

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97137749

※申請日期：97年10月01日

※IPC分類：

G03F 7/20 (2006.01)

G03B 27/42 (2006.01)

H01L 21/27 (2006.01)

G06F 9/44 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 計算方法、產生方法、程式、曝光方法及遮罩製造方法

(英) Calculation method, generation method, program, exposure method, and mask fabrication method

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 佳能股份有限公司

(英) CANON KABUSHIKI KAISHA

代表人：(中) 1. 內田 恒二

(英) 1. UCHIDA, TSUNEJI

地址：(中) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號

(英) 30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 山添 賢治

(英) YAMAZOE, KENJI

國籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2007/10/03 ; 2007-260360 ☒ 有主張優先權

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97137749

※申請日期：97年10月01日

※IPC分類：

G03F 7/20 (2006.01)

G03B 27/42 (2006.01)

H01L 21/27 (2006.01)

G06F 9/00 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 計算方法、產生方法、程式、曝光方法及遮罩製造方法

(英) Calculation method, generation method, program, exposure method,
and mask fabrication method

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 佳能股份有限公司

(英) CANON KABUSHIKI KAISHA

代表人：(中) 1. 內田 恒二

(英) 1. UCHIDA, TSUNEJI

地 址：(中) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號

(英) 30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 山添 賢治

(英) YAMAZOE, KENJI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2007/10/03 ; 2007-260360 ☒ 有主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明關於一種計算方法、產生方法、程式、曝光方法以及遮罩製造方法。

【先前技術】

藉由使用光微影術，採用經由投射光學系統將形成於遮罩（或光罩）上的電路圖案投射及轉移至諸如晶圓的基板上之投射曝光設備以製造半導體裝置。隨著近年來之半導體裝置的微圖案化進展，希望投射曝光設備進一步改進解析力（達到更高的解析度）。

作為用於達到投射光學系統之更高解析度的手段，一般實施較高 NA 之投射光學系統（增加投射光學系統的數值孔徑（NA）），及縮短曝光的光線。以及，藉由降低 k_1 因子（亦稱為“製程常數”）而改進投射光學系統的解析度之 RET（解析度增進技術）亦受到許多關注。

k_1 因子越小，則曝光難度越高。習知地，已測得藉由重複試驗多次可忠實地投射電路圖案的曝光條件。亦即，藉此已最佳化曝光（如曝光條件及曝光方法）。然而，目前隨曝光難度增加，基於試驗之曝光條件的偵測需要長時間及高成本。目前為解決此問題，例如藉由電腦而重複曝光模擬以最佳化曝光條件成為主流。模擬技術的主流係所謂的模型為基 RET，其基於光學實體模型執行模擬。

模型為基 RET 大致上使用部分同調影像計算。部分

同調影像計算之改進的速度可縮短模型為基 RET 花費的時間。目前，隨電腦環境進步，藉使用複數個電腦形成平行處理系統而改進計算速度。亦已經提出藉由執行部分同調影像計算之改進的演算法，而較使用電腦形成平行處理系統更有效之改進計算速度的技術。

例如，於 Cris Spence 之“Full-Chip Lithography Simulation and Design Analysis – How OPC is Changing IC Design”, Proceedings of SPIE, U.S.A., SPIE Press, 2005 Vol. 5751, pp.1-14 中指出名為 SOCS 的演算法增加計算的速度（模擬速度）至先前的 10000 倍。而且，Alfred Kwok-Kit Wong 之“Optical Imaging in Projection Microlithography”, U.S.A., SPIE press, 2005, pp. 151-163 中說明部分同調成像計算，但未提及計算速度高於使用 SOCS 演算法所得計算速度之演算法。要注意的是，Alfred Kwok-Kit Wong 之“Optical Imaging in Projection Microlithography”, U.S.A., SPIE press, 2005, pp. 151-163 視 SOCS 為同調分解（coherent decomposition）。

遺憾地，SOCS 需要許多時間來計算 TCC（透射相交技術）及將其分解為本徵值與本徵函數。

【發明內容】

本發明提供一種計算方法，其可計算曝光設備於短時間時期中之 TCC。本發明提供一種計算方法，其可計算於短時間時期中形成於投射光學系統之影像平面上的光強度

分佈。本發明提供一種產生方法，其可於短時間時期中產生遮罩之圖案資料。

根據本發明之第一面向，提供一種計算方法，於使用照射光學系統照射遮罩且經由透射光學系統投射遮罩之圖案的影像時，由電腦計算形成於投射光學系統之影像平面上的光強度分佈，其包含分割步驟，分割形成於投射光學系統之光瞳平面上的有效光源成為複數個點光源、產生步驟，針對各複數個點光源並根據彼等的位置而移動描述投射光學系統之光瞳的光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數、定義步驟，定義於產生步驟中所產生之包括複數個光瞳函數的矩陣，第一計算步驟，執行矩陣的奇異值分解，藉此計算本徵值及本徵函數，以及第二計算步驟，基於由遮罩之圖案所繞射的光強度分佈以及本徵值及本徵函數，計算形成於投射光學系統之影像平面上的光強度分佈。

根據本發明之第二面向，提供一種藉由電腦產生用於包括投射光學系統之曝光設備的遮罩之圖案的資料之產生方法，其包含分割步驟，分割形成於投射光學系統之光瞳平面上的有效光源成為複數個點光源、產生步驟，根據該等點光源的位置而針對各複數個點光源移動描述投射光學系統之光瞳的光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數、定義步驟，定義包括於產生步驟中所產生之複數個光瞳函數之矩陣、第一計算步驟，執行定義步驟中所定義之矩陣的奇異值分解，藉此計算本徵值及本徵函數、第二計算

步驟，當插入目標圖案的元素至投射光學系統的物件平面上時，基於藉由目標圖案所繞射的光之分佈以及第一計算步驟中所計算的本徵值及本徵函數，計算表示元素彼此影響的一映像，以及資料產生步驟，基於第二計算步驟中所計算的映像，產生遮罩之圖案的資料。

根據本發明之第三面向，提供一種儲存程式之儲存媒體，當使用照明光學系統照明遮罩並且經由投射光學系統投射遮罩的圖案之影像至基板上時，程式係用於令電腦執行計算形成於投射光學系統之影像平面上的光強度分佈，程式令電腦執行分割步驟，分割形成於投射光學系統之光瞳平面上的有效光源成為複數個點光源、產生步驟，根據點光源的位置而針對各複數個點光源移動描述投射光學系統之光瞳的光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數、定義步驟，定義包括產生步驟中所產生之複數個光瞳函數之矩陣、第一計算步驟，執行該定義步驟中所定義之矩陣的奇異值分解，藉此計算本徵值及本徵函數，以及第二計算步驟，基於由遮罩之圖案所繞射的光之分佈，以及第一計算步驟中所計算的本徵值及本徵函數，計算投射光學系統之影像平面上所形成的光強度分佈。

根據本發明之第四面向，提供一種儲存程式之儲存媒體，程式令電腦執行產生供包括投射光學系統之曝光設備的遮罩之圖案的資料之處理，程式令電腦執行分割步驟，分割形成於投射光學系統之光瞳平面上的有效光源成為複數個點光源、產生步驟，根據點光源的位置而針對各複數

個點光源移動描述投射光學系統之光瞳的光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數、定義步驟，定義包括產生步驟中所產生之複數個光瞳函數之矩陣、第一計算步驟，執行定義步驟中所定義之矩陣的奇異值分解，藉此計算本徵值及本徵函數、第二計算步驟，當插入目標圖案的元素至投射光學系統的物件平面上時，基於藉由目標圖案所繞射的光之分佈以及第一計算步驟中所計算的本徵值及本徵函數，計算表示元素彼此影響的映像，以及資料產生步驟，基於第二計算步驟中所計算的映像，產生遮罩之圖案的資料。

根據本發明之第五面向，提供一種曝光方法，其包含計算步驟，當使用照明光學系統照明遮罩並且經由投射光學系統投射遮罩的圖案之影像至基板上時，計算形成於投射光學系統之影像平面上的光強度分佈、調整步驟，基於計算步驟中所計算的光強度分佈而調整曝光條件，以及曝光步驟，於調整步驟後，投射遮罩之圖案的影像至基板上；計算步驟包括分割步驟，分割形成於投射光學系統之光瞳平面上的有效光源成為複數個點光源、產生步驟，根據點光源的位置而針對各複數個點光源移動描述投射光學系統之光瞳的光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數、定義步驟，定義包括產生步驟中所產生之複數個光瞳函數之矩陣、第一計算步驟，執行定義步驟中所定義之矩陣的奇異值分解，藉此計算本徵值及本徵函數，以及第二計算步驟，基於由遮罩之圖案所繞射的光之分佈，以及第一計

算步驟中所計算的本徵值及本徵函數，計算投射光學系統之影像平面上所形成的光強度分佈。

根據本發明之第六面向，提供一種遮罩製造方法，其包含藉由上述產生方法而產生供遮罩的圖案之資料，以及使用所產生的資料製造遮罩。

根據本發明之第七面向，提供一種曝光方法，其包含以下步驟：藉由上述遮罩製造方法而製造遮罩、照明所製造的遮罩，以及經由投射光學系統將遮罩之圖案的影像投射至基板之上。

根據本發明之第八面向，提供一種藉由電腦計算於曝光設備中之透射相交係數之計算方法，曝光設備使用照明光學系統照明遮罩，以及經由投射光學系統投射遮罩之圖案的影像至基板上，計算方法包含分割步驟，分割形成於投射光學系統之光瞳平面上的有效光源成為複數個點光源、產生步驟，根據點光源的位置而針對各複數個點光源移動描述投射光學系統之光瞳的光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數、定義步驟，定義包括產生步驟中所產生之複數個光瞳函數之矩陣，以及計算步驟，基於定義步驟中所定義之矩陣而計算透射相交係數。

由以下之例示性實施例之說明配合隨附圖式，本發明之另外的特徵將為顯而易見者。

【實施方式】

參考隨附圖式，以下將說明本發明之較佳實施例。於

全篇圖式中，相同的參考數值代表相同元件，並且不對彼等進行重複說明。

舉例來說，本發明可應用至例如曝光設備及顯微鏡中之基於部分同調成像（部分同調成像計算）的光學系統成像計算。本發明亦可應用至用於微機械及用於製造各種裝置之遮罩資料的產生，其中各種裝置係例如半導體晶片諸如 IC 及 LSI、顯示裝置諸如液晶面板、偵測裝置諸如磁頭，以及影像感測裝置諸如 CCD。此處的微機械意指藉由應用半導體積體電路製造技術至微結構之製造或機械系統本身之製造微米級複雜機械系統的技術。

本發明中所揭露的觀念可經數學地模化。因此，可實施本發明作為電腦系統之軟體函數。於此實施例中，電腦系統的軟體函數包括具有可執行軟體編碼之程式化，並且執行部分同調成像計算。軟體編碼係經由電腦系統的處理器而執行。於軟體編碼操作期間，儲存編碼或相關資料記錄於電腦平台中。然而，軟體編碼係經常儲存於其他位置或負載於適當的電腦系統之中。可固持軟體編碼於至少一個電腦可讀取媒體，作為一或複數模組。可以上述說明之編碼形式說明本發明的內容，其可用作一或複數軟體產品。

首先將說明根據此實施例之曝光設備的座標系統。於此實施例中，概略地將曝光設備中的座標系統分為兩類。

第一座標系統定義於遮罩表面（投射光學系統之物件平面）及晶圓表面（投射光學系統之影像平面）上的座標

現在說明習知的部分同調成像計算。可粗略地將習知的部分同調成像計算（計算投射光學系統之影像平面上的光強度分佈）分為三類。

第一種計算方式係所謂的阿貝法（Abbe method）。更明確地，阿貝法藉由下式計算光強度 $I(x, y)$ ：

$$I(x, y) = \sum_{i=1}^{N_1} S(f_i', g_i') |F[P(f, g)a(f - f_i', g - g')]|^2 \quad \dots (1)$$

其中 N_1 為供數值計算之點源數，及 F 為傅立葉轉換。

第二種計算方法計算無本徵值分解的 TCC。TCC 係藉由下式所定義：

$$TCC(f', g', f'', g'') = \iint S(f, g) P(f + f', g + g') P^*(f + f'', g + g'') df dg \quad \dots (2)$$

參照式（2），由四維函數提供 TCC。使用 TCC，可藉由下式計算光強度分佈 $I(x, y)$ ：

$$I(x, y) = \sum_{i,j,k,l=1}^{N_2} TCC(f_i', g_j', f_k'', g_l'') a(f_i', g_j') a^*(f_k'', g_l'') \times \exp\{-i2\pi[(f_i' - f_k'')x + (g_j' - g_l'')y]\} \quad \dots (3)$$

其中， N_2 為 i 、 j 、 k 及 l 可用數值，且其係取決於供數值計算之光瞳分割數。

第三種計算方法係所謂的 SOCS，其將式（2）所表示之 TCC 分解為複數個本徵值及本徵函數。藉由下式計算光強度分佈 $I(x, y)$ ：

$$I(x, y) = \sum_{i=1}^{N_3} \lambda_i |F[\psi_i(f, g)a(f, g)]|^2 \quad \dots (4)$$

其中 λ_i 為第 i 個本徵值、 ψ_i 為第 i 個本徵函數，以及 N_3

為供數值計算之點源數。

阿貝法適用於小規模計算（小規模模擬）。更具體地，阿貝法適用於相關部分遮罩的模擬，及當改變光學設定（如有效光源、像差及極化）時供檢驗成像表現性的改變。

使用 TCC 之計算方法，亦即使用式（3）的計算方法，使計算速度低於阿貝法及 SOCS 的計算速度，因為於式（3）中必須執行四極積分。為於式（3）中不使用四極積分而計算光強度分佈，可採用 SOCS。SOCS 適用於大規模計算（大規模模擬）。

於大規模計算中，藉由將遮罩分割成數個區域而執行部分同調成像計算。若沒有改變光學設定，由式（2）所示之 TCC 不會改變且式（4）中之本徵函數 ψ_i 亦不會改變，僅需於隨後重複簡單計算，因此 SOCS 適用於大規模計算。然而，SOCS 不適用於小規模計算。

如同由式（2）所了解者，因為必須進行二次積分以計算 TCC（即由四維函數提供 TCC），SOCS 需要更多時間以計算 TCC 並且需要大容量的電腦記憶體。SOCS 亦需要許多時間以計算本徵值 λ_i 及本徵函數 ψ_i 。另外，若改變光學設定，於 SOCS 中必須再次計算 TCC。綜上所述，SOCS 係不適用於檢驗因改變光學設定之成像表現改變。

