



(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 I621908 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 04 月 21 日

(21)申請案號：104118073

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 06 月 03 日

(51)Int. Cl. : G03F1/36 (2012.01)

G03F7/20 (2006.01)

(30)優先權：2014/06/03

歐洲專利局

14305835.2

(71)申請人：艾西塔奈米製圖公司 (法國) ASELTA NANOGRAPHICS (FR)

法國

(72)發明人：賽伯 莫哈梅德 SAIB, MOHAMED (FR)；史亞方 派翠克 SCHIAVONE, PATRICK (FR)；費格羅 迪亞哥 FIGUEIRO, THIAGO (BR)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 201011474A

TW 201132961A

US 2006/0166105A1

US 2009/0300573A1

審查人員：吳彥華

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：11 共 43 頁

(54)名稱

由差分程序的決定積體電路製造製程的參數的方法

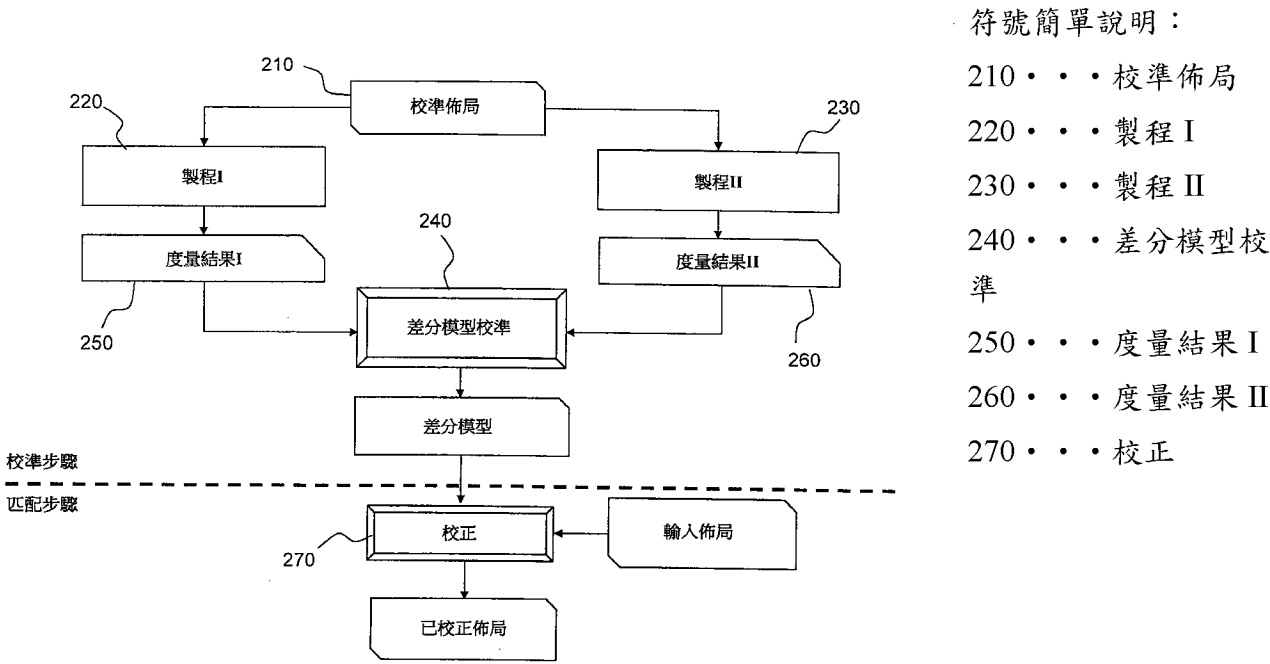
METHOD FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF AN IC MANUFACTURING PROCESS BY A DIFFERENTIAL PROCEDURE

(57)摘要

本發明揭示從第一製程的參數容易地決定用於製造的第二製程之參數的方法。表示兩製程之間的差之度量係從參數的一些值來計算，其可針對校準佈局上的兩製程來測量，或者可藉由內插/外推程序從佈局之早已存在的值或兩製程的參考資料來決定。度量的數目被選擇，使得它們的組合提供精確的表示給設計的所有領域中之兩製程之間的差。有利地是，度量被計算作目標設計與核函數及變形函數的複合物之迴旋的乘積。

The invention discloses a method to easily determine the parameters of a second process for manufacturing from the parameters of a first process. Metrics representative of the differences between the two processes are computed from a number of values of the parameters, which can be measured for the two processes on a calibration layout, or which can be determined from pre-existing values for layouts or reference data for the two processes by an interpolation/extrapolation procedure. The number of metrics is selected so that their combination gives a precise representation of the differences between the two processes in all areas of a design. Advantageously, the metrics are calculated as a product of convolution of the target design and a compound of a kernel function and a deformation function.

