



(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 I795566 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：108117288

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 05 月 20 日

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

(30)優先權：2018/09/06 南韓

10-2018-0106508

(71)申請人：南韓商三星電子股份有限公司(南韓) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)
南韓

(72)發明人：崔南柯 CHOI, NA-RAK (KR)；鄭文奎 JEONG, MOON-GYU (KR)

(74)代理人：林孟閱；盧佩君；陳怡如

(56)參考文獻：

TW 201820265A

TW 201823852A

CN 108121150A

US 2003/0218776A1

US 2015/0302132A1

審查人員：蔡宏鑫

申請專利範圍項數：22 項 圖式數：10 共 56 頁

(54)名稱

用於執行光學近接校正的方法及使用光學近接校正製造遮罩的方法

(57)摘要

本發明提供一種用於執行光學近接校正（OPC）的方法及一種使用光學近接校正製造遮罩的方法，所述光學近接校正藉由高效地反映遮罩形態效果或圖案的邊緣之間的耦合效果來提高遮罩影像的準確性。用於執行光學近接校正的方法包括：提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣；提取邊緣對，其中所述邊緣中相鄰的邊緣之間的寬度等於或小於特定距離；為所述邊緣對中的每一者產生耦合邊緣；藉由對所述邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像；以及藉由對所述耦合邊緣應用耦合濾波器來校正所述第一遮罩影像。

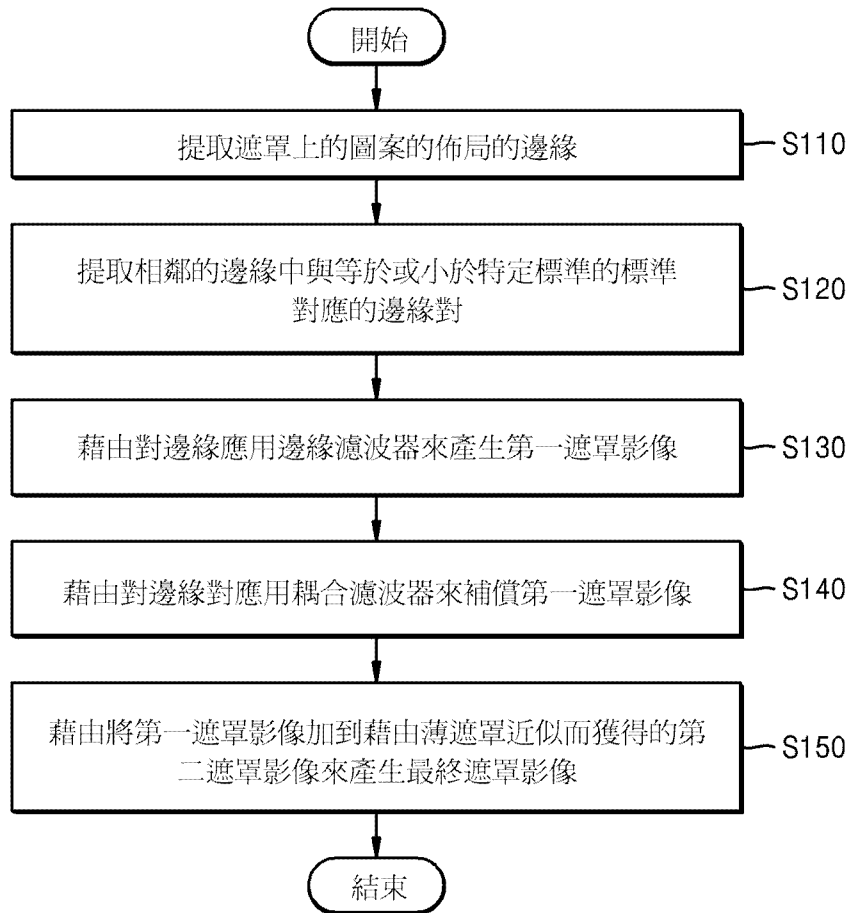
Provided are a method for performing optical proximity correction (OPC) of improving an accuracy of a mask image by reflecting efficiently a mask topography effect or a coupling effect between edges of a pattern, and a method of manufacturing a mask by using OPC. The method for performing OPC includes: extracting edges for a layout of a pattern on a mask; extracting edge pairs in which widths between adjacent edges among the edges are equal to or less than a certain distance; generating a coupling edge for each of the edge pairs; generating a first mask image by applying an edge filter to the edges; and correcting the first mask image by applying a coupling filter to the coupling edge.

指定代表圖：

符號簡單說明：

S110、S120、S130、

S140、S150:操作



【圖 1】



I795566

【發明摘要】

【中文發明名稱】用於執行光學近接校正的方法及使用光學近接校正製造遮罩的方法

【英文發明名稱】METHOD FOR PERFORMING OPTICAL PROXIMITY CORRECTION AND METHOD OF MANUFACTURING MASK USING OPTICAL PROXIMITY CORRECTION

【中文】本發明提供一種用於執行光學近接校正（OPC）的方法及一種使用光學近接校正製造遮罩的方法，所述光學近接校正藉由高效地反映遮罩形態效果或圖案的邊緣之間的耦合效果來提高遮罩影像的準確性。用於執行光學近接校正的方法包括：提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣；提取邊緣對，其中所述邊緣中相鄰的邊緣之間的寬度等於或小於特定距離；為所述邊緣對中的每一者產生耦合邊緣；藉由對所述邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像；以及藉由對所述耦合邊緣應用耦合濾波器來校正所述第一遮罩影像。

【英文】Provided are a method for performing optical proximity correction (OPC) of improving an accuracy of a mask image by reflecting efficiently a mask topography effect or a coupling effect between edges of a pattern, and a method of manufacturing a mask by

using OPC. The method for performing OPC includes: extracting edges for a layout of a pattern on a mask; extracting edge pairs in which widths between adjacent edges among the edges are equal to or less than a certain distance; generating a coupling edge for each of the edge pairs; generating a first mask image by applying an edge filter to the edges; and correcting the first mask image by applying a coupling filter to the coupling edge.

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

S110、S120、S130、S140、S150：操作

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】用於執行光學近接校正的方法及使用光學近接校正製造遮罩的方法

【英文發明名稱】METHOD FOR PERFORMING OPTICAL PROXIMITY CORRECTION AND METHOD OF MANUFACTURING MASK USING OPTICAL PROXIMITY CORRECTION

【技術領域】

【0001】 本發明概念是有關於一種製造遮罩的方法，且更具體而言，是有關於一種用於執行光學近接校正（OPC）的方法及一種使用 OPC 製造遮罩的方法。

[相關申請案的交叉參考]

【0002】 本申請案主張於 2018 年 9 月 6 日在韓國智慧財產局提出申請的韓國專利申請案第 10-2018-0106508 號的權利，所述韓國專利申請案的揭露內容全文併入本案供參考。

【先前技術】

【0003】 在半導體製程中，可執行使用遮罩的微影製程以在半導體基板（例如晶圓）上形成圖案。所述遮罩可簡單地被定義為圖案轉移本體（pattern transfer body），其中在透明的基材上形成有不透明的材料的圖案形狀。簡要闡述遮罩的製造過程。首先，可

設計需要的電路且可設計需要的電路的佈局。接著，可傳輸藉由光學近接校正（optical proximity correction，OPC）而獲得的遮罩設計資料作為遮罩流片（mask tape-out，MTO）設計資料。之後，可基於 MTO 設計資料而執行遮罩資料準備（mask data preparation，MDP），且可執行前段製程（front end of line，FEOL）（例如曝光過程）及後段製程（back end of line，BEOL）（例如缺陷檢查）來製造遮罩。

【發明內容】

【0004】 本發明概念提供一種用於執行光學近接校正（OPC）的方法及一種使用 OPC 製造遮罩的方法，所述光學近接校正能夠藉由高效地反映遮罩形態效果或圖案的邊緣之間的耦合效果來提高遮罩影像準確性。

【0005】 根據本發明概念的態樣，提供一種用於執行光學近接校正（OPC）的方法，所述方法包括：提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣；提取邊緣對，其中所述邊緣中相鄰的邊緣之間的寬度等於或小於特定距離；為所述邊緣對中的每一者產生耦合邊緣；藉由對所述邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像；以及藉由對所述耦合邊緣應用耦合濾波器來校正所述第一遮罩影像。

【0006】 根據本發明概念的另一態樣，提供一種用於執行光學近接校正（OPC）的方法，所述方法包括：提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣；提取邊緣對，在所述邊緣對中，邊緣中的一邊緣包括

等於或小於特定標準（**certain criterion**）的值；藉由對所述邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像；藉由對所述邊緣對應用耦合濾波器來校正所述第一遮罩影像；以及藉由將通過薄遮罩近似而獲得的第二遮罩影像加到所述第一遮罩影像來產生最終遮罩影像。

【0007】 根據本發明概念的另一態樣，提供一種製造遮罩的方法，所述方法包括：提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣；提取邊緣對，其中所述邊緣中相鄰的邊緣之間的寬度等於或小於特定距離；為所述邊緣對中的每一者產生耦合邊緣；藉由對所述邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像；藉由對所述耦合邊緣應用耦合濾波器來校正所述第一遮罩影像並產生最終遮罩影像；藉由將所述最終遮罩影像的資料反映至光學近接校正（**OPC**）模型來執行模擬；傳輸藉由所述模擬而獲得的設計資料作為遮罩流片（**MTO**）設計資料；基於所述遮罩流片設計資料而準備遮罩資料；以及基於所述遮罩資料而向遮罩基板上執行曝光。

【圖式簡單說明】

【0008】 結合所附圖式閱讀以下詳細說明，將更清楚地理解本發明概念的實施例，在所附圖式中：

圖 1 是根據實施例的用於執行光學近接校正（**OPC**）的方法的過程的流程圖。

圖 2A 至圖 2C 是用於闡釋圖 1 所示用於執行 **OPC** 的方法中

的提取佈局的邊緣的操作以及產生第一遮罩影像的操作的概念圖。

圖 3A 至圖 3E 是用於參照圖 1 所示產生第一遮罩影像的操作闡釋邊緣濾波器以及使用邊緣濾波器產生第一遮罩影像的原理的概念圖。

圖 4 是示出使用邊緣濾波器產生的第一遮罩影像的誤差水平根據圖案的寬度而變化的關係的曲線圖以闡釋圖案的邊緣之間的耦合效果。

圖 5A 是遮罩圖案的佈局的曲線圖，圖 5B 是第一遮罩影像的曲線圖，且圖 5C 是示出使用嚴格的模擬而獲得的嚴格的遮罩影像與使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像之間的差異的曲線圖。

圖 6A 至圖 6C 是用於闡釋圖 1 所示用於執行 OPC 的方法中的提取邊緣對的操作以及校正第一遮罩影像的操作的概念圖。

圖 7A 至圖 7D 是用於闡釋與圖 1 所示校正第一遮罩影像的操作（S140）相關的產生耦合濾波器的原理及使用耦合濾波器校正第一遮罩影像的原理的概念圖。

圖 8 是示出相對於圖 5A 所示遮罩圖案的佈局而言使用嚴格的模擬而獲得的嚴格的遮罩影像、使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像及使用耦合濾波器而校正的第一遮罩影像之間的比較的曲線圖。

圖 9A 至圖 9E 是示出藉由線性插值方法而產生的耦合濾波器的準確性的曲線圖。

圖 10 是根據實施例的製造遮罩的方法的過程的流程圖。

【實施方式】

【0009】 在下文中，將參照附圖詳細闡述本發明概念的實施例。在圖式中針對相同的組成元件使用相同的參考編號，且不再對其進行贅述。

【0010】 圖 1 是根據實施例的用於執行光學近接校正（OPC）的方法的過程的流程圖。

【0011】 參照圖 1，根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法可首先提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣（S110）。此處，遮罩上的圖案可表示可藉由曝光過程被轉印至基板（例如晶圓）上並在基板上形成目標圖案的圖案。一般而言，基板上的目標圖案的形狀可因曝光過程的特性而與遮罩上的圖案的形狀不同。另外，由於遮罩上的圖案減小、被投影且被轉印至基板上，因此遮罩上的圖案可具有較基板上的目標圖案大的尺寸。

【0012】 遮罩上的圖案的佈局可具有一維形狀或二維形狀。此處，一維形狀可不表示沒有面積的線而是可表示在一個方向上延伸的形狀，例如線及空間圖案。邊緣可對應於環繞圖案的佈局的周邊的直線。根據實施例，邊緣可對應於環繞圖案的佈局之間的空間的直線或者可對應於環繞圖案的佈局以及圖案的佈局之間的空間的直線。參照圖 2B 給出對提取邊緣的更詳細的說明。

【0013】 接下來，可提取相鄰的邊緣中與等於或小於特定標準的

標準對應的邊緣對 (S120)。用於提取邊緣對的一個標準可為相鄰的邊緣之間的特定距離。舉例而言，當邊緣環繞圖案的佈局時，可端視與圖案的寬度對應的相鄰的邊緣之間的距離是否小於特定距離來提取邊緣對，且當邊緣環繞空間時，可端視與空間的間隔對應的相鄰的邊緣之間的距離是否等於或小於特定距離來提取邊緣對。作為用於提取邊緣對的標準，在相鄰的邊緣之間設定的特定距離可為例如幾奈米至幾十奈米。然而，用於提取邊緣對的標準並非僅限於此。

【0014】 用於提取邊緣對的另一標準可為在相鄰的邊緣之間設定的耦合效果。舉例而言，可端視在相鄰的邊緣之間出現的耦合效果是否超過特定耦合效果來提取邊緣對。然而，由於耦合效果隨著相鄰的邊緣之間的距離的減小而增大，因此在用於基於相鄰的邊緣之間的距離提取邊緣對的基準與用於基於相鄰的邊緣之間的耦合效果提取邊緣對的基準之間可能存在小的差異。