如上述，習知的計算方法需要大量模擬時間。此外，於先前技術中，必需根據計算目標（亦即所執行的為小規模計算或大規模計算）而選擇性地使用阿貝法及 SOCS。

圖 1 係根據本發明一面向之顯示執行計算方法的處理設備 1 之組態的示意方塊圖。

如圖 1 所示，處理設備 1 係由例如通用電腦所形成，以及包括匯流排線 10、控制單元 20、顯示單元 30、儲存單元 40、輸入單元 50，及媒體介面 60。

匯流排線 10 互連控制單元 20、顯示單元 30、儲存單元 40、輸入單元 50 及媒體介面 60。

控制單元 20 係由 CPU、GPU、DSP 或微電腦所形成，以及包括供暫時儲存之快取記憶體。

顯示單元 30 係由例如顯示裝置諸如 CRT 顯示器或液晶顯示器所形成。

儲存單元 40 係由例如記憶體或硬碟所形成。於此實施例中，儲存單元 40 儲存圖案資料 401、有效光源資訊 402、NA 資訊 403、 λ 資訊 404、像差資訊 405、極化資訊 406，以及光阻資訊 407。儲存單元 40 亦儲存 P 運算子 408、空間影像 409、遮罩資料 410，及空間影像計算程式 411。

圖案資料 401 係例如設計積體電路中之佈局的圖案之資料（佈局圖案或目標圖案）。

有效光源資訊 402 係相關於曝光設備之投射光學系統的光瞳平面上所形成之光強度分佈（有效光源）。

NA 資訊 403 係相關於曝光設備之投射光學系統於影像側的數值孔徑。

λ 資訊 404 係相關於由曝光設備之光源所發射的光（

曝光用光）之波長。

像差資訊 405 係相關於曝光設備之投影光學系統的像差。

極化資訊 406 係相關於由曝光設備之照明設備（照明光學系統）所形成的極化光（照明光的極化狀態）。

光阻資訊 407 係相關於施加至晶圓的光阻。

P 運算子 408 係計算空間影像作為晶圓表面上所形成的光強度分佈之方法中的必要矩陣（亦即用於空間影像計算程式 411），將於以下詳述之。

空間影像 409 係藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像（光強度分佈）的結果。

遮罩資料 410 係實際遮罩（光罩）之資料。遮罩資料 410 大致上異於圖案資料 401。

空間影像計算程式 411 係用於計算空間影像（光強度分佈）的程式。

輸入單元 50 包括例如鍵盤或滑鼠。

媒體介面 60 包括例如軟碟驅動器、CD-ROM 驅動器及 USB 介面，且可連接至儲存媒體 70。儲存媒體 70 包括例如軟碟、CD-ROM 及 USB 記憶體。

藉由特別說明 P 運算子 408 而將於以下闡明如何藉由空間影像計算程式 411 而計算空間影像 409。於此實施例中要注意的是，由 λ 表示曝光用光之波長，以及由 NA 表示投射光學系統於影像測上的數值孔徑。亦要注意的是，由 σ 表示自照明光學系統被導引至遮罩表面之照明光的數

值孔徑與投射光學系統之物件測上的數值孔徑間之比值。

曝光設備中之遮罩圖案及空間影像具有部分同調成像關係。如上述，部分同調成像計算係概略地分為三類（見式（1）、（3）及（4））。因為於式（1）及（4）中使用傅立葉轉換 F ，就傅立葉光學的觀點而言，平面波的總和形成空間影像。以指數 $[-i2\pi(fx+gy)]$ 表示各平面波。雖式（3）未清楚顯示傅立葉轉換 F ，平面波的總和類似地形成空間影像，因為指數 $[-i2\pi(fx+gy)]$ 係包括於其中。

藉此，就光學觀點而言，部分同調成像係基於平面波指數 $[-i2\pi(fx+gy)]$ 。另一方面，就數學觀點而言，由正交函數系統定義指數 $[-i2\pi(fx+gy)]$ 。於此實施例中，藉由正交函數系統定義平面波，藉此得以計算較短時間時期中的空間影像 409。

首先說明計算一維空間影像（光強度分佈）的情況。於此情況中，可以指數 $(-i2\pi fx)$ 表示平面波。以下式向量定義正交函數系統：

$$|\phi\rangle = \begin{pmatrix} e^{-i2\pi f_1 x} \\ e^{-i2\pi f_2 x} \\ \vdots \\ e^{-i2\pi f_M x} \end{pmatrix} \dots (5)$$

其中當 $-2 \leq f \leq 2$ 時， M 係 f 的分割數。

現在將說明 P 運算子 408。因為於此實施例中假設式（5）中之 M 為 7， $f_1 = -2$ 、 $f_2 = -4/3$ 、 $f_3 = -2/3$ 、 $f_4 = 0$ 、 $f_5 = 2/3$ 、 $f_6 = 4/3$ 及 $f_7 = 2$ ，如圖 2 中所示。圖 2 係概略顯示

一維平面波（正交函數系統）之圖表。

可藉由 (f_i) 指數 $(-i2\pi f_i x)$ 表示由遮罩圖案所繞射的光分佈（繞射光分佈）。接著，可以下式表示繞射光分佈的向量 $|\phi'\rangle$ ：

$$|\phi'\rangle = \begin{pmatrix} a(f_1) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & a(f_2) & & 0 \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & a(f_7) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e^{-2\pi f_1 x} \\ e^{-2\pi f_2 x} \\ \vdots \\ e^{-2\pi f_7 x} \end{pmatrix} \quad \dots (6)$$

$$= \mathbf{A}|\phi\rangle$$

其中 $\mathbf{A}$ 係對角矩陣，其具有繞射光之振幅 $a(f_i)$ 作為對角元素。

當投射光學系統不具像差時，於 $-1 \leq f \leq 1$ 之完整範圍中其光瞳具有通過繞射光分量的功能，並且在 $|f| > 1$ 的範圍中屏蔽繞射光分量。自有效光源上之一點 f' 之輸出光相當於藉由 f' 之投射光學系統之光瞳移動。因此，當自有效光源上之一點 f' 發出的光係經遮罩圖案繞射時，於 $-1 \leq f - f' \leq 1$ 範圍中的繞射光分量通過投射光學系統的光瞳，而於 $|f - f'| > 1$ 之範圍中投射光學系統的光瞳屏蔽繞射光分量。

舉例而言，若自有效光源上 $f = f_4 = 0$ 發出之光經由遮罩圖案所繞射並由投射光學系統的光瞳所止擋，可以下式表示透射通過投射光學系統之光瞳的繞射光之振幅 $|\phi_1\rangle$ ：

$$|\phi_1\rangle = (0011100)\mathbf{A}|\phi\rangle \quad \dots (7)$$

計算透射通過透射光學系統之光瞳的繞射光之振幅的絕對值平方得到晶圓表面上之光強度分佈。因此，藉由點

源 $f=f_4=0$ 而形成於晶圓表面上的光強度分佈 $I_1(x)$ 可以下式表示：

$$I_1(x) = \langle \phi_1 | \phi_1 \rangle \quad \dots (8)$$

其中 $\langle \phi_1 |$ 係 $|\phi_1\rangle$ 之轉置共軛（伴隨）矩陣。

同樣地，若自有效光源上 $f=f_3$ 發出之光經由遮罩圖案所繞射並由投射光學系統之光瞳所止擋，可以下式表示透射通過投射光學系統之光瞳的繞射光之振幅 $|\phi_2\rangle$ ：

$$|\phi_2\rangle = (0001110)\mathbf{A}|\phi\rangle \quad \dots (9)$$

因此，藉由點源 $f=f_3$ 而形成於晶圓表面上的光強度分佈 $I_2(x)$ 可以下式表示：

$$I_2(x) = \langle \phi_2 | \phi_2 \rangle \quad \dots (10)$$

以及，可視部分同調照明為一組不同調點源。例如，假設有效光源上存在兩個點源，及這些點源的座標為 $f=0$ 及 $f=f_3$ 。因為這兩個點源不同調，可以式 $I_1(x) + I_2(x)$ （亦即晶圓表面上之光強度的總和）表示由此二點源於晶圓表面上所形成的光強度分佈。

以下式定義 P 運算子 $\mathbf{P}_{1D}$ ：

$$\mathbf{P}_{1D} = \begin{pmatrix} 0011100 \\ 0001110 \end{pmatrix} \quad \dots (11)$$

參照式（11）， P 運算子 $\mathbf{P}_{1D}$ 的各列係根據有效光源平面上各點源的位置而移動投射光學系統之光瞳的向量。更具體地，投射光學系統之光瞳僅需藉由投射光學系統之光瞳平面上的中央位置與各點源的位置間之差異所移動。使用 P 運算子 $\mathbf{P}_{1D}$ ，可以下式表示晶圓表面上所形成的光

強度分佈 $I(x)$ ：

$$I(x) = \langle \phi' | \mathbf{P}_{1D}^\dagger \mathbf{P}_{1D} | \phi' \rangle \quad \dots (12)$$

要注意的是，符號“+”表示某矩陣之轉置共軛矩陣。參照式（12），光強度分佈 $I(x)$ 係 $I_1(x) + I_2(x)$ 。換句話說，使用 P 運算子 $\mathbf{P}_{1D}$ 得以簡化表示晶圓表面上所形成之作爲光強度分佈的空間影像。

可將式（12）重寫成下式：

$$I(x) = \langle \phi' | \mathbf{T}_{1D} | \phi' \rangle \quad \dots (13)$$

$\mathbf{T}_{1D}$ 係由下式所定義之矩陣：

$$\mathbf{T}_{1D} = \mathbf{P}_{1D}^\dagger \mathbf{P}_{1D} \quad \dots (14)$$

由式（14）所定義之矩陣 $\mathbf{T}_{1D}$ 說明 TCC 。爲計算 $\mathbf{P}_{1D}$ ，僅需移動投射光學系統之光瞳而不需乘法及加法。此使得能夠於較短時間時期中計算 $\mathbf{P}_{1D}$ 。又較佳者，因爲可藉由相乘 $\mathbf{P}_{1D}$ 與其轉置共軛而計算 TCC ，使用 P 運算子 408 得以較使用式（2）更快速地計算 TCC 。

要注意的是， $\mathbf{P}_{1D}$ 不是正方形矩陣。使用奇異值分解，將 $\mathbf{P}_{1D}$ 重寫爲下式：

$$\mathbf{P}_{1D} = \mathbf{W} \mathbf{S} \mathbf{V} \quad \dots (15)$$

其中 $\mathbf{S}$ 爲對角矩陣，以及 $\mathbf{W}$ 及 $\mathbf{V}$ 爲單式矩陣。將式（15）代入式（12），並使用 $\mathbf{W}^\dagger \mathbf{W}$ 爲單位矩陣的奇異值分解定理求解得到下式：

$$\begin{aligned}
 I(x) &= \langle \phi' | P_{1D}^* P_{1D} | \phi' \rangle \\
 &= \langle \phi' | V^* S^* W^* W S V | \phi' \rangle \\
 &= \langle \phi' | V^* S S V | \phi' \rangle \quad \dots (16) \\
 &= S^2 \langle \phi' | V^* V | \phi' \rangle \\
 &= S^2 \langle \Phi | \Phi \rangle
 \end{aligned}$$

作為一習知部分同調成像計算方法之 SOCS 將 TCC 分解成本徵值及本徵函數，如上所述。因 TCC 為非常大的矩陣，需要大量時間及大容量記憶體以計算 TCC。另外，亦需要大量時間以將 TCC 分解成本徵值及本徵函數。

於此實施例中，執行奇異值分解以用於 P 運算子 408。參照式 (14)，因 P 運算子 408 之元素顯然少於 TCC 之元素，P 運算子 408 較 TCC 少的時間來進行奇異值分解。此外，因計算 P 運算子不需要乘法及加法，可於較短時間時期中計算 P 運算子 408。換句話說，與 SOCS 相較，使用 P 運算子 408 得以用較小量的計算及較小的記憶體容量計算本徵值及本徵函數。此使得可於較短時間期間中計算晶圓表面上所形成之作為光強度分佈的空間影像 409。並且，使用式 (14) 得以於較短時間時期中計算 TCC。

以上已說明計算一維空間影像（光強度分佈）的情況，以下將說明計算二維空間影像（光強度分佈）的情況。

令 (f_i, g_j) 為離散投射光學系統之光瞳平面上的座標。要注意的是 i 及 j 的範圍係由 1 至 M 。藉由下式之元素的一維矩陣表示繞射光分佈之向量 $|\phi'_{2D}\rangle$ ：

$$|\phi'_{2D}\rangle = \begin{pmatrix} a(f_1, g_1)e^{-i2\pi(f_1x+g_1y)} \\ a(f_2, g_1)e^{-i2\pi(f_2x+g_1y)} \\ \vdots \\ a(f_M, g_1)e^{-i2\pi(f_Mx+g_1y)} \\ a(f_1, g_2)e^{-i2\pi(f_1x+g_2y)} \\ \vdots \\ a(f_M, g_M)e^{-i2\pi(f_Mx+g_My)} \end{pmatrix} \dots (17)$$

爲了詳細說明 $|\phi'_{2D}\rangle$ ，“底面”表示省略小數點後的分數。第 n 列之 $|\phi'_{2D}\rangle$ 係 $a(f_i, g_j)$ 指數 $[-i2\pi(f_ix+g_jy)]$ 假設 $j=\text{底面}[(n-1)/M]+1$ 及 $i=n-(j-1)\times M$ 。以此方式得到二維正交函數系統。

令 (f_1, g_1) 爲有效光源上之第一點源的座標，自第一點源之輸出光相當於描述藉由 (f_1, g_1) 之投射光學系統的光瞳之移動光瞳函數 $P(f, g)$ 。以 $P(f+f_1, g+g_1)$ 表示作用於繞射光上的光瞳函數 $P_1(f, g)$ 。光瞳函數 $P_1(f, g)$ 的元素係一維地排列，如式 (17) 所示者。因此，可以下式一維向量表示光瞳函數 $P_1(f, g)$ ：

$$\mathbf{P}_1 = (P_1(f_1, g_1) \ P_1(f_2, g_1) \cdots P_1(f_M, g_1) \ P_1(f_1, g_2) \cdots P_1(f_M, g_M)) \dots (18)$$

爲了詳細說明 $\mathbf{P}_1$ ，“底面”表示省略小數點後的分數。 $\mathbf{P}_1$ 的第 n 行爲 $P_1(f_i, g_j)$ 假設 $j=\text{底面}[(n-1)/M]+1$ 及 $i=n-(j-1)\times M$ 。以此方式得到二維正交函數系統。

令 (f_2, g_2) 爲有效光源上之第二點源的座標，以由 (f_2, g_2) 移動 $P(f, g)$ 所得的 $P(f+f_2, g+g_2)$ 表示作用於自第二點源所發出光之光瞳函數 $P_2(f, g)$ 。如同光瞳函數 $P_1(f, g)$ ，可以下式一維向量表示光瞳函數 $P_2(f, g)$ ：

g) :

$$\mathbf{P}_2 = (P_2(f_1, g_1) P_2(f_2, g_1) \cdots P_2(f_M, g_1) P_2(f_1, g_2) \cdots P_2(f_M, g_M)) \quad \dots (19)$$