指定代表圖：



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

由差分程序的決定積體電路製造製程的參數的方法

Method for determining the parameters of an IC manufacturing process
by a differential procedure

【技術領域】

本發明特別相關於電子或光學微影的領域。在其他製程之中，本發明係相關於遮罩寫入及直接寫入。本發明亦相關於半導體製造製程的其他步驟，諸如奈米壓印、DSA（定向自組裝）、蝕刻、CMP（化學機械拋光/平面化）、退火、烘烤、度量衡等。

【先前技術】

在遮罩寫入或直接寫入的製程期間，幾個因素引發誤差的誘發及阻礙預期解析度的達成。這些因素中的一些為電子散射（向前及向後）、光阻擴散、光阻厚度、蝕刻、閃燃、霧化、度量衡等。為了提高解析度及降低這些現象的影響，尤其具有鄰近效應校正（PEC）、霧化效應校正（FEC）、蝕刻補償的幾種對策。這些對策係依據經由劑量及/或幾何學補償來校正這些之各種作用的影響之預測。因此，校正的品質係依據用於預測現象之模型的品質，該等模型在製造製程之間係不相同。確實能夠獲得模

型及校正的高預測，但是必須在高計算成本之下。

問題在於：在任何生產流程中，必須不時改變製程。此係因為購買新設備、新光阻等。在許多事例中，希望從先前流程維持相同行為。在習知技術中係藉由調整製程條件來達成。改變實體製程參數（蝕刻偏向、功率、光阻厚度、烘烤等）耗時又花費高。

在光學鄰近效應校正（OPC）的背景中已找到用以減輕此負擔的方案。這些方案中的一些方案係由 US（美國）專利 n°6,033,814 及 n°6,463,403 所揭示。習知技術中這些方法的基本概念係校準兩不同模型，一係用於原有製程及第二個係用於新製程，第二製程的輸出必須匹配原有製程的那些輸出。一旦執行兩校準，則必須使用兩校準模型將原有製程的目標改變成新製程的目標。必須運作幾種計算程序（兩校準、一模擬及一校正），如此相當吃重及計算繁複。

【發明內容】

藉由實施單一差分模型，本發明減輕負荷及計算工作量，單一差分模型使製程能夠模擬另一個製程，因此降低校準及校正作用。而且，使用製程匹配方法給予更多彈性，以藉由能夠在匹配製程上加上限制而達成想要的結果，例如為了保留匹配結果，當所使用的測量點並未好好分散在整個設計四周時，或者在測量之間執行內插或外推的其中之一，或者在參數上加上線性。

物之迴旋的乘積，其中，該移位角度被選擇，使得核函數正看著目標設計外部。

有利地是，內部密度被計算作：目標設計之能見度域與集中在相關的至少一點上及依據能見度的半徑之核函數和依據能見度的角度及選定的移位角度之變形函數的複合物之迴旋的乘積，其中，該移位角度被選擇，使得核函數正看著目標設計內部。

有利地是，至少一輸出變數為邊緣位移，邊緣位移係使用轉換函數轉換成劑量調整。

有利地是，轉換函數為帽函數、矩形函數、三角函數、及 Gaussian（高斯）函數的其中之一。

有利地是，轉換函數為由參數 W_h 所定義之帽函數。

有利地是，參數 W_h 被決定，以滿足 $W_h \geq \text{Max}(\text{abs}(\Delta\text{Edge}))$ 及 $W_h \leq \text{minShapeDistance}$ ，其中， ΔEdge 被計算作從第一連串及第二連串的值所獲得之 Edge（邊緣）值的差，及 ShapeDistance 為目標設計的測量。

有利地是，光阻臨界的百分比之值 Th 係使用公式 $Th = 0,5 - \Delta\text{Edge}/W_h$ 來計算。

本發明亦揭示電腦程式，係用於決定一連串校正，校正將應用到製造半導體積體電路之第二製程的至少第二參數，該電腦程式的特徵在於電腦碼指令，電腦碼指令被組構用於：在第一佈局之第一複數個點獲得用以製造相同半導體積體電路的第一製程之輸入向量的第一連串的值，該輸入向量包含至少一輸入變數；在第一佈局上的相同第一

複數個點以及在第二佈局上之第二複數個點的其中之一獲得用於第二製程的該輸入向量的至少一成分之第二連串的值；決定包含一狀態變數之狀態向量的值，該狀態變數表示輸入向量之第一與第二連串的值之間的差之狀態；由直接計算獲得用於狀態向量之一連串的值之輸出向量。

本發明亦揭示半導體製造設備，係組構成使用根據申請專利範圍第 21 項之電腦程式的至少一輸出，該半導體製造設備係組構用於：半導體晶圓上直接寫入、光罩板上寫入、蝕刻、化學或機械平面化、或烘烤、退火半導體晶圓、及檢查光罩或半導體表面的其中之一。

本發明的另一有利點即為：只需要一些具有各自曝光條件的測量來執行匹配。還有，本發明的另一有利點即為：能夠匹配兩製程，同時處理它們的其中之一或二者作為黑盒子。當光罩店想要建立同於另一光罩店所提供的光罩之光罩時非常有用，其將不會存取製程的內部。另一有利點即為將第二製程匹配到第一製程產生可用於執行反向匹配（第一製程對第二製程）之資料。另一有利點即為：當在製程匹配步驟之前執行校準步驟時，依據精確度與成本之間的權衡可利用各種選項：應用兩製程以從兩來源收集度量結果之單一校準佈局；使用兩不同校準佈局的結果；使用來自源頭及目標製程之實際設計目標上所執行的測量。

本發明的有利點還有：不需要使用各種製程步驟的功能模型，在被輸入到微影製程的校正步驟之前，還必須將

其顛倒以產生必須匹配容限標準之模擬結果。

在本發明的一些實施例中，藉由考慮理想參考製程，可直接定義將應用到輸入佈局之幾何校正（即、不需要任何模型顛倒）：理想製程為產生同於輸入佈局的目標佈局之製程。本發明的方法直接產生將應用到輸入佈局的幾何之校正，以產生目標佈局。