【0015】 相鄰的邊緣之間的耦合效果可由隨後參照圖 4 闡述的最大誤差絕對值 (maximum error absolute, MEA) 來闡釋。MEA 及其耦合效果會參照圖 4 更詳細地闡述。

【0016】 可藉由對所提取的邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像 (S130)。此處，第一遮罩影像可為在光通過遮罩之後立即對遮罩的後表面計算得到的遮罩的近場影像 (near field image) 的一部分且可對應於與所提取的邊緣對應的一部分的近場影像。邊緣濾波器是能夠產生與邊緣對應的部分的近場影像的濾波器且可

端視邊緣的位置及特性而改變。藉由對邊緣中的每一者應用邊緣濾波器，可產生與邊緣中的每一者對應的近場影像。邊緣濾波器的概念會參照圖 3A 至圖 3E 更詳細地闡述。

【0017】 另一方面，可改變提取邊緣對 (S120) 及產生第一遮罩影像 (S130) 的順序。換言之，在產生第一遮罩影像之後，可提取邊緣對。

【0018】 接下來，可藉由對邊緣對應用耦合濾波器來校正第一遮罩影像 (S140)。藉由邊緣的其中相鄰的邊緣之間的距離短或相鄰的邊緣之間的耦合效果大的一部分中 (換言之，其中定位有邊緣對的一部分中) 的邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像可不同於邊緣附近的實際近場影像。因此，可藉由將補償用近場影像 (藉由對其中定位有邊緣對的部分應用耦合濾波器而產生) 與已藉由邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像進行組合來校正第一遮罩影像。耦合濾波器的應用方法、產生原理等會參照圖 6A 至圖 7D 更詳細地闡述。

【0019】 接下來，可藉由將第二遮罩影像 (藉由薄遮罩近似 (thin mask approximation) 而獲得) 與經校正的第一遮罩影像進行組合來產生最終遮罩影像 (S150)。薄遮罩近似可被稱為基爾霍夫近似 (Kirchhoff approximation)。假設光在開口部分中完全穿過遮罩且光在遮罩非常薄以使遮罩的厚度幾乎為零的阻擋部分中被完全阻擋，且因此，薄遮罩近似可表示所計算的近場影像。薄遮罩近似會在參照圖 3B 給出的說明中更詳細地進行闡釋。

【0020】 藉由將第二遮罩影像與如上所述校正的第一遮罩影像進行組合，可產生與遮罩上的圖案的佈局對應的最終遮罩影像。另外，藉由包括先前由耦合濾波器校正的第一遮罩影像，最終遮罩影像可對應於更準確地表示遮罩上的圖案的佈局的遮罩近場影像。

【0021】 作為參考，遮罩上的圖案一般而言可具有相較於曝光波長而言不可忽視的厚度。因此，為執行精確的 OPC，可能需要慮及遮罩形態（即，遮罩的近場影像）的效果來計算光學遮罩影像。另一方面，為對大面積遮罩執行 OPC，可能需要在短時間內執行光學遮罩影像的計算，且因此，可不對光學遮罩影像的計算使用需要長的計算時間的嚴格的模擬方法。此處，嚴格的模擬方法可指示電磁場模擬方法（例如嚴格的耦合波分析（rigorous coupled-wave analysis，RCWA））或時域有限差分法（finite difference time domain，FDTD）模擬方法。在嚴格的模擬方法的情形中，可獲得準確地反映遮罩上的圖案的形狀的遮罩近場影像，但是計算時間可能過長。為計算快速近場影像，一般而言可使用隨後將參照圖 3A 至圖 3E 闡述的邊緣濾波器。然而，即使在使用邊緣濾波器的情形中，由於耦合效果隨著邊緣之間的距離因小尺寸（size）的圖案減小而增大，因此在使用邊緣濾波器產生的遮罩近場影像中誤差可增大。

【0022】 然而，在根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法中，藉由對因邊緣之間的距離短而具有大的耦合效果的邊緣對

額外地應用耦合濾波器，可藉由校正使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像來使僅使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像中的誤差明顯減小。另外，藉由使用邊緣濾波器及耦合濾波器，根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法可快速地且準確地計算遮罩影像，而無需改變現有遮罩影像的計算方法中的模擬。

【0023】 在產生最終遮罩影像之後，用於執行 OPC 的方法的一般過程可被執行。所述方法可大體簡要闡釋為如下。

【0024】 隨著圖案變得更精細，在曝光過程期間可因相鄰的圖案之間的影響而產生光學近接效應（optical proximity effect，OPE）。用於執行 OPC 的方法可表示藉由校正圖案的佈局而抑制 OPE 的出現的方法。用於執行 OPC 的方法可被分類成兩種類型：基於規則的用於執行 OPC 的方法以及基於模擬的或基於模型的用於執行 OPC 的方法。根據本發明概念實施例的方法可為例如基於模型的用於執行 OPC 的方法。基於模型的用於執行 OPC 的方法在時間及成本方面可能是好的，此乃因僅使用代表性圖案的量測結果，而無需量測所有大量的測試圖案。

【0025】 根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法可包括不僅增加對圖案的佈局的修改而且亦在圖案的隅角處增加被稱為襯線（serifs）的副微影特徵（sub-lithographic feature）的方法以及增加副解析度輔助特徵（sub-resolution assist feature，SRAF）（例如散射條）的方法。此處，襯線可為一般而言定位於圖案的每一隅角處且用於對圖案的隅角進行銳化或者對因圖案的交叉引起的

畸變因子進行校正的矩形特徵。SRAF 可為用於解決由圖案的密度差引起的 OPC 的偏差的輔助特徵，且可為以較曝光裝置的解析度小的尺寸形成且不會被轉印至抗蝕劑層上的特徵。

【0026】 在根據本發明概念實施例執行 OPC 時，首先，可準備 OPC 的基礎資料。此處，基礎資料可包括以下資料：樣本的圖案的形狀、圖案的位置、量測的類型（例如圖案的空間或線的量測）、基礎量測值等。另外，基礎資料可包括關於光阻（PR）的厚度、折射率、介電常數等的資訊且可包括一種類型的照明系統的源圖。然而，基礎資料並非僅限於以上例示的資料。

【0027】 在準備好基礎資料之後，可產生光學 OPC 模型。光學 OPC 模型的產生可包括將曝光過程中的散焦開始（defocus start，DS）位置、最佳聚焦（best focus，BF）位置等最佳化。另外，光學 OPC 模型的產生可包括慮及光的繞射現象（diffraction phenomenon）、曝光裝置自身的光學狀態等產生遮罩影像。可使用先前使用邊緣濾波器及耦合濾波器而獲得的最終遮罩影像來產生光學 OPC 模型。然而，光學 OPC 模型的產生並非僅限於此。舉例而言，光學 OPC 模型的產生可包括與曝光過程中的光學現象相關的各種上下文。

【0028】 在產生光學 OPC 模型之後，可產生 PR 的 OPC 模型。PR 的 OPC 模型的產生可包括將 PR 的臨限值（threshold value）最佳化。此處，PR 的臨限值可表示曝光過程中出現化學改變的臨限值且可被作為例如曝光光線的強度提供。PR 的 OPC 模型的產生亦

可包括自各種 PR 模型形式選擇適當的模型形式。

【0029】 光學 OPC 模型及用於 PR 的 OPC 模型二者可被統稱為 OPC 模型。因此，產生光學 OPC 模型的過程及產生 PR 的 OPC 模型的過程二者可被統稱為產生 OPC 模型的過程（換言之，OPC 建模過程）。在下文中，除非另外具體注明，否則使用 OPC 模型作為光學 OPC 模型與用於 PR 的 OPC 模型的組合的概念。

【0030】 在產生 OPC 模型之後，可對 OPC 模型進行驗證。可藉由用於臨界尺寸（critical dimension, CD）誤差的均方根（root mean square, RMS）計算、邊緣放置誤差（edge placement error, EPE）檢查等來執行 OPC 模型的驗證。當 OPC 模型包括於特定規範（certain specification）中時，可完成 OPC 模型的驗證，且可選擇對應的 OPC 模型作為用於模擬的 OPC 模型。當 OPC 模型未包括於特定規範中時，可再次執行產生 OPC 模型的過程（即，產生光學 OPC 模型的過程及/或產生用於 PR 的 OPC 模型的過程）。

【0031】 在對 OPC 模型進行驗證之後，可使用對應的 OPC 模型來執行模擬。藉由使用 OPC 模型進行的模擬，可獲得接近實際量測的遮罩的設計資料。隨後可將藉由模擬而獲得的遮罩的設計資料作為製造遮罩用的遮罩流片（MTO）設計資料傳輸至遮罩生產團隊。

【0032】 圖 2A 至圖 2C 是用於闡釋圖 1 所示用於執行 OPC 的方法中的提取佈局的邊緣的操作（S110）以及產生第一遮罩影像的操作（S130）的概念圖。

【0033】 參照圖 2A 及圖 2B，圖 2A 示出遮罩上的圖案的佈局，且圖 2B 示出自環繞圖 2A 所示圖案的佈局的邊緣提取的垂直方向上的（即，第二方向（y 方向）上的）邊緣。即使邊緣環繞相同的圖案，左側邊緣與右側邊緣處的近場影像的計算結果仍可不同。原因可能在於在正常曝光過程中，光以相對於圖案傾斜的方式入射。因此，在圖 2B 中，將環繞相同圖案的左側邊緣與右側邊緣分別示出為具有不同的厚度。

【0034】 參照圖 2C，在提取圖案的佈局的邊緣之後，可藉由對邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像。對邊緣應用的邊緣濾波器的形狀可彼此不同。具體而言，如上所述，對左側邊緣應用的邊緣濾波器的形狀可因光的傾斜入射而與對右側邊緣應用的邊緣濾波器的形狀不同。因此，在圖 2C 中，為強調邊緣濾波器的差異，簡化對左側邊緣應用的邊緣濾波器的波形與簡化對右側邊緣應用的邊緣濾波器的波形被示出為具有不同的厚度。

【0035】 在圖 2B 及圖 2C 中，即使主要相對於圖案的佈局的垂直方向（即，第二方向（y 方向））闡述了邊緣的提取以及邊緣濾波器的應用，亦可對圖案的佈局的水平方向（即，第一方向（x 方向））應用邊緣的提取及邊緣濾波器的應用。另外，對第一方向（x 方向）上的邊緣應用的邊緣濾波器的形狀可不同於對第二方向（y 方向）上的邊緣應用的邊緣濾波器的形狀。

【0036】 藉由對邊緣應用邊緣濾波器，可產生與邊緣對應的遮罩的近場影像（在下文中，稱為「遮罩影像」）。以下參照圖 3A 至圖

3E 闡述根據邊緣濾波器的應用而產生遮罩影像的原理。

【0037】 圖 3A 至圖 3E 是用於參照圖 1 所示產生第一遮罩影像的操作 (S130) 闡釋邊緣濾波器以及使用邊緣濾波器產生第一遮罩影像的原理的概念圖。

【0038】 首先，圖 3A 示出使用遮罩在晶圓上形成的圖案的形狀。為便於闡釋起見，圖 3A 示出一維形狀的線圖案的垂直橫截面。線圖案在第一方向 (x 方向) 上可具有特定寬度 W ，如圖 3A 所示。

【0039】 參照圖 3B，為形成圖 3A 所示圖案，針對使用理想薄遮罩 TM 時的情形示出遮罩影像。換言之，圖 3B 示出藉由薄遮罩近似 TMA 而獲得的遮罩影像 (在下文中，稱為「薄遮罩影像」 TMI)。此處，理想薄遮罩 TM 可為具有小的厚度的遮罩，且理想薄遮罩 TM 的開口部分可使光完全通過且理想薄遮罩 TM 的阻擋部分可完全阻擋光。如圖中所示，薄遮罩影像 TMI 可具有與欲形成於晶圓上的圖案的形狀實質上相似的形狀。

【0040】 參照圖 3C，示出用於形成圖案的真實遮罩 RM 。真實遮罩 RM 可具有特定厚度 t ，且因此，藉由真實遮罩 RM 而獲得的遮罩影像可與薄遮罩影像 TMI 不同。在真實遮罩 RM 下方示出藉由嚴格的模擬 $R-SIM$ (例如嚴格的耦合波分析 ($RCWA$) 模擬或 $FDTD$ 模擬) 而計算得到的遮罩影像 (在下文中，稱為「嚴格的遮罩影像」 RMI)。

【0041】 參照圖 3D，將嚴格的遮罩影像 RMI 示出為實線且將薄

遮罩影像 TMI 示出為虛線。如圖 3D 所示，嚴格的遮罩影像 RMI 可與薄遮罩影像 TMI 不同，且具體而言，可識別出，在與圖案的邊緣對應的部分處，嚴格的遮罩影像 RMI 與薄遮罩影像 TMI 明顯不同。換言之，可理解，隨著位置距與圖案的邊緣對應的部分越來越遠，嚴格的遮罩影像 RMI 與薄遮罩影像 TMI 變得實質上相同。

【0042】 參照圖 3E，示出藉由自嚴格的遮罩影像 RMI 減去薄遮罩影像 TMI 而獲得的相減的遮罩影像 SMI 的形狀。如上所述，與左側邊緣 LE 及右側邊緣 RE 相鄰的部分處的相減的遮罩影像 SMI 的幅值的量值的改變可增大，且距左側邊緣 LE 及右側邊緣 RE 更遠的部分處的幅值的量值的改變可減小。此處，幅值的量值可指示對以下說明應用的幅值的絕對值。作為參考，在圖 3E 中，相較於嚴格的遮罩影像 RMI 及薄遮罩影像 TMI 而言，相減的遮罩影像 SMI 可示出幅值的進一步放大的比例。

