



(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 I644289 B

(45) 公告日：中華民國 107 (2018) 年 12 月 11 日

(21) 申請案號：106133049

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 09 月 27 日

(51) Int. Cl. : G06T7/564 (2017.01)

G06F17/17 (2006.01)

(30) 優先權：2016/09/29 世界智慧財產權組織 PCT/JP2016/078749

(71) 申請人：日商日立全球先端科技股份有限公司 (日本) HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：福田宏 FUKUDA, HIROSHI (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

TW 200716947A

JP 2007-248087A

US 2006/0145076A1

US 2012/0324407A1

審查人員：簡大翔

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：10 共 42 頁

(54) 名稱

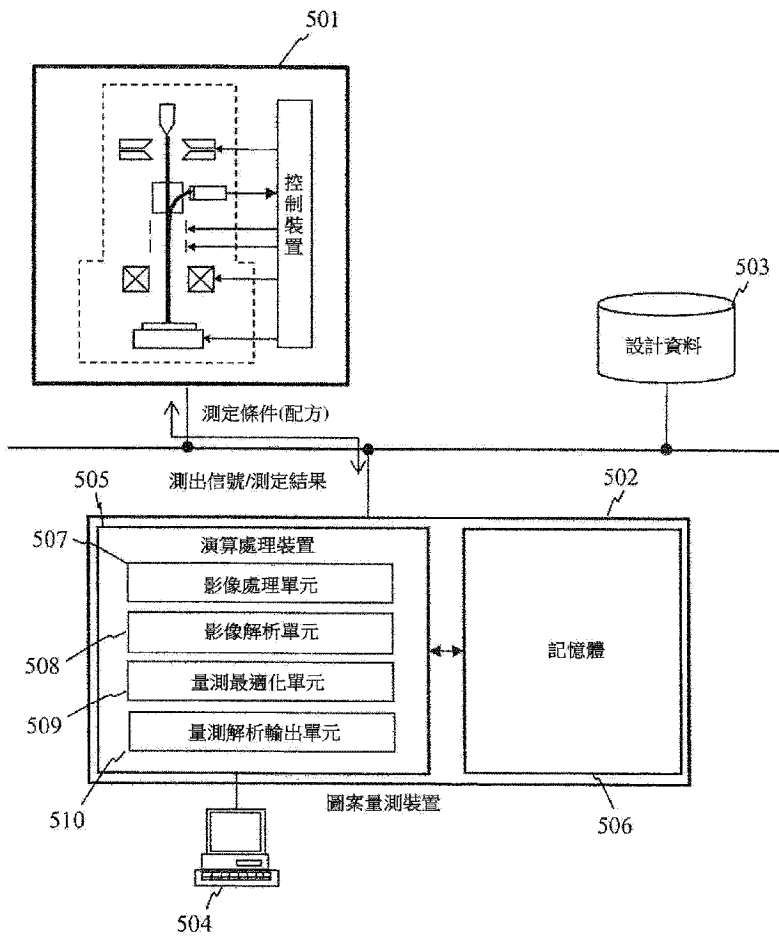
圖案量測裝置及記憶媒體

(57) 摘要

本發明的目的為提供一種能夠用以求出適正的偏差的裝置條件的選擇、及適正的偏差的推定的圖案量測裝置。在本發明中，提案有一種圖案量測裝置，具備：基於由帶電粒子線裝置所取得的複數量測值，來求出量測對象即圖案的量測值的偏差的演算處理裝置；利用在不同位置形成的複數量測值的偏差 σ_{observed} 、以及 $\sigma_{\text{observed}}^2 = \sigma_{\text{pattern0}}^2 / N_p + \sigma_{\text{sem0}}^2 / (N_p \cdot N_{\text{frame}})$ ，來求出表示量測再現性誤差的 σ_{SEM0} 。 σ_{pattern0} 為因圖案的形狀誤差所引起的偏差， N_p 為量測點數， N_{frame} 為因應裝置條件而變化的值。

指定代表圖：

圖 5



符號簡單說明：

- 501 . . . SEM(掃描電子顯微鏡)
- 502 . . . 圖案量測裝置
- 503 . . . 設計資料記憶媒體
- 504 . . . 輸入裝置
- 505 . . . 演算處理裝置
- 506 . . . 記憶體
- 507 . . . 影像處理單元
- 508 . . . 影像解析單元
- 509 . . . 量測最適化單元
- 510 . . . 量測解析輸出單元

及電路的平面形狀有很大的相依性，上述平面形狀一般期望以圖案的設計尺寸的約 $1/10 \sim 1/3$ 程度的精度來形成。

[0011] 但是，因為各種要因，現實上在實際製造的元件及電路的圖案與設計圖案之間會產生偏差。這樣的偏差，能夠藉由評價實際製造的元件及電路的圖案的邊緣、與該等圖案本來應有的邊緣的位置的偏差（EPE）來定量地對應。EPE的產生要因分成以下3個。

[0012] 該3個為：（1）圖案平均尺寸的偏差、全體粗細等的尺寸變化、（2）圖案平均或中心位置的偏差、全體的位置偏差、（3）圖案邊緣或圖案尺寸的局部變動。

[0013] （1）為由曝光裝置所轉印的光阻圖案尺寸的細・粗、或由邊緣蝕刻所產生者，能藉由曝光量・焦點位置等的曝光條件及蝕刻等的製程條件的調整來補正。

（2）為例如基底圖案與曝光裝置所造成的遮罩轉印像的對位偏差而產生者，能藉由曝光裝置的對準調整來補正。

（3）為因為上述而控制困難的隨機或局部的邊緣位置變動，例如在投影像的邊緣附近的曝光強度的中間區域，材料中的化學反應及溶解現象的機率性的偏差所產生。因為偏差的振幅反應了例如中間曝光量範圍的寬度=曝光輪廓的陡度（失焦條件等），相依於實效的投影像對比而變化，能作某種程度的控制。

[0014] 上述（1）～（3）的偏差，為空間的、時間

的變動所造成的偏差，對該元件性能造成的影響，相依於變動的空間周期及元件尺寸的關係。變動周期比元件尺寸還小時，變動使元件性能自體劣化。另一方面，變動周期比元件尺寸還大時，變動成為元件性能偏差。一般（3）的變動空間周期雖然比（1）、（2）還小，但隨著微細化，空間周期小的（3）對元件性能偏差的影響會顯著化。圖3（a）表示長度不同的線圖案的平均寬度的偏差。其顯示注目的線長變得越短的話（3）所造成的線寬的偏差就會增大。

[0015] 為了抑制上述製造過程及材料所引起的偏差，要求正確地量測圖案尺寸・形狀，並正確地掌握晶圓面內的分佈、局部的尺寸變動，並補正製程條件・裝置旋鈕。

[0016] 為了抑制上述的那種製造過程及材料所引起的偏差，要求正確地藉由SEM量測圖案尺寸・形狀，並正確地掌握晶圓面內的分佈、局部的尺寸變動，並補正製程條件・裝置旋鈕。因此，利用SEM的圖案量測的量測再現性是重要的。

[0017] 不過，SEM的圖案量測存在有再現性誤差。再現性誤差的本質要因是電子的粒子性。圖2模式地表示SEM的線圖案的邊緣位置量測的原理。一般使集束電子束在與邊緣方向（y方向）垂直的方向（x方向）上掃描，檢出從試料放出的2次電子及後方散射（反射）電子，藉由將電子束的照射位置（x座標）與檢出信號的關係作標記

來得到信號強度輪廓。

[0018] 因為信號強度在入射邊緣附近時為最大，例如藉由對相對信號強度設定適當的閾值能夠定義邊緣位置。不過，當檢出2次電子或反射電子時，電子的人射位置、試料內部的散射、反射方向、2次電子的發生等的各過程為隨機過程，其結果造成信號強度輪廓會有偏差。因此，由上述輪廓得到的邊緣位置也會有偏差。根據中心極限定理，從平均值 A 、分散 σ^2 的母集團將量測對象抽出 n 個而算出形成的複數樣本群的統計量後，複數樣本群的平均值的平均成為 A ，分散成為 σ^2 / n 。因此，將標準差 σ 的正規分佈藉由具有再現性誤差的量測裝置，來嚴密地將同一對象進行反復量測時所得到的結果（分佈的平均值）的偏差 $\sigma_{\text{量測}}$ ，成為 $\sigma_{\text{量測}} = \sigma / \sqrt{n}$ 。因此，藉由增加量測次數 n 而量測再現精度提升。

[0019] 不過，因為以下所述的幾個理由，實際上量測在不同位置形成的相同設計形狀的對象者很多。首先，第1，在相同處所重複量測的話，因為試料破壞（污染或收縮）會有量測結果變化的可能性。使得污染及收縮的抑制、與為了高精度測定的量測次數增加兩立的情形，需要改變位置。第2，一般即便是相同設計圖案，也會根據位置而實際的形狀偏差。此時，即便假設對1個圖案進行完全的量測，也不過是求得偏差的一點中的真正值而已。在這裡，為了求出量測對象的設計形狀的統計平均，需要量測複數樣本而求取該平均。第3，欲明確化因上述位置所

造成的相同設計圖案形狀的偏差的大小、或形狀變化的分佈的情形時常發生。位置所造成的變化，從晶圓間變動、晶圓內分佈、晶片內分佈，到局部區域中的尺寸變動會有各種不同。此時，當然需要在複數處所進行量測。

[0020] 在半導體製造過程中，雖基於對象圖案的平均形狀的變化而控制製程裝置，但這樣在不同位置進行複數次量測時，在計測結果的偏差中，量測再現性誤差所造成的偏差與真正的形狀錯位會混合，有無法了解量測結果的變化是否反映出真正的圖案形狀的變化的情形。