【圖式簡單說明】

從下面附圖及各種實施例的說明將更能瞭解本發明及其各種特徵及有利點：

圖 1 為習知技術中將第二製程匹配到第一製程之方法的流程圖；

圖 2 為本發明的一些實施例中之使用單一校準佈局的製程匹配方法之流程圖；

圖 3 為本發明的一些實施例中之使用兩不同佈局及內插/外推法的製程匹配方法之流程圖；

圖 4 為本發明的一些實施例中之使用兩參考輸入資料集及內插/外推法的製程匹配方法之流程圖；

圖 5 為本發明的一些實施例中之內插/外推法圖；

圖 6 及 7 為本發明的變形之兩流程圖；

圖 8 為具有測量點之三個不同佈局圖；

圖 9a、9b 及 9c 為與圖 8 的佈局一起使用空間度量/狀態變數圖；

圖 10a、10b 及 10c 為與圖 8 的佈局一起使用 CD 度

量/狀態變數圖；

圖 11a、11b 及 11c 為與圖 8 的佈局一起使用密度度量/狀態變數圖。

【實施方式】

圖 1 為習知技術中匹配第二製程到第一製程之方法的流程圖。

在習知技術中，由 Burdoff 兩個被引用的 US 專利作為代表，必須執行兩校準步驟，第一個（110）係用於使用中的製程（製程 I），第二個（120）係用於新製程（製程 II）。然後，執行佈局重定標（130）的步驟，使得製程 II 產生等同由製程 I 所產生的佈局之佈局。因此習知技術的此製程包含三個複雜的步驟。這是為什麼本發明的方法是有利的理由之一。

圖 2 為本發明的一些實施例中之使用校準佈局的製程匹配方法之流程圖。

對策在於使用來自兩製程的測量，而後校準使一製程能夠模仿另一製程之差分模型。在此途徑中，從正在匹配的製程無須取得其他資訊，除了度量結果。重要的是，注意此途徑亦呈現無須額外的努力，使用單一模型就能讓兩製程能夠彼此匹配之有利點。

第一步驟 210 係定義校準佈局，其可依據正在使用將匹配的製程（220、230）之設計的主要特徵。例如，若製程主要用於再生具有密集線之 Manhattan 設計，則校準佈

局應包括密集線較佳。同樣地，若製程主要用於密集或分散自由的形式設計。選用地是，不需要定義校準佈局。能夠使用在目標設計上運行將匹配的兩製程之度量結果或模擬。

本發明的方法之關鍵步驟 240 係在兩製程（220，230）的結果（250，260）上校準差分模型。

然後使用不同的製程匹配對策可將最後模型應用在校正流程（270）。例如，可應用組合的劑量及幾何調整，如同本申請案的申請人所特許之歐洲專利申請案 n°2559054 所揭示者一般。再者，此種組合的劑量及幾何調整校正製程可被應用在目標設計上，如同以 n°10/52862 發佈的法國專利申請案所揭示一般。

現在我們將更詳細說明差分模型校準步驟 240。

製造半導體 IC 之製程的特徵在於一些變數，這些變數依據製造步驟及目標設計的類型而變得更重要或較不重要。當模型化製程效應時，在空間域中將選擇一些變數，諸如臨界尺寸（CD）、空間、邊緣、密度等。在電子束劑量域中將選擇一些其他變數（如、光阻臨界）。亦可使用輪廓的粗糙度，尤其是當自由形式設計係在製程的使用領域內時。

因此，將輸出變數表示成向量的函數是有利的。此向量將具有必須使用的變數作為成分，以便能夠完善表示整個使用領域中的製程之間的差。變數中的一些將定義模型的狀態（如、CD、空間、密度）。這些變數可被稱作“狀

態變數”或度量，及將定義“狀態向量”。一些其他變數將定義模型的差分輸出（邊緣位移、劑量變化、兩者組合等）。這些變數將被稱作“輸出變數”及將定義“輸出向量”。

從校準佈局上的測量可有利地校準差分模型，校準佈局上的測量定義“輸入變數”及可被群聚在“輸入向量”中。輸入變數亦可以是 CD、空間、或其他參數，諸如輪廓粗糙度（即、線邊緣粗糙度-LER-或線寬度粗糙度-LWR），或者線端短縮-LES、圓角等。必須在足夠高到覆蓋使用領域之一些點上進行測量，以及點的位置也必須能夠代表子佈局的多樣性。但是本發明亦可在不使用校準佈局步驟之下來實行，校準佈局步驟冗長且昂貴。

當使用校準佈局時，應用製程 I（220），在一些度量點上測量輸入向量之第一連串的值（250），以及應用製程 II（230），在同一度量點上測量參數之第二連串的值（260）。典型上，度量點的數目為 1000 的數量級。

根據本發明，定義狀態變數或“度量”是有利的，盡可能選擇能夠代表整個使用領域中兩製程的輸入變數之差的狀態之狀態變數。有利地是，度量也將由向量表示。在經驗上，可藉由選擇第一成分（例如、CD）、測試模型、然後添加第二成分、第三成分（例如、空間及密度）等等來構成狀態向量，當計算負載的增加到達預定預算時停止製程。

下文中在說明有關圖 8 至 11 時陳述度量的例子。

然後，應用步驟 270，藉以由本發明的差分模型所決定之輸出向量被應用到製程 I 的資料備製檔，以衍生製程 II 的資料備製檔。

在一些實例中，在校正演算法中使用劑量域的變數是有利的。在此事例中，使用轉換函數是有利的，轉換函數可被應用到空間域的變數。但是可直接選擇劑量或劑量變數作為輸出變數。