【0043】 另一方面，在圖 3E 中，即使左側邊緣 LE 部分的相減的遮罩影像 SMI 與右側邊緣 RE 部分的相減的遮罩影像 SMI 以相同的形式示出，然而由於光的傾斜入射，左側邊緣 LE 部分的相減的遮罩影像 SMI 與右側邊緣 RE 部分的相減的遮罩影像 SMI 可以不同的形式呈現。

【0044】 左側邊緣部分及右側邊緣部分的相減的遮罩影像 SMI 可與邊緣濾波器對應。因此，可自圖案的佈局提取邊緣，且藉由應用與邊緣對應的邊緣濾波器，可產生相減的遮罩影像 SMI (即，第一遮罩影像)。接著，藉由將薄遮罩影像 TMI 加到第一遮罩影

像，可產生與嚴格的遮罩影像 RMI 相似的遮罩影像。

【0045】 一般而言，當相鄰的邊緣之間的耦合效果因圖案的寬度大而小到可忽略時，可藉由應用邊緣濾波器的方法快速且相對準確地產生遮罩影像。然而，當相鄰的邊緣之間的耦合效果因圖案的寬度小而增大時，藉由應用邊緣濾波器的方法而獲得的遮罩影像中的誤差可能增大。

【0046】 圖 4 是示出使用邊緣濾波器產生的第一遮罩影像的誤差水平根據圖案的寬度而變化的關係的曲線圖以闡釋圖案的邊緣之間的耦合效果。此處，水平軸可表示以奈米為單位的線圖案寬度且垂直軸可表示 MEA。MEA 是最大誤差絕對值的縮寫，其表示嚴格的遮罩影像 RMI 與使用邊緣濾波器計算得到的遮罩影像（即，第一遮罩影像）之間的差值中的最大值的絕對值。

【0047】 參照圖 4，當線圖案的寬度近似等於或大於約 15 奈米時，MEA 可等於或小於約 0.05。因此，可理解，使用邊緣濾波器計算得到的第一遮罩影像與嚴格的遮罩影像 RMI 實質上相同。可理解，當線圖案的寬度等於或大於約 15 奈米時，邊緣之間的耦合效果不明顯，且因此，可理解，即使遮罩影像是藉由使用邊緣濾波器的方法計算得到的，仍不會有大的問題。

【0048】 然而，當線圖案的寬度減小至等於或小於約 15 奈米時，MEA 可急劇增大超過約 0.05，且使用邊緣濾波器計算得到的第一遮罩影像中的誤差可能快速增大。當線圖案的寬度減小至等於或小於 15 奈米時，邊緣之間的耦合效果可能增大，且因此，可理解，

可能無法藉由使用邊緣濾波器的方法來準確地計算遮罩影像。

【0049】 另一方面，當將用於提取邊緣對的標準定義為相鄰的邊緣之間的特定距離時，所述標準可為例如約 15 奈米。另外，當所述兩個相鄰的邊緣之間的距離等於或小於約 15 奈米時，可提取所述兩個相鄰的邊緣作為邊緣對。另一方面，當將用於提取邊緣對的標準定義為相鄰的邊緣之間的特定耦合效果時，所述標準可為例如約 0.05 奈米的 MEA。換言之，當兩個相鄰的邊緣之間的 MEA 超過等於或大於約 0.05 時，可提取遮罩影像作為邊緣對。在根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法中，作為用於提取邊緣對的標準，特定距離或特定耦合效果並非僅限於上述值。舉例而言，作為用於提取邊緣對的標準，特定距離、特定耦合效果等可基於遮罩上的圖案的形狀及密度而作出各種改變。

【0050】 圖 5A 是遮罩圖案的佈局的曲線圖，圖 5B 是嚴格的遮罩影像 RMI 的曲線圖，且圖 5C 是示出使用嚴格的模擬而獲得的嚴格的遮罩影像 RMI 與使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像之間的差異的曲線圖。在圖 5B 及圖 5C 中，水平軸可表示與圖 5A 所示以奈米為單位的圖案的佈局對應的在第一方向（x 方向）上的位置，且垂直軸可表示以任意單位（a.u.）為單位的近場的幅值。另外，在圖 5C 中，實線可表示嚴格的遮罩影像 RMI 且虛線可表示第一遮罩影像。

【0051】 參照圖 5A，示出遮罩上的圖案的佈局，且圖案的佈局可具有一維線及空間形狀。中心部分中的兩個線圖案在第一方向

(x 方向)上分別可具有約 20 奈米的寬度，且兩個周邊上的所述兩個線圖案在第一方向(x 方向)上分別可具有約 5 奈米的寬度。另外，線圖案在第一方向(x 方向)上的空間可具有約 20 奈米的寬度。在第二方向(y 方向)上的圖案的佈局的中心部分處於第一方向(x 方向)上延伸的切割線可表示計算圖 5B 及圖 5C 的遮罩影像的部分。

【0052】 參照圖 5B，示出藉由對圖 5A 所示圖案的佈局的嚴格的模擬而獲得的遮罩影像(即，嚴格的遮罩影像 RMI)。自圖 5B 中的曲線圖可理解，在圖 5A 所示圖案的佈局中，在與線圖案對應的部分處近場的幅值的量值小，且在與空間對應的部分處近場的幅值的量值大。另外，可理解，在圖案的佈局的周邊部分中，近場的幅值實質上恆定。

【0053】 參照圖 5C，將相對於圖 5A 所示圖案的佈局使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像與圖 5B 所示嚴格的遮罩影像 RMI 進行比較。此處，第一遮罩影像可呈被添加了使用薄遮罩近似而獲得的薄遮罩影像 TMI 的狀態。自圖 5C 可理解，在寬度為約 20 奈米的兩個線圖案的兩個邊緣部分(表示為小圓圈)中，實線與虛線幾乎匹配，且因此，嚴格的遮罩影像 RMI 與第一遮罩影像幾乎相同。

【0054】 然而，在寬度為約 5 奈米的所述兩個線圖案的兩個邊緣部分(表示為小正方形)中，在實線與虛線之間存在差異，所述差異指示在嚴格的遮罩影像 RMI 與第一遮罩影像之間存在差異。

因此，在寬度為約 5 奈米的兩個線圖案的情形中，可指示在使用邊緣濾波器計算得到的第一遮罩影像中存在誤差。如上所述，此可歸因於具有窄的寬度的邊緣之間的耦合效果。

【0055】 圖 6A 至圖 6C 是用於闡釋圖 1 所示用於執行 OPC 的方法中的提取邊緣對的操作（S120）以及校正第一遮罩影像的操作（S140）的概念圖。遮罩上的圖案的佈局可與圖 2A 所示遮罩上的圖案的佈局相同。

【0056】 參照圖 6A，可自圖 2B 所示圖案的佈局提取的邊緣提取與特定標準對應的邊緣對。舉例而言，當用於提取邊緣對的標準是相鄰的邊緣之間的特定距離時，可提取間隔開等於或小於特定距離的兩個相鄰的邊緣作為邊緣對。舉例而言，如參照圖 4 所述，當特定距離為約 15 奈米時，可提取其之間的距離等於或小於 15 奈米的兩個相鄰的邊緣作為邊緣對。因此，如由虛線橢圓所示，可提取三個邊緣對。另外，就耦合效果而言，定位有所提取的邊緣對的部分可對應於其中耦合效果明顯的耦合區。

【0057】 另一方面，即使已闡述自環繞圖案的佈局的邊緣提取邊緣對，然而實施例並非僅限於此，且可自環繞圖案的佈局之間的空間的邊緣提取邊緣對。舉例而言，當環繞圖案的相鄰的邊緣之間的距離大於特定距離，但環繞空間的相鄰的邊緣之間的距離因圖案之間的空間寬度窄而小於特定距離時，可自環繞空間的邊緣提取邊緣對。

【0058】 參照圖 6B，在自圖案的佈局的邊緣提取邊緣對之後，

可產生邊緣對中的每一者的所述兩個邊緣的中心線作為耦合邊緣 CE。在圖 6B 中，耦合邊緣 CE 被表示為長短虛線。耦合邊緣 CE 可指被應用耦合濾波器的邊緣。

【0059】 參照圖 6C，如上所述，可藉由對耦合邊緣 CE 應用耦合濾波器來校正第一遮罩影像。如參照圖 2C 所述，第一遮罩影像可指藉由對圖案的佈局的所有邊緣應用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像。在根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法中，可藉由對與所述兩個邊緣的中心線對應的一個耦合邊緣 CE 應用耦合濾波器而非對邊緣對的所述兩個邊緣中的每一者應用耦合濾波器來校正由邊緣濾波器產生的第一遮罩影像。在產生耦合濾波器的過程中可引起此方法，所述產生耦合濾波器的過程會參照圖 7A 至圖 7D 更詳細地闡述。

【0060】 另一方面，由於邊緣對的形狀及寬度不同，因此耦合濾波器的形狀可不同。因此，圖 6C 示出針對耦合濾波器而簡化的波形的尺寸及形狀稍微不同。

【0061】 圖 7A 至圖 7D 是用於闡釋與圖 1 所示校正第一遮罩影像的操作 (S140) 相關的產生耦合濾波器的原理及使用耦合濾波器校正第一遮罩影像的原理的概念圖。在圖 7B 及圖 7D 的曲線圖中，水平軸可為與圖 7A 中以奈米為單位的圖案的佈局對應的在第一方向 (x 方向) 上的位置，且垂直軸可表示以任意單位 (a.u.) 為單位的近場的幅值。

【0062】 參照圖 7A，示出遮罩上的圖案的佈局，且圖案的佈局

可具有一維線形狀。圖案的佈局可具有線圖案形狀且在第一方向（x 方向）上具有約 5 奈米的寬度。由於圖案的佈局具有約 5 奈米的寬度，因此自所述圖案的佈局提取的邊緣之間的距離可對應於約 5 奈米。因此，當作為相鄰的邊緣之間的特定距離的用於提取邊緣對的標準是約 15 奈米時，自線圖案提取的邊緣可與可被作為邊緣對提取的邊緣對應。另外，邊緣之間的耦合效果可為大的。另一方面，在第二方向（y 方向）上的圖案的佈局的中心部分處於第一方向（x 方向）上延伸的切割線可表示計算圖 7B 及圖 7C 所示遮罩影像的一部分。

【0063】 參照圖 7B，示出藉由對圖 7A 所示圖案的佈局的嚴格的模擬而獲得的遮罩影像（即，嚴格的遮罩影像 RMI）。自圖 7B 中的曲線圖可理解，在圖 7A 所示線圖案的佈局中，在與線圖案對應的部分處近場的幅值的量值小。另外，可理解，隨著距線圖案的佈局的距離朝周邊增大，近場的幅值的量值變得幾乎恆定。

【0064】 參照圖 7C，示出使用圖 7A 所示圖案的佈局的邊緣濾波器而獲得的遮罩影像（即，第一遮罩影像）。第一遮罩影像可對應於藉由提取圖 7A 所示線圖案的佈局中的兩個邊緣以及接著對所述兩個邊緣應用邊緣濾波器而獲得的遮罩影像。另外，第一遮罩影像可包括使用薄遮罩近似而獲得的薄遮罩影像 TMI。

【0065】 在使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像中，可理解在與線圖案對應的部分處近場的幅值的量值小，且另外，隨著距線圖案的距離朝周邊部分增大近場的幅值的量值變得幾乎恆定。然

而，如上所述，當圖案的寬度小時，所提取的邊緣之間的耦合效果可為大的，且因此，使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像可與嚴格的遮罩影像具有差異。嚴格的遮罩影像與第一遮罩影像之間的差異可對應於第一遮罩影像的誤差。

【0066】 參照圖 7D，示出藉由自圖 7B 所示嚴格的遮罩影像減去圖 7C 所示第一遮罩影像而獲得的相減的遮罩影像。可理解，在與線圖案對應的部分中的相減的遮罩影像的幅值的量值的改變大且相減的遮罩影像的幅值的量值的改變隨著距線圖案的距離增大而為小的。作為參考，在圖 7D 中，相較於圖 7B 所示嚴格的遮罩影像 RMI 及圖 7C 所示第一遮罩影像而言，相減的遮罩影像示出幅值的進一步放大的比例。

【0067】 在根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法中，相減的遮罩影像可對應於在其中自圖 7B 所示嚴格的遮罩影像減去圖 7C 所示第一遮罩影像的耦合濾波器。藉由對具有大的耦合效果的邊緣對部分應用此種耦合濾波器，可對使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像的誤差進行校正。由此，如以下簡要闡述耦合濾波器的定義及校正效果。

【0068】 首先，如上所述，可藉由將藉由薄遮罩近似而獲得的薄遮罩影像 TMI 加到藉由邊緣濾波器而獲得的遮罩影像 EFI 來獲得第一遮罩影像 MI1。因此，可由方程式 1 來表達第一遮罩影像 MI1。

【0069】 [方程式 1]

$$MI1 = EFI + TMI。$$

【0070】 此處，第一遮罩影像 MI1 可包括藉由對所有邊緣應用邊緣濾波器而獲得的遮罩影像。舉例而言，在線圖案的情形中，藉由對左側邊緣及右側邊緣二者應用邊緣濾波器來獲得遮罩影像且接著將藉由薄遮罩近似而獲得的遮罩影像 TMI 加到所獲得的遮罩影像，可獲得第一遮罩影像 MI1。