[0021] 再來，在晶圓面內或晶片內複數處所量測尺寸・形狀及該等局部的偏差，控制製程裝置使該等分佈收於容許範圍內時，有無法了解量測到的理想形狀與真實的圖案的差異是否反映真正的形狀的差異的情形。在任何情況下，為了進行具有信賴性的製程控制，要求在進行反複量測時的再現性誤差與量測對象形狀的真正變動所引起的量測結果之差相比要足夠小。

[0022] 以下說明的實施例中，因為將偏差等定量地採用，先將複數特徵量以以下的方式模式化。此外，在本實施例中，作為母集團而考量在晶圓上的預定區域內存在的多數同一設計圖案。從上述母集團中將 n 個圖案作取樣而量測其尺寸・形狀，作為特徵量從量測結果的分佈求出與平均值的偏差。以下說明的實施例所採用的特徵量，有量測結果的平均值的平均（CD中心值）、量測結果的平均值的分散（CD中心值的量測再現性誤差）、量測結果

的分散的平均值（CD的偏差的平均=CDU或LCDU）、及量測結果的分散的分散（CDU或LCDU的量測再現性誤差）這4個。此外，CD為例如圖案的線寬的測定值。為了求出真正形狀偏差，要求使上述CD中心值及CDU·LCDU盡量接近母集團，又，使上述量測再現性誤差盡量接近0。

[0023] 從量測裝置輸出的量測結果，因為對象圖案形狀自體的變動所引起的錯位 σ_{pattern} 、及量測再現性誤差引起的偏差 σ_{sem} 的2個要因而有所偏差。在此，因為兩者互相獨立，量測的結果觀察到的分散 $\sigma^2_{\text{observe}}$ 成為兩者造成的分散的和。即，能以 $\sigma^2_{\text{observed}}=\sigma^2_{\text{pattern}}+\sigma^2_{\text{sem}}$ 來表示。

[0024] 以下，說明有關藉由將偏差的要因分離成2項，從 σ_{observed} 將母集團的 σ_{pattern} 以高精度推定的手法。

[0025] 以下說明的實施例中，主要經由以下的工程，來算出表示真正偏差的指標值。首先，將量測點數（或束掃描·量測區域內的獨立的檢出邊緣點數）、以及每1量測點的量測次數（或束掃描·量測條件）作各種變化，在每束的掃描次數等的裝置條件重複進行複數次數的量測，求出得到的量測結果的偏差分佈（工程1）。接著，求出上述偏差大小的，束掃描·量測條件（或量測次數）相依性、及獨立的檢出邊緣點數（或量測點數）相依性，將上述相依性以偏差=（相依於量測點數（或獨立的

檢出邊緣點數)的項) × (常數+相依於每1量測點的量測次數(或束掃描·量測條件)的項)的方式表現(工程2)。最後,基於上述關係式,(1)設定必要的最低限的束掃描·量測條件,來以最少的檢出邊緣點數將偏差抑制於要求範圍內、或(2)將真正的偏差的大小藉由上述(相依於獨立的邊緣點的項*常數)來特定(工程3)。

[0026] 在此,束掃描·量測條件為包含訊框數或電流量的束條件,獨立的檢出邊緣點數,例如由測定邊緣數·測定邊緣長/掃描線間隔來賦予。

[0027] 上述方法具體來說,例如,從觀察錯位來算出真正的圖案邊緣錯位時,基於根據束掃描所得到的信號,來求出表示包含於試料中的圖案的特徵量的偏差的 $\sigma^2_{\text{observed}}$,藉由將該 $\sigma^2_{\text{observed}}$ 代入 $\sigma^2_{\text{observed}} = \sigma^2_{\text{CD}} / \# \text{cutline} + \sigma^2_{\text{sem}} / \# \text{cutline} \cdot \# \text{frame}$,來算出 σ^2_{CD} 。 σ_{CD} 為除去量測誤差的變動所引起的偏差以外的偏差,藉由輸出因應從 σ_{CD} 或 σ_{CD} 求得的 σ_{CD} 而變化的參數,能夠特定真正的形狀偏差。此外, σ^2_{CD} 為表示測定對象的真正偏差的指標值, σ^2_{sem} 為因應電子顯微鏡的裝置條件而變化的偏差。又,#cut line為因應邊緣長而變化的值,#frame為因應訊框數等的束條件(裝置條件)而變化的值。

[0028] 將對象圖案形狀的平均值作為中心的偏差的分散與抽出樣本的大小呈反比,另一方面,量測再現性誤差引起的偏差的分散,不只與抽出樣本的大小呈反比,也與量測次數呈反比。以下說明的實施例中,利用這種現象

選擇性地抽出形狀引起的偏差。更具體來說，利用SEM來量測圖案尺寸或形狀時，將存在於預定的局部區域內的具有同一設計的多數量測對象作為母集團，從中將複數對象（樣本）選出，進行複數次數量測，求出量測結果的平均、分散。以下說明的實施例的目的為以盡量少的樣本數，使得樣本的平均、分散盡量接近母集團的平均、分散。基於發明者的實驗結果的檢討結果，明顯有以下的關係。首先，說明關於實驗結果。

[0029] 首先在塗佈預定的光阻的半導體晶圓上，通過包含多數的相同圖案的遮罩，來將圖案曝光。此時，進行曝光使得1射擊的曝光區域排列成矩陣狀。接著藉由SEM來攝像由曝光所形成的圖案。將SEM的攝像區域（FOV：Field of View）以包含線與空間圖案的方式來設定，且在沿著圖案邊緣方向（y方向）的不同複數位置，藉由在垂直於上述邊緣的方向（x方向）掃描電子線，取得在不同的複數位置中的2維信號強度分佈。

[0030] 改變對同一攝像區域的掃描次數，也就是改變訊框數取得複數SEM像。接著針對各SEM像，對上述圖案設定複數量測方塊，來量測量測方塊內的圖案尺寸。此時，將量測方塊長、FOV內的量測方塊數等的條件作各種改變。具體來說，在各量測方塊內，在圖案邊緣方向（y方向）以一定距離相隔的複數位置，從沿著與上述邊緣垂直的方向（x方向）的截斷線的信號強度分佈求出圖案尺寸（其中，進行適當的平均化處理也可以）。將對於量測

方塊內的全截斷線的尺寸作平均，作為上述量測方塊內的圖案線寬來輸出。對複數量測方塊求出得到的線寬的統計分佈，而求出該偏差的標準差。

[0031] 在複數位置將在半導體晶圓上形成的線與空間狀的光阻圖案訊框數（N frame）作各種變化並取得SEM像。接著，沿著圖案邊緣方向（y方向）抽出Np個不同的複數位置，在與上述邊緣垂直的方向（x方向）設定截斷線，從沿著各截斷線所得到的電子線信號強度輪廓求出圖案尺寸，對Np個的截斷線的尺寸分佈來算出平均值與其標準差。

[0032] 上述平均值與標準差表示上述圖案的平均尺寸與LER。重複該順序，調查所得到的平均尺寸與LER的分佈的截斷線數Np及訊框數Nframe相依性。其結果顯示於圖1（a）。

[0033] 如圖1（a）所示，可以了解偏差分為不與訊框數相依而僅與截斷線數相依的區域（區域1）、與截斷線數及訊框數兩者相依的區域（區域2）的2個區域。也就是說，觀察到的偏差的分散 $\sigma^2_{\text{observed}}$ 以次式來表示。

[數式1]

$$\sigma^2_{\text{observed}} = \sigma^2_{\text{pattern0}} / Np + \sigma^2_{\text{sem0}} / (Np \cdot Nframe)$$

上述區域1在當Nframe大，而第2項與第1項相比可以無視時，上述區域2反而相當於第2項支配的情形。圖1（b）模式地表示式子的2個項的截斷線數及訊框數相依性。

[0034] 接著，說明關於式子的意義。能以上式來表示的理由應是如下的原因。

[0035] 上述量測結果的分散包含：對象圖案形狀的偏差，也就是空間的偏差、量測再現性誤差所造成的偏差，也就是時間的偏差兩者。作為時間所致的偏差的要因有：（1）電子的粒子性所引起的機率性的錯位（入射電子數、入射位置、散射過程等）、（2）因電子-物質相互作用所造成的量測對象的變化（試料破壞等）、及（3）量測裝置的系統雜訊。

[0036] 其中（1）為如同上述2次電子等的產生原理所引起者，表示其影響的程度的 σ_{sem} ，根據電子線掃描中的每單位長度的入射電子數 Ne ，由以下的方式來表示。

[數式2]

$$\sigma^2_{sem} \propto (1/Ne)$$

再來，上述入射電子數 Ne 因為與訊框數 $Nframe$ 、及探針電流 I_p 呈比例，能夠以：

[數式3]

$$\sigma^2_{sem} \propto (1/Nframe) \propto (1/I_p)$$

來表示。

[0037] 另一方面，量測存在於別的位置的對象時，在量測結果因為空間偏差而有所偏差的同時，因為必然是在不同時間進行量測，故包含上述時間所致的偏差。此時因為量測對象的空間錯位 $\sigma_{pattern}$ 、與時間所造成的量測偏差 σ_{sem} 為獨立，

[數式 4]

$$\sigma^2_{\text{observed}} = \sigma^2_{\text{pattern}} + \sigma^2_{\text{sem}}$$

兩者都依照中心極限定理，相依於量測點數 N_p 。也就是說，成為：

[數式 5]

$$\sigma^2_{\text{pattern}} = \sigma^2_{\text{pattern0}} / N_p$$

[數式 6]

$$\sigma^2_{\text{sem}} = \sigma^2_{\text{sem0}} / (N_p \cdot N_{\text{frame}})。$$
 因此，成為：

