



(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 I588666 B

(45) 公告日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 21 日

- (21) 申請案號：104116659 (22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 05 月 25 日
- (51) Int. Cl. : **G06F17/10 (2006.01)** **G06F17/50 (2006.01)**  
**G03F7/20 (2006.01)** **H01L21/30 (2006.01)**
- (30) 優先權：2014/06/03 歐洲專利局 14305834.5
- (71) 申請人：原子能與替代能源委員會 (法國) COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (FR)  
 法國  
 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)；菲 奧瑞蓮 FAY, AURELIEN (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 | 200404150A    | TW | 200834251A    |
| US | 7234129B2     | US | 20060075378A1 |
| US | 20120221982A1 |    |               |
- 審查人員：吳家豪
- 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：5 共 30 頁

## (54) 名稱

積體電路製程之度量計算方法

METHOD FOR CALCULATING THE METRICS OF AN IC MANUFACTURING PROCESS

## (57) 摘要

本發明揭示積體電路製程之光阻模型參數的計算方法。根據本發明之該方法的實施例，代表該目標設計的函數使用與具有移位角之形變函數複合的核心函數在該整體目標設計各處卷積。該形變函數有利地由其傅立葉級數展開所取代，其級數選擇成使得卷積的乘積在待應用於該目標設計之校正的容差內的旋轉不變。或者，該卷積的乘積可分解為因所決定的角度而不同選擇的基本核心函數，使得針對該移位角之值的形變函數能投影至一對基本核心函數，該對基本核心函數的角度近似於該移位角。

The invention discloses a method for calculating the parameters of a resist model of an IC manufacturing process. According to an embodiment of the method of the invention, a function representative of the target design convoluted throughout the whole target design with a kernel function compounded with a deformation function with a shift angle. Advantageously, the deformation function is replaced by its Fourier series development, the order of which is selected so that the product of convolution is invariant through rotations within a tolerance of the corrections to be applied to the target design. Alternatively, the product of convolution may be decomposed into basic kernel functions selected varying by angles determined so that

a deformation function for a value of the shift angle can be projected onto a couple of basic kernel functions the angles of which are proximate to the shift angle.

指定代表圖：

符號簡單說明：

320b . . . 關注點

330b . . . 交集

340b . . . 目標圖案

R . . . 半徑

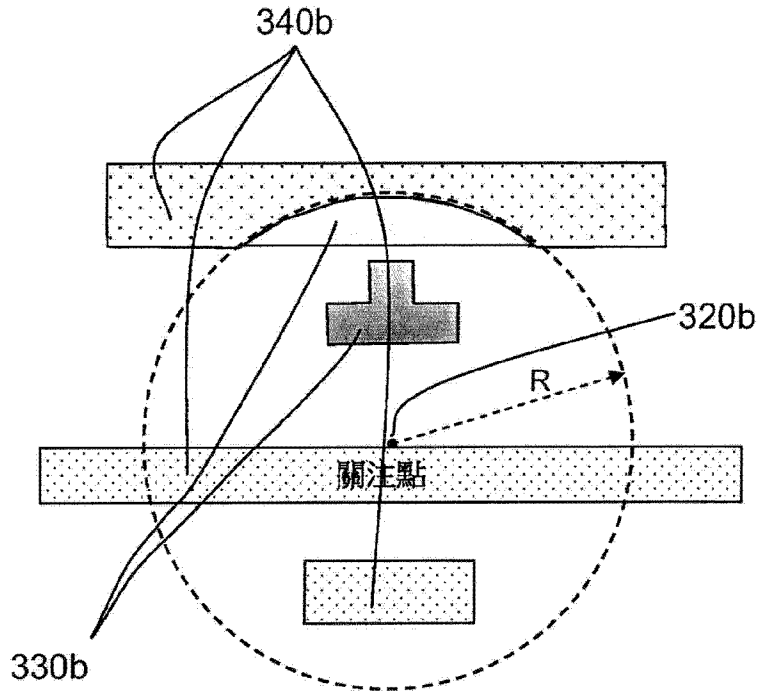


圖 3b

## 發明摘要

公告本

※申請案號：104116659

※申請日：104年05月25日

※IPC分類：

G06F 17/10 (2006.01)

G06F 17/50 (2006.01)

G03F 17/20 (2006.01)

H01L 21/30 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

積體電路製程之度量計算方法

Method for calculating the metrics of an IC manufacturing process

【中文】

本發明揭示積體電路製程之光阻模型參數的計算方法。根據本發明之該方法的實施例，代表該目標設計的函數使用與具有移位角之形變函數複合的核心函數在該整體目標設計各處卷積。該形變函數有利地由其傅立葉級數展開所取代，其級數選擇成使得卷積的乘積在待應用於該目標設計之校正的容差內的旋轉不變。或者，該卷積的乘積可分解為因所決定的角度而不同選擇的基本核心函數，使得針對該移位角之值的形變函數能投影至一對基本核心函數，該對基本核心函數的角度近似於該移位角。

## 【 英文 】

The invention discloses a method for calculating the parameters of a resist model of an IC manufacturing process. According to an embodiment of the method of the invention, a function representative of the target design convoluted throughout the whole target design with a kernel function compounded with a deformation function with a shift angle. Advantageously, the deformation function is replaced by its Fourier series development, the order of which is selected so that the product of convolution is invariant through rotations within a tolerance of the corrections to be applied to the target design. Alternatively, the product of convolution may be decomposed into basic kernel functions selected varying by angles determined so that a deformation function for a value of the shift angle can be projected onto a couple of basic kernel functions the angles of which are proximate to the shift angle.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(3b)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

320b：關注點

330b：交集

340b：目標圖案

R：半徑

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

# 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)

積體電路製程之度量計算方法

Method for calculating the metrics of an IC manufacturing process

## 【技術領域】

● [0001] 本發明特別地應用至電子或光學微影領域。本發明應用至其他處理中的遮罩寫入及直接寫入。本發明也能應用於半導體製程的其他步驟，諸如，奈米壓模、DSA（定向自組裝）、蝕刻、CMP（化學機械研磨/平坦化）、退火、烘烤、計量等。

## 【先前技術】

● [0002] 在遮罩寫入或直接寫入的處理期間，數個因子促成誤差的誘發並防止預期圖案保真度的實現。部分此等因子係電子散射（順向及逆向）、光阻擴散、光阻厚度、蝕刻、閃爍、霧化、計量等。為改善解析度並減少此等現象的影響，有鄰近效應校正（PEC）、霧化效應校正（FEC）、蝕刻補償等的數種策略。此等策略基於此等現象之藉由劑量及/或幾何補償的各校正效應之影響的預測。因此，校正的品質取決於用於預測該等現象之模型的品質，該等模型隨製程而不同。模型及校正的高準確度確定能得到，但係以高計算成本得到。