【0071】 接下來，基於上述說明，可相對於藉由嚴格的模擬而獲得的嚴格的遮罩影像 RTI 來由方程式 2 表達藉由耦合濾波器而獲得的遮罩影像 CFI。

【0072】 [方程式 2]

$$CFI = RTI - EFI - TMI。$$

【0073】 可藉由將藉由耦合濾波器而獲得的遮罩影像 CFI 加到第一遮罩影像 MI1 來獲得經校正的第一遮罩影像 CMI1。可由方程式 3 來表達經校正的第一遮罩影像 CMI1。

【0074】 [方程式 3]

$$CMI1 = MI1(= EFI + TMI) + CFI(= RTI - EFI - TMI) = RTI。$$

【0075】 因此，經校正的第一遮罩影像 CMI1 可實質上相同於藉由對圖案的嚴格的模擬而獲得的嚴格的遮罩影像。因此，可預期經校正的第一遮罩影像 CMI1 可在一定程度上準確地表示包括圖案的遮罩。另一方面，如在耦合濾波器的產生過程中所述，可能需要對邊緣對應用僅一個耦合濾波器，且可不需要對每一邊緣應用耦合濾波器。舉例而言，在線圖案的情形中，可產生及應用僅一個耦合濾波器。

【0076】 在根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法中，藉由使用耦合濾波器來校正藉由邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像 MI1，為包括圖案的遮罩產生遮罩影像的方法可如下所述為良好的。首先，可按照原樣來使用利用一般邊緣濾波器的方法。因此，可在不改變模擬的情況下使用用於獲得遮罩影像的一般模擬來快速地計算遮罩影像。第二，如在以下參照圖 9A 至圖 9E 給出的說明中所述，當針對具有幾個寬度的圖案計算耦合濾波器時，可藉由對具有各種寬度的圖案的插值來快速地且容易地產生耦合濾波器。第三，由於已在邊緣濾波器及耦合濾波器中反映了相鄰的圖案之間的耦合效果，因此，可不需要慮及其他相鄰的圖案。

【0077】 圖 8 是示出相對於圖 5A 所示遮罩圖案的佈局而言使用嚴格的模擬而獲得的嚴格的遮罩影像、使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像及使用耦合濾波器而校正的第一遮罩影像之間的比較的曲線圖。水平軸可為與圖 5A 中以奈米為單位的圖案的佈局對應的在第一方向（x 方向）上的位置，且垂直軸可表示以任意單位（a.u.）為單位的近場的幅值的量值。粗實線可表示嚴格的遮罩影像，虛線可表示第一遮罩影像，且細實線可表示經校正的第一遮罩影像。

【0078】 參照圖 8，使用嚴格的模擬而獲得的嚴格的遮罩影像與僅使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像在與具有窄的寬度的線圖案對應的部分處可具有差異。原因可在於窄的線圖案的相鄰的邊緣之間的耦合效果，如圖 5C 的曲線圖所示。另一方面，可驗證

藉由額外地應用耦合濾波器（邊緣濾波器+耦合濾波器）而獲得的經校正的第一遮罩影像具有與嚴格的遮罩影像實質上相似的形狀。因此，在根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法中，可藉由應用耦合濾波器來額外地校正使用邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像來更準確地計算包括對應的圖案的遮罩的遮罩影像。

【0079】 另一方面，相對於出現耦合效果的所有圖案的寬度或者所有的空間間隔而言，在提前儲存對應的耦合濾波器的時間方面可能非常低效。因此，可能需要相對於任意圖案的寬度或任意空間的間隔來相對容易且快速地產生耦合濾波器的方法。在根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法中，可使用線性插值針對任意圖案的寬度或任意空間的間隔來產生耦合濾波器。

【0080】 假設已針對為二或大於二的圖案的寬度或空間間隔計算了耦合濾波器。舉例而言，當將用於具有寬度 a 的線圖案的耦合濾波器定義為 $CF(a)$ 且將用於具有寬度 b 的線圖案的耦合濾波器定義為 $CF(b)$ 時，可藉由方程式 4 來計算用於具有任意寬度 c 的線圖案的耦合濾波器 $CF(c)$ 。

【0081】 [方程式 4]

$$CF(c) = [(b-c) \times CF(a) + (c-a) \times CF(b)] / (b-a)。$$

【0082】 此處，寬度 b 可大於寬度 a ，且寬度 c 可為寬度 a 與寬度 b 之間的任意值。

【0083】 舉例而言，當將針對具有 4 奈米寬度的線圖案及具有 8 奈米寬度的線圖案而計算的耦合濾波器分別定義為 $CF(4)$ 及 $CF(8)$

時，可使用方程式 4 來將用於具有 6 奈米寬度的線圖案的耦合濾波器 CF(6)計算為 $[CF(4) + CF(8)] / 2$ 。

【0084】 圖 9A 至圖 9E 是示出藉由線性插值方法而產生的耦合濾波器的準確性的曲線圖。在圖 9A 及圖 9E 中，水平軸可為與以奈米為單位的圖案的佈局對應的在第一方向（x 方向）上的位置，且垂直軸可表示以任意單位（a.u.）為單位的近場的幅值的量值。另外，粗實線（嚴格的）可表示嚴格的遮罩影像，虛線（邊緣濾波器）可表示第一遮罩影像，且細實線（邊緣濾波器+耦合濾波器）可表示經校正的第一遮罩影像。

【0085】 參照圖 9A 至圖 9E，用於 4 奈米寬度及 8 奈米寬度的線圖案的經校正的第一遮罩影像（邊緣濾波器+耦合濾波器）可為使用用於 4 奈米寬度及 8 奈米寬度的線圖案的耦合濾波器的經校正的第一遮罩影像。此處，可藉由先前參照圖 7A 至圖 7D 闡述的過程來產生用於 4 奈米寬度及 8 奈米寬度的線圖案的耦合濾波器。如圖中所示，可理解用於 4 奈米寬度及 8 奈米寬度的線圖案的經校正的第一遮罩影像（邊緣濾波器+耦合濾波器）可幾乎相似於嚴格的遮罩影像（嚴格的）。

【0086】 另一方面，用於 5 奈米、6 奈米及 7 奈米寬度的線圖案的經校正的第一遮罩影像（邊緣濾波器+耦合濾波器）可為使用用於 5 奈米、6 奈米及 7 奈米寬度的線圖案的耦合濾波器的經校正的第一遮罩影像。此處，可基於用於 4 奈米寬度及 8 奈米寬度的線圖案的已計算出的耦合濾波器來使用方程式 4 獲得用於 5 奈米、6

奈米及 7 奈米寬度的線圖案的耦合濾波器。如圖中所示，可理解用於 5 奈米、6 奈米及 7 奈米寬度的線圖案的經校正的第一遮罩影像（邊緣濾波器+耦合濾波器）可幾乎相似於嚴格的遮罩影像（嚴格的）。因此，藉由對已計算的至少為二的圖案的寬度或空間間隔使用耦合濾波器，可藉由線性插值來以高的準確性快速地計算用於任意圖案的寬度或任意空間的間隔的耦合濾波器。

【0087】 在根據本發明概念實施例的用於執行 OPC 的方法中，即使闡述線性插值方法作為相對於任意圖案的寬度或任意空間的間隔計算耦合濾波器的方法，然而相對於任意圖案的寬度或任意空間的間隔而計算耦合濾波器的方法並非僅限於所述線性插值方法。舉例而言，可使用推斷來找到用於較所計算的所述兩個圖案的寬度大的圖案的寬度的耦合濾波器。另外，當圖案的寬度的耦合效果是非線性的時，可使用多項式插值或指數插值來代替線性插值。

【0088】 圖 10 是根據本發明概念示例性實施例的製造遮罩的方法的過程的流程圖。

【0089】 參照圖 10，根據本發明概念實施例的製造遮罩的方法可包括執行 OPC。用於執行 OPC 的方法可包括例如自提取邊緣的操作（S210）至執行模擬的操作（S260）。提取邊緣的操作（S210）至產生最終遮罩影像的操作（S250）可與圖 1 所示用於執行 OPC 的方法的操作 S110 至 S150 相同。之後，可藉由將最終遮罩影像的資料反映至 OPC 模型來執行模擬（S260）。執行模擬的操作

(S260) 可包括產生及驗證 OPC 模型的操作。產生、驗證及執行 OPC 模型的操作可與在相對於圖 1 給出的說明中所闡述者相同。作為參考，在產生最終遮罩影像的操作 (S250) 中產生的最終遮罩影像可用於產生 OPC 模型中所包括的光學 OPC 模型。

【0090】 在執行 OPC 及獲得遮罩設計資料之後，可傳輸 MTO 設計資料 (S270)。一般而言，MTO 可表示將藉由 OPC 而獲得的最終遮罩資料作為用於製造遮罩的請求傳輸至遮罩生產團隊的任務。因此，MTO 設計資料可最終對應於藉由 OPC 而獲得的最終遮罩資料。MTO 設計資料可具有在電子設計自動化 (electronic design automation, EDA) 軟體等中使用的圖形資料格式。舉例而言，MTO 設計資料可具有例如以下資料格式：圖形資料系統 II (graphic data system II, GDS2) 及開放藝術品系統互換標準 (open artwork system interchange standard, OASIS)。

【0091】 在傳輸 MTO 設計資料之後，可執行遮罩資料準備 (mask data preparation, MDP) 的操作 (S280)。MDP 可包括例如被稱為斷裂 (fracturing) 的格式轉換、用於機械讀取的條形碼的增強、用於檢查的標準遮罩圖案、作業卡片組等，以及包括自動化及手動驗證。此處，工作卡片組可表示創建與一系列命令 (例如，關於多遮罩檔案 (multi-mask files) 的排列資訊、參考劑量及曝光速度及方法) 相關的文本檔案的操作。

【0092】 另一方面，格式轉換 (即，斷裂) 可表示將 MTO 設計資料劃分成相應的區以及將 MTO 設計資料改變成用於電子束曝

光系統的格式的過程。斷裂可包括例如資料操縱，例如資料的按比例縮放、尺寸調整、資料旋轉、圖案反射及顏色反轉。在藉由斷裂進行的轉換過程中，可校正具有多個系統誤差的資料，所述多個系統誤差可能在將設計資料傳輸至晶圓上的影像的過程中在某處出現。對系統誤差進行的資料補償過程可被稱為遮罩過程校正（mask process correction，MPC）且可包括例如線寬度調整（被稱為 CD 調整）以及提高圖案排列準確性的操作。因此，斷裂可為可有助於最終遮罩的品質改善的過程且另外斷裂可針對遮罩過程補償的操作而主動執行。此處，系統誤差可能由曝光過程、遮罩顯影過程、蝕刻過程、晶圓成像過程等中可能出現的畸變引起。

【0093】 另一方面，MDP 可包括 MPC。如上所述，MPC 可被稱為用於校正在曝光過程期間出現的誤差（即，系統誤差）的過程。此處，曝光過程可為一般而言包括寫入、顯影、蝕刻、烘烤等的概念。另外，在曝光過程之前可執行資料處理。資料處理可為一種用於遮罩資料的預處理過程且可包括對遮罩資料進行的語法檢查、曝光時間預測等。

【0094】 在準備好遮罩資料之後，可基於遮罩資料來對遮罩基板進行曝光（S290）。此處，曝光可表示例如電子束寫入。可藉由使用例如多束遮罩寫入器（multi-beam mask writer，MBMW）的灰色寫入方法來執行電子束寫入。另外，亦可使用可變形狀束（Variable Shape Beam，VSB）曝光裝置來執行電子束寫入。

【0095】 另一方面，在完成 MDP 之後，可在曝光過程之前執行

將遮罩資料轉換成畫素資料的過程。畫素資料可為直接用於實際曝光的資料，且可包括待曝光物體的形狀的資料以及被分配給所述形狀的每一部分的劑量的資料。此處，形狀的資料可為位元圖資料，其中作為向量資料的形狀資料已藉由光柵化（**rasterization**）等進行了轉換。

【0096】 在曝光過程之後，可執行一系列過程來完成遮罩（**S295**）。所述一系列過程可包括例如顯影、蝕刻及清潔等過程。另外，製造遮罩的一系列操作可包括量測過程、缺陷檢查及缺陷修復過程。另外，可包括薄膜施加過程。此處，薄膜施加過程可表示當藉由最終清潔及檢查驗證不存在污染顆粒或化學汙漬時將薄膜貼合至遮罩的表面以保護遮罩在遮罩的遞送期間及遮罩的使用壽命期間不會受到後續污染。

【0097】 在根據本發明概念實施例的製造遮罩的方法中，遮罩可為極紫外線（**extreme ultraviolet, EUV**）遮罩。然而，實施例並非僅限於此，且亦可製造用於另一波長的遮罩（例如深紫外線（**deep ultraviolet, DUV**）遮罩）。

【0098】 根據本發明概念實施例的製造遮罩的方法可包括用於執行 **OPC** 的方法以藉由以下方法來快速地且準確地計算包括圖案的遮罩的遮罩影像：使用反映耦合效果的耦合濾波器來校正藉由邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像。因此，根據本發明概念實施例的製造遮罩的方法可基於準確的遮罩影像產生準確的 **OPC** 模型，並藉由基於準確的 **OPC** 模型執行 **OPC** 來產生光學遮罩資料。

另外，根據本發明概念實施例的製造遮罩的方法可提供良好的遮罩，所述良好的遮罩能夠藉由基於最佳的遮罩資料而藉由曝光過程製造遮罩來在晶圓上最佳地形成目標圖案。

【0099】 根據本發明概念的技術態樣的用於執行 OPC 的方法可藉由以下方法快速地且準確地計算包括圖案的遮罩的遮罩影像：使用反映耦合效果的耦合濾波器來校正藉由邊緣濾波器而獲得的第一遮罩影像。另外，根據本發明概念的技術態樣的用於執行 OPC 的方法可藉由使用邊緣濾波器及耦合濾波器計算遮罩影像來快速地且準確地計算遮罩影像而不改變計算現有遮罩影像的方法中的模擬。

