數的值；及

藉由一電腦處理器，從使用所獲得之該一或更多個物理參數的值、以及表徵該一或更多個物理參數的互相依賴關係的該一或更多個量的該模型來決定該高度差。

【第2項】 如請求項 1 所述之方法，其中該高度差是在位於相同的半導體晶圓上的一第一特徵與一第二特徵之間。

【第3項】 如請求項 1 所述之方法，其中該高度差是在於兩個不同的半導體晶圓上製造的一特徵的特定的尺寸的一第一值與一第二值之間。

【第4項】 如請求項 1 所述之方法，其中執行該量測的

步驟包含以下步驟：使用一掃描式電子顯微鏡 (SEM) 以獲得該循環結構的該實際的圖像。

【第5項】如請求項4所述之方法，其中在該模型中的該變數被表示為該循環結構的該實際的圖像上的兩個特徵點之間的一量測距離的變化相對於一掃描電子束的一傾斜角度的一變化，其中該量測距離表示在一核心溝槽與一間隙溝槽之間的一距離，並且其中該距離取決於該核心溝槽與該間隙溝槽之間的該高度差。

【第6項】如請求項5所述之方法，其中獲得該一或更多個物理參數的值的步驟包含以下步驟：獲得表示該掃描電子束的該傾斜角度的變化的一值。

【第7項】一種用於決定在一循環結構中的一核心溝槽與一間隙溝槽之間的一高度差的電腦實施的方法，該循環結構包含：形成於一半導體晶圓上的複數個核心溝槽和複數個間隙溝槽，該方法包含以下步驟：

識別具有一變數的一模型，該變數被表示為在一核心溝槽與一間隙溝槽之間的該高度差的一函數，其中該函數具有一或更多個物理參數、以及表徵該一或更多個物理參數的互相依賴關係的一或更多個量；

在該循環結構的一實際的圖像上執行量測以獲得該高度差的該函數的該一或更多個物理參數的值；及

藉由一電腦處理器，從使用所獲得之該一或更多個

物理參數的值、以及表徵該一或更多個物理參數的互相依賴關係的該一或更多個量的該模型來決定該高度差。

【第8項】 如請求項 7 所述之方法，其中該循環結構是使用包含多次圖案化的一半導體處理技術來產生。

【第9項】 如請求項 7 所述之方法，其中執行該量測的步驟進一步包含以下步驟：

以該掃描電子束的一第一傾斜角度來掃描該循環結構而獲得該循環結構的一第一實際的圖像；

以該掃描電子束的一第二傾斜角度來掃描該循環結構而獲得該循環結構的一第二實際的圖像，其中該第二傾斜角度不同於該第一傾斜角度；

識別在該第一實際的圖像上的一對特徵點和量測在該對中的特徵點之間的該距離；

識別在該第二實際的圖像上的相同的特徵點和量測在該對中的該特徵點之間的該距離；及

將該模型的該變數表示為該量測距離的變化相對於該掃描電子束的該傾斜角度的變化。

【第10項】 如請求項 9 所述之方法，其中每一對特徵點係基於一核心溝槽和一間隙溝槽的個別的底部角落且當該個別的底部角落被以一特定的角度傾斜的該掃描電子束照射時在該實際的圖像上產生的。