此轉換函數可以是帽函數，其為最簡單的選項。但是可利用其他選項：尤其是矩形函數、三角函數、或 Gaussian（高斯）函數。必要的是，當與定義目標參數（邊緣位移、尺寸制定等）的空間函數結合時，轉換函數產生劑量比函數，其被定義在有限間隔中。因此，轉換函數必須是可結合的（與定義空間上的有限整數）及由於半空間是單調的。使用對稱的轉換函數也是有利的。

下面給予具有帽函數之此種轉換的實施例之例子。

依據目標佈局的特性及度量點 MP_{i1} 及 MP_{i2} 上之臨界尺寸（CD）或邊緣的差來計算帽的寬度 W_h 。

將被達到的第一個條件即為帽函數的寬度必須至少足夠大到表示兩製程之間的所有邊緣佈置差。因此，在度量點 $CD_{Process2} - CD_{process1} = \Delta CD = \Delta Edge$ 上，考慮帽函數 W_h 的寬度必須滿足下面第一不等式：

$$W_h \geq \text{Max}(\text{abs}(\Delta Edge)) \quad (\text{等式 } 1)$$

其中，Max 為在 MP_i 上測量的最大值，審慎選擇測量點的數目及位置以給予代表性的值。

此外，帽函數的寬度必須足夠小到防止兩圖案互動。因此，帽函數的寬度 W_h 必須亦滿足下面第二個不等式：

$$W_h \leq \min(\text{ShapeDistance}) \quad (\text{等式 2})$$

其中， ShapeDistance 為目標佈局中的鄰接圖案之間的距離。

結果，當能夠同時滿足上述兩條件時，帽函數只能夠被使用作為模型中的 PSF，同時滿足上述兩條件係意指：

$$\max(\text{abs}(\Delta\text{Edge})) \leq \min(\text{Space}) \quad (\text{等式 3})$$

每當無法滿足此條件時，必須嘗試不同的轉換函數。

差為零之任何圖案的臨界必須不變。在此事例中，應該保持作 0.5。任何差分差必須轉化成臨界變化，表示如下：

$$Th = 0.5 - \Delta\text{Edge} / W_h \quad (\text{等式 4})$$

從用於各個圖案之一些度量點 MP_i 上的邊緣值中之差來決定匹配的製程之臨界的值，如同下面以數字例子說明一般。

考慮目標係將製程 2 匹配到製程 1。此意味著我們預期使用製程 1 來執行曝光及藉由使用製程 2 獲得我們應獲得之相同結果。需注意的是，可以其他方式執行計算。考慮測量的目標/集合：

(A) 度量點	(B) 目標臨 界尺寸 (nm)	(C) 目標 空間 (nm)	(D) 利用製 程1的CD (nm)	(E) 利用製 程2的CD (nm)
MP1	60	60	65	62
MP2	75	75	78	74
MP3	90	180	90	80
MP4	80	160	72	78
MP5	100	200	85	94

表格1

第一步驟係計算製程 1 與製程 2 之間的 CD、Edge（邊緣）之差（ ΔCD 、 $\Delta Edge$ ）。目的在於獲得邊緣佈置的差（ $\Delta Edge$ ）。依據表格 1 的行（D）及（E）之值，在選定的度量點上計算 ΔCD 、 $\Delta Edge$ 是容易的。

$$W_h \geq \max(\text{abs}(\Delta Edge)) = 5 \text{ nm}$$

同時最大值被給定如下：

$$W_h \leq \min(\text{space}) = 60 \text{ nm}$$

因此，帽函數的寬度可以是在 5 nm 及 60 nm 之間的任何值。有關此例，我們隨意將值設定在 20 nm，但是滿足等式 1 及 2 的限制之任何值亦可運作。

第二步驟係將 CD（nm）中的各個變化轉化成臨界值的百分比之變化（ $\mu C/cm^2$ ）。這是依據應用到下面表格 2 之行（F）的值之等式 3 來執行，其為表格 1 之行（D）及（E）的值之差：

$$Th = 0.5 - \Delta Edge / W_h = 0.5 - \Delta Edge / 20$$

(A) 度量點	(F) Δ 邊緣 (nm)	(H) 臨界
MP1	-3	0.65
MP2	-4	0.7
MP3	-10	1
MP4	6	0.2
MP5	9	0.05

表格2

如此，達成空間域對劑量域的參數之間的轉換。

圖 3 為本發明的一些實施例中之使用兩不同佈局及內插/外推法的製程匹配方法之流程圖。

使用校準佈局麻煩且昂貴。取而代之的是，在本發明的變形中，使用已從兩不同佈局（310、320）獲得之現存的度量結果 330、340 是有利的。

然後，執行步驟 350，以在其他佈局（330 或 340）的一組度量點上計算佈局（340 或 330）的其中之一的度量結果之一的結果。有利的是，此步驟為內插及外推的組合。此內插/外推步驟可以是線性的或使用考慮到佈局中的差所選擇之不同函數。此步驟會產生將降低匹配的精確性及必須被校正之人為產物。例如，依據設計的子部分之規模，可應用不同的尺寸制定因子作為校正。另一選擇是，可應用內插/外推步驟到狀態向量。

然後，應用差分模型校準的步驟 360，包括使用度量向量，如上述。

然後，應用製程 I 的資料備製檔之校正的步驟 370，以獲得製程 II 的參數，如上述。

圖 3 之變形的有利點之一即為：其能夠校準差分模

型，卻不需要存取有關必須匹配之兩製程的機密資料。

圖 4 為本發明的一些實施例中之使用兩參考輸入資料集及內插/外推法的製程匹配方法之流程圖。

圖 4 的實施例與圖 3 的實施例沒有多大的不同，除了取代佈局之外，方法使用來自將匹配的兩製程之資料（它們甚至可以不是度量結果）作為輸入。作為例子，輸入資料可以是從已現存的模型所模擬之一組資料。其亦可以是線性要求，諸如 CD 的界限對間距曲線等。

