

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：P1105961

※ 申請日期：P7.2.20

※IPC 分類：G03F 7/26 (2006.01)  
H01L 21/027 (2006.01)  
G06F 17/50 (2006.01)

## 一、發明名稱：(中文/英文)

半導體裝置之製造方法及對曝光用遮罩形成圖案之方法

METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICES,  
AND METHOD FOR FORMING A PATTERN ONTO AN EXPOSURE  
MASK

## 二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商紐富來科技股份有限公司  
NUFLARE TECHNOLOGY, INC.

代表人：(中文/英文)

井入 正博  
IIRI, MASAHIRO

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國靜岡縣沼津市大岡2068-3  
2068-3, OOKA, NUMAZU-SHI, SHIZUOKA 410-8510 JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

## 三、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

阿部 隆幸  
ABE, TAKAYUKI

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

**四、聲明事項：**

主張專利法第二十二條第二項  第一款或  第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2007年02月23日；特願2007-043198

2. 日本；2007年03月30日；特願2007-091150

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

## 九、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係一種半導體裝置之製造方法及對曝光用遮罩形成圖案之方法，如關於藉由在每個場所預先調整遮罩上之圖案尺寸，修正將遮罩上之圖案轉印於晶圓時，及其後之晶圓處理產生的尺寸誤差，以形成圖案而製造半導體裝置之方法。特別是，此處所謂尺寸誤差，係假設某個圖形或圖形群之影響，對存在於分離之場所的圖形尺寸造成影響時的誤差者。

本申請案係基於並主張2007年2月23日於日本所申請之日本專利申請案第2007-043198號及2007年3月30日於日本所申請之日本專利申請案第2007-091150號之優先權的權利，其全部內容以引用方式併入本文中。

### 【先前技術】

製作LSI時，使用遮罩描繪裝置等，首先作成曝光用遮罩。而後，其次使用光掃描器及步進機，將曝光用遮罩上之圖案轉印於矽晶圓(Si晶圓)上的抗蝕劑。之後，經過顯像、蝕刻等各種製程作成1層圖案。重複進行數十次此種圖案作成製程而製造LSI。目前遮罩之描繪時，主要利用電子線曝光裝置，不過，亦有利用光之情況。此外，轉印遮罩上之圖案的裝置，如上述，目前係利用光，其波長為193 nm程度，不過，亦研究出利用波長為10 nm程度之超紫外光(EUV)、電子線及X射線的技術。

在LSI中形成1層部分之圖案，亦經過上述各種製程。經

過此種製程所形成之LSI圖案出現的一個問題係"局部觀察時，各圖案雖大致均一地實施加工(局部而言，與設計尺寸之差大致相同)，不過就標線片全體或是形成於晶圓內之晶片的內部全體觀察時，圖案尺寸逐漸變化(與設計尺寸之差在晶片內部緩慢地變化)"者。

圖34係顯示在晶片內部全體觀察時之圖案尺寸變化的一種情況圖。將圖34所示之誤差稱為總體CD誤差。以下顯示幾個例子。

首先，第一是以光步進機將遮罩上之圖案轉印於矽晶圓時產生的所謂火焰(flare)的現象。此為藉由遮罩及透鏡之表面粗度而亂反射之光產生的尺寸變動，且有圖案密集之場所時，自其使存在於數mm以內之其他圖形的尺寸變動數nm~數十nm程度。該現象係除了利用氟化氬(ArF)準分子雷射(波長為193 nm)之目前主流裝置之光轉印裝置或掃描器之外，即使利用預期未來將利用之EUV(超紫外光，Extreme Ultra Violet)區域的波長之轉印裝置(EUV步進機)亦產生的現象。

第2個例子，係實施於矽晶圓之半導體製造處理在乾式蝕刻時產生的搭載效應。乾式蝕刻係將抗蝕劑實施曝光、顯像，而產生抗蝕圖案後，將抗蝕圖案作為遮罩，利用電漿蝕刻下層之膜的製程。該製造步驟係蝕刻之副產生物的發生量依存於露出之下層的面積(亦即圖案密度)而變化，因為蝕刻速度依存於該副產生物之量而變化，所以蝕刻之尺寸變化的現象。結果，該尺寸變動亦依圖案之密度而變

化。因而，由於圖案密集場所之影響，存在於周邊數cm之區域內的圖形尺寸變化數nm~數十nm。

除此等之外，就連CMP(Chemical Mechanical Polishing：化學機械研磨)製程及抗蝕劑之顯像也產生搭載效應，尺寸依存於圖案之粗密而變化。

如以上所述，存在多數由於圖案密集場所之影響使存在於周邊數mm~數cm之區域內的圖形尺寸變化數nm~數十nm之現象。提高半導體積體電路之積體度時，不僅圖形趨於微細化，同時需要更加提高形成精度，不過，上述現象阻礙該高精度化，成為促進高積體化上之障礙。將修正因此種火焰或搭載效應造成之尺寸變動的方法稱為總體CD修正或是GCD修正。GCD修正方法之例有如下的例子。此為預先在每個場所修正圖形尺寸，藉此修正半導體製造步驟中產生之尺寸變動的方法(如參照日本特開2003-43661號公報)。日本特開2003-43661號公報提出有：算出該修正量時，將LSI圖案虛擬分割成網孔狀之數個胞，而使用其內部之圖案密度的方法。

但是，該方法如下述所示，只不過是近似性修正，進一步促進高精度化有困難。以下作說明。首先，說明總體CD誤差之定式化，其後說明先前之方法，其後說明先前方法之問題。

首先，按照日本特開2003-43661號公報，就總體CD誤差之定式化作說明。將LSI圖案區分成比達到總體CD誤差之距離充分小的區域(網孔)。該各網孔之大小為 $\Delta_L \times \Delta_L$ 。第i

網孔之中心座標為  $x_i=(x_i, y_i)$  時，存在於其網孔中之圖形尺寸因 GCD 誤差而變大之量  $\delta l(x_i)$  由以下之公式(1)表示。以下，在說明書中記載成座標  $x_i=(x_i, y_i)$ 。或是記載成座標  $x=(x, y)$ 。

$$(1) \delta l(x_i) = \gamma_d \sum_j g(x_i - x_j) \rho_0(x_j) \Delta_L^2 + \gamma_p f(x_i)$$

或是，網孔尺寸充分小，而以積分表現時，由以下之公式(2)表示。

$$(2) \delta l(x) = \gamma_d \int_A g(x - x') \rho_0(x') dx' + \gamma_p f(x_i)$$

此處，在公式(1)及公式(2)中，第1項表示依存於圖案密度之尺寸變動。蝕刻晶圓時產生之搭載效應，該項相當於依存於密度之尺寸變動。第2項表示僅依存於位置之尺寸變動。蝕刻晶圓之情況下，該項相當於藉由使用於蝕刻之電漿不均一而產生之尺寸變動。公式(1)及公式(2)中，第  $i$  網孔中設計上之圖案面積密度為「 $\rho_0(x_i) = \rho_0(x_i, y_i)$ 」。此外，某個場所之密度對其他場所之影響為「 $g(x) = g(x, y)$ 」，並為如以下公式(3)及公式(4)而規格化之函數。

$$(3) \sum_j \sum g(x_i - x_j, y_i - y_j) = 1$$

$$(4) \int_A g(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) dx dy = 1$$

密度依存之 GCD 誤差的大小藉由係數「 $\gamma_d$ 」而表示。如上述，由於規格化了  $g(x)$ ，因此， $\gamma$  表現圖案密度為「1」時之尺寸與「0」時之尺寸的差。 $\gamma$  之值依對象之處理而不

同，如乾式蝕刻產生之搭載效應達到5~20 nm。亦即，因圖案密度最大產生5~20 nm之尺寸變動。

搭載效應之分布函數 $g(x)=g(x, y)$ 如使用以下公式(5-1)或公式(5-2)。或是依使用於蝕刻等之裝置，而利用其他適切之函數。

$$(5-1) \quad g(x) = (1/\pi\sigma_L^2) \exp[-(x-x')^2/\sigma_L^2]$$

$$(5-2) \quad g(x) = (\gamma_1/\pi\sigma_{L1}^2) \exp[-(x-x')^2/\sigma_{L1}^2] + (\gamma_2/\pi\sigma_{L2}^2) \exp[-(x-x')^2/\sigma_{L2}^2]$$

其中， $\gamma_1+\gamma_2=1$ 。或是更一般而言，使用以下之公式(6-1)或公式(6-2)。

$$(6-1) \quad g(x) = \sum_k (\gamma_k/\pi\sigma_{Lk}^2) \exp[-(x-x')^2/\sigma_{Lk}^2]$$

$$(6-2) \quad 1 = \sum_k \gamma_k$$

此處， $\sigma_L$ 、 $\sigma_{L1}$ 、 $\sigma_{L2}$ 等係達到GCD誤差之距離的標準(影響範圍)，如為數100  $\mu\text{m}$ ~數cm程度。之前所述者，係假定網孔之尺寸比GCD誤差之距離充分小，不過，如只須使網孔之尺寸為 $\sigma_L/10$ 即可。 $\sigma_L$ 為1 mm及1 cm情況下，網孔之尺寸分別設定為0.1 mm及1 mm即可。

此外，公式(1)及公式(2)係依存於遮罩面內位置之CD誤差為「 $\gamma_p \times f(x, y)$ 」。f(x, y)為規格化成最大值1之函數。如此定義時， $\gamma_p$ 相當於僅依存於位置之GCD誤差的最大誤差。此外， $\Sigma$ 在每個小區域取和。

其次，說明先前之方法。

先前之方法如記載於日本特開2003-43661號公報之方

法，係將在場所 $(x_i, y_i)$ 之圖形尺寸縮小為顯示於下數公式(7)中之 $L_0(x_i, y_i)$ 程度的方法。

$$(7) L_0(x_i) = \gamma_d \sum_j g(x_i - x_j') \rho_0(x_j') \Delta_L^2 + \gamma_p f(x_i)$$

此處， $\rho_0(x_i) = \rho_0(x_i, y_i)$ 係原先圖案之密度。先前之方法極為單純，係將因GCD誤差而變大部分之尺寸，亦即從公式(7)獲得之 $L_0(x_i, y_i)$ 照樣從原來之圖形尺寸減去者。因而，基於以下之理由，並非精度佳者。換言之，從原來圖案密度算出尺寸修正量，使圖案尺寸變化其量程度時，由於修正後尺寸變化，因此其圖案密度與原來之圖案密度不同。另外，假如仍然是原來圖案密度時，因經過處理裝置及微影裝置，尺寸變化 $L_0(x_i, y_i)$ 程度，則成為如同設計之尺寸。但是，如上述，由於修正後之圖案密度與原來之圖案的圖案密度不同，因此藉由修正，不可能成為如同設計之尺寸。亦即，上述修正公式(7)無法獲得正確之尺寸修正量，進而實現正確之GCD修正困難。

其他，揭示有並非修正GCD誤差者，而係求出修正照射電子線而產生之鄰近效應用的鄰近效應修正方程式之解的文獻(如參照專利第3469422號公報、美國專利第5863682號公報)。

### 【發明內容】

本發明之目的為提供一種更正確地修正半導體製造步驟產生之尺寸變動的方法，進而更正確地形成圖案，並藉此製造更微細且高精度之半導體裝置的方法。



本發明一種形態之半導體裝置的製造方法之特徵為：

使用從曝光用遮罩之圖案作成區域虛擬分割之網孔狀的數個胞區域之每個胞區域中包含之圖案的面積，與前述圖案外周邊之長度的總和，算出修正前述圖案中產生之尺寸誤差的修正量，

將修正了前述修正量之尺寸的圖案曝光於塗布有抗蝕膜之基板，

曝光後，實施前述抗蝕膜顯像，

使用顯像後之抗蝕圖案實施前述基板加工。

本發明一種形態之對曝光用遮罩形成圖案之方法的特徵為：

將與形成於曝光用遮罩上之圖案同種的圖案虛擬配置於曝光用遮罩之圖案周邊，

包含周邊之圖案，虛擬分割成網孔狀之數個胞區域，

每個虛擬分割後之胞區域，將周圍之胞區域包含於影響範圍，算出修正在半導體基板上加工之製造步驟中產生的圖案之尺寸誤差的修正量，

將修正了修正量之尺寸的圖案形成於曝光用遮罩上。

此外，本發明其他形態之對曝光用遮罩形成圖案之方法的特徵為：

在包含形成半導體裝置之一層部分電路的曝光步驟之產生圖案之尺寸誤差的數個製造步驟中，從更後階側之製造步驟起依序，從後階之製造步驟存在情況下，以修正後階之製造步驟產生的尺寸誤差之修正量依序修正之尺寸，算

出不存在情況下，修正與設計尺寸之尺寸誤差的修正量，將修正至曝光步驟之修正量的尺寸之圖案形成於曝光用遮罩上。

此外，本發明其他形態之半導體裝置的製造方法之特徵為：

在包含形成半導體裝置之一層部分電路的曝光步驟之產生圖案之尺寸誤差的數個製造步驟中，從更後階側之製造步驟起依序，從後階之製造步驟存在情況下，以修正後階之製造步驟產生的尺寸誤差之修正量依序修正之尺寸，算出不存在情況下，修正與設計尺寸之尺寸誤差的修正量，

使用形成有修正至前述曝光步驟之修正量的尺寸之圖案的曝光用遮罩，曝光於塗布有抗蝕膜之基板，

曝光後，實施前述抗蝕膜顯像，

使用顯像後之抗蝕圖案實施前述基板加工。

### 【實施方式】

#### 第一種實施形態

首先，圖示遮罩之製造步驟與LSI之製造步驟。

圖1係顯示第一種實施形態中之遮罩的製造步驟與LSI之製造步驟的重要部分步驟圖。

LSI等之半導體裝置的製造，係將10層~數10層之圖案形成於矽晶圓上而進行，不過，此處係顯示1層部分之形成例。此處係以布線用接點形成後，藉由金屬鑲嵌法形成銅(Cu)等之金屬布線時為例作說明。其程序大致上實施以下之6個步驟。首先實施：描繪進行曝光用之圖案，而形成

遮罩之步驟(S201)；利用光在晶圓上之抗蝕膜轉印(曝光)遮罩上之圖案的步驟(S202)；曝光後，將抗蝕膜顯像之顯像步驟(S204)；顯像後，將抗蝕圖案作為遮罩，乾式蝕刻下層之絕緣膜，而形成開口部之步驟(S206)；在開口部及晶圓表面堆積金屬膜之薄膜形成步驟(S208)；而後，堆積金屬膜後，研磨表面，以CMP除去多餘之金屬部分的步驟(S210)之一連串步驟。為了精確製造經過此種步驟而製造之半導體裝置的尺寸，第一種實施形態係從後階之步驟側起追溯而依序修正GCD尺寸誤差。而後，形成修正了1層部分之全部步驟中的GCD尺寸誤差之遮罩。修正方法係實施：修正因CMP而產生之GCD尺寸誤差的步驟(S102)，修正因蝕刻而產生之GCD尺寸誤差的步驟(S104)，修正因曝光而產生之GCD尺寸誤差的步驟(S106)，及修正因遮罩形成而產生之GCD尺寸誤差的步驟(S108)之一連串步驟。

此處，如上述，先前之方法無法算出正確之尺寸修正量。其理由係因雖從原來之圖案的圖案密度計算尺寸修正量，但是進行尺寸之修正後的圖案密度與原來之圖案密度不同。第一種實施形態首先第一個說明該問題除了圖案密度之外，可藉由考慮1)"圖形之邊的總和"或是2)"圖形之邊的總和與依存於圖形在頂點之角度的貢獻"而解決。

首先，說明求出修正量用之基本公示。此處為了將說明一般化，而考慮使存在於第 $i$ 個網孔中之全部圖形的尺寸比設計尺寸增大一些希望之大小 $\delta l(x_i)=\delta l(x_i, y_i)$ 程度。形成如設計之情況下，只須 $\delta l(x_i)=0$ 即可。以下，只要未事

先說明，則為不附加  $\delta l(x_i)=0$  之條件者。

為了將尺寸增大希望之大小  $\delta l(x_i)=\delta l(x_i, y_i)$  程度，只須將第  $i$  個網孔內部之圖形全部比設計尺寸縮小  $\Delta l(x_i)=\Delta l(x_i, y_i)$  程度即可。為只要從  $CD_0$  縮小即可者。該量  $\Delta l(x_i)$  係成為應求出之修正量的未知函數。此時， $\delta l(x_i)$  藉由  $\Delta l(x_i)$  而表現成以下之公式(8)。

$$(8) \quad \delta l(x_i) = -\Delta l(x_i) + \gamma_d \sum_j g(x_i - x_j') \rho(x_j') \Delta l_j^2 + \gamma_p f(x_i)$$

此處， $i$  係分配於網孔之編號， $x_i=(x_i, y_i)$  係第  $i$  個網孔之代表點(如中心)的座標。和係取影響第  $i$  個之網孔之範圍的網孔。亦即，係取第  $i$  個之網孔及其周圍的網孔。搭載效應之分布函數  $g(x)=g(x, y)$  使用高斯(Gaussian)之公式(5-1)或公式(5-2)。或是，藉由使用於蝕刻等之裝置，利用其他適切之函數。此外，和在實際進行數值計算情況下，於函數  $g(x, y)$  係高斯公式時，只須就從第  $i$  個之網孔起存在於  $3\sigma_L$  或  $4\sigma_L$  以內(包含第  $i$  個網孔本身)的全部網孔取和即可。 $\rho(x_j, y_j)$  係第  $j$  個網孔中縮小之圖案的圖案密度。此處，公式(8)右邊的第1項顯示從設計尺寸  $\Delta l(x_i)$  程度縮小了圖案尺寸者。此外，第2項與第3項顯示藉由縮小之圖案發生之GCD誤差而產生的尺寸變動，第2項表示依存於密度之尺寸變動，第3項表示依存於位置之尺寸變動。該公式(8)係求出  $\Delta l(x_i)$  用之基本方程式。此處，若網孔之尺寸充分小時，和可以積分表示，且表現成以下之公式(9)。

$$(9) \quad \Delta l(x) = +\gamma_d \int \rho(x') g(x - x') dx' + \gamma_p f(x) - \Delta l(x_i)$$

以下之說明係網孔之尺寸充分小，以積分之表現與藉由和之表現視為相同，混和積分、和之表現而記載。此處說明注意處。 $\delta l(x_i)$ 為零而變形時，公式(9)表現成以下之公式(10)。

$$(10) \Delta(x_i) = +\gamma_d \int \rho(x')g(x-x')dx' + \gamma_p f(x)$$

一時觀察先前之修正公式(2)與該公式(10)時，看似相同，不過內容差異如下。亦即，先前之修正公式(2)中，圖案密度 $\rho_0(x_j, y_j)$ 係原來之圖案者，而公式(10)之圖案密度 $\rho(x_j, y_j)$ 係尺寸修正後之圖案的圖案密度。亦即，先前之修正公式(2)係忽略藉由修正尺寸而圖案密度變化者。如此，先前之方法中產生了修正誤差。

其次，說明另一個注意處。由於公式(10)之圖案密度係尺寸修正後之圖案的圖案密度，因此該密度中暗含未知之尺寸修正量 $\Delta l(x_i)$ 。該狀況下方程式(10)求解困難。因而，以下之說明係修改方程式(10)，清楚表現未知之尺寸修正量 $\Delta l(x_i)$ ，以便於求解。

圖2A~圖2C係顯示第一種實施形態中作成之一種圖案之圖。

圖2A~圖2C中顯示設計圖案之原來圖形42(圖案B)與為了實施GCD修正一側各 $\Delta l(x)/2$ 而兩側相加，縮小 $\Delta l(x)$ 程度之修正後的圖形44(圖案A)與該縮小部分的差分圖形46(圖案C)。在修正後之圖形44的圖案密度 $\rho(x_j)$ 、原來圖形42之圖案密度 $\rho_0(x_j)$ 及差分圖形46之圖案密度 $\rho^*(x_j)$ 之間，以下

公式(11)之關係成立。

$$(11) \quad \rho(x_j') = \rho_0(x_j') - \rho^*(x_j')$$

圖3係顯示第一種實施形態中之一種原來圖形、修正後之圖形及差分圖形之圖。

從圖3之例瞭解，差分圖形46之面積使用原來圖形42，而由以下之公式(12)來表示。

$$(12) \quad \Delta S = l_{SUM}(x_j) \cdot \frac{\Delta \lambda(x_j')}{2} - Q_c \cdot \Delta \lambda(x_j')^2$$

此處， $l_{SUM}(x_j)$ 表示原來圖形42之邊長度的總和。此外， $Q_c$ 表示頂點之係數。此處，公式(12)之右邊第2項表示圖形頂點之貢獻。如圖3所示，僅考慮邊情況下(僅相當於公式(12)之第1項)凸出之頂點為額外地計算面積，凹陷之頂點係面積不足。公式(12)之第2項係調整其多餘與不足之項。 $Q_c$ 係反映此等頂點之貢獻用的係數，如以下所示， $Q_c$ 係從圖形之各頂點的貢獻之角度決定的係數。

圖4係圖案之頂點上產生的面積誤差之說明圖。頂點之角度為 $\theta$ 時，僅考慮公式(12)之第1項時產生的面積之誤差(額外地計算之面積)為圖4所示之 $Q$ ，計算其時，可由以下之公式(13)來表示。

$$(13) \quad [\cos(\theta/2)/\sin(\theta/2)] \cdot \Delta l^2/4$$

因而，一個圖形上之 $Q_c$ 由以下之公式(14)來表示。

$$(14) \quad Q_c = \Sigma [\cos(\theta_i/2)/\{4 \cdot \sin(\theta_i/2)\}]$$

此處，在公式(14)中， $i$ 係附加於圖形之各頂點的編號。

$\theta_i$ 係頂點*i*上之角度，並就圖形之全部頂點取和。亦即，利用藉此計算之 $Q_c$ ，差分圖形46之面積以公式(12)表現。就各個圖形，由於可如此地計算面積，因此各網孔中之差分圖形46的圖案密度 $\rho^*(x_j)$ 可由以下之公式(15)來表示。

$$(15) \quad \rho^*(x_j) = \frac{\sum_{\text{網孔內差分圖形}} \Delta S / \Delta_L^2}{= [FEC(x_j) / \Delta_L^2] \Delta l(x_j) - [CAT(x_j) / \Delta_L^2] \Delta l(x_j)^2}$$

此處， $FEC(x_i)$ 係將第*i*個網孔中包含之原來圖形42的邊長度總和減半者， $CAT(x_i)$ 由以下之公式(16)定義。

$$(16) \quad CAT(x_i) = \sum_k [\cos(\theta_k/2) / \{4 \cdot \sin(\theta_k/2)\}]$$

此處，*k*係分配於第*i*個網孔中包含之全部圖形的全部頂點之編號(ID)，並就全部之*k*取和。此外，圖形跨越網孔之邊界時，只須將各網孔中包含之邊長度之和加入(包含邊之網孔的) $FEC$ ，將應考慮成各網孔中包含之頂點的貢獻部分之 $\cos(\theta_k/2) / \{4 \sin(\theta_k/2)\}$ 加入(包含頂點之網孔的) $CAT$ 即可。不過，若跨越該邊界之圖形比網孔之大小充分小(如為1/10以下)情況下，亦可將圖形之邊的總和及頂點之貢獻部分之值加入1個網孔之 $FEC$ 、 $CAT$ 。

而後，將公式(15)代入公式(11)時，修正後之圖形44的圖案密度 $\rho(x_j)$ 如以下之公式(17)表示。

$$(17) \quad \rho(x_j') = \rho_0(x_j') - [FEC(x_j') / \Delta_L^2] \Delta l(x_j') + [CAT(x_j') / \Delta_L^2] \Delta l(x_j')^2$$

而後，將公式(17)代入公式(8)，而獲得以下之公式(18)。

$$\begin{aligned}
 \Delta l(\mathbf{x}_i) = & \gamma_d \sum_{small} g(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j') \rho_0(\mathbf{x}_j') \Delta_L^2 \\
 & - \gamma_d \sum_{small} [FEC(\mathbf{x}_j') / \Delta_L^2] \Delta l(\mathbf{x}_j') g(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j') \Delta_L^2 \\
 (18) \quad & + \gamma_d \sum_{small} [CAT(\mathbf{x}_j') / \Delta_L^2] \Delta l(\mathbf{x}_j')^2 g(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j') \Delta_L^2 \\
 & + \gamma_p f(\mathbf{x}_i) - \delta l(\mathbf{x}_i)
 \end{aligned}$$

以積分表現公式(18)時，如以下之公式(19)所示。

$$\begin{aligned}
 \Delta l(\mathbf{x}) = & \gamma_d \int_A g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') \rho_0(\mathbf{x}_{kl}') dx' - \gamma_d \int_A [FEC(\mathbf{x}') / \Delta_L^2] \Delta l(\mathbf{x}') g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') dx' \\
 (19) \quad & + \gamma_d \int_A [CAT(\mathbf{x}') / \Delta_L^2] \Delta l(\mathbf{x}')^2 g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') dx' + \gamma_p f(\mathbf{x}) - \delta l(\mathbf{x})
 \end{aligned}$$

公式(10)係在修正後之圖形44的圖案密度 $\rho(\mathbf{x}_j)$ 中暗含尺寸修正量 $\Delta l(\mathbf{x}_i)$ ，不過該公式(19)中，圖形之資訊全部成為可從原來圖形42算出之量，尺寸修正量 $\Delta l(\mathbf{x}_i)$ 不隱藏，而明顯地出現於公式(19)中。因而，透視性佳，成為求出修正量 $\Delta l(\mathbf{x}_i)$ 時便利之方程式。以下藉由幾個情況求解該方程式。

(情況1)：可忽略頂點之貢獻時

方程式(19)成為其次之線形方程式(20)。

$$\begin{aligned}
 \Delta l(\mathbf{x}) + \gamma_d \int_A \Delta l(\mathbf{x}') g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') \{FEC(\mathbf{x}') / \Delta_L^2\} dx' \\
 (20) \quad = & \gamma_d \int_A g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') \rho_0(\mathbf{x}_{kl}') dx + \gamma_p f(\mathbf{x}) - \delta l(\mathbf{x})
 \end{aligned}$$

而後，如以下地求出尺寸修正量 $\Delta l(\mathbf{x})$ 。首先， $\Delta l(\mathbf{x})$ 可定義成以下之公式(21-1)及公式(21-2)。

$$(21-1) \quad \Delta l(\mathbf{x}) = \lim_{n \rightarrow \infty} l_n(\mathbf{x})$$

$$(21-2) \quad l_n(\mathbf{x}) = l_{n-1}(\mathbf{x}) + d_n(\mathbf{x})$$



此時， $l_1(x, y)$ 可由以下之公式(22)表示。

$$(22) \quad l_1(\mathbf{x}) = \left\{ \gamma_d \int_A g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') \rho_0(\mathbf{x}_{k,l}') d\mathbf{x} + \gamma_p f(\mathbf{x}) - \delta l(x_i) \right\} \\ / [1 + \gamma_d \int_A \{FEC(\mathbf{x}') / \Delta_L^2\} g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') d\mathbf{x}']$$

另外，該公式(22)及以下之公式係 $\Delta_L$ 充分小，而以積分註記。此外，積分為就全部區域進行者，並以A表示。此外， $d_n(x)$ 可由以下之公式(23)表示。

$$(23) \quad d_n(\mathbf{x}) = -\varepsilon_n(\mathbf{x}) / [1 + \gamma_d \int_A \{FEC(\mathbf{x}') / \Delta_L^2\} g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') d\mathbf{x}']$$

此處， $\varepsilon_n(x)$ 為以下之公式(24)。

$$(24) \quad \varepsilon_n(\mathbf{x}) = l_{n-1}(\mathbf{x}) + \gamma_d \int_A \{FEC(\mathbf{x}') / \Delta_L^2\} l_{n-1}(\mathbf{x}') g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') d\mathbf{x}' \\ - \gamma_d \int_A g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') \rho_0(\mathbf{x}_{k,l}') d\mathbf{x} - \gamma_p f(\mathbf{x}) + \delta l(x_i)$$

如以上，使尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 收斂。結果可導出高精度之值。此外，該解之不同表現如下。首先， $\Delta l(x)$ 可定義成以下之公式(25)。

$$(25) \quad \Delta l(\mathbf{x}) = \sum_{n=1}^{\infty} l_n(\mathbf{x})$$

此時， $l_1(x)$ 可由以下之公式(26)表示。

$$(26) \quad l_1(\mathbf{x}) = \left\{ \gamma_d \int_A g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') \rho_0(\mathbf{x}_{k,l}') d\mathbf{x} + \gamma_p f(\mathbf{x}) - \delta l(x_i) \right\} \\ / [1 + \gamma_d \int_A \{FEC(\mathbf{x}') / \Delta_L^2\} g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') d\mathbf{x}']$$

此外， $l_n(x)$ (其中， $n > 1$ )可由以下之公式(27)表示。

$$(27) \quad l_n(\mathbf{x}) = -\varepsilon_n^*(\mathbf{x}) / [1 + \gamma_d \int_A \{FEC(\mathbf{x}') / \Delta_L^2\} g(\mathbf{x} - \mathbf{x}') d\mathbf{x}']$$

此外， $\varepsilon_n^*(x)$ 為以下之公式(28)。

$$(28) \quad \varepsilon_n^*(x) = \{\gamma_d \int_A \{l_{n-1}(x) - l_{n-1}(x')\} \{FEC(x') / \Delta_L^2\} g(x-x') dx'\}$$

此處，公式(21-1)與公式(25)中，和為無限，不過實際計算時，無須無限地計算項，而依需要之精度，僅利用第1項或是最初之數項或是最初之10項~數10項即可。就獲得之具體精度於後述。

(情況2)：考慮邊與頂點之效果時

以下，首先取代公式(19)，而說明比其更一般化之以下關於D(x)之以下積分方程式(29)的解法。方程式(29)中， $\rho_1(x)$ 、 $\rho_2(x)$ 、 $f(x)$ 係已知之函數，D(x)係應求解之未知函數。而後，利用該解法求解尺寸修正量 $\Delta 1(x)$ 。

$$(29) \quad D(x) + \eta_1 \int_A \rho_1(x') D(x') g(x-x') dx' + \eta_2 \int_A \rho_2(x') D(x')^2 g(x-x') dx' = f(x)$$

而後，如以下公式(30)地定義而求解。

$$(30) \quad D(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} D_n(x)$$

此處， $D_n(x)$ 定義成公式(31)。

$$(31) \quad D_n(x) = D_{n-1}(x) + d_n(x)$$

此處， $D_{n-1}(x)$ 為已知之函數，且為近似解。該近似解之誤差 $\xi_{n-1}(x)$ 由以下之公式(32)表示。

$$(32) \quad \xi_{n-1}(x) = D_{n-1}(x) + \eta_1 \int_A \rho_1(x') D_{n-1}(x') g(x-x') dx' + \eta_2 \int_A \rho_2(x') D_{n-1}(x')^2 g(x-x') dx' - f(x)$$

將公式(31)代入公式(32)而獲得其次之公式(33)。

$$\begin{aligned}
& D_{n-1}(x) + \eta_1 \int_A \rho_1(x') D_{n-1}(x') g(x-x') dx' \} \\
& + \eta_2 \int_A \rho_2(x') D_{n-1}(x')^2 g(x-x') dx' \\
(33) \quad & + d_n(x) + \eta_1 \int_A \rho_1(x') d_n(x') g(x-x') dx' \} \\
& + \eta_2 \int_A \rho_2(x') d_n(x')^2 g(x-x') dx' + \eta_2 \int_A \rho_2(x') 2D_{n-1}(x') d_n(x') g(x-x') dx' \\
& = f(x)
\end{aligned}$$

代入公式(30)而獲得其次之公式(34)。

$$\begin{aligned}
& \xi_{n-1}(x) + \\
& d_n(x) + \eta_1 \int_A \rho_1(x') d_n(x') g(x-x') dx' \} \\
(34) \quad & + \eta_2 \int_A \rho_2(x') d_n(x')^2 g(x-x') dx' + \eta_2 \int_A \rho_2(x') 2D_{n-1}(x') d_n(x') g(x-x') dx' \\
& = 0
\end{aligned}$$

此處，以下之3個量由以下之公式(35-1)、(35-2)及(35-3)作定義。

$$(35-1) \quad o_1(x) = \int_A \rho_1(x') d_n(x') g(x-x') dx' \} - \int_A \rho_1(x') d_n(x') g(x-x') dx' \}$$

$$(35-2) \quad o_2(x) = \int_A \rho_2(x') d_n(x')^2 g(x-x') dx' - \int_A \rho_2(x') D_{n-1}(x')^2 g(x-x') dx'$$

$$(35-3) \quad o_3(x) = \int_A \rho_2(x') d_n(x') D_{n-1}(x') g(x-x') dx' - d_n(x') \int_A \rho_2(x') D_{n-1}(x')^2 g(x-x') dx'$$