[數式 7]

$$\sigma^2_{\text{observed}} = \sigma^2_{\text{pattern0}} / N_p + \sigma^2_{\text{sem0}} / (N_p \cdot N_{\text{frame}})。$$

[0038] 再來，束電流 I_p 改變時，又可以無視系統雜訊等所造成的變化時，加上在上式表示該等影響的參數，作為：

[數式 8]

$$\sigma^2_{\text{observed}} = \sigma^2_{\text{pattern0}} / N_p + \sigma^2_{\text{sem0}} / (N_p \cdot N_{\text{frame}}) \left(I_0 / I_p \right) + \sigma^2_{\text{noise}}$$

也可以。但是， σ_{sem0} 為相對於束電流 I_0 的係數。

[0039] 此外，在增加掃描次數後，因電子線所致的樣本破壞而測定對象的尺寸形狀發生變化，量測值會有偏移的可能性。這種破壞所造成的尺寸偏移，作為掃描次數的函數是確定的，因為不是量測偏差，因望能事先從測定結果中扣除。

[0040] 在使用 SEM 的圖案尺寸・形狀量測中，藉由使量測再現性誤差的影響程度定量化，可抑制量測誤差的

量測條件的設定（裝置條件的最適化）、及分離量測誤差分離的真正形狀評價值的抽出成為可能。因此，藉由利用電子線束的高精度・高再現性量測，在現實的時間範圍內，以高再現精度而控制・管理各種製造裝置或製造過程成為可能，能夠提升各種半導體裝置及電子部件的製造良率，並將該等性能維持提升。

[0041] 以下，利用圖式來說明量測形成於半導體裝置上的圖案的量測裝置、使電腦執行圖案量測的電腦程式、及記憶該程式的記憶媒體。

[0042] 圖5表示基於由SEM501所得到的測定結果，包含量測圖案的圖案量測裝置502的量測系統的一例的圖。此外，在圖5的例中，雖例示了攝像系統即SEM501、與基於檢出信號而執行測定處理的演算處理裝置505（圖案量測裝置502）經由網路來連接的例子，但不以此為限，例如以後述圖6所例示的掃描電子顯微鏡中所含有的影像處理部618，來進行後述的演算處理也可以。在圖5例示的系統中，包含：SEM501、基於所得到的信號而執行圖案的量測等的圖案量測裝置502、及半導體裝置的設計資料、或記憶有基於設計資料而生成的佈局資料的設計資料記憶媒體503、及具備顯示部的輸入裝置504。

[0043] 圖6為表示SEM501的概要的圖。從電子源601藉由引出電極602將電子束603引出，並藉由未圖示的加速電極來加速。被加速的電子束603，經由集束透鏡的一種形態即聚焦透鏡604來聚焦後，被掃描偏向器605偏向。藉

此，電子束603能在試料609上進行一維或二維的掃描。向試料609入射的電子束603，在被施加至內藏於試料台608的電極的負電壓而減速的同時，因對物透鏡606的透鏡作用而被集束進而照射試料609的表面。

[0044] 從試料609上的照射位置放出電子610（二次電子、後方散射電子等）。被放出的電子610，基於施加至內藏於試料台608的前述電極的負電壓的加速作用，而朝向電子源601的方向被加速。被加速的電子610衝撞至變換電極612，產生二次電子611。從變換電極612放出的二次電子611被檢出器613捕捉，而因被捕捉的二次電子量使得檢出器613的輸出I發生變化。因應該輸出I的變化，顯示裝置的輝度產生變化。例如在形成二維像時，使向掃描偏向器605的偏向信號、與檢出器613的輸出I同步，形成掃描區域的影像。

[0045] 此外，圖6所例示的SEM，雖例示了將從試料609放出的電子610在變換電極612中一端變換成二次電子611並檢出之例，但當然不限於這樣的構成，例如採用在被加速的電子的軌道上，配置電子倍像管或檢出器的檢出面的構成也可以。控制裝置614依照稱為攝像配方的用以控制SEM的動作程式，供應上述SEM的各光學要素所需要的控制信號。

[0046] 接著在檢出器613所檢出的信號藉由在A/D變換器617來變換成數位信號，而發送至影像處理部618。影像處理部618將經複數次掃描所得到的信號以訊框單位作

積算而生成積算影像。例如，積算8訊框的影像時，將由8次的2維掃描所得到信號以畫素單位進行加算平均處理，藉此生成積算影像。

[0047] 再來影像處理部618具有：用以將數位影像暫時記憶的影像記憶媒體即影像記憶體620、從記憶於影像記憶體620的影像進行特徵量（線及孔的寬度尺寸值、粗糙指標值、表示圖案形狀的指標值、圖案的面積值、成為邊緣位置畫素位置等）的算出的CPU619。

[0048] 再來，又具有：保存各圖案的量測值及各畫素的輝度值等的記憶媒體621。全體控制藉由工作站622來進行，必要的裝置操作、檢出結果的確認等則藉由圖像使用者介面（以下，表記為GUI）來實現。又，影像記憶體與供應至掃描偏向器605的掃描信號同步，並將檢出器的輸出信號（與從試料放出的電子量呈比例的信號）記憶於對應的記憶體上的位址（ x,y ）。又，影像處理部618從記憶於記憶體的輝度值來生成線輪廓，利用閾值法等來特定出邊緣位置，也作為測定邊緣間尺寸的演算處理裝置來作用。

進行基於這種線輪廓取得的尺寸測定的SEM被稱為CD-SEM，除了半導體電路的線寬測定以外，也用於量測各種特徵量。例如，在上述電路圖案的邊緣存在有稱為線邊緣粗糙的凹凸，是使電路性能變化的要因。CD-SEM可以用於上述LER的量測。

[0049] LER，藉由將相對於 x 方向（例如電子束的掃

描線方向)的邊緣位置的平均位置之實際的邊緣位置的偏離程度來作指標值化而算出。

[0050] 以下，具體說明基於由SEM所得到的檢出信號，來執行裝置的調整及測定的手法。

實施例1

[0051] 在本實施例中，說明關於以本發明所要求的量測再現精度而為了得到CD量測結果將所需要的樣本數及攝像條件作最適化之例、以及對任意長度的圖案將量測再現性誤差分離來推定真正圖案尺寸・形狀偏離之例。

[0052] 首先，藉由曝光裝置，在設計資料上，利用含有多數相同形狀的圖案的遮罩，在塗佈有預定光阻的半導體晶圓上轉印圖案。此時，如圖7所例示的，以在晶圓701上將含有相同圖案的複數晶片702以矩陣狀配列的方式進行曝光藉此形成光阻圖案。接著，利用圖5、圖6所例示的SEM501，對形成有光阻圖案的晶圓的N1個區域，以對相同攝像區域的掃描次數，也就是將訊框數作各種變化的複數條件，來取得SEM像。在記憶體506及記憶媒體621中，預先記憶用以控制SEM的動作程式即配方，SEM501依照記憶於配方中的動作程式執行量測處理。圖10為表示SEM的量測處理工程的流程圖。在SEM501的真空試料室中導入試料609(晶圓)(步驟1001)，以在預定的量測位置設定視野的方式，控制試料台608及因應必要控制視野移動用的偏向器(步驟1002)。

[0053] 圖8表示在晶圓701上的晶片702中所含有的相同形狀的圖案所被形成的區域801中，設定複數視野802之例。在圖8之例中，示出在設計資料上，於配列具有相同線寬的線圖案的區域801（本例中為 $30\mu\text{m}$ 角）中，將 $1\mu\text{m}$ 角的視野802以 $2\mu\text{m}$ 間距來配置之例。在本例的情形中，因為在縱向配列10個、在橫向配列10個視野802， N_1 成為100。基於在各視野得到的檢出信號，量測圖案的特徵量（尺寸值）。又，因為如同上述以晶片單位來使掃描次數變化，在不同位置設定視野時，一併進行訊框數的設定（變更）（步驟1003）。

[0054] 接著在被設定的視野位置，以設定的訊框數進行束掃描，藉此執行量測（步驟1004）。在本實施例中，攝像區域（視野、電子束的掃描區域），如圖8所例示的，設定成包含相同設計的線與空間圖案。圖8表示在交互配列線圖案804與空間805的線與空間圖案設定視野802之例。線圖案804的剖面圖變成如807一樣，因為該邊緣806以相對於電子束的照射方向傾斜而形成，因為邊緣效應而相較於其他部分相對地2次電子的放出量較多，以高輝度顯示。

[0055] 在本實施例中，在視野802內指定具有預定量測邊緣長的 N_2 個量測區域，用以下的方式量測上述量測區域內的圖案寬度。此外，量測區域（量測區域）的設定為在視野802內設定複數量測方塊803而實現。圖8表示在視野802內設定9個（ $N_2=9$ ）量測方塊803之例。在影像處理

單元 507、或影像解析單元 508 中，在量測方塊 803 內沿著 x 方向，生成複數信號強度輪廓（輝度分佈波形），利用閾值法、或直線近似法等來測定峰值間的尺寸。又，在本實施例中，針對量測區域，將圖案在邊緣方向（y 方向）的每一定間隔的 N_3 個複數位置，在邊緣垂直方向上設定截斷線，得到沿著截斷線的信號強度輪廓。此時，因應必要，進行附隨著量測 SEM 的濾波等的影像處理也可以。圖 9 為表示在每個被截斷線分割的分割區域 901~904，生成信號強度輪廓 905~908 之例的圖。在本實施例中，對於被各截斷線分割的分割區域的信號強度輪廓，藉由適合的預定演算法來算出圖案尺寸，藉由將上述量測區域中所含有的全部（ N_3 個（圖 9 之例為 4 個））的尺寸測定結果作平均，來得到每個量測區域的尺寸。藉由以上的處理，針對晶圓內的攝像區域、攝像區域內的量測區域、訊框數的 3 個參數的組合得到 1 個量測值。

