



(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 I454939 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：100136738

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 10 月 11 日

(51)Int. Cl. : G06F17/10 (2006.01)

H01L21/027 (2006.01)

(30)優先權：2010/10/19 日本

2010-234914

(71)申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)

日本

(72)發明人：中山諒 NAKAYAMA, RYO (JP) ; 辻田好一郎 TSUJITA, KOUICHIROU (JP) ; 三上晃司 MIKAMI, KOJI (JP) ; 石井弘之 ISHII, HIROYUKI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW I233149

TW 201017342A

US 6333203B1

US 2009/0180093A1

審查人員：高元良

申請專利範圍項數：7 項 圖式數：28 共 0 頁

(54)名稱

光阻圖案計算方法及計算程式儲存媒體

RESIST PATTERN CALCULATION METHOD AND CALCULATION PROGRAM STORAGE MEDIUM

(57)摘要

本申請涉及光阻圖案計算方法。一種使用電腦計算形成在基底上的光阻圖案的方法包括：第一步驟，基於中間遮罩圖案和曝光條件來計算形成在光阻上的光學圖像的光強度分佈；第二步驟，使用第一擴散長度對計算的光強度分佈進行卷積；第三步驟，從計算的光強度分佈或者卷積的光強度分佈計算代表性光強度；第四步驟，透過將校正函數與卷積的光強度分佈相加來對卷積的光強度分佈進行校正，所述校正函數包括由下式給出的第一函數：

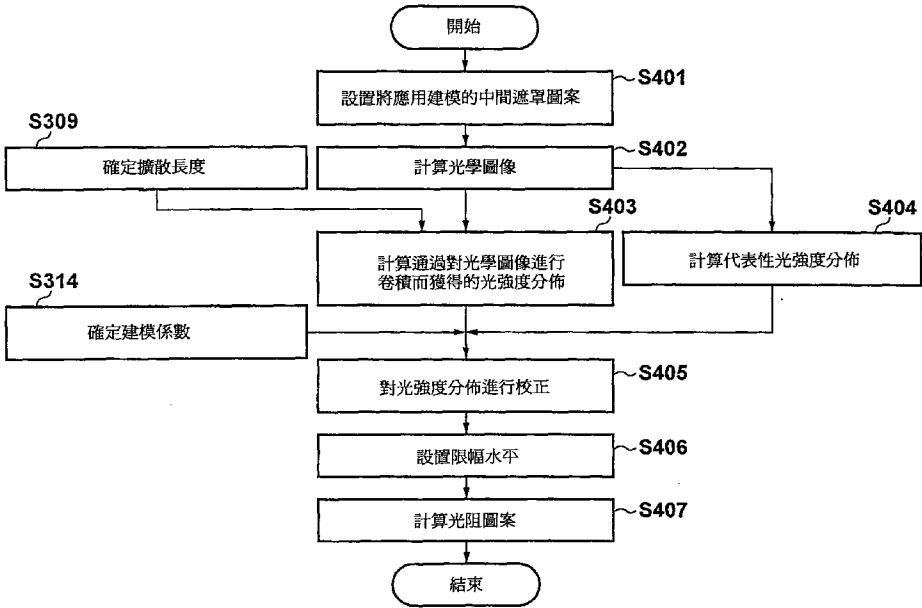
$\{\sum_{k=0}^n (a_k J^k)\} \exp(-\alpha J)$ ，其中，J 是代表性光強度的分佈；和第五步驟，基於校正的光強度分佈和預先設置的限幅水平來計算光阻圖案。

A recording medium stores a program for causing a computer to execute a method of calculating a resist pattern. The method includes: a first step of calculating a light intensity distribution of an optical image formed on the resist, based on the reticle pattern and an exposure condition; a second step of convoluting, using a first diffusion length, the calculated light intensity distribution; a third step of calculating a representative light intensity from the calculated light intensity distribution or the convoluted light intensity distribution; a fourth step of correcting the convoluted light intensity distribution by adding, to the convoluted

light intensity distribution, a correction function including a first function given by: $\{\sum_{k=0}^n (a_k J^k)\} \exp(-\alpha J)$

where J is the distribution of the representative light intensity; and a fifth step of calculating the resist pattern based on the corrected light intensity distribution and a slice level set in advance.

圖 10



783046

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100136738

※申請日：100 年 10 月 11 日

※IPC 分類：G06F117/10 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

一、發明名稱：(中文／英文)

光阻圖案計算方法及計算程式儲存媒體

Resist pattern calculation method and calculation program storage medium

二、中文發明摘要：

本申請涉及光阻圖案計算方法。一種使用電腦計算形成在基底上的光阻圖案的方法包括：第一步驟，基於中間遮罩圖案和曝光條件來計算形成在光阻上的光學圖像的光強度分佈；第二步驟，使用第一擴散長度對計算的光強度分佈進行卷積；第三步驟，從計算的光強度分佈或者卷積的光強度分佈計算代表性光強度；第四步驟，透過將校正函數與卷積的光強度分佈相加來對卷積的光強度分佈進行校正，所述校正函數包括由下式給出的第一函數：

$\{\sum_{k=0}^n (a_k J^k)\} \exp(-\alpha J)$ ，其中，J是代表性光強度的分佈；和第五

步驟，基於校正的光強度分佈和預先設置的限幅水平來計算光阻圖案。

三、英文發明摘要：

A recording medium stores a program for causing a computer to execute a method of calculating a resist pattern. The method includes: a first step of calculating a light intensity distribution of an optical image formed on the resist, based on the reticle pattern and an exposure condition; a second step of convoluting, using a first diffusion length, the calculated light intensity distribution; a third step of calculating a representative light intensity from the calculated light intensity distribution or the convoluted light intensity distribution; a fourth step of correcting the convoluted light intensity distribution by adding, to the convoluted light intensity distribution, a correction function including a first function given by: $\{\sum_{k=0}^n (a_k J^k)\} \exp(-\alpha J)$ where J is the distribution of the representative light intensity; and a fifth step of calculating the resist pattern based on the corrected light intensity distribution and a slice level set in advance.

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(10)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及一種光阻圖案計算方法及計算程式儲存媒體。

【先前技術】

在平版印刷工藝中，光阻圖案通過曝光處理和顯影處理形成，在曝光處理中，來自中間遮罩圖案的光被投射光學系統投射到光阻上以使光阻曝光，在顯影處理中，使曝光的光阻顯影。具有期望形狀的光阻圖案期望被轉印和形成在晶片上。然而，由於例如光學鄰近效應（OPE）和低 k_1 ，具有期望形狀的光阻圖案實際上不能被轉印到晶片上。這是使裝置特性劣化的一個因素。因此，為了改進裝置特性，必需計算光阻圖案的形狀。

為了計算光阻圖案，日本專利公開 No.08-148404 公開了一種從通過對基於光學圖像計算的光強度分佈進行卷積而獲得的光強度分佈計算光阻圖案的方法。在日本專利公開 No.08-148404 中所述的技術中，使用各種方差值（以下將稱為擴散長度）來對光學圖像的光強度分佈進行卷積，以獲得與在曝光結果中獲得的擴散長度接近的擴散長度。在日本專利公開 No.08-148404 中所述的技術中，在建模(modeling)結果中獲得的擴散長度則被應用於計算將被計算的圖案的光強度分佈的卷積積分，從而計算光阻圖案的大小。

不幸的是，在日本專利公開 No.08-148404 中所述的現有技術難以以高精度計算光阻圖案的大小。本發明的發明人調查了該困難的原因，並推斷出在朝向低 k_1 的當前趨勢下，對基於光學圖像計算的光強度分佈進行算術卷積的方法不能以足夠高的精度表示光阻中的酸的擴散現象。這是由於以下原因。圖 1 是在化學增幅光阻中的曝光期間產生的化學反應的示意圖。在曝光期間，在具有高光強度的區域（亮區域）中，光阻中的酸（ H^+ ）依次經歷與光阻聚合物的鏈式反應。與此相反，在具有低光強度的區域（暗區域）中，酸（ H^+ ）被猝滅劑（quencher）中所包含的鹼（ OH^- ）中和。也就是說，酸的行為根據曝光的強度的幅度（感興趣區域是亮還是暗）而不同。日本專利公開 No.08-148404 中所述的無論光強度的幅度如何都以相同的算術形式對光學圖像進行卷積的現有技術沒有考慮酸的上述行為。

【發明內容】

考慮上述情形提出本發明，本發明提供一種改進光阻圖案的計算精度的技術。

本發明提供一種使用電腦計算光阻圖案的方法，所述光阻圖案是通過投射光學系統將中間遮罩的圖案的圖像投射到光阻上以使光阻曝光並使曝光的光阻顯影而形成在基底上的，所述方法包括：第一步，基於中間遮罩的圖案和曝光條件來計算形成在光阻上的光學圖像的光強度分佈；

第二步，使用第一擴散長度對在第一步中計算的光強度分佈進行卷積；第三步，使用在第一步中計算的光強度分佈或者在第二步中卷積的光強度分佈來計算點的代表性光強度，所述代表性光強度代表具有預定大小並包括限定在光阻的平面內的所述點的區域中的光強度；第四步，通過將校正函數與在第二步中卷積的光強度分佈相加來對在第二步中卷積的光強度分佈進行校正，所述校正函數包括通過 $\{\sum_{k=0}^n (a_k J^k)\} \exp(-\alpha J)$ 給出的第一函數，其中，J 是所述代表性光強度的分佈， a_k 和 α 是常數，n 是自然數；和第五步，基於在第四步中校正的光強度分佈和預先設置的限幅水平來計算光阻圖案。

從以下參照附圖對示例性實施例的描述，本發明的另外的特徵將變得清楚。

【實施方式】

在本發明的實施例中，使用模擬器計算光阻圖案，所述光阻圖案是通過投射光學系統將中間遮罩的圖案的圖像投射到光阻上以使光阻曝光並使曝光的光阻顯影而形成在基底上的。圖 2 顯示配備有該模擬器的電腦的構造。該電腦包括 CPU 101、儲存程式和資料的記錄介質 102、主記憶體 103、諸如鍵盤或滑鼠的輸入設備 104、諸如液晶顯示器的顯示裝置 105、和讀取記錄介質 107 的讀出裝置 106。記錄介質 102、主記憶體 103、輸入設備 104、顯示裝置 105 和讀出裝置 106 都連接至 CPU 101。在該電腦中

，儲存用於計算光阻圖案的程式的記錄介質 107 安裝在讀出裝置 106 中。CPU 101 從記錄介質 107 讀出程式，將它儲存在記錄介質 102 上，並執行它，從而對光阻圖案進行建模和計算。通過下述方式對光阻圖案進行建模，即，將在被曝光裝置曝光的晶片上的評估部分中通過掃描電子顯微鏡（SEM）獲得的臨界尺寸（CD）的測量結果與通過模擬器獲得的該臨界尺寸的計算結果進行比較。此外，通過下述方式計算光阻圖案，即，將其建模結果應用於光學仿真，以計算中間遮罩圖案的圖像。

圖 3 是由 SEM 執行的長度測量的流程圖。在步驟 S201 中，確定曝光條件，諸如曝光中的 NA、曝光量、照明形狀和光阻的類型。在步驟 S202 中，曝光裝置在步驟 S201 中確定的曝光條件下使基底（晶片）上的光阻曝光。在步驟 S203 中，顯影裝置使在步驟 S202 中曝光的光阻顯影。在步驟 S204 中，使用 SEM 執行在步驟 S203 中顯影的光阻圖案的長度測量。