此等之量於圖案密度均一時為0。因而，視為此等之微小量而為0時，公式(34)變成其次之公式(36)。

$$\begin{aligned}
& d_n(x) + \eta_1 \int_A \rho_1(x') g(x-x') dx' \} + \eta_2 \int_A \rho_2(x') 2D_{n-1}(x') g(x-x') dx' \\
(36) \quad & + \eta_2 \int_A \rho_2(x') g(x-x') dx' + \xi_{n-1}(x) \\
& = 0
\end{aligned}$$

由於d(x)係二次方程式，因此可求解。a<sub>n</sub>(x)、b<sub>n</sub>(x)、c<sub>n</sub>(x)定義成其次之公式(37-1)、公式(37-2)及公式(37-3)。

$$(37-1) \quad a_n(x) = \eta_2 \int_A \rho_2(x') g(x-x') dx'$$

$$(37-2) \quad b_n(x) = 1 + \eta_1 \int_A \rho_1(x') g(x-x') dx' \} + \eta_2 \int_A \rho_2(x') 2D_{n-1}(x') g(x-x') dx'$$

$$(37-3) \quad c_n(x) = \xi_{n-1}(x)$$

由於是二次方程式，因此有兩個解，不過，係選擇  $a_n(x)$  接近零時不發散者，亦即，選擇物理性有意義之解。求解時利用  $a_n(x)$ 、 $b_n(x)$ 、 $c_n(x)$  而表示如下。

$b_n(x) \geq 0$  時，由以下之公式(38)表示。

$$(38) \quad d_n(x) = (-b_n(x) + \sqrt{b_n(x)^2 - 4a_n(x)c_n(x)}) / 2a_n(x)$$

$b_n(x) < 0$  時，由以下之公式(39)表示。

$$(39) \quad d_n(x) = (-b_n(x) - \sqrt{b_n(x)^2 - 4a_n(x)c_n(x)}) / 2a_n(x)$$

$a_n(x)$  為零時，由以下之公式(40)表示

$$(40) \quad d_n(x) = -c_n(x) / b_n(x)$$

最初之近似解  $D_1(x)$  如以下地求出。將其次之2個量、 $o_4(x)$ 、 $o_5(x)$  由以下之公式(41-1)及(41-2)作定義。

$$(41-1) \quad o_4(x') = \int_A \rho_1(x') D(x') g(x-x') dx' - D(x) \int_A \rho_1(x') g(x-x') dx'$$

$$(41-2) \quad o_5(x') = \int_A \rho_2(x') D(x')^2 g(x-x') dx' - D(x)^2 \int_A \rho_2(x') g(x-x') dx'$$

此等之量亦是於圖案均一時形成零之量。因而，為微小量而近似零時，公式(29)修改成其次公式(42)。

$$(42) \quad D_1(x)^2 \eta_2 \int_A \rho_2(x') g(x-x') dx' + D_1(x) \{ 1 + \eta_1 \int_A \rho_1(x') g(x-x') dx' \} - f(x) = 0$$

而後，此為關於  $D(x)$  之二次方程式而可求解。將  $a_1(x)$ 、

$b_1(x)$ 、 $c_1(x)$ 定義成其次之公式(43-1)、公式(43-2)及公式(43-3)。

$$(43-1) \quad a_1(x) = \eta_2 \int_A \rho_2(x') g(x-x') dx'$$

$$(43-2) \quad b_1(x) = \left\{ 1 + \eta_1 \int_A \rho_1(x') g(x-x') dx' \right\}$$

$$(43-3) \quad c_1(x) = -f(x)$$

使用此等，其解如以下地表示。首先， $b_1(x) \geq 0$ 時，由以下之公式(44)表示。

$$(44) \quad D_1(x) = \left\{ -b_1(x) + \sqrt{b_1(x)^2 - 4a_1(x)c_1(x)} \right\} / 2a_1(x)$$

此外， $b_1(x) < 0$ 時，由以下之公式(45)表示。

$$(45) \quad D_1(x) = \left\{ -b_1(x) - \sqrt{b_1(x)^2 - 4a_1(x)c_1(x)} \right\} / 2a_1(x)$$

$a_1(x)$ 接近零時，選擇為有限者。 $a_1(x)$ 接近零時，由以下之公式(46)表示。

$$(46) \quad d_1(x) = -c_1(x) / b_1(x)$$

彙整以上時， $D(x)$ 由公式(30)表示。而後， $D_n(x)$ 由公式(31)表示。此外， $a_1(x)$ 由公式(43-1)表示。而後， $b_1(x)$ 由公式(43-2)表示。而後， $c_1(x)$ 由公式(43-3)表示。而後， $a_n(x)$ 由公式(37-1)表示。而後， $b_n(x)$ 由公式(37-2)表示。而後， $c_n(x)$ 由公式(37-3)表示。而後， $\xi_{n-1}(x)$ 由公式(32)表示。

而後， $b_1(x) \geq 0$ 時， $D_1(x)$ 由公式(44)表示。此外， $b_1(x) < 0$ 時， $D_1(x)$ 由公式(45)表示。再者， $a_1(x)$ 為零時， $d_1(x)$ 由公式(46)表示。

而後， $b_n(x) \geq 0$ 時， $d_n(x)$ 由公式(38)表示。此外， $b_n(x) < 0$ 時， $d_n(x)$ 由公式(39)表示。此外， $a_n(x)$ 為零時， $d_n(x)$ 由公式(40)表示。

以上之說明係求解更一般之方程式(29)。利用該解時，公式(19)之解如下地表示。首先， $\Delta l(x)$ 如公式(21-1)及公式(21-2)地定義。此處， $l_1(x)$ 、 $d_n(x)$ 將 $a_1(x)$ 、 $b_1(x)$ 、 $c_1(x)$ 、 $a_n(x)$ 、 $b_n(x)$ 、及 $c_n(x)$ 定義如下。首先， $a_1(x)$ 如以下之公式(47)作定義。

$$(47) \quad a_1(x) = -\gamma_d \int_A \{CAT(x')/\Delta_L^2\} g(x-x') dx'$$

而後， $b_1(x)$ 如以下之公式(48)作定義。

$$(48) \quad b_1(x) = \left\{ 1 + \gamma_d \int_A \{FEC(x')/\Delta_L^2\} g(x-x') dx' \right\}$$

而後， $c_1(x)$ 如以下之公式(49)作定義。

$$(49) \quad c_1(x) = -\gamma_d \int_A g(x-x') \rho_0(x_{k,l}') dx + \delta l(x) + \gamma_p f(x) - \delta l(x_i)$$

而後， $a_n(x)$ 如以下之公式(50)作定義。

$$(50) \quad a_n(x) = -\gamma_d \int_A \{CAT(x')/\Delta_L^2\} g(x-x') dx'$$

而後， $b_n(x)$ 如以下之公式(51)作定義。

$$(51) \quad b_n(x) = 1 + \gamma_d \int_A \{FEC(x')/\Delta_L^2\} g(x-x') dx' - \gamma_d \int_A \{CAT(x')/\Delta_L^2\} 2l_{n-1}(x') g(x-x') dx'$$

而後， $c_n(x)$ 如以下之公式(52)作定義。

$$\begin{aligned}
c_n(x) = & l_{n-1}(x) + \gamma_d \int_A \{FEC(x') / \Delta_l^2\} l_{n-1}(x') g(x-x') dx' \} \\
& - \gamma_d \int_A \{CAT(x') / \Delta_l^2\} l_{n-1}(x')^2 g(x-x') dx' \\
(52) \quad & - \gamma_d \int_A g(x-x') \rho_0(x_{k,l}') dx + \delta l(x) - \gamma_p f(x) + \delta l(x_i)
\end{aligned}$$

而後， $b_1(x) \geq 0$ 時， $l_1(x)$ 由公式(53)表示。

$$(53) \quad l_1(x) = \{-b_1(x) + \sqrt{b_1(x)^2 - 4a_1(x)c_1(x)}\} / 2a_1(x)$$

此外， $b_1(x) < 0$ 時， $l_1(x)$ 由公式(54)表示。

$$(54) \quad l_1(x) = \{-b_1(x) - \sqrt{b_1(x)^2 - 4a_1(x)c_1(x)}\} / 2a_1(x)$$

此外， $a_1(x)$ 為零時， $l_1(x)$ 由公式(55)表示。

$$(55) \quad l_1(x) = -c_1(x) / b_1(x)$$

此外， $b_n(x) \geq 0$ 時， $d_n(x)$ 由公式(56)表示。

$$(56) \quad d_n(x) = (-b_n(x) + \sqrt{b_n(x)^2 - 4a_n(x)c_n(x)}) / 2a_n(x)$$

此外， $b_n(x) < 0$ 時， $d_n(x)$ 由公式(57)表示。

$$(57) \quad d_n(x) = (-b_n(x) - \sqrt{b_n(x)^2 - 4a_n(x)c_n(x)}) / 2a_n(x)$$

此外， $a_n(x)$ 為零時， $d_n(x)$ 由公式(58)表示。

$$(58) \quad d_n(x) = -c_n(x) / b_n(x)$$

此處，公式(21-1)與公式(25)中，和為無限，不過實際計算時，無須計算無限項，而依需要之精度，僅利用第1項或是最初之數項或是最初之10項~數10項即可。就獲得之具體精度於後述。

其次顯示以上獲得之解不為虛數。最小之邊長度為

$L_{\min}$ ， $\delta l(x)$ 為 $\gamma_d$ 程度時，上述之 $a_1(x)$ 、 $a_n(x)$ 的大小概略形成以下公式(59)所示之大小。

$$(59) \quad a_1(x), a_n(x) \approx \gamma_d / L_{\min}^2$$

此外， $b_1(x)$ 、 $b_n(x)$ 的大小概略形成以下公式(60)所示之大小。

$$(60) \quad b_1(x), b_n(x) \approx 1 + \gamma_d / L_{\min}$$

此外， $c_1(x)$ 、 $c_n(x)$ 的大小概略形成以下公式(61)所示之大小。

$$(61) \quad c_1(x), c_n(x) \approx \gamma_d + \gamma_p$$

此處，假定其次事項。

(假定1)存在於LSI圖案內之圖形的最小邊長度比發生之GCD誤差充分小。按照該假定，而將 $\xi$ 定義為 $\gamma_d / L_{\min}$ 時， $\xi$ 為微小量，且形成以下公式(62)所示之大小。

$$(62) \quad b_1(x), b_n(x) \approx 1 + \xi$$

因而， $b_1(x)$ 及 $b_n(x)$ 不致成為零。此外，上述公式表現之二方根中，形成以下公式(63)所示之大小。

$$(63) \quad b_1(x)^2 - 4a_1(x) \cdot c_1(x) \approx b_n(x)^2 - 4a_n(x) \cdot c_n(x) \approx 1 - 4\xi^2$$

因而不致為負。亦即，按照(假定1)，上述解不致成為虛根。

其次，就上述求解而獲得之修正精度，顯示數值計算之結果。

圖5係顯示第一種實施形態中之修正誤差測定用的一種



圖案之圖。

在成為二維平面之描繪區域72的右半部分形成方格相間(西洋棋盤圖案)。而後，各個矩形尺寸為 $w \times w$ 。此時，圖案密度 $\rho(x, y)$ 可由以下之公式(64)表示。

$$(64) \quad \rho_0(x) = \begin{cases} 1/2 & (x \geq 0) \\ 0 & (x < 0) \end{cases}$$

此外， $FEC(x, y)$ 可由以下之公式(65)表示。

$$(65) \quad FEC(x) = \begin{cases} 1/w & (x \geq 0) \\ \approx 0 & (x < 0) \end{cases}$$

此外， $CAT(x, y)$ 可由以下之公式(66)表示。

$$(66) \quad CAT(x) = \begin{cases} 1/2w^2 & (x \geq 0) \\ \approx 0 & (x < 0) \end{cases}$$

圖6係顯示僅考慮面積時之一種修正精度圖。

此處顯示僅考慮圖案之面積，而忽略邊及頂點之貢獻的情況作為一例。如圖6所示，瞭解因為忽略了邊及頂點的貢獻，所以依位置變大，而修正殘差保留。

圖7係顯示第一種實施形態中之考慮面積與邊長度的總和時之一種修正精度圖。括弧內之數字表示計算次數。此處，計算次數2次比1次修正殘差更小。亦即，比僅考慮面積時，進一步將邊之總和用於計算而求解者的精度高。但是，即使增加計算次數為3次以上，無法謀求精度提高。此因忽略的頂點之貢獻。

圖8係顯示第一種實施形態中之考慮面積與邊長度的總和與頂點之貢獻時的一種修正精度圖。

括弧內之數字表示計算次數。此處考慮了邊與頂點之貢獻。而後，可藉由增加計算次數而將修正殘差抑制在0.1 nm以內。此處考慮修正遮罩蝕刻時產生的搭載效應之情況。按照ITRS2005，HP45 nm及HP32 nm時代之遮罩中要求的尺寸均一性(dense pattern)分別係3.8 nm及2.7 nm。將遮罩製造時產生之誤差因素存在多種納入考慮，而比較上述估計結果與ITRS之預測。如此，瞭解不久之將來僅考慮面積之方法其精度不足。反之，藉由情況1~2之各解法，則可滿足將來之LSI的精度。特別是如情況2，藉由考慮邊之貢獻與頂點之貢獻作修正，可更高精度地修正。

如以上所述，藉由使用從曝光用遮罩之圖案作成區域虛擬分割之網孔狀的數個胞區域(網孔)之每個網孔中包含的圖案面積，與圖案外周之邊長度的總和，可高精度地算出修正因火焰及搭載效應產生之圖案的GCD尺寸誤差之修正量。再者，網孔內之圖案的頂點之貢獻，藉由將頂點之係數 $Q_c$ 中乘上了 $\Delta l(x)^2$ 之值包含於計算中，可算出比修正GCD尺寸誤差用更高精度之修正量 $\Delta l(x)$ 。

其次，第2個是為了以更高精度之修正量 $\Delta l(x)$ 修正形成於遮罩之圖案，進一步須在周圍虛擬配置同種之圖案作計算。以下，就須在周圍虛擬配置同種之圖案作計算的理由作說明。

圖9係顯示第一種實施形態中形成於遮罩之圖案曝光於矽晶圓上時的一種配置狀況圖。

形成於遮罩20上之1個晶片部分的LSI圖案26，如圖9所

示，反覆轉印於晶圓22上，而空間性鋪滿。此處顯示在遮罩20上配置了2個圖案26。此外，在轉印於晶圓22之區域24的4個角落如配置標記28。轉印於晶圓22之區域24的尺寸，在遮罩20上約為 $10 \times 10$  cm，在晶圓22上為 $2.5 \times 2.5$  cm程度。另外，如在曝光晶圓22上之抗蝕劑而顯像後進行的乾式蝕刻步驟，係依存於圖案密度之尺寸變動，從某個圖案存在之位置達到數cm程度。因而，以1次轉印曝光而顯像之區域24中包含的圖案影響周邊之圖案尺寸。其尺寸變動量依蝕刻裝置、氣體、蝕刻之對象物而變動，並達到2~10 nm。

圖10係顯示第一種實施形態中之密集部分與疏鬆部分混合之圖案鄰接而配置數個的一種情況圖。圖10係顯示密集區域32與疏鬆區域34混合之圖案在晶圓上鄰接而配置數個之情況。此種狀況下，上述之尺寸變動顯著地出現。圖10係以1次之光曝光而轉印的區域24為例而顯示9個。實際之遮罩係該周邊亦配置了同種之圖案。著眼於圖10之轉印區域5時，位置B係受到該轉印區域5內部之密集圖案的影響而尺寸變大。另外，位置A係藉由轉印區域6之密集圖案的影響而尺寸變大，位置C係受到轉印區域6與9之密集圖案的影響。因而，修正遮罩上之圖案尺寸時，藉由考慮此種影響，作為在遮罩上不形成之周邊的圖案存在者而進行修正，可同時包含因上述周邊圖案之影響的誤差來修正尺寸變動。

因而，在曝光用遮罩上形成圖案時，宜如以下地進行。

首先，將與形成於曝光用遮罩上之圖案同種的圖案作為曝光用遮罩之圖案而虛擬配置於周邊。而後，包含周邊之圖案，虛擬分割成網孔狀之數個胞區域。而後，每個虛擬分割之胞區域，將周圍之胞區域包含於影響範圍 $\sigma$ ，算出修正因搭載效應而產生之圖案的尺寸誤差之修正量。藉由將周圍之網孔包含於影響範圍 $\sigma$ ，如圖10之位置A及位置C，接近端部之胞區域的圖案於計算修正量時受到周圍之胞區域的圖案疏密之影響。因而，在曝光用遮罩上形成圖案時，藉由將周圍之胞區域包含於影響範圍，接近端部之胞區域的圖案亦可藉由高精度之尺寸形成圖案。將修正了如此計算之修正量的尺寸之圖案形成於曝光用遮罩上時，可高精度修正GCD尺寸誤差。

此外，該情況下亦係在算出修正量時，宜使用每個胞區域包含之圖案的面積與圖案外周之邊長度的總和。再者，如上述，網孔內之圖案的頂點之貢獻，藉由將頂點之係數 $Q_c$ 中乘上了 $\Delta l(x)^2$ 之值包含於計算中，可算出比修正GCD尺寸誤差用更高精度之修正量 $\Delta l(x)$ 。

其次，第3個係就藉由從後階之處理依序追溯修正在數個製造步驟中產生之GCD尺寸誤差，可實施更佳之尺寸修正作說明。形成半導體裝置之1層部分的圖案電路時，從遮罩形成開始，曝光、顯像，而後使用顯像後之抗蝕圖案實施基板加工，亦即蝕刻、成膜，而後進行平坦化用之CMP處理。如此，為了製造半導體製造裝置，即使僅形成1層部分之圖案電路，仍需要數個製造步驟(處理)。此時，

曝光步驟產生上述火焰造成之GCD尺寸誤差，蝕刻及CMP處理產生上述搭載效應造成之GCD尺寸誤差。此處，首先說明從前階側之步驟求出修正量者，高精度修正困難。

為求簡單，假設係在構成1層半導體電路時，僅以2個步驟而發生依存於圖案密度之GCD誤差者，並將先進行之步驟稱為步驟1，將後進行之步驟稱為步驟2。此外，顯示圖案密度之依存性的函數 $g(x)$ 在兩個步驟中均相同，此外，顯示誤差大小之參數 $\gamma_d$ 在兩步驟係相同值。此外，假設不發生依存於位置之GCD誤差。按照此種條件，步驟1、2產生之總體尺寸誤差可如以下之公式(67-1)及公式(67-2)來表示。

$$(67-1) \quad \delta_1(x_i) = \gamma_d \sum_j g(x_i - x_j') \rho_1(x_j') \Delta_L^2$$

$$(67-2) \quad \delta_2(x_i) = \gamma_d \sum_j g(x_i - x_j') \rho_2(x_j') \Delta_L^2$$

此處， $\rho_1(x_j)$ 表示在第j個小區域中原來圖案之圖案密度。而 $\rho_2(x_j)$ 表示在第j個小區域中經過步驟1後之圖案的圖案密度。藉由經過二個步驟1、2而產生之尺寸誤差如以下之公式(68)。

$$(68) \quad \delta_{Tot}(x_i) = \delta_1(x_i) + \delta_2(x_i) = \gamma_d \sum_j g(x_i - x_j') \{ \rho_1(x_j') + \rho_2(x_j') \} \Delta_L^2$$

此處，彙整二個步驟全體產生之尺寸變動，調查密度依存之特性，作為表示密度依存之特性的函數而獲得 $g^*(x_j)$ ，作為誤差大小之標準的參數而獲得 $\gamma^*_d$ 。此時，單純地表現成以下之公式(69)。

$$(69) \quad \delta_{Tot}(x_i) = \gamma_d^* \sum_j g^*(x_i - x_j) \rho_1(x_j) \Delta_L^2$$

但是，原本如公式(68)，由於在積分中放入經過步驟1後之圖案密度  $\rho_2(x_j)$  與原來之圖案密度  $\rho_1(x_j)$ ，因此公式(69)不可能為正確者。若勉強如公式(69)地表現時，如只須將  $\rho_2(x_j)$  近似成與  $\rho_1(x_j)$  相同，形成  $\gamma_d^* = 2 \times \gamma_d$  即可。亦即，需要近似，因此在公式(69)中發生誤差。在表示成為進行修正用之基本的現象之公式中發生誤差時，修正結果中亦引起產生誤差之問題。以下，嘗試求出藉此產生之誤差作為一例。

考慮在晶圓上形成 45 nm : 45 nm 之線與空間 (line & space)。  $\gamma_d$  在兩步驟中為 10 nm，圖案密度為在空間測定者。該線與空間由於密度係一半，因此空間之尺寸變大而為  $\gamma_d \times \rho_1 = 10 \text{ nm} \times 0.5 = 5 \text{ nm}$ ，線變小而為 5 nm。亦即，成為 40 nm : 50 nm 之線與空間。步驟2由於圖案密度為  $50/90 = 0.5555$ ，因此空間尺寸進一步變大  $\gamma_d \times \rho_2 = 10 \text{ nm} \times 0.5555 = 5.555 \text{ nm}$  程度。2個步驟產生之尺寸變化的合計為 10.555 nm。

另外，  $\gamma_d^* = 2 \times \gamma_d = 20 \text{ nm}$ ，按照原來圖案密度  $\rho_1 = 0.5$ ，計算尺寸之變動時，係  $20 \text{ nm} \times 0.5 = 10 \text{ nm}$ 。亦即，兩個之差 0.555 nm 為 "彙整兩個處理，藉由以一個特性表示而產生的誤差"。該誤差係在將來半導體製造時無法忽略之誤差。

因而，首先求出修正藉由進行步驟2而發生之誤差的第一尺寸修正量，其次，藉由進行步驟1，求出獲得以該第

一尺寸修正量修正之尺寸用的第二尺寸修正量。而後，藉由將成為以第二尺寸修正量進一步修正之尺寸用之最後獲得的尺寸修正量加入圖案，可抑制上述誤差之發生。

亦即，在形成半導體裝置之一層部分電路的數個製造步驟中，係從更後階側之製造步驟起依序，從後階之製造步驟存在情況下，以修正在後階之製造步驟產生的尺寸誤差之修正量依序修正的尺寸，算出不存在情況下修正與設計尺寸之尺寸誤差的修正量。具體而言，首先以最後一階之製造步驟算出修正與設計尺寸之尺寸誤差的修正量。而後，從設計尺寸修正該修正量部分。其次，以前一個製造步驟算出修正與修正後之尺寸的尺寸誤差之修正量。而後，從修正後之尺寸進一步修正以該步驟算出之修正量部分。反覆進行該步驟，直至求出以修正曝光步驟中之尺寸誤差的修正量所修正之尺寸。而後，將修正至曝光步驟之修正量的尺寸之圖案形成於曝光用遮罩上。藉由以上，以該曝光用遮罩曝光圖案時，隨著向後階之製造步驟進行，圖案接近設計尺寸。而後，在結束最後一階之製造步驟後，形成於設計尺寸。亦即，藉由此等步驟可抑制上述誤差之發生。

以下顯示將高精度地修正上述GCD誤差之3個方法適用於LSI製造步驟之例。此處為求簡單，就成為修正對象之全部GCD誤差，其影響所及之範圍(距離) $\sigma_L$ 假定係1 mm以上。

首先，如以下，預先每個使用之處理、裝置計測尺寸變

動之位置依存性與密度依存性。

圖 11 係顯示調查第一種實施形態中之 GCD 誤差與圖案位置依存性用之一種評估用圖案之圖。該圖案 36 於測定用時，而以縱橫 1 mm 之間距配置。而後，該圖案 36 在縱橫 0.1 mm 程度之區域內，以寬 2  $\mu\text{m}$  之十字圖形構成。

圖 12 係顯示調查第一種實施形態中之 GCD 誤差與圖案密度依存性用之一種評估用圖案之圖。於測定用時仍是以縱橫 1 mm 之間距配置圖案 36。圖案 36 與圖 11 同樣地，在縱橫 0.1 mm 程度之區域內，以寬 2  $\mu\text{m}$  之十字圖形構成。此處，除了圖案 36 之外，在中央部配置線與空間之圖案 37。該線與空間為 1 mm : 1 mm 之比率(密度 50%)。

在各個遮罩上，以電子線描繪裝置分別描繪以上 2 種圖案，進行各個顯像及蝕刻。將形成位置依存性測定用圖案 36 之遮罩稱為位置依存性測定用遮罩 38，將形成密度依存性測定用圖案 36、37 之遮罩稱為密度依存性測定用遮罩 39。

測定在此等 2 個遮罩 38、39 之各位置的十字圖案尺寸。將位置依存性測定用遮罩 38 上之第  $i$  個十字圖形之尺寸設為  $Mp_i$ 。此外，將密度依存性測定用遮罩 39 上獲得之尺寸設為  $Md_i$ 。此處， $Mp_i$ -設計尺寸(2  $\mu\text{m}$ )係遮罩處理產生之 GCD 誤差的位置依存性。並將其表示成  $mp_i$ 。此外， $Md_i$ - $Mp_i$  係遮罩處理產生之 GCD 誤差的密度依存性。並將其表示成  $md_i$ 。可從在各位置之  $mp_i$ 、 $md_i$  調查遮罩製造處理產生之 GCD 誤差的特性。此外，如利用最小平方法近似，如



可求出將密度依存函數  $g(x, y)$  作為公式 (5-1) 或公式 (5-2) 之高斯公式時的影響範圍  $\sigma$  及公式 (1) 或公式 (2) 中之係數  $\gamma$  的最佳值。此外，同樣地可求出公式 (1) 或公式 (2) 中之位置依存函數  $\gamma_p f(x, y)$  的函數形。

或是，亦可藉由從  $mp_i$  之資料，藉由最小平方法等近似，以求出公式 (1) 或公式 (2) 中之位置依存函數  $\gamma_p f(x, y)$  的函數形，利用其將  $Md_i - f(x_i, y_i)$  作為  $md_i$ 。而後，亦可從該  $md_i$  利用最小平方法近似，而求出公式 (5-1) 或公式 (5-2) 中之密度依存函數  $g(x, y)$ 。從該  $\gamma_p f(x, y)$  之函數形而求出密度依存函數  $g(x, y)$  的方法即使在以後之製造步驟仍可同樣地適用。

其次，就調查將遮罩轉印於晶圓上時產生之 GCD 誤差，如火焰 (flare) 之特性的方法作說明。利用上述 2 種遮罩 38、39 而在晶圓上轉印圖案。

圖 13 係顯示第一種實施形態中之評估用晶圓之圖。

圖 13 係使用位置依存性測定用遮罩 38 將遮罩 36 上之圖案轉印 (曝光) 於晶圓全面。將如此轉印之晶圓稱為位置依存性測定用晶圓 23。同樣地使用密度依存性測定用遮罩 39 將圖案轉印於晶圓，並將其晶圓稱為密度依存性測定用晶圓 25。裝置係製造半導體裝置用之裝置，且係修正發生之 GCD 誤差的標的之掃描器。如宜利用倍率 (1/4) 之波長為 193 nm 準分子雷射掃描器。而後，於轉印後進行顯像。其後，將獲得之十字圖案的抗蝕劑尺寸就位置依存性測定用晶圓 38 與密度依存性測定用晶圓 39 作測定。將前者之晶圓

38的第 $i$ 個十字圖形之尺寸設為 $Fp_i$ ，將後者之尺寸設為 $Fd_i$ 。此處， $Fp_i - Mp_i/4$ 係從藉由掃描器之轉印(曝光)至顯像產生之GCD誤差的位置依存性，且將其註記為 $fp_i$ 。此處， $1/4$ 係因遮罩上之圖案在晶圓上以 $1/4$ 縮小轉印。同樣地， $Fd_i - Md_i/4$ 係從藉由掃描器之轉印至顯像產生之GCD誤差的密度依存性。並將其註記為 $fd_i$ 。可從各位置求出之 $fp_i$ 、 $fd_i$ 調查藉由掃描器之轉印至顯像的GCD誤差之函數特性。此外，如利用最小平方法近似，如可求出將密度依存函數 $g(x, y)$ 作為公式(5-1)或公式(5-2)之高斯公式時的影響範圍 $\sigma$ 及公式(1)或公式(2)中之係數 $\gamma$ 的最佳值。此外，同樣地可求出公式(1)或公式(2)中之位置依存函數 $\gamma_p f(x, y)$ 的函數形。

其次，將抗蝕圖案作為遮罩進行蝕刻。裝置係製造半導體裝置用之裝置，且係修正發生之GCD誤差的標的之蝕刻裝置。如宜為反應性離子蝕刻裝置等。而後，於蝕刻後，剝離抗蝕膜，將洗淨後獲得之十字圖案的尺寸，就位置依存性測定用晶圓38與密度依存性測定用晶圓39作測定。將前者之晶圓38的第 $i$ 個十字圖形之尺寸設為 $W1p_i$ ，將後者之尺寸設為 $W1d_i$ 。此處， $W1p_i - Fp_i$ 係蝕刻產生之GCD誤差的位置依存性，且將其註記為 $w1p_i$ 。同樣地， $W1d_i - Fd_i$ 係蝕刻產生之GCD誤差的密度依存性。並將其註記為 $w1d_i$ 。可從各位置求出之 $w1p_i$ 、 $w1d_i$ 調查蝕刻之GCD誤差的函數特性。此外，如利用最小平方法近似，如可求出將密度依存函數 $g(x, y)$ 作為公式(5-1)或公式(5-2)之高斯公式時的

影響範圍 $\sigma$ 及公式(1)或公式(2)中之係數 $\gamma$ 的最佳值。此外，同樣地可求出公式(1)或公式(2)中之位置依存函數 $\gamma_p f(x, y)$ 的函數形。

其次，以金屬鑲嵌法堆積金屬膜，藉由CMP法研磨從開口部露出之多餘的金屬膜予以平坦化。裝置係製造半導體裝置用之裝置，且係修正發生之GCD誤差的標的之CMP裝置。而後，CMP處理後，將洗淨後獲得之十字圖案之尺寸就位置依存性測定用晶圓38與密度依存性測定用晶圓39作測定。將前者之晶圓38的第 $i$ 個十字圖形之尺寸設為 $W2p_i$ ，將後者之尺寸設為 $W2d_i$ 。此處， $W2p_i - W1p_i$ 係從金屬膜之堆積至CMP處理產生之GCD誤差的位置依存性，且將其註記為 $w2p_i$ 。同樣地， $W2d_i - W1d_i$ 係從金屬膜之堆積至CMP處理產生之GCD誤差的密度依存性。並將其註記為 $w2d_i$ 。可從各位置求出之 $w2p_i$ 、 $w2d_i$ 調查從金屬膜之堆積至CMP處理之GCD誤差的函數特性。此外，如利用最小平方方法近似，如可求出將密度依存函數 $g(x, y)$ 作為公式(5-1)或公式(5-2)之高斯公式時的影響範圍 $\sigma$ 及公式(1)或公式(2)中之係數 $\gamma$ 的最佳值。此外，同樣地可求出公式(1)或公式(2)中之位置依存函數 $\gamma_p f(x, y)$ 的函數形。

如以上，可求出在各製造步驟產生之GCD誤差的特性、位置依存、密度依存之函數系。

其次，說明利用如此獲得之各步驟的特性實施修正之方法。以下為求簡單，依存於位置之GCD誤差假設為僅在遮罩製造處理時發生，而在光轉印以後之步驟不發生者。表

示各步驟產生之GCD誤差的特性之函數如上述地求出，各步驟之函數及係數表示如下。

(1)遮罩製造步驟

密度依存性  $g_m(x)$ 、 $\sigma_m$ 、 $\gamma_{dm}$

位置依存性  $f_{pm}(x)$ 、 $\gamma_{pm}$

(2)曝光至顯像

密度依存性  $g_l(x)$ 、 $\sigma_l$ 、 $\gamma_l$

(3)蝕刻

密度依存性  $g_c(x)$ 、 $\sigma_c$ 、 $\gamma_c$

(4)CMP

密度依存性  $g_d(x)$ 、 $\sigma_d$ 、 $\gamma_d$

首先，為了在晶圓上最後形成半導體裝置希望之1層部分的電路圖案，而修正其之前步驟發生的誤差。此處之例相當於CMP步驟。

圖1之S102中，修正因CMP產生之GCD尺寸誤差。首先求出該步驟需要之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。

首先，使用LSI之設計資料，將其設計圖案之圖案作成區域的內部虛擬分割成各mass之各邊形成影響範圍 $\sigma_d/10$ 大小之胞區域(網孔)。而後，算出各網孔內部之圖形的圖案密度 $\rho_0$ 與存在於內部之圖形的邊長度之總和 $l_{sum}$ 及存在於內部之頂點的係數 $Q_c$ 。