【第11項】 如請求項10所述之方法，其中該方法進一步包含以下步驟：

識別在該第一實際的圖像和該第二實際的圖像上的多對特徵點，該多對特徵點中的每一對特徵點係由相對應的一對核心溝槽和間隙溝槽產生。

【第12項】 如請求項11所述之方法，其中將該變數表示為該量測距離的變化的步驟包含以下步驟：

計算出從該多對特徵點中獲得的量測距離的一平均；
及

將該變數表示為平均量測距離的變化。

【第13項】 如請求項7所述之方法，其中該變數被表示為陰影的深度的一變化的一函數，其中陰影的深度的該變化取決於在一核心溝槽與一間隙溝槽之間的該高度差和寬度差。

【第14項】 如請求項13所述之方法，其中陰影的該深度代表該核心溝槽與該間隙溝槽之間的相對亮度的差異。

【第15項】 如請求項14所述之方法，其中該模型係從一線性函數中建立的：

$$\Delta \eta = \alpha \Delta w + \beta \Delta h ,$$

其中 η 表示針對於灰階計算的亮度比， $\Delta \eta$ 表示在一核心溝槽與一間隙溝槽之間的 η 的差異， α 和 β 是係

數， Δw 是在一核心溝槽與一間隙溝槽之間的寬度差和
 Δh 是在一核心溝槽與一間隙溝槽之間的高度差。

【第16項】 如請求項 15 所述之方法，其中灰階計算涉及到在該核心溝槽和該間隙溝槽的頂部和底部處量測的亮度。

【第17項】 如請求項 15 所述之方法，其中該係數 α 和 β 是藉由校正或模擬所獲得。

【第18項】 如請求項 15 所述之方法，其中在一實際的圖像上執行量測的步驟包含以下步驟：獲得在該核心溝槽與該間隙溝槽之間的該寬度差 Δw 的一值。

【第19項】 一種用於決定在一循環結構中的一核心溝槽與一間隙溝槽之間的一高度差的系統，該循環結構包含：形成在一半導體晶圓上的複數個核心溝槽和複數個間隙溝槽，該系統包含：

一記憶體；

一處理裝置，該處理裝置操作性地與該記憶體耦接並且用以進行以下步驟：

識別具有一變數的一模型，該變數被表示為在一核心溝槽與一間隙溝槽之間的該高度差的一函數，其中該函數具有一或更多個物理參數、以及表徵該一或更多個物理參數的互相依賴關係的一或更多個量；