若有效光源上存在 N 個點光源，可以下式定義二維 P 運算子 408 :

$$\mathbf{P}_{2D} = \begin{pmatrix} \mathbf{P}_1 \\ \mathbf{P}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{P}_N \end{pmatrix} \quad \dots (20)$$

使用 $|\phi'_{2D}\rangle$ 及 $\mathbf{P}_{2D}$ ，可藉由下式計算晶圓表面上所形成之二維光強度分佈 $I(x, y)$:

$$I(x, y) = \langle \phi'_{2D} | \mathbf{P}_{2D}^\dagger \mathbf{P}_{2D} | \phi'_{2D} \rangle \quad \dots (21)$$

於式 (21) 中， $\mathbf{P}_{2D}$ 之奇異值分解得到下式：

$$\begin{aligned} I(x, y) &= \langle \phi'_{2D} | \mathbf{P}_{2D}^\dagger \mathbf{P}_{2D} | \phi'_{2D} \rangle \\ &= \langle \phi'_{2D} | \mathbf{V}^\dagger \mathbf{S}^\dagger \mathbf{W}^\dagger \mathbf{W} \mathbf{S} \mathbf{V} | \phi'_{2D} \rangle \\ &= \langle \phi'_{2D} | \mathbf{V}^\dagger \mathbf{S} \mathbf{S} \mathbf{V} | \phi'_{2D} \rangle \quad \dots (22) \\ &= \mathbf{S}^2 \langle \phi'_{2D} | \mathbf{V}^\dagger \mathbf{V} | \phi'_{2D} \rangle \\ &= \mathbf{S}^2 \langle \Phi_{2D} | \Phi_{2D} \rangle \end{aligned}$$

以此方式，即便於計算二維空間影像（光強度分佈）時， P 運算子 408 的元素少於 TCC 的元素，且 P 運算子 408 不需要複雜的計算。此使得可於較短時間時期中計算晶圓表面上所形成之作爲光強度分佈的空間影像 409。

可藉由下式表示由遮罩圖案所繞射之光分量的二維向量組：

$$\psi_{2D} = \begin{pmatrix} a(f_1, g_1)e^{-i2\pi(f_1x+g_1y)} & a(f_2, g_1)e^{-i2\pi(f_2x+g_1y)} & \cdots & a(f_M, g_1)e^{-i2\pi(f_Mx+g_1y)} \\ a(f_1, g_1)e^{-i2\pi(f_1x+g_2y)} & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \\ a(f_1, g_M)e^{-i2\pi(f_1x+g_My)} & \cdots & & a(f_M, g_M)e^{-i2\pi(f_Mx+g_My)} \end{pmatrix} \quad \dots (23)$$

參照式 (23) ， ψ_{2D} 為 M 列 $\times M$ 行的矩陣，其包括 M^2 個元素。根據於此介紹之預定規則，運算子 (堆疊運算子) Y 將 M 列 $\times M$ 行矩陣轉換成 1 列 $\times M^2$ 行 (亦即重新排列 ψ_{2D} 的元素) 。藉由導入運算子 Y ，藉由下式表示二維繞射光分佈之向量 $|\phi'_{2D}\rangle$ ：

$$|\phi'_{2D}\rangle = Y[\psi_{2D}]^T \quad \dots (24)$$

令 (f_1, g_1) 為有效光源上之第一點源的座標，自第一點源之輸出光相當於投射光學系統的光瞳之移動。以 $P(f+f_1, g+g_1)$ 表示作用於繞射光上的光瞳函數 $P_1(f, g)$ 。因此，可藉由下式表示光瞳函數 $P_1(f, g)$ ：

$$P'_1 = \begin{pmatrix} P_1(f_1, g_1) & P_1(f_2, g_1) & \cdots & P_1(f_M, g_1) \\ P_1(f_1, g_2) & \ddots & & \vdots \\ P_1(f_1, g_M) & \cdots & & P_1(f_M, g_M) \end{pmatrix} \quad \dots (25)$$

同樣地，令 (f_2, g_2) 為有效光源上之第二光源的座標，以 $P(f+f_2, g+g_2)$ 表示作用於自第二點源所發出光之光瞳函數 $P_2(f, g)$ 。如同光瞳函數 $P_1(f, g)$ ，可藉由下式表示光瞳函數 $P_2(f, g)$ ：

$$P'_2 = \begin{pmatrix} P_2(f_1, g_1) & P_2(f_2, g_1) & \cdots & P_2(f_M, g_1) \\ P_2(f_1, g_2) & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & \\ P_2(f_1, g_M) & \cdots & & P_2(f_M, g_M) \end{pmatrix} \quad \dots (26)$$

假設有效光源上存有 N 個點源。使用堆疊運算子 Y ，

可藉由下式表示二維 P 運算子 408：

$$P_{2D} = \begin{pmatrix} Y[P'_1] \\ Y[P'_2] \\ \vdots \\ Y[P'_N] \end{pmatrix} \quad \dots (27)$$

當由式 (24) 及 (27) 計算晶圓表面上所形成之作爲光強度分佈的空間影像時，僅需使用式 (21) 或 (22)。

當計算 TCC 時，僅需使用下式：

$$T_{2D} = P_{2D}^* P_{2D} \quad \dots (28)$$

如式 (20) 及 (27) 中所指出者，已於上述說明根據 P 運算子 408 移動投射光學系統之光瞳以沿列方向形成點源。然而，藉由下式指明之根據 P 運算子 408 移動投射光學系統之光瞳以沿列方向形成點源：

$$P_{2D} = (Y[P'_1]^T \ Y[P'_2]^T \ \dots \ Y[P'_N]^T) \quad \dots (29)$$

可產生基本上相同的效果。因此，即便以式 (29) 表示 P 運算子 408 時，僅需依此調整正交函數系統之描述。

圖 3 係用於詳細解釋藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 之方法的流程圖。要注意的是，空間影像計算程式 411 係由連接至媒體介面 60 之儲存媒體 70 所安裝，並且係經由控制單元 20 而儲存於儲存單元 40 中。以及，空間影像計算程式 411 係響應由使用者經輸入單元 50 之起始命令輸入而啓動，並且係由控制單元 20 所執行。

於步驟 S1002 中，控制單元 20 決定空間影像計算資訊件，其包括有效光源資訊 402、NA 資訊 403、 λ 資訊

404、像差資訊 405、極化資訊 406、光阻資訊 407，及遮罩資料 410。更具體地，使用者經由輸入單元 50 而對處理設備 1 輸入（選擇）“四極照明”之有效光源資訊、“0.73”之 NA 資訊、“248 nm”之 λ 資訊、“無像差”之像差資訊、“非極化”之極化資訊、“不考慮”之光阻資訊，及“接觸窗”之遮罩資料。接著，控制單元 20 於顯示單元 30 上顯示由使用者輸入之（選擇的）空間影像計算資訊件，並決定彼等。此實施例將例示使用者輸入（選擇）之空間影像計算資訊件係儲存於儲存單元 40 中的情況。然而，使用者可輸入並非儲存於儲存單元 40 中之空間影像計算資訊件。

於步驟 S1004 中，控制單元 20 計算 P 運算子 408。更具體地，控制單元 20 接收由使用者自儲存單元 40 所輸入的（選擇的）空間影像計算資訊件。基於空間影像計算資訊件，控制單元 20 例如由式（20）或（27）計算 P 運算子 408。以及，控制單元 20 將計算的 P 運算子 408 儲存於儲存單元 40 中。

於步驟 S1006 中，控制單元 20 計算空間影像 409。更具體地，控制單元 20 由例如式（21）或（22）使用 P 運算子 408 及由使用者輸入的（選擇的）空間影像計算資訊件來計算空間影像 409。以及，控制單元 20 於顯示單元上顯示空間影像 409，並將其儲存於儲存單元 40 中。

以此方式，藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法可使用 P 運算子 408 計算空間影像 409。換

句話說，藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法可計算空間影像 409 兒不需要計算 SOCS 必要的 TCC。此使得整體計算可簡化，因此縮短計算空間影像 409 所需時間。

視需要而分析藉由空間影像計算程式 411 所得之空間影像 409 的計算結果。空間影像的分析包括例如 NILS（正規化強度對數斜率）、對比、失焦特性（DOF 特性），以及空間影像與圖案資料 401 的匹配度。亦可確認空間影像 409 對光阻的作用。熟此技藝者可採用任何已知的空間影像分析。

可應用經由空間影像計算程式 411 之計算空間影像的方法至各種形式的模型為基 RET。

於以下實施例中將詳細說明藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法之效果、應用此計算方法至模型為基 RET，及類似者中之每一者。

<第一實施例>

將於第一實施例中說明藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法之效果。於第一實施例中，使用 64 位元的 Opteron®作為 CPU，其包括處理設備 1 的控制單元 20，以及使用約 10 十億位元組作為儲存單元 40。使用 MATLAB®並相較於先前技術（SOCS）計算空間影像 409（計算時間）所花時間而產生空間影像計算程式 411。

第一實施例假設之情況為曝光設備使用 NA 為 0.73 (對應於 NA 資訊 403) 的投射光學系統，以及波長為 248 nm (對應於 λ 資訊 404) 的曝光用光。此外，假設投射光學系統不具象差 (對應於像差資訊 405)、假設照明光未極化 (對應於極化資訊 406)，以及不考量施加於晶圓上的光阻 (對應於光阻資訊 407)。假設使用四極照明有效光源，如圖 4A 所示。假設圖案資料 (目標圖案) 包括兩個接觸窗圖案。此外，假設各接觸窗圖案的直徑為 120 nm，及假設各別接觸窗圖案的 center 為 (-120 nm, 0 nm) 及 (120 nm, 0 nm)。於此假設之下，遮罩資料 410 係如圖 4B 中所示。此外，假設在正常狀態中之投射光學系統之光瞳的分割數為 31，及假設執行傅立葉轉換時之投射光學系統之光瞳的分割數為 1024。

基於上述的空間影像計算資訊件，控制單元 20 計算 P 運算子 408。此時，計算 P 運算子 408 所花的時間係等於或小於 0.1 秒。以及，控制單元 20 執行 P 運算子 408 的奇異值分解 (亦即將其分解為本徵值及本徵函數)。此時，P 運算子 408 之奇異值分解所花的時間為 0.4 秒。當藉由加入所有的本徵函數而計算完整的空間影像時，得到如圖 4C 中所示的空間影像 409。計算空間影像 409 所花的時間為約 33.0 秒。要注意的是，圖 4C 中所示之空間影像 409 係假設其最大值為 1 而正規化。

接下來使用 SOCS 計算空間影像。控制單元 20 基於式 (2) 而計算 TCC。此時，計算 TCC 所花時間係約 1152

秒。以及，控制單元 20 基於式 (4) 而將 TCC 分解為本徵值及本徵函數 (第一計算步驟)。此時，將 TCC 分解為本徵值及本徵函數所花時間係約 4.9 秒。當藉由加入所有的本徵函數而計算完整的空間影像時 (第二計算步驟)，得到如圖 4D 中所示之空間影像。計算空間影像所花時間係約 1209 秒。要注意的是，圖 4D 中所示之空間影像係假設其最大值為 1 而正規化。

以此方式，相較於習知的 SOCS，藉由空間影像計算程式 411 計算空間影像 409 之方法可於較短時間期間中計算空間影像。當比較圖 4C 中所示之空間影像 409 與圖 4D 中所示之空間影像時，彼等於 1.0×10^{-15} 級互相匹配，及因此得到正確的模擬結果。

並且，空間影像計算程式 411 可於較短時間期間中計算 TCC。如前述，SOCS 花約 1152 秒計算 TCC。相反的，於計算 P 運算子 408 之後且基於式 (28)，控制單元 20 僅花約 0.9 秒計算 TCC。

<第二實施例>

於第二實施例中將說明考量投射光學系統的像差之時或照明光經極化之時，計算空間影像 409 的方法。亦將於第二實施例中說明當有效光源具有光強度變異 (發光部分的光強度不均勻) 時或當藉由遮罩圖案之繞射光的繞射率改變時，計算空間影像 409 的方法。

當考量投射光學系統的像差時，僅必須於光瞳函數中

包括像差且使用式 (27) 計算 P 運算子 408。於此情況中， P 運算子 408 的各元素包括對應於投射光學系統的像差之共軛元素。投射光學系統的像差藉此係可包括於式 (27) 之 P'_i 中。

假設除像差資訊 405 外之空間影像計算資訊係與第一實施例相同。將 $50\text{ m}\lambda$ 的像差代入弗林吉·冊尼克 (Fringe Zernike) 多項式之第七項 (低級彗星像差) 作為像差資訊 405。圖 5 顯示，根據空間影像計算程式 411，使用供圖 4B 中所示之遮罩資料 410 的 P 運算子 408 而計算空間影像 409 的結果。參照圖 5，顯現空間影像的兩個接觸窗具有不同尺寸，即左邊的接觸窗圖案顯現較大空間影像元素。此係因為設定低級彗星像差作為投射光學系統的像差。

因失焦為波前像差的一種，其可被包括於藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法中。假設施加於晶圓上的光阻為平行板時，可視光阻產生圓形像差。因此可於藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法中包括光阻相關的像差。

當照明光被極化時，僅必須藉由使對應於投射光學系統的 NA 之供有效光源的 σ 為 1 以三維地表示極化。更具體地，光瞳函數僅需與極化相關之因子相乘。與極化相關的因子包括產生使 x 極化光維持 x 極化之效果的因子、產生使 x 極化光轉為 y 極化光之效果的因子、產生使 x 極化光轉為 z 極化光之效果的因子、產生使 y 極化光轉為 x 極

化光之效果的因子、產生使 y 極化光維持 y 極化之效果的因子，以及產生使 y 極化光轉為 z 極化光之效果的因子。因此得到供 x 極化、y 極化，及 z 極化的三種 P 運算子。

可藉由下式計算晶圓表面上所形成的光強度分佈 $I(x, y)$ ：

$$I(x, y) = \langle \phi'_{20} | \mathbf{P}_x^* \mathbf{P}_x + \mathbf{P}_y^* \mathbf{P}_y + \mathbf{P}_z^* \mathbf{P}_z | \phi'_{20} \rangle \quad \dots (30)$$

其中 $\mathbf{P}_x$ 、 $\mathbf{P}_y$ 及 $\mathbf{P}_z$ 分別為供 x 極化、y 極化，及 z 極化的 P 運算子。