其次，如圖9所示，在晶圓22上假設同種之圖案並列於周圍，將積分計算之影響範圍設為 $3\sigma_d$ ，擴大修正計算之對象區域。而後，使用 $g_d(x)$ 、 $\sigma_d$ 、 $\gamma_d$ ，以公式(8)，將 $\delta l(x)$

設為零，計算各網孔內部之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。亦即，求出GCD尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。計算之方法只須適宜使用上述之情況1、2即可。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和 $l_{sum}$ 之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

其次，利用CAD系統，將各網孔內部之圖形尺寸縮小或擴大所獲得之修正量程度。

圖14A~圖14D係顯示第一種實施形態中之一種尺寸修正圖。

圖14A所示之2個圖形藉由修正如圖14B所示地擴大時，網孔之邊界如圖14C所示，可能各圖形重疊。此種情況下，如圖14D所示，利用CAD系統之功能除去重疊。

圖15A~圖15D係顯示第一種實施形態中之另一種尺寸修正圖。

圖15A所示之2個圖形藉由修正而縮小成圖15B所示時，網孔之邊界如圖15C所示，可能各圖形上產生間隙。此種情況下，如圖15D所示，只須利用CAD系統之功能填滿縫隙即可。

在CMP步驟之前獲得以上之圖案時，可藉由經過CMP步驟而獲得如設計之尺寸的圖案。

其次，為了如此修正後之圖案實際在CMP步驟之前，亦即在蝕刻後獲得，於圖1之S104中，修正因蝕刻產生之GCD尺寸誤差。首先，求出該步驟需要之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。

此處，GCD尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 為 $\Delta l_d(x)$ 時，設計尺寸 $- \Delta l_d(x)$ 成為修正後之尺寸。將其設為 $l_d(x)$ 。使用其尺寸 $l_d(x)$ 將圖案作成區域之內部虛擬分割成各mass之各邊形成影響範圍 $\sigma_c/10$ 大小之胞區域(網孔)。而後，算出各網孔內部之圖形的圖案密度 $\rho_0$ 與存在於內部之圖形的邊長度之總和 $l_{sum}$ 及存在於內部之頂點的係數 $Q_c$ 。

其次，如圖9所示，在晶圓22上假設同種之圖案並列於周圍，將積分計算之影響範圍設為 $3\sigma_c$ ，擴大修正計算之對象區域。而後，使用 $g_c(x)$ 、 $\sigma_c$ 、 $\gamma_c$ ，以公式(8)，將 $\delta l(x)$ 設為零，計算各網孔內部之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。亦即，求出GCD尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。計算之方法只須適宜使用上述之情況1、2即可。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和 $l_{sum}$ 之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

其次，利用CAD系統，與在CMP步驟之修正同樣地，將各網孔內部之圖形尺寸縮小或擴大所獲得之修正量程度。

在蝕刻步驟之前獲得以上之圖案時，藉由經過蝕刻步驟，可獲得在CMP處理前之階段為希望之尺寸的圖案。

其次，為了如此修正後之圖案實際在蝕刻步驟之前，亦即在曝光後獲得，於圖1之S106中，修正因曝光產生之GCD尺寸誤差。首先，求出該步驟需要之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。

此處，蝕刻步驟之GCD尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 為 $\Delta l_c(x)$ 時， $l_d(x) - \Delta l_c(x)$ 成為修正後之尺寸。將

其設為  $l_c(x)$ 。使用其尺寸  $l_c(x)$  將圖案作成區域之內部虛擬分割成各 mass 之各邊形成影響範圍  $\sigma_1/10$  大小之胞區域(網孔)。而後，算出各網孔內部之圖形的圖案密度  $\rho_0$  與存在於內部之圖形的邊長度之總和  $l_{sum}$  及存在於內部之頂點的係數  $Q_c$ 。

其次，如圖 9 所示，在晶圓 22 上假設同種之圖案並列於周圍，將積分計算之影響範圍設為  $3\sigma_1$ ，擴大修正計算之對象區域。而後，使用  $g_1(x)$ 、 $\sigma_1$ 、 $\gamma_1$ ，以公式 (8)，將  $\delta l(x)$  設為零，計算各網孔內部之尺寸修正量  $\Delta l(x)$ 。亦即，求出 GCD 尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量  $\Delta l(x)$ 。計算之方法只須適宜使用上述之情況 1、2 即可。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和  $l_{sum}$  之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

其次，利用 CAD 系統，與在 CMP 步驟之修正同樣地，將各網孔內部之圖形尺寸縮小或擴大所獲得之修正量程度。

在曝光步驟之前獲得以上之圖案時，藉由經過曝光步驟，可獲得在蝕刻處理前之階段為希望之尺寸的圖案。

其次，為了如此修正後之圖案實際在曝光步驟之前，亦即在遮罩製造後獲得，於圖 1 之 S108 中，修正因遮罩製造(形成)產生之 GCD 尺寸誤差。首先，求出該步驟需要之尺寸修正量  $\Delta l(x)$ 。

此處，曝光步驟之 GCD 尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量  $\Delta l(x)$  為  $\Delta l_1(x)$  時， $l_c(x) - \Delta l_1(x)$  成為修正後之尺寸。將其設為  $l_1(x)$ 。使用其尺寸  $l_1(x)$  將圖案作成區域之內部虛擬分

割成各 mass 之各邊形成影響範圍  $\sigma_m/10$  大小之胞區域(網孔)。而後，算出各網孔內部之圖形的圖案密度  $\rho_0$  與存在於內部之圖形的邊長度之總和  $l_{sum}$  及存在於內部之頂點的係數  $Q_c$ 。

此處，修正最後處理之遮罩製造中產生的 GCD 誤差時，附加位置依存性之項。此外，由於該遮罩製造步驟僅就形成於遮罩之圖案作修正即可，因此與之前的其他例不同，無須假設在周邊有同種之圖案，而擴大區域。而後，使用  $g_m(x)$ 、 $\sigma_m$ 、 $\gamma_{dm}$ 、 $f_{pm}(x)$ 、 $\gamma_{pm}$ ，以公式(8)，將  $\delta l(x)$  設為零，計算各網孔內部之尺寸修正量  $\Delta l(x)$ 。亦即，求出 GCD 尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量  $\Delta l(x)$ 。計算之方法只須適宜使用上述之情況 1、2 即可。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和  $l_{sum}$  之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

其次，利用 CAD 系統，與在 CMP 步驟之修正同樣地，將各網孔內部之圖形尺寸縮小或擴大所獲得之修正量程度。

在曝光步驟之前獲得以上之圖案時，藉由經過遮罩製造步驟，可獲得在曝光前之階段為希望之尺寸的圖案。

以下，以布線用接點形成後，藉由金屬鑲嵌法形成銅 (Cu) 等之金屬布線的各步驟為例作說明。

圖 1 之 S201 中，首先使用如上述地修正之尺寸的圖案，來製造遮罩。此處，係藉由恢復其尺寸而形成，不過如後述，亦可藉由控制描繪圖案時之照射量來修正尺寸。

圖 16A~圖 18C 係按照圖 1 中之半導體製造步驟的流程之



一種步驟剖面圖。

圖 16A 係顯示形成了布線用接點之狀態。此處，在使用矽晶圓之基板 300 上形成通道 301 後，形成閘極氧化膜 302 與閘極 303。而後，在通道 301 中形成接點 304。閘極氧化膜 302、閘極 303 與接點 304 形成於層間絕緣膜 305 內。

圖 16B 係首先在布線用接點形成後之基板 300 上，藉由化學氣相生長 (CVD) 法或塗布法 (SOD 法) 形成上層之絕緣膜 306 (第一膜)。而後，如圖 16C 所示，在絕緣膜 306 上藉由塗布法形成抗蝕膜 307。而後如圖 17A 所示，使用上述修正後之遮罩，以紫外光 308 曝光修正後之圖案。裝置只須使用上述之波長為 193 nm 準分子雷射掃描器即可。而後，如圖 17B 所示，於抗蝕劑感光後顯像，而形成抗蝕圖案。而後如圖 17C 所示，將抗蝕膜 307 作為遮罩，蝕刻下層之絕緣膜 306 而形成開口部 310。裝置使用上述之反應性離子蝕刻裝置即可。而後，如圖 18A 所示，藉由灰化等剝離抗蝕膜 307。而後如圖 18B 所示，在開口部 310 之內部及絕緣膜 306 之表面堆積金屬膜 312 (第二膜)。金屬膜 312 於堆積銅情況下，使用電解電鍍法即可。此外，在堆積銅之前，預先形成防止銅擴散之障壁金屬膜。而後，在障壁金屬膜上藉由濺鍍法等形成有電解電鍍中成為陰極之銅種 (seed) 膜即可。而後，如圖 18C 所示，露出開口部 310 之多餘的金屬膜 312 藉由 CMP 法研磨而除去。藉由以上各步驟可形成平坦化之 1 層部分的圖案電路。

而後，由於係以全部修正 GCD 尺寸誤差產生之各步驟中

產生的誤差之方式，在遮罩形成時點修正圖案資料，因此，最後完成之圖案可為如設計者。上述係就LSI製造步驟之一層部分的處理作說明，不過藉由就其他層之圖案形成亦進行同樣之處理，可以高尺寸精度形成在各步驟形成之圖案。

如以上所述，藉由第一種實施形態可更正確地修正半導體製造步驟中產生的尺寸變動。此外，可將更正確之圖案形成於遮罩。結果可以高精度之圖案尺寸形成最後獲得之半導體裝置。

### 第二種實施形態

第二種實施形態就算出修正量之其他例說明如下。第一種實施形態係在各步驟利用CAD系統，並計算面積及邊之長度，從後階側起每個步驟修正圖案。但是，CAD系統之利用次數可抑制。第二種實施形態說明其例如下。其他與第一種實施形態相同，如藉由從處理之後步驟向前步驟顛倒求出修正量，而算出最後之全部步驟的修正量。首先，公式(19)可修改成以下之公式(70)。

$$(70) \quad \delta l(x) = -\Delta l(x) + \gamma_d \int_A g(x-x') \rho_0(x_{k,l}') dx' - \gamma_d \int_A [FEC(x')/\Delta_l^2] \Delta l(x') g(x-x') dx' + \gamma_d \int_A [CAT(x')/\Delta_l^2] \Delta l(x')^2 g(x-x') dx' + \gamma_p f(x)$$

以下，考慮在矽晶圓上形成1層之圖案，在將其實現上之處理中註記與步驟相反之編號。亦即，最後步驟(如CMP)之(相反)編號為1，其前一個(在晶圓上之蝕刻)之(相反)編號為2。(相反)編號1之(最後)處理的修正，只須以公

式(70)使  $\delta l(x)=0$  即可，以公式(19)之解的公式(47)~公式(58)獲得  $\delta l(x)=0$ ，可使用其公式計算。因而，只須決定其後步驟求出修正量之方法即可。此處，假定1次以上步驟之修正量的算出已經結束。亦即，藉由之前的修正計算，瞭解應縮小或擴大各網孔內之圖形尺寸之量。將該修正量設為  $\Delta l_{k-1}(x)$ 。該量係已知之量。觀察公式(70)只須預先為  $\delta l(x)=-\Delta l_{k-1}(x)$  即可。其次，進一步以此次修正對象之LSI製造步驟，將第i個網孔內之全部圖形的尺寸從設計值縮小尺寸  $\Delta l_k(x)$  程度即可。該  $\Delta l_k(x)$  係未知數，且係應求出者。而後，公式(70)可表示成以下的公式(71)。

$$(71) \quad \begin{aligned} -\Delta l_{k-1}(x) = & -\Delta l_k(x) + \gamma_{dk} \int_A g_k(x-x') \rho_0(x_{k,l}') dx' - \gamma_{dk} \int_A [FEC(x')/\Delta_l^2] \Delta l_k(x') g_k(x-x') dx' \\ & + \gamma_{dk} \int_A [CAT(x')/\Delta_l^2] \Delta l_k(x')^2 g_k(x-x') dx' + \gamma_{pk} f_k(x-x') \end{aligned}$$

此處，第k個處理之參數及特性函數為  $\gamma_{dk}$ 、 $\gamma_{pk}$ 、 $g_k(x-x')$ 、 $f_k(x-x')$ 。該方程式(71)之解藉由公式(19)之解的公式(47)~公式(58)，而獲得  $\delta l(x)=-\Delta l_{k-1}(x)$ ，可使用其公式計算。藉此，獲得修正量  $\Delta l_k(x, y)$ ，獲得之量在其次應修正計算之步驟((相反)編號第k+1個步驟)為已知量，與上述同樣地可進行其次之修正計算。

首先，在圖1之S102中，如上述求出修正因CMP產生之GCD尺寸誤差用的尺寸修正量  $\Delta l(x)$ 。將該值設為  $\Delta l_1(x, y)$ 。

首先，使用LSI之設計資料，將其設計圖案之圖案作成區域的內部虛擬分割成各mass之各邊形成影響範圍  $\sigma_d/10$  大小之胞區域(網孔)。而後，算出各網孔內部之圖形的圖案

密度  $\rho_0$  與存在於內部之圖形的邊長度之總和  $l_{sum}$  及存在於內部之頂點的係數  $Q_c$ 。

其次，如圖 9 所示，在晶圓 22 上假設同種之圖案並列於周圍，將積分計算之影響範圍設為  $3\sigma_d$ ，擴大修正計算之對象區域。而後，使用  $g_d(x)$ 、 $\sigma_d$ 、 $\gamma_d$ ，以公式 (8)，將  $\delta l(x)$  設為零，計算各網孔內部之尺寸修正量  $\Delta l_1(x)$ 。亦即，求出 GCD 尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量  $\Delta l_1(x)$ 。計算之方法只須適宜使用上述之情況 1、2 即可。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和  $l_{sum}$  之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

其次，在圖 1 之 S104 中，求出修正因蝕刻產生之 GCD 尺寸誤差用的尺寸修正量  $\Delta l(x)$ 。將該值設為  $\Delta l_2(x, y)$ 。

此處， $\sigma_m$ 、 $\sigma_l$ 、 $\sigma_c$ 、 $\sigma_d$  中，將最小之值設為  $s$ 。而後，將圖案作成區域的內部虛擬分割成各 mass 之各邊形成影響範圍  $s/10$  大小之胞區域(網孔)。而後，各網孔內部之圖形的圖案密度  $\rho_0$  與存在於內部之圖形的邊長度之總和  $l_{sum}$  及存在於內部之頂點的係數  $Q_c$ ，使用在 CMP 步驟修正時算出之值。

其次，如圖 9 所示，在晶圓 22 上假設同種之圖案並列於周圍，將積分計算之影響範圍設為  $3\sigma_c$ ，擴大修正計算之對象區域。而後，使用  $g_c(x)$ 、 $\sigma_c$ 、 $\gamma_c$ ，以公式 (71)，將  $\Delta l_{k-1}(x)$  作為  $\Delta l_1(x)$ ，計算各網孔內部之尺寸修正量  $\Delta l_2(x)$ 。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和  $l_{sum}$  之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

其次，在圖1之S106中，求出修正因曝光產生之GCD尺寸誤差用的尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。將該值設為 $\Delta l_3(x, y)$ 。

此處，照樣使用影響範圍 $s/10$ 大小之胞區域(網孔)。此外，各網孔內部之圖形的圖案密度 $\rho_0$ 與存在於內部之圖形的邊長度之總和 $l_{sum}$ 及存在於內部之頂點的係數 $Q_c$ ，使用在CMP步驟修正時算出之值。

其次，如圖9所示，在晶圓22上假設同種之圖案並列於周圍，將積分計算之影響範圍設為 $3\sigma_1$ ，擴大修正計算之對象區域。而後，使用 $g_1(x)$ 、 $\sigma_1$ 、 $\gamma_1$ ，以公式(71)，將 $\Delta l_{k-1}(x)$ 作為 $\Delta l_2(x)$ ，計算各網孔內部之尺寸修正量 $\Delta l_3(x)$ 。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和 $l_{sum}$ 之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

其次，在圖1之S108中，求出修正因遮罩製造(形成)產生之GCD尺寸誤差用的尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。將該值設為 $\Delta l_4(x, y)$ 。

此處，亦照樣使用影響範圍 $s/10$ 大小之胞區域(網孔)。此外，各網孔內部之圖形的圖案密度 $\rho_0$ 與存在於內部之圖形的邊長度之總和 $l_{sum}$ 及存在於內部之頂點的係數 $Q_c$ ，使用在CMP步驟修正時算出之值。

此處，修正最後處理之遮罩製造時產生的GCD誤差時，附加位置依存性之項。此外，由於該遮罩製造步驟僅就形成於遮罩之圖案作修正即可，因此與之前的其他例不同，無須假設在周邊有同種之圖案，而擴大區域。而後，使用 $g_m(x)$ 、 $\sigma_m$ 、 $\gamma_{dm}$ 、 $f_{pm}(x)$ 、 $\gamma_{pm}$ ，以公式(71)，將 $\Delta l_{k-1}(x)$ 作為

$\Delta l_3(x)$ ，計算各網孔內部之尺寸修正量 $\Delta l_4(x)$ 。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和 $l_{sum}$ 之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

如此獲得之 $\Delta l_4(x)$ ，為了修正全部步驟發生之GCD誤差，成為網孔之每個位置應從原來圖案之圖形尺寸(設計尺寸)修正之量。而後，實際地圖案之縮小或擴大只須利用CAD系統來進行，以修正存在於網孔內部之圖形的尺寸即可。此時如前述，邊界區域產生之圖形間不需要的間隙及重疊，只須利用CAD系統之功能除去即可。

其次，使用如此獲得之圖案，從製作遮罩經過晶圓處理，可獲得希望之高精度的希望圖案。藉由該方法，就原來圖案(設計圖案)只須計算1次面積及邊即可，而無須如第一種實施形態每個步驟利用CAD系統等作計算。此外，實際只須以CAD系統修正1次圖案即可，而無須如前例，各步驟以CAD處理來修正圖案。因而，比前例可以短時間實現修正之處理。

而後，由於係以全部修正GCD尺寸誤差產生之各步驟中產生的誤差之方式，在遮罩形成時點修正圖案資料，因此，最後完成之圖案可為如設計者。而後，藉由實施圖1所示之各半導體製造步驟，只須進行1層部分之處理即可。上述係就LSI製造步驟之1層部分的處理作說明，不過藉由就其他層之圖案形成亦進行同樣之處理，可以高尺寸精度形成在各步驟形成之圖案。

### 第三種實施形態

第三種實施形態係就一次處理從遮罩製造步驟至金屬鑲嵌步驟發生之GCD誤差的形態作說明。實際上由於存在處理相互序號之影響，因此一次處理情況下這個部分精度降低，但是比第一、第二種實施形態可以短時間實現修正之處理。除計算方法及CAD系統之利用方式之外，與第一種實施形態相同。

使用上述之位置依存性測定用遮罩38，將遮罩38上之圖案轉印(曝光)於晶圓全面。同樣地使用密度依存性測定用遮罩39，將圖案轉印於晶圓上。而後，轉印後進行顯像。進一步進行蝕刻，經過金屬膜之堆積與CMP之金屬鑲嵌處理，而在兩晶圓23、25上形成圖案。測定如以上形成之晶圓23、25上之各位置的十字圖案之尺寸。將位置依存性測定用晶圓23上之第 $i$ 個十字圖案之尺寸設為 $Wp_i$ ，將密度依存性計測用晶圓25上之尺寸設為 $Wd_i$ 。

此處， $Wp_i$ -設計尺寸/4係從遮罩製造至CMP步驟產生之GCD誤差的位置依存性，且將其註記為 $wp_i$ 。此處， $1/4$ 係因遮罩上之圖案在晶圓上以 $1/4$ 縮小轉印。同樣地， $Wd_i$ -設計尺寸/4係從遮罩製造至CMP步驟產生之GCD誤差的密度依存性。並將其註記為 $wd_i$ 。可從各位置之 $wp_i$ 及 $wd_i$ 調查GCD誤差之特性。此外，如利用最小平方法近似，可求出位置依存函數 $\gamma_p f(x, y)$ 之函數系。此外，同樣地可求出密度依存函數 $g(x, y)$ 。由於如GCD誤差發生因素有遮罩製造步驟、曝光步驟、蝕刻步驟及CMP步驟之4種，因此將函數 $g(x)$ 作為公式(5-1)或公式(5-2)之高斯公式時，4個高

斯之和可求出各個影響範圍 $\sigma_n$ 及係數 $\gamma_n$ 的最佳值。

藉由以上之方法，可求出各步驟產生之GCD誤差的特性、位置依存、密度依存之函數系。

其次，說明利用如此獲得之各製程特性實施修正的方法。以下為了使說明容易瞭解，假設依存於位置之GCD誤差僅在遮罩製造處理發生，而在光轉印以後之製程不發生者。

如上述地求出表示全部步驟產生之GCD誤差特性的函數，而獲得如下之各個函數與係數。密度依存性為使用以4個高斯函數表示公式(8)的多重高斯(Multi Gaussian)者。各個高斯函數之參數為如下獲得者。就密度依存性為獲得 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\dots$ 、 $\sigma_4$ 、 $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ 、 $\dots$ 、 $\gamma_4$ 者，此外，就位置依存性為獲得 $f_{pm}(x)$ 、 $\gamma_{pm}$ 者。按照上述之假定，該位置依存性係僅依存於遮罩內部之位置的誤差。將 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ 、 $\sigma_4$ 中最小值者設為 $\sigma_{min}$ 。

首先，使用LSI之設計資料，將其設計圖案之圖案作成區域的內部虛擬分割成各mass之各邊形成影響範圍 $\sigma_{min}/10$ 大小之胞區域(網孔)。而後，算出各網孔內部之圖形的圖案密度 $\rho_0$ 與存在於內部之圖形的邊長度之總和 $l_{sum}$ 及存在於內部之頂點的係數 $Q_c$ 。

其次，如圖9所示，在晶圓22上假設同種之圖案並列於周圍，將積分計算之影響範圍分別設為 $3\sigma_1$ 、 $3\sigma_2$ 、 $3\sigma_3$ 、 $3\sigma_4$ ，擴大修正計算之對象區域。而後，使用 $g(x)$ 、 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\dots$ 、 $\sigma_4$ 、 $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ 、 $\dots$ 、 $\gamma_4$ 、 $f_{pm}(x)$ 、 $\gamma_{pm}$ ，以將公



式(8)擴張成4個多重高斯的公式，將 $\delta l(x)$ 設為零，計算各網孔內部之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。亦即，求出GCD尺寸誤差形成「0」用之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。計算之方法只須適宜使用上述之情況1, 2即可。此外如上述，除了圖形之面積與邊長度的總和 $l_{sum}$ 之外，更宜將頂點之貢獻包含於計算中。

其次，利用CAD系統，將各網孔內部之圖形尺寸縮小或擴大所獲得之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 程度。此時，如前述，在邊界區域產生之圖形間不需要的間隙及重疊，只須利用CAD系統之功能除去即可。

獲得以上尺寸之圖案之遮罩時，最後完成之圖案可為大致如設計者。亦即，可獲得大幅減低GCD誤差之圖案。而後，藉由實施圖1所示之各半導體製造步驟，只須進行1層部分之處理即可。上述係就LSI製造步驟之1層部分的處理作說明，不過藉由就其他層之圖案形成亦進行同樣之處理，可以高尺寸精度形成在各步驟形成之圖案。

#### 第四種實施形態

上述各種實施形態係就在將圖案描繪於遮罩之前，預先將設計圖案之圖案尺寸 $CD_0$ 修正(恢復尺寸)成修正了GCD尺寸誤差而描繪用的圖案尺寸 $CD_d$ 而構成作說明。但是，修正GCD尺寸誤差之方法並非限於此者。亦可圖案本身不實施變更，而利用算出之尺寸修正調節照射量，並藉由描繪圖案，而在遮罩上之圖案上實施尺寸修正。如亦可圖案本身不實施變更，以利用雷射光之遮罩描繪裝置(以下簡稱為雷射描繪裝置)依場所變更尺寸。其可如以下地進

行。雷射描繪裝置可藉由雷射光之照射量，亦即照射時間之長短，控制遮罩製造中顯像蝕刻後的圖案尺寸。預先調查其關係，藉由如上述獲得之場所來控制應控制之尺寸時，從應控制之尺寸與其關係求出照射時間。而後，以該照射時間描繪圖案。如以上構成時，不以CAD系統直接修正圖案，可以雷射描繪裝置實現如上述獲得之尺寸修正，並在遮罩上描繪圖案。

圖19係顯示第四種實施形態中之雷射描繪裝置的重要部分結構之概念圖。

雷射描繪裝置400如以下地在遮罩412上描繪圖案。首先，以雷射光源發生之雷射光401以分束器402分解成數個(如10條)光束。各光束入射於音響光學元件404。該音響光學元件404係控制光束之通過、不通過用的元件，且藉此可調整光束強度或光束接通(on)(光束到達遮罩412之狀態)的時間。亦即，藉由該音響光學元件404之控制，可依場所改變照射量。藉由改變照射量控制尺寸，可調整遮罩上之圖案尺寸，以進行GCD修正。雷射光401通過音響光學元件404，被多面鏡406之1面反射，而以透鏡408縮小。而後，將配置於載台410上之遮罩412上的抗蝕劑曝光。此處，藉由使多面鏡406旋轉，光束之反射角改變，光束在遮罩412上掃描。載台410具備在與光束之掃描方向垂直之方向連續移動的機構，與在掃描方向步進移動的功能。

利用此等實際在遮罩412上描繪LSI圖案時，進行以下之處理。將LSI圖案區分成可以一次載台連續移動而描繪之

區域，使載台410連續移動，並使光束偏向，接通或斷開光束，來描繪各區域內部之圖案。首先，預先求出圖案尺寸與照射量之相關關係，將其作為第一資料，而以表或函數之形態輸入裝置，預先儲存於無圖示之記憶裝置中。另外，將如上述任何一種實施形態求出之每個網孔區域的尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 輸入雷射描繪裝置400作為第二資料。第二資料亦預先儲存於無圖示之記憶裝置。雷射描繪裝置400從記憶裝置讀取第二資料，並從第二資料取得各網孔之描繪中的尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。此外，雷射描繪裝置400從記憶裝置讀取第一資料，並從第一資料取得獲得修正了獲得之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 的尺寸用之照射量。而後，從獲得之照射量算出照射時間 $t$ ，藉由輸入上述音響光學元件404來調整每個光束之照射量。藉此，可因應LSI之圖案位置控制圖形之尺寸，來修正GCD誤差。

另外，該例係藉由調整光束之接通-斷開時間來調整照射量，不過，亦可調整強度以調整照射量。此外，係就連續移動載台410並描繪圖案之例作說明，不過，即使採用稱為步進&重複方式之方法(停止載台描繪圖案，其區域之描繪結束後，移動於其次之區域來描繪圖案的方法)者亦無妨。

#### 第五種實施形態

第四種實施形態係說明利用雷射描繪裝置之方法，不過亦可使用利用電子線之描繪裝置(以下簡稱為電子束描繪裝置)，以實現GCD修正之方式控制圖案尺寸。以下，說

明以電子束描繪裝置控制圖案尺寸之結構。與雷射描繪裝置之情況同樣地，電子束描繪裝置亦可調整照射量或照射時間來控制圖案尺寸。不過，電子束描繪裝置除了GCD尺寸誤差之外，還有稱為鄰近效應之現象，亦須同時進行鄰近效應之修正。

將電子束照射於塗布了抗蝕劑之遮罩，而描繪電路圖案時，電子束將抗蝕劑曝光後，透過抗蝕層到達其下之層、遮罩基板，在其處向後方產生散射(後方散射)。而後，再度再入射於抗蝕層，亦曝光抗蝕劑預定外之部分，該現象係鄰近效應。描繪之圖案密度愈高，該後方散射之曝光量愈多，有效照射量增多，圖案之尺寸變大。亦即，圖案之尺寸依存於圖案密度而變化。因為尺寸依存於圖案密度而變動，作為顯像與修正對象之GCD誤差相同。但是以下之處不同。

首先，第一，係其影響所及之範圍。後方散射之曝光量與上述相同，多以高斯函數來表示，不過鄰近效應之影響範圍 $\sigma$ 之值，以通常利用之50 kV之加速電壓為10  $\mu\text{m}$ 程度時，遠小於GCD誤差之影響範圍 $\sigma$ 之數mm~數cm。因此，將鄰近效應產生之誤差稱為局部誤差。

第二個不同係其原因。鄰近效應係描繪遮罩圖案之電子束描繪裝置本身發生者，如上述，係因有效照射量之變動而發生者。因而，鄰近效應之修正係調整、修正照射量來實現。另外，GCD誤差並非因有效照射量之變動，此外，係在以描繪裝置描繪後的步驟發生者。

先前電子線描繪裝置不進行GCD修正。另外，為了實現鄰近效應修正而進行照射量之控制。因而，亦以照射量控制GCD修正時，需要兼顧該鄰近效應修正。此說明於後，此處先說明鄰近效應修正的一種方法。抗蝕劑之場所 $x=(x, y)$ 中之電子線能量的吸收量 $E(x)$ 由以下之公式(72)表示。

$$(72) \quad E(x) = K \left\{ D(x) + \eta \int_{\text{圖案}} D(x') g(x-x') dx' \right\}$$

公式(72)之第1項係前方散射之貢獻，第2項係後方散射之貢獻。參數 $K$ 係從照射量向累積能量之變換係數。此外， $\eta$ 係顯示鄰近效應之影響的參數，且係因前方散射之累積能量的貢獻與後方散射之貢獻之比。加速電壓為50kV時， $\eta$ 之值為0.8程度。函數 $g(x)$ 滿足以下公式(73)之條件。

$$(73) \quad \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) dx dy = 1$$

此外，如以下公式(74)使用高斯函數。

$$(74) \quad g(x) = (1/\pi\sigma_b^2) \exp\{-(x-x')^2/\sigma_b^2\}$$

此處， $\sigma_b$ 係後方散射擴大之標準，加速電壓為50 kV時，影響範圍 $\sigma_b$ 之大小為10  $\mu\text{m}$ 程度。決定依存於鄰近效應修正用之場所的最佳照射量 $D(x)$ 用之方程式，於將圖案密度100%之照射量設為 $D_{100\%}$ 時，由以下之公式(75)賦予。

$$(75) \quad D(x) = D_{100\%} \cdot D^*(x)$$

不過， $D^*(x)$ 由以下公式(76)之積分方程式賦予。

$$(76) \quad \{1/(1/2+\eta)\} \{D^*(x)/2+\eta \int_{\text{圖案}} D^*(x')g(x-x')dx'\} = 1$$

該解如按照日本專利第3469422號公報、美國專利第5863682號公報，由以下之公式(77-1)~公式(77-3)表示。

$$(77-1) \quad D^*(x) = \sum_{n=1}^{\infty} d_n^*(x)$$

$$(77-2) \quad d_1(x) = (1/2+\eta) / \{1/2+\eta \int_{\text{圖案}} g(x-x')dx'\}$$

$$(77-3) \quad d_n(x) = \eta \{ \int_{\text{圖案}} d_{n-1}(x) g(x-x')dx' - \int_{\text{圖案}} d_{n-1}(x') g(x-x')dx' \} / \{1/2+\eta \int_{\text{圖案}} g(x-x')dx'\}$$

此處，藉由公式(77-1)，和為無限，不過，實際取至最初之數項時，獲得需要之精度。實際之修正計算時，將應描繪之LSI圖案或是遮罩圖案區分成比 $\sigma$ 充分小之大小 $\Delta \times \Delta$ 的區域(如 $(\sigma/10) \times (\sigma/10)$ )，將存在於第 $i$ 個小區域內之圖形，將小區域之中心座標設為 $x_i$ ，而由以下之公式(78-1)~公式(78-4)表示的照射量 $D(x_i)$ 來描繪。

$$(78-1) \quad D(x_i) = D_{100\%} \cdot D^*(x_i)$$

$$(78-2) \quad D^*(x_i) = \sum_{n=1}^N d_n^*(x_i)$$

$$(78-3) \quad d_1(x_i) = (1/2+\eta) / \{1/2+\eta \sum_j \rho(x_j) g(x_i-x_j) \Delta^2 \}$$

$$(78-4) \quad d_n(x_i) = \eta \{ \sum_j d_{n-1}(x_i) \rho(x_j) g(x_i-x_j) \Delta^2 - \sum_j \rho(x_j) d_{n-1}(x_j) g(x_i-x_j) \Delta^2 \} / \{1/2+\eta \sum_j \rho(x_j) g(x_i-x_j) \Delta^2 \}$$