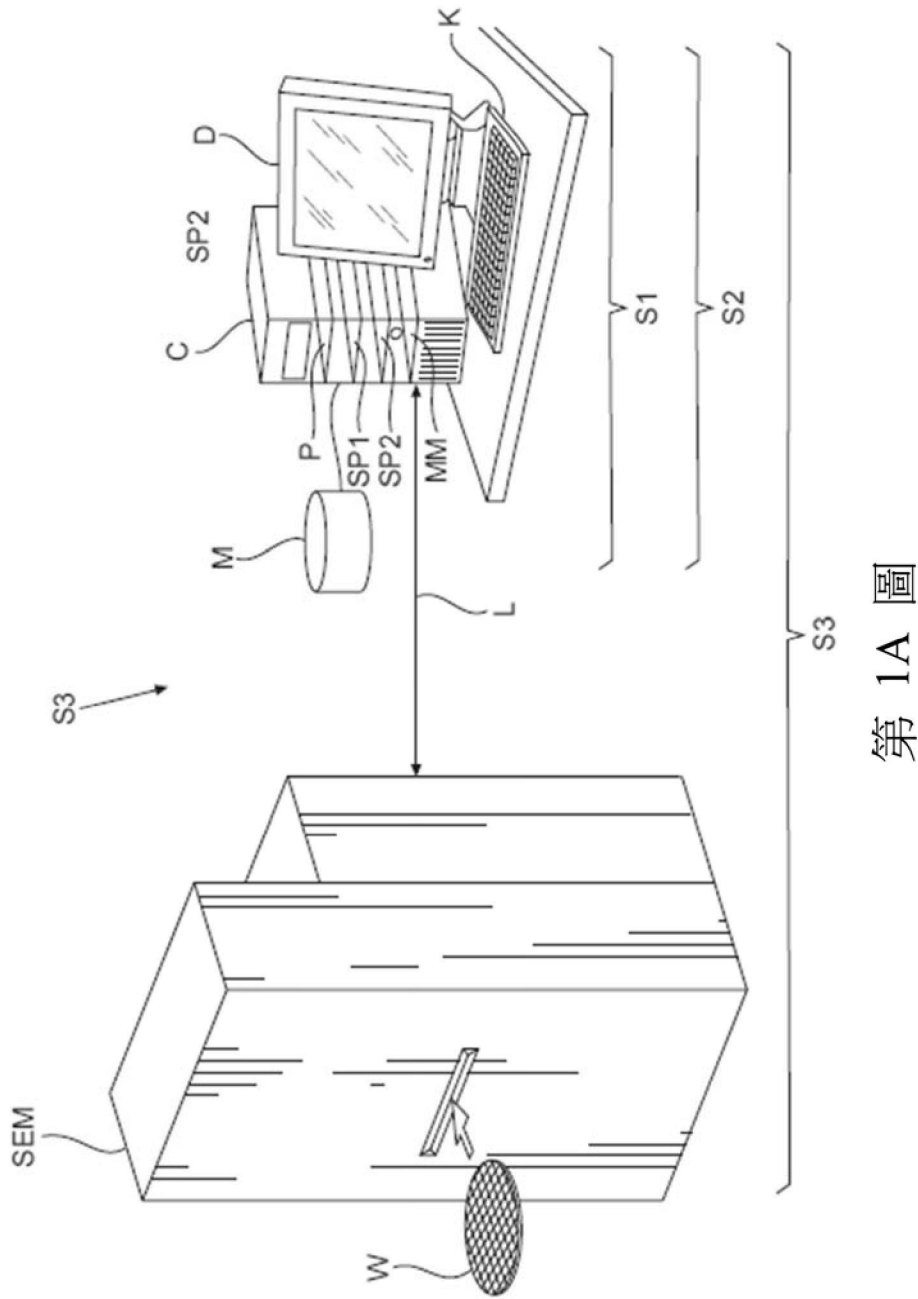
從在該循環結構的一實際的圖像上執行的量測中，

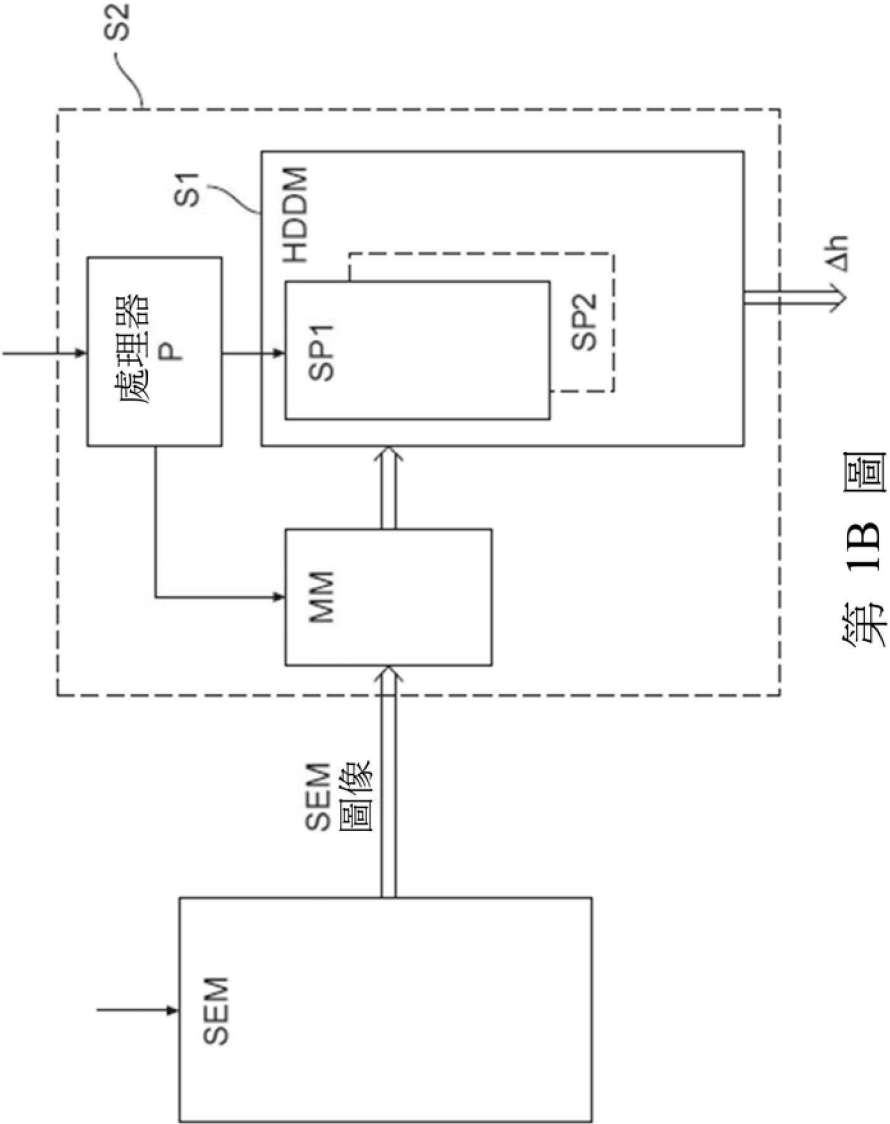
獲得該高度差的該函數的該一或更多個物理參數的值；
及