[0056] 如同上述，因為在每個複數的不同的訊框數，得到複數量測區域的量測結果，在相同晶片內重複複數視野（Field Of View：FOV）、或向複數量測區域的移動（步驟 1005）以及量測（步驟 1004）。又，因為在每個不同的訊框數，進行複數視野中的量測，重複向不同晶片的載台移動及視野移動（步驟 1006），直到準備的複數不同訊框數（例如 N_1 ）中的量測結束為止。

[0057] 接著，影像解析單元 508 對各訊框數（Nframe）條件，從以上述方式得到的 $N_1 \cdot N_2$ 個量測區

域隨機取樣不同的數 N_p 個區域，求出該量測值的分佈的平均值 CD 與標準差 $LCDU$ 。再來，重複複數次這些過程，調查量測值的分佈的平均值 CD 與標準差 $LCDU$ 的分佈，求出該偏差分散 σ_{CD} 、 σ_{LCDU} 。

[0058] 圖 3 (b) 表示以相同訊框數所取得的像中的 σ_{CD} 、 σ_{LCDU} 的量測區域數 ($N_1 \cdot N_2$) 及每個上述區域的截斷線數 (N_3) 相依性。此外，圖的各軸以自然對數軸標記。

[0059] 根據發明者的檢討，了解到偏差的分散不與量測線長等條件相依，僅與總尺寸量測點數 $N_p = N_1 \cdot N_2 \cdot N_3$ 呈反比。又， σ_{CD} 、 σ_{LCDU} 的量測區域數 ($N_1 \cdot N_2$) 及訊框數 N_{frame} 相依性表示於圖 4。附加於圖中的曲線部的數字，表示後述的 $\sigma_{CD\text{observed}}$ 。

[0060] 如利用圖 1 所說明的，分為不與訊框數相依而僅與總尺寸量測點數相依的區域 (區域 1)、與總尺寸量測點數及訊框數兩者相依的區域 (區域 2) 的 2 個區域 (圖 1 之例為相當於 $N_3=1$ 的情形)。

[0061] 接著，影像解析單元 508 將表示各個 σ_{CD} 、 σ_{LCDU} 對 N_p 及 N_{frame} 的相依性的值，代入 [數式 9]、[數式 10] 來算出。

[數式 9]

$$\sigma^2_{CD\text{observed}} = \sigma^2_{CD\text{pattern0}} / (N_1 \cdot N_2) + \sigma^2_{CD\text{sem0}} / ((N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot N_{frame}) \cdot (I_0 / I_p))$$

[數式 10]

$$\sigma^2_{LCDU_{observed}} = \sigma^2_{LCDU_{pattern0}} / (N_1 \cdot N_2) + \sigma^2_{LCDU_{sem0}} / (N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot N_{frame}) \cdot (l_0 / l_p)$$

其中， $\sigma^2_{CD_{pattern0}}$ 為每1量測區域的真正尺寸偏差， $\sigma^2_{LCDU_{pattern0}}$ 為每1量測區域的LCDU偏差、 $\sigma^2_{CD_{sem0}}$ 為每1截斷線（總尺寸量測點數）·每1訊框的尺寸量測誤差的分散， $\sigma^2_{LCDU_{sem0}}$ 為每1截斷線·每1訊框的LCDU量測誤差的分散的參數。

[0062] 因為 $\sigma^2_{CD_{observed}}$ 為藉由量測所求得之值， N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_{frame} 為設定條件，影像解析單元508藉由多重迴歸分析等來算出 $\sigma^2_{CD_{sem0}}$ 。本實施例之情形，作為表示每1截斷線之尺寸量測誤差之分散之值，得到 $\sigma^2_{CD_{sem0}} = 5 \text{ nm}$ 之結果。影像解析單元508將 $\sigma^2_{CD_{sem0}}$ 基於上述所記憶之演算式來求出（步驟1007），為了後述裝置條件之最適化、及真正形狀偏差算出，而記憶於記憶體506等（步驟1008）。又，藉由多重迴歸分析等、或將如上述求得之 $\sigma^2_{CD_{sem0}}$ 代入數式9，一併算出 $\sigma^2_{CD_{pattern0}}$ 並記憶，並用於後述之裝置條件之最適化。藉由將 $\sigma^2_{CD_{sem0}}$ 在每個複數裝置條件（訊框數）求出，能夠求出各個裝置條件中之 $\sigma^2_{CD_{pattern0}}$ 。

[0063] 接著，說明關於從由以上之方式求出之 $\sigma^2_{CD_{sem0}}$ 來進行裝置條件（量測條件及量測取樣條件）之最適化之手法。在本例中，首先，為了確保CD量測再現性精度，進行參數調整以滿足〔數11〕之條件。

[數式 11]

$$\text{要求精度} > \sigma^2_{CD_{pattern0}} / (N_1 \cdot N_2) + \sigma^2_{CD_{sem0}} / ((N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot N_{frame}) \cdot (I_0 / I_p))$$

在量測最適化單元 509 中，選擇 N_3 、 N_{frame} 的適切的組合，以滿足數式 11 的條件。此外，因為若使訊框數等過度增加的話，裝置的產率會降低，可以選擇滿足 [數式 11] 的條件的最小訊框數等。又，藉由增大電流 I_p ，來使 $\sigma^2_{CD_{sem0}}$ 減小也可以。又，因為將束電流 I_p 增大的話，裝置的解析度等會降低，可以選擇滿足數式 11 的條件的最低電流。

[0064] 再來，與圖 1 所例示的區域 1，也就是圖案形狀・尺寸的偏差相比，較佳為設定裝置條件，使得量測誤差變得充分小。為了滿足該條件，在量測最適化單元 509 中，設定各參數以滿足 [數式 12] 的條件。

[數式 12]

$$\sigma^2_{CD_{pattern0}} / (N_1 \cdot N_2) > \sigma^2_{CD_{sem0}} / ((N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot N_{frame}) \cdot (I_0 / I))$$

如同微細孔圖案，在量測對象的形狀尺寸偏差大時的 LCDU 量測中，不需要設定不必要的使第 2 項變小的量測條件。

[0065] 藉由進行基於以上的演算的裝置調整，能夠進行抑制量測誤差的高精度量測。

[0066] 此外，以訊框數 N 攝像同一 FOV 區域時，每 N 次掃描的各掃描將 2 維信號強度分佈記憶於記憶體，之後

若將其等適宜加算，能夠同時取得框架數 1 ~ N 的攝像結果。這樣的話，能夠大幅地刪減必要的攝像 FOV 數。亦即，如圖 10 所例示的，不以視野單位使訊框數變化，若能在 1 視野能夠得到複數訊框數的資訊的話，能夠降低攝像所需要的視野位置之數，而能夠提升產率。

[0067] 接著，將量測再現性誤差分離推定其真正的圖案尺寸・形狀偏差 LCDU。首先，對 LCDU 進行與上述 CD 相同的步驟，在 LCDU 的區域 1 設定條件。以該設定條件的基礎，所得到的量測結果為觀察到的 CD 偏差的標準差 σ_{CD} 能視為 LCDU 的真正值。不過，對於不能無視量測再現性誤差的情形，影像解析單元 508 藉由記憶於記憶體 506 的 [數式 13] 來求出 $\sigma_{CDpattern0}$ 。 $\sigma_{CDpattern0}$ 成為 LCDU 的推定值。

[數式 13]

$$\sigma_{CDpattern0}^2 = N_1 \cdot N_2 \cdot \sigma_{CDobserved}^2 - \sigma_{CDsem0}^2 / (N_3 \cdot N_{frame}) \cdot (1_0 / 1)$$

因此，從以任意訊框數 Nframe 觀察時的 CD 及 LCDU 觀察結果的偏差的分散 $\sigma_{observed}^2$ ，能夠推定真正的模式尺寸形狀偏差的分散。再來，從該結果中，可以推定對任意長度的圖案的尺寸偏差。

[0068] 此外，裝置條件的設定，與圖案形狀・尺寸的偏差相比，若能設定成量測誤差充分小的條件的話較佳，如同微細孔圖案，在量測對象的形狀尺寸偏差大時的 LCDU 量測中，不需要設定不必要的使第 2 項變小的量測條

件。因此，在本實施例中，因應測定對象，能夠以滿足要求測定精度的條件來適宜設定將產率最大化的攝像條件及取樣方案。

[0069] 量測解析輸出單元510例如在輸入裝置504或工作站622的顯示部，顯示如上述的方式求得到的訊框數及束電流等。操作者可以依該顯示而設定裝置條件。又，將滿足[數式11]的條件之複數訊框數等，作為設定條件的候補來顯示，藉此使操作者選擇裝置條件也可以。再來，量測解析輸出單元510在顯示部顯示藉由[數式13]所求得的量測結果。此時，並非如偏差那樣的指標值，而設成表示與預先設定的基準值之間的差分也可以，而設成顯示能夠以視覺判斷圖形等的偏差程度的圖也可以。

[0070] 又，將如上述的方式求得的框架數作為SEM的裝置條件來設定也可以。

實施例2

[0071] 在上述實施例中，作為攝像單元雖說明帶電粒子線裝置的一種即掃描電子顯微鏡之例，但例如將藉由掃描集束離子束而生成影像的集束離子束裝置作為攝像單元也可以。攝像單元對預定的攝像區域，將在每1訊框攝像的信號強度分佈（影像資料）獨立記憶，因應必要將其以最大訊框數次重複進行並將各影像資料轉送至影像記憶單元，對上述攝像區域獨立保存複數影像資料。

[0072] 在掃描電子顯微鏡或集束離子束裝置的這種

攝像單元中所包含的、或在量測裝置中所包含的影像處理單元，將上述複數影像資料組合，合成各種訊框數的SEM像或SIM像。影像解析單元藉由實施例1所記載的方法，從上述影像將量測區域作取樣，將量測及其偏差分佈作為取樣數或訊框數的函數擬合成預定的模型式。