此處， $\rho(x_j)$ 係第 $j$ 個小區域內部之圖案密度，和取包含

第*i*個小區域之周邊的小區域。如可取存在於 $3\sigma_b \sim 4\sigma_b$ 以內之全部小區域。其次，說明同時進行GCD修正與鄰近效應修正之方法。

圖20係顯示第五種實施形態中之一種臨限值模型圖。

圖20中，該模型為"圖案之尺寸*W*以臨限值 $E_{th}$ 橫跨藉由電子線賦予抗蝕劑的能量分布之位置決定"者。使用圖20中之*p*、*q*，以 $f=q/(p+q)$ 定義其次之量*f*。而後，將能量分布之上部寬度設為 $W_0$ ，從底部至上部上昇時需要之寬度設為 $\Delta_R$ 。此時可以尺寸 $W=W_0+2\Delta_R \cdot f$ 求出。因而，尺寸*W*藉由*f*來決定。此處，每個小區域為了使尺寸變化 $\Delta l(x_i)$ 程度，每個區域需要使該量*f*依存於 $\Delta l(x_i)$ 而變化。並將其作為 $f(\Delta l(x_i))$ 來表現。如 $\Delta l(x_i)=0$ ，亦即如同設計時，由於成為 $f=1/2$ ，因此成為 $f(0)=1/2$ 。第五種實施形態須控制照射量，使尺寸變化 $\Delta l(x_i)$ 程度，且就其存在於小區域內部之全部圖案成立。因而，顯示於修正了公式(72)之以下公式(79)的鄰近效應修正之方程式須成立。

$$(79) \quad K \left\{ f(\Delta l(x))D(x) + \eta \int_A D(x')g(x-x')dx' \right\} = C$$

此處，第1項係前方散射之貢獻，第2項係後方散射之貢獻。參數*K*係從照射量向累積能量之變換係數。 $\eta$ 係顯示鄰近效應之影響的參數，且係因前方散射之累積能量的貢獻與後方散射之貢獻之比。此外，*C*係某個常數。函數*g*(*x*)為求簡單而假定公式(74)之高斯分布。

此處，公式(74)中之 $\sigma_b$ 係後方散射之擴大，加速電壓為

50 kV時，係10 μm程度。

圖21係顯示第五種實施形態中之GCD修正用的小區域與鄰近效應修正用的小區域之例圖。

如圖21所示，除了GCD修正用之網孔狀的小區域外，導入鄰近效應修正用之網孔狀的小區域P。此係區分LSI的全部區域者，區域P之尺寸 $\Delta p$ 為比鄰近效應擴大 $\sigma_b$ 充分小者(如1 μm)。而後，使公式(79)成立之最佳照射量並非每個圖形計算者，而係每個區域P計算者。此處，將照射量 $D(x)$ 如以下公式(80)地表現。

$$(80) \quad D(x) = D_{100\%}(x)D_n(x)$$

此處， $D_{100\%}(x)$ 顯示在各小區域L中可特定之 $\Delta l(x)$ 程度修正因為鄰近效應密度為100%之圖案(如1 μm : 1 μm之線與空間)的尺寸之照射量。 $D_n(x)$ 係在各區域內以 $D_{100\%}(x)$ 規格化之照射量。此處，由於 $D_{50\%}(x)$ 係為了處理修正1 : 1線與空間而控制尺寸用的照射量，因此其空間性變動係因處理之尺寸變動距離程度，亦即mm、cm大小。將公式(80)代入公式(79)時，可由以下之公式(81)表示。

$$(81) \quad k\{D_{100\%}(x)D_n(x)f(\Delta l(x)) + \eta \int_A D_{100\%}(x')D_n(x')g(x-x')dx'\} = C$$

此處， $g(x-x')$ 係 $3\sigma_b$ (30 μm程度)時為零之量，另外， $D_{50\%}(x)$ 係mm~cm大小時為零之量。因而，對 $g(x-x')$ 可忽略 $D_{50\%}(x)$ 之變動，可露出於積分之外。藉此，公式(81)可修改成以下之公式(82)。



$$(82) \quad k\{D_{100\%}(x)D_n(x)f(\Delta l(x)) + \eta D_{100\%}(x) \int_A g(x-x')dx'\} = C$$

而後，進一步修改公式(82)時，可由以下之公式(83)表示。

$$(83) \quad k\{2D_{100\%}(x)f(\Delta l(x))[D_n(x)/2 + \eta^*(\Delta l(x)) \int_A D_n(x')g(x-x')dx']\} = C$$

此處，就 $\eta^*(\Delta l(x))$ ，如以下公式(84)地定義。

$$(84) \quad \eta^*(\Delta l(x)) = \eta/2f(\Delta l(x))$$

此外，由於 $\eta^*(\Delta l(x))$ 在小區域內部可視為一定值，因此其次之方程式(85)在各區域內部係通常之鄰近效應修正方程式，且可求解。

$$(85) \quad (2/(1+\eta))[d(x)/2 + \eta^*(\Delta l(x)) \int_A d(x')g(x-x')dx'] = 1$$

為了排除在第*i*個小區域*L*之邊界發生的誤差，亦取入存在於周邊 $3\sigma_b \sim 4\sigma_b$ 內之小區域*P*，進行修正計算，僅採用小區域*L*內部之結果即可。方程式(85)之解為 $d(x, \eta^*(\Delta l(x)))$ ，作為公式(80)之 $D_n(x)$ 而採用時，公式(83)可表示成以下之公式(86)。

$$(86) \quad k2D_{100\%}(x)f(\Delta l(x))(2/(1+\eta^*(\Delta l(x)))) = C$$

因而， $D_{100\%}(x)$ 可由以下之公式(87)獲得。

$$(87) \quad D_{100\%}(x) = C/[2kf(\Delta l(x))(2/(1+\eta^*(\Delta l(x))))]$$

彙整解時，照射量*D(x)*可由以下之公式(88)獲得。

$$(88) \quad D(x) = D_{100\%}(x)d(x)$$

此處， $D_{100\%}(x)$ 以公式(87)定義， $d(x)$ 係方程式(85)之解。如以上所述，瞭解為了以電子束描繪裝置控制照射量使尺寸變化，除了成為基準之圖案(上述例係線與空間)之照射量外，需要使鄰近效應修正之參數 $\eta$ 亦變化。

就使用以上計算公式之解法，以電子束描繪裝置之具體處理程序作說明。此外，適用上述之解法，經過數個步驟而形成半導體製造步驟之一個層的圖案及算出修正尺寸之方法，與上述第一~第三種實施形態之任何一個相同。因而，此處就以電子束描繪裝置形成圖案時，按照設計圖案描繪而將修正尺寸形成於遮罩上的方法作說明。

圖22係顯示第五種實施形態中之描繪裝置的結構之概念圖。

圖22中，一種荷電粒子束描繪裝置係顯示可變成型電子線描繪裝置的描繪裝置100。描繪裝置100在試料101上描繪圖案。描繪裝置100具備描繪部150與控制系統。描繪部150包含電子鏡筒102及描繪室103。在電子鏡筒102內配置有：電子槍201、照明透鏡202、消隱(BLK)偏向器212、消隱(BLK)孔徑214、第一成形孔徑203、投影透鏡204、成形偏向器205、第二成形孔徑206、對物透鏡207及對物偏向器208。描繪室103內配置XY載台105。XY載台105上配置有雷射測長用之反射鏡209。此外，在XY載台105上放置試料101。試料101中包含上述之曝光用遮罩。另外，控制系統包含：電腦之控制計算機(CPU)120、記憶體122、偏向控制電路112、雷射測長系統132、驅動電路114、偏

向放大器 142、數位/類比轉換器(DAC)152、緩衝記憶體 162、偏向放大器 144、DAC 154、緩衝記憶體 164、偏向放大器 146、DAC 156、緩衝記憶體 166、記憶裝置 123、處理修正用資料儲存記憶體 126、鄰近效應修正量儲存用記憶體 127及鄰近效應修正部 128。

如靜電型之BLK偏向器 212藉由使電子束 200不偏向而通過，而使電子束接通，藉由偏向而使電子束斷開。而後，如靜電型之成形偏向器 205對BLK偏向器 212配置於光程上的後階，將電子束 200偏向而成形。而後，如靜電型之對物偏向器 208對成形偏向器 205配置於光程上之後階，而將電子束 200偏向於試料 101之特定位置。

CPU 120中經由無圖示之匯流排而連接記憶體 122、偏向控制電路 112、雷射測長系統 132、驅動電路 114及鄰近效應修正部 128。偏向控制電路 112、驅動電路 114藉由CPU 120控制。輸入CPU 120之資訊及運算結果等儲存(記憶)於記憶體 122中。偏向控制電路 112中進一步經由無圖示之匯流排而連接雷射測長系統 132、緩衝記憶體 162、緩衝記憶體 164、緩衝記憶體 166。緩衝記憶體 162中連接DAC 152，DAC 152中連接偏向放大器 142，而後，偏向放大器 142連接於BLK偏向器 212。同樣地，緩衝記憶體 164中連接DAC 154，DAC 154中連接偏向放大器 144，而後，偏向放大器 144連接於成形偏向器 205。同樣地，緩衝記憶體 166中連接DAC 156，DAC 156中連接偏向放大器 146，而後，偏向放大器 146連接於對物偏向器 208。圖 22係就說明

本實施形態上需要之構成部分作記載。對描繪裝置100而言，通常即使包含需要之其他結構亦無妨。

從電子槍201照射之電子束200藉由照明透鏡202聚光，並以BLK孔徑214形成交叉而通過後，照明具有矩形如長方形之孔的第一成形孔徑203全體。此處，首先將電子束200形成矩形，如形成長方形。而後，通過第一成形孔徑203之第一孔徑影像之電子束200藉由投影透鏡204而投影於第二成形孔徑206上。該第二成形孔徑206上之第一孔徑影像的位置藉由成形偏向器205控制，可使電子束形狀與尺寸變化。而後，通過第二成形孔徑206之第二孔徑影像的電子束200藉由對物透鏡207對焦，並藉由對物偏向器208偏向。而後，照射於可移動而配置之XY載台105上的試料101之希望的位置。XY載台105藉由驅動電路114驅動於XY方向。此外，XY載台105之位置以反射鏡209反射從雷射測長系統132照射之雷射，藉由雷射測長系統132接收該反射光實施測長。

此外，電子鏡筒102內及配置了XY載台105的描繪室內，藉由無圖示之真空泵真空吸引，形成比大氣壓低壓力之真空氣氛。

BLK偏向器212藉由偏向控制電路112、緩衝記憶體162、DAC 152及偏向放大器142控制。成形偏向器205藉由偏向控制電路112、緩衝記憶體164、DAC 154及偏向放大器144控制。而後，對物偏向器208藉由偏向控制電路112、緩衝記憶體166、DAC 156及偏向放大器146控制。

移動試料101上之電子束200的位置時，或是到達照射時間時，為了避免在試料101上之不需要的區域照射電子束200，而以靜電型BLK偏向器212將電子束200偏向。而後，以BLK孔徑214切斷偏向之電子束200。結果，電子束200不到達試料101面上。藉由以BLK偏向器212將電子束200偏向，並以BLK孔徑214切斷電子束200，可以特定之時間程度照射電子束。

圖23係顯示第五種實施形態中之一種描繪單位區域之圖。

圖案之描繪係使XY載台105連續移動而進行。將LSI圖案如圖23所示，預先區分成以1次載台連續移動可描繪圖案之區域(帶域(stripe))80。使XY載台105連續移動，並控制電子束之形狀、尺寸、位置及照射時間，並描繪帶域80內之圖案82，就1個帶域80處理結束後，同樣地描繪其次帶域80內之圖案。而後，處理全部帶域，描繪希望之LSI圖案。

此處，鄰近效應修正部128與描繪並列地進行處理。在進行第n個帶域80之描繪時，進行其次之第n+1個帶域80內部的鄰近效應修正之運算。具體之修正計算進行如下。如就第n個帶域80實施修正計算時，在存在於該帶域80內之圖案中，從其前後之帶域追加圖案。從第n帶域之邊向外部追加存在於 $4\sigma_b \sim 5\sigma_b$ 內的圖案。這是為了在帶域邊界附近，正確取入存在於鄰近帶域之圖案的影響用之處理。而後，進行修正後，使用之修正結果係對象之帶域內的修正

資料，而不利用附加於外側帶域內之圖案的部分。就鄰接之帶域內的圖案，只須使用自己之帶域成為對象時的資料即可。描繪裝置100中輸入GCD修正用之每個小區域(將其稱為小區域L)的 $\eta$ 之值群，描繪裝置100利用該值進行鄰近效應修正之計算。 $\eta$ 之值群等的資料可預先儲存於記憶裝置123中作為處理修正用資料125。此外，記憶裝置123中儲存有圖案資料124。

首先，鄰近效應修正部128將帶域80內部以小區域L區分成網孔狀。而後將對象之小區域L向鄰接之周圍小區域L的方向擴大 $3\sigma_b \sim 4\sigma_b$ 程度。將如此擴大之區域內部區分成比成為鄰近效應之擴大範圍的影響範圍 $\sigma_b$ 充分小之區域，如以 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 區分成網孔狀(稱為小區域P)。而後，每個小區域P求出存在於其內部之圖案的圖案密度。此處，就周圍之小區域L，將配置於其小區域L內之圖案密度擴大至鄰近之帶域情況下，係求出存在於擴大至其鄰近帶域內之區域內的圖案密度。鄰近效應修正部128利用如此求出之圖案密度，每個小區域L從記憶裝置123經由記憶體122、CPU 120輸入對應於其之 $\eta$ 值。而後，輸入鄰近效應修正部128內之修正計算子系統，子系統利用其而每個小區域P計算。成為鄰近效應修正量之修正照射量 $d(x)$ 可作為上述公式(85)之解而算出。該程序就帶域內之全部小區域L進行，每個小區域P算出鄰近效應修正量用於1個帶域。計算出之鄰近效應修正量儲存於鄰近效應修正量儲存用記憶體127。

此外，GCD修正用之基準照射量 $D_{100\%}(x)$ 另行將使用其他軟體而計算出者預先儲存於記憶裝置123。或是亦可由CPU 120計算。GCD修正用之在各網孔(小區域L)的尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 以上述第一~第三種實施形態的任何一個方法計算。而後，使用在各網孔獲得之尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 而獲得之基準照射量 $D_{100\%}(x)$ 可從公式(87)算出。此外，鄰近效應修正參數 $\eta^*(\Delta l(x))$ 可從公式(84)算出。如此，求出各網孔之基準照射量 $D_{100\%}(x)$ 及 $\eta^*(\Delta l(x))$ ，並將其作為對描繪裝置100之輸入資料。而後，處理修正用資料125預先儲存於記憶裝置123。而後，CPU 120從記憶裝置123經由記憶體122讀取基準照射量 $D_{100\%}(x)$ ，預先儲存於處理修正用資料儲存記憶體126。

實際進行描繪時，利用儲存於鄰近效應修正量儲存用記憶體127之每個鄰近效應修正用小區域P的修正照射量 $d(x)$ 與儲存於處理修正用資料儲存記憶體126之每個GCD修正用小區域L的基準照射量 $D_{100\%}(x)$ 。如描繪某個散粒 $s_1$ 時，偏向控制電路112算出其照射位置是否包含於GCD修正用網孔中的哪個網孔。而後，從處理修正用資料儲存記憶體126內之資料讀取記載於其網孔之GCD修正用的基準照射量 $D_{100\%}(x)$ 。並將其設為 $D_{s_1}$ 。此外，算出該照射位置包含於鄰近效應修正用網孔的哪個網孔。而後，從鄰近效應修正量儲存用記憶體127內之資料讀取其網孔之鄰近效應修正照射量 $d(x)$ 。並將其設為 $ds_1$ ，而後，偏向控制電路112將其散粒(shot) $s_1$ 之照射量 $D(x)$ 設為 $D_{s_1} \times ds_1$ ，以電流密度B

除該值，而算出照射時間 $t$ 。而後，偏向控制電路112經由DAC 154及偏向放大器144，將控制施加於成形偏向器205之電壓用的訊號輸出至緩衝器164。依據其訊號控制散粒之尺寸。此外，偏向控制電路112經由DAC 156及放大器146將控制施加於用於位置偏向之對物偏向器208的電壓用的訊號輸出至緩衝記憶體166。依據其訊號控制散粒之位置。而後，偏向控制電路112經由DAC 152及放大器142將控制施加於BLK偏向器212之電壓用的訊號輸出至緩衝記憶體162。依據其訊號，於上述算出之照射時間 $t$ 程度，將電子束接通之電壓(通常為零電壓)施加於BLK偏向器212。

藉由如上地構成，於特定之時間，以特定之照射量照射其散粒，可控制形成於遮罩上之圖形的尺寸。如此描繪之圖案成為可修正搭載效應及關於處理之GCD誤差者。

#### 第六種實施形態

上述各種實施形態係就修正GCD尺寸誤差之情況作說明。而由於如蝕刻時產生之搭載效應造成之GCD誤差，其影響範圍 $\sigma$ 為cm大小程度，因此用於計算之網孔尺寸宜為1 mm程度。此外，由於火焰造成之GCD誤差，其影響範圍 $\sigma$ 為4~16  $\mu\text{m}$ 程度，因此網孔尺寸宜為400~1600 nm程度。亦即，修正GCD誤差時，網孔尺寸宜在10 mm~100 nm之範圍。而此種尺寸通常係包含數個圖形程度之大小的尺寸。因此，上述各種實施形態通常係每個包含數個圖形之網孔區域進行計算。

但是，上述各種實施形態求出尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 用之計算



公式及方法並非限定於此等之區域尺寸者。如修正因影響範圍 $\sigma$ 為250 nm程度之微搭載效應造成的局部CD誤差時亦可使用。此種情況下，網孔尺寸宜為50 nm程度。亦即，修正縮小範圍之微搭載效應等局部CD誤差時，宜在網孔尺寸比100 nm小之範圍。此種尺寸通常係包含1個圖形或僅其圖形之一部分程度大小之尺寸。因此，通常每個包含1個圖形或僅其圖形之一部分的網孔區域之計算時，亦可使用上述各種實施形態求出尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 用之計算公式及方法。該情況下，只須變更網孔尺寸 $\Delta_L$ 、影響範圍 $\sigma_L$ 及修正係數 $\gamma_d$ 之值即可。如只須將影響範圍 $\sigma_L$ 設定成250 nm，將網孔尺寸 $\Delta_L$ 設定成50 nm，將修正係數 $\gamma_d$ 設定成-10 nm程度即可。

以下，說明修正縮小範圍之局部CD誤差時的一種計算結果。

圖24係顯示第六種實施形態中之修正誤差測定用的一種圖案之圖。

在二維平面之描繪區域72的右半部分形成矩形之圖形76，如形成接觸孔圖案。而後，各個矩形尺寸設為 $w \times w$ 。而後，以 $\Delta_L \times \Delta_L$ 之尺寸分割計算該圖案之微搭載效應等之局部CD誤差用的網孔區域74。此處，將網孔尺寸 $\Delta_L$ 設定成50 nm。此外，將影響範圍 $\sigma_L$ 設定成250 nm，將修正係數 $\gamma_d$ 設定成-10 nm程度。

圖25係顯示第六種實施形態中僅考慮面積時之一種修正精度圖。

此處，顯示僅考慮圖案之面積(或密度)，而忽略邊及頂點之貢獻的情況作為一例。如圖25所示，瞭解因為忽略邊及頂點之貢獻，所以依位置變大，而修正殘差保留。

圖26係顯示第六種實施形態中之考慮面積與邊長度的總和時之一種修正精度圖。括弧內之數字表示計算次數。此處，計算次數2次比1次修正殘差更小。亦即，比僅考慮面積時，進一步將邊之總和用於計算而求解者的精度高。藉此，誤差可抑制在0.02 nm以內，這樣可依要求之精度充分修正。以下說明進一步提高該修正精度之方法。圖26之例係即使增加計算次數為3次以上，無法提高精度。此因忽略的頂點之貢獻。

圖27係顯示第六種實施形態中之考慮面積與邊長度的總和與頂點之貢獻時的一種修正精度圖。

括弧內之數字表示計算次數。此處考慮了邊與頂點之貢獻。而後，可藉由增加計算次數而將修正殘差抑制在0.1 nm以內。

如圖25所示，僅採用僅考慮面積之方法，隨著圖案微細化進展，預期精度不足。另外，如圖26及圖27所示，藉由情況1~2之各解法，則可滿足將來之LSI的精度。特別是如情況2，藉由考慮邊之貢獻與頂點之貢獻作修正，可更高精度地修正。

如以上所述，藉由使用從曝光用遮罩之圖案作成區域虛擬分割之網孔狀的數個胞區域(網孔)之每個網孔中包含的圖案面積，與圖案外周之邊長度的總和，可高精度地算出

修正因微搭載效應產生之圖案的局部CD尺寸誤差之修正量。再者，網孔內之圖案的頂點之貢獻，藉由將頂點之係數 $Q_0$ 中乘上了 $\Delta l(x)^2$ 之值包含於計算中，可算出比修正縮小範圍之局部CD尺寸誤差用更高精度之修正量 $\Delta l(x)$ 。

圖24係顯示在網孔區域74內包含1個圖形76之情況，但是並非限於此者。

圖28係顯示第六種實施形態中之一種圖案之圖。

縮小網孔尺寸時，如圖28所示，在網孔區域74內僅包含圖形79之各個一部分。此種情況下，係分別計算各個網孔區域74、75內包含之部分圖形77、78。而後，每個網孔區域求出尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 。此處，係求出網孔區域75內包含之部分圖形77的尺寸修正量 $\Delta l_1(x)$ 與網孔區域74內包含之部分圖形78的尺寸修正量 $\Delta l_2(x)$ 。而後，分別修正尺寸即可。

其次，上述之第一種實施形態如圖1所示，係說明從各製造步驟之後階起依序修正CD尺寸誤差者可高精度作修正，不過，就微搭載效應造成之局部CD誤差亦同。圖1之例係以修正在晶圓上形成圖案時之蝕刻步驟產生的誤差之步驟(S104)修正微搭載效應造成之CD誤差。因此，以下說明與修正遮罩形成步驟(S201)之1個後階側的曝光步驟(S202)產生之火焰造成的GCD誤差之步驟(S106)關連時的修正精度。此處，在計算微搭載效應之尺寸修正時，為 $\sigma_L=250$  nm、 $\gamma_d=-10$  nm。此外，計算火焰之尺寸修正時，係使用雙重高斯公式，而為 $\sigma_{L1}=4$   $\mu\text{m}$ 、 $\gamma_{d1}=10$  nm、 $\sigma_{L2}=17$

$\mu\text{m}$ 、 $\gamma_{d2}=10\text{ nm}$ 。

圖 29 係顯示第六種實施形態中不修正微搭載效應與火焰造成之 CD 誤差時的一種尺寸精度圖。

如圖 29 所示，瞭解不作修正時，依位置變大而修正殘差保留。

圖 30 係顯示第六種實施形態中忽略處理程序之影響，而僅考慮面積時之一種修正精度圖。

此處顯示僅考慮圖案之面積(密度)，而忽略邊及頂點的貢獻之情況作為一例。如圖 30 所示，瞭解因為忽略處理程序之影響及邊及頂點的貢獻，所以依位置變大而修正殘差保留。

圖 31 係顯示第六種實施形態中忽略處理程序之影響，而考慮面積與邊長度之總和以及頂點之貢獻時之一種修正精度圖。

因為除了面積之外，還考慮邊及頂點的貢獻，所以修正殘差比圖 30 縮小某種程度，不過因為忽略處理程序之影響，所以修正殘差仍然保留。

圖 32 係顯示第六種實施形態中考慮處理程序之影響、面積與邊長度之總和以及頂點之貢獻時之一種修正精度圖。

因為考慮面積、邊及頂點的貢獻以及處理程序之影響，所以可將修正殘差抑制在  $0.1\text{ nm}$  以內。

#### 第七種實施形態

上述各種實施形態係以從各製造步驟之後階依序修正 CD 尺寸誤差時，最小之網孔尺寸  $\Delta_L$  與影響範圍  $\sigma_L$  中合併

全部步驟之計算來進行作為前提。但是，如此計算次數龐大。因此，第七種實施形態係就可高速計算之運算方法作說明。

未知之函數 $\Delta d_k(x)$ 由以下之公式(89)作定義。

$$(89) \quad \Delta l_k(x) = \Delta l_{k+1}(x) + \Delta d_k$$

此處，與上述各種實施形態同樣地， $\Delta l_{k+1}(x)$ 為已知之函數。取代未知函數 $\Delta l_k(x)$ ，而使用 $\Delta d_k(x)$ 時，關於 $\Delta d_k(x)$ 之方程式使用公式(89)，可如以下之公式(90)表示。

$$(90) \quad \begin{aligned} 0 = & -\Delta d_k(x) + \gamma_d \int_A g_k(x-x') \rho_0(x') dx' \\ & - \gamma_d \int_A [FEC_k^*(x') / \Delta_l^2] \Delta d_k(x') g_k(x-x') dx' \\ & + \gamma_d \int_A [CAT(x') / \Delta_l^2] \Delta d_k(x')^2 g_k(x-x') dx' + F_k(x) \end{aligned}$$

此處， $FEC_k^*(x)$ 由以下之公式(91)作定義。

$$(91) \quad FEC_k^*(x) = FEC(x') / \Delta_l^2 - 2 \Delta l_{k+1}(x') CAT(x') / \Delta_l^2$$

此外， $F_k(x)$ 由以下之公式(92)作定義。

$$(92) \quad \begin{aligned} F_k(x) = & -\gamma_d \int_A [FEC(x') / \Delta_l^2] \Delta l_{k+1}(x') g_k(x-x') dx' \\ & + \gamma_d \int_A [CAT(x') / \Delta_l^2] \Delta l_{k+1}(x')^2 g_k(x-x') dx' \\ & + \gamma_{dk} f_k(x) \end{aligned}$$

此處，以公式(19)將 $FEC(x)$ 替換成 $FEC_k^*(x)$ ，將 $\gamma_{pf}(x) - \delta l(x)$ 替換成 $F_k(x)$ 時，公式(19)形成與公式(92)相同形式，因而，將公式(19)之解表現成 $Q(x, \gamma_{dk}, FEC(x), CAT(x), \gamma_{pf}(x) - \delta l(x))$ 時，公式(90)之解，亦即 $\Delta d_k(x)$ 可由以下之公

式(93)來表示。

$$(93) \quad \Delta d_k(x) = Q(x, \gamma_{dk}, FEC_k^*(x), CAT(x), F_k(x))$$

上述第一種實施形態中，公式(19)之解已經獲得近似之解、公式(21-1)~公式(28)。此外，高精度之解係獲得公式(47)~公式(58)。因而，使用此等解進行將FEC(x)替換成FEC<sub>k</sub><sup>\*</sup>(x)，將 $\gamma_{pf}(x) - \delta l(x)$ 替換成F<sub>k</sub>(x)者成為解，藉由利用其解可求出 $\Delta d_k(x)$ 之值。 $\Delta l_k(x)$ 可藉由公式(89)從已知函數之 $\Delta l_{k+1}(x)$ 與成為已知函數之 $\Delta d_k(x)$ 的值求出。如以上求出製造步驟間之尺寸修正量的差分 $\Delta d_k(x)$ ，使用該差分 $\Delta d_k(x)$ 可求出1個前階之製造步驟中每個網孔區域的尺寸修正量 $\Delta l_k(x)$ 。使用該方法，就高速計算方法說明如下。

如上述，尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 以單位進行比最小之 $\sigma$ 之值( $\sigma_{min}$ )充分小的區域。該 $\gamma$ 之值依處理而位數不同。如微搭載效應時係250 nm程度，為火焰時係10  $\mu$ m程度，其比達到40倍。此種情況修正計算時間非常大。此因以下之理由。一起修正上述之微搭載效應與火焰時，需要使小區域比 $\sigma(250 \text{ nm})$ 充分小，因此將小區域之尺寸如形成1/5之50 nm。

因為以該小區域進行火焰之修正，所以需要以高斯函數進行卷積積分，不過火焰之影響擴大， $\sigma$ 為10  $\mu$ m，達3 $\sigma$ 而考慮影響時，就半徑30  $\mu$ m之圓內的全部小區域進行卷積計算。其中之小區域數量達到 $\pi(30 \mu\text{m}/50 \text{ nm})^2 = 1 \times 10^6$ 。另外，LSI之尺寸為1cm長寬時，該小區域數量係(1 cm/50

$\text{nm})^2=4\times 10^{10}$ 。由於需要對各個小區域進行上述之卷積計算，因此計算次數達到 $4\times 10^{16}$ 次。若計算機之處理速度係可在1秒內計算 $1\times 10^9$ 次時，計算時間花費 $4\times 10^{16}/10^9=4\times 10^7$ 秒。該值約為3日。這是LSI製造時無法忍受者。以下，顯示利用使用了上述公式(89)~公式(93)之計算法，以解決該問題之方法。

圖33A與圖33B顯示第七種實施形態中之一種網孔區域。

在修正計算之過程考慮計算某個處理之修正的步驟。如圖33A所示，在該處理之 $\sigma_k$ 為比成為小區域L之小區域74的尺寸大了不同位數者。此處如圖33B所示，定義與算出尺寸修正量 $\Delta l(x)$ 之小區域74不同之另一個小區域84(小區域M)而導入。該小區域84之大小為 $\Delta_M\times\Delta_M$ 。 $\Delta_M$ 之尺寸為比 $\sigma_k$ 充分小，但是比小區域74之尺寸 $\Delta_L\times\Delta_L$ 充分大者。如為 $\Delta_L=50\text{ nm}$ ， $\sigma_{\min}=250\text{ nm}$ ， $\Delta_M=1\text{ }\mu\text{m}$ ， $\sigma_k=10\text{ }\mu\text{m}$ 。此處，為了容易理解，位置依存之函數 $f_k(x)$ 係比 $g_k(x)$ 緩慢變化值的函數。此時，從公式(90)與公式(91)瞭解 $\Delta d_k(x)$ 係 $\sigma_k$ 程度之距離，且值緩慢變化的函數。此因在公式(90)與公式(91)中， $\Delta d_k(x)$ 以外係具有此種特徵之函數。如因為公式(90)之第2項係以 $g_k(x)$ 卷積計算密度( $\sigma_k$ 程度之距離，且值緩慢變化之函數)者。因而，在比 $\sigma_k$ 充分小之小區域84中， $\Delta d_k(x)$ 之值大致一定，且依場所可視為不變化。因而，即使進行如 $\Delta d_k(x)$ 之值僅在小區域84之中心算出，(1)在其小區域84中的全部小區域74利用其值。(2)或是算出某個點之

$\Delta d_k(x)$ 之值時，利用在周邊之小區域84的中心算出之該  $\Delta d_k(x)$ 內插而算出的方法，仍不致發生嚴重的誤差。藉此，由於無須就小區域84內之全部小區域74進行卷積計算，因此可大幅縮短計算時間。

再者，利用該小區域84時，亦可大幅減低卷積計算時之計算量。此如下所示。計算  $\Delta d_k(x)$ 時，如公式(92)等中所見，需要進行如以下公式(94)所示之卷積計算。

$$(94) \quad u(x) = \int_A g_k(x-x')D(x')dx'$$

此處， $D(x)$ 之例係  $\rho_0(x)$ 及  $FEC(x)\Delta l_k(x)/\Delta_L$ 等。以和之形式表現公式(94)時，可如以下之公式(95)表示。

$$(95) \quad u(x_i) = \sum_j g_k(x_i - x_j)D(x_j)\Delta_L^2$$

公式(95)中，就小區域84(小區域M)取和。將小區域74(小區域L)之編號註記變更為  $(l, j)$ 。此處， $l$ 係小區域M之(連續)編號， $j$ 係在第1個小區域84(小區域M)中某個小區域74(小區域L)的(連續)編號。此時，公式(95)可表現成以下之公式(96)。

$$(96) \quad u(x_{i,Ce}) = \sum_l \sum_j g_k(x_{i,Ce} - x_{l,j})D(x_{l,j})\Delta_L^2$$

在小區域74(小區域L)中， $g_k(x)$ 幾乎不變化。因而，以在小區域84(小區域M)中心之值代表  $g_k(x)$ ，即使從關於小區域L之和向外移動，仍不發生大的誤差。因而，公式(96)可修改成以下之公式(97)。



$$(97) \quad u(x_{i,c_e}) = \sum_l g_k(x_{i,c_e} - x_{l,c_e}) \left[ \sum_j D(x_{l,j}) \Delta_L^2 \right]$$

此處，其次之量  $D^+(x_{l,c_e})$  如其次公式(98)所示地定義而導入。

$$(98) \quad D^+(x_{l,m}) = \sum_j D(x_{l,j}) \Delta_L^2 / \Delta_M^2$$

使用公式(98)之  $D^+(x_{l,m})$  時， $u(x_{i,c_e})$  可如以下公式(99)地計算。

$$(99) \quad u(x_{i,c_e}) = \sum_l g_k(x_{i,c_e} - x_{l,c_e}) D^+(x_{l,c_e}) \Delta_M^2$$