[0003] 使用常稱為殘餘模型或光阻模型之該模型至二模型的分解已變成常識，第一模型計算電子鄰近效應的校正，且第二模型計算所有其他校正。殘餘模型的參數必需從目標設計的特徵計算，使得模型精確地表示設計中的各種圖案組態之間的差異。間距、CD、及密度通常提供此等差異的良好表示，但有時會用到其他參數，諸如由 Granik (Y. Granik、N. Cobb，「用於次 90nm 節點的 OPC 的新處理模型」，Optical Microlithography XVI，proc. SPIE vol 5040，2010) 揭示的探索變數。

[0004] 能用於計算殘餘模型中之代表性變數的工具係能見度核心，諸如由 Sato (S. Sato、K. Ozawa、及 F. Uesawa，「用於 65-nm 節點後之模型為基之 OPC 的乾蝕刻鄰近函數」，proc. SPIE vol 6155，2006)，或由 Park (J.-G. Park、S.-W. Kim、S.-B. Shim、S.-S. Suh、及 H.-K. Oh，「用於在 20nm 節點的 DRAM 閘極中改善晶片 CD 變異的有效蝕刻處理鄰近校正方法」，Design for Manufacturability though Design-Process Integration V，proc. SPIE vol 7974，2011) 所揭示的該等工具。在案號第 US2010/269084 號及第 US2011/138343 號中公開的美國專利申請案也揭示能見度核心以掃描半導體設計。

[0005] 實作此等方法的方法需要在能見度下在隨設計之各部分變化的限制內計算面積分。並且，因為 CD 及間距、及密度各者顯然需要在所有關注點的完整面積分計算，因此計算的數目也乘以變數的數目。

[0006] 因此需要將計算負載大幅減輕之核心模型的改善，同時提供變數的精準表示。

### 【發明內容】

[0007] 本發明藉由目標設計之卷積及新型方法之間的乘積計算模型的度量而解決此問題並減輕計算工作量，其中核心函數係藉由使用移位角的形變函數定向，且待製造之積體電路的設計特徵係使用遍及全體設計的卷積計算。

[0008] 為實現此效果，本發明揭示一種藉由電腦決定代表藉由目標設計界定之半導體積體電路的製程之度量的向量之至少一分量的方法，該方法的特徵係其包含：選擇該目標設計的至少一點為關注點  $(x, y)$ ；選擇中心在該至少一關注點上的核心函數  $K(r)$ ，該核心函數取決於半徑；在該目標設計上計算該目標設計的至少一卷積函數以及該核心函數  $K(r)$  及形變函數  $f_{x,y}(\theta, \varphi_{x,y})$  的複合函數，該形變函數取決於關注角度及所選擇的移位角  $\varphi_{x,y}$ ；從該卷積函數在該至少一關注點  $(x, y)$  的值決定該至少一分量  $V(x, y)$  的值。

[0009] 該至少一分量有利地係該目標設計在該關注點的外部密度，其從選擇該移位角  $\varphi_{x,y}$  以從該關注點掃描該設計的外側部分的卷積函數決定。

[0010] 該至少一分量有利地係該目標設計在該關注點的內部密度，其從選擇該移位角  $\varphi_{x,y}$  以從該關注點掃描

該設計的內側部分的卷積函數決定。

[0011] 該移位角  $\varphi_{x,y}$  有利地等於  $\varphi_{x,y} + \pi$ 。

[0012] 該核心函數有利地係各向同性函數。

[0013] 該核心函數有利地係高斯函數。

[0014] 該形變函數有利地係選擇成對高於  $\pi$  之關注角度的值為零之三角函數的複合函數。

[0015] 該形變函數有利地係選擇成對高於  $\pi$  之關注角度的值為零之三角函數的平方及立方乘冪之一者的複合函數。

[0016] 該形變函數有利地由傅立葉級數展開取代。

[0017] 該傅立葉級數展開有利地在第  $n$  級展開，將  $n$  選擇成使得在第  $n$  級展開之卷積的乘積對在待應用於該目標設計之校正的容差內之遍及圍繞該關注點的旋轉係不變的。

[0018] 該形變函數有利地由一對基本核心函數的投影所取代，該等基本核心函數具有選擇成掃描遍及該目標設計之該移位角  $\varphi_{x,y}$  之變化域的角變化。

[0019] 該對基本核心函數被有利地選擇成使得該二個被選擇的基本核心函數具有在移位角  $\varphi_{x,y}$  之上及之下的角變化。

[0020] 本發明也揭示一種用於決定代表藉由目標設計界定之半導體積體電路的製程之度量的向量之至少一分量的電腦程式，該電腦程式的特徵係其包含：用於選擇該目標設計的至少一點為關注點的電腦碼；用於選擇中心在

該至少一關注點上的核心函數的電腦碼，該核心函數取決於半徑；用於在該目標設計上計算該目標設計之至少一卷積函數及該核心函數以及形變函數之複合函數的電腦碼，該形變函數取決於可視角及所選擇的移位角；用於從該卷積函數在該至少一關注點的值決定該至少一分量  $V$  之值的電腦碼。

[0021] 本發明也揭示一種半導體製造設備，被組態成使用根據本發明之電腦程式的至少一輸出，該半導體製造設備針對半導體晶圓上的直接寫入、遮罩板上的寫入、蝕刻、化學或機器平坦化、或烘烤、退火半導體晶圓、及檢驗遮罩或半導體表面的一者組態。

[0022] 本發明的另一優點係卷積之乘積的計算仍能藉由使用其以適當級數在傅立葉級數上的展開取代形變函數而加速。或者，使用角基底上之投影的卷積之乘積的分解也能改善計算速度。且在所有情形中，卷積之乘積的使用允許再度減輕計算工作量之非常有效的分解。移位角的使用在自由形狀設計的情形中也係特別有利的，對於自由形狀設計而言，使用面積分似乎是不可能的。在此情形中，當沿著設計至模型的輪廓前進時，能使用簡單規則以適應最佳移位角。