圖 4 是顯示光阻圖案的建模的流程圖。在步驟 S301 中，設置在建模中使用的多個中間遮罩圖案。在步驟 S302 中，確定將從在步驟 S301 中設置的多個中間遮罩圖案選擇的參考圖案，及其目標大小和評估位置。例如，圖 5 是用於說明參考圖案的目标大小和評估位置的視圖，從多個中間遮罩圖案選擇具有給定間距的線和間隔圖案作為參考圖案，並將該圖案中心處的遮光部分設置為評估位置。此外，由例如 SEM 在所設置的評估位置處測量的值作

為目標大小輸入。輸入的目標大小將被用在步驟 S305 中。在步驟 S303 中，模擬器對於在步驟 S301 中設置的在建模中使用的每個中間遮罩圖案計算基於曝光條件形成在光阻上的光學圖像的光強度分佈（第一步）。在步驟 S304 中，模擬器使用給定的擴散長度對光學圖像的光強度分佈進行卷積。在步驟 S305 中，模擬器基於在步驟 S302 中確定的參考圖案的目标大小和評估位置設置限幅水平（slice level）（CD 計算中的強度）。注意，可預先分離地設置限幅水平。在步驟 S306 中，模擬器基於在步驟 S305 中確定的限幅電平來計算在建模中使用的圖案 CD。

在步驟 S307 中，模擬器將在步驟 S306 中計算的在建模中使用的圖案的 CD 的結果與在步驟 S204 中由 SEM 測量的在建模中使用的圖案的 CD 的結果之間的差的均方根（RMS）值進行比較。在步驟 S308 中，模擬器改變在步驟 S304 中設置的擴散長度。模擬器然後將所述處理返回到步驟 S304，並重複步驟 S304 至 S307。在步驟 S309 中，模擬器在通過重複步驟 S304 至 S307 而在計算結果中獲得的擴散長度中確定使 RMS 差最小的擴散長度。在步驟 S310 中，模擬器計算通過使用在步驟 S309 中確定的擴散長度（第一擴散長度）進行卷積而獲得的光強度分佈（第二步）。在步驟 S309 中確定的擴散長度（第一擴散長度）例如是 50nm 或更小。以下將在步驟 S310 中計算的光強度分佈稱為校正之前的光強度分佈。在步驟 S311 中，模擬器提取校正之前的光強度 $I_{0SEMedge}$ 。本文將參照圖 6 對

SEM 邊緣進行描述。如圖 6 所示，可基於當通過 SEM 測量曝光的光阻時的二次電子的信號強度的變化來檢測該光阻的邊緣。如圖 6 所示，SEM 邊緣是指將被測量的光阻的兩個邊緣的座標。此外， $I_{0\text{SEMedge}}$ 是 SEM 邊緣上的光強度，該光強度由模擬器計算。

在步驟 S312 中，模擬器從基於光學圖像計算的光強度分佈來計算代表性光強度的值（第三步）。圖 7 顯示在步驟 S301 中設置的光阻圖案之一。參照圖 7，對於每個點計算代表性光強度 J ，代表性光強度 J 代表具有預定大小並包括限定在光阻的平面內的線上的點的區域中的光強度。再次參照圖 7，用於計算代表性光強度的區域是具有半徑 $X \text{ nm}$ 和以每個點作為其中心的圓。對於該線上的所有點執行該計算操作。雖然在該實施例中計算光強度的最小值作為代表性光強度 J ，但是代表性光強度 J 不限於光強度的最小值，可以是該區域內的其最大值、其平均值或者它們的組合。代表性光強度 J 可以是與最小值相鄰的值。在其中將計算代表性光強度 J 的範圍 X 期望地至少等於或者寬於最小線寬。

假設具有 $k1=0.25$ 的 ArF 浸沒式曝光裝置，則最小線寬為 35 nm ，所以必須計算等於或者寬於該最小線寬的至少一個範圍的資訊。因此，當假設某個繪製的點為範圍 X 的中心時，範圍 X 期望地是 17 nm ，也就是說，大約為最小線寬的一半或者更大。此外，猝滅劑不太可能對超過 $1 \mu\text{m}$ 的範圍施加影響，所以範圍 X 期望地是 $1 \mu\text{m}$ 或更小

。總之，範圍 X 期望地是 17nm（包括）到 1μm（包括）。

。稍後將參照示例對計算的分佈的示例進行描述。用於計算圖 7 中所示的代表性光強度 J 的區域的形狀是圓。然而，該區域的形狀不限於圓，由於許多裝置結構具有四邊形形狀，所以該區域的形狀可以是例如正方形。如果用於計算代表性光強度 J 的區域的形狀是正方形，則該正方形的每個邊可以是 34nm（包括）到 2μm（包括）。此外，雖然在該實施例中從基於光學圖像計算的光強度分佈計算代表性光強度，但是可通過使用任意擴散長度對基於光學圖像計算的光強度分佈進行卷積來獲得代表性光強度 J。

在步驟 S313 中，模擬器如圖 8 所示那樣基於在步驟 S312 中計算的代表性光強度的分佈來提取目標 SEM 邊緣上的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 。在步驟 S314 中，模擬器對校正函數的係數進行建模，以確定這些係數。在確定係數時，使用在步驟 S311 中提取的 SEM 邊緣上的校正之前的光強度 $I0_{SEMedge}$ 和在步驟 S313 中獲得的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 。模擬器確定校正函數，並將它與光強度 $I0_{SEMedge}$ 相加，從而對 SEM 邊緣上的校正之前的光強度 $I0_{SEMedge}$ 進行校正（第四步），所述校正函數包括具有作為變數的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 的第一函數。此時，用於 SEM 邊緣上的光強度的校正函數 $f(J_{SEMedge})$ 由下式給出：

$$f(J_{SEMedge}) = \left\{ \sum_{k=0}^n (a_k J_{SEMedge}^k) \right\} \exp(-\alpha J_{SEMedge}) \quad \dots (1)$$

其中， a_k 和 α 是常數， n 是自然數。注意，在該式中，爲了易於計算常數 a_k 和 α ，給出約束和。在式(1)中，常數 a_k 和 α 不全都同時爲零。因此，該實施例中的校正函數 $f(J_{SEMedge})$ 通常是具有作爲變數的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 的指數函數和多項式的乘積。然而，如果常數 a_k 都是零（也就是說，常數 α 不是零），則將校正函數 $f(J_{SEMedge})$ 表達爲具有作爲變數的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 的指數函數。相反，如果常數 α 是零（也就是說，常數 a_k 中的至少一個不是零），則將校正函數 $f(J_{SEMedge})$ 表達爲具有作爲變數的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 的多項式。

通過使用式(1)，SEM 邊緣上的校正之後的光強度 $I_{SEMedge}$ 由以下給出：

$$I_{SEMedge} = I0_{SEMedge} + f(J_{SEMedge}) \quad \dots (2)$$

當常數 a_k 和 α 固定時，可使用式(2)來確定校正之後的光強度 $I_{SEMedge}$ ，所以可對每個圖案計算 SEM 邊緣上的光強度。設 $Ip_{SEMedge}$ 爲校正之後的光強度， $Ia_{SEMedge}$ 爲該圖案的校正之後的光強度 $Ip_{SEMedge}$ 的平均值。然後，使用光強度 $Ip_{SEMedge}$ 和平均值 $Ia_{SEMedge}$ 將評估函數定義爲：

$$C = \sum_{pattern} \left\{ \left(\frac{Ip_{SEMedge} - Ia_{SEMedge}}{Ia_{SEMedge}} \right)^2 + \left(\frac{Ip_{SEMedge,d_2}}{Ip_{SEMedge,d_1}} - \frac{d_1}{d_2} \right)^2 \right\} \quad \dots (3)$$

其中， $I_{pSEMedge,d1}$ 和 $I_{pSEMedge,d2}$ 是當以兩個不同的曝光量 d_1 和 d_2 使光阻曝光時 SEM 邊緣上的光強度。式 (3) 右手側的第一項表示對圖案的敏感度，其第二項表示對曝光量的敏感度。雖然在該實施例中使用兩個不同的曝光量時的光強度 $I_{SEMedge}$ ，但是可使用多於兩個的曝光量。設置建模中的係數 a_k 和 α ，以使得式 (3) 中表達的評估函數 C 的值例如最小。當評估函數 C 的值最小時的係數 a_k 和 α 可通過例如擬牛頓法來確定，擬牛頓法可用例如求解程式（諸如 Excel）來實現。稍後將參照示例對係數的計算和基於計算的係數的校正函數 $f(J_{SEMedge})$ 與代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 之間的關係的示例進行描述。

以下將對評估函數 C 的值減小的意義進行說明。圖 9A 是顯示圖案類型與光強度 $I_{0SEMedge}$ 之間的關係的圖表。從不同的觀點來講，圖 9A 中所示的關係意味著，只要對用於每個圖案的光強度 $I_{0SEMedge}$ 的值確定限幅水平，就可預測實際測量結果。如從圖 9A 可見，光強度 $I_{0SEMedge}$ 的值在每單個圖案中變化。該變化意味著，當在確定給定的限幅水平時計算 CD 時，該變化如此大，以至於光阻圖案的預測誤差大，也就是說，預測不精確。圖 9C 是顯示座標上的校正之後的 SEM 邊緣上的光強度 $I_{SEMedge}$ 的圖表，並顯示當通過累加使用校正函數的強度校正量來校正圖 9A 中所示的光強度 $I_{0SEMedge}$ 的變化時的理想形式，所述校正函數具有作為變數的圖 9D 中所示的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 。如圖 9C 所示，當校正之後的光強度 $I_{SEMedge}$ 的

變化可被抵消並且在這種狀態下確定限幅水平時計算 CD 時，光阻圖案的預測誤差可被消除，也就是說，可精確地計算光阻圖案。這解釋了評估函數 C 的值的減小的意義。然而，實際上，如圖 9C 所示，難以抵消光強度 $I_{SEMedge}$ 的變化。因此，現實的是如圖 9B 所示那樣使校正之後的光強度 $I_{SEMedge}$ 的變化小於圖 9A 中所示的校正之前的光強度 $I_{SEMedge}$ 的變化，以降低預測誤差。以上述方式，具有作為變數的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 的校正函數被用於執行考慮曝光光的強度的幅度的建模。此外，可使用諸如下降單純形法（downhill simplex）的優化方法來確定每個系數值，以使得評估函數 C 的值落在容限內，所述評估函數 C 的值被表達為將被建模的圖案的線寬與通過曝光處理而獲得的光阻圖案的線寬之間的差的均方根值。

為了考慮閃光的影響，不僅描述代表性光強度的函數（第一函數），而且描述通過使用大於在步驟 S309 中設置的第一擴散長度的第二擴散長度進行卷積而獲得的光強度分佈的函數（第二函數）也可被包括在校正函數中（第六步）。閃光是由於例如曝光裝置的透鏡的不期望的反射和散射而產生的雜散光。通過使用更大的擴散長度進行卷積而獲得的光強度分佈在物理上表示占空比（白與黑之比）。將在以下示例中闡明該代表性的示例。在這種情況下，設 $K_{SEMedge}$ 為通過使用更大的擴散長度進行卷積而獲得的分佈中的 SEM 邊緣上的光強度，則校正函數由以下給出：

$$f(J_{SEMedge}, K_{SEMedge}) = \left\{ \sum_{k=0}^n (a_k J_{SEMedge}^k) \right\} \exp(-\alpha J_{SEMedge}) + \left\{ \sum_{l=0}^n (b_l K_{SEMedge}^l) \right\} \exp(-\beta K_{SEMedge}) \dots (4)$$