[0073] 量測最適化單元藉由輸入必要的量測再現精度、或訊框數上限等的臨界條件，基於上述模型式，將最適攝像條件及必要的取樣方案輸出。又，輸出預想的量測誤差的推定值。取樣方案被反映至包含該晶圓的以後的晶圓量測。

[0074] 又，SEM量測再現性誤差超過預定範圍時，因為SEM的裝置狀態會有偏移正常的危險，發出預定的警告。又，圖案尺寸形狀偏差超過預定範圍時，因為會有圖案化製程的異常的危險，發出預定的警告。量測解析輸出單元從觀察值將量測誤差除去而算出真正尺寸，形狀偏差。

實施例3

[0075] 在本實施例中，說明有關藉由實施例1記載的量測方法，正確量測LCDU或其分佈之例。對於在晶圓面內多數位置存在的相同設計圖案，以實施例1所示的方法測定LCDU，擬合成式而求出真正尺寸，形狀偏差的晶圓面內分佈。藉由將求出的結果回饋至製程裝置，能夠抑制上述偏差，並提升良率。在本實施例中，藉由減去量測再

現性誤差分，能夠僅偏差對象圖案形狀的真正空間偏差。

【符號說明】

[0076]

501：SEM（掃描電子顯微鏡）

502：圖案量測裝置

502、503：設計資料記憶媒體

504：輸入裝置

505：演算處理裝置

506：記憶體

601：電子源

601、602：引出電極

603：電子束

604：聚焦透鏡

605：掃描偏向器

606：對物透鏡

607：真空試料室

608：試料台

609：試料（晶圓）

610：電子

611：二次電子

612：變換電極

613：檢出器

614：控制裝置

617：A／D變換器

618：影像處理部

619：CPU

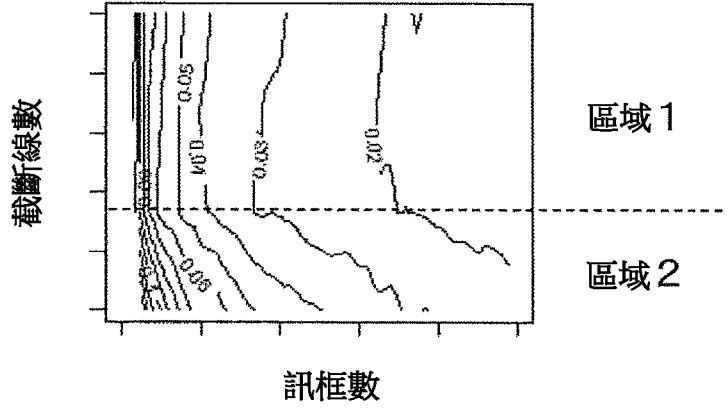
620：影像記憶體

621：記憶媒體

622：工作站

【發明圖式】

圖 1



(a)

$$\ln \sigma_{\text{observed}} = - (N_p + N_{\text{frame}})/2 + \ln \sigma_{\text{sem}}$$

$$\ln \sigma_{\text{observed}} = -N_p/2 + \ln \sigma_{\text{pattern}}$$

量測再現性
誤差分散 σ^2

量測點數
 N_p

量測次數
(訊框數 $\cdot I_p$)

(b)

圖 2

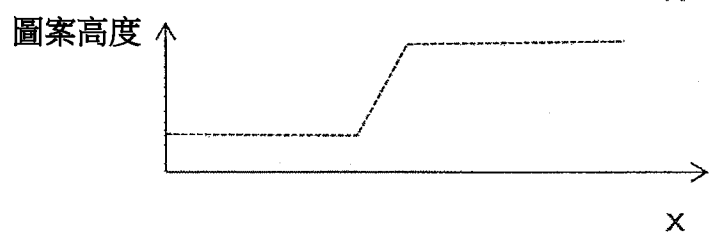
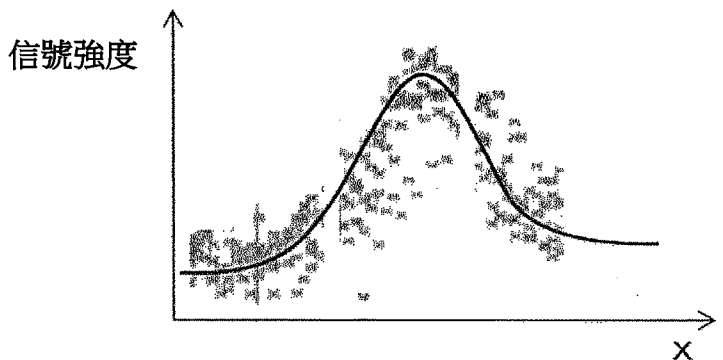
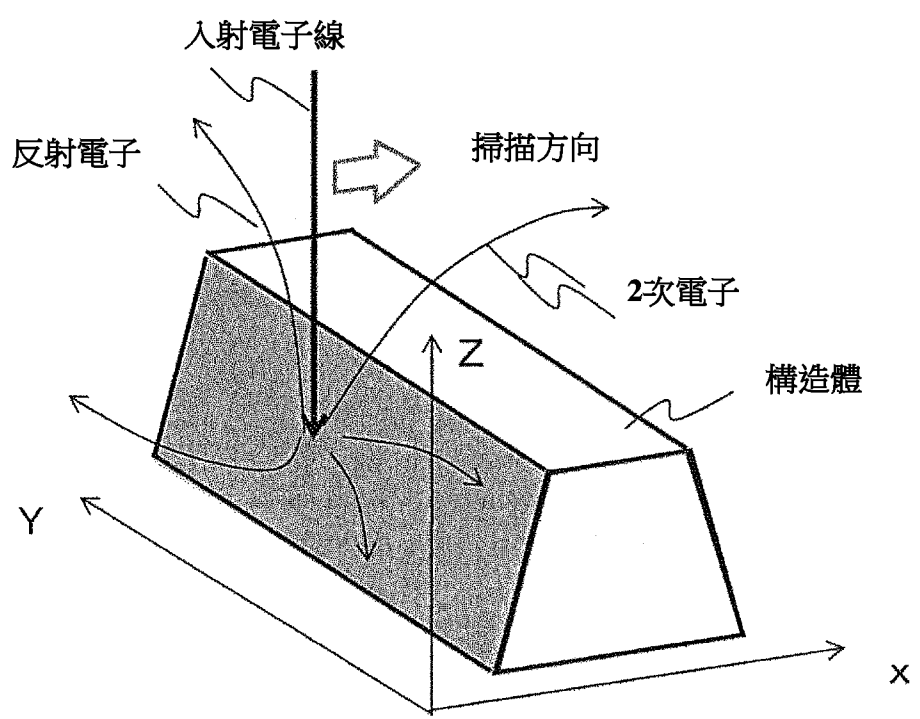
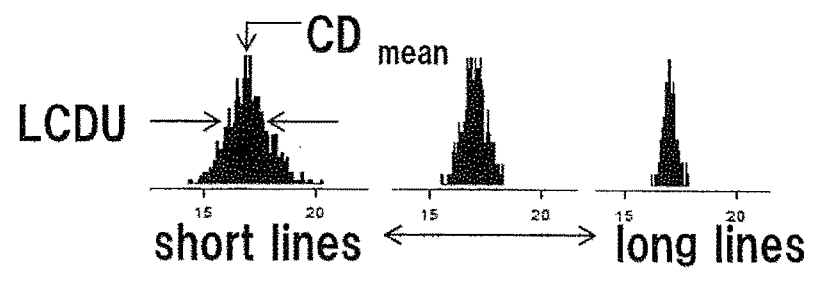
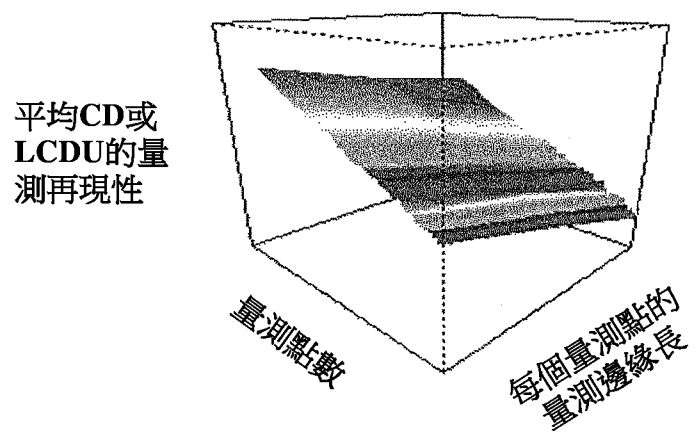


圖 3



(a)



(b)