### 【圖式簡單說明】

[0023] 將從各種實施例及以下隨附圖式的描述更佳地理解本發明且其之各種特性及優點將變得明顯：

-圖 1a、1b、及 1c 代表先前技術之方法中的各向同性核心函數，及其界定外部可視表面及內部可視表面的實作；

-圖 2a、2b、及 2c 表代先前技術之另一方法中的各向異性核心函數，及其界定外部可視表面及內部可視表面的實作；

-圖 3a、3b、3c、3d、3e、及 3f 分別代表藉由卷積計算之沒有移位角的定向核心、外部密度函數、內部密度函數、及三個不同移位角的定向核心；

-圖 4a、4b、4c、及 4d 分別代表本發明之許多實施例中的形變函數、其之 4 級傅立葉級數展開、其之 2 級傅立葉級數展開、及藉由特定角移位的形變函數；

-圖 5 描繪在本發明的許多實施例中用於投影定向核心及圖案設計之卷積的乘積之 9 個核心函數的基底。

### 【實施方式】

[0024] 圖 1a、1b、及 1c 代表先前技術之方法中的各向同性核心函數，及其界定外部可視表面及內部可視表面的實作。

[0025] 圖 1a 描繪具有半徑  $R$  的各向同性關注區域 110a。

[0026] 圖 1b 描繪來自關注點 120b 之能視區域 110a 與一組目標圖案 140b 的交集 130b。此交集在該組目標圖案外部，且如下文解釋的，能用於將間距變數界定為交集

130b 之表面對能視區域 110a 之表面的比率。

[0027] 圖 1c 描繪來自關注點 120b 之能視區域 110a 與一組目標圖案 140b 的交集 130c。此交集在該組目標圖案內部，且如下文解釋的，能用於將 CD 變數界定為交集 130c 之表面對能視區域 110a 之表面的比率。

[0028] 表面 130b、130c 係使用在目標設計之卷積的能視區域 110a 內的二重積分計算，藉由半徑及角之函數  $T(r, \theta)$  與高斯核心函數  $K(r)$  表示：

$$S = \iint K(r) \cdot T(r, \theta) \cdot dr d\theta$$

[0029] 須注意  $\iint$  係受關注點所見之可視範圍限制的二重積分。如圖 1b、1c 所示，當關注點移動時，即使移動數奈米，積分邊界徹底地改變。因此，分解係不可能的，且表面的計算不能針對密集計算最佳化。

[0030] 在間距計算（能視核心）的情形中， $T(r, \theta)$  在佈置之平坦部分的內側為零，且在其他部分為非零。

[0031] 在 CD 計算（阻隔核心）的情形中， $T(r, \theta)$  在佈置之平坦部分的外側為零，且在其他部分為非零。

[0032] 積分域係可從關注點看見的表面。因此須注意積分域的限制隨佈置的各片段（亦即，隨各關注點）變化，且該程序必需對所有關注點重複（在複雜佈置的情形中，可多達數十億）。

[0033] 圖 2a、2b、及 2c 表代先前技術之另一方法中

的各向異性核心函數，及其界定外部可視表面及內部可視表面的實作。

[0034] 此等圖式代表先前技術實施例的變化，其中導入藉由角  $\theta$  界定的形變函數。

[0035] 圖 2a 描繪具有半徑  $R$  及形變角  $\theta$  的各向異性模擬區域 210a。

[0036] 圖 2b 描繪來自關注點 220b 之關注區域 210a 與一組目標圖案 240b 的交集 230b。此交集在該組目標圖案外部，且如下文解釋的，能用於將間距變數界定為交集 230b 之表面對關注區域 210a 之表面的比率。

[0037] 圖 2c 描繪來自關注點 220b 之關注區域 210a 與一組目標圖案 240b 的交集 230c。此交集在該組目標圖案內部，且如下文解釋的，能用於將  $CD$  變數界定為交集 230c 之表面對關注區域 210a 之表面的比率。

[0038] 表面 230b、230c 係使用在目標設計的卷積之關注區域 210a 的子集內的二重積分計算，藉由半徑及角之函數  $T(r, \theta)$  與高斯核心函數  $K(r)$  及形變函數  $A(\theta)$  表示：

$$S = \iint K(r) \cdot A(\theta) \cdot T(r, \theta) \cdot dr d\theta$$

[0039] 雖然經修改核心改善度量的靈敏度，其仍不能使用在密集計算中，因為積分計算  $\iint$  不能分解。此限制仍係在用於二個連續圖案設計各者的後續積分之邊界上的徹底改變的結果。

[0040] 在先前情形中，針對間距（可見核心）計

算， $T(r, \theta)$  在佈置的平坦部分內側係零，且在其他部分為非零。

[0041] 針對 CD (阻隔核心) 計算， $T(r, \theta)$  在佈置之平坦部分的外側係零，且在其他部分為非零。

[0042] 積分域係可從關注點看見的表面。由於形變函數  $A(\theta)$ ，此方法具有增加目標設計之表示的準確性之超過圖 1a、1b、及 1c 之方法的優點。此係因為其更佳地將各向異性列入考量，其將多數 IC 製程 (其不僅係形狀相依的，也係方向相依的) 特徵化。但其也苦於相同缺點：積分域的限制隨佈置的各片段 (亦即，隨各關注點) 改變，且程序必需對所有關注點重複，在複雜佈置的情形中，其可意謂著數十億次。

[0043] 本發明糾正先前技術之此等方法的缺點。

[0044] 圖 3a、3b、及 3c 代表本發明之許多實施例中的定向核心、外部密度函數、及內部密度函數。

[0045] 圖 3a 描繪具有半徑  $R$  及形變角  $\theta$  的各向異性關注區域 310a。

[0046] 圖 3b 描繪來自關注點 320b 之受計算區域 310a 與一組目標圖案 340b 的交集 330b。在此情形中，根據本發明，計算延伸遍及全部受計算區域，即使部分區域不可為關注點所見。如下文解釋的，使用計算結果界定外部密度。

[0047] 圖 3c 描繪來自關注點 320b 之旋轉角  $\varphi=\pi$  的受計算區域 310a 與一組目標圖案 340b 的交集 330c。在此

情形中，根據本發明，計算延伸遍及全部受計算區域，即使部分區域不可為關注點所見。如下文解釋的，使用計算結果界定內部密度。

[0048] 與先前技術相反，外部密度及內部密度係被計算為遍及全部目標設計之由 \* 標記的卷積。對每個關注點  $(x, y)$ ，將藉由函數  $L(x, y)$  與定向核心  $N(x, y)$  表示的目標設計之卷積  $V(x, y)$  的乘積計算為：

$$V(x, y) = L(x, y) * N(x, y)$$

卷積乘積計算給定如下：

$$V(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} L(u, v) \cdot N(x - u, y - v) \cdot du \cdot dv$$