從使用所獲得之該一或更多個物理參數的值、以及
表徵該一或更多個物理參數的互相依賴關係的該一或
更多個量的該模型來決定該高度差。

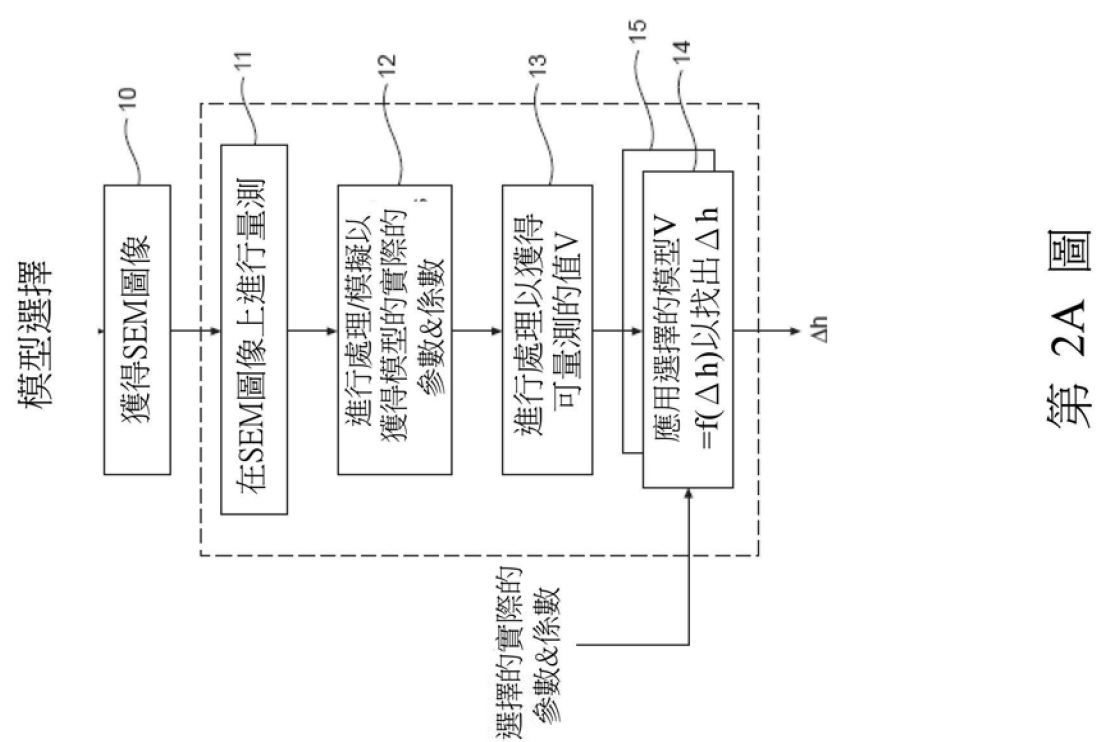
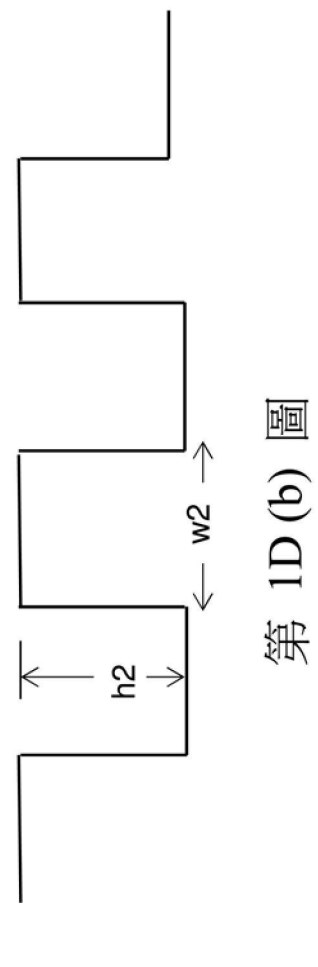