利用該公式(99)時，由於使用於卷積之小區域並非小之小區域  $L$ ，而係比小區域大之小區域  $M$ ，因此卷積計算時之計算量比直接計算公式(95)大幅縮短。

以下，確認上述方法之效果。直接計算公式(95)時，計算量成為  $\pi(3\sigma_k/\Delta_L)^2(L/\Delta_L)^2$ 。此處， $L$  係 LSI 之尺寸(如 1 cm)。另外，藉由上述之方法計算  $D^+(x_{l,c_e})$  用之計算量成為  $(L/\Delta_L)^2$ ，卷積計算用之計算量成為  $\pi(3\sigma_k/\Delta_M)^2(L/\Delta_M)^2$ 。計算該  $D^+(x_{l,c_e})$  用之計算量與直接計算公式(95)之計算量之比成為  $\pi(3\sigma_k/\Delta_L)^2$ 。 $\sigma_k$  與  $\Delta_L$  分別為 10  $\mu\text{m}$ (局部火焰)及 50 nm(小區域  $L$  對微搭載效應之尺寸)時，該比成為  $1 \times 10^{-6}$ 。 $D^+(x_{l,c_e})$  之計算量比直接以公式(95)卷積計算用的計算量充分小。直接計算公式(90)時之計算時間估計為 3 日，按照該比率正比計算時，計算  $D^+(x_{l,c_e})$  用的計算時間為 40 秒。

此外， $\pi(3\sigma_k/\Delta_L)^2(L/\Delta_L)^2$  與  $\pi(3\sigma_k/\Delta_M)^2(L/\Delta_M)^2$  之比成為  $(\Delta_M/\Delta_L)^4 = (\sigma_k/\sigma_{\min})^4$ 。 $\sigma_k$  與  $\sigma_{\min}$ (全部處理中之最小的  $\gamma$  之值)

分別為 10  $\mu\text{m}$ (GCD 火焰)及 250 nm(微搭載效應)時，該比成為  $4 \times 10^{-7}$ 。此仍然是比直接以公式(95)卷積計算用的計算量之  $\pi(3\sigma_k/\Delta_L)^2(L/\Delta_L)^2$  格外小。直接計算公式(90)時之計算時間估計為 3 日，而按照該比率正比計算時，計算  $D^+(x_l, c_e)$  用的計算時間為 16 秒。

如以上所述，每個製造步驟改變網孔區域之尺寸，求出製造步驟間之尺寸修正量的差分  $\Delta d_k(x)$ 。藉由改變網孔區域之尺寸，如上述，可大幅縮短伴隨卷積計算之計算時間，進而縮短修正計算時間。而後，使用該差分  $\Delta d_k(x)$  與已知函數之  $\Delta l_{k+1}(x)$ ，藉由公式(89)算出在前 1 階之製造步驟中每個網孔區域的尺寸修正量  $\Delta l_k(x)$ 。藉由公式(89)計算尺寸修正量  $\Delta l_k(x)$  時，只須使用原來之網孔尺寸  $\Delta_L$  即可。

第七種實施形態係說明遮罩形成時，進行微搭載效應之 CD 誤差修正(S108)情況下，計算火焰之 GCD 修正(S106)時之差分  $\Delta d_k(x)$  的情況。亦即，上述第一~第六種實施形態係以從各製造步驟之最小之網孔尺寸  $\Delta_L$  與影響範圍  $\sigma_L$  中合併全部步驟之計算來進行作為前提。因而，上述第一~第六種實施形態在修正微搭載效應之 CD 誤差時，網孔尺寸  $\Delta_L$  與影響範圍  $\sigma_L$  應該成為微搭載效應修正用之值。但是如上述，第七種實施形態係說明火焰之 GCD 修正藉由使用火焰用之網孔尺寸  $\Delta_M$  與影響範圍  $\sigma_M$ ，可縮短差分  $\Delta d_k(x)$  之計算量。該方法不限於火焰之 GCD 修正者，其他製造步驟亦同樣地，可藉由改變網孔區域之尺寸而縮短差分  $\Delta d_k(x)$  之計

算量。只須因應各個製造步驟之誤差範圍來選擇網孔區域之尺寸即可。藉此，在各個製造步驟之尺寸修正量 $\Delta l_k(x)$ 的計算中，可實現高速化。

以上之說明中，記載成「~電路」、「~部」或是「~步驟」者的處理內容或動作內容可藉由可以電腦動作之程式而構成。或是除了軟體之程式外，即使藉由硬體與軟體之組合來實施亦無妨。或是即使與韌體之組合亦無妨。此外，藉由程式構成時，程式係記錄於磁碟裝置、磁帶裝置、FD或是ROM(唯讀記憶體)等之記錄媒體。如記錄於記憶裝置123中。

此外，圖22中構成電腦之CPU 120即使進一步經由無圖示之匯流排而連接於一種記憶裝置之RAM(隨機存取記憶體)、ROM、磁碟(HD)裝置、一種輸入機構之鍵盤(K/B)、滑鼠、一種輸出機構之螢幕、印表機或是一種輸入輸出機構之外部介面(I/F)、FD、DVD、CD等亦無妨。

以上，參照具體例說明實施形態，但是，本發明並非限定於此等具體例者。如就半導體裝置中形成1層用之全部步驟，係進行GCD修正，不過有誤差小者時，此處亦可省略。此外，亦可不適用於全層，而僅適用於需要精度之層。此外，即使Inprint技術亦可適用。此時，可適用曝光用遮罩作為inprint之原版。此外，上述之GCD修正方法不限於形成遮罩，亦可適用於電子束(EB)及雷射之直接描繪。此外，就曝光步驟，係以利用通常之光為例作說明，不過，亦可適用在形成利用X射線遮罩及EUV(超紫外線)

光的轉印裝置用遮罩。此外，圖案之形狀不限於矩形(全部為 $90^\circ$ 角度)，即使為任意角度之斜線、三角形、圓形、橢圓形、環形等一般二維圖案亦無妨。

此外，省略裝置結構及控制方法等本發明之說明中不直接需要的部分等之記載，不過，可適宜選擇需要之裝置結構及控制方法來使用。如省略了控制描繪裝置100之控制部結構的記載，不過，當然係適宜選擇需要之控制部結構來使用。

其他，具備本發明之要素，而熟悉本技術之業者可適宜設計變更之全部圖案作成方法、荷電粒子束描繪裝置及荷電粒子束描繪方法包含於本發明之範圍。

熟悉該技藝人士可輕易地想到其他優點及修訂。因此，本發明之廣義特徵並不受限於本說明書中所揭示及所描述之特定細節及代表性實施形態。因此，可在不違背由附加之申請專利範圍及其同等者所定義之精神或一般發明概念之範圍內，作各種修訂。

### 【圖式簡單說明】

圖1係顯示第一種實施形態中之遮罩的製造步驟與LSI之製造步驟的重要部分步驟圖。

圖2A~圖2C係顯示第一種實施形態中作成之一種圖案之圖。

圖3係顯示第一種實施形態中之一種原來圖形、修正後之圖形及差分圖形之圖。

圖4係圖案之頂點上產生的面積誤差之說明圖。

圖 5 係顯示第一種實施形態中之修正誤差測定用的一種圖案之圖。

圖 6 係顯示僅考慮面積時之一種修正精度圖。

圖 7 係顯示第一種實施形態中之考慮面積與邊長度的總和時之一種修正精度圖。

圖 8 係顯示第一種實施形態中之考慮面積與邊長度的總和與頂點之貢獻時的一種修正精度圖。

圖 9 係顯示第一種實施形態中形成於遮罩之圖案曝光於矽晶圓上時的一種配置狀況圖。

圖 10 係顯示第一種實施形態中之密集部分與疏鬆部分混合之圖案鄰接而配置數個的一種情況圖。

圖 11 係顯示調查第一種實施形態中之 GCD 誤差與圖案位置依存性用之一種評估用圖案之圖。

圖 12 係顯示調查第一種實施形態中之 GCD 誤差與圖案密度依存性用之一種評估用圖案之圖。

圖 13 係顯示第一種實施形態中之評估用晶圓之圖。

圖 14A~圖 14D 係顯示第一種實施形態中之一種尺寸修正圖。

圖 15A~圖 15D 係顯示第一種實施形態中之另一種尺寸修正圖。

圖 16A~圖 16C 係按照圖 1 中之半導體製造步驟的流程之一種步驟剖面圖。

圖 17A~圖 17C 係按照圖 1 中之半導體製造步驟的流程之一種步驟剖面圖。

圖 18A~圖 18C 係按照圖 1 中之半導體製造步驟的流程之一種步驟剖面圖。

圖 19 係顯示第四種實施形態中之雷射描繪裝置的重要部分結構之概念圖。

圖 20 係顯示第五種實施形態中之一種臨限值模型圖。

圖 21 係顯示第五種實施形態中之 GCD 修正用的小區域與鄰近效應修正用的小區域之例圖。

圖 22 係顯示第五種實施形態中之描繪裝置的結構之概念圖。

圖 23 係顯示第五種實施形態中之一種描繪單位區域之圖。

圖 24 係顯示第六種實施形態中之修正誤差測定用的一種圖案之圖。

圖 25 係顯示第六種實施形態中僅考慮面積時之一種修正精度圖。

圖 26 係顯示第六種實施形態中考慮面積與邊長度之總和時的一種修正精度圖。

圖 27 係顯示第六種實施形態中考慮面積與邊長度之總和與頂點之貢獻時的一種修正精度圖。

圖 28 係顯示第六種實施形態中之一種圖案之圖。

圖 29 係顯示第六種實施形態中不修正微搭載效應與火焰造成之 CD 誤差時的一種尺寸精度圖。

圖 30 係顯示第六種實施形態中忽略處理程序之影響，而僅考慮面積時之一種修正精度圖。

圖 31 係顯示第六種實施形態中忽略處理程序之影響，而考慮面積與邊長度之總和以及頂點之貢獻時之一種修正精度圖。

圖 32 係顯示第六種實施形態中考慮處理程序之影響、面積與邊長度之總和以及頂點之貢獻時之一種修正精度圖。

圖 33A 與圖 33B 顯示第七種實施形態中之一種網孔區域。

圖 34 係顯示就晶片內部全體觀察時圖案尺寸變化之一種情況圖。

#### 【主要元件符號說明】

20、412	遮罩
22、23、25	晶圓
24、32、34	區域
26、36、37、82	圖案
28	標記
38	位置依存性測定用遮罩
39	密度依存性測定用遮罩
42	原來圖形
44	修正後之圖形
46	差分之圖形
72	描繪區域
74、75	網孔區域
76、79	圖形
77、78	部分圖形

80	描繪帶域
84	小區域
100	描繪裝置
101	試料
102	電子鏡筒
103	描繪室
105	XY載台
112	偏向控制電路
114	驅動電路
120	CPU
122	記憶體
123	記憶裝置
124	圖案資料
125	處理修正用資料
126	處理修正用資料儲存記憶體
127	鄰近效應修正量儲存用記憶體
128	鄰近效應修正部
132	雷射測長系統
142、144、146	偏向放大器
150	描繪部
152、154、156	數位/類比轉換器(DAC)
162、164、166	緩衝記憶體
201	電子槍
202	照明透鏡



203	第一成形孔徑
204	投影透鏡
205	成形偏向器
206	第二成形孔徑
207	對物透鏡
208	對物偏向器
209	反射鏡
212	BLK偏向器
214	BLK孔徑
300	基板
301	形成通道
302	閘極氧化膜
303	閘極
304	接點
305	層間絕緣膜
306	絕緣膜
307	抗蝕膜
308	紫外光
310	開口部
312	金屬膜
400	雷射描繪裝置
401	雷射光
402	分束器
404	音響光學元件

406	多面鏡
408	透鏡
410	載台
L、P	小區域

## 五、中文發明摘要：

本發明之半導體裝置之製造方法的特徵為：使用從曝光用遮罩之圖案作成區域虛擬分割之網孔狀的數個胞區域之每個胞區域中包含之圖案面積，與前述圖案之外周邊的長度總和，算出修正產生於前述圖案之尺寸誤差的修正量，將修正了前述修正量之尺寸的圖案曝光於塗布有抗蝕膜之基板，曝光後，前述抗蝕膜實施顯像，使用顯像後之抗蝕圖案將前述基板實施加工。

## 六、英文發明摘要：

A method for manufacturing a semiconductor device includes calculating a correction amount for correcting a dimension error generated in a pattern, by using an area and a total length of sides of a perimeter of the pattern included in each grid region of a plurality of mesh-like grid regions made by virtually dividing a pattern creation region of an exposure mask, exposing the pattern whose dimension has been corrected by the correction amount onto a substrate on which a resist film is coated, developing the resist film after the exposing, and processing the substrate by using a resist pattern after the developing.

## 十、申請專利範圍：

1. 一種半導體裝置之製造方法，其特徵為：

使用從曝光用遮罩之圖案作成區域虛擬分割之網孔狀的數個胞區域之每個胞區域中包含之圖案的面積，與前述圖案外周邊之長度的總和，算出修正前述圖案中產生之尺寸誤差的修正量，

將修正了前述修正量之尺寸的圖案曝光於塗布有抗蝕膜之基板，

曝光後，顯像前述抗蝕膜，

使用顯像後之抗蝕圖案加工前述基板。

2. 如請求項1之半導體裝置之製造方法，其中前述抗蝕膜塗布於第1膜上，

加工前述基板時，

於顯像後，藉由蝕刻前述第1膜而形成開口部，

在前述開口部及前述基板表面堆積第2膜，

堆積後，研磨前述第2膜之表面。

3. 如請求項1之半導體裝置之製造方法，其中前述胞區域之尺寸，係可包含1個圖形與前述圖形之一部分的其中之一者之尺寸。

4. 如請求項1之半導體裝置之製造方法，其中前述胞區域之尺寸，其1邊比100 nm小。

5. 如請求項1之半導體裝置之製造方法，其中前述胞區域之尺寸係可包含數個圖形之尺寸。

6. 如請求項1之半導體裝置之製造方法，其中前述胞區域

之尺寸，其1邊係10 mm~100 nm之範圍。

7. 一種對曝光用遮罩形成圖案之方法，其特徵為具備以下步驟：

將與形成於曝光用遮罩上之圖案同種的圖案虛擬配置於前述曝光用遮罩之圖案周邊；

包含周邊之圖案，虛擬分割成網孔狀之數個胞區域；

每個虛擬分割後之胞區域，將周圍之胞區域包含於影響範圍，算出修正在半導體基板上加工之製造步驟中產生的圖案之尺寸誤差的修正量；及

將修正了前述修正量之尺寸的圖案形成於前述曝光用遮罩上。

8. 如請求項7之對曝光用遮罩形成圖案之方法，其中算出前述修正量時，使用每個胞區域包含之圖案的面積與前述圖案之外周邊的長度之總和。

9. 一種對曝光用遮罩形成圖案之方法，其特徵為：

在包含形成半導體裝置之一層部分電路的曝光步驟之產生圖案之尺寸誤差的數個製造步驟中，從更後階側之製造步驟起依序，從後階之製造步驟存在情況下，以修正後階之製造步驟產生的尺寸誤差之修正量依序修正之尺寸，算出不存在情況下，修正與設計尺寸之尺寸誤差的修正量，

將修正至前述曝光步驟之修正量的尺寸之圖案形成於曝光用遮罩上。

10. 如請求項9之對曝光用遮罩形成圖案之方法，其中算出

在各製造步驟之修正量時，使用虛擬分割成特定尺寸之網孔狀的數個胞區域之每個胞區域包含之圖案的面積與前述圖案之外周邊的長度之總和。

11. 如請求項10之對曝光用遮罩形成圖案之方法，其中前述每個製造步驟改變前述胞區域之尺寸，求出製造步驟間之修正量的差分，使用前述差分算出前述特定尺寸之每個胞區域的前述修正量。

12. 一種半導體裝置之製造方法，其特徵為：

在包含形成半導體裝置之一層部分電路的曝光步驟之產生圖案之尺寸誤差的數個製造步驟中，從更後階側之製造步驟起依序，從後階之製造步驟存在情況下，以修正後階之製造步驟產生的尺寸誤差之修正量依序修正之尺寸，算出不存在情況下，修正與設計尺寸之尺寸誤差的修正量，

使用形成有修正至前述曝光步驟之修正量的尺寸之圖案的曝光用遮罩，曝光於塗布有抗蝕膜之基板，

曝光後，顯像前述抗蝕膜，

使用顯像後之抗蝕圖案加工前述基板。

十一、圖式：

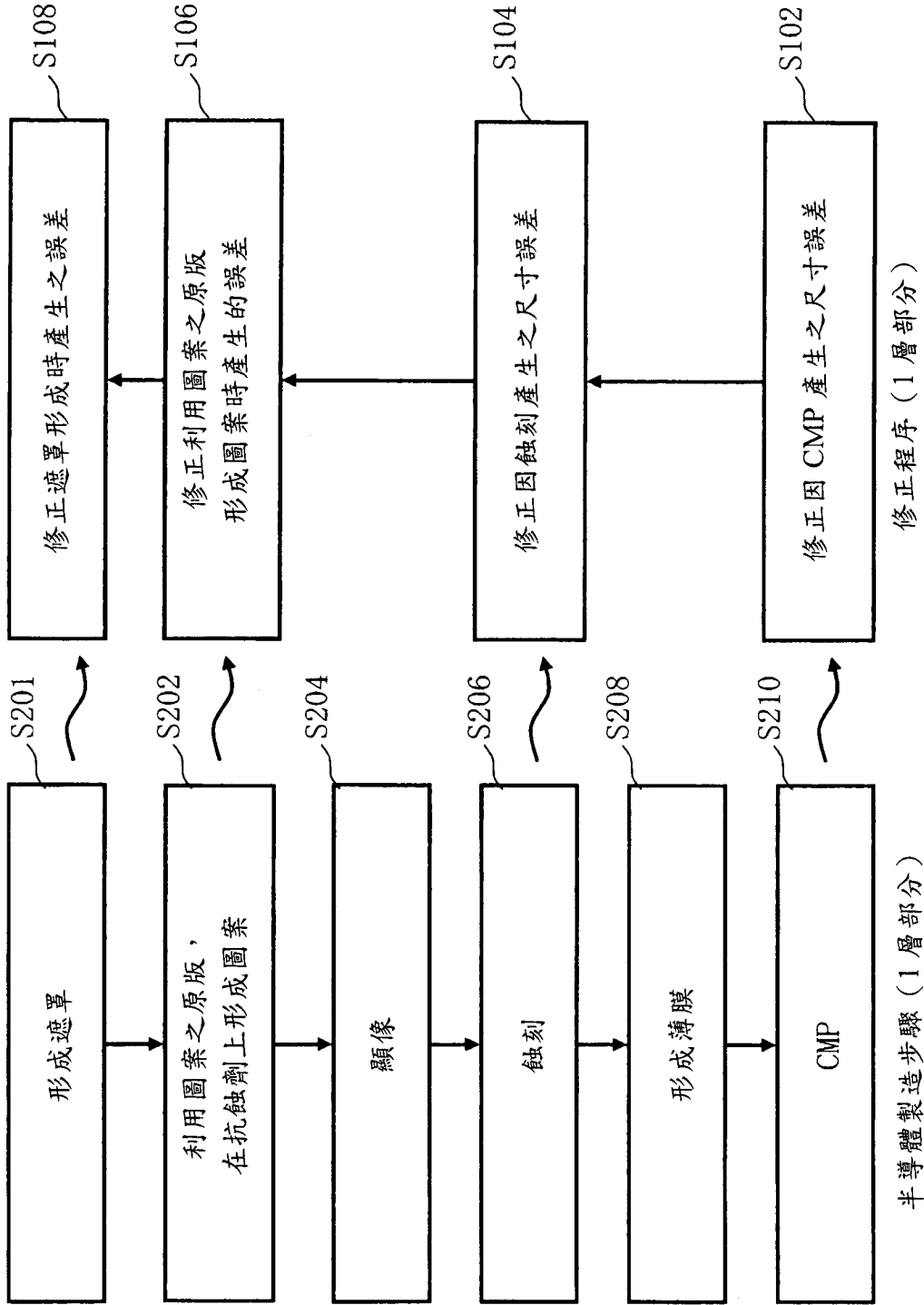
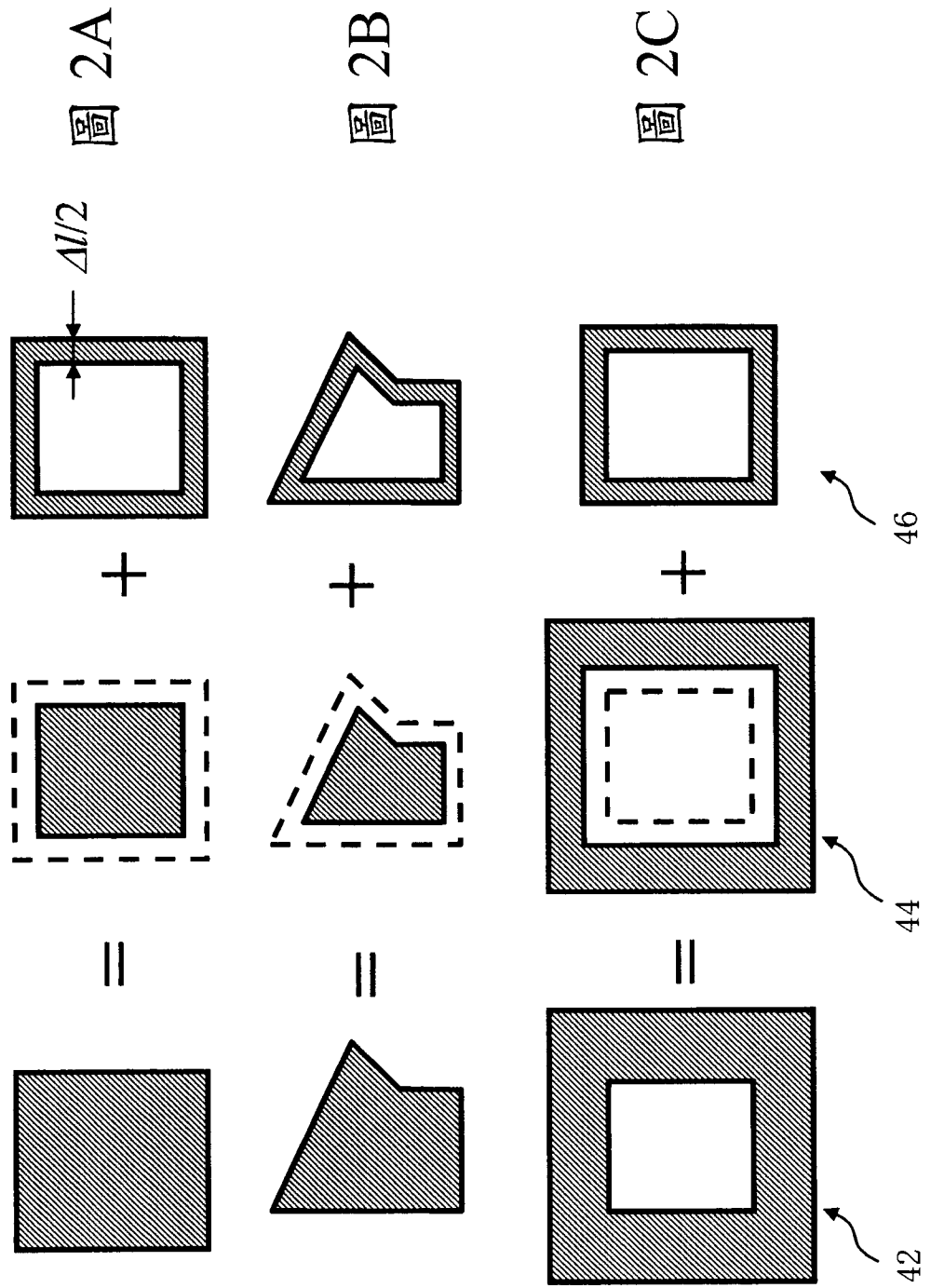
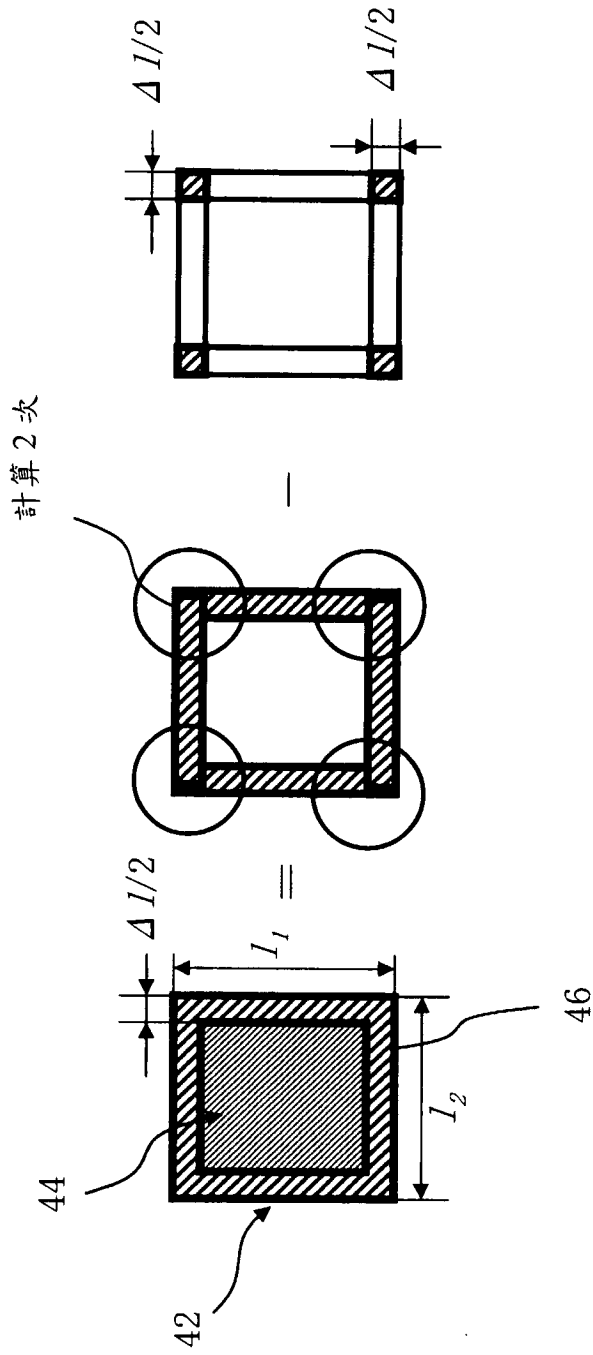