假設除極化資訊 406 以外之空間影像計算資訊件係相同於第一實施例。設定所有點源均沿 x 方向極化以作為極化資訊 406。圖 6 顯示，根據空間影像計算程式 411，使用分別為供 x 極化、y 極化，及 z 極化的 P 運算子 $\mathbf{P}_x$ 、 $\mathbf{P}_y$ 及 $\mathbf{P}_z$ 之計算空間影像的結果。當比較圖 6 與圖 4C 時，照明光經極化時的空間影像 409 較照明光未極化時的空間影像模糊。

藉由下式定義 P 運算子：

$$\mathbf{P}_{pol} = \begin{pmatrix} \mathbf{P}_x \\ \mathbf{P}_y \\ \mathbf{P}_z \end{pmatrix} \quad \dots (31)$$

其中 $\mathbf{P}_{pol}$ 係 P 運算子，其包括極化效果。因 $\mathbf{P}_{pol}$ 的元素較 TCC 的元素少，相較於 SOCS，使用 $\mathbf{P}_{pol}$ 得以在較短時間期間中計算空間影像 409。

於此得到一個重要的結論。即習知以一個矩陣定義一個 P 運算子，但根據本發明可以不同矩陣定義複數的 P 運算子。例如，於第二實施例中藉由考量極化而定義一個 P

運算子 $\mathbf{P}_{pol}$ ，但可針對分別極化光分量定義三個 $\mathbf{P}$ 運算子。亦可藉由將有效光源分割成複數個區域而定義複數個 $\mathbf{P}$ 運算子。

若有效光源具有變異的光強度（發光部分的光強度不均勻），僅需於 $\mathbf{P}$ 運算子中包括各點源的強度。例如，當第 i 個點源為 S_i ，藉由下式定義 $\mathbf{P}$ 運算子：

$$\mathbf{P}_{2D} = \begin{pmatrix} \sqrt{S_1} \mathbf{Y}[\mathbf{P}'_1] \\ \sqrt{S_2} \mathbf{Y}[\mathbf{P}'_2] \\ \vdots \\ \sqrt{S_N} \mathbf{Y}[\mathbf{P}'_N] \end{pmatrix} \quad \dots (32)$$

隨遮罩圖案化之微圖案化進展，正常入射時之繞射光分佈經常不同於傾斜入射時之繞射光（亦即繞射率經常改變）。於此情況中，僅需重寫式（27）為下式：

$$\mathbf{P}_{2D} = \begin{pmatrix} \mathbf{Y}[\mathbf{P}''_1] \\ \mathbf{Y}[\mathbf{P}''_2] \\ \vdots \\ \mathbf{Y}[\mathbf{P}''_N] \end{pmatrix} \quad \dots (33)$$

要注意的是，式（33）中的 $\mathbf{P}''_i$ 包括當自第 i 個點源發出之光傾斜地進入晶圓表面時的繞射率。

<第三實施例>

第三實施例將說明藉由應用空間影像計算程式 411 至模型為基 RET 以計算空間影像之方法的情況。已知 OPC（光學鄰近修正）為 RET 的簡單方法。

假設除了遮罩資料 410 以外之空間影像計算資訊相同於第一實施例。於第三實施例中，假設如圖 7A 中所示之

各具有 120 nm 的寬度及 840 nm 的長度之五條桿係作為遮罩資料 410。圖 7B 顯示於此情況中由空間影像計算程式 411 所計算之空間影像 409。當比較圖 7A 與 7B 時，遮罩資料 410 不同於藉由空間影像計算程式 411 所計算之空間影像 409。為解決此問題，基於 OPC，改變遮罩資料 410 以使藉由空間影像計算程式 411 所計算之空間影像 409（亦即由曝光所轉移的圖案）成為近似圖案資料 401。

為於 OPC 中決定光學遮罩資料 410，必須重複藉由改變遮罩資料 410 之供計算空間影像 409 的迴圈直到空間影像 409 與圖案資料 401 間之差異充分地降低為止。為此緣故，當花長時間計算空間影像 409 時，則花長時間決定光學遮罩資料 410。然而，因空間影像計算程式 411 可於較短時間時期中計算空間影像 409，其適用於 OPC。

更具體地，為了決定光學遮罩資料 410，控制單元 20 重複供上述的五條桿之藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法，藉此改變遮罩資料 410。以此操作，獲得最終遮罩資料 410，其中最左及最右桿各具有 134 nm 的寬度及 968 nm 的長度，左及右起算的第二條桿各具有 127 nm 的寬度及 930 nm 的長度，以及中央桿具有 120 nm 的寬度及 929 nm 的長度。圖 7C 顯示使用遮罩資料 410 藉由空間影像計算程式 411 所計算之空間影像 409。當比較圖 7B 與 7C 時，圖 7C 中所示空間影像 409 較圖 7B 中所示空間影像 409 更近似圖案資料 401。

以此方式，應用藉由空間影像計算程式 411 之計算空

為本徵值數，即第 i 個本徵值，若 i 為 10 或以上則第 i 個本徵值的平方為 0.01 或以下，如圖 8A 中所示者。以及，若 i 為 49 或以上則第 i 個本徵值的平方為 0.001 或以下。以此方式，隨本徵值數 i 增加，第 i 本徵值的平方大幅下降。

令 E 為所有本徵值之平方的總和，及 E_i 為此處之第一至第 i 個本徵值之平方的總和。當 $E_i/E=1$ 時，可計算完整的空間影像 409。當於完整空間影像 409 中設定光強度，使中央桿於 $y=0$ 部分中之線寬為 120 nm 時，最左桿之線寬為 98.44 nm。

隨本徵值數 i 增加，本徵值的平方大幅下降，以及隨本徵值數 i 增加，本徵函數之特殊頻率增加。根據此原則，隨本徵值數 i 增加，用以形成空間影像的第 i 個本徵值之影響減少。圖 8B 係顯示完整空間影像與約略空間影像（亦即由一些本徵值及本徵函數所計算之空間影像）之間的差異。於圖 8B 中，橫座標指示本徵值數 i ，及縱座標指示當時用第一至第 i 本徵含數與本徵值計算空間影像時之最左桿之線寬。參照第 8B 圖，當 $E_i/E=0.96$ 或以上時（亦即本徵值數 i 為 14 或以上），完整空間影像與約略空間影像間之差係 0.1 nm 或以下。因此，不使用 92 個本徵值及 92 個本徵函數但使用 14 個本徵值及 14 個本徵函數可計算幾乎等於完整空間影像的空間影像。此使得可縮短計算約 85% 之空間影像所花的時間。

空間影像所需之準確度視評估目標而不同。經由檢視

各種情況，本發明之發明人發現當 E_i/E 為 0.96 或以上時，就實際應用觀點而言沒有問題。另外，本發明之發明人發現當 E_i/E 為 0.96 或以上時，幾乎所有評估目標均沒有問題。

以此方式，根據藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法中之評估目標而調整 E_i/E ，相較於先前實施例可於較短時間時期中計算空間影像 409。

相較於先前實施例可於較短時間時期中計算空間影像 409 的另一方法包括壓縮 P 運算子 408 的方法。例如，考量一維成像。若 P 運算子 408 之第 j 行之分量皆為 0，則第 j 行之分量根本為非必要者。接著，藉由刪除 P 運算子 408 中之所有分量為 0 的各行，可壓縮 P 運算子 408 為下式所示者：

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e^{-2\pi v_1 x} \\ e^{-2\pi v_2 x} \\ e^{-2\pi v_3 x} \\ e^{-2\pi v_4 x} \\ e^{-2\pi v_5 x} \\ e^{-2\pi v_6 x} \\ e^{-2\pi v_7 x} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e^{-2\pi v_2 x} \\ e^{-2\pi v_3 x} \\ e^{-2\pi v_4 x} \\ e^{-2\pi v_5 x} \end{pmatrix} \quad \dots (34)$$

參照式 (34)，壓縮兩列及七行的 P 運算子 408 成為兩列及四行。

相同地，即便於二維成像中可壓縮 P 運算子 408。更具體地，藉由刪除 P 運算子 408 中之所有分量為 0 的各行可壓縮 P 運算子 408。藉此而使用壓縮的 P 運算子 408 使得於較先前實施例更短的時間時期中進行奇異值分解。相

較於先前實施例，此使得可於較短時間時期中計算空間影像 409。

現在詳細說明 P 運算子 408 經壓縮的情況。假設使用四極照明的有效光源且有效光源包括 712 個點源，如圖 9A 中所示者。圖 9B 顯示一般根據空間影像計算程式 411 計算的 P 運算子 408（亦即未經壓縮）。圖 9B 中所示之 P 運算子 408 為 712 列及 16129 行的矩陣，其中白部分對應於 1，及黑部分對應於 0。圖 9C 顯示經預定方法壓縮的 P 運算子 408。圖 9C 中所示 P 運算子 408 為 712 列及 10641 行的矩陣，其中白部分對應於 1，及黑部分對應於 0。

圖 9B 中所示之 P 運算子 408 的奇異值分解所花時間為約 34.0 秒。相對的，圖 9C 中所示之 P 運算子 408 的奇異值分解所花時間為約 24.3 秒。以此方式，壓縮 P 運算子 408 改進了執行 P 運算子 408 之奇異值分解的速度。

<第五實施例>

於第五實施例中將說明一種使用採用 P 運算子 408 之模型為基 RET 以產生遮罩資料 410 的方法，特別是藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法者。此方法藉由於待藉由曝光以轉移的圖案中插入（輔助）圖案以產生遮罩資料 410。

圖 10 係顯示根據本發明之第五實施例的處理設備 1 之組態的示意方塊圖。圖 10 中所示之處理設備 1 基本上

具有與圖 1 中所示之處理設備 1 相同的組態，但是儲存單元 40 另外地儲存遮罩函數 412、P 映像 413，及遮罩產生程式 414。此後將統稱有效光源資訊 402、NA 資訊 403、 λ 資訊 404、像差資訊 405、極化資訊 406、光阻資訊 407，遮罩資料 410，及遮罩函數 412 為 P 映像計算資訊件。

遮罩函數 412 為用於 P 映像 413（將於以下說明）的參數，並且為自身的圖案資料 401 或是根據預定規則藉由轉換圖案資料 401 所獲得者。

P 映像 413 係藉由使 P 運算子 408 的本徵函數乘上繞射光分佈及傅立葉轉換或加上所得的積而獲得之部份同調映像。

現在說明計算 P 映像 413 的方法與計算空間影像 409 間的差異。計算空間影像 409 的方法係使 P 運算子 408 的本徵函數乘上遮罩資料 410 上之繞射光分佈、傅立葉轉換所得的積，以及計算傅立葉轉換之絕對值平方。接著將絕對值的平方乘上彼等對應本徵值的平方並加上所得的積。以此操作而計算空間影像 409。相反的，藉由使 P 運算子 408 的本徵函數乘上遮罩資料 410 上之繞射光分佈、傅立葉轉換所得的積、使傅立葉轉換乘上彼等對應本徵值，及加上所得的積以計算 P 映像 413。因此，空間影像 409 總是為正值，但 P 映像 413 並不一定為正值。P 映像 413 意指表示當於投射光學系統之物件平面上插入複數個圖案元素時彼此相互影響的映像（函數）。

遮罩產生程式 414 係基於 P 映像 413 之用於產生遮罩

資料 410 的程式。

於以下將說明插入輔助圖案而藉由遮罩產生程式 414 而產生遮罩資料 410 的方法。

第五實施例假設曝光設備使用 NA 為 0.73 之投射光學系統（對應於 NA 資訊 403），以及曝光用光之波長為 248 nm（對應於 λ 資訊 404）的情況。此外，假設投射光學系統不具像差（對應於像差資訊 405）、假設照明光非極化（對應於極化資訊 406），以及不考量施加於晶圓上的光阻（對應於光阻資訊 407）。假設有效光源（對應於有效光源資訊 402）使用四極照明，如圖 11A 中所示者。假設圖案資料（目標圖案）401 係側邊長度為 120 nm 之隔絕的接觸窗圖案，如圖 11B 中所示者。

亦假設第五實施例有具清楚孔徑的暗視野。於此情況中，圖案係形成於受曝光用光照射的光阻部分上。

因可設定各種值為曝光用光的波長 λ 以及曝光設備中之投射光學系統的數值孔徑 NA，較佳藉由 (λ/NA) 正規化遮罩圖案的尺寸。例如，若 $\lambda=248$ nm 且 $NA=0.73$ ，藉由上述方法使尺寸為 100 nm 之圖案正規化為 0.29。此後稱此正規化為 $k1$ 轉換。

直徑為 120 nm 之隔離的接觸窗圖案之 $k1$ 轉換值為 0.35。若 $k1$ 轉換值為 0.5 或以下，得到正弦空間影像。為最佳使用正弦波特性和習知地於隔離的接觸窗圖案之直徑的 $1/2$ 週期處插入輔助圖案。例如，若作為所欲圖案之隔離的接觸窗圖案之中心位於 $(0, 0)$ ，於八個位置插入

有輔助圖案，即 $(\pm 240, 0)$ 、 $(0, \pm 240)$ 、 $(240, \pm 240)$ 及 $(-240, \pm 240)$ 。

於遮罩產生程式 414 中，首先設定遮罩函數 412 為目標圖案本身，即隔離的接觸窗圖案之直徑為 120 nm。

如第四實施例中已說明者，隨 P 運算子 408 之本徵值增加，用以形成空間影像 409 之 P 運算子 408 的本徵函數之影響增加。為達此狀態，依本徵值平方的遞減順序重排 P 運算子 408 的本徵值。此後稱以此方式重排之對應於第 i 個本徵值之本徵函數為第 i 個本徵函數。

P 運算子 408 之第一本徵函數對形成空間影像 409 的影響最大。為此緣故，僅需考量 P 運算子 408 的第一本徵函數。使 P 運算子 408 的第一本徵函數乘上遮罩函數 412 之繞射光分佈，並使所得的積經傅立葉轉換。圖 11C 顯示以此方式計算的 P 映像 413。

於圖 11C 中，由白色虛線環繞之 AR1 至 AR8 區域中的值相當大。換句話說，經由 AR1 至 AR8 區域所繞射的光分量干擾經由目標圖案所繞射的光分量，藉此改進影像強度。因此，當於白色虛線環繞之 AR1 至 AR8 區域插入開放性圖案時，於位置 $(0, 0)$ 之影像強度增加。

將輔助圖案 HP1 至 HP8 插入由白色虛線環繞之 AR1 至 AR8 區域中，如圖 11D 中所示者。如上述，此原意係藉由曝光而轉移中心位於 $(0, 0)$ 之隔離的接觸窗圖案至晶圓表面上。當分析 P 映像 413 時，P 映像 413 具峰值的位置為 $(0, 0)$ 。設定輔助圖案 HP1 至 HP8 使得與圖案資