圖 4

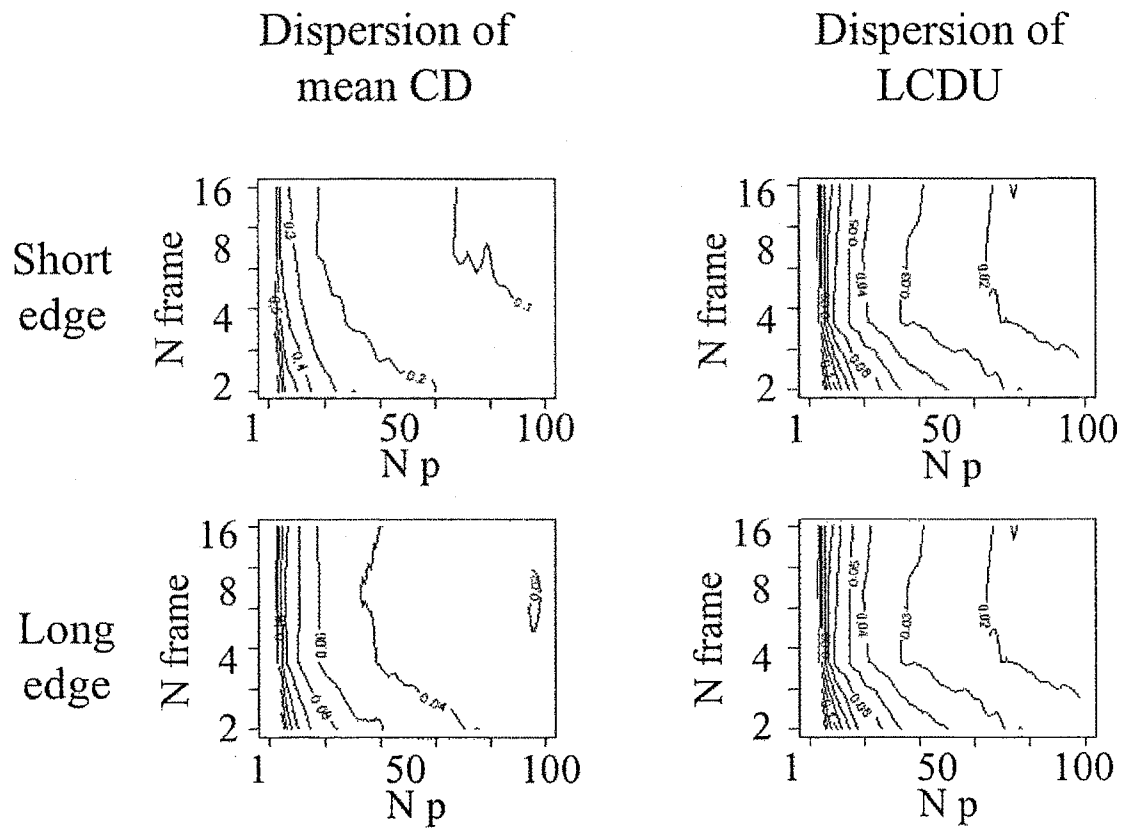


圖 5

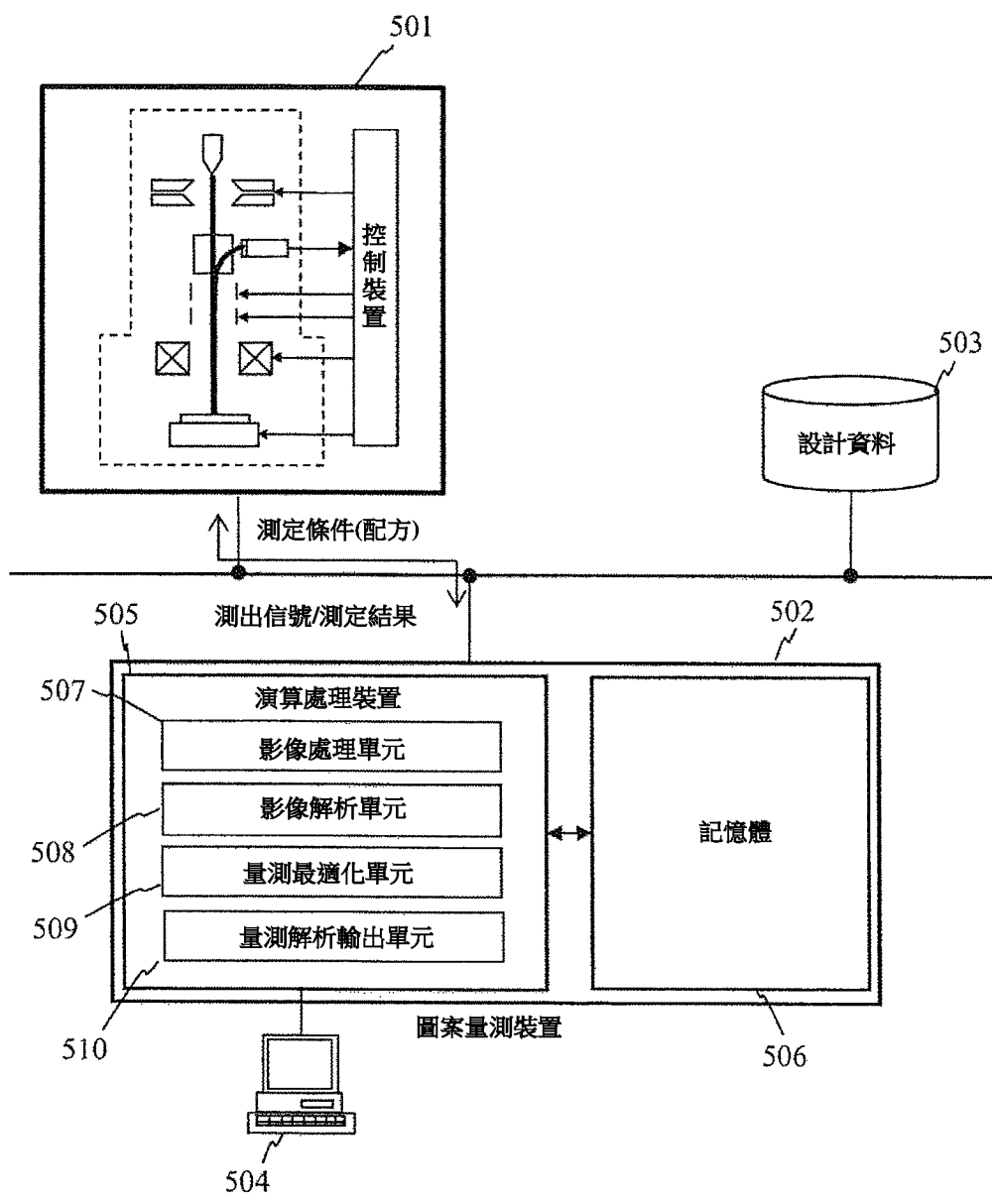


圖 6

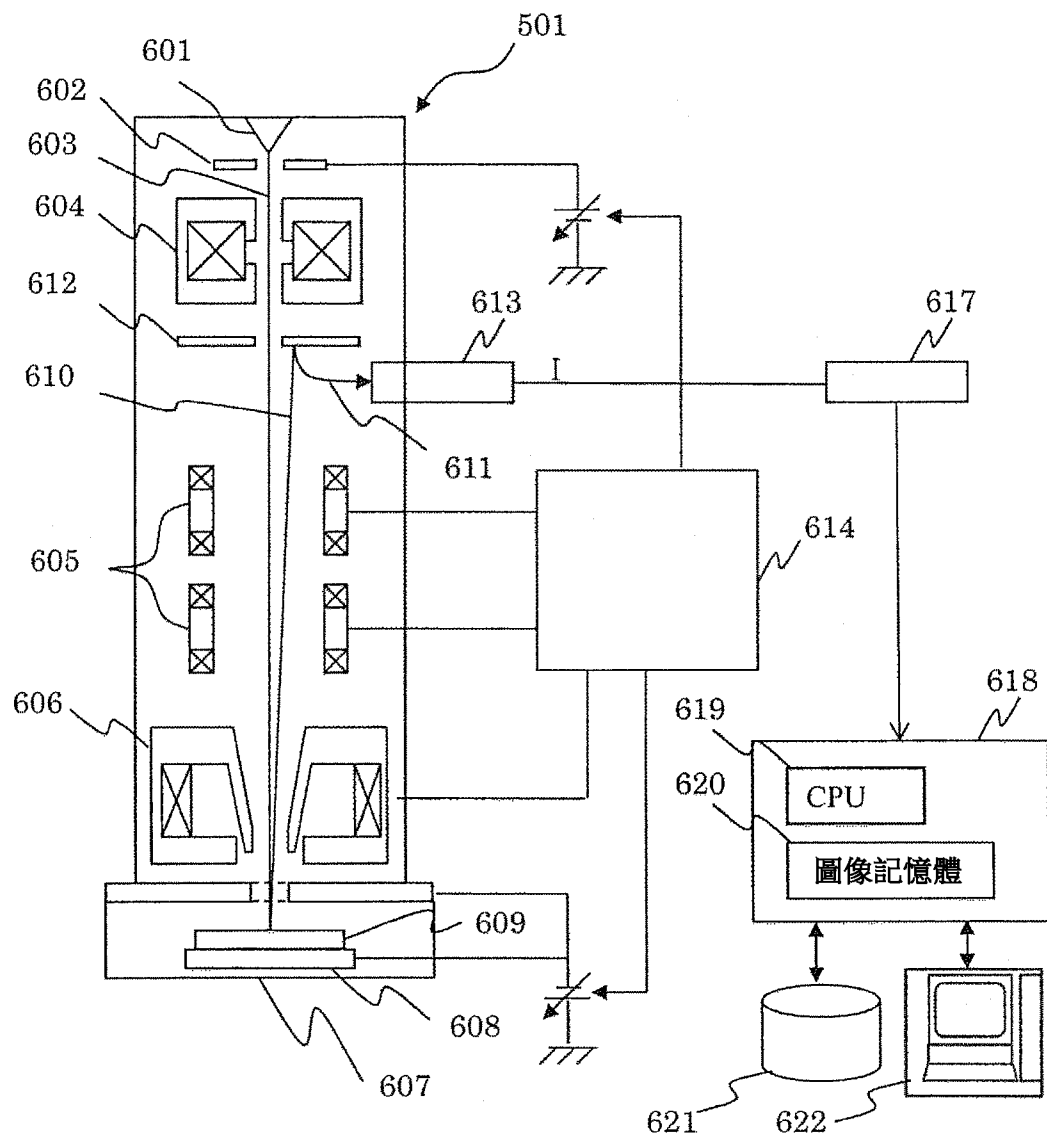


圖 7