[方程式 1]

其中定向核心  $N(u, v)$  能分裂為二個組成：

$$N(u, v) = K(\sqrt{u^2 + v^2}) \cdot f(a \tan(v/u) + \varphi)$$

其中

$K(\sqrt{u^2 + v^2})$  係高斯核心函數，且  $f(a \tan(v/u) + \varphi)$  係形變函數。

$\varphi$  角係根據設計上的位置  $(x, y)$  變化之形變函數的移位角。

[0049]  $\varphi$  角具有基底形變函數到達其最大值的軸作為基準。藉由範例，在圖 3d、3e、及 3f 中描繪從基準核心移位的三個定向核心組態（圖 3a）。該移位角可在範圍  $[0, 2\pi]$  中變化。須注意  $\varphi$  角對  $(x, y)$  位置僅具有一個可能值。因此，能將其視為係每個  $V(x, y)$  計算的常數參數。

[0050] 為了便利，在描述的以下部分中， $N(u, v)$  函數將以極座標撰寫為：

$$N(r, \theta) = K(r) \cdot f(\theta + \varphi)$$

其中半徑  $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ ，且  $\theta = \arctan(v/u)$ 。

[0051] 在計算外部密度的情形中， $f(\theta + \varphi)$  組態成使得核心朝向圖案外側定向。事實上若  $\varphi$  為  $\varphi + \pi$  所取代，內部密度能與外部密度平行地計算而沒有更多計算成本。

[0052] 相似地，在計算內部密度的情形中， $f(\theta + \varphi)$  組態成使得核心朝向圖案內側定向。事實上若  $\varphi$  為  $\varphi + \pi$  所取代，外部密度能與內部密度平行地計算而沒有更多計算成本。

[0053] 移位角  $\varphi$  選擇成將卷積之乘積的靈敏度最大化為估計度量（間距或 CD）之從關注點至設計上的垂直軸的視角。在曼哈頓圖形設計（亦即，使用垂直線）的情形中，當關注點在垂直線的右（左）邊緣上且分別對設計的外側或內側觀察時，適當移位角將係  $\pi/2$ （ $3\pi/2$ ）或  $3\pi/2$ （ $\pi/2$ ）。當關注點在曼哈頓圖案設計之水平線的底（頂）邊緣上時，當分別對設計的外側或內側觀察時，適當移位角將係  $\pi$ （零）或零（ $\pi$ ）。

[0054] 更常見的，較佳規則係將形變函數的移位角  $\varphi$  選擇為對圖案設計的區域（例如，曼哈頓或自由形狀）為最佳。當沿著圖案設計的邊緣移動關注點時，在能對該邊緣界定法線（亦即，該邊緣的切線係連續的）的區域中，將  $\varphi$  界定為該邊緣之法線對基準方向的角度。

[0055] 在較佳實施例中，在不連續點能將移位角界定為不連續點之二線段的外部角之等分線與基準方向之間的角度。

[0056] 因此，根據本發明，沒有如先前技術之方法的情形中針對全部設計在設計的所有部分上實施的面積分程序。僅有單一卷積函數遍及全部設計計算。該計算因此非常有效率。又，外部密度及內部密度計算能同時在電腦的記憶體中實施。

[0057] 圖 4a、4b、4c、及 4d 分別代表本發明之許多實施例中的形變函數、其之 4 級傅立葉級數展開、其之 2 級傅立葉級數展開、及藉由特定角移位的形變函數。

[0058] 圖 4a 描繪具有等於零之移位角  $\varphi$  的形變函數  $f(\theta + \varphi)$ 。例如，該形變函數能僅係描繪在該圖式中的種類，其中函數  $f(\theta + \varphi)$  對  $[\pi, 2\pi]$  中的所有  $\theta$  值均為零，且在  $[0, \pi]$  中係正值，對  $\theta = \pi/2$  具有最大值。在此情形中， $f(\theta + \varphi)$  能有利地係基本截斷三角函數的組合。但可將對不同區間具有不同值或不同乘冪的其他函數選擇為待模型化之目標設計及特定處理的函數。例如，若需要比藉由簡單三角函數所允許的指向性更多的指向性，能有利地使用平方或立方正弦或餘弦函數。

[0059] 形變函數  $f(\theta + \varphi)$  能有利地由其之  $n$  級傅立葉級數展開取代，其藉由以下運算式表示：

$$f(\theta + \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} (a_n \cdot \cos(n\theta + n\varphi) + b_n \cdot \sin(n\theta + n\varphi))$$

[方程式 2]

其中傅立葉係數  $a_n$  及  $b_n$  係藉由下列公式給定：

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\theta + \varphi) \cdot \cos(n\theta + n\varphi) d\theta \quad [\text{方程式 3}]$$

以及

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\theta + \varphi) \cdot \sin(n\theta + n\varphi) d\theta \quad [\text{方程式 4}]$$

[0060] 圖 4b 展示藉由 4 級傅立葉級數展開非常良好地近似圖 4a 之具有  $\varphi=0$  的形變函數  $f(\theta+\varphi)$ 。但可將其他級數選擇為待模型化之特定目標設計及特定處理的函數。

[0061] 圖 4c 呈現藉由 2 級傅立葉級數展開該相同形變函數的近似。該圖式展示在此範例的情形中 2 級展開能相當精確。將展開的級數有利地選擇成使得在許多代表性的圖案設計上近似藉由在待模型化之校正的容差內的旋轉保持不變。且當然，展開的級數越低，計算的效率將越高。

[0062] 圖 4d 描繪移位角  $\varphi$  與零不同之本發明的實施例。

[0063] 在此實施例中，定向度量  $V(x, y)$  使用與上文所界定之符號相同的符號藉由方程式 1 界定。

[0064] 使用上述傅立葉級數展開方程式 2 及 3 展開  $V(x, y)$  的運算式，提供下列運算式：

$$V(x, y) = \sum_{n=0}^m ((a_n \cdot \cos(n\varphi) + b_n \cdot \sin(n\varphi)) \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K(\sqrt{(x-u)^2 + (y-v)^2}) \cdot \cos(n \cdot a \tan((y-v)/(x-u))) \cdot L(u, v) \cdot du \cdot dv) \\ + (-a_n \cdot \sin(n\varphi) + b_n \cdot \cos(n\varphi)) \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K(\sqrt{(x-u)^2 + (y-v)^2}) \cdot \sin(n \cdot a \tan((y-v)/(x-u))) \cdot L(u, v) \cdot du \cdot dv)$$

[方程式 5]