其中， b_l 和 β 是常數， m 是自然數。

此外，校正之後的光強度分佈由以下給出：

$$I_{SEMedge} = I0_{SEMedge} + f(J_{SEMedge}, K_{SEMedge}) \dots (5)$$

用於計算第二校正函數中的變數 K 的第二擴散長度落在 50nm （包括）到 $200\mu\text{m}$ （包括）的範圍內，閃光對該範圍施加影響。接下來將參照圖 10 對使用校正函數計算光阻圖案的方法進行描述。在步驟 S401 中，不僅設置圖 4 的流程圖中所示的在建模中使用的圖案，而且還設置將應用建模結果的中間遮罩圖案。在步驟 S402 中，模擬器不僅對圖 4 中所示的流程圖中的步驟 S401 中的在建模中使用的每個中間遮罩圖案，而且還對每個設置的中間遮罩圖案，計算形成在晶片上的光學圖像的光強度分佈（第一步）。在步驟 S403 中，模擬器使用在步驟 S309 中確定的第一擴散長度對在步驟 S402 中計算的光強度分佈進行卷積（第二步）。在步驟 S404 中，模擬器從在步驟 S402 中計算的光強度分佈計算代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 的分佈（第三步）。在步驟 S405 中，模擬器使用在圖 4 中所示的流程圖的步驟 S314 中確定的校正函數來計算校正之後的光

強度 $I_{SEMedge}$ (第四步) 。模擬器在建模中使用 SEM 邊緣上的光強度，當應用建模結果時，將該光強度應用於整個光強度分佈的資料。也就是說，將在步驟 S314 中確定的係數代入到式 (1) 和 (2) 中表達的關係中，並將獲得的關係應用於所有繪製的點。稍後將對校正之前和之後的光強度分佈之間的比較的示例進行描述。

在步驟 S406 中，模擬器設置與圖案的評估位置對應的限幅水平，以用作將應用在步驟 S405 中獲得的建模結果的中間遮罩圖案的校正之後的光強度分佈的參考。在步驟 S407 中，模擬器基於在步驟 S405 中校正的光強度 $I_{SEMedge}$ 的分佈和在步驟 S406 中設置的限幅水平來計算將應用建模結果的中間遮罩圖案的 CD，從而計算光阻圖案 (第五步) 。這使得可以以比現有技術高的精度計算光阻圖案。稍後將參照示例對當應用建模結果時現有技術與本發明之間的比較進行描述。

[範例]

將對上述實施例中的示例進行描述。在步驟 S301 中，設置在建模中使用的多個中間遮罩圖案。圖 11 是所使用的圖案的示意圖。在圖案 A 中，所有條具有長度 $W=5\mu m$ 。雖然為了簡化起見圖案 A 在圖 11 中具有三條線，但是它實際上具有 17 條線。此外，圖案 A 具有在圖案 A 的整個區域中周期性佈置的線和間隔，以及 17 條線中的作為評估部分的中心線。通過定義線和間隔大小的不同

組合，獲得 25 種類型的圖案 A。在圖案 B 中，所有條具有長度 $W=2\ \mu\text{m}$ 。雖然為簡化起見圖案 B 在圖 11 中具有三條線，但是它實際上具有 9 條線。此外，圖案 B 具有在圖案 B 的整個場中周期性佈置的線、間隔和間隙以及 9 條線中的作為評估部分的中心線。通過定義線、間隔和間隙大小的不同組合，獲得 8 種類型的圖案 B。圖案 C 是通過將圖案 B 的遮光部分和透光部分反轉而獲得的中間遮罩圖案。圖案 C 利用與圖案 B 相同的大小定義，並使用 5 種類型的圖案 C。圖 18 描述實際大小。雖然在該示例中使用上述總共 38 種類型的圖案，但是圖案類型、這些圖案的條的長度和數量以及這些圖案的線、間隔和間隙的大小不限於具有上述數值的圖案。

在步驟 S302 中，確定將從在步驟 S301 中設置的多個中間遮罩圖案選擇的參考圖案及其目標大小和評估位置。參考圖案在本文中是指用於確定中間遮罩圖案上的曝光量的圖案。在該示例中，圖 11 中所示的 50nm 線和間隔圖案被確定為參考圖案。在步驟 S303 中，模擬器對在步驟 S301 中設置的在建模中使用的每個中間遮罩圖案，計算形成在晶片上的光學圖像的光強度分佈。在步驟 S304 中，模擬器使用給定的擴散長度對光學圖像的光強度分佈進行卷積。在步驟 S305 中，模擬器設置限幅水平。在該示例中，將限幅水平設置為與參考圖案中的中間條的實際大小匹配的光強度（曝光量）。在步驟 S306 中，模擬器基於在步驟 S305 中確定的限幅水平來計算各個圖案的 CD。

在步驟 S307 中，模擬器將在步驟 S306 中計算的在建模中使用的圖案的 CD 的結果與在步驟 S204 中通過 SEM 測量的在建模中使用的圖案的 CD 的結果之間的差的 RMS（均方根）值進行比較。在步驟 S308 中，模擬器改變在步驟 S304 中設置的擴散長度。模擬器然後重複步驟 S304 至 S307。在該示例中，通過在 50nm 或更小的範圍內改變擴散長度來重複地進行計算。注意，直到 SEM 測量為止的序列與圖 3 中所示的流程圖中的序列相同。此外，使用 NA 為 1.35、環形區域比為 0.90/0.72 的環形照明和下述晶片進行曝光，在所述晶片上，從晶片側起依次形成 39-nm BARC、42-nm TARC、90-nm 光阻和 35-nm 表面塗層。

在步驟 S309 中，模擬器確定所述差的 RMS 值最小的擴散長度。在該示例中，該擴散長度為 19.3 nm。在步驟 S310 中，模擬器計算通過使用在步驟 S309 中確定的擴散長度進行卷積而獲得的校正之前的光強度分佈。在步驟 S311 中，模擬器提取 SEM 邊緣上的校正之前的光強度 $I_{0SEMedge}$ 。在步驟 S312 中，模擬器從基於光學圖像計算的光強度分佈，計算在週邊區域中的光強度的最小值 J 作為代表性光強度。在該示例中，從基於光學圖像計算的光強度分佈提取環境光的強度的最小值。圖 12A 顯示如圖 7 所示的通過限定參考圖案中的條的中心部分的線所指示的部分中的光強度分佈。此外，圖 12B 顯示通過提取下述區域內的光強度的最小值而獲得的光強度 J 的分佈，所述區域具有 300nm 的半徑，並落在該線上的 17nm（包括）到

$1\mu\text{m}$ (包括) 的範圍內。圖 13A 示出對在建模中使用的圖案執行如上所述方法的結果的示例，所述圖案在線大小固定為 80nm 並且改變間隔大小時獲得。圖 13B 示出對在建模中使用的圖案執行如上所述的方法的結果的示例，所述圖案在間隔大小固定為 80nm 並且改變線大小時獲得。如從圖 13A 和 13B 可見，可能的光強度 J 的範圍根據線大小 (遮光部分的大小) 而不同。

在步驟 S313 中，模擬器基於在步驟 S312 中計算的代表性光強度的分佈來提取目標 SEM 邊緣上的代表性光強度 J_{SEMedge} 。在步驟 S314 中，模擬器對校正函數的係數進行建模，以確定這些係數。在確定係數時，使用兩個不同的曝光量 $d_1=290\text{ J/m}^2$ 和 $d_2=300\text{ J/m}^2$ 時的 SEM 邊緣上的光強度 I_{SEMedge} 。雖然在該示例中使用兩個不同曝光量時的光強度 I_{SEMedge} ，但是可使用多於兩個的曝光量。此外，模擬器使用 $f(J_{\text{SEMedge}})|_{J_{\text{SEMedge}}=1}=0$ 和使用具有 $a_0=0$ 的多項式的四次方程來確定係數。系數值的結果是 $a_1=11.5$ 、 $a_2=-155.3$ 、 $a_3=1197.6$ 、 $a_4=-1053.8$ 和 $\alpha=18.6$ 。圖 14 顯示當使用系數值的這些結果時校正函數 $f(J_{\text{SEMedge}})$ 與代表性光強度 J_{SEMedge} 之間的關係。

圖 15A 至 15D 顯示當線大小固定為 80nm 並且改變間隔大小時獲得的對於每個線和間隔圖案的校正之前的光強度、代表性光強度、校正函數和校正之後的光強度的結果。所有這些圖表在橫座標上顯示改變的間隔大小。如從圖 15A 至 15D 可見，具有作為變數的代表性光強度的校正函

數 $f(J_{SEMedge})$ 的使用使得光強度的變化在校正之後的光強度 $I_{SEMedge}$ 中比在校正之前的光強度 $I0_{SEMedge}$ 中小。如上所述，使用代表性光強度執行考慮曝光光的強度的幅度的資訊的建模。此外，爲了執行考慮閃光的影響的建模，不僅代表性光強度的分佈，而且描述通過下述光強度分佈的函數也需要被包括到校正函數中，所述光強度分佈通過使用更大的擴散長度對通過中間遮罩投射而獲得的光強度分佈進行卷積而獲得。通過使用更大的擴散長度進行卷積而獲得的光強度分佈 K 在物理上表示圖案的占空比（白與黑；間隔/線之比）。圖 16 示出該光強度分佈的示例。圖 16 是顯示 SEM 邊緣上的光強度 $K_{SEMedge}$ 與通過使用 300nm 的擴散長度進行卷積而獲得的線和間隔圖案中的占空比之間的關係的圖表，300nm 的擴散長度遠大於在步驟 S309 中確定的擴散長度（19.3nm）。如從圖 16 可見，SEM 邊緣上的光強度 $K_{SEMedge}$ 和占空比具有給定的相關性。因此，代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 和使用相對大的擴散長度計算的光強度 $K_{SEMedge}$ 的同時使用使得可實現反映曝光光的強度的幅度和占空比的建模。

接著應用建模結果。將參照圖 10 中所示的流程圖對該操作進行描述。在步驟 S401 中，設置將應用建模的中間遮罩圖案。在該示例中，使用在步驟 S301 中設置的總共 38 種類型的中間遮罩圖案。在步驟 S402 中，模擬器對在步驟 S401 中設置的每個中間遮罩圖案，計算形成在晶片上的光學圖像的光強度分佈。在步驟 S403 中，模擬器

使用在步驟 S309 中確定的擴散長度對光學圖像的光強度分佈進行卷積。該示例中的擴散長度為 19.3 nm。在步驟 S404 中，模擬器從在步驟 S402 中計算的光學圖像的光強度分佈計算代表性光強度的分佈。在步驟 S405 中，模擬器基於在圖 4 中所示的流程圖的步驟 S314 中確定的校正函數的係數，創建對在步驟 S401 中設置的每個中間遮罩圖案的校正之後的光強度分佈。圖 17A 至 17C 舉例說明在參考圖案的評估線上應用式(1)和(2)中表達的關係的情況，其中，圖 17A 是顯示校正之前的光強度分佈的圖表，圖 17B 是顯示代表性光強度 J 的分佈的圖表，圖 17C 是顯示校正之前與之後的光強度分佈之間的比較的圖表。圖 17C 揭示校正之後的光強度分佈的最小水平比校正之前的光強度分佈的最小水平高，所以可校正校正之前的光強度分佈，而不顯著地改變其形狀。

在步驟 S406 中，模擬器為在步驟 S405 中獲得的校正之後的光強度分佈設置限幅水平。在該示例中，將限幅水平設置為與參考圖案中的中心條的實際大小匹配的強度。在步驟 S407 中，模擬器基於在步驟 S406 中確定的限幅水平來計算在步驟 S401 中設置的圖案的 CD，從而計算光阻圖案。圖 18 是顯示在日本專利公開 No.08-148404 中所述的現有技術和該示例中的光阻圖案的計算精度的圖表。圖 18 顯示在縱座標上的光阻圖案的計算值相對於通過 SEM 獲得的實際測量值的偏移（正或負偏移）和在橫座標上的在建模中使用的中間遮罩圖案的大小（單位：nm）。圖