圖 1







差分圖形之面積 = (邊之總和)  $\times \Delta l/2$  = 多重面積

$$= (2 l_1 + 2 l_2) \times \Delta l/2 = (4 \times (\Delta l/2)^2)$$

圖 3

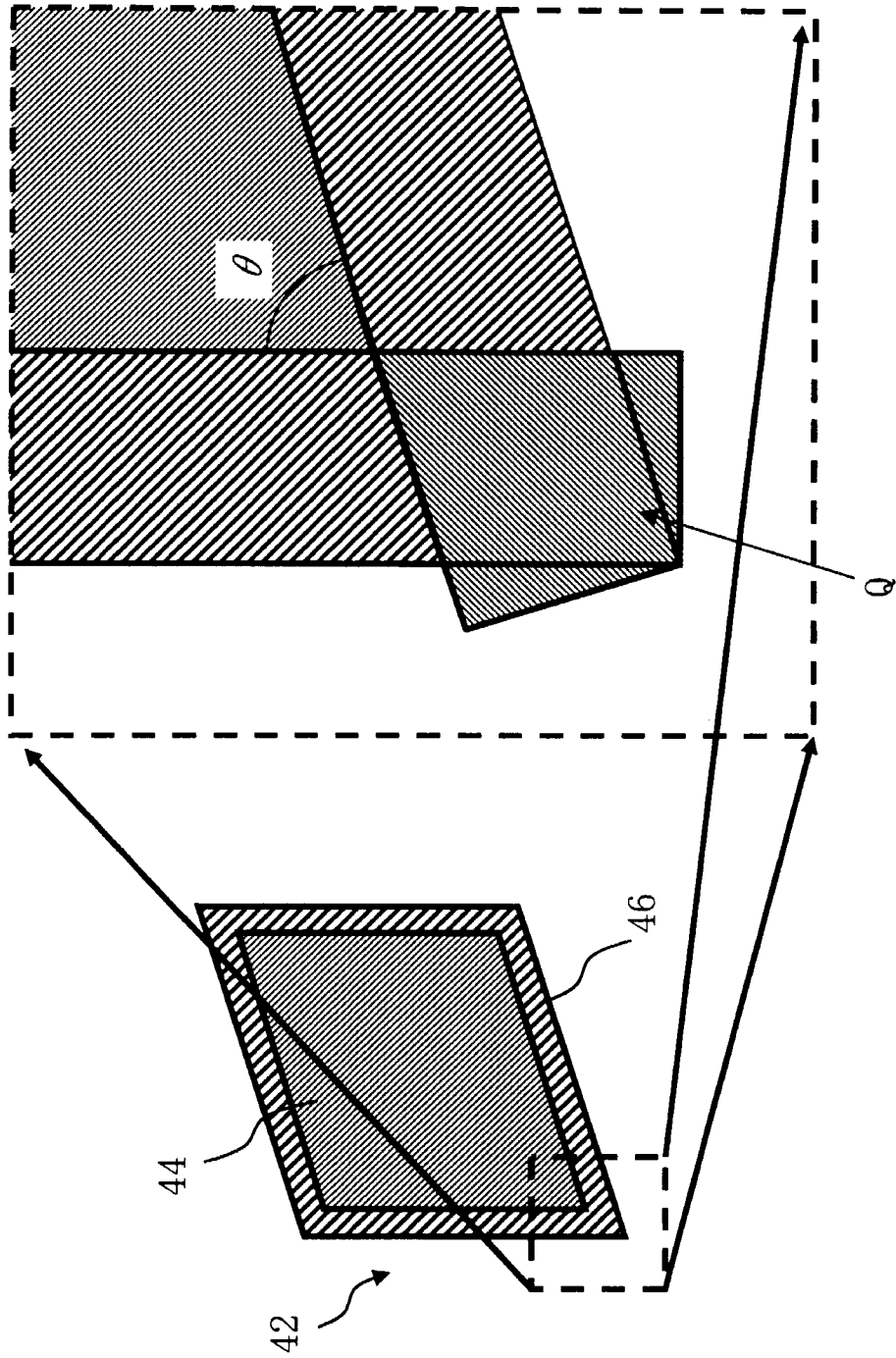


圖 4

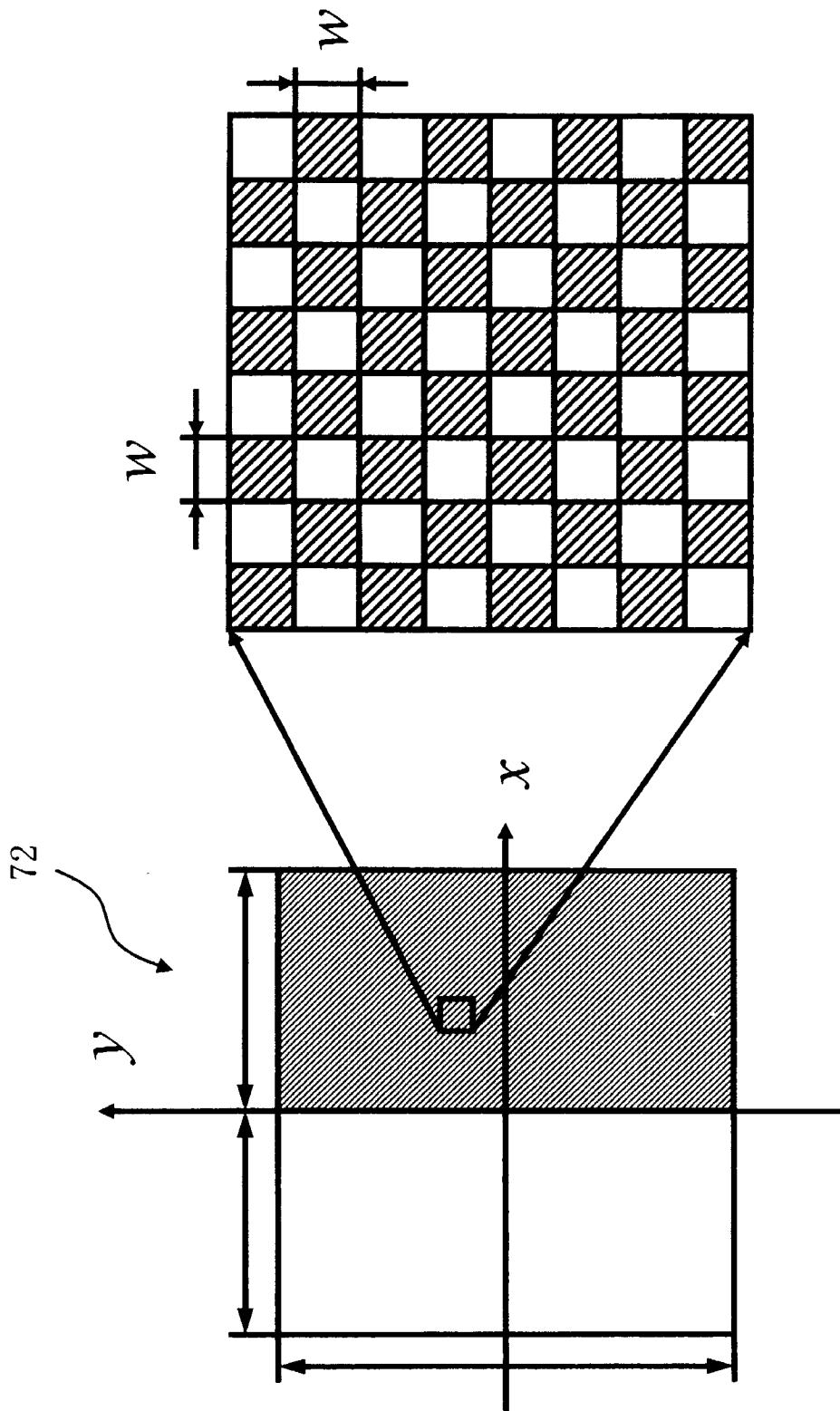
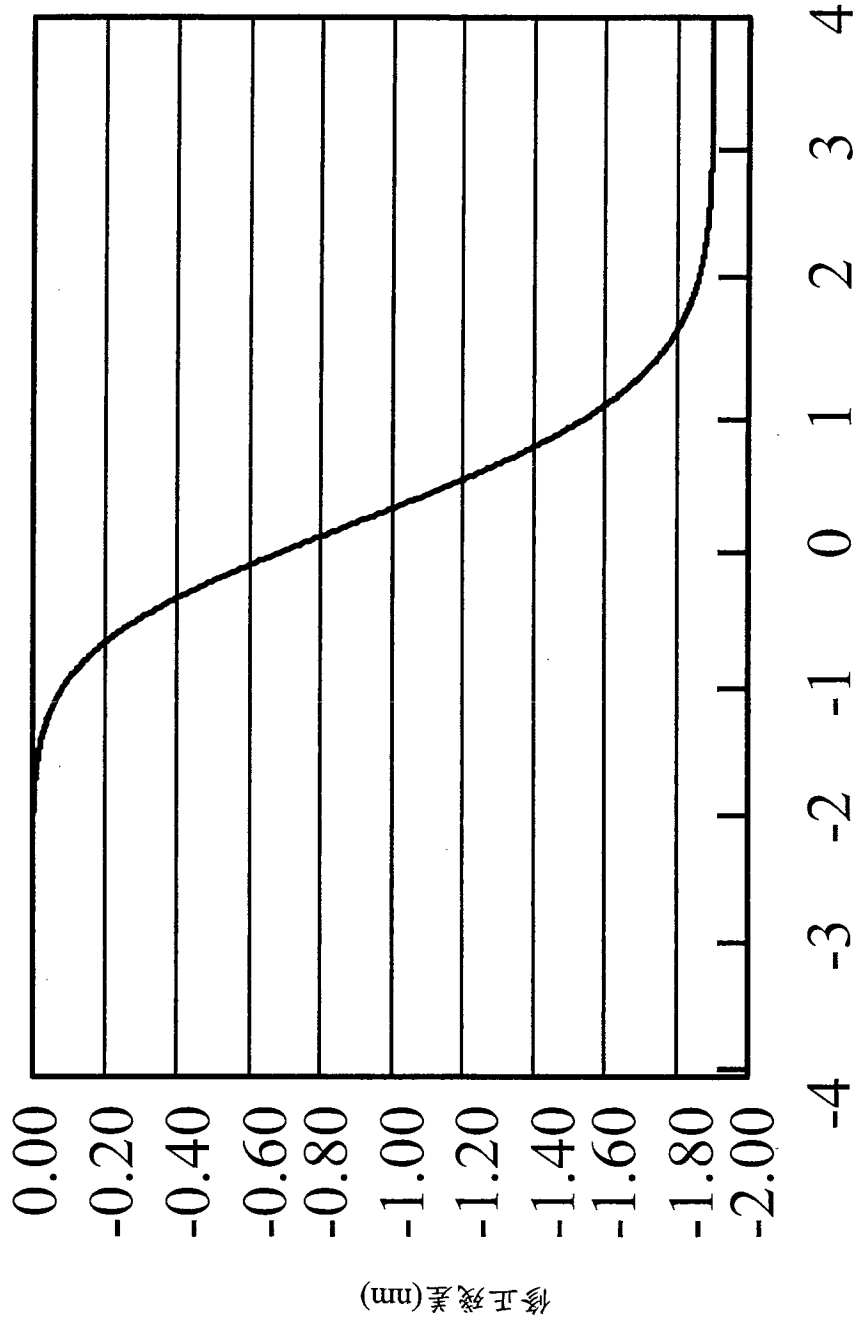
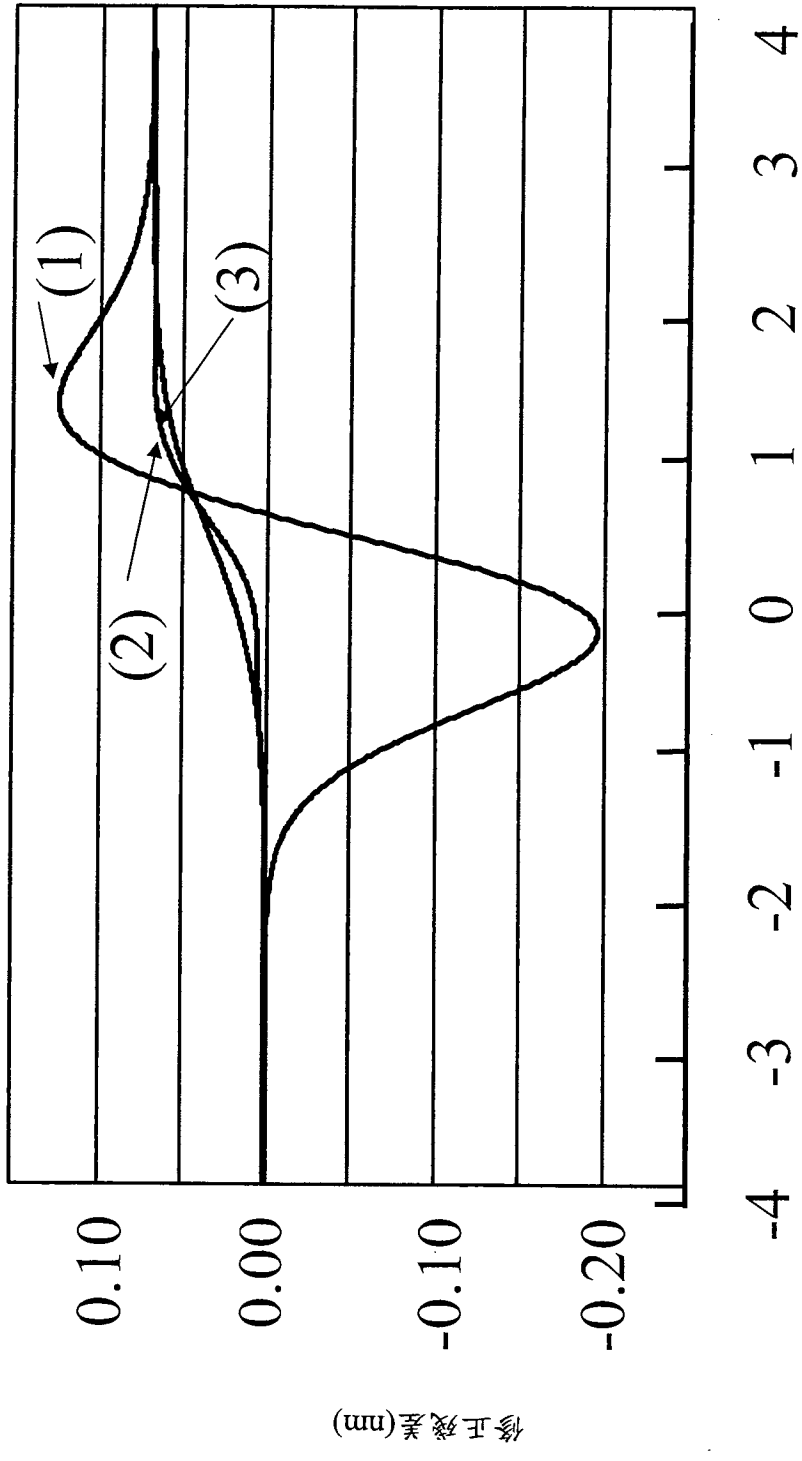


圖 5



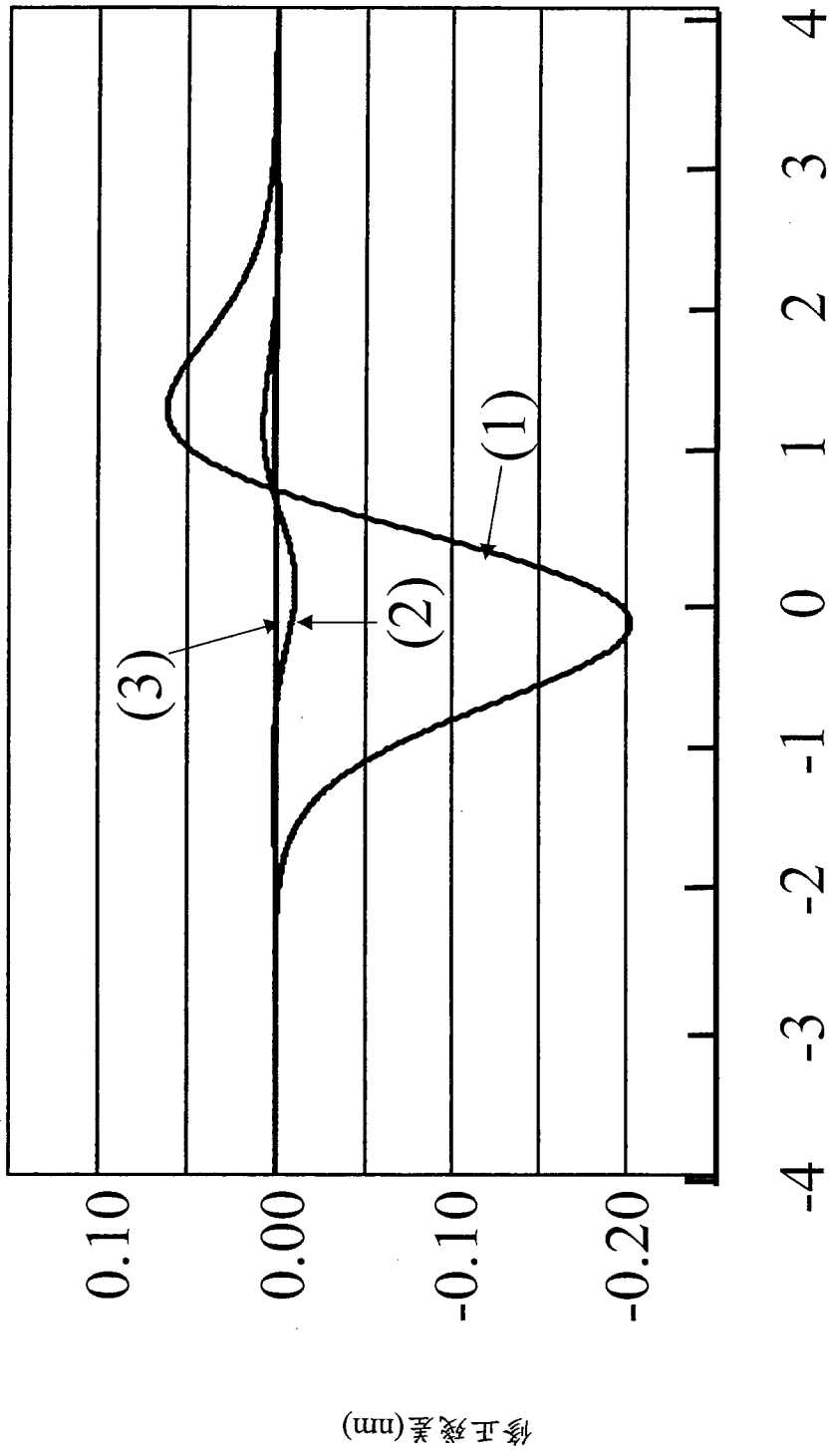
$x/\sigma_L$

圖6



$x/\sigma_L$

圖7



$x/\sigma_L$

圖8

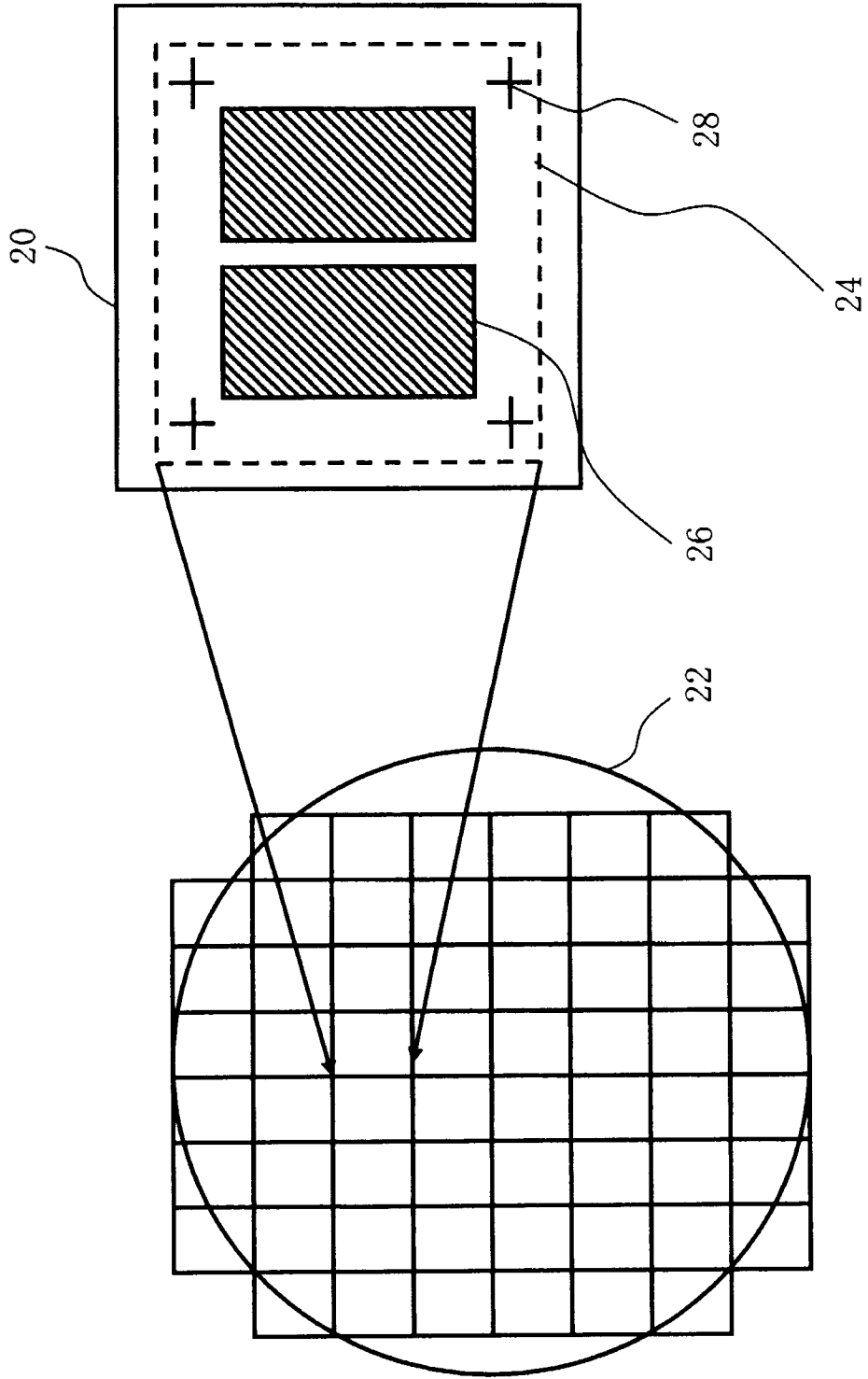


圖 9

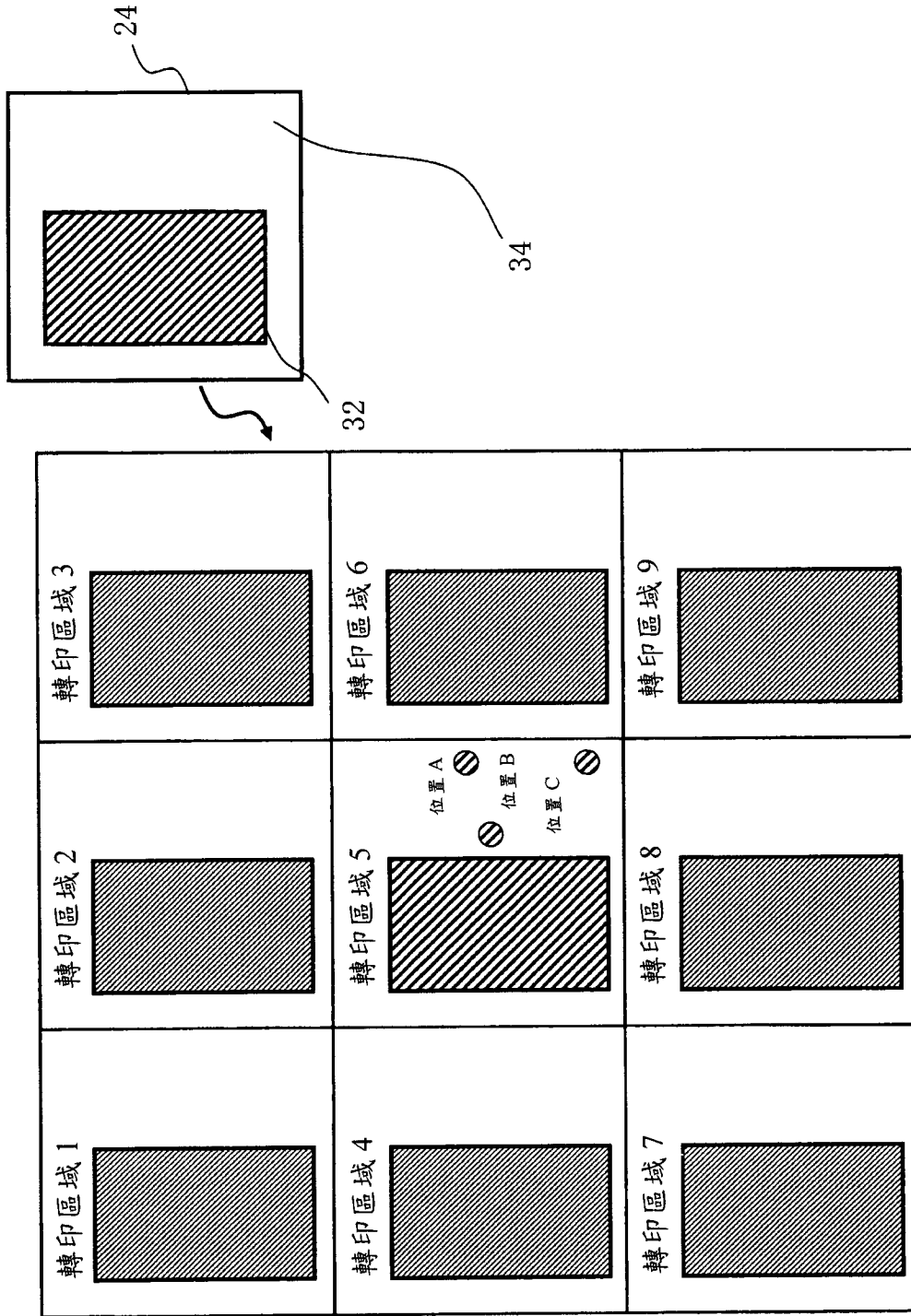


圖 10



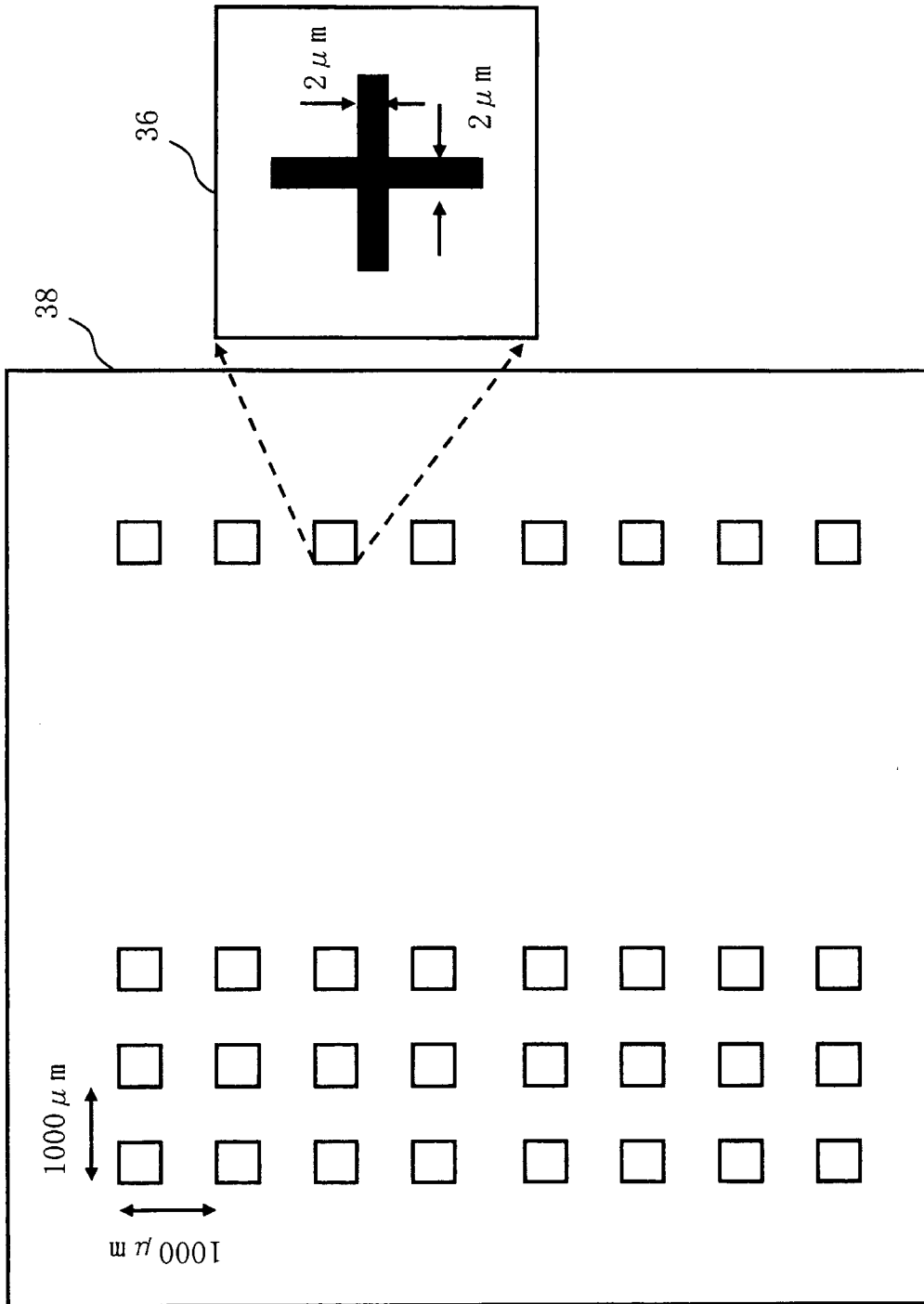


圖 11

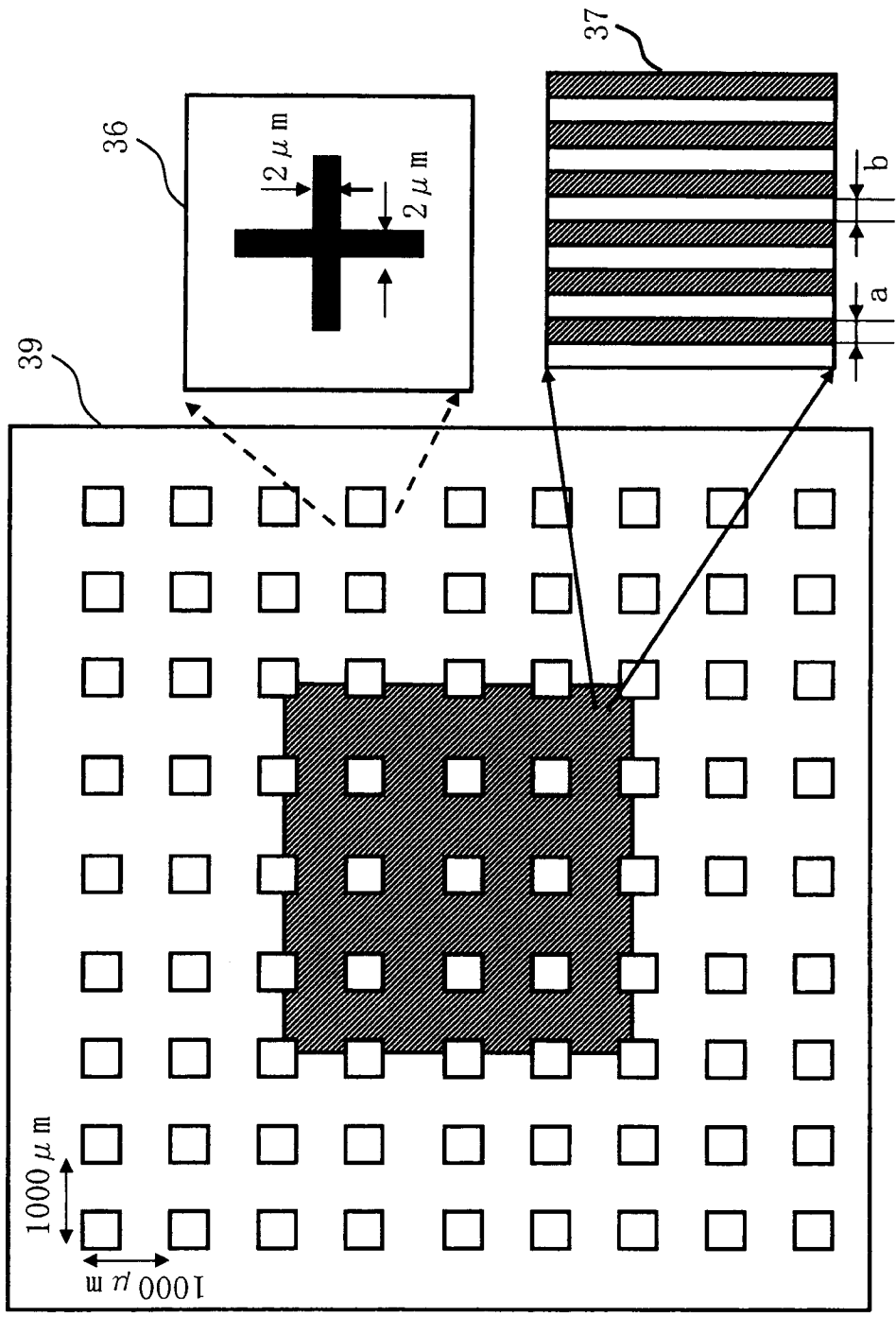


圖 12

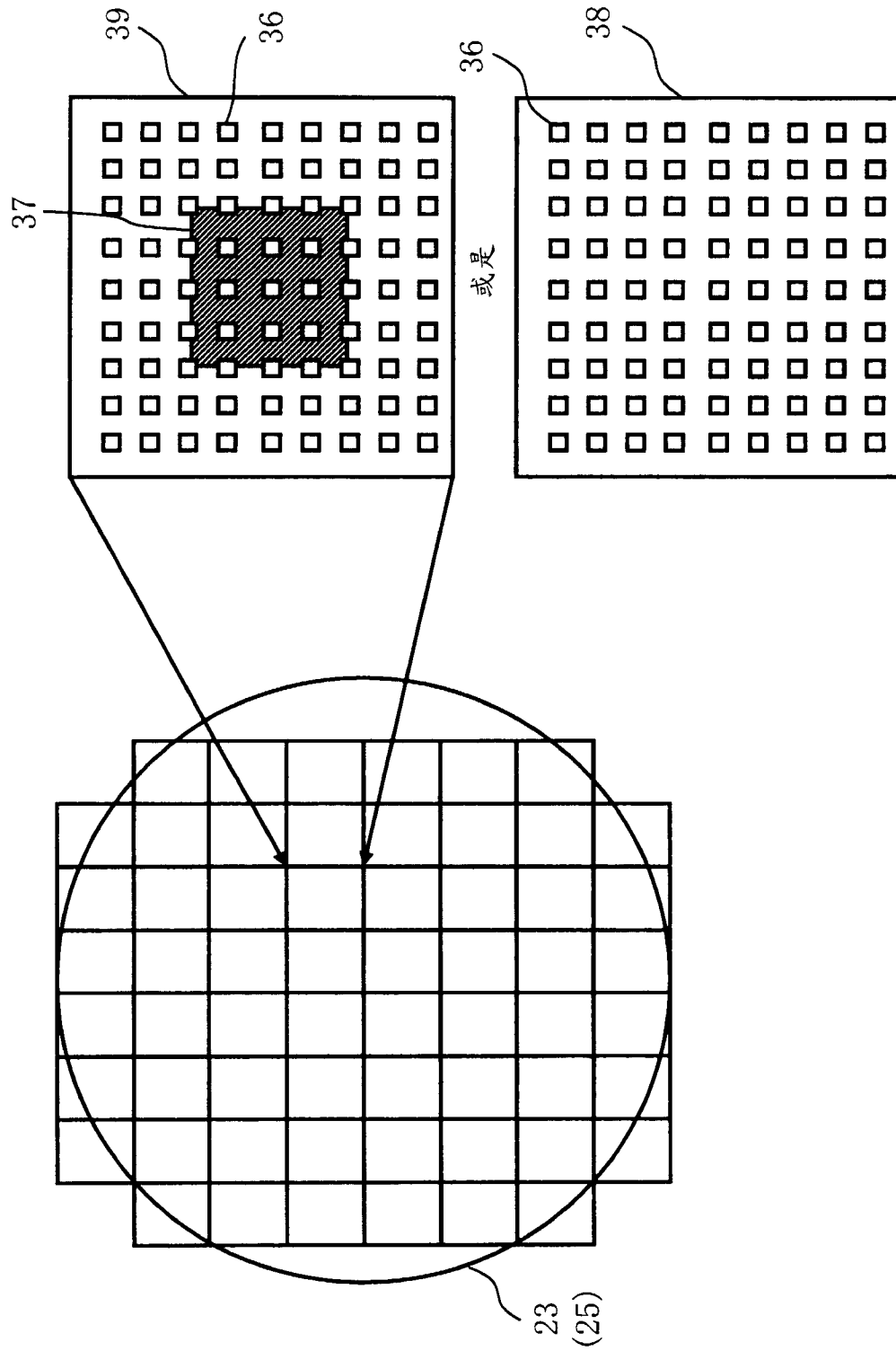
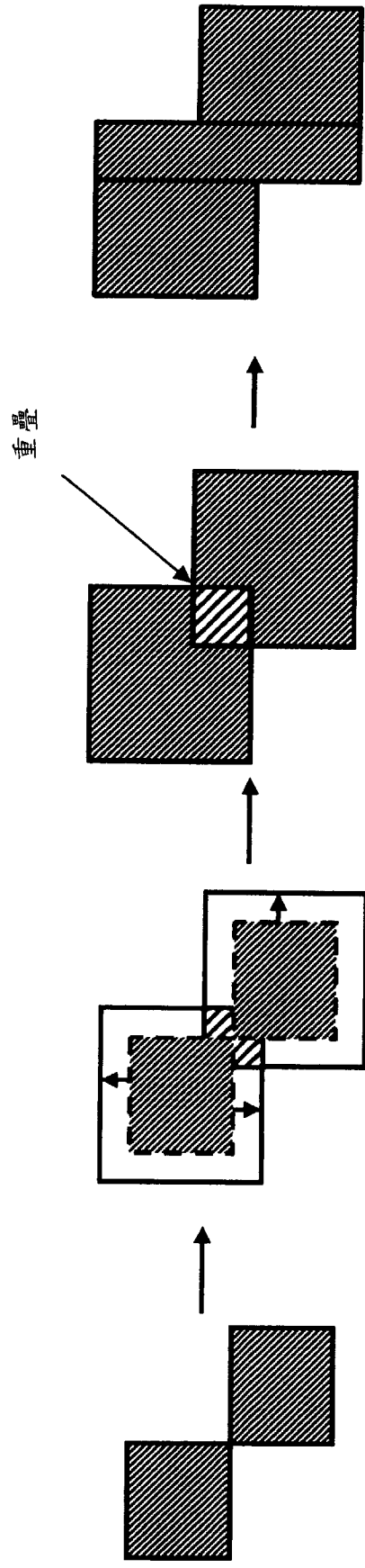