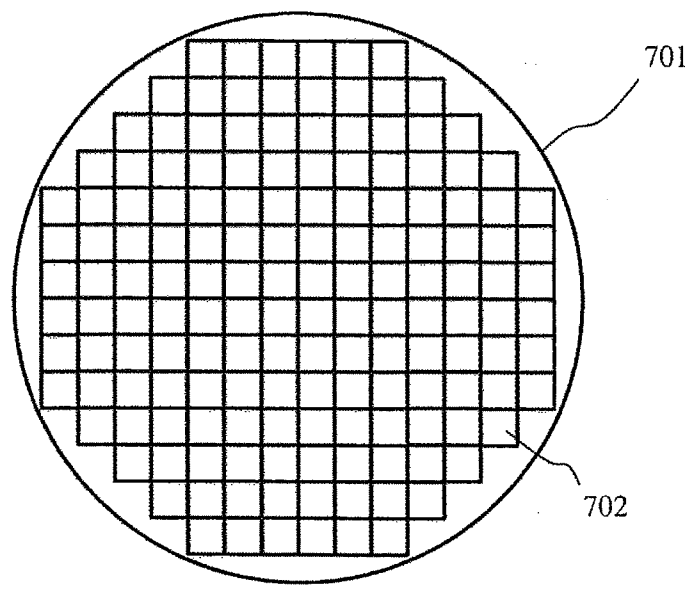


圖 8

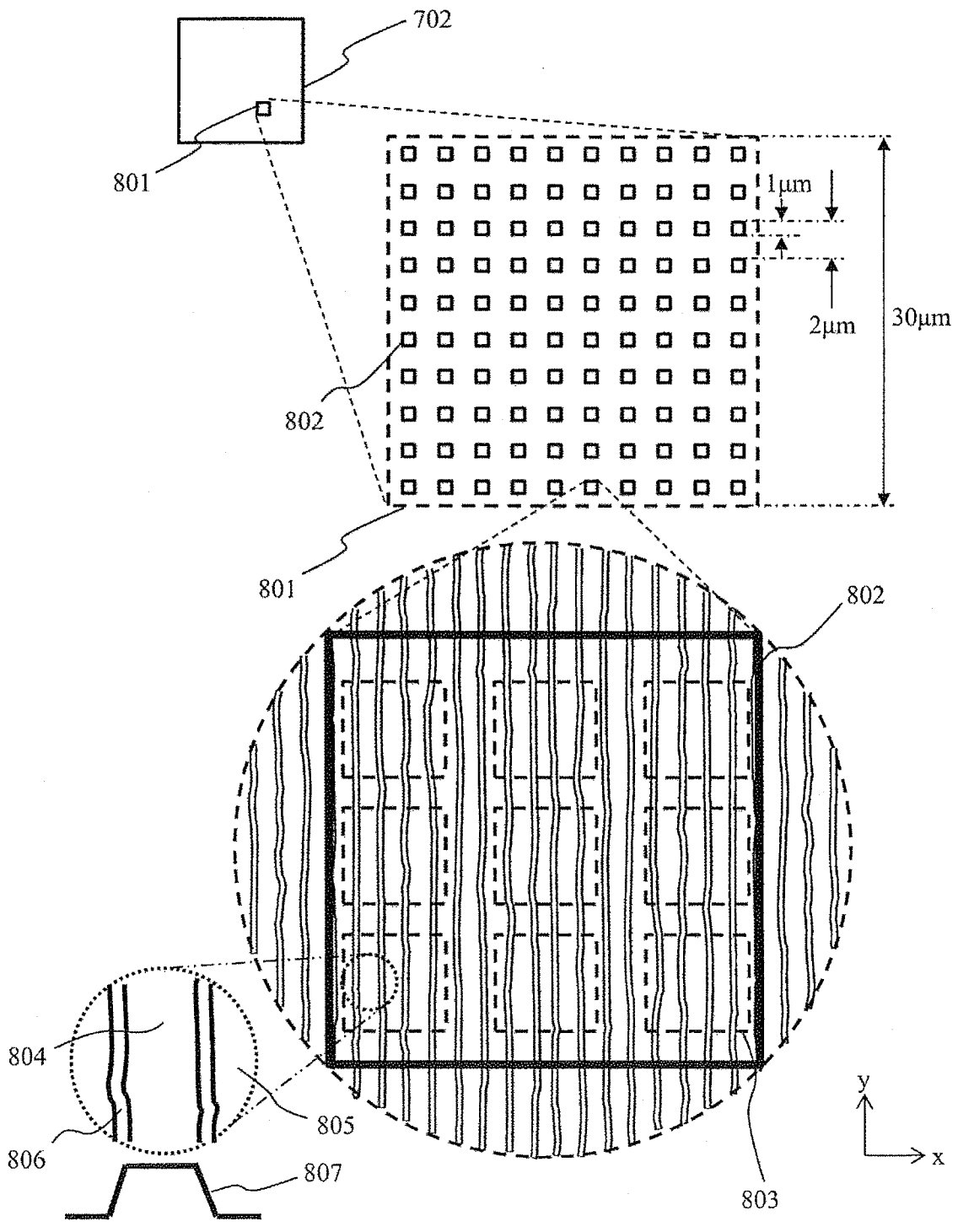


圖 9

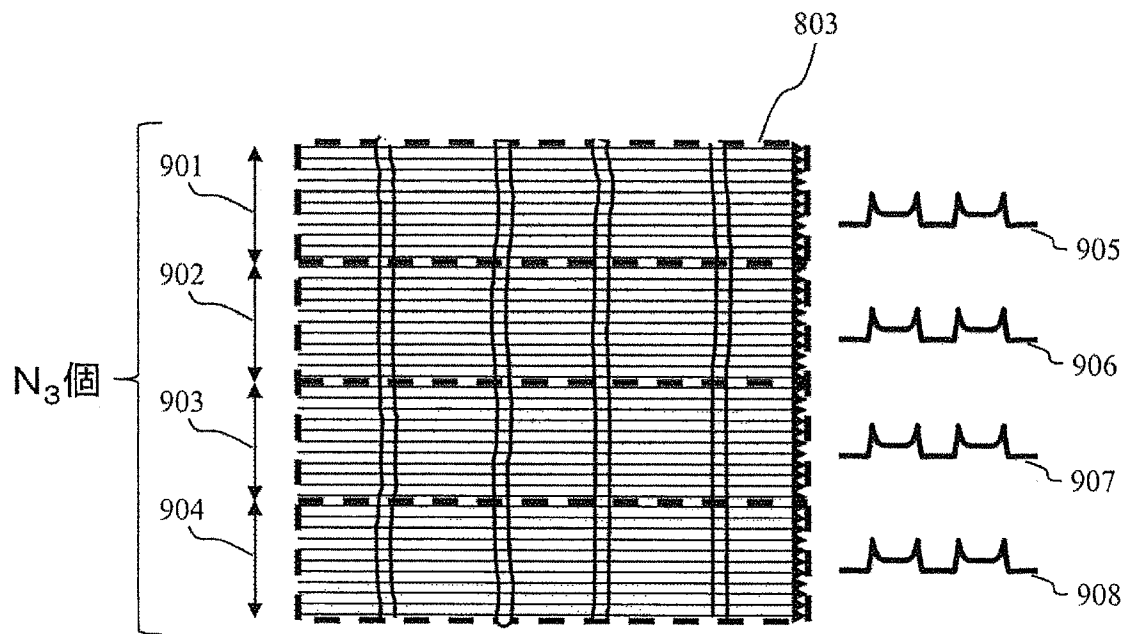
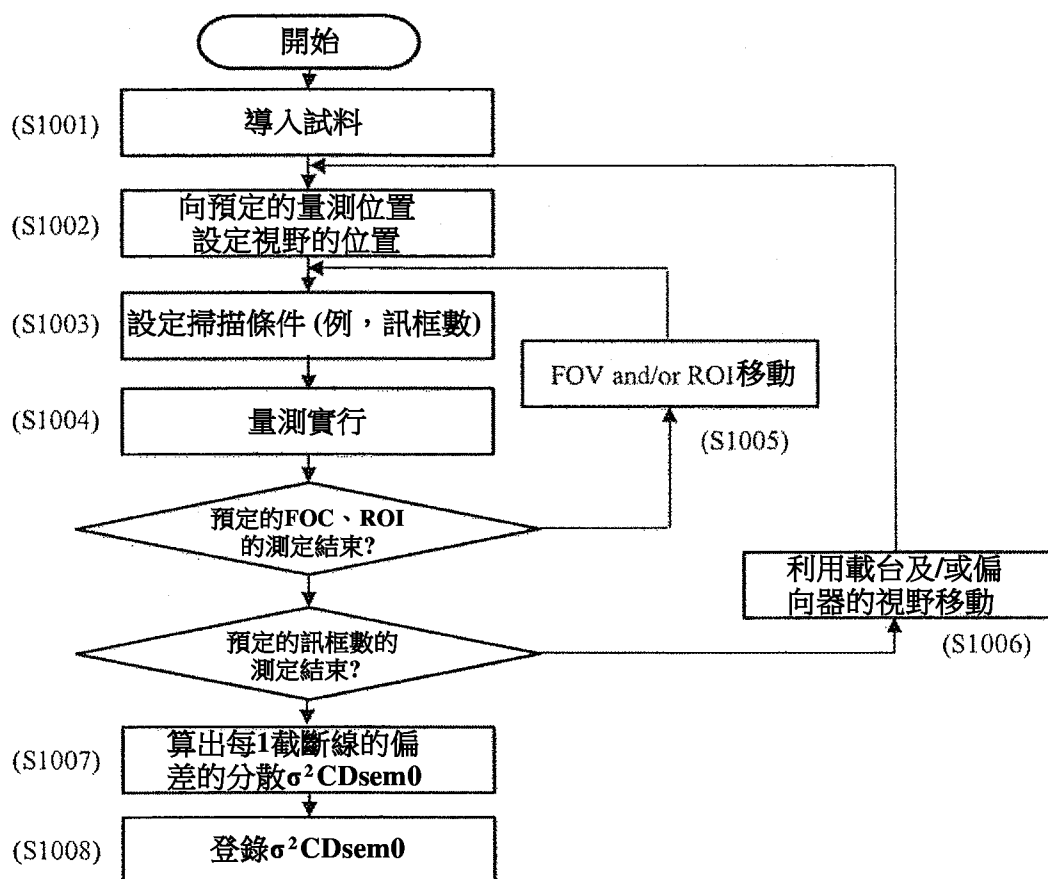