18 中的圖案 A、B 和 C 的定義以及線、間隔和間隙的大小對應於圖 11 中的圖案 A、B 和 C 的定義以及線、間隔和間隙的大小。圖 18 揭示計算的光阻圖案的大部分的誤差在該實施例中比在現有技術中小。這些光阻圖案的誤差的 RMS 值在現有技術中為 8.08nm、而在該示例中為 2.63nm 的事實還揭示了在該示例中能以更高的精度計算光阻圖案。

雖然在該示例中不關心例如由投射光學系統產生的像差的影響地計算光阻圖案，但是還可通過考慮例如由投射光學系統產生的像差的影響來計算光阻圖案，這是因為與該示例中的模式相同的模式是可實現的。此外，該示例可與用於優化諸如有效光源的曝光條件的操作組合使用。本發明的方面還可通過系統或裝置的電腦（或者諸如 CPU 或 MPU 的設備）和通過如下方法來實現，所述電腦讀出並執行記錄在儲存設備上的程式以執行上述實施例的功能，所述方法的步驟通過系統或裝置的電腦例如讀出並執行記錄在儲存設備上的程式以執行上述實施例的功能來執行。為此目的，例如通過網路或者從用作儲存設備的各種類型的記錄介質（例如，電腦可讀介質）將所述程式提供給所述電腦。在這樣的情況下，所述系統或裝置和儲存所述程式的記錄介質包括在本發明的範圍內。

儘管已參照示例性實施例對本發明進行了描述，但是將理解的是，本發明不限於所公開的示例性實施例。將給予申請專利範圍的範圍以最廣泛的解釋，以涵蓋所有這樣

的修改以及等同的結構和功能。

【圖式簡單說明】

圖 1 是曝光期間生成的化學反應的示意圖；

圖 2 是顯示計算光阻圖案的電腦的構造的方塊圖；

圖 3 是通過 SEM 進行的長度測量的流程圖；

圖 4 是用於確定校正函數的流程圖；

圖 5 是用於說明參考圖案及其目標大小和評估位置的視圖；

圖 6 是用於說明 SEM 邊緣的圖表；

圖 7 是用於說明代表性光強度 J 的映射圖；

圖 8 是用於說明 SEM 邊緣上的代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 的提取的圖表；

圖 9A 至 9D 是用於說明在建模中使用的建模圖案中的評估函數的減小的圖表；

圖 10 是光阻圖案計算方法的流程圖；

圖 11 是在建模中使用的中間遮罩圖案的視圖；

圖 12A 和 12B 分別是顯示光學圖像的光強度分佈和代表性光強度分佈的圖表；

圖 13A 和 13B 分別是顯示具有不同間隔大小和線大小的圖案的代表性光強度分佈的圖表；

圖 14 是顯示校正函數的圖表；

圖 15A 是示出光強度 $I_{0SEMedge}$ 與間隔大小之間的關係的示例的圖表；

圖 15B 是示出代表性光強度 $J_{SEMedge}$ 與間隔大小之間的關係的示例的圖表；

圖 15C 是示出校正函數 $f(J_{SEMedge})$ 與間隔大小之間的關係的示例的圖表；

圖 15D 是示出光強度 $I_{SEMedge}$ 與間隔大小之間的關係的示例的圖表；

圖 16 是顯示光強度 $K_{SEMedge}$ 與占空比之間的關係的圖表；

圖 17A 至 17C 是顯示校正之前和之後的參考圖案的光強度分佈的圖表；和

圖 18 是顯示現有技術與本發明示例中的光阻圖案的計算誤差之間的比較的圖表。

【主要元件符號說明】

102：記錄介質

103：主記憶體

104：輸入設備

105：顯示裝置

106：讀出裝置

107：記錄介質

七、申請專利範圍：

1.一種儲存有使電腦執行計算光阻圖案的方法之程式的儲存媒體，該光阻圖案是透過中間遮罩的圖案和投射光學系統使光阻曝光並使曝光的光阻顯影而形成在基底上的，該方法包括：

第一步驟，基於該中間遮罩的圖案和曝光條件來計算形成在該光阻上的光學圖像的光強度分佈；

第二步驟，使用第一擴散長度對在第一步驟中計算的光強度分佈進行卷積；

第三步驟，使用在第一步驟中計算的光強度分佈或者在第二步驟中卷積的光強度分佈來計算每個點的代表性光強度，該代表性光強度代表具有預定大小並包括限定在該光阻的平面內的該點的區域中的光強度；

第四步驟，透過將校正函數與在第二步驟中卷積的光強度分佈相加來對在第二步驟中卷積的光強度分佈進行校正，該校正函數包括由下式給出的第一函數：

$$\left\{ \sum_{k=0}^n (a_k J^k) \right\} \exp(-\alpha J)$$

其中，J 是所述代表性光強度的分佈， a_k 和 α 是常數，n 是自然數；和

第五步驟，基於在第四步驟中校正的光強度分佈和預先設置的限幅水平來計算該光阻圖案。

2.根據申請專利範圍第 1 項所述的媒體，其中，

該區域是具有等於或大於 17nm 並且等於或小於 $1\mu\text{m}$ 的半徑且以該點作為其中心的圓形區域和每邊為等於或大於 34nm 並且等於或小於 $2\mu\text{m}$ 的正方形區域之一，以及

該代表性光強度是該區域中的光強度的最小值、最大值或者平均值之一。

3.根據申請專利範圍第 1 項所述的媒體，該方法還包括：第六步驟，使用比第一擴散長度大的第二擴散長度對在第一步驟中計算的光強度分佈進行卷積，以及

該校正函數不僅包括第一函數，而且還包括由下式給出的第二函數：

$$\{\sum_{l=0}^m (b_l K^l)\} \exp(-\beta K)$$

其中， K 是在第六步驟中卷積的光強度分佈， b_l 和 β 是常數， m 是自然數。

4.根據申請專利範圍第 3 項所述的媒體，其中，該第一擴散長度不大於 50nm ，該第二擴散長度等於或大於 50nm 並且等於或小於 $200\mu\text{m}$ 。

5.根據申請專利範圍第 3 項所述的媒體，其中，設置該常數 a_k 、 b_l 、 α 和 β ，以使得評估函數的值落在容限內，該評估函數包括透過校正函數校正的光強度分佈對中間遮罩的圖案的敏感度和透過校正函數校正的光強度分佈對曝光量的敏感程度。

6.根據申請專利範圍第 3 項所述的媒體，其中，設置

該常數 a_k 、 b_l 、 α 和 β ，以使得評估函數的值落在容限內，該評估函數被表達為從透過校正函數校正的光強度分佈計算的光阻圖案的線寬與透過曝光處理獲得的光阻圖案的線寬之間的差的均方根值。

7.一種使用電腦計算光阻圖案的方法，該光阻圖案是透過中間遮罩的圖案和投射光學系統使光阻曝光並使曝光的光阻顯影而形成在基底上的，該方法包括：

第一步驟，基於該中間遮罩的圖案和曝光條件來計算形成在該光阻上的光學圖像的光強度分佈；

第二步驟，使用第一擴散長度對在第一步驟中計算的光強度分佈進行卷積；

第三步驟，使用在第一步驟中計算的光強度分佈或者在第二步驟中卷積的光強度分佈來計算每個點的代表性光強度，該代表性光強度代表具有預定大小並包括限定在該光阻的平面內的該點的區域中的光強度；