圖 13



除去重疊

每個圖案之  
尺寸修正

圖 14A

圖 14B

圖 14C

圖 14D

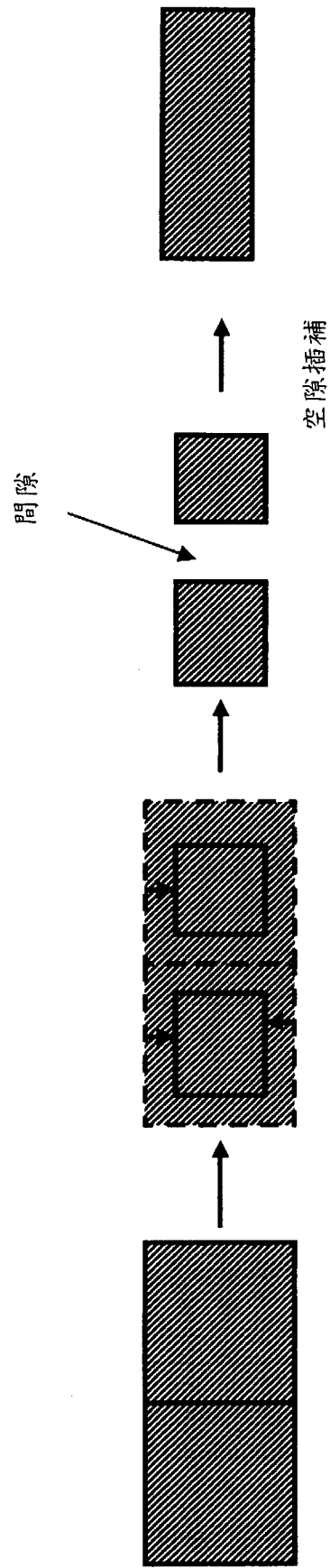


圖 15A

圖 15B

圖 15C

圖 15D

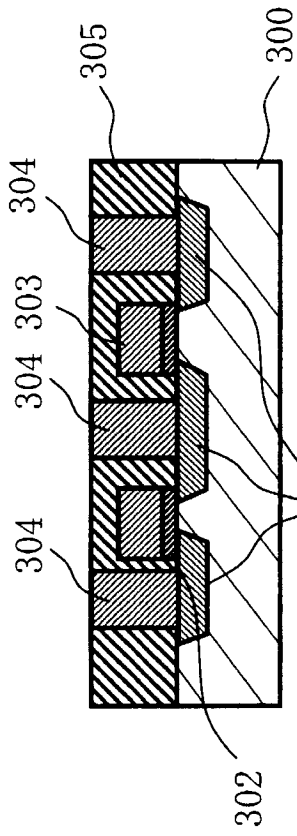


圖 16A

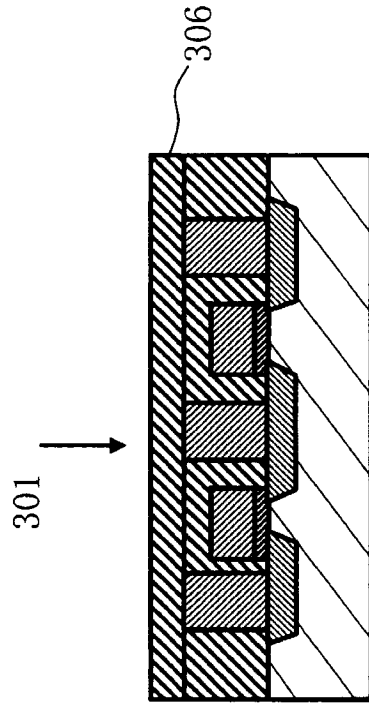


圖 16B

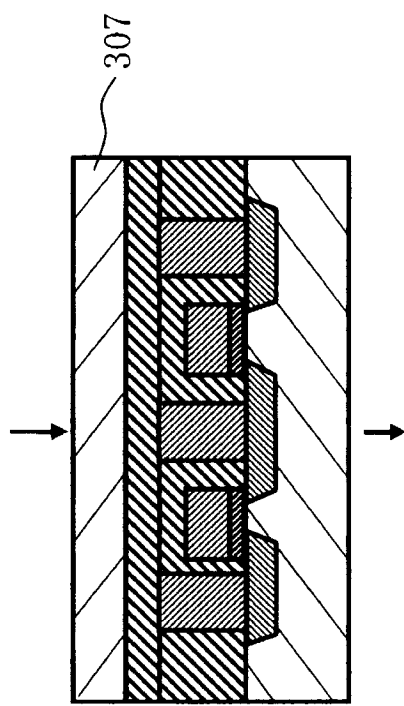


圖 16C

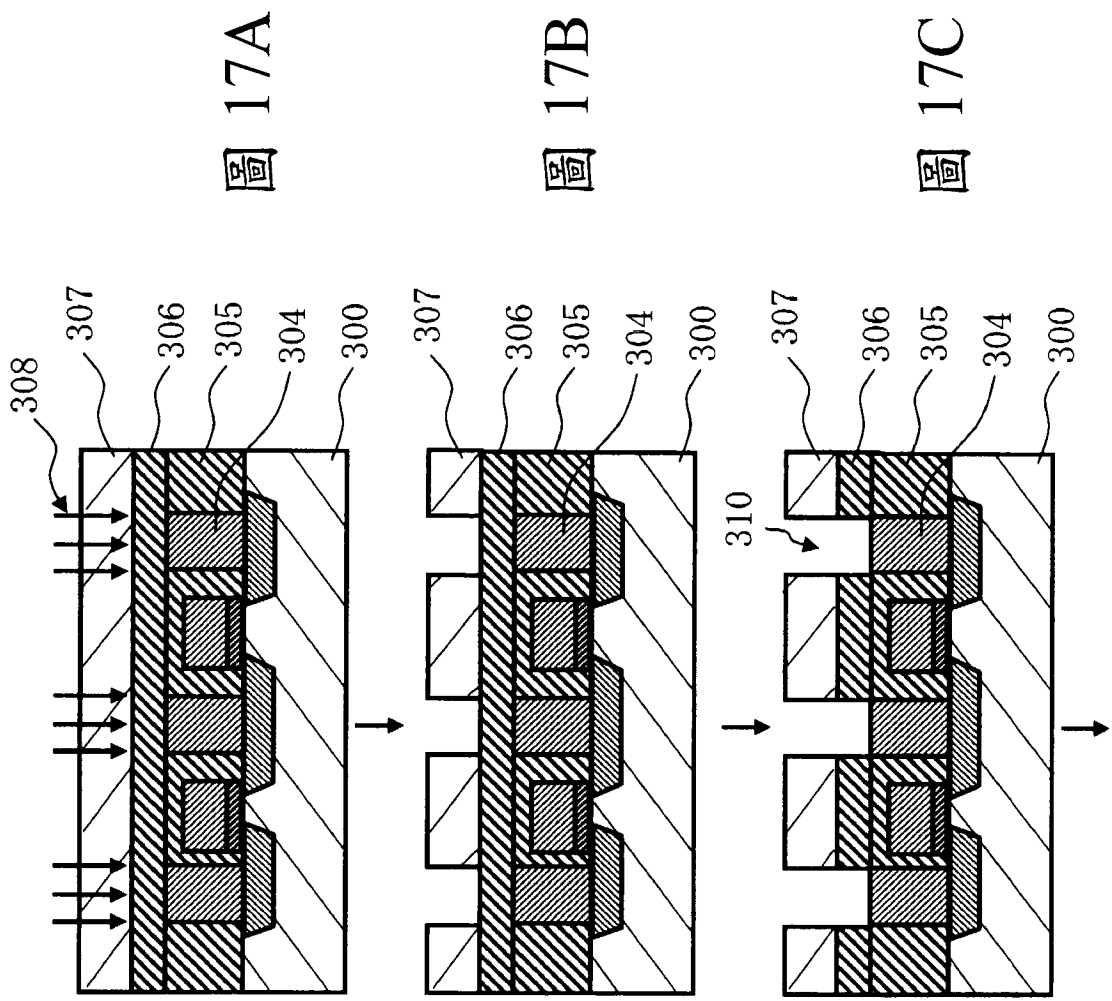


圖 17A

圖 17B

圖 17C

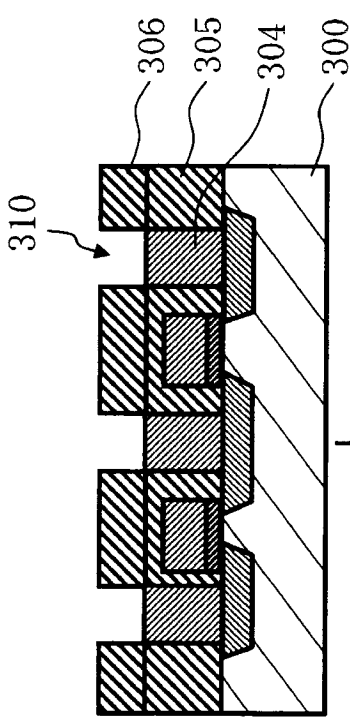


圖 18A

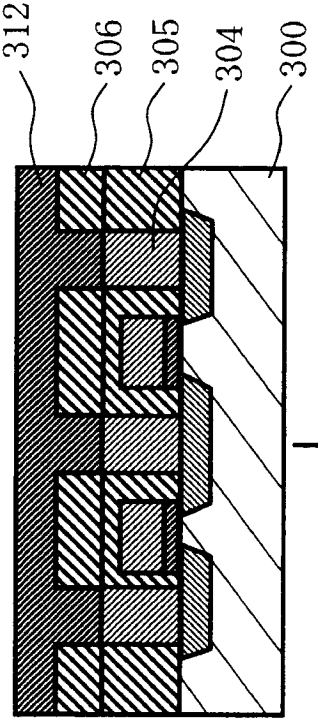


圖 18B

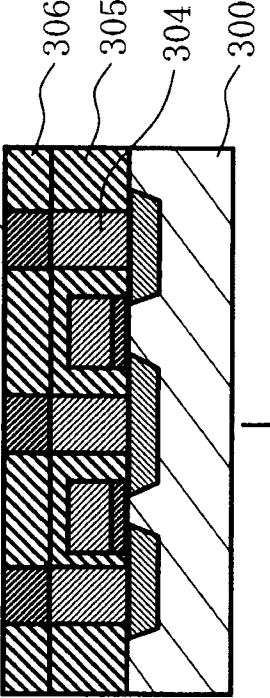


圖 18C

向次一層



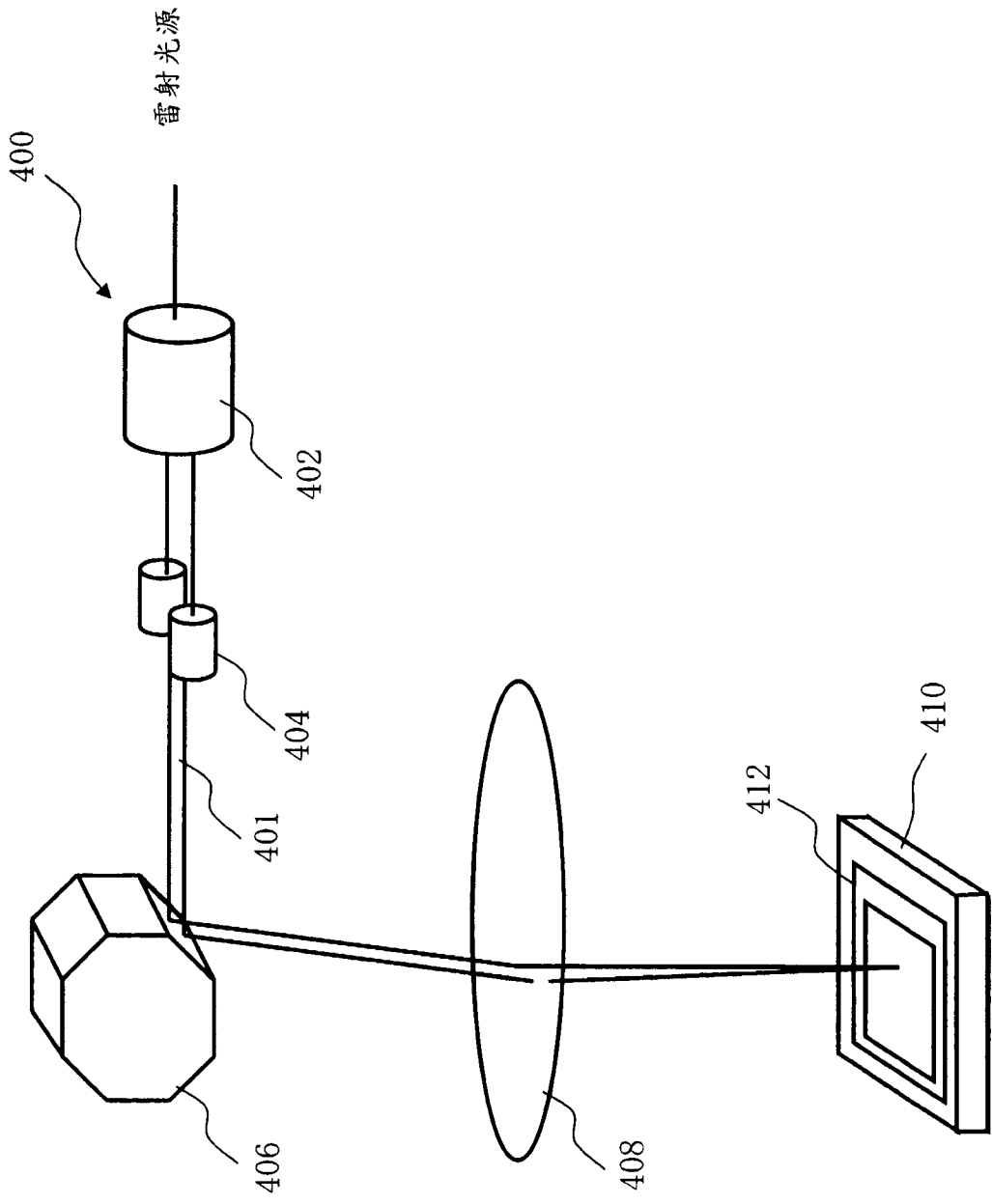


圖 19

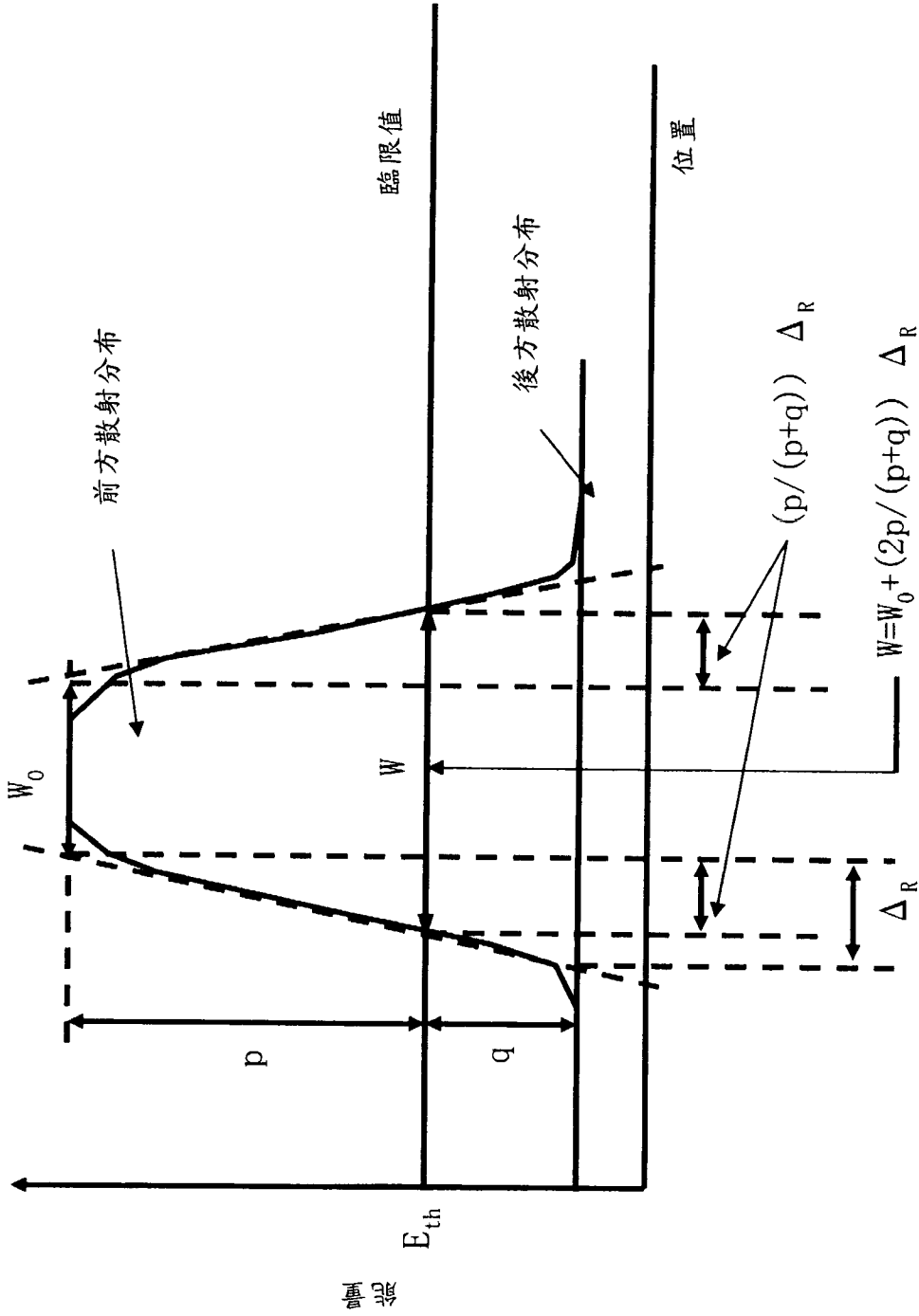


圖 20

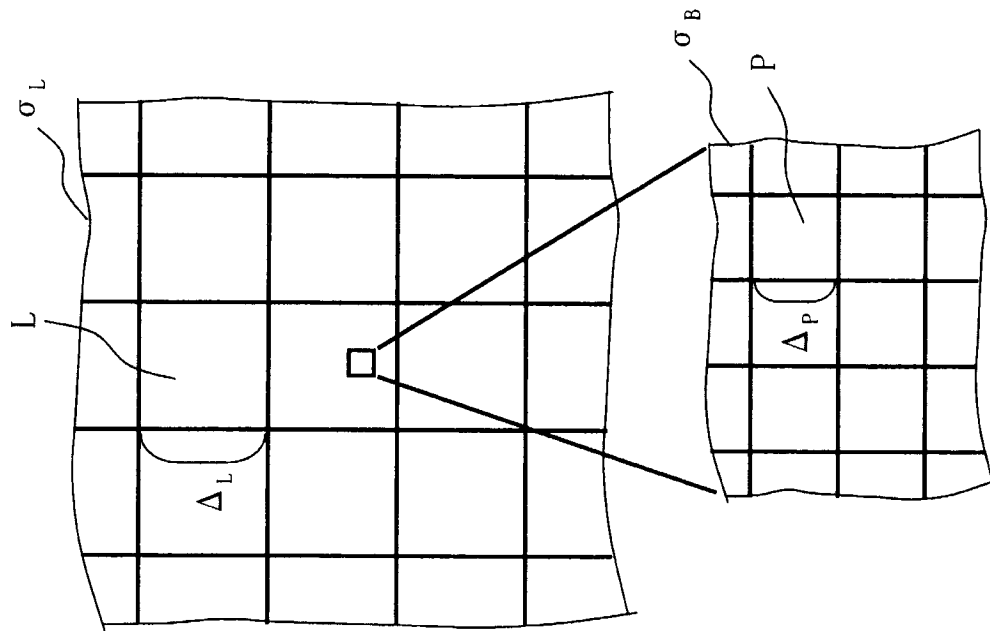


圖 21

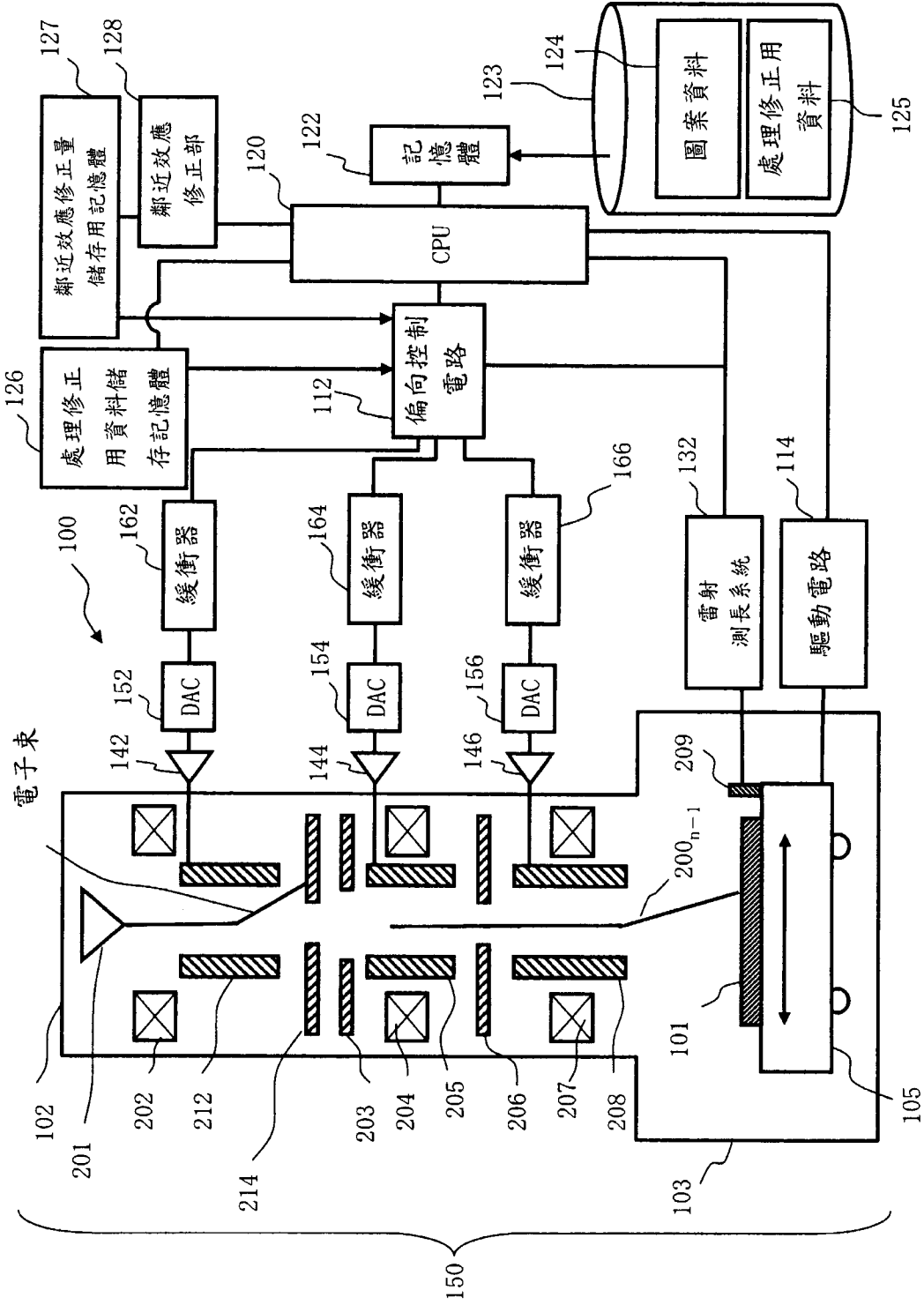