在製程 I 與製程 II 的輸入資料之間執行內插/外推步驟，來取代兩不同佈局的度量結果。亦可應用校正步驟。

以上述相同方式執行差分模型校準步驟及設計校正步驟。

圖 5 為本發明的一些實施例中之內插/外推法圖。

在第一佈局或有關此製程 I 的參考資料獲得有關一些點 510、520、530 之製程 I 的參數之測量。使用已知內插/外推法來計算這些測量的最適曲線 540。

在第二佈局或有關此製程 II 的參考資料獲得有關一些點 550、560、570 之製程 II 的參數之測量。使用已知內插/外推法來計算這些測量的最適曲線 580。

然後，可在製程 I 及製程 II 的所有度量點上計算差分參數 590。而且，可依據差分測量 590 及度量向量來執行校準步驟 240 及 360。另外，可應用設計校正步驟 270、370。

圖 6 及 7 為本發明的變形之兩流程圖。

在圖 6 的變形中，校準佈局被用於獲得製程 I 的度量結果，及使用製程 II 的參考資料。

利用與上述相同方式來應用差分校準步驟及設計校正步驟。

在圖 7 的變形中，校準佈局被用於獲得製程 I 及製程 II 的度量結果。

然後，為製程 I 及製程 II 校準兩不同模型，或者可重新使用早已存在的校準資料，而後使用應用到兩製程的校準模型之輸出的度量向量來取代度量結果，從兩模型的校準之結果來校準差分模型。

此變形的不利點在於其需要三個模型的校準。但是其可能比有關圖 1 所說明之習知技術方案的再定標對策更精確。再者，其可能比當直接使用度量點上的結果時會出現之局外物所帶來的影響較少。

圖 8 為具有測量點之三個不同佈局圖。

掃描式電子顯微鏡（SEM）被用於測量 CD 810、820、830，它們描述佈局的部分 840、850、860。尤其是，度量工具被用於測量由佈局的部分之特有尺寸所表示之參數，諸如 CD、空間或密度等。在此背景下，CD 被定義作設計的子部分之線的寬度；依據光阻的光度，空間為設計的子部分之兩線間的寬度，或者反之亦然。密度為線對設計的總表面之測量。

現在所說明之圖式圖解一些方法，以執行該測量。再者，同一實體參數定義可被用於模型化輸入參數之度量。

圖 9a、9b 及 9c 為與圖 8 的佈局一起使用空間度量圖。

空間度量考慮圖 8 之三個不同設計 810、820、830 中的線之密度。經由圖 810 之事例的例子，在設計的線之點 911a 上定義函數，作為間隙表面 913a 對與線正切之直徑 912a 的碟之總表面 910a 的比。在點 911a 上的觀察者朝線外看。比率越大，線之間的空間越寬。大體上，即使線本身的尺寸不同，圖 9a、9b 及 9c 的例子仍具有約 80%相同空間。因此能夠容易明白，將只使用空間之度量向量無法準確地表示設計的差異，因此對這些差異採用兩不同製程。

圖 10a、10b 及 10c 為與圖 8 的佈局一起使用 CD 度量圖。

CD 度量考慮圖 8 之三個不同設計 810、820、830 中的線之密度。經由圖 810 之事例的例子，在設計的線之點 1011a 上定義函數，作為線內的表面 1013a 對與線正切之直徑 1012a 的碟之總表面 1010a 的比。在點 1011a 上的觀察者朝線內看。比率越大，線越寬。大體上，圖 10a、10b 及 10c 的例子各自具有 80%、60%、60%的 CD。因此添加此第二尺寸到度量向量將能夠提高由度量向量所獲得之設計的差異。

圖 11a、11b 及 11c 為與圖 8 的佈局一起使用密度度量圖。

密度度量考慮圖 8 之三個不同設計 810、820、830 中

的線之密度。經由圖 810 之事例的例子，在設計的線之點 1111a 上定義函數，作為設計的此區段之線內的表面 1113a 的三個部分對與設計之此區段的線交叉之直徑 1112a 的碟之總表面 1110a 的比。在點 1111a 上的觀察者看著設計的區段四周。比率越大，密度越大。大體上，圖 11a、11b 及 11c 的例子各自具有 50%、50%、30% 的密度。因此添加此第三尺寸到度量向量將能夠提高由度量向量所獲得之設計的差異。

由圖 910a、910b 及 910c 所圖解之空間度量係同於圖 8 的佈局區段 810、820 及 830。添加 CD 度量能夠區分佈局區段 810 與 820 及 830。添加密度度量能夠區分佈局區段 810 與 820 及 830。

事實上，CD、空間及密度為輸入變數，其主要被用於描述能夠校準代表性模型的製程。

在從製程所觀察到之目標設計的狀態變數之一些可能表示之中，使用“Kernel（核）”的幾何概念者帶來一些益處，因為此概念可被用於定義有關一組圖案：

- 此組中的圖案之間的表面，其在從圖案外的相關點之觀察範圍內所見；此表面可被視作設計之外部密度的表示，及可由表面的尺寸之一測量，其將經由比率用於光阻臨界以定義空間度量，或者反之亦然；
- 此組中之圖案中的表面，其在從圖案內的相關點之觀察範圍內所見；此表面可被視作內部密度的表