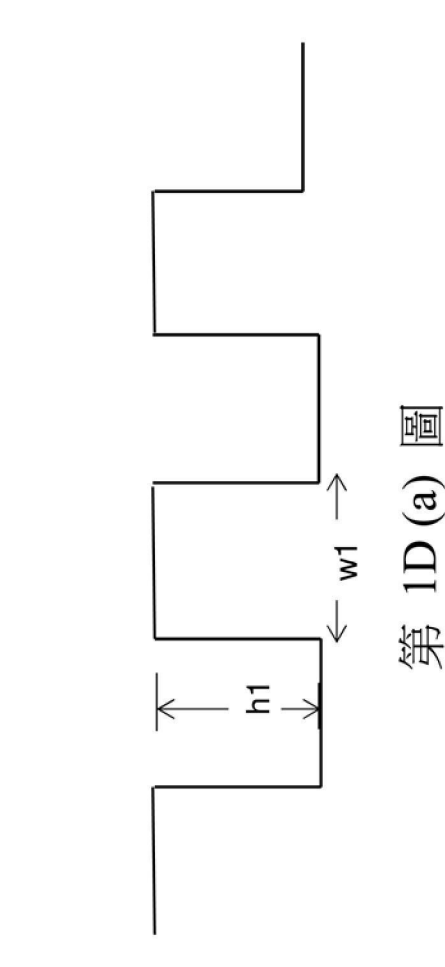
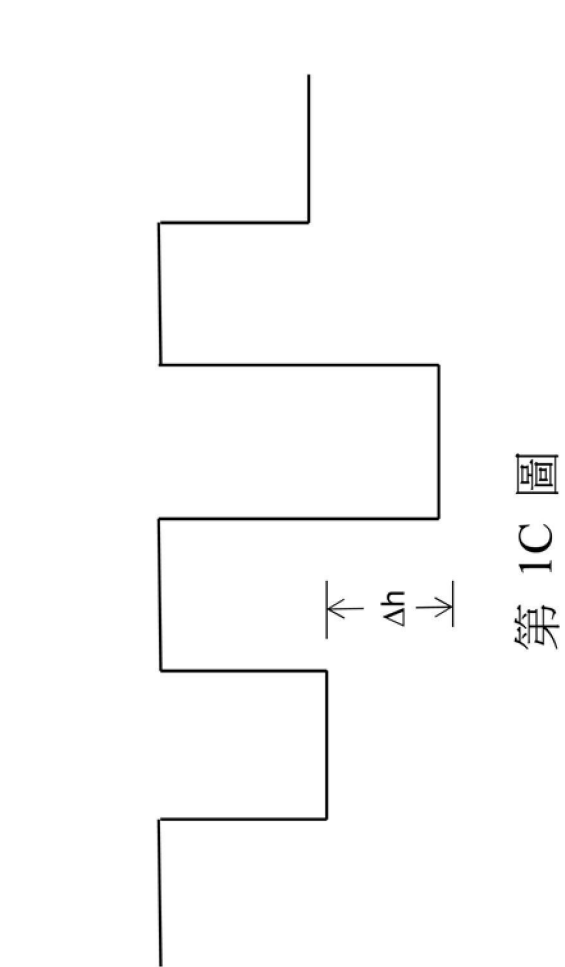
【第20項】 如請求項19所述之系統，其中該實際的圖
像係由一掃描電子顯微鏡產生的。