圖 22

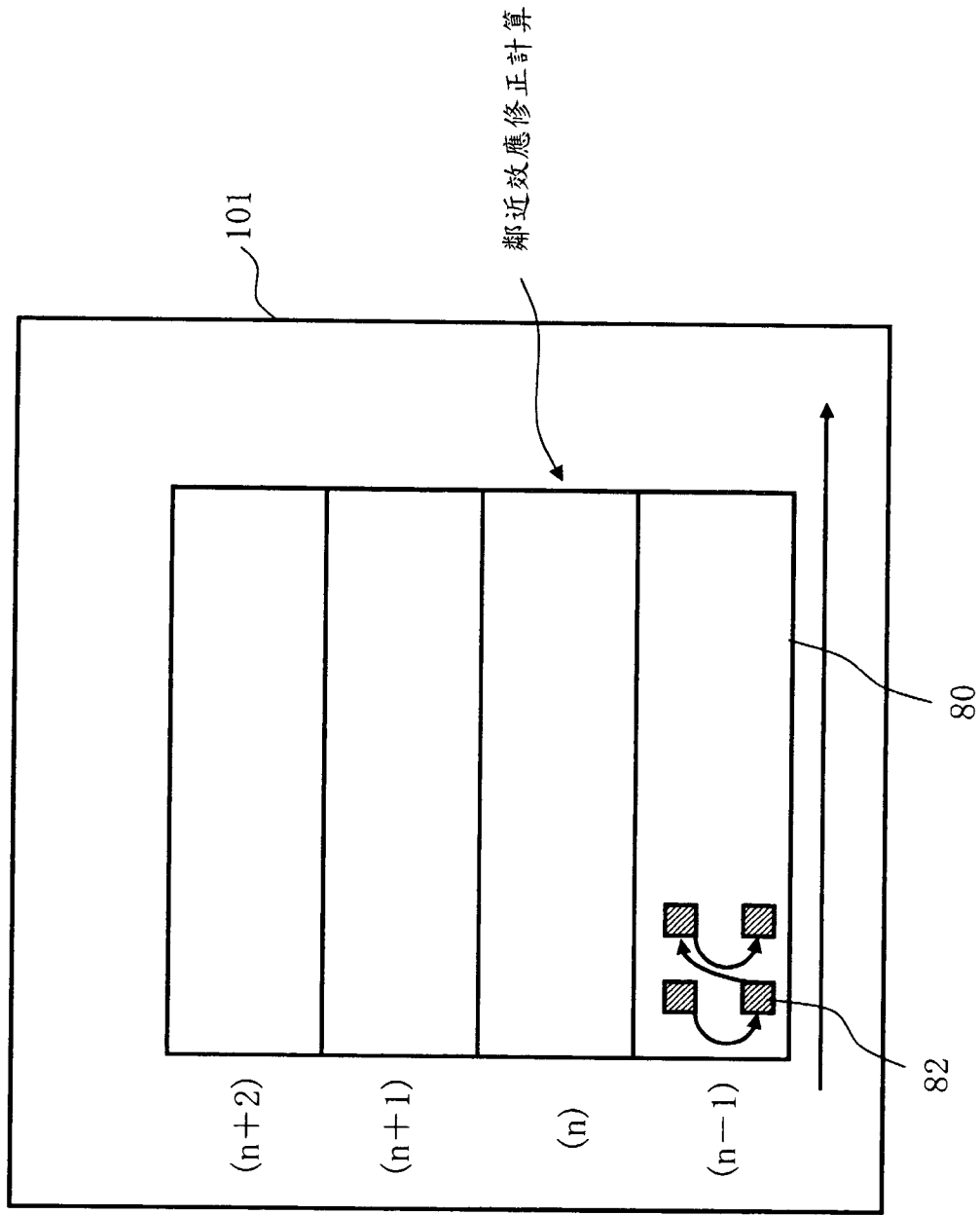


圖 23

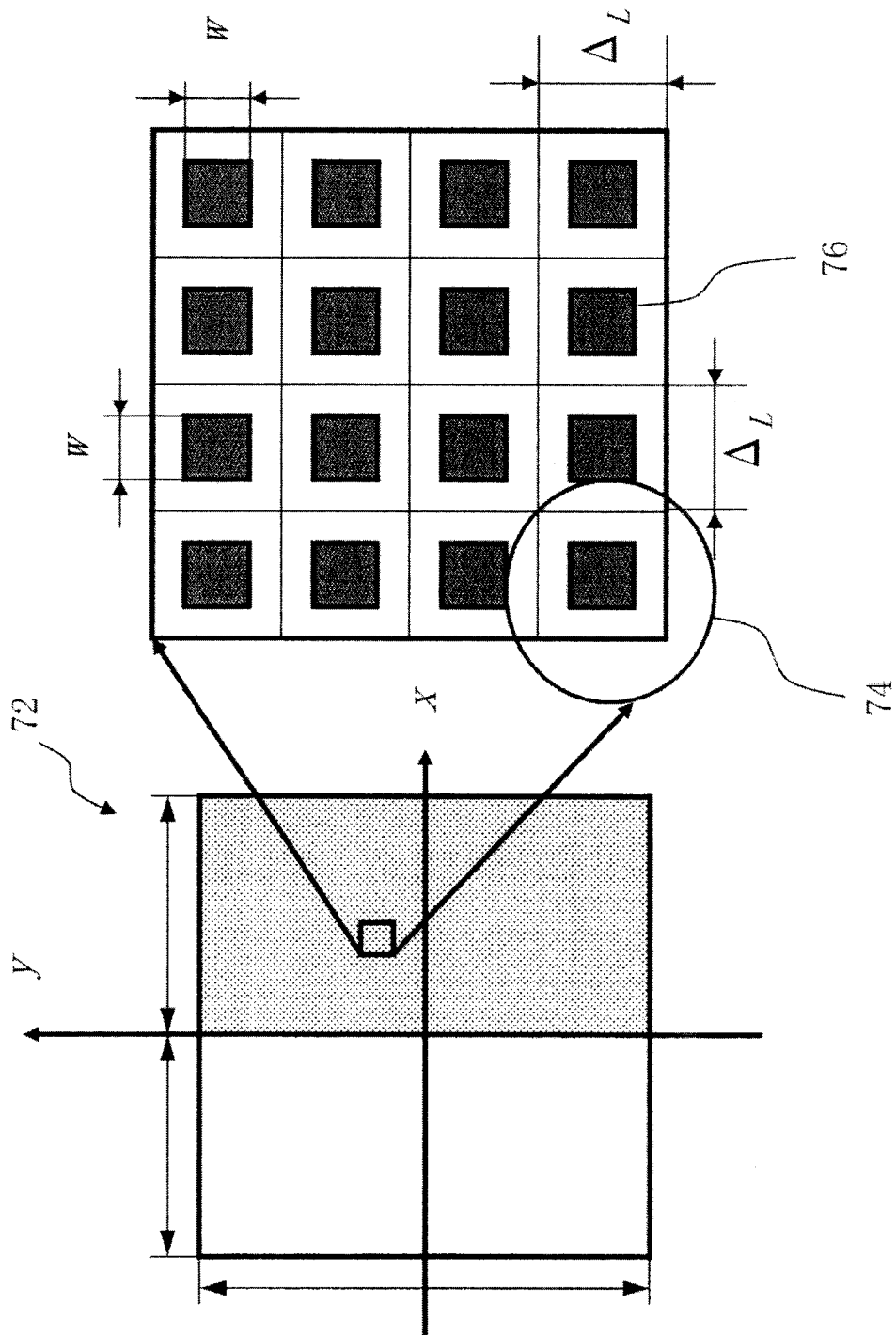


圖 24

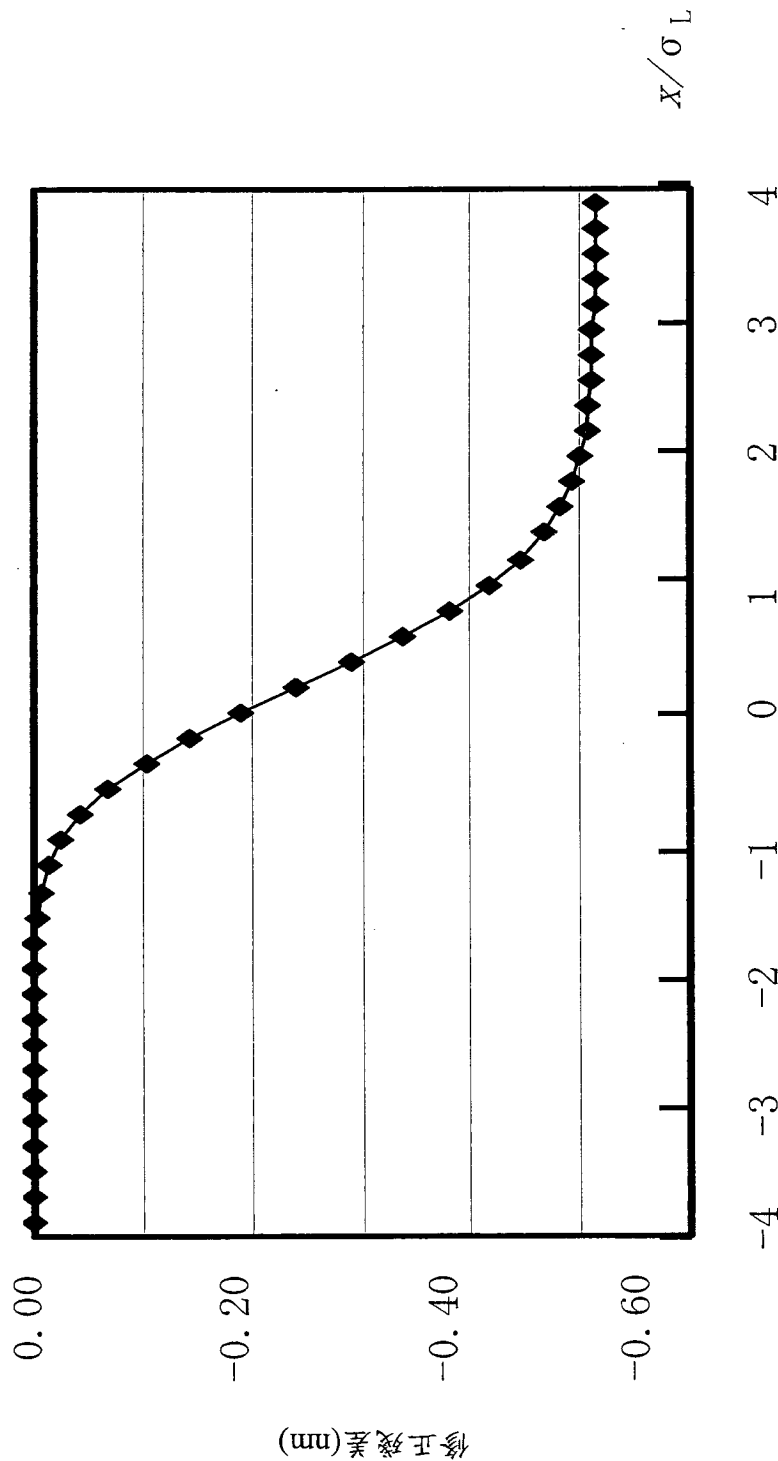


圖25

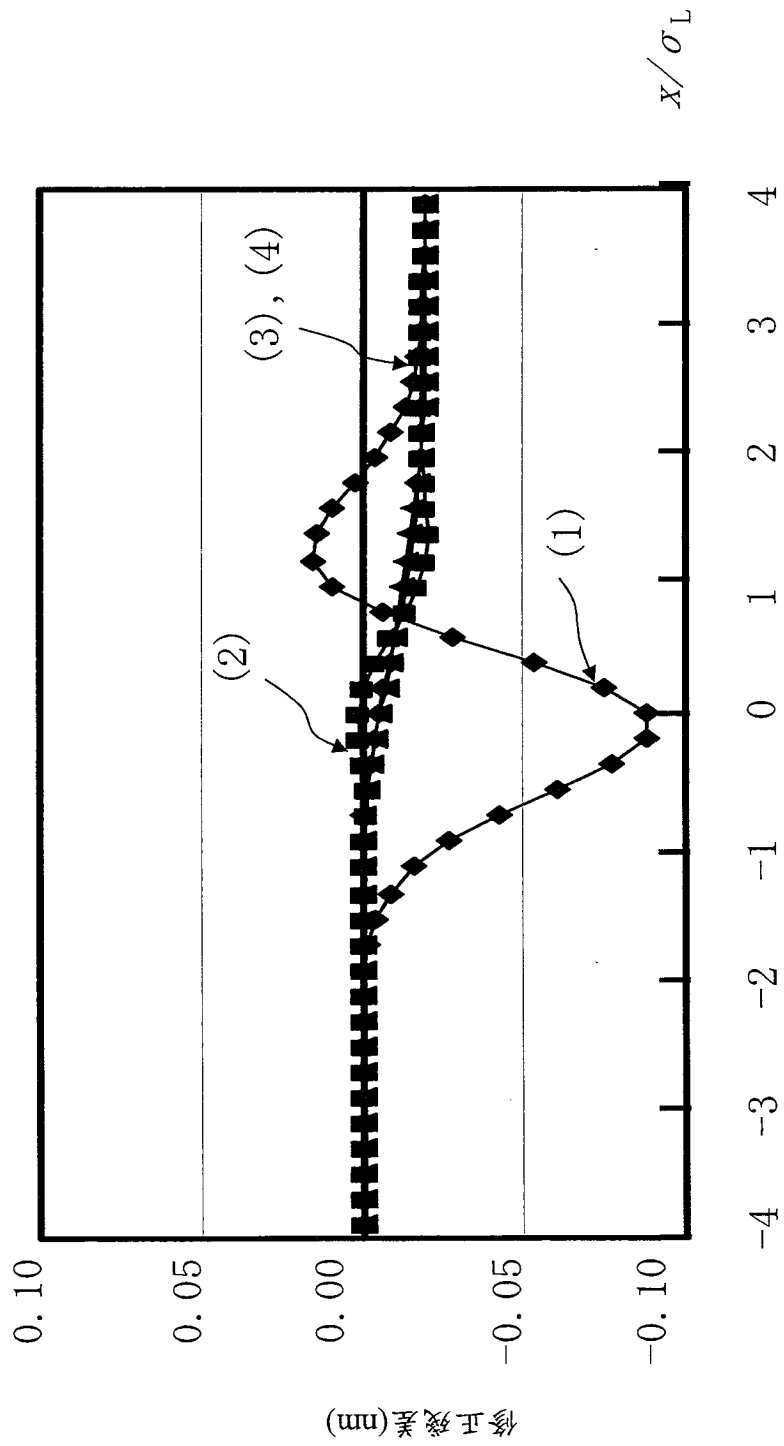


圖26



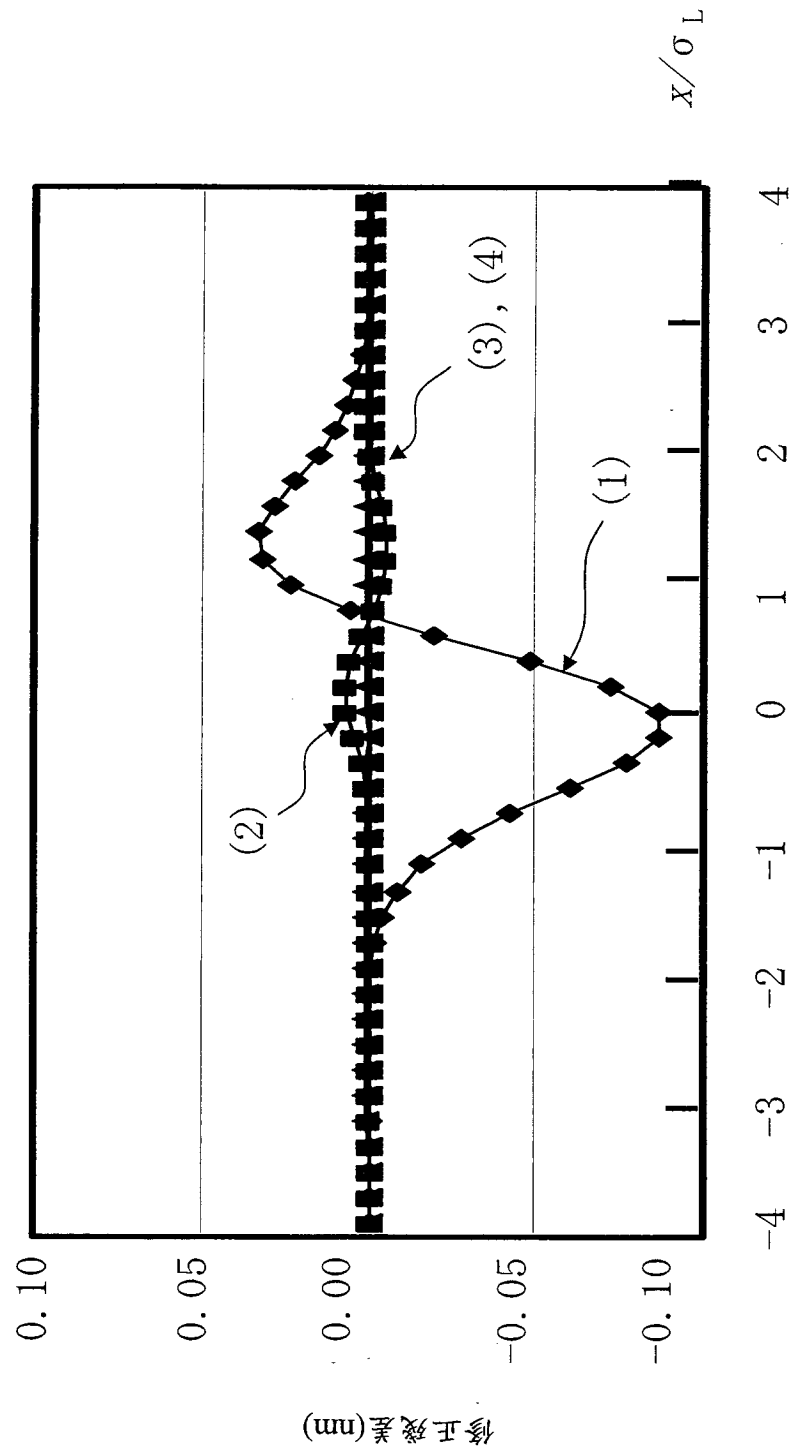


圖27

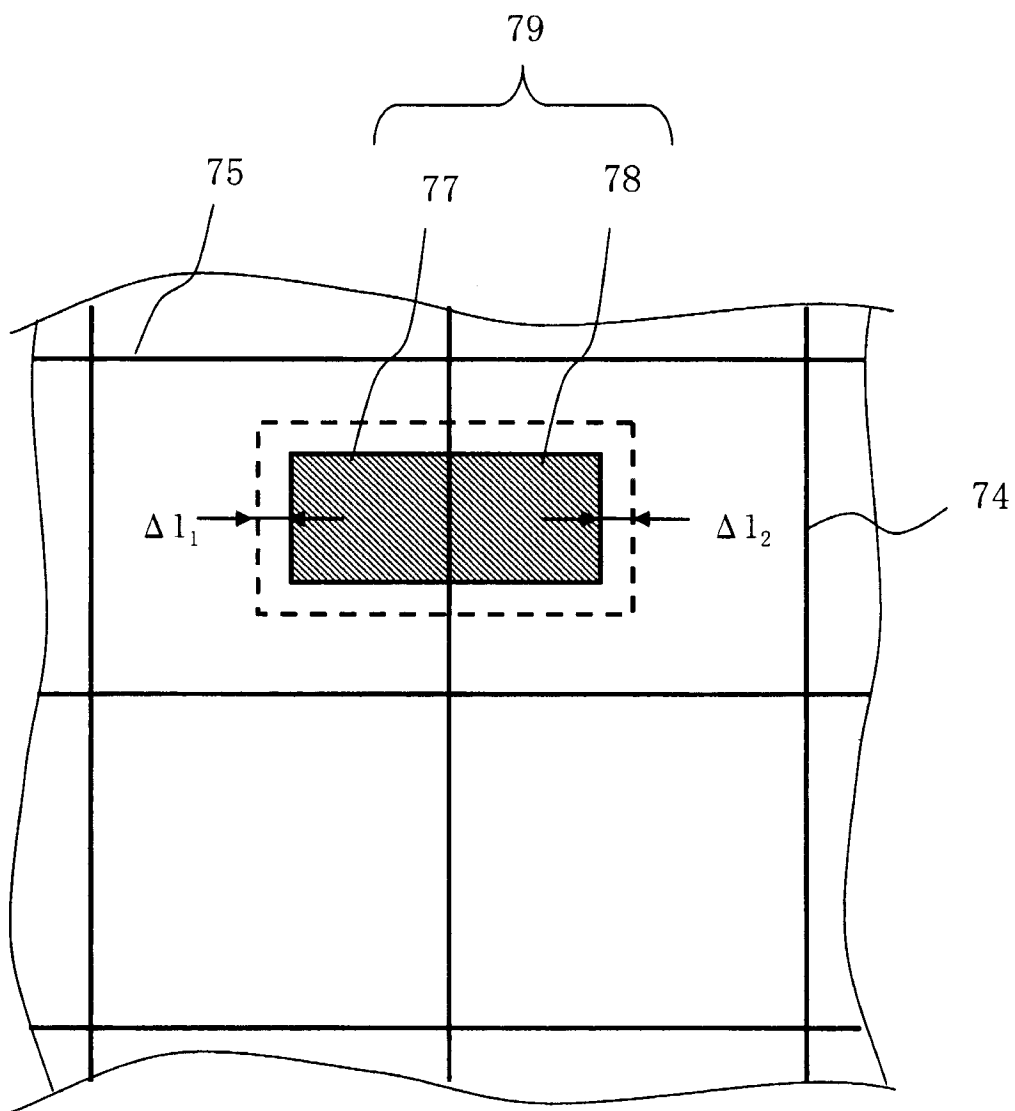


圖 28

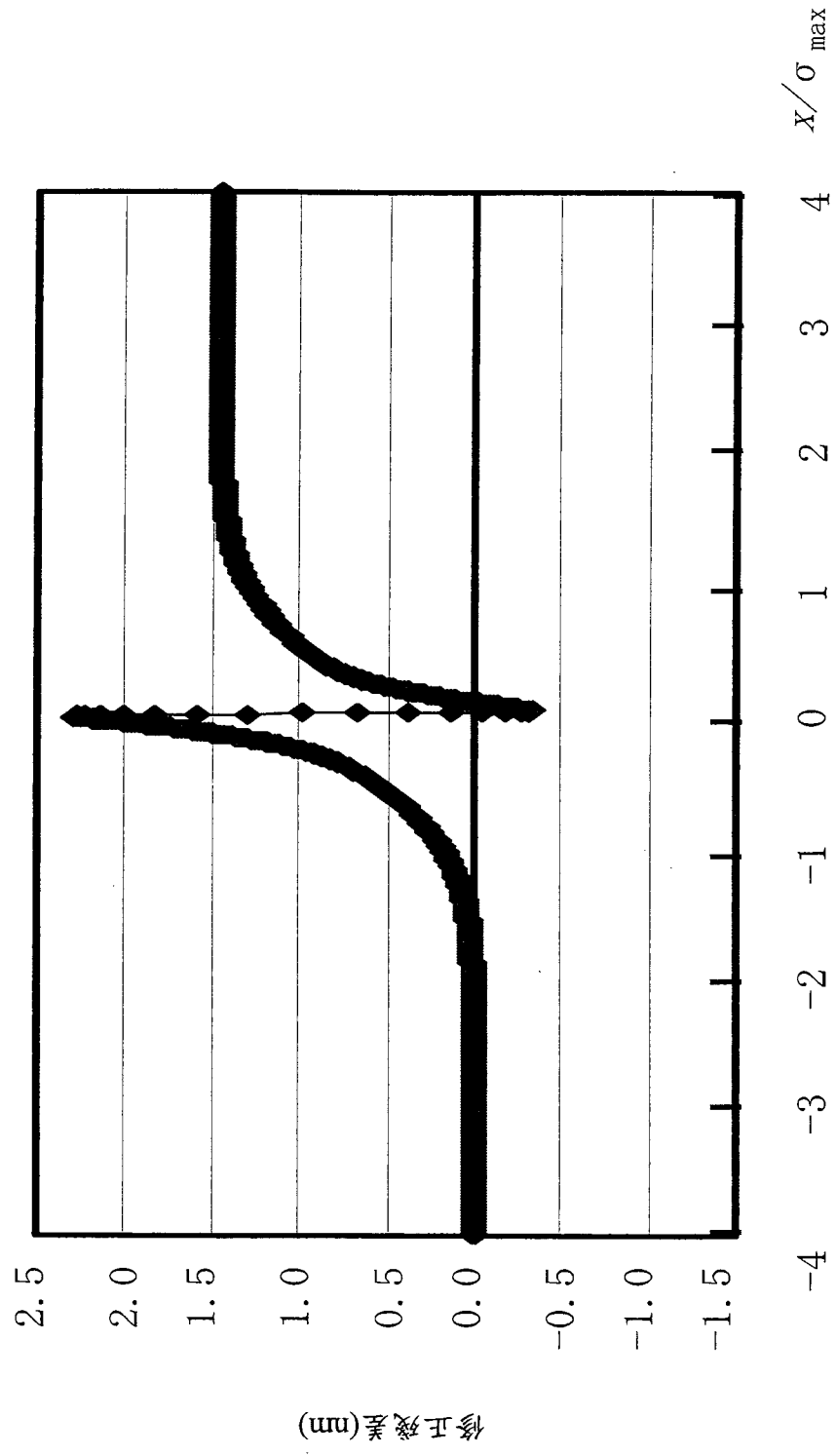


圖 29

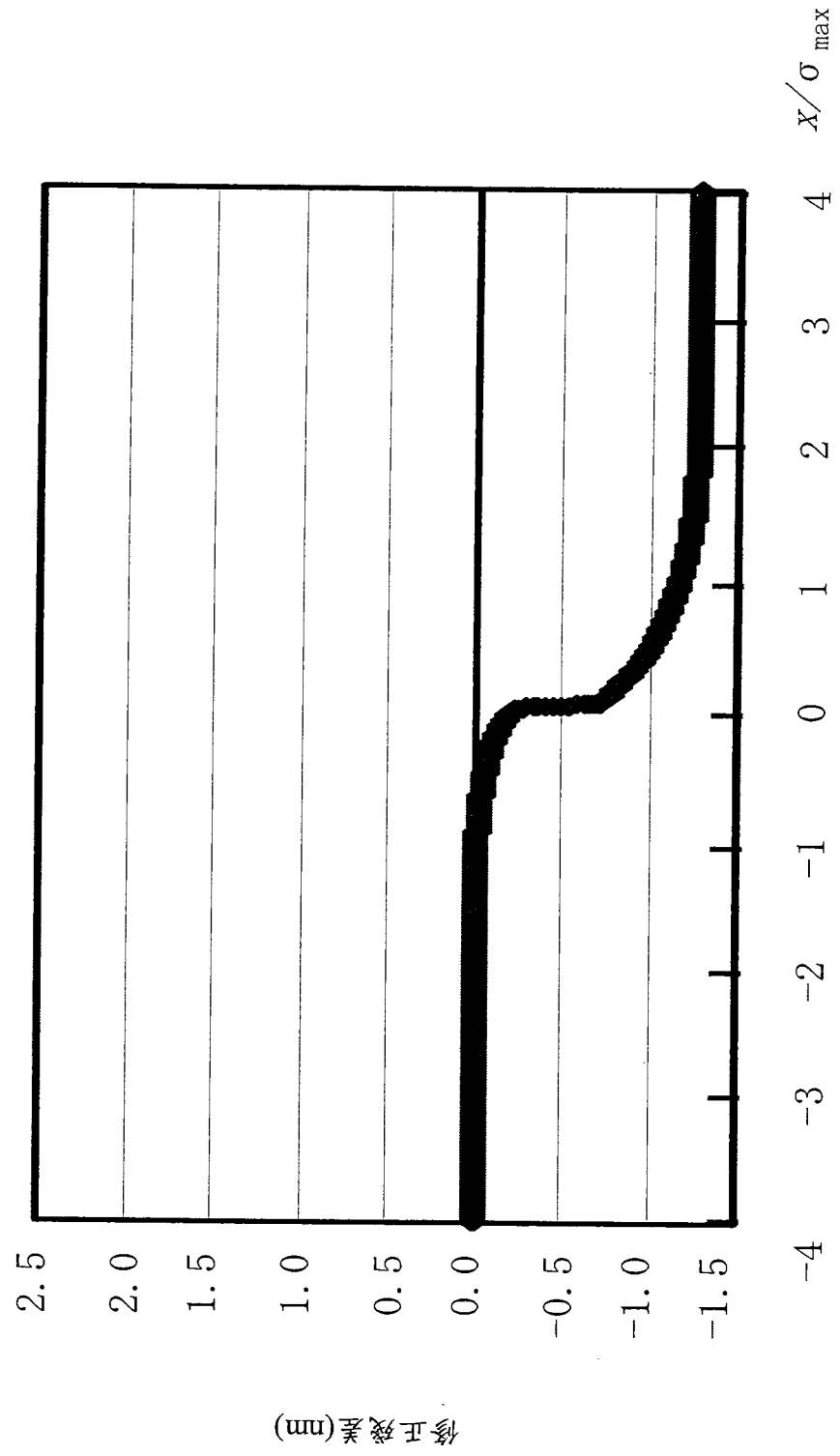


圖30



圖31

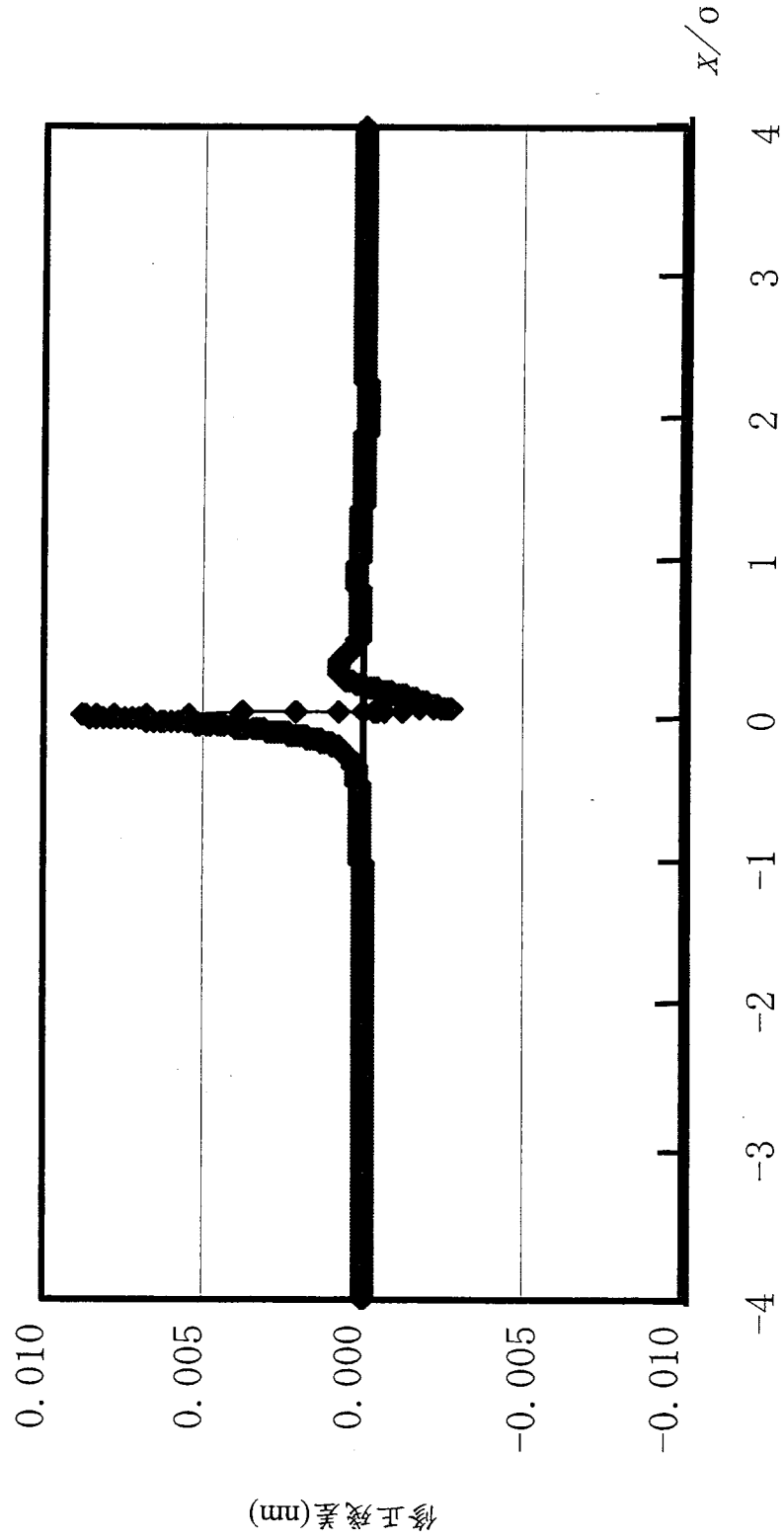


圖32

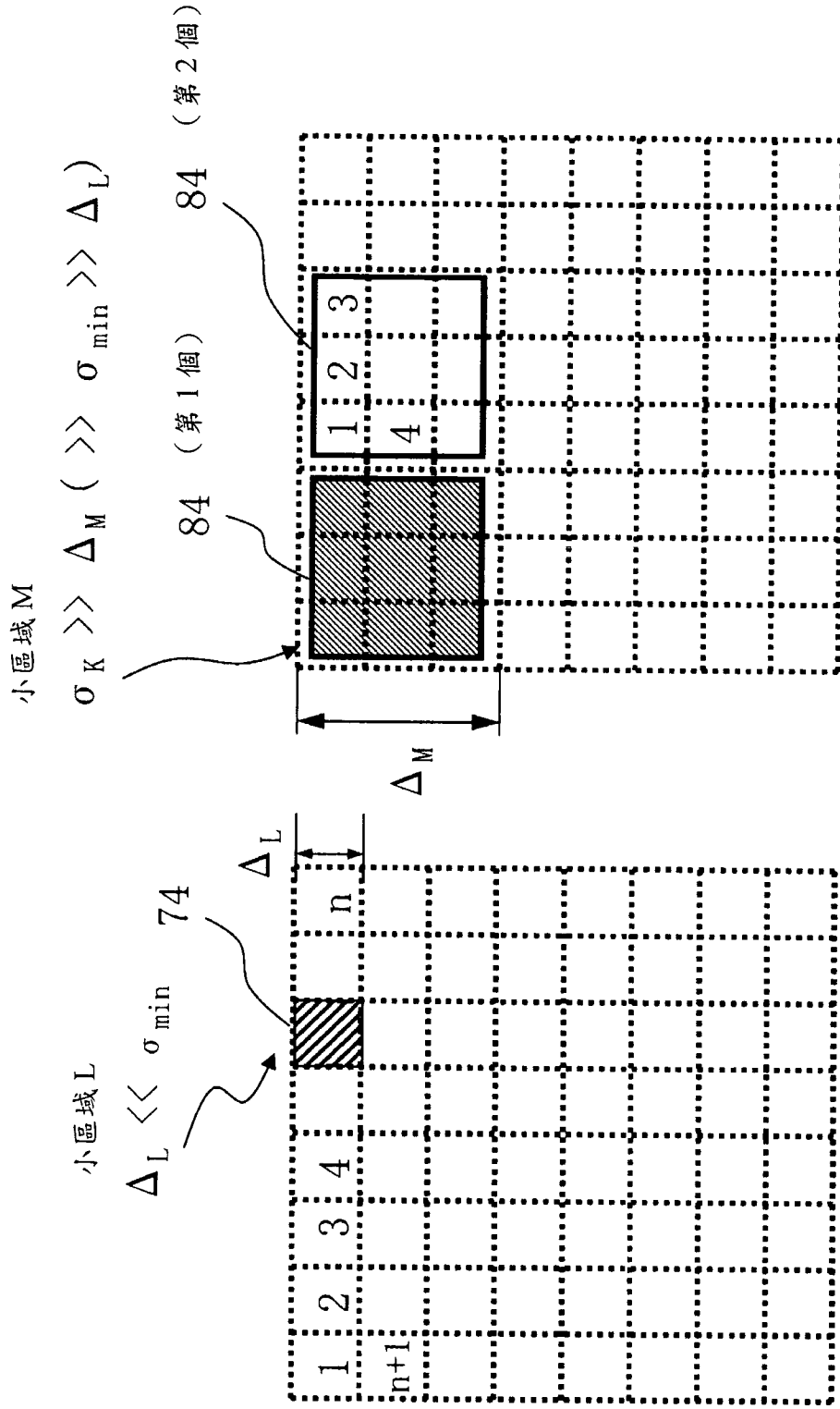


圖 33A

圖 33B

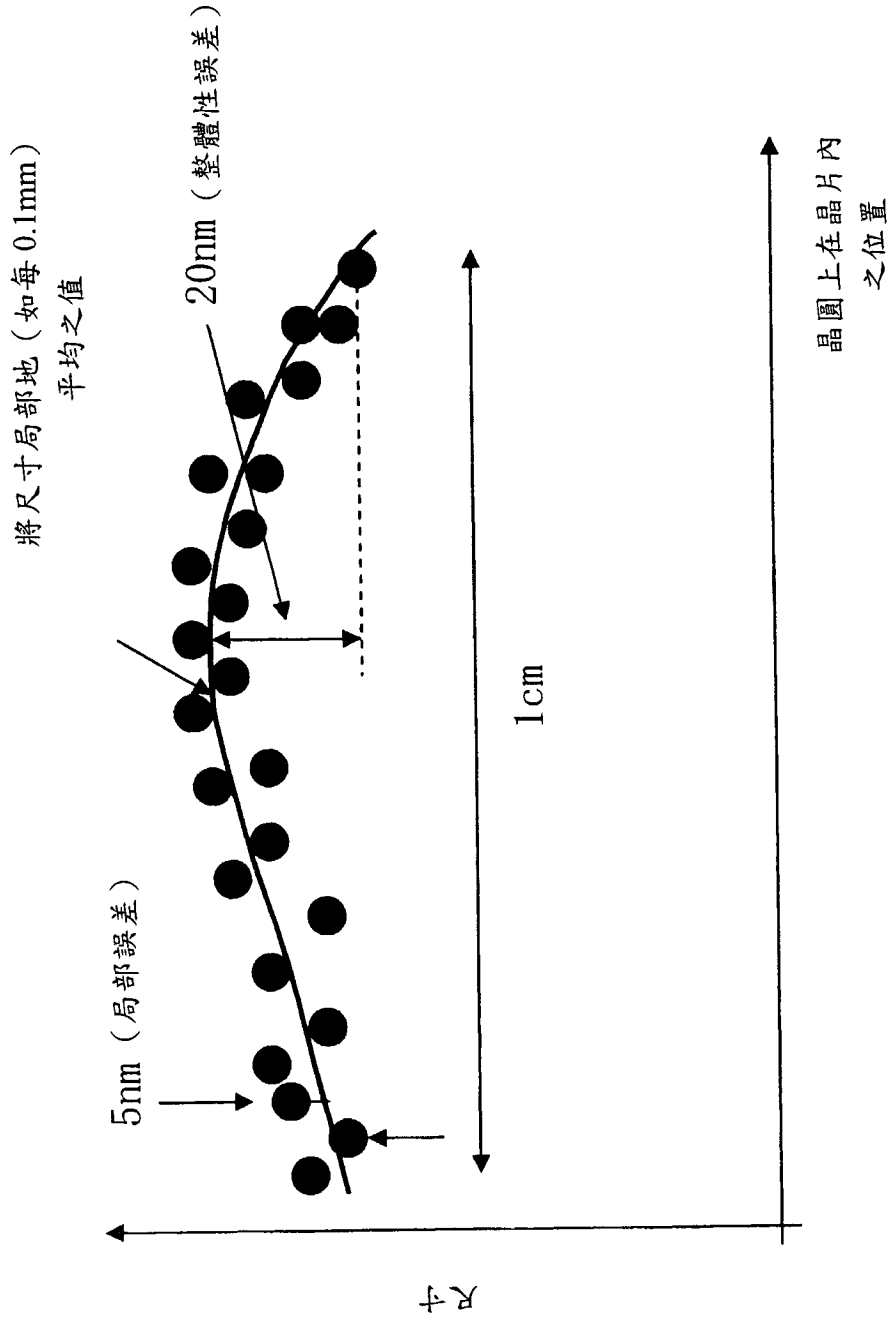


圖 34



**七、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

(無元件符號說明)

**八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

(無)