料 401 具相同尺寸之主要圖案 SP 的中心成為 (0, 0) 。接著藉使用圖 11D 中所示之遮罩圖案製造遮罩作為遮罩資料 410 。以此操作，由輔助圖案 HP1 至 HP8 所繞射的光分量作用於由主要圖案 SP 所繞射的光分量上。此使得可轉移隔離的接觸窗圖案作為具高準確度的目標圖案，因此改進解析表現性。

圖 12 顯示不具輔助圖案之遮罩的成像表現性、根據先前技術插入輔助圖案之遮罩的成像表現性，以及根據第五實施例插入輔助圖案（亦即藉由遮罩產生程式 414）之遮罩的成像表現性之比較結果。於圖 12 中，橫座標指示失焦量以及縱座標指示接觸窗圖案的直徑（CD）。各遮罩的成像表現性係基於隔離的接觸窗之直徑（CD）的改變相對於失焦的改變而評估。先前技術中各輔助圖案的尺寸為 90 nm×90 nm。將於以下說明第五實施例中各輔助圖案的尺寸。

參照圖 12 比較不具輔助圖案之遮罩的成像表現與根據先前技術插入輔助圖案之遮罩的成像表現。於此情況中，根據先前技術插入輔助圖案之遮罩的相對於遮罩失焦改變之隔離的接觸窗圖案之半徑的改變係明顯小於不具輔助圖案之遮罩者。換句話說，根據先前技術插入輔助圖案之遮罩顯現較不具輔助圖案之遮罩為佳的成像特徵。

同樣地，比較根據先前技術插入輔助圖案之遮罩的成像表現與根據第五實施例插入輔助圖案之遮罩的成像表現。參照圖 12，根據第五實施例插入輔助圖案之遮罩顯現

較根據先前技術插入輔助圖案之遮罩為佳的成像特徵。

現在詳細說明圖 11C 中所示之 P 映像 413。於圖 11C 所示之 P 映像 413 上，偵測顯現高於預定臨限值之值且具峰值的第一位置。具峰值的位置表示相對於 0 位置藉由微分 P 映像 413 所得到之值。第一位置係向量，其包括距離及方向資訊。於第五實施例中，第一位置為八個位置，即 $(\pm 285, 0)$ 、 $(0, \pm 285)$ 、 $(\pm 320, 320)$ 及 $(\pm 320, -320)$ 。要注意的是，圖 11C 之 P 映像 413 係假設其最大值為 1 而正規化，及臨限值為 0.03。當計算第一位置時，盡可能忠實地於 P 映像 413 之光強度分佈上插入輔助圖案。於第五實施例中，於八個位置插入（配置）尺寸各為 $70\text{ nm} \times 120\text{ nm}$ 之旋轉對稱矩形的輔助圖案。

藉由數值計算難以計算峰值位置。使用峰值位置與重心位置近乎相同的事實，可計算顯現高於 P 映像 413 上的預定臨限值之值的區域重心及設定彼為第一位置。

例如，圖 11E 顯示，於圖 11C 中所示之 P 映像 413 上，藉由設定顯現等於或高於 0.03 的臨限值之值的各區域為 1，及藉由設定顯現低於 0.03 的臨限值之值的各區域為 0 所得到的映像。於圖 11E 中，對應於主要圖案 SP 之區域 SR 係作為隔離的接觸窗圖案（所欲圖案）。區域 HR1 至 HR8 對應於區域（亦即區域 AR1 至 AR8）以插入（配置）輔助圖案。因此，僅需藉由計算區域 HR1 至 HR8 的重心而設定輔助圖案。

<第六實施例>

於第六實施例中將說明一種當圖案資料（目標資料）401 係由 n 接觸窗圖案所形成的圖案時之產生遮罩資料 410 的方法。

如第五實施例中所述者，使用 P 映像 413 產生遮罩資料 410 改進了具有隔離的接觸窗圖案之遮罩的成像表現。同樣地，使用 P 映像 413 產生遮罩資料 410 亦可改進具有由 n 接觸窗圖案所形成的圖案之遮罩的成像表現。

假設除遮罩函數 412 以外之 P 映像計算資訊件係相同於第五實施例。假設圖案資料（目標圖案）401 為包括三個 120 nm 平方之接觸窗圖案的圖案，如圖 13A 中所示者。三個接觸窗的中心為 $(0, 0)$ 、 $(320, 320)$ 及 $(640, -350)$ 。遮罩函數 412 為目標圖案本身，即如第五實施例，圖案包括三個直徑各為 120 nm 的接觸窗圖案。

P 運算子 408 之第一本徵函數對形成空間影像 409 的貢獻最大。為此緣故，僅考慮 P 運算子 408 之第一本徵函數。將 P 運算子 408 之第一本徵函數乘上遮罩函數 412 的繞射光分佈，並傅立葉轉換所得的積。圖 13B 顯示以此方法計算之 P 映像 413。

於圖 13B 中，由各白色虛線所環繞的區域顯現等於或大於特定臨限值（於第五實施例中為 0.025）且對應於峰值位置於之值。僅須於圖 13B 中所示之由白色虛線所環繞的區域中插入（配置）輔助圖案。

接下來將說明如何決定對應於圖案資料 401 之主要圖

案。首先看到圖案資料的中心係於位置 $(0, 0)$ 。當分析 P 映像 413 時，其峰值係於自 $(0, 0)$ 移動 $(\delta x, \delta y)$ 的位置。當配置 120 nm 方形主要圖案中心之位置於 $(0, 0)$ 時，於因光學接近效應而經由 $(\delta x, \delta y)$ 移動時，係藉由曝光而轉移。

藉由配置主要圖案之中心於位置 $(-\delta x, -\delta y)$ ，可取消未置移動。同樣地，當主要圖案為接觸窗且彼等的中心位於 $(320, 320)$ 及 $(640, -350)$ 時，類似地插入（配置）彼等至不同於圖案資料 401 的位置。

P 映像 413 的分析亦使得可預測主要圖案的變形角度。因此基於其變形可決定主要圖案的形狀。

基於 P 映像 413 而決定主要圖案作為由圖案資料 401 自身所表示的圖案之後，藉採用 OPC 可校正主要圖案的位置移動及形狀。

視接觸窗圖案的配置而定，輔助圖案係經常配置為太靠近彼此。於此情況中，僅需插入（配置）一個圖案於接近相鄰輔助圖案。若某輔助圖案靠近所欲圖案，則應將彼移除。

<第七實施例>

遮罩產生程式 414 之應用目標並不特別受限於具方形接觸窗圖案的遮罩，且其可應用於具矩形接觸窗圖案或線圖案的遮罩。第七實施例將說明使用遮罩產生程式 414 產生具隔離的線圖案之遮罩資料 410 的情況。

假設除了有效光源資訊 402 及遮罩函數 412 以外的 P 映像計算資訊件與第五實施例相同。假設有效光源（對應於有效光源資訊 402）使用偶極照明，如圖 14A 中所示。假設圖案資料（目標圖案）401 為寬度係 120 nm 之隔離的線圖案。

第七實施例亦假設所謂的亮場（clear field）具不透明特徵，其中於經曝光用光照射的光阻部分上形成有圖案，並顯現等於或小於特定臨限值之值。

首先設定遮罩函數 412 為目標圖案自身，即 120 nm 之隔離的線圖案。大致上，當藉由曝光轉移線圖案時，僅於線部分中留下未經移除的光阻。因此，遮罩函數 412 表示遮罩顯現 100% 的背景透射率及遮罩具有由 120 nm 之隔離的線圖案所形成的光遮蔽部分。

圖 14B 顯示由上述 P 映像計算資訊件所計算的 P 映像 413。當插入（配置）輔助圖案至各顯示小於預定臨限值之值的區域中且對應於圖 14B 中所示之 P 映像 413 的峰值位置時，遮罩的成像表現改進。

圖 14B 中所示之 P 映像 413 於距離隔離的線圖案之中心約 290 nm 的位置具有峰值。使用其中輔助圖案係配置於距離隔離的線圖案之中心約 290 nm 的位置之遮罩，改進成像表現，如圖 14C 中所示者。於圖 14C 中，參考符號 d 指示距離隔離的線圖案之中心的距離，於第七實施例中其係 290 nm。

即便以下述方式插入（配置）輔助圖案，亦可產生具

隔離的線圖案之遮罩的遮罩資料 410。

首先，計算作為具清晰孔徑的暗場之 P 映像 413 係設定為 $PM_1(x, y)$ 。要注意的是，假設 $PM_1(x, y)$ 的最大值為 1 而使 P 映像 413 正規化。接下來藉由設定 $PM_2(x, y) = 1 - PM_1(x, y)$ 而計算新的 P 映像 413。插入（配置）輔助圖案至各顯現小於預定臨限值之值的區域中且對應於以此方式計算之 $PM_2(x, y)$ 上的峰值位置（或重心位置），藉此產生遮罩資料 410。可插入（配置）用以形成具不透明特徵之亮場的輔助圖案至各顯現大於預定臨限值之值的區域中且對應於峰值位置（或重心位置）。

<第八實施例>

於第八實施例中將詳細說明遮罩函數 412。

假設 P 映像計算資訊件皆相同於第五實施例。假設圖案資料（目標圖案）401 為 120 nm 方形之隔離的接觸窗圖案。

圖 15A 及 15B 顯示藉由設定遮罩函數 412 作為目標圖案自身所計算的 P 映像 413。圖 15A 顯示 P 映像 413 自身。圖 15B 顯示藉由設定各位置之正值為 1，且設定圖 15A 中所示 P 映像 413 上各位置之負值為 -1 而得到的映像。

圖 15C 及 15D 顯示藉由設定遮罩函數 412 為 60 nm 方形之隔離的接觸窗圖案所計算的 P 映像 413。圖 15C 顯示 P 映像 413 自身。圖 15D 顯示藉由設定各位置之正值

為 1，且設定圖 15C 中所示 P 映像 413 上各位置之負值為 -1 而得到的映像。

圖 15E 及 15F 顯示藉由設定遮罩函數 412 為 1 nm 方形之隔離的接觸窗圖案所計算的 P 映像 413。圖 15E 顯示 P 映像 413 自身。圖 15E 顯示藉由設定各位置之正值為 1，且設定圖 15F 中所示 P 映像 413 上各位置之負值為 -1 而得到的映像。

當設定相當小的圖案作為遮罩函數 412 時，插入（配置）輔助圖案使得光會聚於小圖案上，造成曝光餘裕增加。然而，如由圖 15A 至 15F 可瞭解，於此情況中遮罩形狀複雜。相反的，當數訂相當大圖案作為遮罩函數 412 時，遮罩形狀簡單。根據本發明之發明人試驗的各種情況，設定尺寸等於或小於目標圖案之尺寸者作為遮罩函數 412 係所欲者。

為簡化 P 映像 413 的計算，僅需藉由以點趨近接觸窗圖案（如 1 nm 接觸窗圖案）及以線趨近線圖案（如寬度為 1 nm 的圖案）而設定遮罩函數 412。若使用矩形接觸窗，僅需設定沿縱向延伸的線（如長度等於沿縱向之矩形接觸窗圖案的長度且寬度為 1 nm 之圖案）作為遮罩函數 412。

例如，於第五實施例中，僅需設定 1 nm 之隔離的接觸窗圖案作為遮罩函數 412。於第六實施例中，僅需定包括三個 1 nm 之接觸窗圖案的圖案作為遮罩函數 412。於第七實施例中，僅需設定寬度為 1 nm 之線圖案作為遮罩

函數 412。

如上述，所欲的遮罩函數 412 係尺寸等於或小於目標圖案之圖案。因此，可重設縮小放大率為 0（不包括）至 1（包括），以及可設定縮小放大率與目標圖案之原尺寸的積作為遮罩函數 412。

例如，設定縮小放大率為 0.75，僅需設定 90 nm（120 nm $\times$ 0.75）之隔離的接觸窗圖案作為第五實施例中的遮罩函數 412。僅需設定寬度為 90 nm 的線圖案作為第七實施例中的遮罩函數 412。要注意的是，第五至第七實施例各例示設定縮小放大率為 1 的情況。

一般上難以解析於橫向中的線圖案及矩形圖案，因而關注圖案之橫向解析度。為此緣故，可藉由設定縮小放大率與目標圖案於橫向中的原尺寸而計算 P 映像 413 作為遮罩函數 412。

<第九實施例>

於第九實施例中將說明插入（配置）輔助圖案至於 P 映像 413 上各具有負值的區域（位置）中。

P 映像 413 包括具有負值的區域。此表示區域中取消於 P 映像 413 上之空間影像的形成。

可將取消空間影像形成之效應解釋為令光反相（亦即設定光為 180°異相）。因此，藉由插入（配置）輔助圖案至 P 映像 413 上具負值的各區域使得穿透所欲圖案的光與穿透輔助圖案的光呈 180°異相，可改進遮罩的成像表現。

假設 P 映像計算資訊件與第五實施例相同。假設圖案資料（目標圖案）401 為直徑係 120 nm 的隔離之接觸窗圖案。

如上述第五實施例中所說明者，圖 11C 中所示之 P 映像 413 係由上述 P 映像計算資訊件所計算。當插入（配置）與所欲圖案同相（ 0° 異相）之輔助圖案於圖 11C 中之經白色虛線所環繞的區域 AR1 至 AR8 中時，改進遮罩的成像表現。要注意的是，圖 11C 中所示之 P 映像 413 上由白色虛線所環繞的區域 AR1 至 AR12 具有相當大之負峰值，如圖 16A 中所示者。於圖 16A 中所示之 P 映像 413 上，由白色虛線所環繞的區域 AR9 至 AR12 的中心位於四個位置，即（ $\pm 225, 225$ ）及（ $\pm 225, -225$ ）。圖 16B 中所示之遮罩資料 410 係藉由插入（配置）輔助圖案 AP1 至 AP4 至由白色虛線所環繞的區域 AR9 至 AR12 中而產生，彼等與所欲圖案呈 180° 異相。於圖 16B 中，輔助圖案 AP1 至 AP4 各與所欲圖案呈 180° 異相，以及每一者的尺寸為 $90\text{ nm} \times 90\text{ nm}$ 。

圖 17 係顯示依據圖 11D 所示的遮罩資料 410 之遮罩的成像表現（亦即根據第五實施例）與依據圖 16B 所示的遮罩資料 410 之遮罩的成像表現（亦即根據第九實施例）之比較結果的圖表。於圖 17 中，橫座標指示失焦量，及縱座標指示隔離之接觸窗圖案（CD）的直徑。基於隔離之接觸窗圖案（CD）的直徑改變相對失焦改變而評估各遮罩的成像表現。參照圖 17，基於圖 16B 中所示之遮罩