[0065] 上述運算式中的積分不相依於角  $\varphi$ 。因此，方程式 5 的積分可預計算、儲存在表中、然後使用在具有傅立葉級數展開的係數  $a_n$  及  $b_n$  及  $\varphi$  之三角函數的  $V(x, y)$  的計算中。

[0066] 圖 5 描繪在本發明的許多實施例中用於投影定向核心及圖案設計之卷積的乘積之 9 個核心函數的基底。

[0067] 卷積  $V(x, y)$  的乘積之分解的另一基底作為上文說明之傅立葉級數展開的替代。在此範例實施例中，將卷積的乘積分解為九個基本核心函數，其能係正弦或餘弦函數，或在其之其他平方或立方函數中，彼等全部藉由不同角度界定。當針對確定的移位角計算卷積的乘積時，藉由在圖案設計之基準方向上的投影將在移位角各側上具有角度的二個基本核心用於計算卷積的乘積。

[0068] 該圖式僅說明複數個實施例中的一實施例；例如，核心數可選擇成低至 3 或高至數十，取決於應用所需的準確性。

[0069] 本發明的方法可使用在半導體 IC 製程中的許多使用情形中。更具體地說，其良好地適用於特定種類的電子束微影處理，以取代鄰近效應校正係經由分解為點展

開函數（PSF）及設計之間的卷積之第一步驟及將光阻臨界列入考慮的第二步驟之模擬而計算的方法。能調整為任何種類的處理特徵之更準確的光阻模型係非常有效率的。此對蝕刻後及/或當使用極紫外光（EUV）遮罩時模型化電子束微影處理的情形係特別有效的。此係因為極紫外光為產生明顯背散射效應的重金屬層（鈹或氮化鈹）所遮蔽。

● [0070] 如藉由與讓售給申請人之一者的同一天申請之發明名稱為「藉由差動程序決定 IC 製程之參數的方法」的歐洲專利申請案所揭示的，本發明的度量也能用於校正差動模型。

[0071] 當需要更準確的微影步驟模型時，或針對直接寫入應用，此仍係有效的。

[0072] 此說明書中揭示的範例僅說明本發明的部分實施例。彼等不以任何方式限制由隨附之申請專利範圍界定的本發明的範圍。

### 【符號說明】

[0073]

110a：各向同性關注區域

120b、220b、320b：關注點

130b、130c、230b、230c、330b、330c：交集

140b、240b、340b：目標圖案

210a：各向異性模擬區域

310a：各向異性關注區域

R：半徑

$\varphi$ ：形變角

## 申請專利範圍

1. 一種藉由電腦決定代表藉由目標設計 (340b) 界定之半導體積體電路的製程之度量的向量之至少一分量的方法，該方法的特徵係其包含：

選擇該目標設計的至少一點為關注點 (point of interest)  $(x, y)$ ，(320b)；

選擇中心在該至少一關注點上的核心函數  $K(r)$ ，該核心函數取決於半徑；

計算在整個該目標設計 (340b) 上，該目標設計與該核心函數  $K(r)$  及形變函數  $f_{x,y}(\theta, \varphi_{x,y})$  的複合函數的至少一卷積，該形變函數取決於關注角度及所選擇的移位角  $\varphi_{x,y}$ ；

從卷積函數在該至少一關注點  $(x, y)$  (320b) 的值決定該至少一分量  $V(x, y)$  的值。

2. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該至少一分量係該目標設計在該關注點的外部密度，其從選擇該移位角  $\varphi_{x,y}$  以從該關注點掃描該設計的外側部分的卷積函數決定。

3. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該至少一分量係該目標設計在該關注點的內部密度，其從選擇該移位角  $\varphi_{x,y}$  以從該關注點掃描該設計的內側部分的卷積函數決定。

4. 如申請專利範圍第 2 或 3 項的方法，其中該移位角  $\varphi_{x,y}'$  等於  $\varphi_{x,y} + \pi$ 。

5. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該核心函數係各向同性函數。

6. 如申請專利範圍第 5 項的方法，其中該核心函數係高斯函數。

7. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該形變函數係選擇成對高於  $\pi$  之關注角度的值為零 (null) 之三角函數的複合函數。

8. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該形變函數係選擇成對高於  $\pi$  之關注角度的值為零之三角函數的平方及立方乘冪之一者的複合函數。

9. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該形變函數由傅立葉級數展開取代。

10. 如申請專利範圍第 9 項的方法，其中該傅立葉級數展開在第  $n$  級展開，將  $n$  選擇成使得在第  $n$  級展開之卷積函數的乘積對在待應用於該目標設計之校正的容差內之遍及圍繞該關注點的旋轉係不變的。

11. 如申請專利範圍第 1 項的方法，其中該形變函數由一對基本核心函數的投影所取代，該等基本核心函數具有選擇成掃描遍及該目標設計之該移位角  $\phi_{x,y}$  之變化域的角變化。

12. 如申請專利範圍第 11 項的方法，其中該對基本核心函數被選擇成使得該二個被選擇的基本核心函數具有在移位角  $\phi_{x,y}$  之上及之下的角變化。

13. 一種用於決定代表藉由目標設計界定之半導體積

體電路的製程之度量的向量之至少一分量的電腦程式，該電腦程式的特徵係其包含：

用於選擇該目標設計的至少一點為關注點的電腦碼；

用於選擇中心在該至少一關注點上的核心函數的電腦碼，該核心函數取決於半徑；

用於計算在整個該目標設計上，該目標設計與該核心函數及形變函數之複合函數的至少一卷積的電腦碼，該形變函數取決於可視角及所選擇的移位角；

用於從卷積函數在該至少一關注點的值決定該至少一分量之值的電腦碼。

14. 一種半導體製造設備，被組態成使用如申請專利範圍第 13 項的電腦程式之至少一輸出，該半導體製造設備針對半導體晶圓上的直接寫入、遮罩板上的寫入、蝕刻、化學或機器平坦化、或烘烤、退火半導體晶圓、及檢驗遮罩或半導體表面的一者組態。