第四步驟，透過將校正函數與在第二步驟中卷積的光強度分佈相加來對在第二步驟中卷積的光強度分佈進行校正，該校正函數包括由下式給出的第一函數：

$$\left\{ \sum_{k=0}^n (a_k J^k) \right\} \exp(-\alpha J)$$

其中， J 是所述代表性光強度的分佈， a_k 和 α 是常數， n 是自然數；和

第五步驟，基於在第四步驟中校正的光強度分佈和預

先設置的限幅水平來計算該光阻圖案。

圖1

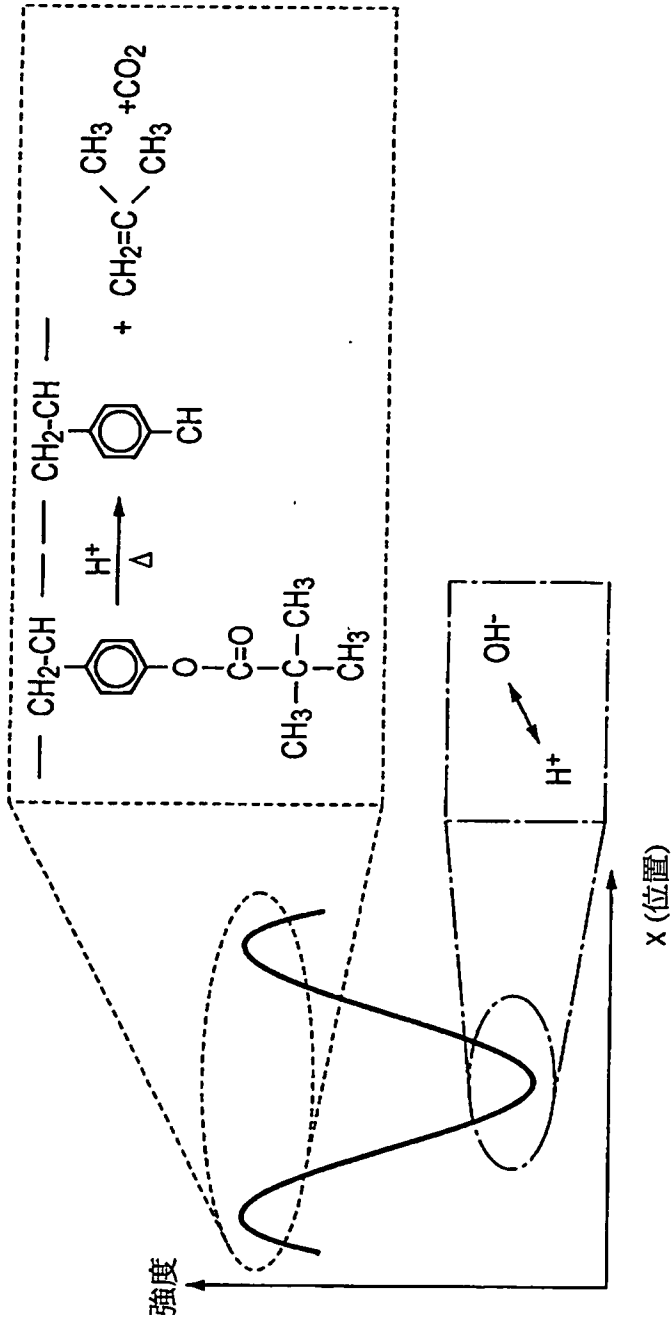


圖2

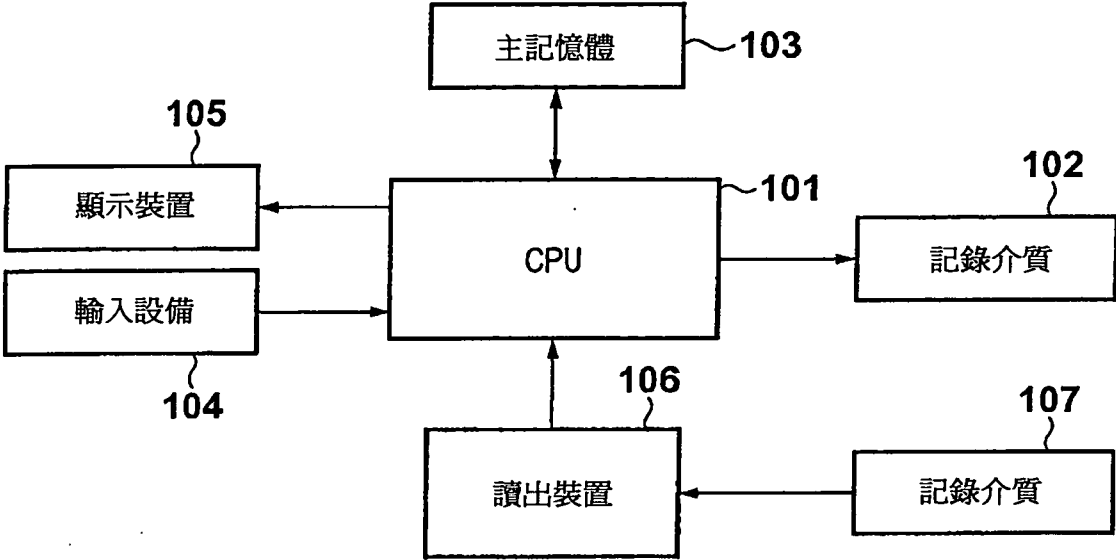


圖3

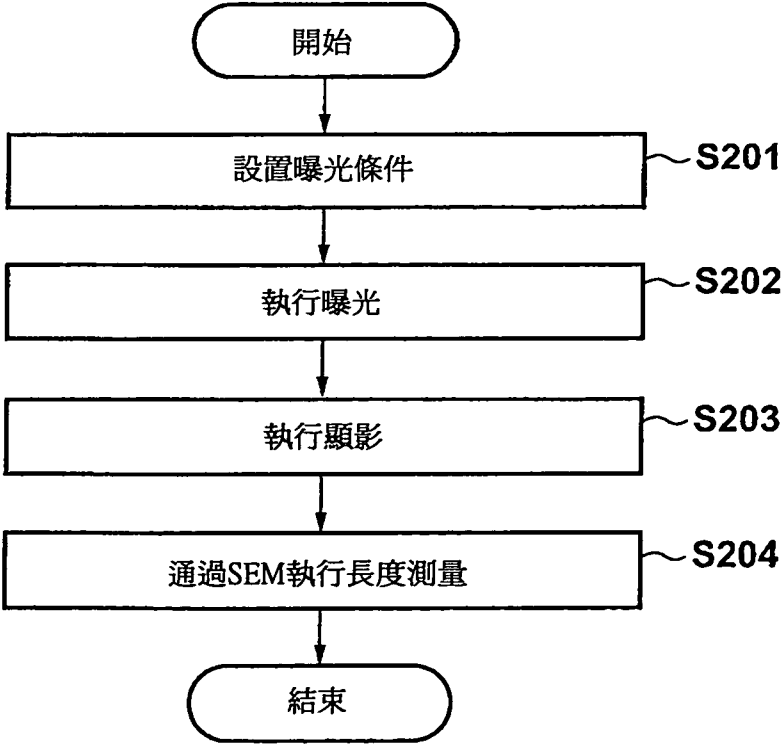


圖 4