資料 410 的遮罩顯現較基於圖 11D 中所示之遮罩資料 410 的遮罩為佳之成像表現。

以此方式，藉由插入（配置）與所欲圖案呈 180° 異相之輔助圖案於 P 映像 413 上具有負值的區域中，可改進遮罩成像表現。因此，僅需插入與所欲圖案呈同相的輔助圖案於顯現大於正臨限值之值且對應於峰值位置的各區域中，以及插入與所欲圖案呈 180° 異相的輔助圖案於顯現小於負臨限值之值且對應於峰值位置的各區域中。於第九實施例中，正臨限值為 0.03，及負臨限值 -0.018。

<第十實施例>

如已於第五及第九實施例中所說明者，藉由基於 P 映像 413 而產生遮罩資料 410 可改進遮罩成像表現。然而當忠實地插入（配置）輔助圖案至 P 映像 413 時，遮罩形狀複雜。現有遮罩製造技術可基於圖 11D 中所示之遮罩資料 410 及基於圖 16B 中所示之遮罩資料 410 而製造遮罩。即便如此，降低施加於遮罩製造的負載係非常有用者。

為了降低施加於遮罩製造的負載，僅需插入近似待藉由曝光轉移之圖案的輔助圖案至顯現大於預定臨限值之值且對應於 P 映像 413 上的峰值位置之各區域。因為 P 映像 413 於指定位置具有最明顯特徵以插入（配置）輔助圖案，各輔助圖案之形狀改變對於遮罩成像表現的影響小。

假設 P 映像計算資訊件相同於第五實施例。假設圖案資料（目標資料）401 為直徑係 120 nm 的隔離之接觸窗

圖案。

如已於第五實施例中所說明者，顯現等於或大於正臨限值之值且對應於經由上述 P 映像計算資訊件所計算之 P 映像 413 上的峰值位置的各區域位於八個位置，即（ $\pm 285, 0$ ）、（ $0, \pm 285$ ）、（ $\pm 320, 320$ ）及（ $\pm 320, -320$ ）。於這八個位置插入與待藉由曝光而轉移的圖案呈同相之輔助圖案。要注意的是，假設各輔助圖案近似於作為所欲圖案的隔離之接觸圖案，且尺寸為 $90\text{ nm} \times 90\text{ nm}$ 。

如已於第九實施例中所說明者，於四個位置，即（ $\pm 225, 225$ ）及（ $\pm 225, -225$ ），插入與由待藉由曝光而轉移之圖案所繞射的光呈 180° 異相之輔助圖案。要注意的是，假設各輔助圖案近似於作為待藉由曝光而轉移之所欲圖案的隔離之接觸圖案，且尺寸為 $90\text{ nm} \times 90\text{ nm}$ 。

圖 18 顯示以此方式產生的遮罩資料 410。於圖 18 中，輔助圖案 AP5 至 AP12 與待藉由曝光而轉移之圖案呈同相，以及將彼等插入（配置）至（ $\pm 285, 0$ ）、（ $0, \pm 285$ ）、（ $\pm 320, 320$ ）及（ $\pm 320, -320$ ）。輔助圖案 AP13 至 AP16 與待藉由曝光而轉移之圖案呈 180° 異相，以及將彼等插入至（ $\pm 225, 225$ ）及（ $\pm 225, -225$ ）。因為輔助圖案 AP13 至 AP16 於基於圖 18 中所示之遮罩資料 410 的遮罩上各具有方形形狀（亦即近似於所欲圖案），此遮罩之製造可較基於圖 16B 中所示之遮罩資料 410 的遮罩之製造簡單。

圖 19 係顯示依據圖 16B 所示的遮罩資料 410 之遮罩

的成像表現（亦即根據第九實施例）與依據圖 18 所示的遮罩資料之遮罩的成像表現（亦即根據第十實施例）之比較結果的圖表。參照圖 19，基於圖 16B 所示的遮罩資料 410 之遮罩的成像表現與基於依據圖 18 所示的遮罩資料 410 之遮罩的成像表現間有些許不同。以此方式，藉由插入（配置）近似於待藉由曝光而轉移之圖案的輔助圖案於顯現大於預定臨限值之值且對應於峰值位置的各區域中，可降低施加於遮罩製造的負載。此外，與根據先前技術所製造的遮罩相比較，以此方式製造的遮罩可改進成像表現。各輔助圖案並不特別受限於幾乎與所欲圖案相同者，以及可採用任何形式只要彼促進遮罩製造即可。

當各輔助圖案近乎待藉由曝光轉移之圖案時，其較佳具有待藉由曝光而轉移之接觸窗圖案之約 75% 的尺寸。於此尺寸不代表面積但為圖案一個側邊的長度。例如，當形成方形圖案 120 nm 之一個側邊於遮罩上以藉由曝光轉移 120 nm 的接觸窗時，各輔助圖案之一個側邊的長度僅需為約 90 nm。因為 P 映像 413 適當地指明插入（配置）輔助圖案的位置，插入（配置）輔助圖案使解析力具相當程度的改進。因此不需固定各輔助圖案之尺寸為待藉由曝光而轉移之接觸窗圖案之尺寸的 75%。根據本發明之發明人的各種試驗，即便各輔助圖案的尺寸為待藉由曝光而轉移之接觸窗圖案的尺寸之 50% 至 85%，可得到插入輔助圖案之充分的效果。

若接觸窗圖案為矩形形狀，僅需插入（配置）矩形輔

助圖案。這些輔助圖案之短側的長度僅需為待藉由曝光而轉移之接觸窗圖案之短側的長度的 50% 至 80%。

若待藉由曝光而轉移之圖案為線圖案，僅需插入線性輔助圖案。因線性圖案易於解析，各輔助圖案之寬度較佳為待藉由曝光而轉移的線圖案之寬度的 35% 至 70%。

<第十一實施例>

於第十一實施例中將說明使用 P 映像 413 之多重曝光。廣義的認為多重曝光為一種微圖案曝光方法。廣義的多重曝光包括狹義的多重曝光及複數次曝光。於狹義的多重曝光中，添加潛像圖案而不需要顯影過程。例如，於代表性的雙重曝光中，將遮罩圖案分成兩種類型，即緻密圖案及稀疏圖案，藉此表現雙重曝光。另一種雙重曝光中，將線圖案分為縱向及橫向中的圖案，且彼等獨立地藉由曝光而轉移，藉此形成所欲線圖案。相反的，於複數次曝光中，藉由顯影過程添加潛像圖案。這些曝光架構為降低 k_1 因子的方法，以及於以下將僅稱之為“多重曝光”，此術語包括狹義的多重曝光及複數次曝光。

如前述，P 映像 413 包括具負值的區域，以及具有取消成像（亦即形成空間影像）函數。

假設 P 映像計算資訊件相同於第五實施例。圖 20 顯示當插入（配置）與待藉由曝光而轉移的所欲圖案呈同相之輔助圖案至具有正值的區域時之失焦特徵，以及當插入與所欲圖案呈同相之輔助圖案至由 P 映像計算資訊件所計

算之 P 映像 413 上的具有負值的位置時之失焦特徵。圖 20 亦顯示無輔助圖案時之失焦特徵。於圖 20 中，橫座標指示失焦量，以及縱座標指示接觸窗圖案的直徑（CD）。

參照圖 20，於具正值位置插入（配置）輔助圖案時之失焦特徵較 P 映像 413 上不具輔助圖案時之失焦特徵為佳。然而，於具負值位置插入（配置）輔助圖案時之失焦特徵較 P 映像 413 上不具輔助圖案時之失焦特徵為劣。以此方式，圖 20 顯示增加配置於待藉由曝光而轉移的圖案周圍之輔助圖案的數目並非總是有益者，此與習知觀念不同。

於 P 映像 413 上具負值的位置表示禁用間距。於 P 映像 413 上具負值的位置係向量，其取決於距離及方向。於此情況中，四個向量，即（ $\pm 225, 225$ ）及（ $\pm 225, -225$ ）表示禁用間距。這些向量各指向由原點至顯現等於或小於 P 映像 413 上臨限值的同調性之區域的方向。

當分割圖案資料 401 以避免禁用間距（假設表示禁用間距的向量作為參考向量）時，可產生沒有任何禁用間距的最終圖案資料 401。

參考圖 21 將詳細說明藉由遮罩產生程式 414 產生不具任何禁用間距之產生圖案資料 401 的方法。假設使用者事先經由輸入單元 50 而輸入 P 映像計算資訊件且 P 映像計算資訊件係儲存於儲存單元 40 中。以及，假設經由控制單元 20，遮罩產生程式 414 待由連接至媒體介面 60 的

儲存媒體 70 安裝，以及儲存於儲存單元 40 中。遮罩產生程式 414 響應藉由使用者經輸入單元 50 輸入的啓始指令而啓動，及由控制單元 20 所執行。

於步驟 S1102 中，控制單元 20 基於 P 映像計算資訊件而計算 P 映像 413。要注意的是，並非基於整體圖案資料（目標圖案）401 而是基於彼之一個元素而設定遮罩函數 412。更具體地，藉由執行供目標圖案之一個元素的預定方法（如藉由縮小放大率而將彼放大）設定遮罩函數 412。

於步驟 S1104 中，控制單元 20 由步驟 S1102 中所計算之 P 映像 413 指定代表禁用間距的參考向量。更具體地，藉由擷取各從原點至顯現等於或小於 P 映像 413 上臨限值的同調性並對應於 P 映像 413 上負峰值之區域的向量數量而指定參考向量。

於步驟 S1106 中，控制單元 20 設定圖案資料 401 之參考數 i（於下述步驟中產生）的初始值為“1”。此後，將具有參考數 i 的圖案資料視為第 i 個圖案資料。

於步驟 S1108 中，控制單元 20 查驗圖案資料 401 是否具有禁用間距。更具體地，當自圖案資料 401 的複數個元素選擇關注的元素且假設所選擇之關注的元素的中新作為開始點而設定參考向量時，控制單元 20 查驗存在參考向量之任何端點附近的元素。若控制單元 20 決定元素存在參考向量之任何端點附近，其決定圖案資料 401 具有禁用間距。若控制單元 20 決定沒有元素存在參考向量之任

何端點附近，其決定圖案資料 401 不具有禁用間距。

若控制單元 20 決定決定圖案資料 401 具有禁用間距，前進至步驟 S1110；否則，前進至步驟 S1112。

於步驟 S1110 中，控制單元 20 自圖案資料 401 移除參考向量之任何端點附近的元素，以及暫時地儲存移除的元素上的資訊於快取記憶體中。

於步驟 S1112 中，控制單元 20 是否已於所有的元素（未於步驟 S1110 中被移除之圖案資料 401 的複數個元素）執行步驟 S1108 之決定。

若控制單元 20 決定已於所有的元素執行步驟 S1108 之決定，前進至步驟 S1114；否則，返回步驟 S1108 的程序。

於步驟 S1114 中，控制單元 20 產生第 i 個圖案資料（第 i 個資料產生步驟）。更具體地，若 $i=1$ ，控制單元 20 決定藉由自圖案資料 401 移除所有參考向量之端點附近的元素而得到的圖案資料作為第 i 個圖案資料。若 $i \geq 2$ ，控制單元 20 決定藉由自第 $(i-1)$ 個圖案資料移除所有參考向量之端點附近的元素而得到的圖案資料作為第 i 個圖案資料。

於步驟 S1116 中，控制單元 20 新設定藉由增加 1 至圖案資料之參考數 i 所得到的值為 i 。

於步驟 S1118 中，控制單元 20 計算 P 映像 413。更具體地，控制單元 20 計算 P 映像 413 作為於圖案資料 401 中插入（配置）輔助圖案的預備步驟。於步驟 S1118

中，基於第 i 個圖案資料中之所有的元素設定函數 412。換句話說，藉由執行用於第 i 個圖案資料中之所有的元素的預定方法（如藉由縮小放大率而放大彼等）而設定函數 412，藉此計算 P 映像 413。因為得自步驟 S1102 之遮罩函數與得自步驟 S1118 之遮罩函數不同，於步驟 S1102 及 S1118 中必需計算不同的 P 映像 413。

於步驟 S1120 中，控制單元 20 藉由插入（配置）輔助圖案而產生遮罩資料 410。更具體地，基於步驟 S1118 中所計算的 P 映像 413，插入（配置）輔助圖案於顯現高於預定臨限值之值並對應於峰值位置的各區域中。控制單元 20 接著決定作為新遮罩資料 410 之包括遮罩資料 410 中的輔助圖案上之資訊而得到的資料。此時，控制單元 20 可於顯示單元 30 上顯示遮罩資料 410 而非圖案資料 401。

於步驟 S1122 中，控制單元 20 藉參照快取記憶體而查驗是否有自圖案資料 401 所移除的元素。

若控制單元 20 決定有自圖案資料 401 所移除的元素，前進至步驟 S1124；否則，結束方法。

於步驟 S1124 中，控制單元 20 產生圖案資料 401，其包括於產生第 i 個圖案資料時移除的元素，作為新製程目標（第二資料產生步驟）。

將說明使用 P 映像 413 分割圖案資料 401 的實例。假設 P 映像計算資訊件相同於第五實施例。考量圖 22A 所示之圖案資料 401 為製程目標的情況。圖 22A 中所示之

圖案資料 401 具有三個接觸窗 CP1 至 CP3。接觸窗 CP1 至 CP3 各者的尺寸（直徑）為 120 nm。

於 y 方向中接觸窗 CP2 與接觸窗 CP1 分開相聚 -280 nm。
 於 x 方向中接觸窗 CP3 與接觸窗 CP2 分開相聚 225 nm，
 及於 y 方向中接觸窗 CP3 與接觸窗 CP2 分開相聚 -225 nm。

藉由設定一個元素（亦即三個接觸窗 CP1 至 CP3 中之一者）作為遮罩函數 412，控制單元 20 計算 P 映像 413。
 於此實施例中，設定接觸窗 CP1 作為遮罩函數 412。於遮罩上之位置（ $\pm 280, 0$ ）及（ $0, \pm 280$ ）處，P 映像 413 具有正峰值。以及於遮罩上之位置（ $\pm 225, 225$ ）及（ $\pm 225, -225$ ）處，P 映像 413 具有負峰值。

控制單元 20 指明表示例如 P 映像 413 之禁用間距的參考向量。此時，四個參考向量為（225, 225）、（225, -225）、（-225, 225）及（-225, -225）。

控制單元 20 選擇接觸窗（元素）CP2 作為關注的元素，假設圖 22A 中所示之圖案資料 401 作為製程目標。於此情況中，假設所選擇的接觸窗 CP2 的位置作為關注元素而設定參考向量為起始點，接觸窗（元素）CP3 存在於接近參考向量的一個端點處。因此，接觸窗 CP2 及 CP3 具有禁用間距關係。

為取消此狀態，控制單元 20 自圖 22A 中所示之圖案資料 401 移除接近參考向量之一端點的接觸窗（元素）CP3，以產生圖 22B 中所示之第一圖案資料。藉此操作，