圖 10



【發明說明書】

【中文發明名稱】

圖案量測裝置及記憶媒體

【技術領域】

[0001] 本揭示係有關於形成於半導體裝置等的圖案的量測裝置、及使電腦執行量測處理的電腦程式，特別是與量測誤差的變動等不相依，以高精度量測圖案形狀的偏差等的圖案的指標值之圖案量測裝置、及電腦程式。

【先前技術】

[0002] 隨著半導體裝置的微細化，利用能將具有奈米等級的寬度的圖案可視化的掃描電子顯微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）的量測及檢查的重要性持續增加。專利文獻1中，說明利用由SEM所得到的信號來評價形成於圖案側壁的凹凸的評價法。該凹凸被稱為線邊緣粗糙（LER）、或線寬粗糙（Line Width Roughness：LWR）。因為粗糙對形成於半導體裝置上的電路特性會有影響，需要進行適切的評價。又，專利文獻2中，說明藉由比較利用設計資料所生成的基準圖案、與從SEM影像抽出的輪廓線，來評價圖案的形狀的評價法。專利文獻2中，說明藉由測定設計資料與輪廓線資料的對應點間的距離，來評價兩者間的偏差的評價法（Edge Placement Error：EPE）。

〔 先前技術文獻 〕

〔 專利文獻 〕

[0003]

專利文獻1：JP 4801427 B（對應美國專利US 7619751 B）

專利文獻2：JP 4887062 B（對應美國專利US 8019161 B）

【發明內容】

〔發明所欲解決的問題〕

[0004] 如同上述，隨著半導體圖案的微細化、複雜化，利用粗糙評價及複數EPE測定結果的形狀評價等的2維形狀量測的重要性持續增加。另一方面由SEM所得到的量測值會因各種要因而有所變化。例如，即便為了量測而正確地測定取樣的圖案，也不過是將成為取樣對象的圖案正確地測定而已，根據該測定結果進行製造裝置的製程控制，也有無法進行適切的控制的情形。又，檢出基於電子束的掃描而得到的電子的掃描電子顯微鏡的情形，例如因為從試料放出的電子之放出方向等為隨機，在每次測定都會有偏差，假如即便測定相同圖案，也未必會形成完全相同的信號波形，其結果會有無法得到為了進行適正的製程控制的量測結果的可能性。

[0005] 如以上所述，有SEM的這種裝置固有的量測偏差等，在表示圖案形狀的指標值中，因量測結果的變動（量測誤差的變動）而引起的偏差、與評價對象即圖案的真正形狀變化（形狀偏差）會混合，會有適正的圖案的形

狀評價變得困難的情形。專利文獻 1、2 中，並沒有提到降低這種量測誤差的變動所引起的偏差對量測結果的影響。

[0006] 以下，提案有作為用以求出適正的偏差的裝置條件的選擇、及適正的偏差的推定的至少一個目的的圖案量測裝置、及電腦程式。

解決問題的手段

[0007] 作為用以達成上述目的的一個態樣，以下提案有一種圖案量測裝置，具備：基於由帶電粒子線裝置所取得的複數量測值，來求出量測對象即圖案的量測值的偏差的演算處理裝置；利用在不同位置形成的複數量測值的偏差 σ_{observed} 、以及 $\sigma_{\text{observed}}^2 = \sigma_{\text{pattern0}}^2 / N_p + \sigma_{\text{sem0}}^2 / (N_p \cdot N_{\text{frame}})$ ，來求出表示量測再現性誤差的 σ_{SEM0} 。 $\sigma_{\text{pattern0}}^2$ 為因圖案的形狀誤差所引起的偏差， N_p 為量測點數， N_{frame} 為因應裝置條件而變化的值。

發明的效果

[0008] 根據上述構成，能夠進行用以求出適正的偏差的裝置條件的選擇、或適正的偏差的推定。

【圖式簡單說明】

[0009]

〔圖 1〕表示藉由圖案量測所特定出的偏差、與偏差的發生要因之間的關係的圖。

〔圖 2〕表示因對圖案的束入射而放出的信號電子、與圖案形狀之間的關係的圖。

〔圖 3〕表示圖案長（例如線圖案的邊緣方向的長度）、與信號的偏差之間的關係的圖。

〔圖 4〕表示藉由圖案量測所特定出的偏差、與偏差的發生要因之間的關係的圖。

〔圖 5〕表示半導體量測系統的一例的圖。

〔圖 6〕表示掃描電子顯微鏡的概要的圖。

〔圖 7〕表示將光阻圖案轉印的半導體晶圓的一例的圖。

〔圖 8〕表示在半導體晶圓的每個複數晶片分配量測點的狀態的圖。

〔圖 9〕表示在掃描電子顯微鏡的視野內被分配的量測區域（量測區域）的圖。

〔圖 10〕表示 SEM 的量測處理工程的流程圖。

【實施方式】

實施形態

[0010] 在半導體積體電路、高頻元件等電子部件的製造工程中，在半導體等基板或上述基板上的各種薄膜利用光蝕刻及蝕刻技術製作多數電晶體、記憶體元件等電子部件及連接上述元件間的電路等的圖案。在進行微細化的最先端裝置中，上述各元件及電路的尺寸到達 10nm，今後也預想會更縮小。上述電子部件的性能因為與上述元件

【發明摘要】

【中文發明名稱】

圖案量測裝置及記憶媒體

【中文】

本發明的目的為提供一種能夠用以求出適正的偏差的裝置條件的選擇、及適正的偏差的推定的圖案量測裝置。在本發明中，提案有一種圖案量測裝置，具備：基於由帶電粒子線裝置所取得的複數量測值，來求出量測對象即圖案的量測值的偏差的演算處理裝置；利用在不同位置形成的複數量測值的偏差 σ_{observed} 、以及 $\sigma^2_{\text{observed}} = \sigma^2_{\text{pattern0}} / N_p + \sigma^2_{\text{SEM0}} / (N_p \cdot N_{\text{frame}})$ ，來求出表示量測再現性誤差的 σ_{SEM0} 。 σ_{pattern0} 為因圖案的形狀誤差所引起的偏差， N_p 為量測點數， N_{frame} 為因應裝置條件而變化的值。

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】

一種圖案量測裝置，具備：基於由帶電粒子線裝置所取得的複數量測值，來求出量測對象即圖案的量測值的偏差的演算處理裝置；

記憶前述圖案的量測值的記憶媒體；

前述演算處理裝置，利用記憶於前述記憶媒體的在不同位置形成的複數量測值的偏差 σ_{observed} 、以及包含下記參數的式子，來求出表示量測再現性誤差的 σ_{SEM0} ，

$$\sigma_{\text{observed}}^2 = \sigma_{\text{pattern0}}^2 / N_p + \sigma_{\text{sem0}}^2 / (N_p \cdot N_{\text{frame}})$$

σ_{pattern0} ：因圖案的形狀誤差所引起的偏差

N_p ：量測點數

N_{frame} ：因應帶電粒子線的照射量而變化的值。

【第 2 項】

如請求項 1 的圖案量測裝置，其中，

前述 N_{frame} 為前述帶電粒子線裝置的訊框數。

【第 3 項】

如請求項 2 的圖案量測裝置，其中，

前述演算處理裝置，求出 $\sigma_{\text{pattern0}}^2 / N_p + \sigma_{\text{sem0}}^2 / (N_p \cdot N_{\text{frame}})$ 滿足預定條件的 N_{frame} 。

【第 4 項】

如請求項 1 的圖案量測裝置，其中，

前述演算處理裝置基於具有下記參數的式子，求出偏差 $\sigma_{\text{CDpattern0}}^2$ ，

$$\sigma^2_{CDpattern0} = Np \cdot \sigma^2_{CDobserved} - \sigma^2_{CDsem0} / Nframe。$$

【第5項】

如請求項1的圖案量測裝置，其中，

前述複數量測值為在不同位置的不同時點所量測到的值。

【第6項】

一種記憶媒體，係記憶有：使電腦基於由帶電粒子線裝置所取得的複數量測值，來求出量測對象即圖案的量測值的偏差的可藉由電腦讀出的電腦程式；

前述程式，使前述電腦利用在不同位置形成的複數量測值的偏差 $\sigma_{observed}$ 、以及包含下記參數的式子，來求出表示量測再現性誤差的 σ_{SEM0} ，

$$\sigma^2_{observed} = \sigma^2_{pattern0} / Np + \sigma^2_{sem0} / (Np \cdot Nframe)$$

$\sigma_{pattern0}$ ：因圖案的形狀誤差所引起的偏差

Np ：量測點數

$Nframe$ ：因應帶電粒子線的照射量而變化的值。

【指定代表圖】第(5)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

501：SEM（掃描電子顯微鏡）

502：圖案量測裝置

503：設計資料記憶媒體

504：輸入裝置

505：演算處理裝置

506：記憶體

507：影像處理單元

508：影像解析單元

509：量測最適化單元

510：量測解析輸出單元

【特徵化學式】無