圖式

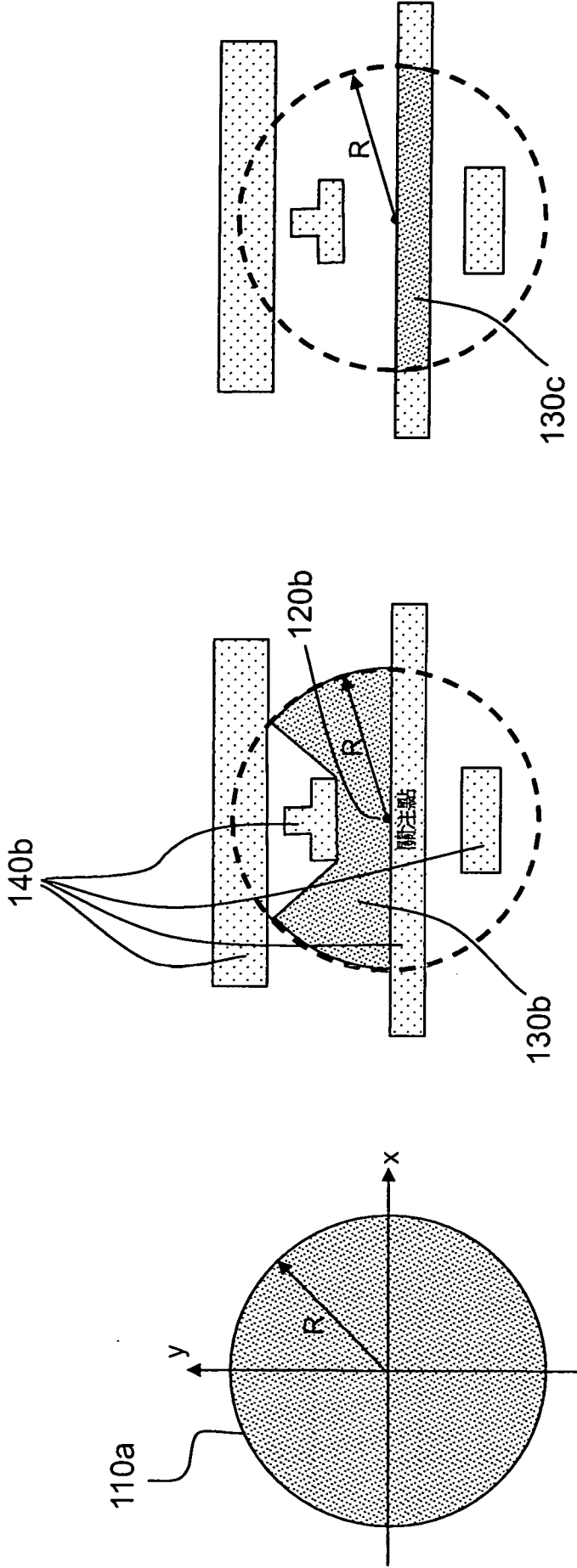


圖 1c

圖 1b

圖 1a

先前技術

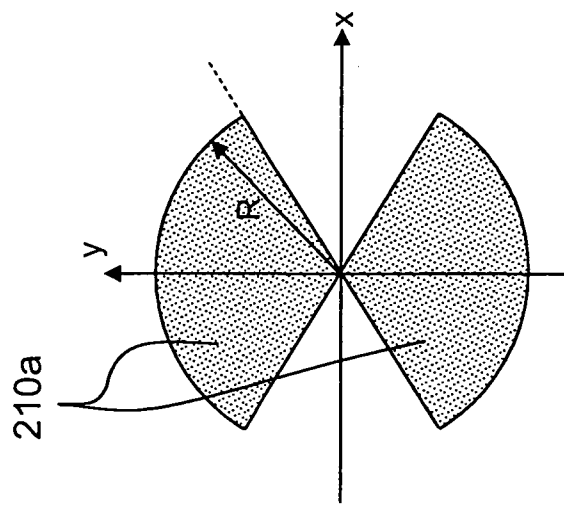


圖 2a

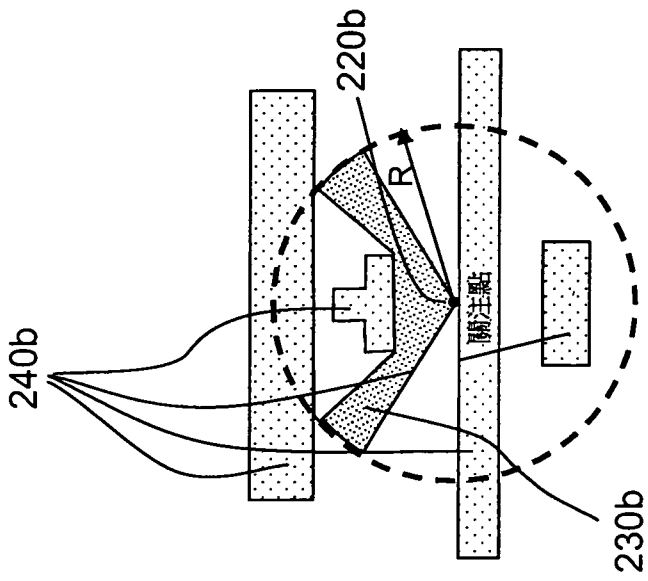