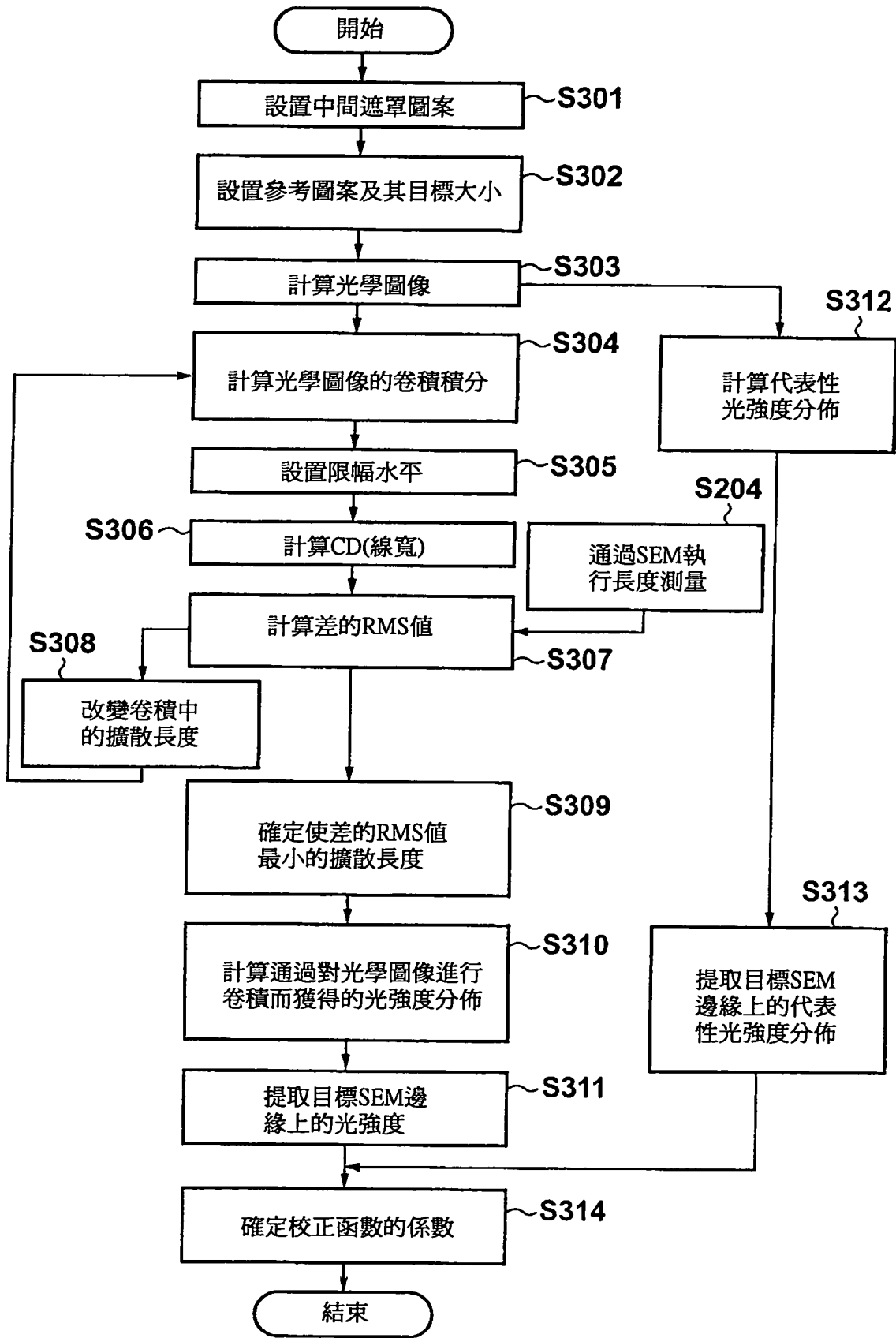


圖5

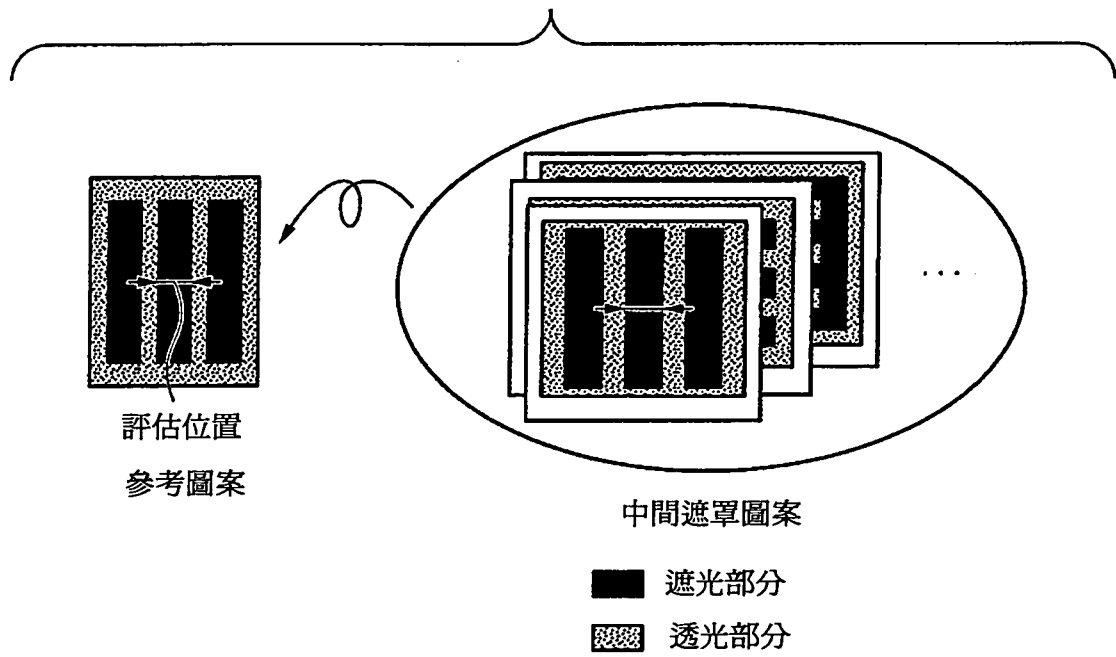


圖 6

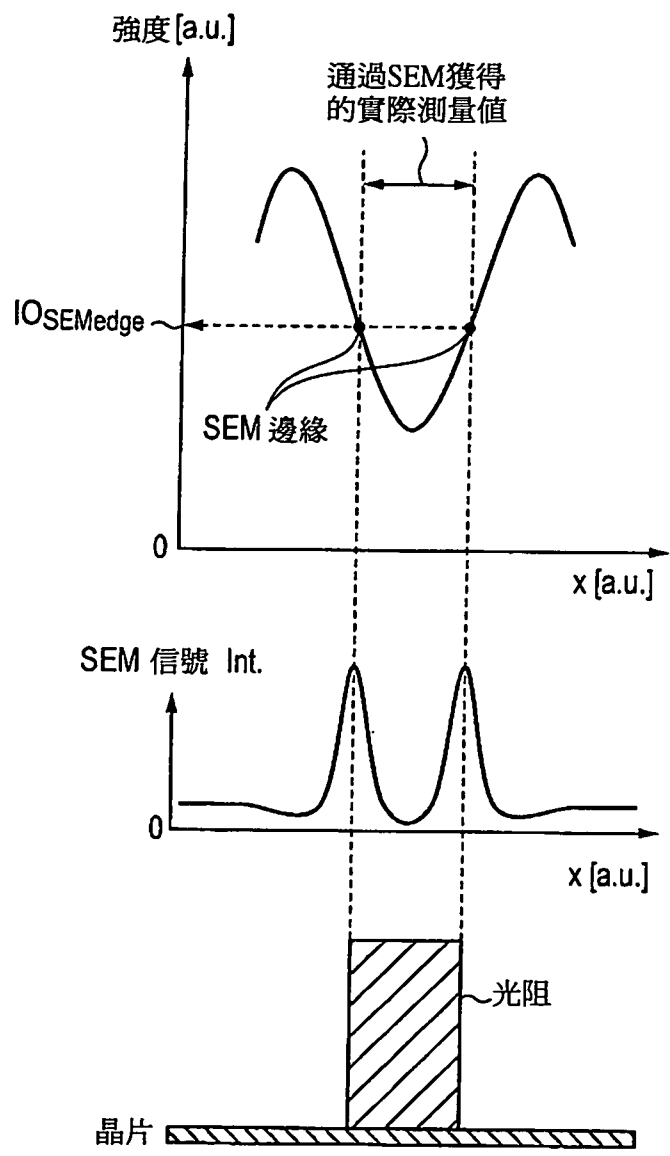


圖 7

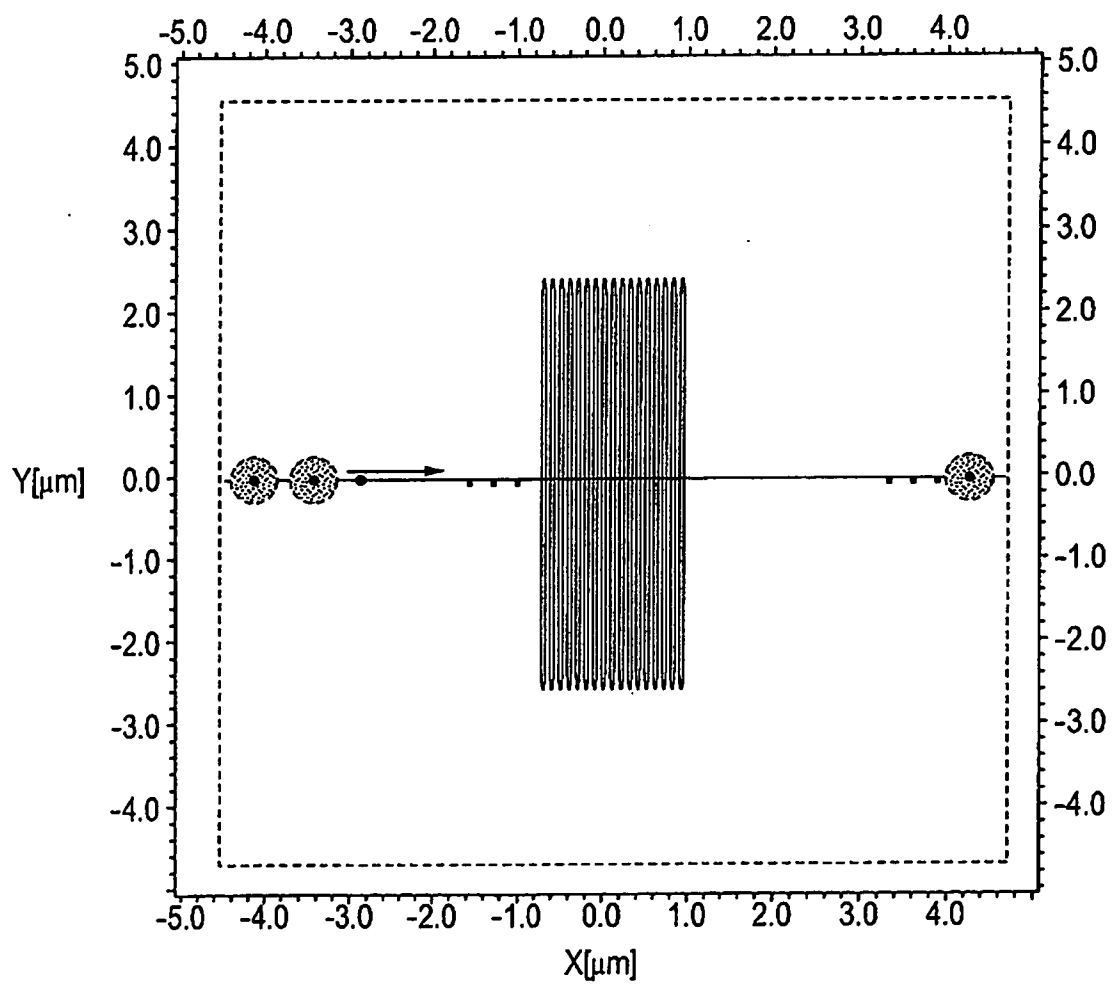


圖 8

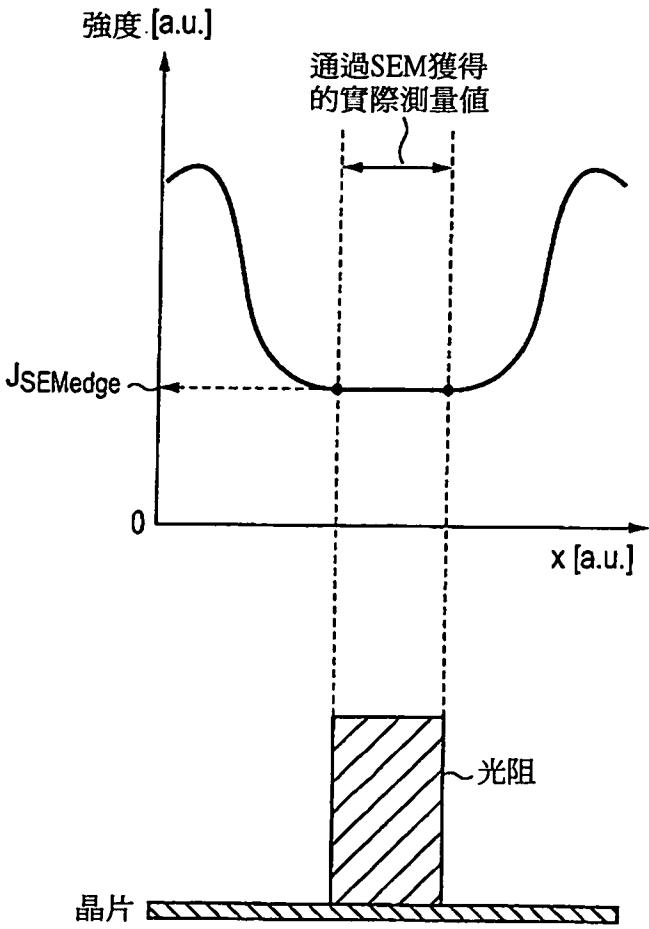


圖9A

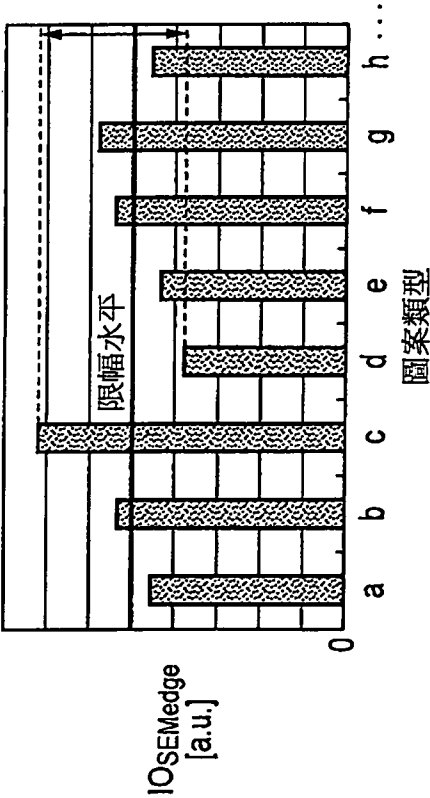


圖9B

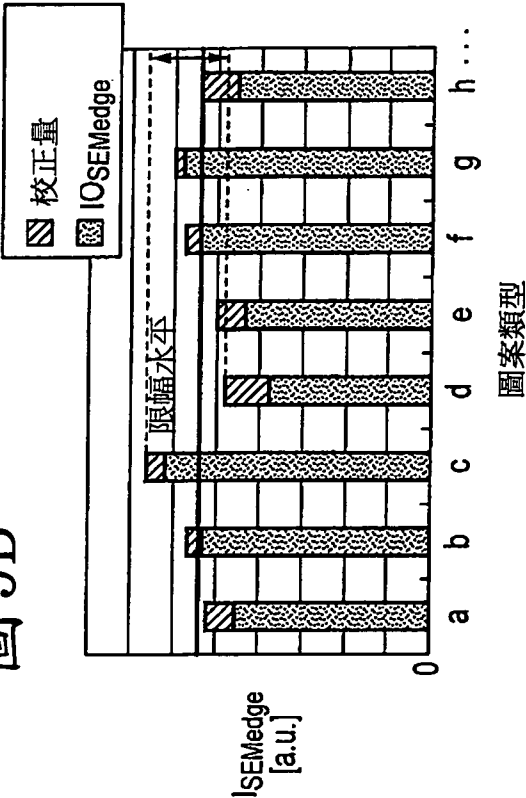


圖9C

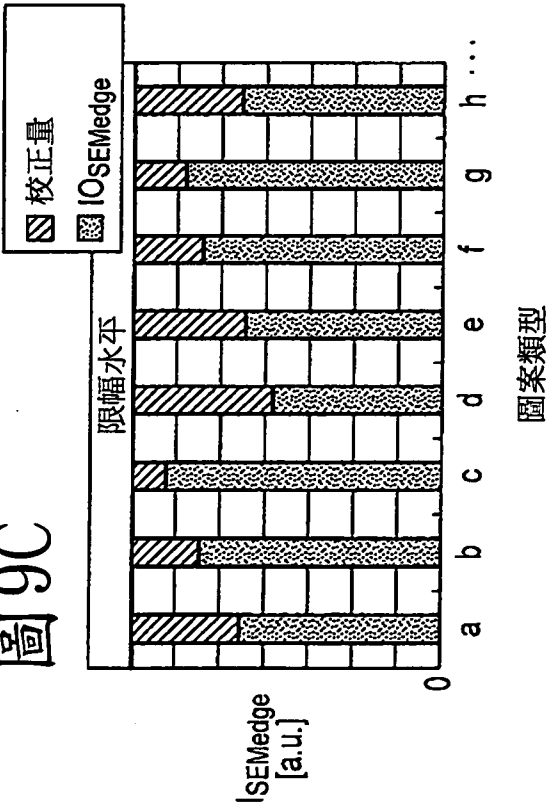