【0100】 根據本發明概念的技術態樣的製造遮罩的方法由此可藉由產生準確的遮罩影像及準確的 OPC 模型來執行 OPC 進而藉由使用上述耦合濾波器的校正方法來產生最佳的遮罩資料。因此，根據本發明概念的技術態樣的製造遮罩的方法可達成良好的遮罩，所述良好的遮罩能夠藉由基於最佳的遮罩資料而藉由曝光過程製造遮罩來在晶圓上最佳地形成目標圖案。

【0101】 儘管已參照本發明概念的示例性實施例具體示出及闡述了本發明概念，然而此項技術中具有通常知識者應理解，在不背離由以下申請專利範圍界定的本發明概念的精神及範圍的條件下，可在本文中作出形狀及細節上的各種改變。因此，本發明概念的真實保護範圍應由以下申請專利範圍的技術理念來確定。

【符號說明】

【0102】

CE：耦合邊緣

S110、S120、S130、S140、S150、S210、S220、S230、S240、
S250、S260、S270、S280、S290、S295：操作

LE：左側邊緣

t：特定厚度

TMA：薄遮罩近似

TM：理想薄遮罩

TMI：薄遮罩影像/遮罩影像

RE：右側邊緣

RM：真實遮罩

RMI：嚴格的遮罩影像

R-SIM：嚴格的模擬

SMI：相減的遮罩影像

W：特定寬度

x：第一方向

y：第二方向

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種用於執行光學近接校正（OPC）的方法，包括：

提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣；

提取邊緣對，其中所述邊緣中相鄰的邊緣之間的寬度等於或小於特定距離；

為所述邊緣對中的每一者產生耦合邊緣；

藉由對所述邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像；以及

藉由對所述耦合邊緣應用耦合濾波器來校正所述第一遮罩影像，

其中用於與所述邊緣對對應的圖案的所述耦合濾波器是藉由將自通過電磁場模擬而獲得的嚴格的遮罩影像減去校正之前的所述第一遮罩影像及通過薄遮罩近似而獲得的第二遮罩影像而獲得的，

其中所述耦合濾波器的形狀在所述耦合邊緣的一部分處具有最高幅值且在距所述耦合邊緣更遠的距離處具有較小的幅值。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述的方法，其中所述嚴格的遮罩影像與所述遮罩的近場影像對應，所述遮罩的所述近場影像是光通過所述遮罩之後立即對所述遮罩的後表面進行計算得到的，且所述第一遮罩影像與所述近場影像的一部分對應。

【第3項】 如申請專利範圍第1項所述的方法，其中所述電磁場模擬包括嚴格的耦合波分析(RCWA)模擬或時域有限差分法(FDTD)模擬。

【第4項】如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中用於不同寬度的圖案的所述耦合濾波器是藉由使用用於至少兩個寬度的圖案的所述耦合濾波器來計算。

【第5項】如申請專利範圍第 4 項所述的方法，其中用於所述不同寬度的所述圖案的所述耦合濾波器是藉由插值方法來計算。

【第6項】如申請專利範圍第 4 項所述的方法，其中當將用於寬度 a 的圖案的所述耦合濾波器表示為 CF(a)且將用於寬度 b 的圖案的所述耦合濾波器表示為 CF(b)時，

藉由以下方程式來計算用於寬度 c 的圖案的所述耦合濾波器 CF(c)：

$$CF(c) = [(b-c) \times CF(a) + (c-a) \times CF(b)] / (b-a),$$

其中所述寬度 b 大於所述寬度 a，且所述寬度 c 是所述寬度 a 與所述寬度 b 之間的任意值。

【第7項】如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中校正所述第一遮罩影像包括藉由將經校正的所述第一遮罩影像加到通過所述薄遮罩近似而獲得的所述第二遮罩影像來產生最終遮罩影像。

【第8項】如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中提取所述佈局的所述邊緣包括提取所述佈局的在垂直方向上的垂直邊緣及在水平方向上的水平邊緣。

【第9項】如申請專利範圍第 8 項所述的方法，其中產生所述第一遮罩影像包括對左側上的所述垂直邊緣與右側上的所述垂直邊緣應用不同的邊緣濾波器。

【第10項】如申請專利範圍第8項所述的方法，其中產生所述第一遮罩影像包括藉由分別對所述垂直邊緣及所述水平邊緣應用不同的邊緣濾波器來產生所述第一遮罩影像，且校正所述第一遮罩影像包括藉由將經校正的所述第一遮罩影像加到通過所述薄遮罩近似而獲得的所述第二遮罩影像來產生最終遮罩影像。

【第11項】如申請專利範圍第1項所述的方法，其中校正所述第一遮罩影像包括藉由將經校正的所述第一遮罩影像加到通過所述薄遮罩近似而獲得的所述第二遮罩影像來產生最終遮罩影像，且藉由使用所述最終遮罩影像來產生光學 OPC 模型。

【第12項】一種用於執行光學近接校正（OPC）的方法，包括：

提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣；

根據等於或小於特定標準的標準提取所述邊緣中的邊緣對；

產生所述邊緣對中的每一者的耦合邊緣

藉由對所述邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像；

藉由對所述耦合邊緣應用耦合濾波器來校正所述第一遮罩影像；以及

藉由將通過薄遮罩近似而獲得的第二遮罩影像加到所述第一遮罩影像來產生最終遮罩影像，

其中用於與所述邊緣對對應的圖案的所述耦合濾波器是藉由將自通過電磁場模擬而獲得的嚴格的遮罩影像減去校正之前的所述第一遮罩影像及通過薄遮罩近似而獲得的第二遮罩影像而獲得的，

其中所述耦合濾波器的形狀在所述耦合邊緣的一部分處具有最高幅值且在距所述耦合邊緣更遠的距離處具有較小的幅值。

【第13項】 如申請專利範圍第 12 項所述的方法，其中所述耦合邊緣位於所述邊緣對中的每一者的中心處。

【第14項】 如申請專利範圍第 12 項所述的方法，其中所述標準是藉由相鄰的邊緣之間的距離或所述相鄰的邊緣之間的耦合效果來確定的。

【第15項】 如申請專利範圍第 12 項所述的方法，其中用於不同寬度的圖案的所述耦合濾波器是藉由使用用於至少兩個寬度的圖案的所述耦合濾波器來計算。

【第16項】 如申請專利範圍第 15 項所述的方法，其中用於所述不同寬度的所述圖案的所述耦合濾波器是藉由使用插值方法而獲得的。

【第17項】 如申請專利範圍第 12 項所述的方法，其中提取所述佈局的所述邊緣包括提取所述佈局的在垂直方向上的垂直邊緣及在水平方向上的水平邊緣，且產生所述第一遮罩影像包括分別對左側上的所述垂直邊緣及右側上的所述垂直邊緣應用不同的邊緣濾波器。

【第18項】 一種製造遮罩的方法，所述方法包括：

提取遮罩上的圖案的佈局的邊緣；

提取邊緣對，其中所述邊緣中相鄰的邊緣之間的寬度等於或小於特定距離；

為所述邊緣對中的每一者產生耦合邊緣；

藉由對所述邊緣應用邊緣濾波器來產生第一遮罩影像；

藉由對所述耦合邊緣應用耦合濾波器來校正所述第一遮罩影像並產生最終遮罩影像；

藉由將所述最終遮罩影像的資料反映至光學近接校正（OPC）模型來執行模擬；

傳輸藉由所述模擬而獲得的設計資料作為遮罩流片（MTO）設計資料；

基於所述遮罩流片設計資料而準備遮罩資料；以及

基於所述遮罩資料而向遮罩基板上執行曝光。

【第19項】 如申請專利範圍第 18 項所述的方法，其中用於與所述邊緣對對應的圖案的所述耦合濾波器是藉由將自通過電磁場模擬獲得的嚴格的遮罩影像減去校正之前的所述第一遮罩影像及通過薄遮罩近似而獲得的第二遮罩影像而獲得的。

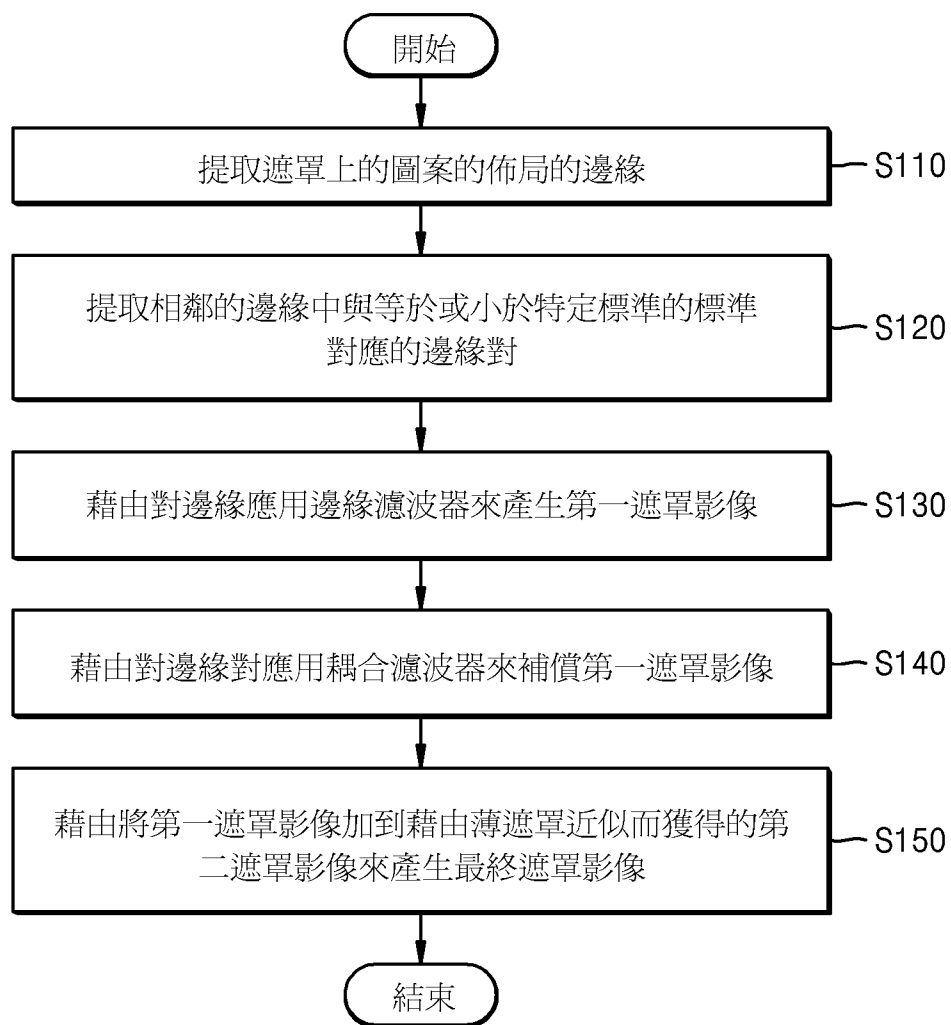
【第20項】 如申請專利範圍第 18 項所述的方法，其中用於不同寬度的圖案的所述耦合濾波器是藉由使用用於至少兩個寬度的圖案的所述耦合濾波器通過線性插值方法而獲得的。

【第21項】 如申請專利範圍第 18 項所述的方法，其中提取所述佈局的所述邊緣包括提取所述佈局的在垂直方向上的垂直邊緣及在水平方向上的水平邊緣；產生所述第一遮罩影像包括藉由分別對所述垂直邊緣及所述水平邊緣應用不同的邊緣濾波器來產生所述第一遮罩影像；且產生所述最終遮罩影像包括藉由將經校正的所

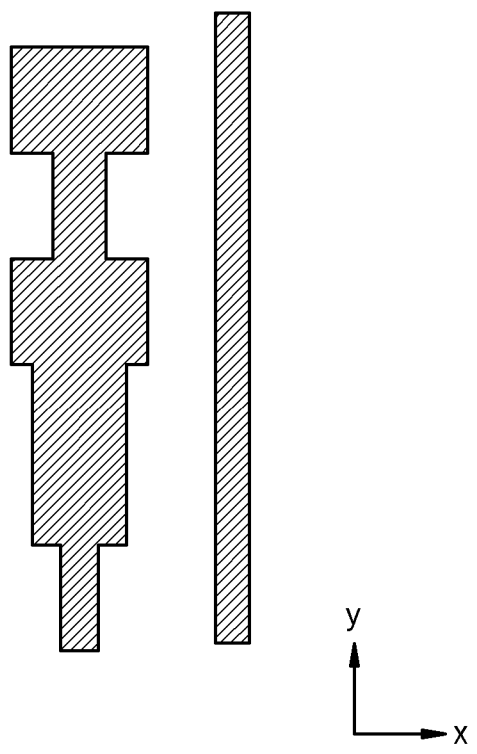
述第一遮罩影像與通過薄遮罩近似而獲得的第二遮罩影像相加來產生所述最終遮罩影像。

【第22項】如申請專利範圍第 18 項所述的方法，其中所述光學近接校正模型包括用於光阻（PR）的 OPC 模型及光學 OPC 模型，且在所述光學的光學近接校正模型中使用所述最終遮罩影像的資料。