圖 2b

先前技術

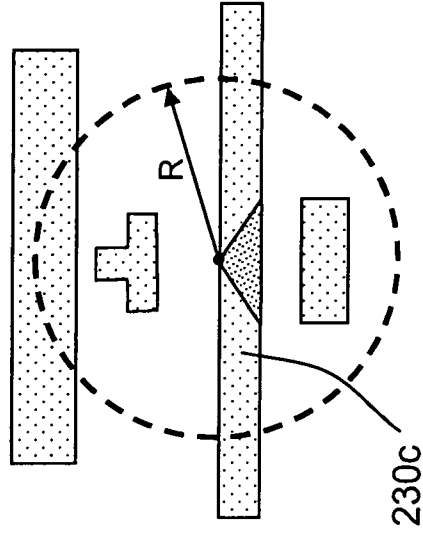


圖 2c

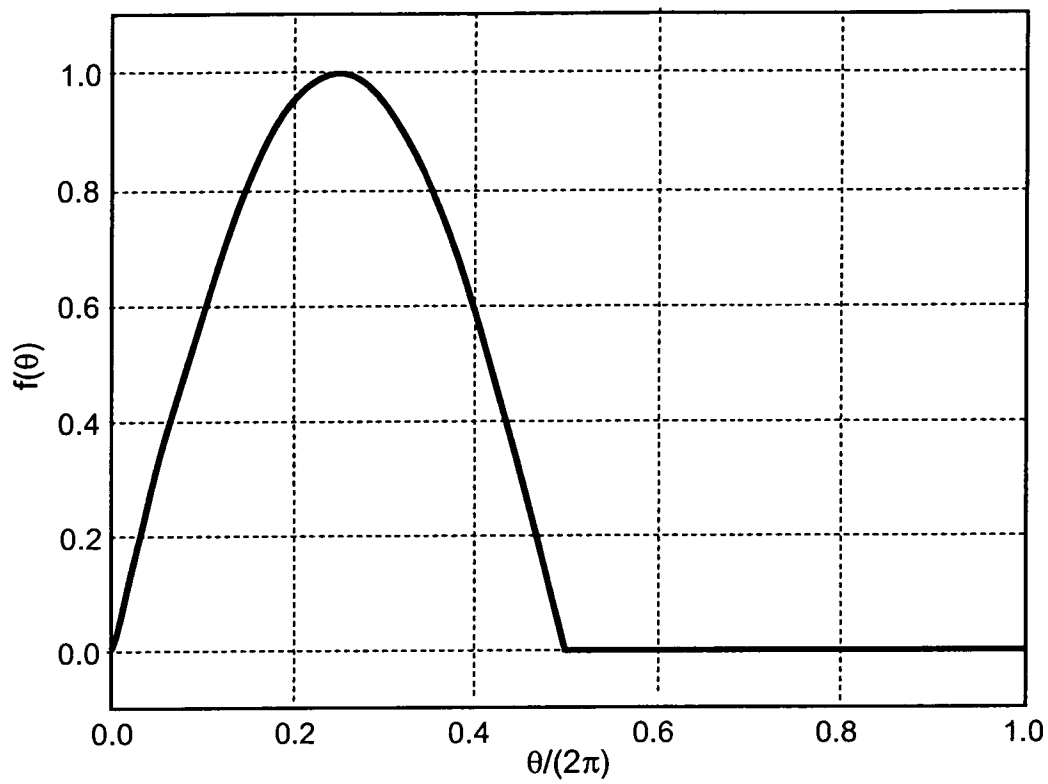


圖 4a

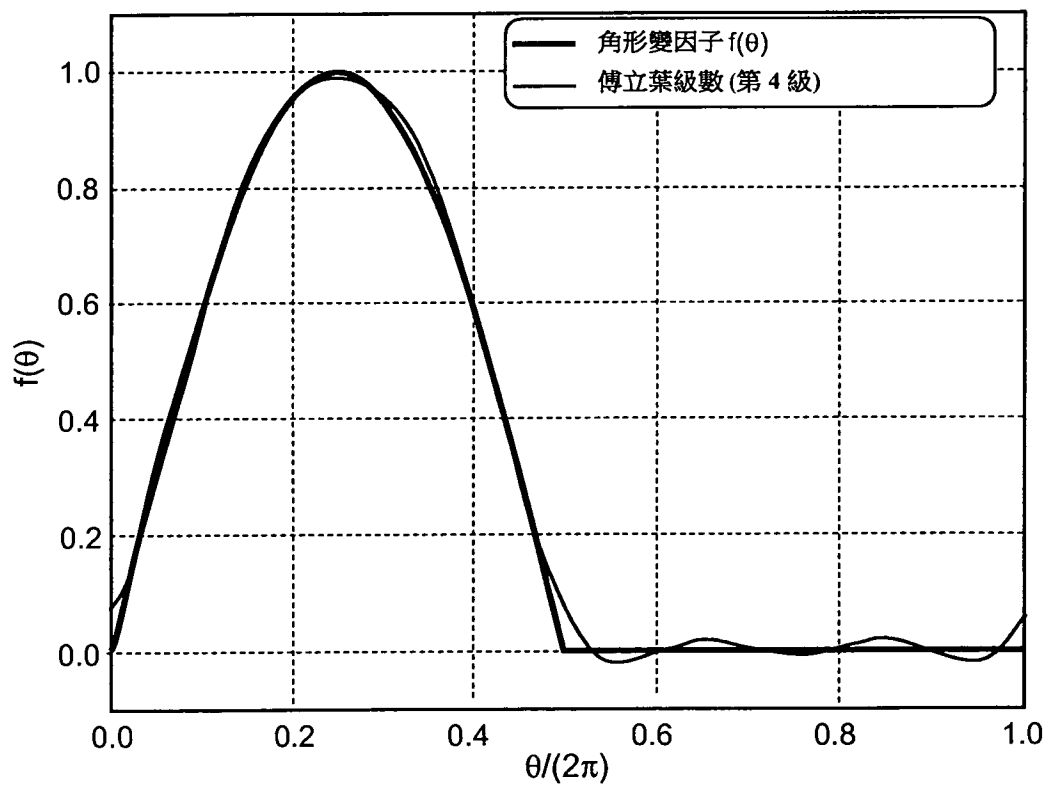