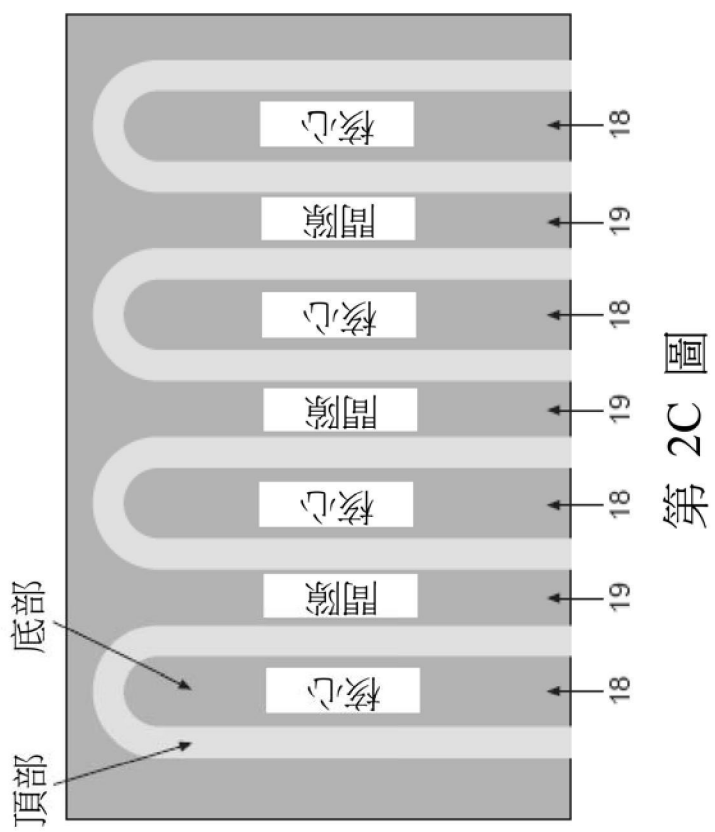
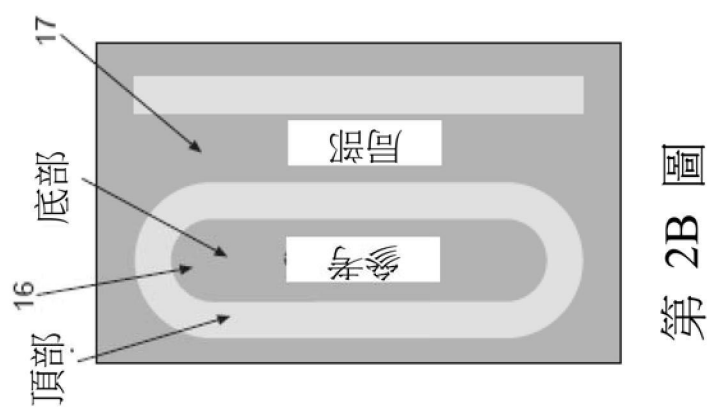
【發明圖式】