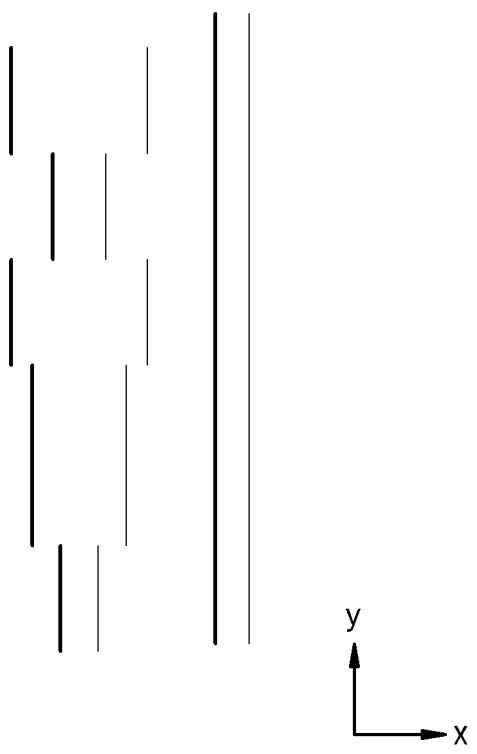
【發明圖式】



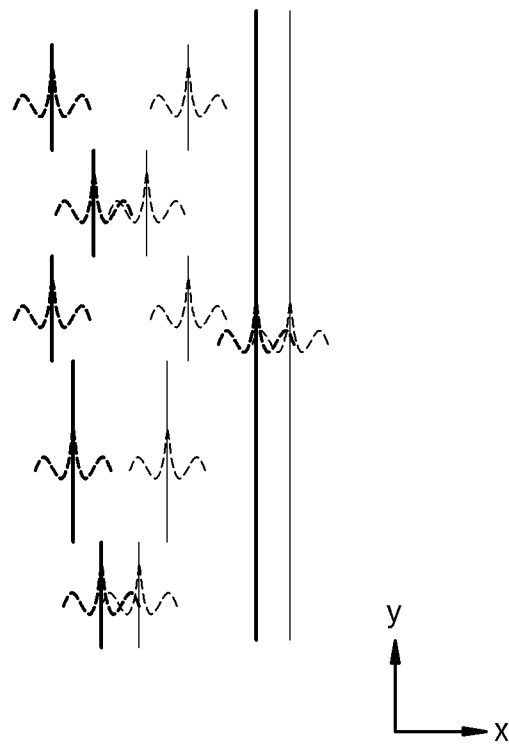
【圖 1】



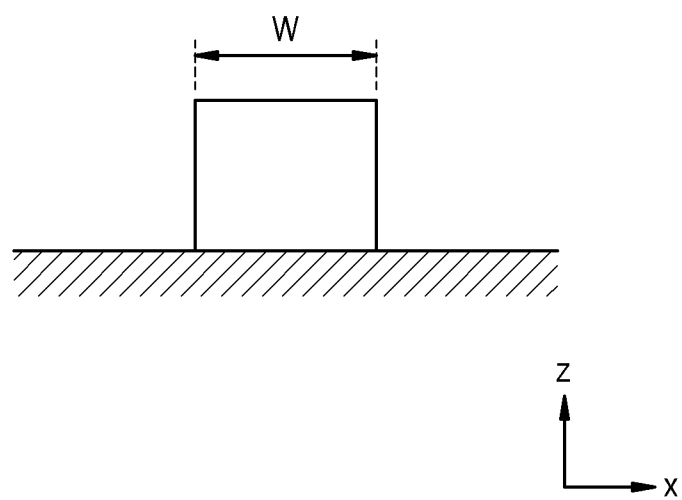
【圖 2A】



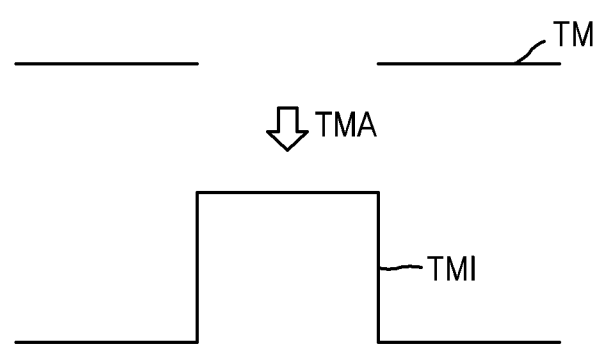
【圖 2B】



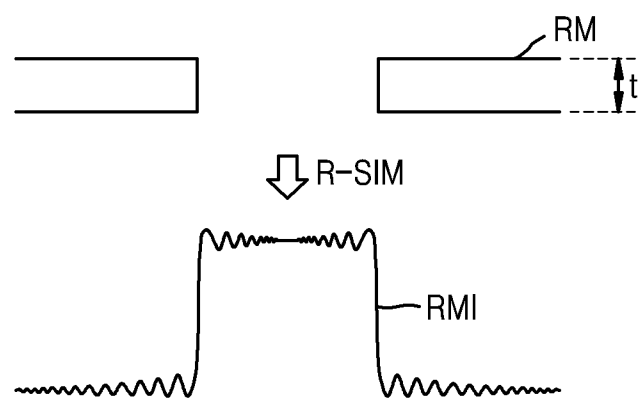
【圖 2C】



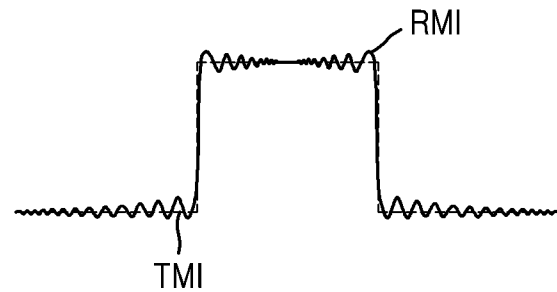
【圖 3A】



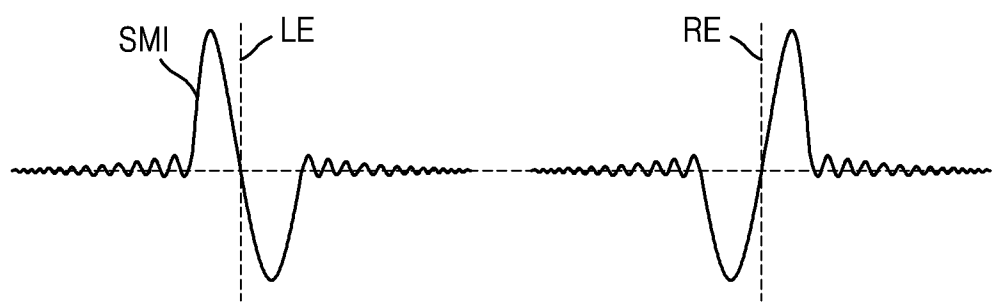
【圖 3B】



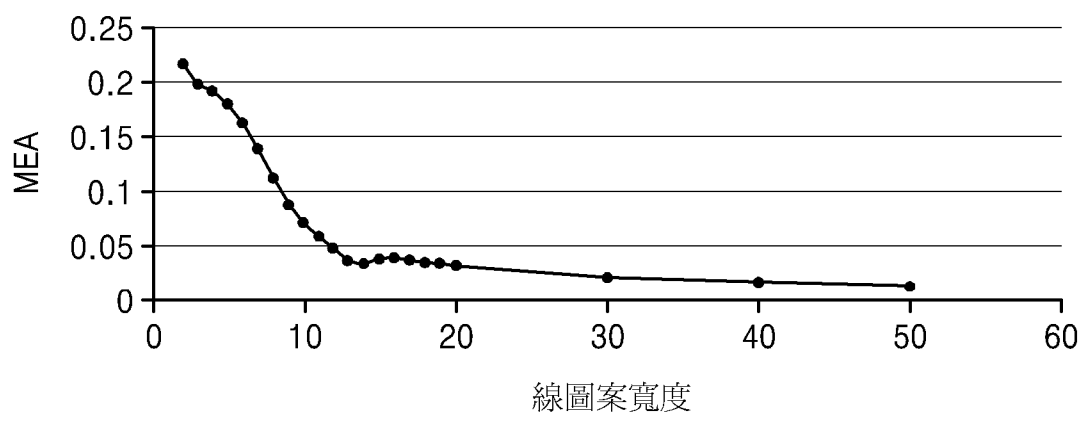
【圖 3C】



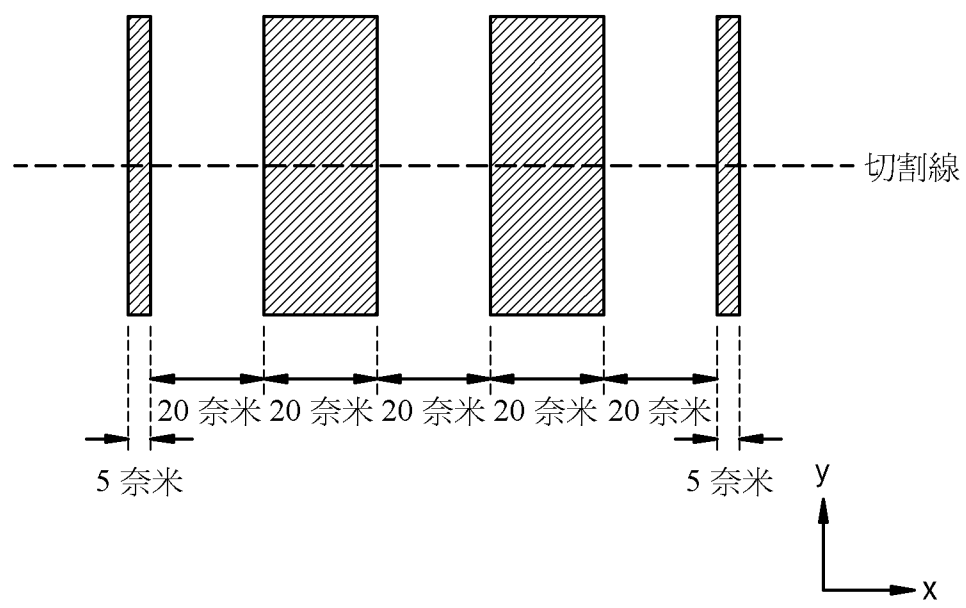