使圖 22C 中所示之圖案資料 401 分割成圖 22B 中所示之第一圖案資料以及圖 22C 中所示之第二圖案資料。此分割可產生不具任何禁用間距之兩個遮罩的遮罩資料。

如第五及第九實施例中所說明者，基於 P 映像 413 插入（配置）輔助圖案改進遮罩的成像表現。因此，與簡單雙重曝光相較，藉由於圖 22B 中所示之第一圖案資料以及圖 22C 中所示之第二圖案資料中插入（配置）最適輔助圖案已產生圖 22D 及 22E 中所示之圖案資料，可改進成像表現。

當輸入圖 22D 及 22E 中所示之遮罩資料至 EB 描繪裝置時，基於彼等製造兩個遮罩。當使用此二遮罩執行雙重曝光時，相較使用與圖 22A 中所示之圖案資料相同的遮罩而執行曝光，可形成較高精確度的接觸窗 CP1 至 CP3。

<第十二實施例>

於第十二實施例中將說明有效光源之最佳化。於最佳化有效光源時，僅需判斷 P 映像 413 上的峰值（顯現等於或大於預定臨限值之值的各區域）匹配圖案資料 401 之元素的位置。

假設除有效光源資訊 402 以外的 P 映像計算資訊件均相同於第五實施例。如圖 23A 中所示，考量具有三個接觸窗 CP11 至 CP13 的供圖案資料（目標圖案）401 之有效光源最佳化。以間距 dd 為 300 nm 的方式配製三個接觸窗 CP11 至 CP13。接觸窗 CP11 至 CP13 各者的尺寸為 120

nm。

圖 23B 為顯示有效光源初始值（有效光源資訊 402）的圖表。於圖 23B 中，白色圓形線表示 $\sigma=1$ ，及白色區域表示光照射部分。光瞳座標系統係經正規化，使得自圓形中心至各極（光照射部分）中心的距離於 x 方向係設為 0.45，及於 y 方向係設為 0.45，且設定各極（光照射部分）的直徑為 0.3。

基於圖 23B 中所示之有效光源的初始值，控制單元 20 計算圖 23C 中所示之 P 映像 413。圖 23C 中所示之 P 映像 413 於位置 $(0, \pm 300)$ 及 $(\pm 300, 0)$ 具有正峰值。圖 23C 中所示之 P 映像 413 適於基於圖 23A 中所示之圖案資料的遮罩。此因於基於圖 23A 中所示之圖案資料 401 的遮罩上之相鄰接觸窗之間的間距 dd 為 300 nm。

藉由重設遮罩函數 412（如藉由設定遮罩函數 412 作為目標圖案自身），控制單元 20 計算新的 P 映像 413。當於顯現等於或大於預定臨限值之值且對應於 P 映像 413 上之峰值位置的各區域插入（配置）輔助圖案時，可得到如圖 23D 中所示之遮罩資料 810。使用基於圖 23D 中所示之遮罩 410 之遮罩，使得以高精確度形成接觸窗 CP11 至 CP13。

圖 24 為用於解釋藉由遮罩產生程式 414 以產生遮罩資料 410 之製程的流程圖。

於步驟 S1202 中，控制單元 20 設定有效光源資訊 402。

於步驟 S1204 中，控制單元 20 設定遮罩函數 412。
要注意的是，遮罩函數並非基於整體目標圖案而是基於目標圖案的一個元素而設定。藉由執行供一個元素的預定製程（如以縮小放大率將彼放大）而設定遮罩函數 412。

於步驟 S1206 中，控制單元 20 基於步驟 S1204 中之遮罩函數 412 而計算遮罩函數 412。

於步驟 S1208 中，控制單元 20 匹配 P 映像 413 與接觸窗 CP11 至 CP13，作為待藉由曝光而轉移之所欲圖案。

於步驟 S1210 中，控制單元 20 決定接觸窗 CP11 至 CP13 適否作為匹配 P 映像 413 上之峰值（顯現等於或大於預定臨限值之值的各區域）的所欲圖案。若控制單元 20 決定接觸窗 CP11 至 CP13 作為匹配峰值之所欲圖案，前進制步驟 S1212。若控制單元 20 決定作為所欲圖案之接觸窗 CP11 至 CP13 不匹配 P 映像 413 上的峰值，返回步驟 S1202。

於步驟 S1212 中，控制單元 20 改變遮罩函數 412。雖然是藉由關注步驟 S1204 中的目標圖案之一個元素而設定遮罩函數 412，但目標圖案的所有元素均被設為遮罩函數 412。為此緣故，藉由執行供目標圖案之所有元素的預定製程（如以縮小放大率將彼等放大）而設定遮罩函數 412。

於步驟 S1214 中，控制單元 20 基於步驟 S1212 中所設定之遮罩函數 412，計算 P 映像 413。

於步驟 S1216 中，控制單元 20 基於步驟 S1214 中所

計算的 P 映像 413 而插入（配置）輔助圖案以產生遮罩資料，並於此結束方法。

為最佳化有效光源，必須重複（亦即迴圈）圖 24 中所示之步驟 S1202 至 S1210。有效光源（有效光源資訊 402）之初始設定對迅速完成步驟 S1201 至 S1210 的迴圈係重要的。將於以下說明簡單計算初始設定有效光源的方法，其可在短時間期間內計迅速地完成步驟 S1201 至 S1210 的迴圈。

藉由遮罩圖案所繞射的光形成投射光學系統之光瞳平面上的繞射光分佈。如前述，令 (f, g) 為繞射光的振幅。如前述，投射光學系統之光瞳平面上的座標 (f, g) 亦因假設投射光學系統之光瞳尺寸（光瞳直徑）為 1 而經正規化。令環形 $(f-f', g-g')$ 為函數，其令落入半徑為 1 的圓形之內的位置與 (f', g') 的中心為 1，及另其他位置為 0。令 $w(f, g)$ 為繞射光的加權函數。

首先，控制單元 20 計算下式重積分：

$$S_{\text{raw}}(f, g) = \iint w(f, g) a(f, g) \text{circ}(f - f', g - g') df' dg' \quad \dots (35)$$

其中 $|f'| \leq 2$ 且 $|g'| \leq 2$ 。

接下來，控制單元 20 計算下式：

$$S(f, g) = S_{\text{raw}}(f, g) \text{circ}(f, g) \quad \dots (36)$$

最後，控制單元 20 決定由式（36）所計算之 $S(f, g)$ 作為有效光源的設定值。

例如，考量如圖 25A 中所示之圖案資料 401，其中 5

列與 5 行的接觸窗圖案係二維地配置於 300 nm 的圓形。於圖 25A 中，縱座標指示遮罩錶面上的 y 座標（單位：nm），以及橫座標指示遮罩錶面上的 x 座標（單位：nm）。第 12 實施例亦假設使用 NA 為 0.73（對應於 NA 資訊 403）及曝光波長為 248 nm（對應於 λ 資訊 404）之投射光學系統的情況。

基於式（35）及（36），控制單元 20 計算描述有效光源的函數 $S(f, g)$ 。圖 25B 顯示由控制單元 20 所計算的經函數 $S(f, g)$ 描述之有效光源。於此實施例中，假設加權函數 $w(f, g)$ 為四次函數，其滿足 $w(0, 0) = 0.1$ 且 $w(2, 2) = 1$ 。於圖 25B 中，縱坐標指示 x 方向中的同調因子 σ ，以及橫坐標指示 y 方向中的同調因子 σ 。

參照圖 25B，連續改變由函數 $S(f, g)$ 所描述的有效光源。於圖 25B 中所示之有效光源接近圖 23B 中所示之有效光源。因此，圖 25B 中所示的有效光源適用作為步驟 S1202 至 S1210 之回圈中之於步驟 S1202 所設定的有效光源資訊 402 之初始值（有效光源的設定值）。

<第十三實施例>

於第十三實施例中將說明使用基於上述實施例之一者中所產生的遮罩資料 410 而製造遮罩 130 以執行曝光方法的曝光設備 100。要注意的是圖 26 係顯示曝光設備 100 之配置的示意方塊圖。

曝光設備 100 為浸潤式曝光設備，其經由投射光學系

統 140 與晶圓 150 之間所供應的液體 LW 藉使用步階及掃描方法而轉移遮罩 130 之圖案至晶圓 150 上。然而，曝光設備 100 可採用步階及掃描方法或其他曝光方法。

如圖 26 中所示，曝光設備 100 包括光源 110、照明光學系統 120、供設置遮罩 130 之遮罩台 135、投射光學系統 140、供設置晶圓 150 之晶圓台 155、液體供應/回收單元 160，以及主要控制系統 170。光源 110 與照明光學系統 120 組成照明設備，其照明其上形成有待經轉移的電路圖案之遮罩 130。

光源 110 為準分子雷射，諸如波長為約 193 nm 之 ArF 準分子雷射或波長為約 248 nm 之 KrF 準分子雷射。然而，並不特別限定光源 110 之種類及數目。例如，亦可使用波長為約 157 nm 的 F₂ 雷射作為光源 110。

照明光學系統 120 以來自光源 110 的光照明遮罩 130。於此實施例中，照明光學系統 120 包括光束成形光學系統 121、聚焦光學系統 122、極化控制單元 123、光學積分器 124，以及孔徑光闌 125。照明光學系統 120 亦包括聚光透鏡 126、彎曲鏡 127、遮罩葉片 128，以及成像透鏡 129。照明光學系統 120 可實施各種照明模式，諸如圖 4A 及 14A 中所示之習知的照明及修飾的照明（如四極照明及偶極照明）。

例如，光束成形光學系統 121 為包括複數個圓柱透鏡的光束放大器。光束成形光學系統 121 將來自光源 110 之準直光的截面形狀之水平對垂直比轉換成預定值（如將截

面形狀由矩形轉換成正方形)。於此實施例中，光束成形光學系統 121 使來自光源 110 的光成形為照明光學積分器 124 所需之尺寸及發散角度。

聚焦光學系統 122 包括複數個光元件，且有效地導引由光束成形光學系統 121 所成形之光至光學積分器 124。聚焦光學系統 122 包括例如變焦透鏡系統，且調整進入光學積分器 124 之光的形狀及角度。

極化控制單元 123 包括例如極化元件，且其係設定於接近投射光學系統 140 之光瞳平面 142 的共軛位置。極化控制單元 123 控制投射光學系統 140 之光瞳平面 142 所形成的有效光源之預定區域的極化狀態。

光學積分器 124 具有均勻照明光的函數，其照明遮罩 130、轉換其入射光的角分佈成為位置分佈，以及輸出所得的光。光學積分器 124 係例如具有其入射表面與射出表面維持傅立葉轉換關係的蒼蠅眼透鏡。蒼蠅眼透鏡係藉由結合複數個桿透鏡（亦即微透鏡元件）所形成。然而，光學積分器 124 並不特別受限於蒼蠅眼透鏡，且可能為例如圓柱透鏡陣列板，其中光學桿及繞射光柵彼此正交排列。

設定孔徑光闌 125 於緊接光學積分器 124 之射出表面之後且接近投射光學系統 140 之光瞳平面 142 上所形成的有效光源共軛的位置。孔徑光闌 125 的孔徑形狀對應於投射光學系統之光瞳平面上所形成之光強度分佈（亦即有效光源）。換句話說，孔徑光闌 125 控制有效光源。根據照明模式可切換孔徑光闌 125。無孔徑光闌，在光學積分器

124 的先前階段，可藉由設定繞射光學元件（如 CGH（電腦產生的全像））及稜鏡（如角錐稜鏡）可形成有效光源。

聚光透鏡 126 會聚形成接近光學積分器 124 之射出表面並通過孔徑光闌 125 之由第二光源發出之光束，以及使彼經由彎曲鏡 127 均勻地照明遮罩葉片 128。

設定遮罩葉片 128 於接近遮罩 130 之共軛位置，以及遮罩葉片 128 係由複數個可移動的遮光板所形成。遮罩葉片 128 形成對應於投射光學系統 140 之有效區域的近似矩形開口。使用通過遮罩葉片 128 的光束做為照明遮罩 130 的照明光。

於遮罩 130 上，成像透鏡 129 形成通過遮罩葉片 128 之光束的影像。

藉由諸如 EB 描繪裝置之製造裝置，基於藉前述處理設備 1（遮罩產生程式）所產生的遮罩資料來製造遮罩 130，且遮罩 130 具有待轉移的電路圖案及輔助圖案。遮罩 130 的圖案可包括不同於藉上述遮罩產生程式所產生之遮罩圖案的圖案。由遮罩台 135 支持並驅動遮罩 130。藉由遮罩 130 所產生的繞射光係經由投射光學系統 140 投射至晶圓 150 之上。設定遮罩 130 及晶圓 150 以具有光學共軛關係。因曝光設備 100 採步階及掃描方法，其藉由同步地掃描彼等而將遮罩 130 之待轉移的電路圖案轉移至晶圓 150 之上。當曝光設備 100 採步階及重覆方法時，其於遮罩 130 與晶圓 150 靜止時執行曝光。

遮罩台 135 經由遮罩夾盤而支持遮罩 130，以及遮罩台係連接至驅動機制（未顯示）。驅動機制（未顯示）係例如由線性馬達所形成，以及沿 X-、Y-及 Z-軸方向以及個別軸之旋轉方向驅動遮罩台 135。要注意的是，定義遮罩 130 或晶圓 150 於彼表面上之掃描方向為 Y 軸方向，定義垂直於彼之方向為 X 軸方向，以及定義垂直於遮罩 130 或晶圓 150 之表面的方向為 Z 軸方向。

投射光學系統 140 投射遮罩 130 的電路圖案至晶圓 150 之上。投射光學系統 140 可為折射系統、反射曲光系統或反射系統。以塗層塗覆投射光學系統 140 的最終透鏡（最終表面），以降低由液體供應/回收單元 160（用於保護）所提供的液體 LW 所產生的影響。

晶圓 150 為基板，其上投射（轉移）有遮罩 130 的電路圖案。然而，可用玻璃板或其他基板取代晶圓 150。以光阻塗覆晶圓 150。

如同遮罩台 135，晶圓台 155 支持晶圓 150，以及使用線性馬達於 X-、Y-及 Z-軸方向以及繞個別軸之旋轉方向移動。

液體供應/回收單元 160 具有供應液體 LW 至晶圓 150 與投射光學系統 140 的最終透鏡（最終表面）之間的空間之功能。液體供應/回收單元 160 亦具有回收已供應至晶圓 150 與投射光學系統 140 的最終透鏡間的空間之液體 LW 的功能。選擇相對曝光用光為高透射率、預防雜垢附著於投射光學系統 140（於彼之最終透鏡上），以及匹配