圖 4b

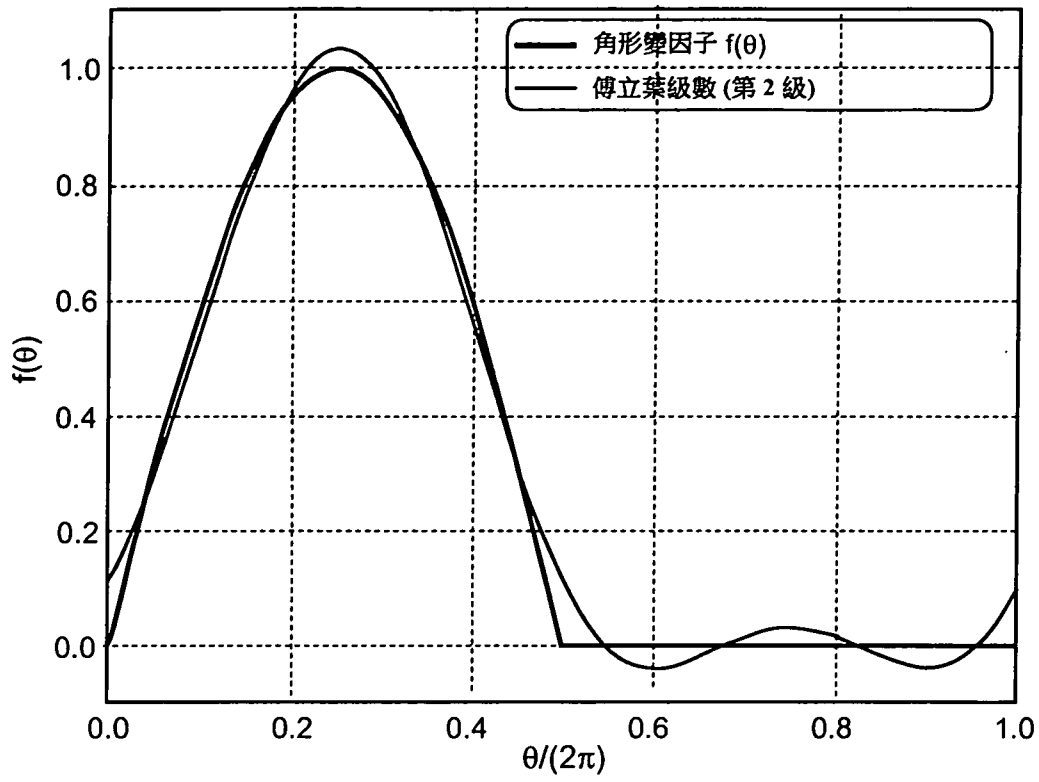


圖 4c

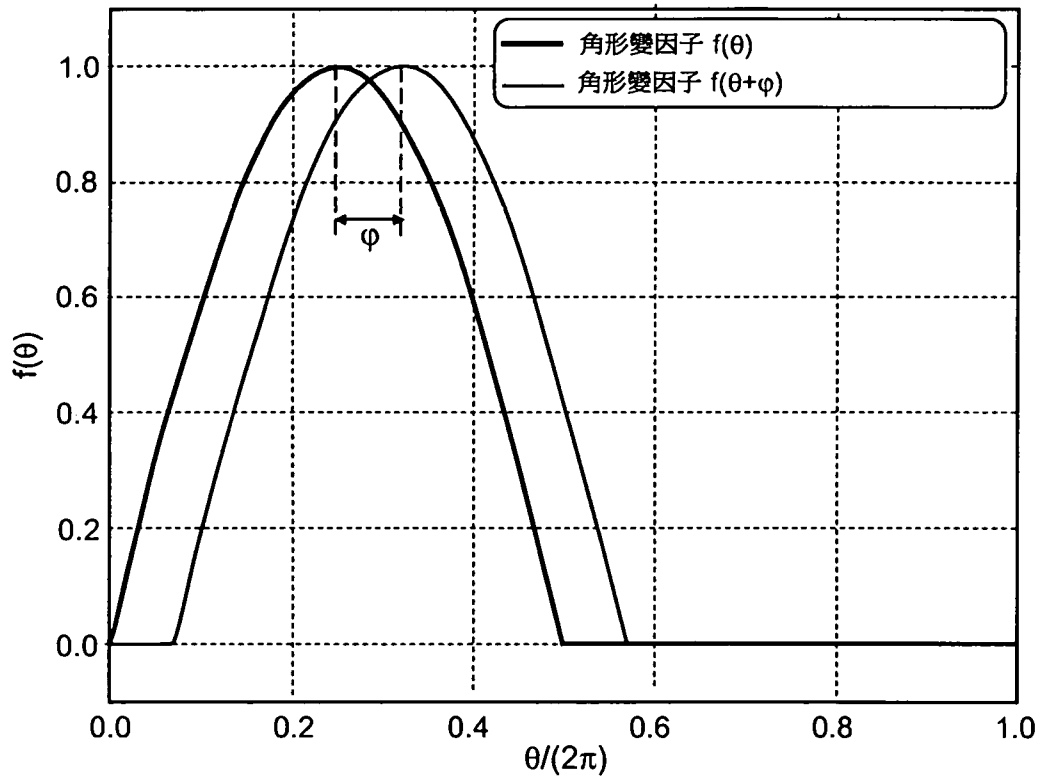


圖 4d

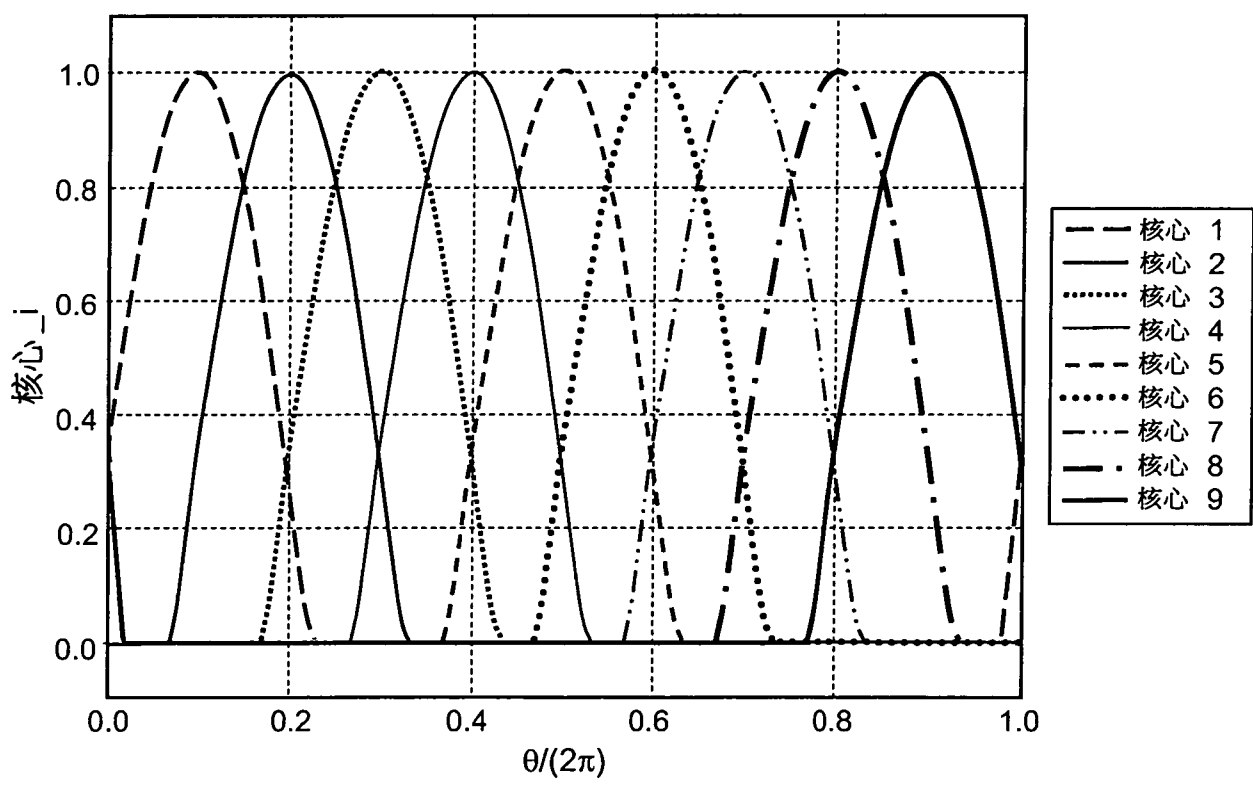


圖 5