【圖 3D】



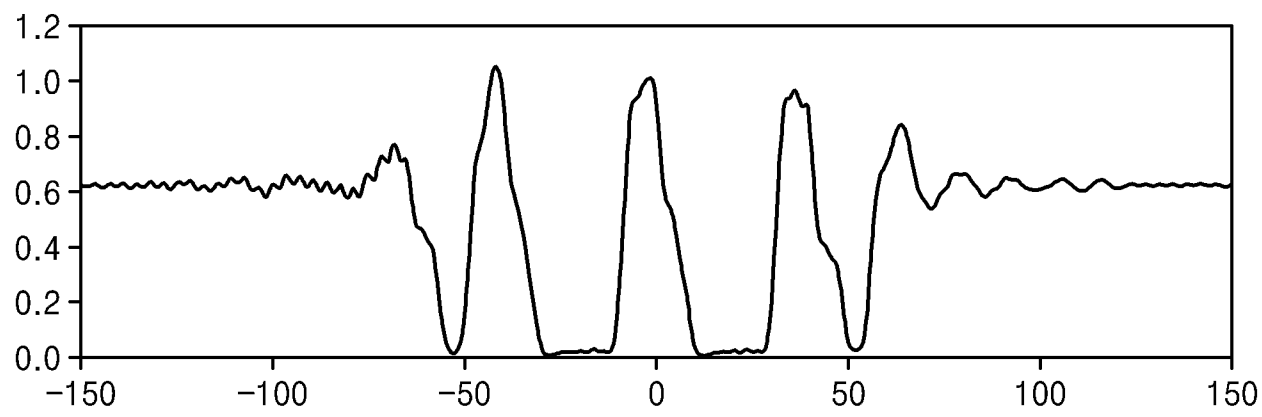
【圖 3E】



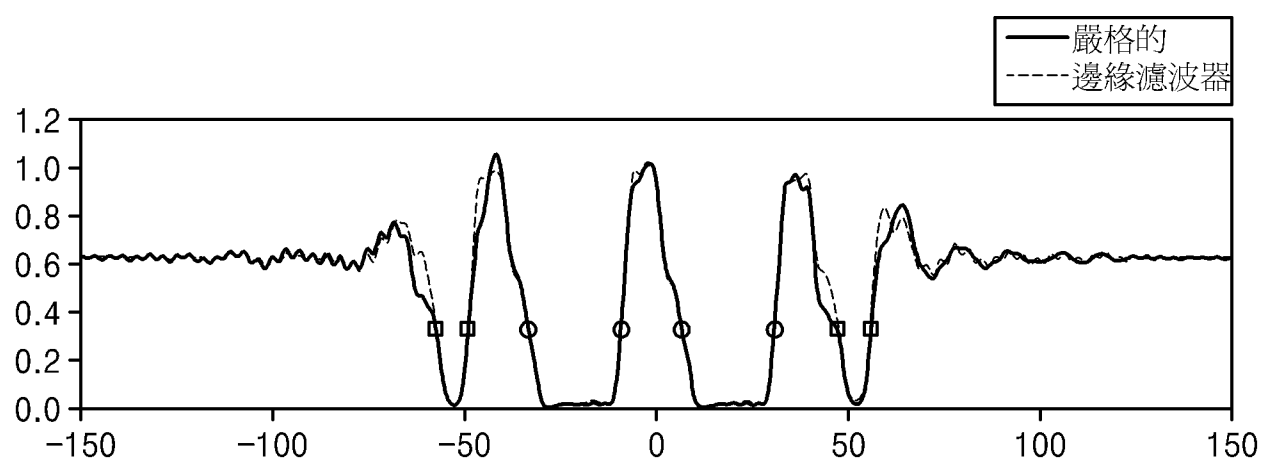
【圖 4】



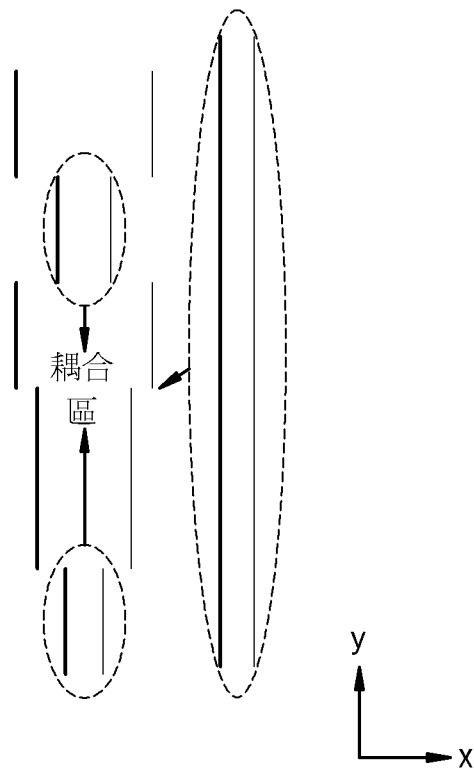
【圖 5A】



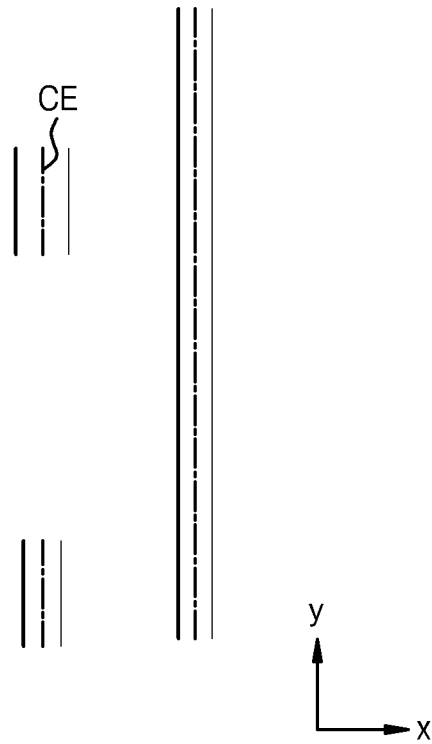
【圖 5B】



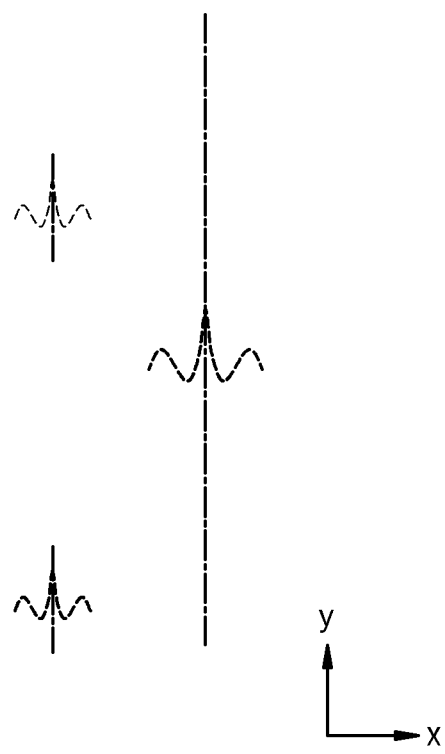
【圖 5C】



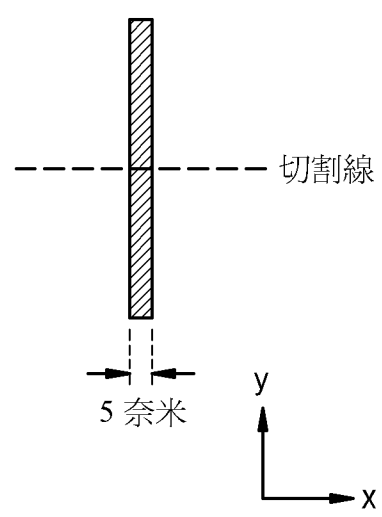
【圖 6A】



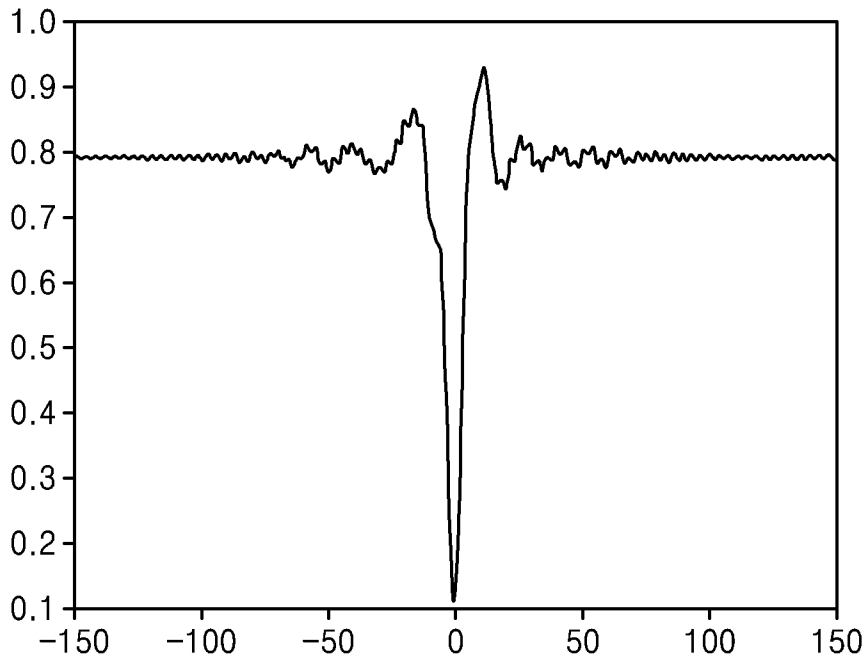
【圖 6B】



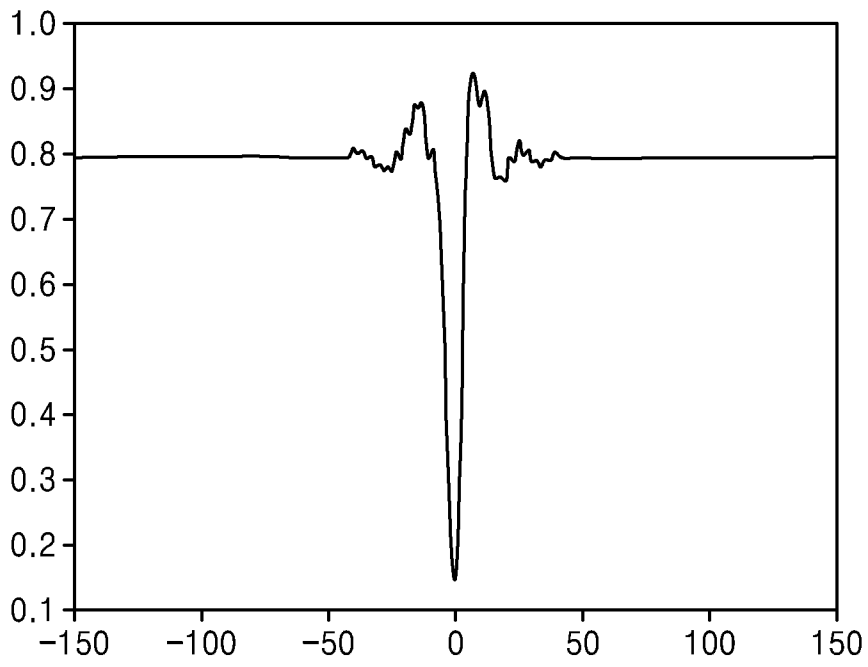
【圖 6C】