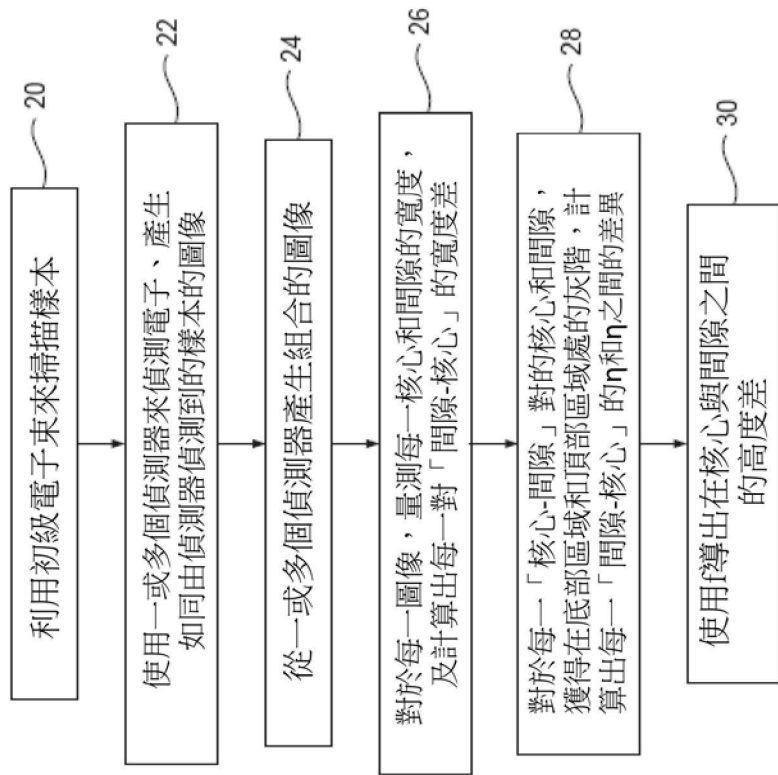




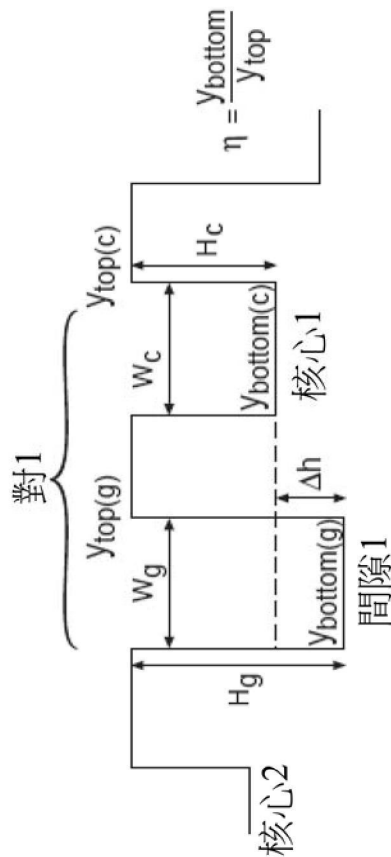
第 1B 圖



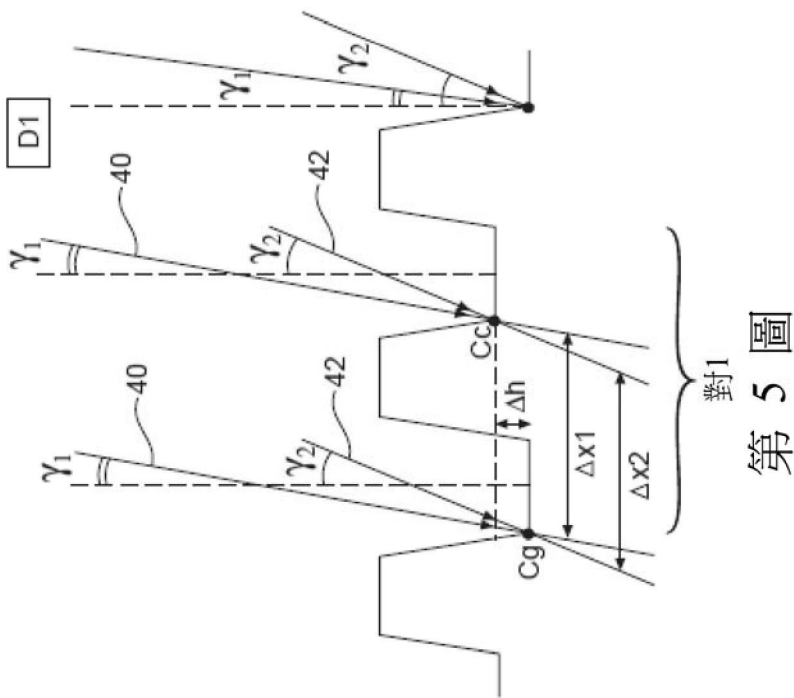




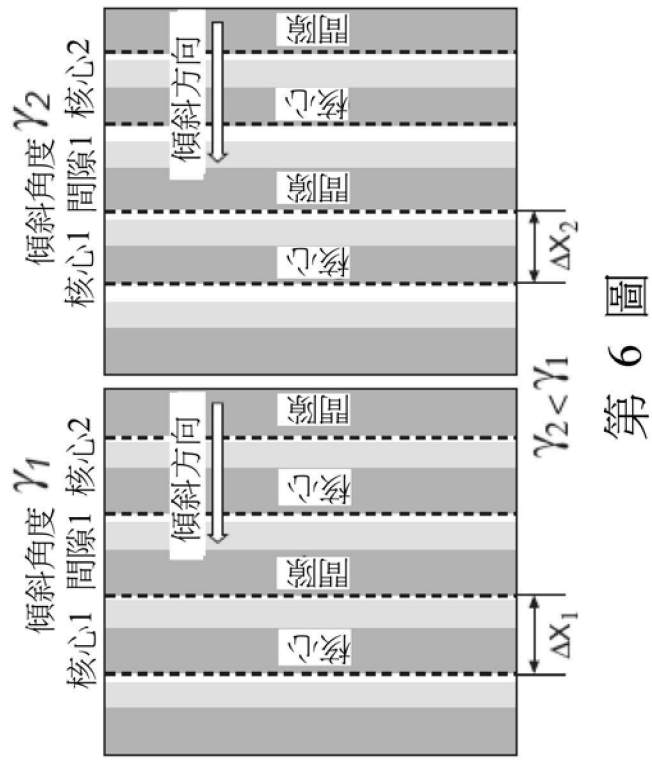