示，及可由表面的尺寸之一測量，其將經由比率用於光阻臨界以定義 CD 度量，或者反之亦然。

在 Park (J.-G. Park, S.-W. Kim, S.-B. Shim, S.-S. Suh,及 H.-K. Oh (2011)，‘提高 20 nm 節點 DRAM 閘極中之晶片 CD 變化的有效蝕刻製程鄰近校正法’，設計製程整合的可製造性之設計 V，proc. SPIE 第 7974 冊) 中說明如何計算度量之指示。

Park 亦揭示有關上述 kernel 度量的變數，其中，由扇形定義能見度的面積。此能見度的面積能夠定義外部及內部交叉點，以各別決定空間及 CD 度量。

在此變形中，角度 θ 被定義作 kernel 的參數。經由例子，可利用下面公式來計算度量：

$$Density = \frac{\iint_{InsideEdge} K(r) \cdot T(r, \theta) \cdot A(\theta) \cdot dr d\theta}{\iint_{All} K(r) \cdot dr d\theta}$$

其中：

$K(r)$ 為 Gaussian kernel；

$T(r, \theta)$ 為目標設計的表面；

$A(\theta)$ 為按角度 θ 之 kernel 的變形因子。

可演算出 kernel 模型的其他變數，以更加提高製程度量的決定精確度，卻不會落在本發明的範疇外。

在由本申請案相同申請人於同一天所發佈之歐洲專利申請案 n° EP 14305834.5 中說明特別有利之一群變數。

尤其是，本發明揭示使用設計的能見度域與 kernel 函數及變形函數的複合物之迴旋，該變形函數係依據能見度的角度及移位角度。使用迴旋函數大幅減輕計算負載。

可在許多使用事例上使用本發明的方法，其中，使用差分模型之製程匹配是令人關注的，諸如：

- 半導體晶圓上之電子束直接寫入或光學投影微影；
本發明的方法可被用於吸收製造上的變化，諸如不同的光阻或新機器及提供晶圓上與原有製程相同結果等；
- 光罩寫入：本發明的方法可被用於吸收光罩寫入流程中的變化，能夠提供相同印刷光罩給不同的流程；能夠藉由應用圖 4 之變形來考慮光罩寫入步驟中之晶圓效應。
- 檢查：當涉及度量標準時，有時候一致性比準確性重要；使用本發明的製程匹配可使不同的度量系統能夠被校準，以提供相同結果；
- 半導體製造製程的其他步驟，諸如蝕刻、CMP、退火等。

所建議的對策只可應用在劑量或者幾何上匹配演算法，其意味著製程的輸入佈局不是具有適於匹配其他製程或輸入資料集之其劑量或幾何。再者，對策可組合單一步驟中所應用之劑量及幾何匹配演算法，例如如同本申請案的受讓人所特許之以 n°EP 2559054 出版的歐洲專利申請案所揭示一般。

有關校準差分模型，唯一需要的資訊是兩製程之間的差。甚至不需要從有關圖 1 之標準流程的兩製程存取測量結果。

因此，因為不需要產生用於各個製程的模型，所以製程可被視作“黑盒子”，其能夠匹配來自不同公司的製程，同時使製程的本質保持機密。

此外，所產生的差分模型以兩方式運作，其意味著非常相同的模型可被用於使製程 1 能夠匹配製程 2，或製程 2 能夠匹配製程 1。

再者，因為使用兩模型（各個製程用一個）產生兩組相關連的誤差，所以利用單一模型能夠降低複合的誤差。

在本發明的所有實施例中，被表示在圖 2、4、6、及 7 上之流程圖，圖示上的製程 I 可以是理想或較佳製程，即、總是產生目標或同於輸入佈局的輸出佈局之製程。

在圖 2 的實施例中，度量結果 I（250）被定義作在目標佈局的所有點上誤差等於零 nm。在圖 6 及 7 的實施例中也一樣。因此，度量資料為虛擬的。

在圖 4 的實施例中，製程 I 的輸入資料集也是具有零誤差之資料集，即、其中在所有點上度量被定義作目標佈局的度量。

使用本發明來計算將應用到實際製程之校正以匹配參考理想製程的結果之有利點在於，在計算的輸出上直接決定將應用到輸入佈局之幾何校正。此與通常用於在限定的容限內找出最佳方案之標準模擬途徑相反。在這些方案中，必須將用於決定限定的輸入佈局之光阻中的壓印之模型顛倒，以找出將應用到後者之幾何校正，以在光阻中壓印目標佈局。實際而言，因為這些模型通常並無法顛倒，

所以必須應用藉由計算所有方案之引導法，直到在容限邊界中找到一個為止。這是電腦密集性、長期又冗長的製程，當應用具有理想參考製程之本發明時就不再需要這種製程。

亦需注意的是，本發明的方法給定將應用在目標輪廓的限定點上之位移，其中，CD、空間及密度度量可被限定。此與藉由模型計算將應用在目標輪廓的所有點上之劑量的模擬途徑之古典計算相反，甚至在上述度量未被限定之點上。

此說明書所揭示之例子僅作為本發明的一些實施例圖解用。它們並不以任何方式限制附錄的申請專利範圍所限定之該發明的範疇。

【符號說明】

110：模型校準 I

120：模型校準 II

130：佈局重定標（模擬+尺寸制定）

210：校準佈局

220：製程 I

230：製程 II

240：差分模型校準

250：度量結果 I

260：度量結果 II

270：校正

310：佈局 I
320：佈局 II
330：度量結果 I
340：度量結果 II
350：度量內插/外推
360：差分模型校準
370：校正
510：點
520：點
530：點
540：最適曲線
550：點
560：點
570：點
580：最適曲線
590：差分測量
810：臨界尺寸
820：臨界尺寸
830：臨界尺寸
840：部分
850：部分
860：部分
910a：總表面
910b：圖