圖9D

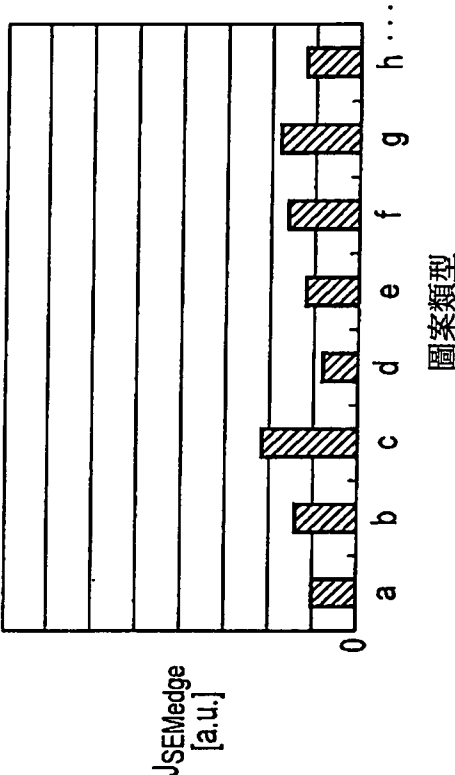


圖10

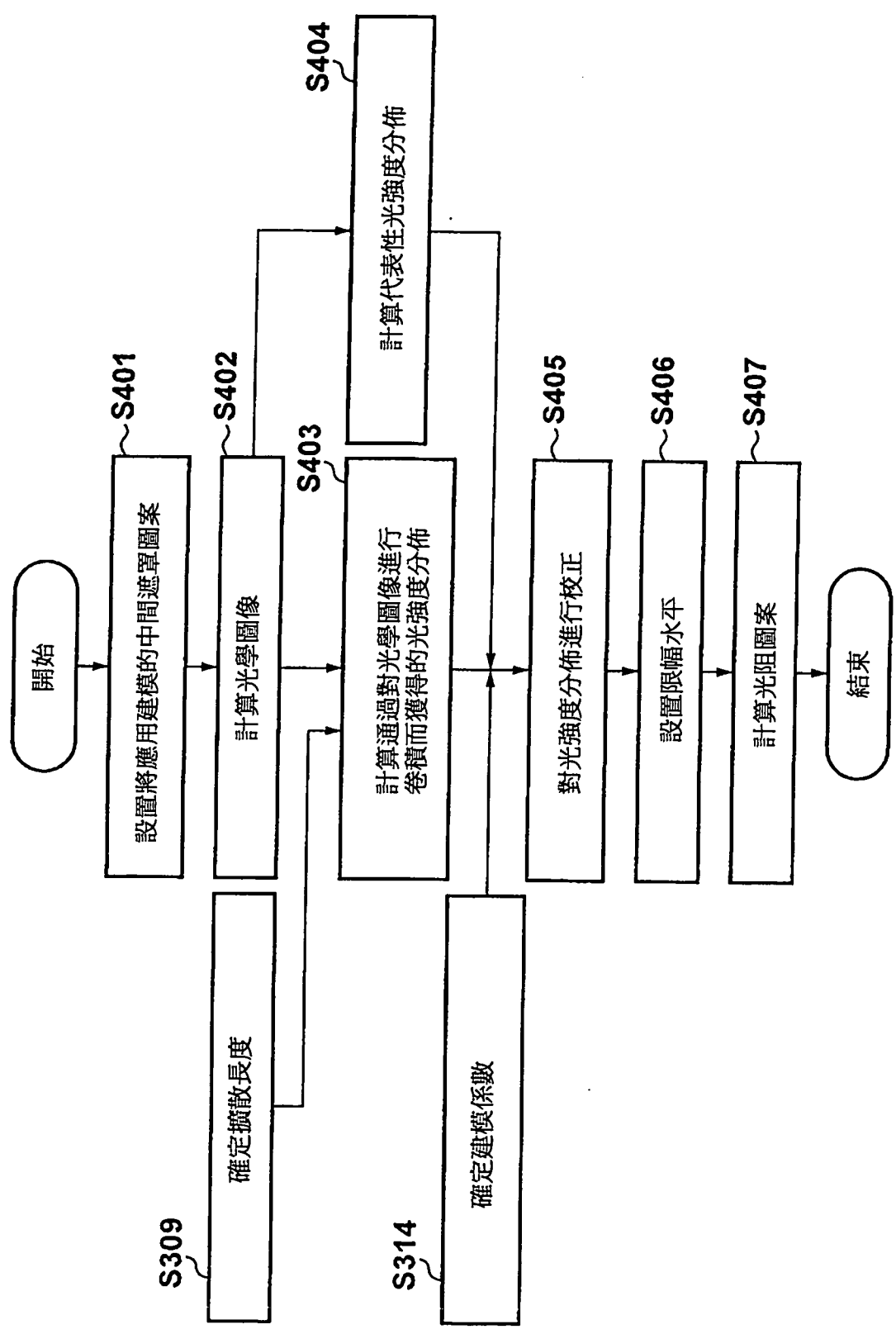


圖11

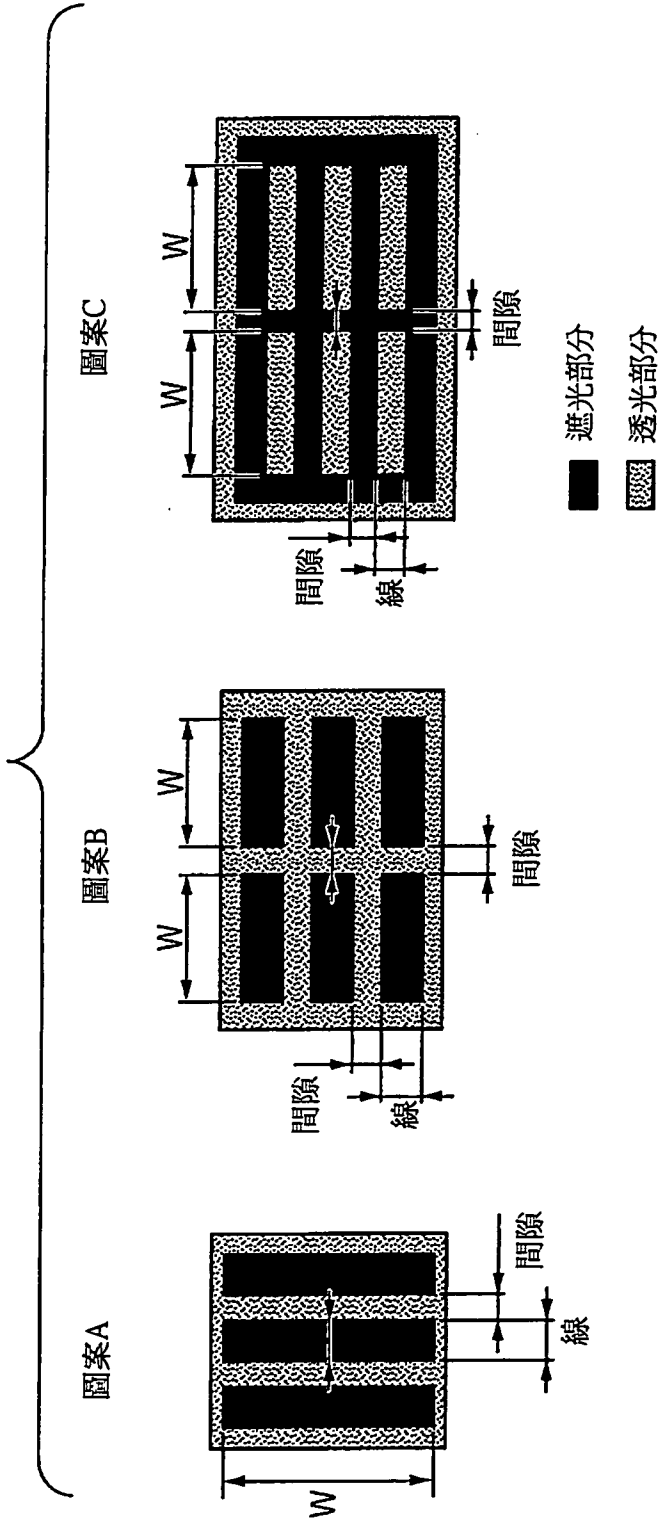


圖 12A

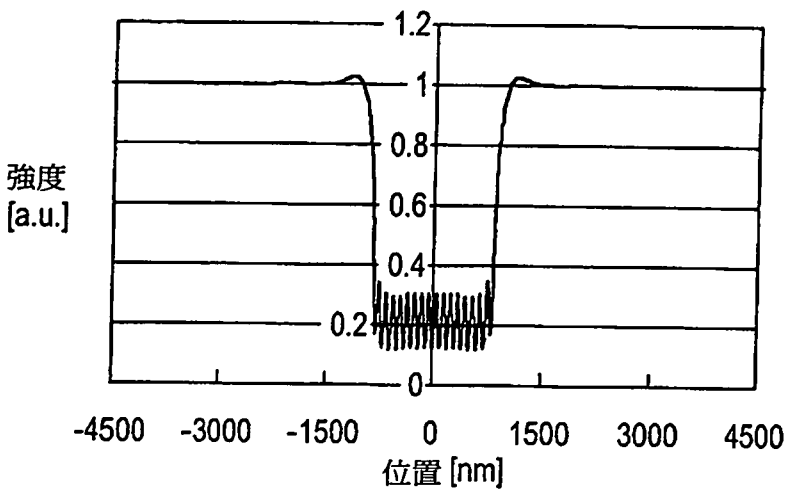


圖 12B

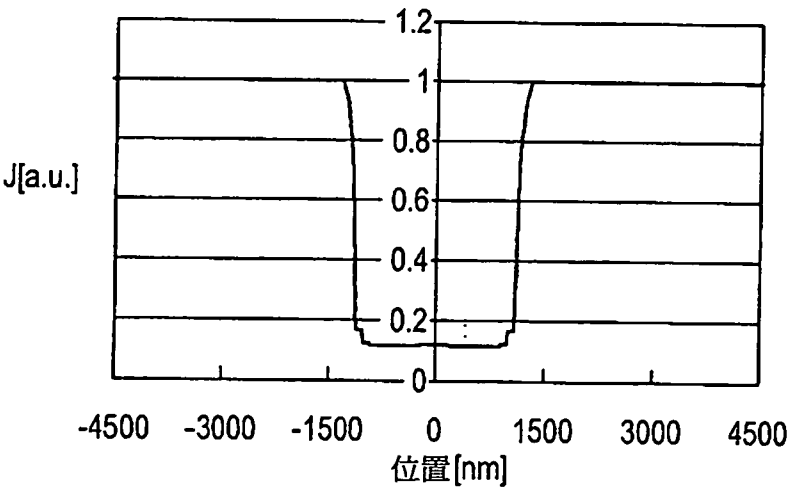


圖 13A

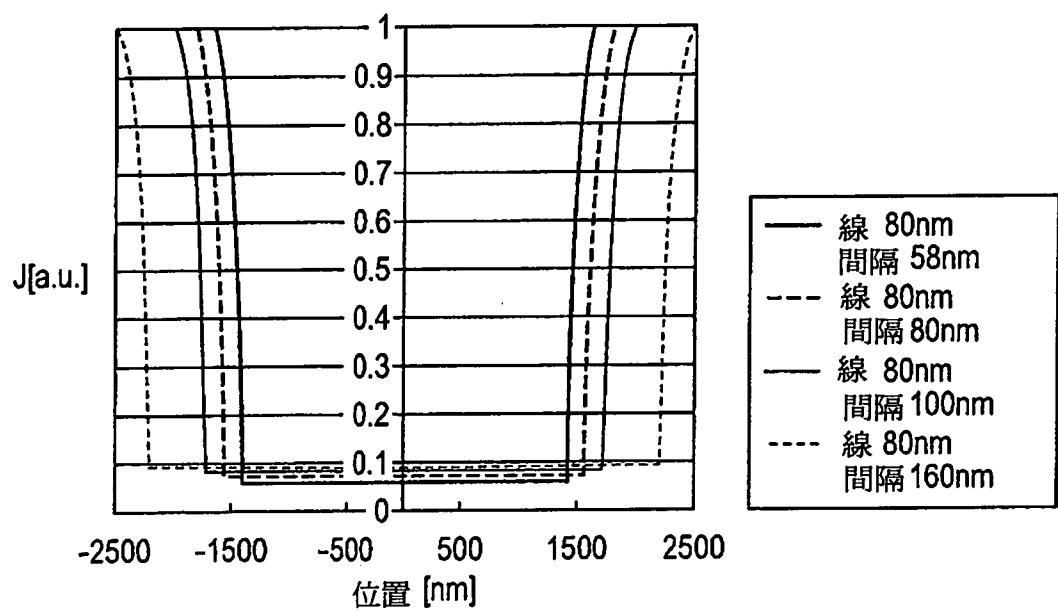


圖 13B

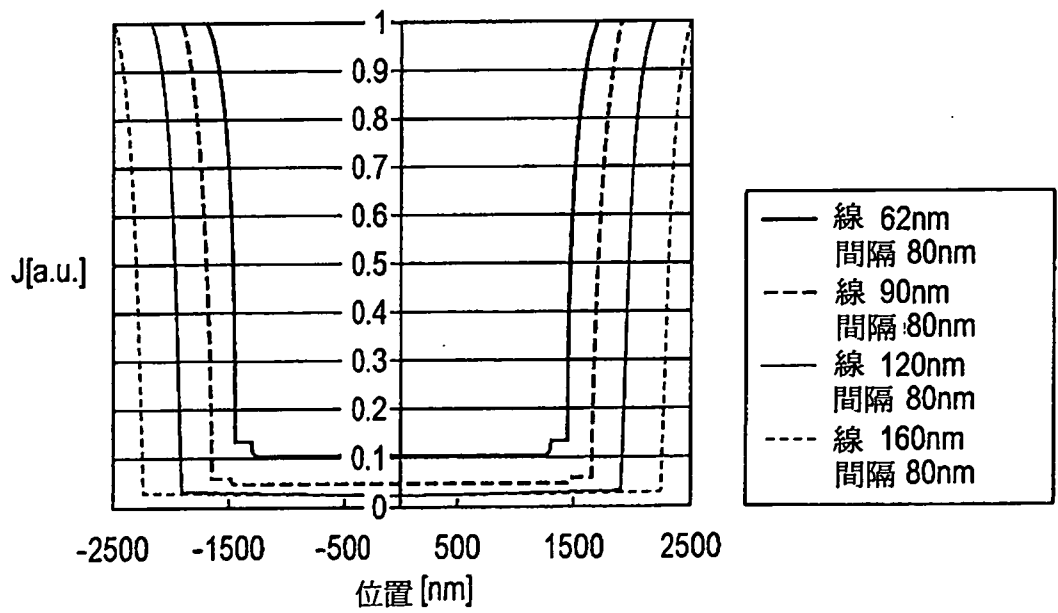


圖 14