第 4 圖



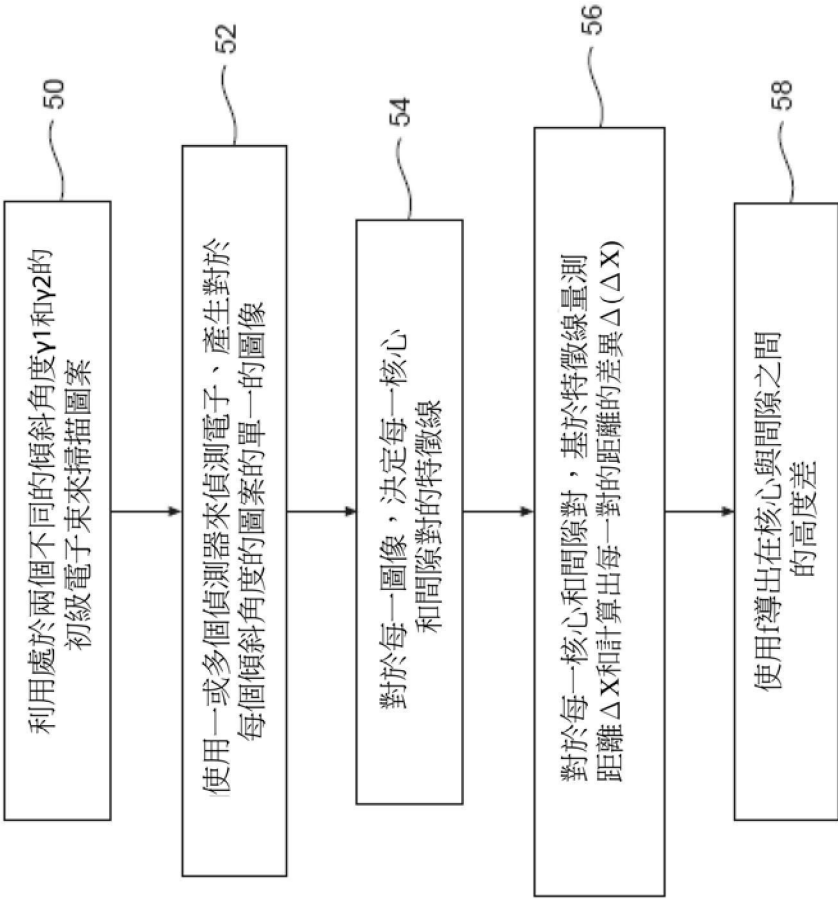
第 3 圖



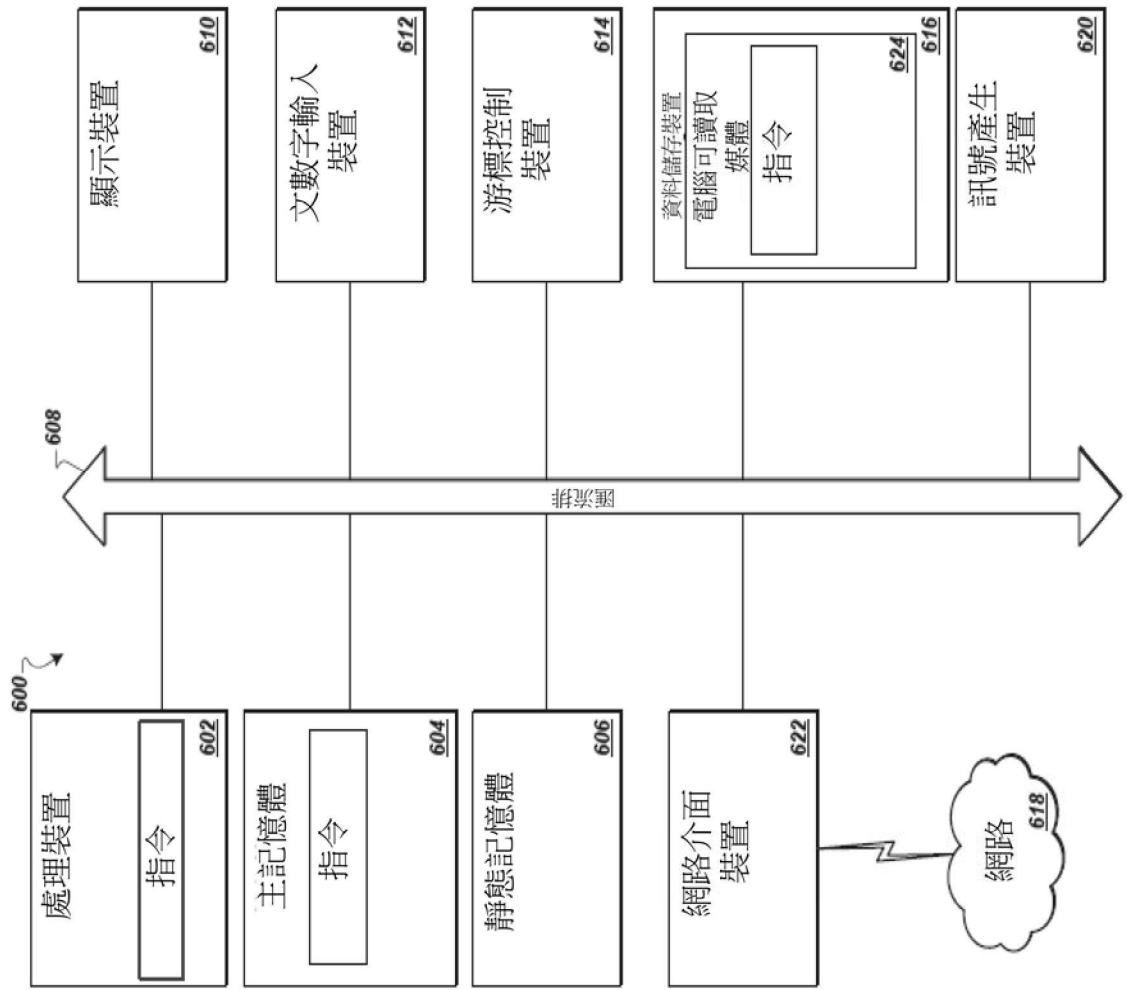
第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