910c：圖

911a：點

912a：直徑

913a：間隙表面

1010a：總表面

1011a：點

1012a：直徑

1013a：間隙表面

1110a：總表面

1111a：點

1112a：直徑

1113a：表面

公告本

發明摘要

※申請案號：104118073

※申請日：104 年 06 月 03 日

※IPC 分類：G03F 1/36 (2012.01)
G03F 7/20 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

由差分程序的決定積體電路製造製程的參數的方法

Method for determining the parameters of an IC manufacturing process
by a differential procedure

【中文】

本發明揭示從第一製程的參數容易地決定用於製造的第二製程之參數的方法。表示兩製程之間的差之度量係從參數的一些值來計算，其可針對校準佈局上的兩製程來測量，或者可藉由內插/外推程序從佈局之早已存在的值或兩製程的參考資料來決定。度量的數目被選擇，使得它們的組合提供精確的表示給設計的所有領域中之兩製程之間的差。有利地是，度量被計算作目標設計與核函數及變形函數的複合物之迴旋的乘積。

【 英文 】

The invention discloses a method to easily determine the parameters of a second process for manufacturing from the parameters of a first process. Metrics representative of the differences between the two processes are computed from a number of values of the parameters, which can be measured for the two processes on a calibration layout, or which can be determined from pre-existing values for layouts or reference data for the two processes by an interpolation/extrapolation procedure. The number of metrics is selected so that their combination gives a precise representation of the differences between the two processes in all areas of a design. Advantageously, the metrics are calculated as a product of convolution of the target design and a compound of a kernel function and a deformation function.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(2)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

210：校準佈局

220：製程 I

230：製程 II

240：差分模型校準

250：度量結果 I

260：度量結果 II

270：校正

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

為了此效果，本發明揭示由電腦決定輸出向量之方法，輸出向量包含至少一輸出變數，該輸出向量定義將應用到製造半導體積體電路之第二製程的至少一特徵之校正，該方法的特徵在於：在第一佈局之第一複數個點獲得用以製造相同半導體積體電路的第一製程之輸入向量的第一連串的值，該輸入向量包含至少一輸入變數；在第一佈局上的相同第一複數個點以及在第二佈局上之第二複數個點的其中之一獲得用於第二製程的輸入向量的至少一成分（或稱分量）之第二連串的值；決定包含至少一狀態變數之狀態向量的值，該狀態向量表示輸入向量之第一與第二連串的值之間的差之狀態；由直接計算獲得用於狀態向量之一連串的值之輸出向量。

有利地是，第一製程為虛擬製程，虛擬製程產生同於輸入佈局之輸出佈局。

有利地是，輸出向量包含邊緣位移、劑量調整、及其組合的至少其中之一作為輸出變數。

有利地是，輸入向量包含積體電路的輸入設計之 CD（臨界尺寸）及空間的至少其中之一作為輸入變數。

有利地是，第一佈局為校準佈局。

有利地是，第一製程為參考製程。

有利地是，使用輸入向量的第一連串及第二連串的值，在內插及外推程序的至少其中之一的輸出中計算狀態向量之一連串的值。

有利地是，第一狀態變數係依據第一及第二製程將使

用之值的域上之參數向量的至少一成分之辨識力來選擇。

有利地是，至少第二狀態變數係添加到第一狀態變數，以增加限定的計算負載預算內之組合的辨識力。

有利地是，狀態向量包含表示 CD、空間、及密度的至少其中之一的狀態變數。

有利地是，表示 CD 之狀態變數係計算如下：決定與設計的一部分之第一邊緣正切及向內的碟；決定包括在設計的部分之第一邊緣與設計的部分之第二邊緣之間的碟之一部分的表面；計算表示 CD 的狀態變數作為碟的部分之表面對碟的表面之比率。

有利地是，表示空間之狀態變數係計算如下：決定與面向設計的下一第二部分之設計的第一部分之邊緣正切及向外的碟；決定包括在設計的第一部分之邊緣與該設計的第二部分之邊緣之間的碟之一部分的表面；計算表示空間的狀態變數作為碟的部分之表面對碟的表面之比率。

有利地是，表示長範圍密度之狀態變數係計算如下：決定覆蓋設計的複數個部分之碟；決定包括在設計的部分中之碟的部分之表面；計算表示長範圍密度的狀態變數作為碟的部分之表面對碟的表面之比率。

有利地是，狀態向量包括表示外部密度及內部密度的至少其中之一的狀態變數。

有利地是，外部密度被計算作：目標設計之能見度域與集中在相關的至少一點上及依據能見度的半徑之核函數和依據能見度的角度及選定的移位角度之變形函數的複合

申請專利範圍

1.一種由電腦決定輸出向量之方法，該輸出向量包含至少一輸出變數，該輸出向量定義將應用到製造半導體積體電路之第二製程的至少一特徵之校正，該方法的特徵在於其包含：

在第一佈局之第一複數個點獲得（250，330）用以製造相同半導體積體電路的第一製程之輸入向量的第一連串的值，該輸入向量包含至少一輸入變數；

在該第一佈局上的該相同第一複數個點以及在第二佈局上之第二複數個點的其中之一獲得（260，340）用於該第二製程的該輸入向量的至少一分量之第二連串的值；

決定（240，350，360）包含至少一狀態變數之狀態向量的值，該狀態向量表示該輸入向量之該第一與該第二連串的值之間的差之狀態；

由直接計算獲得（270，370）用於該狀態向量之該連串的值之該輸出向量。

2.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一製程為虛擬製程，該虛擬製程產生同於輸入佈局之輸出佈局。