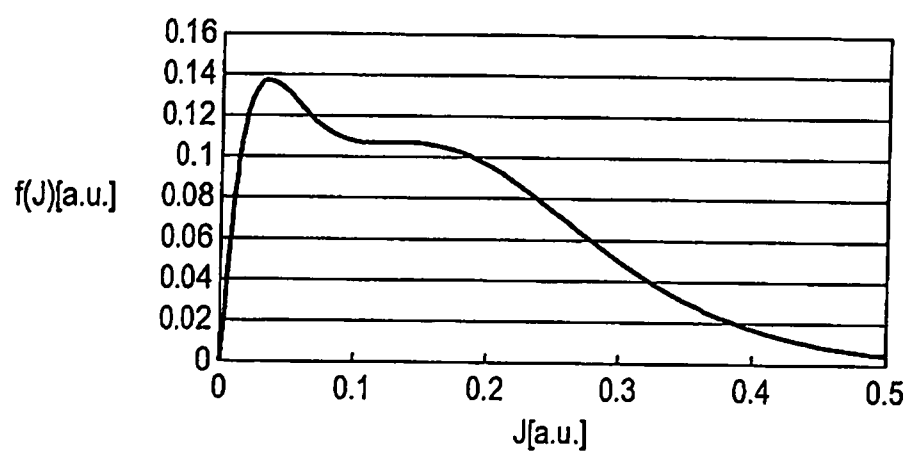


圖15A

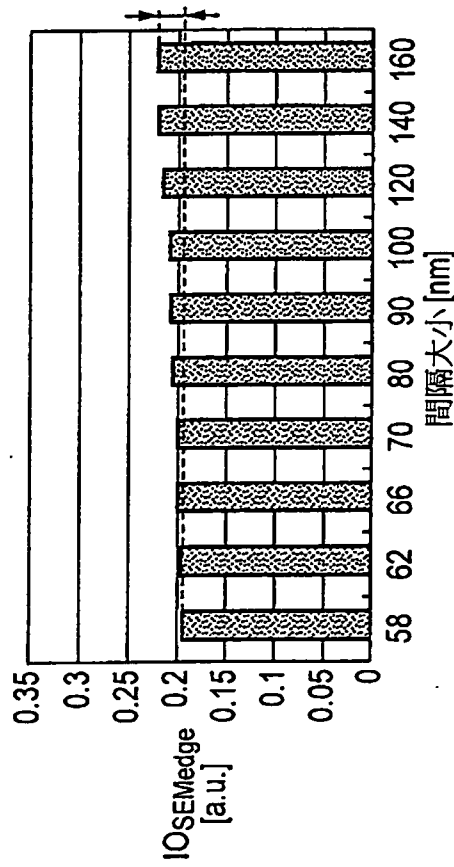


圖15B

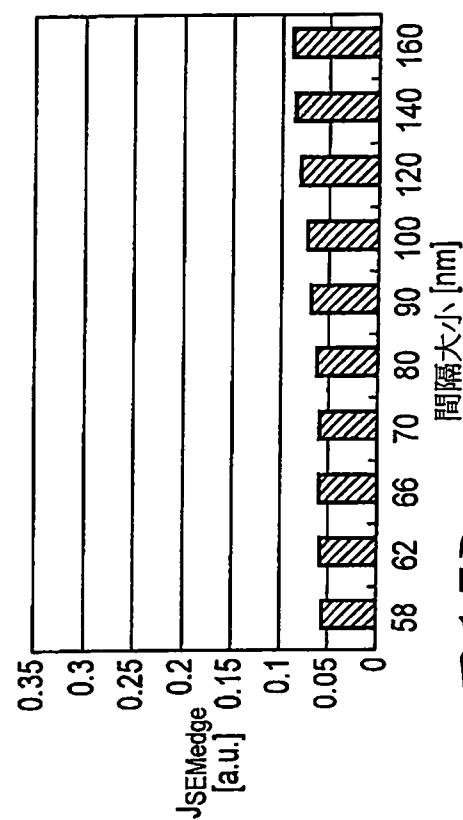


圖15C

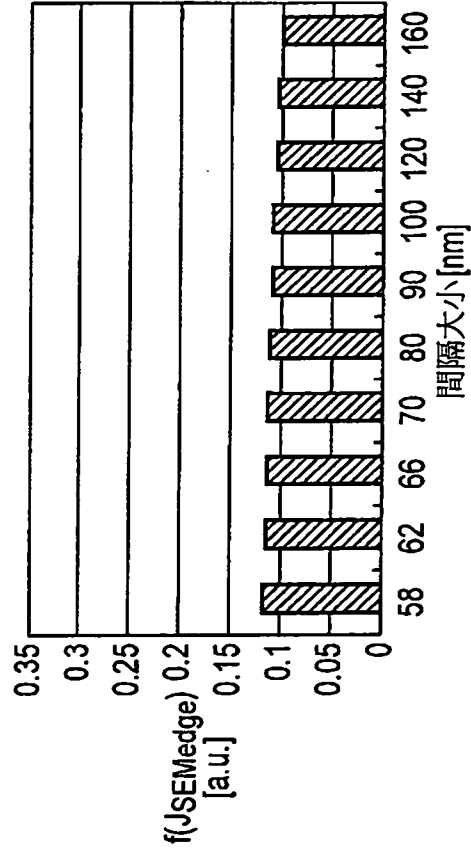


圖15D

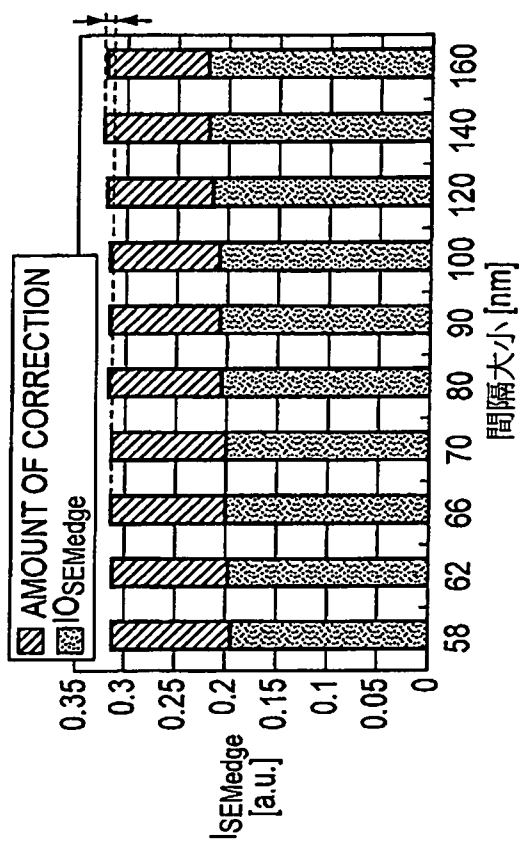


圖 16

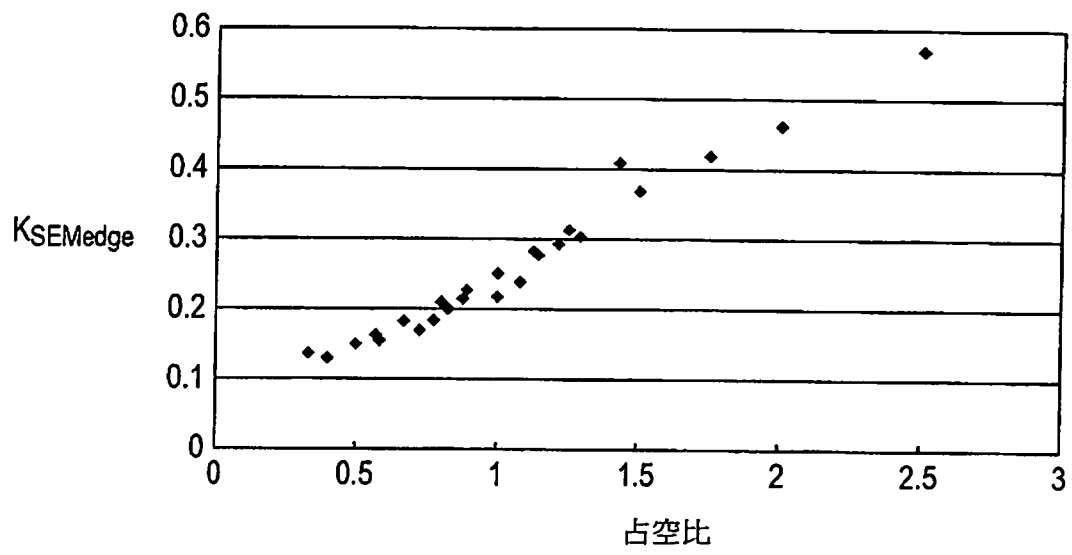


圖17A

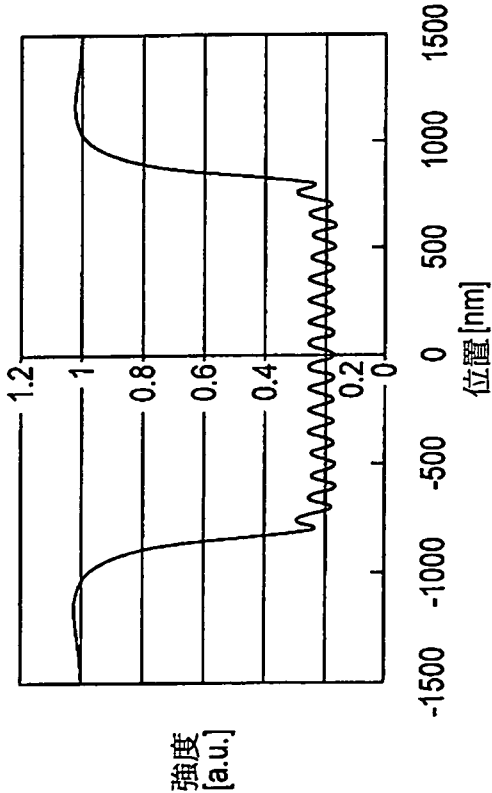


圖17B

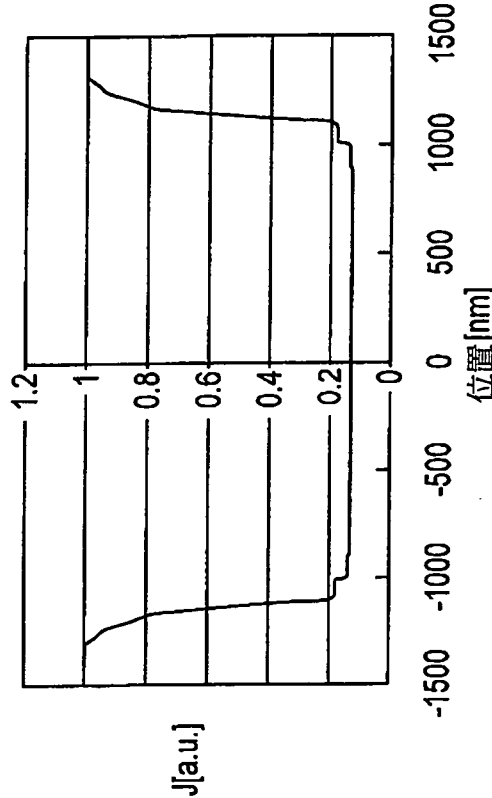


圖17C