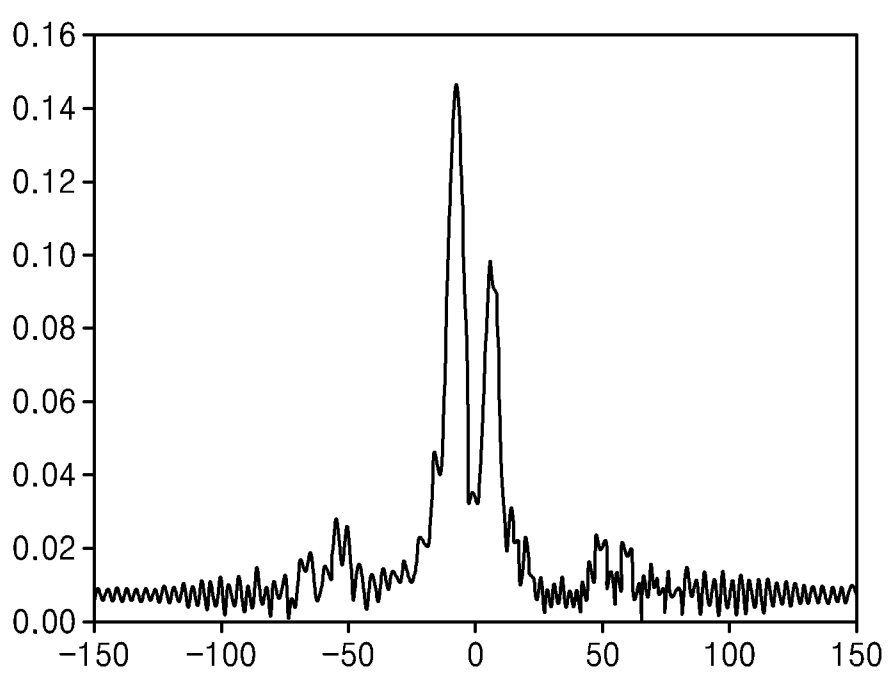
【圖 7A】



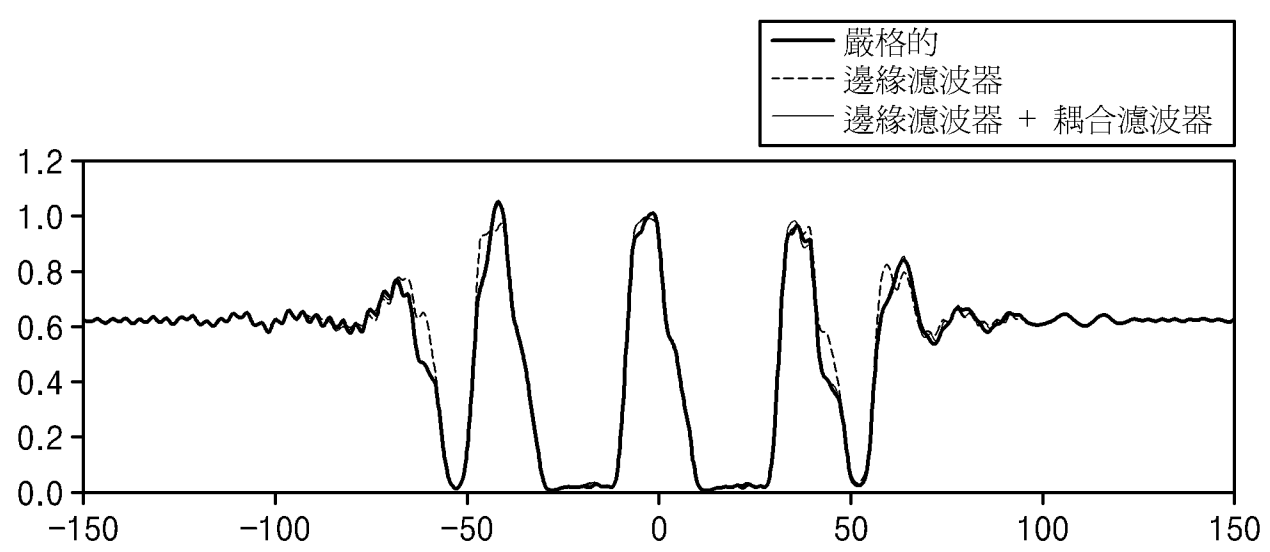
【圖 7B】



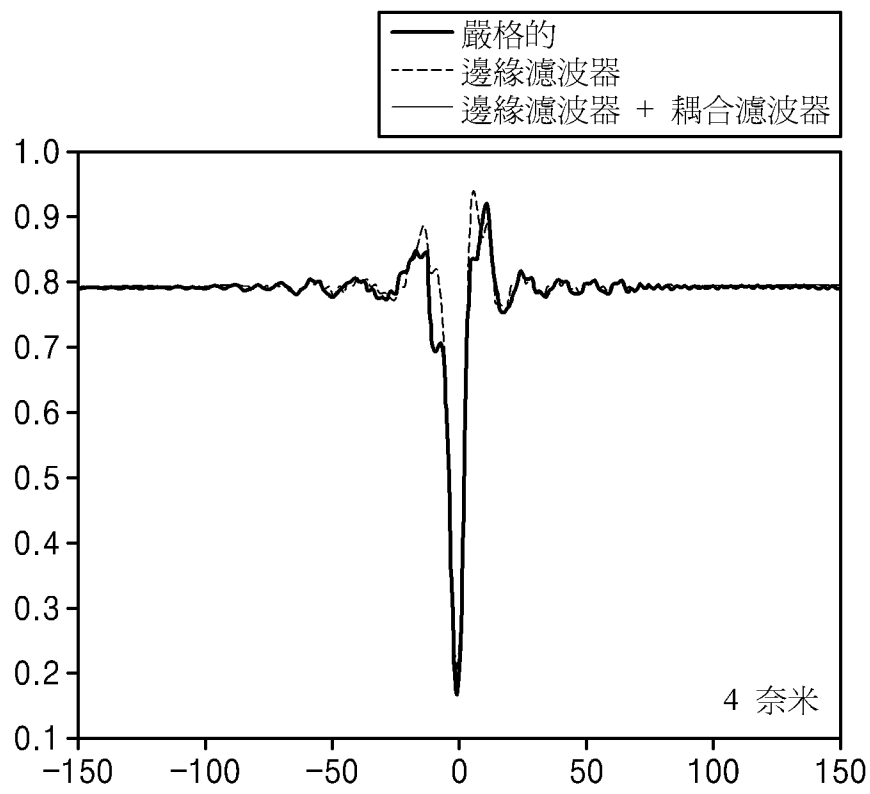
【圖 7C】



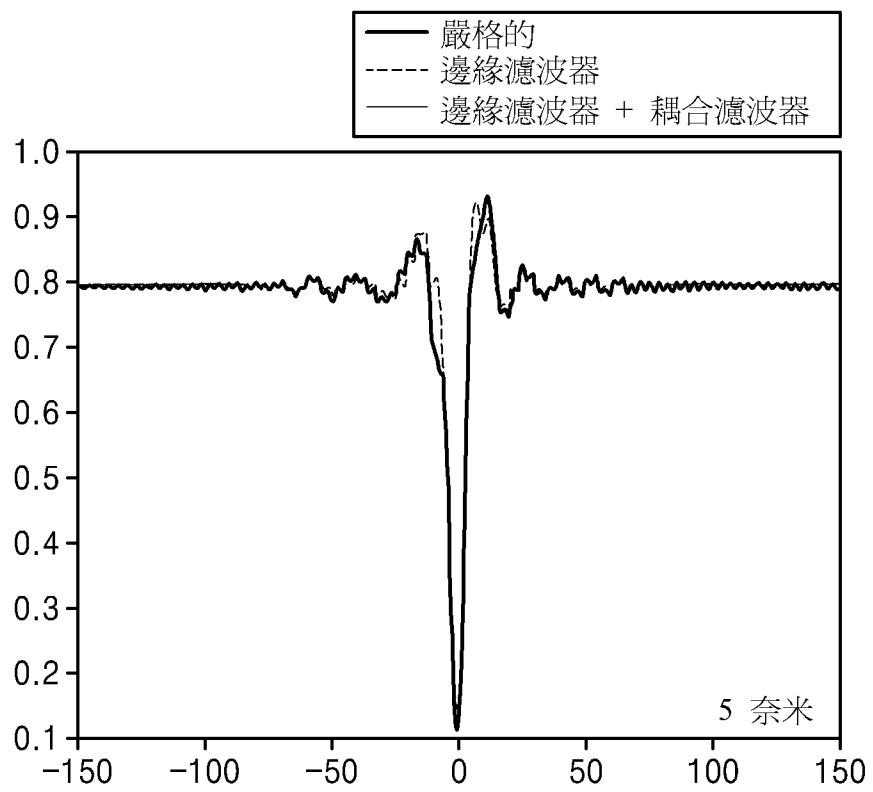
【圖 7D】



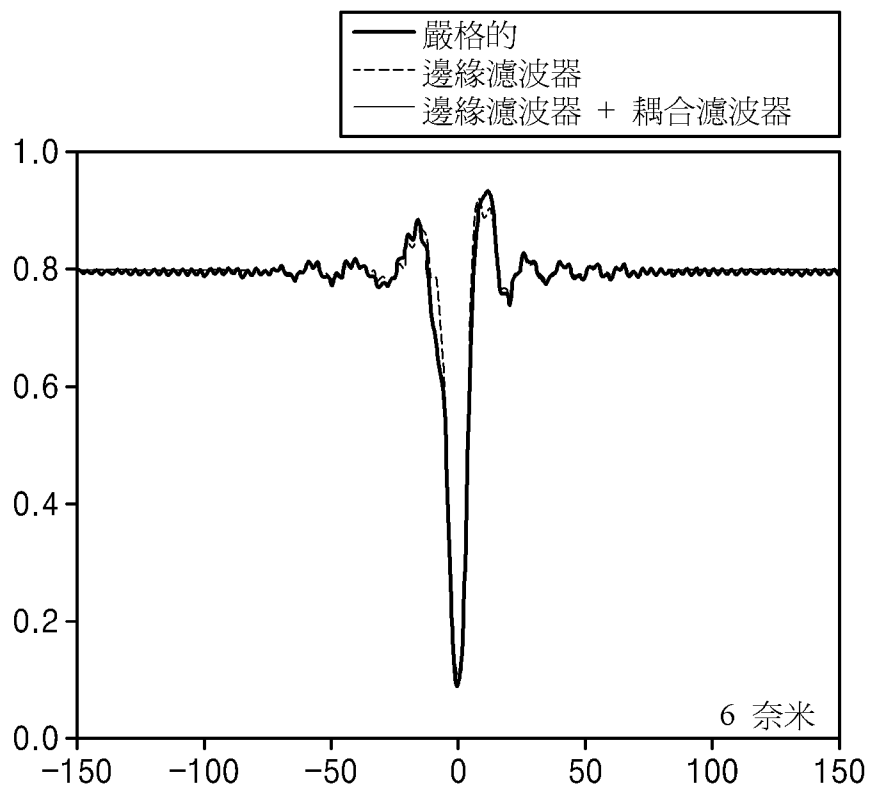
【圖 8】



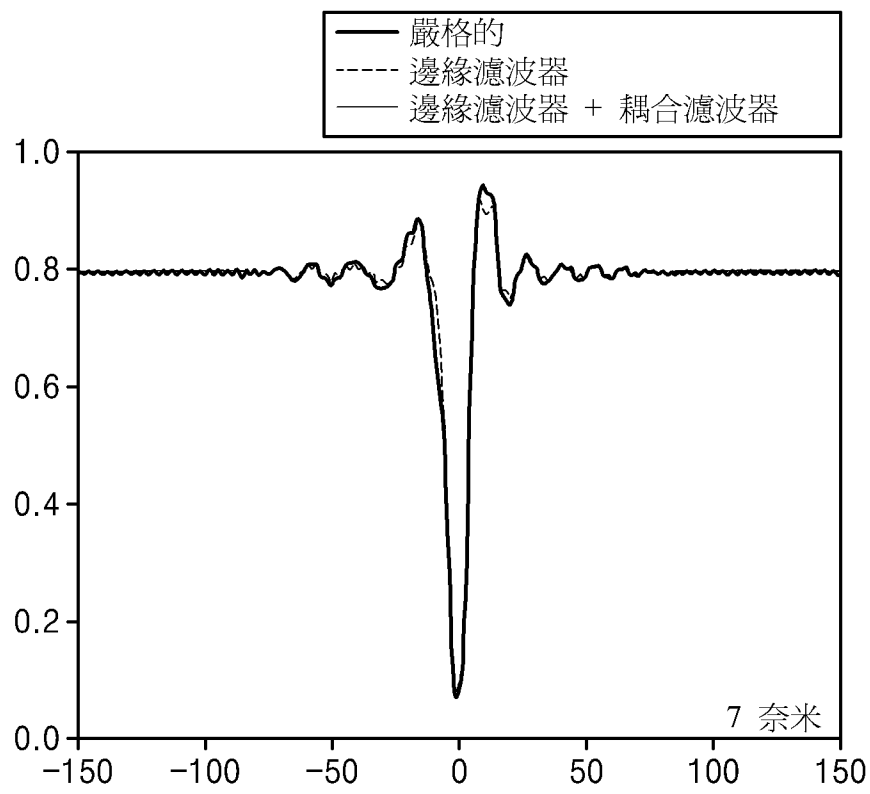
【圖 9A】



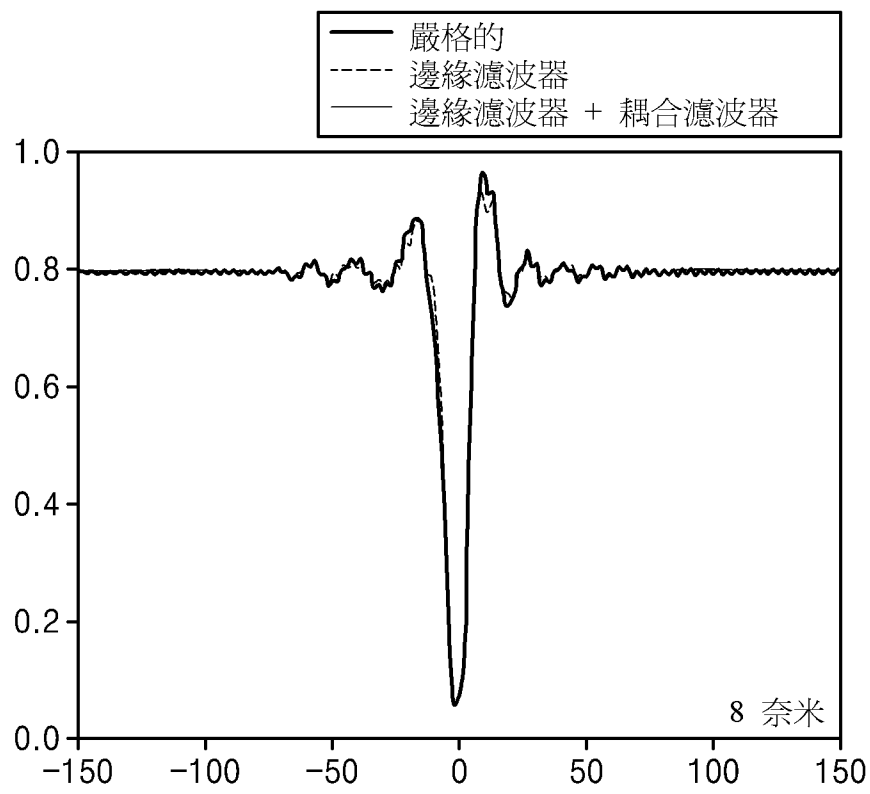
【圖 9B】



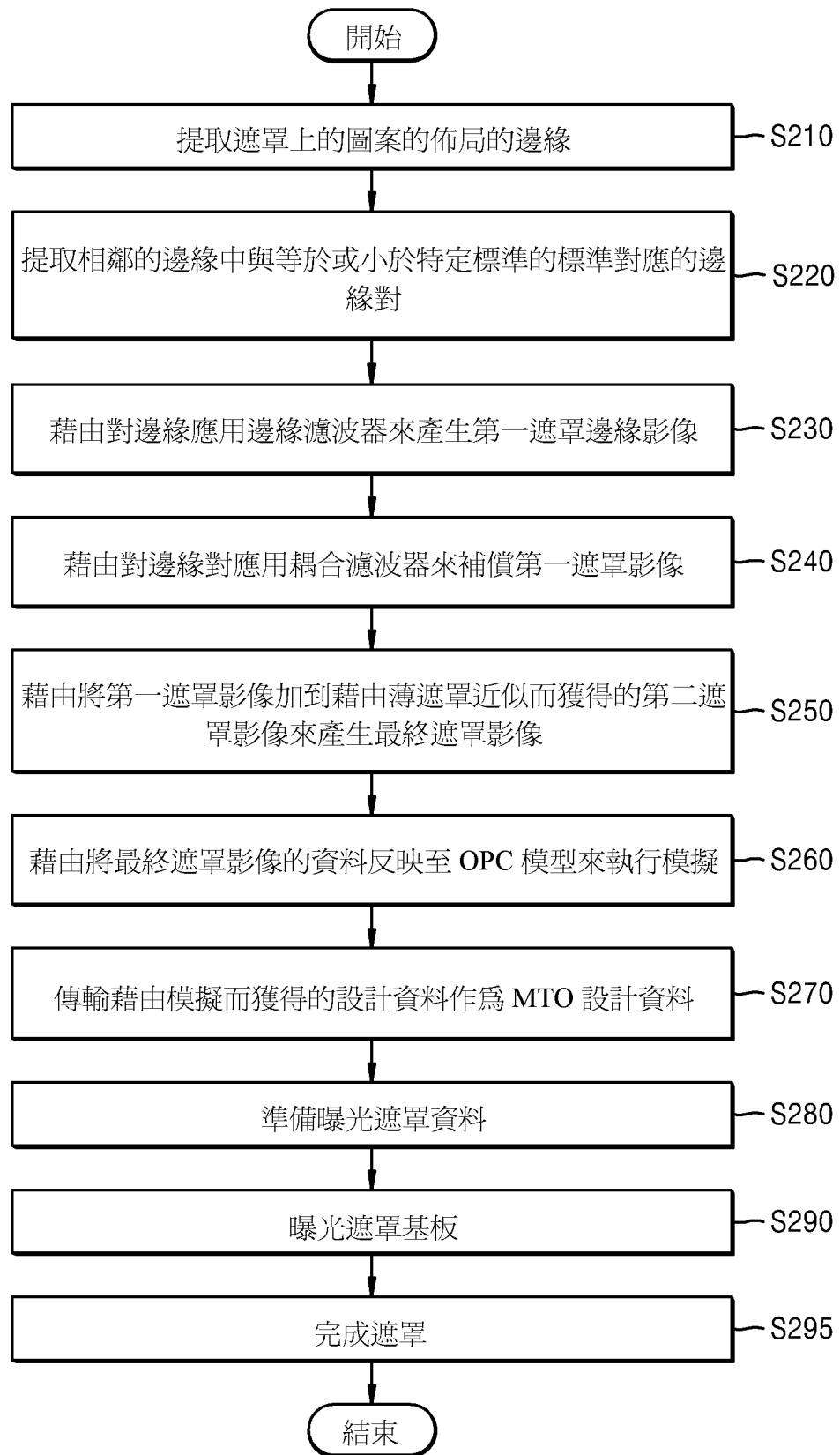
【圖 9C】



【圖 9D】



【圖 9E】



【圖 10】