3.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該輸出向量包含邊緣位移、劑量調整、及其組合的至少其中之一作為輸出變數。

4.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該輸入向量包含該積體電路的輸入設計之 CD（臨界尺寸）及空間

的至少其中之一作為輸入變數。

5.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一佈局為校準佈局。

6.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中，該第一製程為參考製程。

7.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中，使用該輸入向量的該第一連串及該第二連串的值，在內插及外推程序的至少其中之一的該輸出計算該狀態向量之該連串的值。

8.根據申請專利範圍第 1 項之方法，其中，第一狀態變數係依據該第一及第二製程將使用之值的域上之該參數向量的該至少一分量之辨識力來選擇。

9.根據申請專利範圍第 8 項之方法，其中，至少第二狀態變數係添加到該第一狀態變數，以增加限定的計算負載預算內之該組合的辨識力。

10.根據申請專利範圍第 9 項之方法，其中，該等狀態向量包含表示 CD、空間、及密度的至少其中之一的狀態變數。

11.根據申請專利範圍第 10 項之方法，其中，表示 CD 之狀態變數係計算如下：決定與設計的一部分之第一邊緣正切及向內的碟；決定包括在該設計的該部分之該第一邊緣與該設計的該部分之第二邊緣之間的該碟之一部分的表面；計算表示 CD 的該狀態變數作為該碟的該部分之該表面對該碟的表面之比率。

12.根據申請專利範圍第 10 項之方法，其中，表示空間之狀態變數係計算如下：決定與面向設計的下一第二部分之設計的第一部分之邊緣正切及向外的碟；決定包括在該設計的該第一部分之該邊緣與該設計的該第二部分之該邊緣之間的該碟之一部分的表面；計算表示空間的該狀態變數作為該碟的該部分之該表面對該碟的表面之比率。

13.根據申請專利範圍第 10 項之方法，其中，表示密度之狀態變數係計算如下：決定覆蓋設計的複數個部分之碟；決定包括在該設計的部分中之該碟的部分之表面；計算表示密度的該狀態變數作為該碟的該等部分之該表面對該碟的表面之比率。

14.根據申請專利範圍第 9 項之方法，其中，該狀態向量包括表示外部密度及內部密度的至少其中之一的狀態變數。

15.根據申請專利範圍第 14 項之方法，其中，該外部密度被計算作：目標設計之能見度域與集中在相關的至少一點上及依據能見度的半徑之核函數和依據能見度的角度及選定的移位角度之變形函數的複合物之迴旋的乘積，其中，該移位角度被選擇，使得該核（Kernel）函數正看著該目標設計外部。

16.根據申請專利範圍第 14 項之方法，其中，該內部密度被計算作：目標設計之能見度域與集中在相關的至少一點上及依據能見度的半徑之核函數和依據能見度的角度及選定的移位角度之變形函數的複合物之迴旋的乘積，其

中，該移位角度被選擇，使得該核函數正看著該目標設計內部。

17.根據申請專利範圍第 3 至 16 項中任一項之方法，其中，該至少一輸出變數為邊緣位移，該邊緣位移係使用轉換函數轉換成劑量調整。

18.根據申請專利範圍第 17 項之方法，其中，該轉換函數為帽函數、矩形函數、三角函數、及 Gaussian（高斯）函數的其中之一。

19.根據申請專利範圍第 18 項之方法，其中，該轉換函數為由參數 W_h 所定義之帽函數。

20.根據申請專利範圍第 19 項之方法，其中，該參數 W_h 被決定，以滿足 $W_h \geq \text{Max}(\text{abs}(\Delta\text{Edge}))$ 及 $W_h \leq \text{minShapeDistance}$ ，其中， ΔEdge 被計算作從該第一連串及第二連串的值所獲得之 Edge （邊緣）值的差，及 ShapeDistance 為該目標設計的測量。

21.根據申請專利範圍第 20 項之方法，其中，光阻臨界的百分比之值 Th 係使用公式 $Th = 0.5 - \Delta\text{Edge}/W_h$ 來計算。

22.一種電腦程式，係用於決定一連串校正，該校正將應用到製造半導體積體電路之第二製程的至少第二參數，該電腦程式的特徵在於其包含電腦碼指令，該電腦碼指令被結構用於：

在第一佈局之第一複數個點獲得用以製造相同半導體積體電路的第一製程之輸入向量的第一連串的值，該輸入

向量包含至少一輸入變數；

在該第一佈局上的該相同第一複數個點以及在第二佈局上之第二複數個點的其中之一獲得用於該第二製程的該輸入向量的至少一分量之第二連串的值；

決定至少包含一狀態變數之狀態向量的值，該狀態向量表示該輸入向量之該第一與該第二連串的值之間的差之狀態；

由直接計算獲得用於該狀態向量之該連串的值之該輸出向量，

其中，該第一製程為虛擬製程，該虛擬製程產生同於輸入佈局之輸出佈局。

23.一種半導體製造設備，係組構成使用根據申請專利範圍第 22 項之電腦程式的至少一輸出，該半導體製造設備係組構用於：半導體晶圓上直接寫入、光罩板上寫入、蝕刻、化學或機械平面化、或烘烤、退火半導體晶圓、及檢查光罩或半導體表面的其中之一。