光阻方法的物質作為液體 LW。

主要控制系統 170 包括 CPU 及記憶體，以及控制曝光設備 100 的操作。例如，主要控制系統 170 電性連接至遮罩台 135、晶圓台 155，以及液體供應/回收單元 160，並且控制遮罩台 135 與晶圓台 155 之間的同步掃描。例如基於曝光時晶圓台 155 之掃描方向及速度，主要控制系統 170 亦控制液體之供應、回收，以及停止供應/回收之間的切換。於上述實施例之一中，主要控制系統 170 接收有效光源資訊，以及控制孔徑光闌、繞射光學元件，以及稜鏡以形成有效光源。藉由使用者輸入或藉由連接處理設備 1 與曝光設備 100 而自處理設備 1 發射有效光源至曝光設備 100 可輸入有效光源資訊至主要控制系統 170，以允許資料於彼等間通訊。若連接處理設備 1 與曝光設備 100 以允許資料於彼等間通訊，曝光設備 100 包括已知資料接收單元並且處理設備 1 包括已知資料發射單元。

雖然上述之處理設備 1 可為配置於曝光設備 100 外部的電腦，取而代之的，主要控制系統 170 可具有上述處理設備 1 之功能。於此情況中，主要控制系統 170 使用 P 運算子於短時間期間內可計算形成於晶圓表面上的光強度分佈（空間影像）。換句話說，主要控制系統 170 可改進部分同調成像計算的速度，因此縮短基於模型之 RET 所花時間。因此，曝光設備 100 可於短時間期間內最佳化曝光條件（如最佳化用於遮罩 130 之有效光源），因此改進產出量。主要控制系統 170 亦可產生較使用 P 映像之先前技

術更優異的成像表現之遮罩資料。

於曝光時，由光源 110 發出的光束藉由照明光學系統 120 而照明遮罩 130。正被傳輸通過遮罩 130 之光束反射遮罩 130 的電路圖案，經由液體 LW 藉投射光學系統 140 而於晶圓 150 上形成影像。曝光設備 100 具有優異的成像表現以及可以提供高產出量及好的經濟效益予裝置（如半導體裝置、LCD 裝置、影像感應裝置（如 CCD），及薄膜磁頭）。藉由使用曝光設備 100 曝光塗覆有光阻（感光劑）的基板（如晶圓或玻璃板）之步驟、顯影經曝光基板的步驟，及其他已知步驟而製造這些裝置。

當參考例示性實施例說明本發明時，要了解的是本發明並不限於所揭露的例示性實施例。下述申請專利範圍包含最廣義解釋，以包含所有修飾及均等的結構及功能。

【圖式簡單說明】

圖 1 係根據本發明一面向之顯示執行計算方法的處理設備 1 之組態的示意方塊圖。

圖 2 係顯示一維平面波（正交函數系統）之示意圖。

圖 3 係用於詳細解釋藉由圖 1 中所示之處理設備 1 中的空間影像計算程式之計算空間影像方法的流程圖。

圖 4A 至 4D 係用於解釋根據本發明之第一實施例之圖，其中圖 4A 顯示第一實施例中所使用的有效光源、圖 4B 顯示第一實施例中所使用的遮罩資料、圖 4C 顯示藉由空間影像計算程式所計算之空間影像，以及圖 4D 顯示藉

由 SOCS 所計算的空間影像。

圖 5 係用於解釋根據本發明之第二實施例之圖，其中顯示當投射光學系統具像差時，藉由空間影像計算程式所計算的空間影像。

圖 6 係用於解釋根據本發明之第二實施例之圖，其中顯示當照射光經極化時，藉由空間影像計算程式計算的空間影像。

圖 7A 至 7C 係用於解釋根據本發明之第三實施例之圖，其中圖 7A 顯示遮罩資料，以及圖 7B 及 7C 顯示使用圖 7A 中所示之遮罩資料及 OPC 之後的遮罩資料，藉由空間影像計算程式所計算之空間影像。

圖 8A 及 8B 係用於解釋根據本發明之第四實施例之圖表，其中圖 8A 顯示本徵值的數字與平方之間的關係，以及圖 8B 顯示完整空間影像與約略空間影像（即由一些本徵值及本徵函數所計算之空間影像）之間的差異。

圖 9A 至 9C 係用於解釋根據本發明之第四實施例之圖表，其中圖 9A 顯示有效光源、圖 9B 顯示未經壓縮的 P 運算子，以及圖 9C 顯示經壓縮的 P 運算子。

圖 10 係顯示根據本發明之第五實施例的處理設備之組態的方塊圖。

圖 11A 至圖 11E 係用於解釋根據本發明之第五實施例之圖，其中圖 11A 顯示有效光源、圖 11B 顯示圖案資料、圖 11C 顯示 P 映像、圖 11D 顯示遮罩資料，以及圖 11E 顯示各區域顯現等於或大於 P 映像臨界值之值。

圖 12 係顯示不具有輔助圖案之遮罩的成像表現、根據先前技術而插入輔助圖案之遮罩的成像表現，及根據第五實施例插入輔助圖案之遮罩的成像表現之比較結果的圖。

圖 13A 及 13B 係用於解釋根據本發明之第六實施例之圖，其中圖 13A 顯示圖案資料以及圖 13B 顯示 P 映像。

圖 14A 至 14C 係用於解釋根據本發明之第七實施例之圖，其中圖 14A 顯示有效光源、圖 14B 顯示 P 映像，以及圖 14C 顯示遮罩。

圖 15A 至 15F 係用於解釋根據本發明之第八實施例之圖，其顯示 P 映像。

圖 16A 及 16B 係用於解釋根據本發明之第九實施例之圖，其中圖 16A 顯示 P 映像以及圖 16B 顯示遮罩資料。

圖 17 係顯示依據圖 11D 所示的遮罩資料之遮罩的成像表現（第五實施例）與依據圖 16B 所示的遮罩資料之遮罩的成像表現（第九實施例）之比較結果的圖表。

圖 18 係顯示根據本發明之第十實施例的遮罩資料之圖。

圖 19 係顯示依據圖 16B 所示的遮罩資料之遮罩的成像表現（第九實施例）與依據圖 18 所示的遮罩資料之遮罩的成像表現（第十實施例）之比較結果的圖表。

圖 20 係用於解釋根據本發明之第十一實施例之圖，

其顯示當與待藉由曝光而轉移之所欲圖案為同相的輔助圖案被配置於 P 映像上具有正值的位置時之失焦特徵，以及當與待藉由曝光而轉移之所欲圖案為同相的輔助圖案被配置於 P 映像上具有負值的位置時之失焦特徵。

圖 21 係用於解釋藉由遮罩產生程式產生不具任何禁用間距之圖案資料的方法之流程圖。

圖 22A 至 22E 係用於解釋根據本發明之第十一實施例之圖，其中圖 22A 顯示圖案資料、圖 22B 及 22C 顯示遮罩資料，以及圖 22D 及 22E 顯示插入有輔助圖案的遮罩資料。

圖 23A 至 23D 係用於解釋根據本發明之第十二實施例之圖，其中圖 23A 顯示圖案資料、圖 23B 顯示有效光源、圖 23C 顯示 P 映像，以及圖 23D 顯示遮罩資料。

圖 24 係用於解釋藉由遮罩產生程式之遮罩資料產生方法的流程圖。

圖 25A 及 25B 係用於解釋根據本發明之第十二實施例之圖，其中圖 25A 顯示圖案資料及圖 25B 顯示有效光源。

圖 26 係顯示根據本發明一面向之曝光設備的組態之示意方圖。

【主要元件符號說明】

1：處理設備

10：匯流排線

20：控制單元

30：顯示單元

40：儲存單元

50：輸入單元

60：媒體介面

70：儲存媒體

100：曝光設備

110：光源

120：照明光學系統

121：光束成形光學系統

122：聚光光學系統

123：極化控制單元

124：光學積分器

125：孔徑光闌

126：聚光透鏡

127：彎曲鏡

128：遮罩葉片

129：成像透鏡

130：遮罩

135：遮罩台

140：投射光學系統

142：光瞳平面

150：晶圓

155：晶圓台

160：液體供應/回收單元

170：主要控制系統

401：圖案資料

402：有效光源資訊

403：NA 資訊

404： λ 資訊

405：像差資訊

406：極化資訊

407：光阻資訊

408：P 運算子

409：空間影像

410：遮罩資料

411：空間影像計算程式

412：遮罩函數

413：P 映像

414：遮罩產生程式

五、中文發明摘要

發明之名稱：計算方法、產生方法、程式、曝光方法及遮罩製造方法

本發明提供一種計算形成於投射光學系統之影像平面上的光強度分佈之計算方法，包含一分割步驟，分割形成於投射光學系統之光瞳平面上的有效光源成為複數個點光源、一移動步驟，針對各複數個點光源並根據彼等的位置而移動描述投射光學系統之光瞳的光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數、一定義步驟，定義包括該複數個光瞳函數之矩陣，一執行步驟，執行矩陣的奇異值分解，藉此計算本徵值及本徵函數，以及一計算步驟，基於由遮罩之圖案所繞射的光強度分佈以及本徵值及本徵函數，計算光強度分佈。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

CALCULATION METHOD, GENERATION METHOD, PROGRAM,
EXPOSURE METHOD, AND MASK FABRICATION METHOD

The present invention provides a calculation method of calculating, by a computer, a light intensity distribution formed on an image plane of a projection optical system, comprising a step of dividing an effective light source formed on a pupil plane of the projection optical system into a plurality of point sources, a step of shifting a pupil function describing a pupil of the projection optical system for each of the plurality of point sources in accordance with positions thereof, thereby generating a plurality of shifted pupil functions, a step of defining a matrix including the plurality of pupil functions, a step of performing singular value decomposition of the matrix, thereby calculating an eigenvalue and an eigenfunction, and a step of calculating the light intensity distribution, based on a distribution of the light diffracted by the pattern of the mask, and the eigenvalue and the eigenfunction.

圖 1

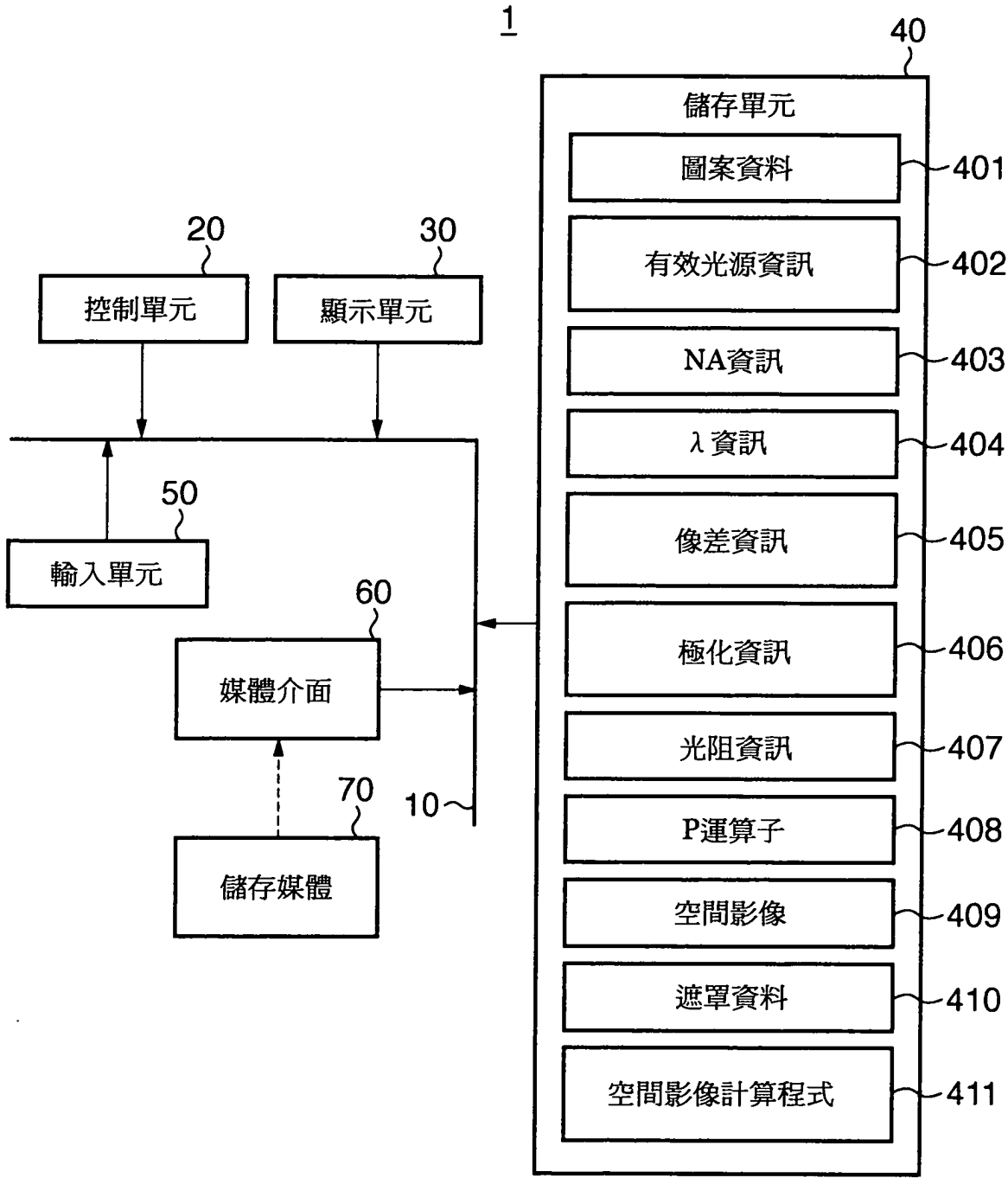


圖2

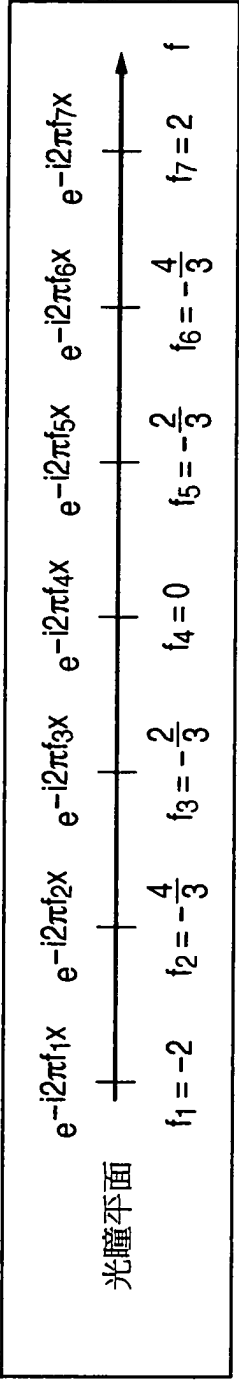


圖 3

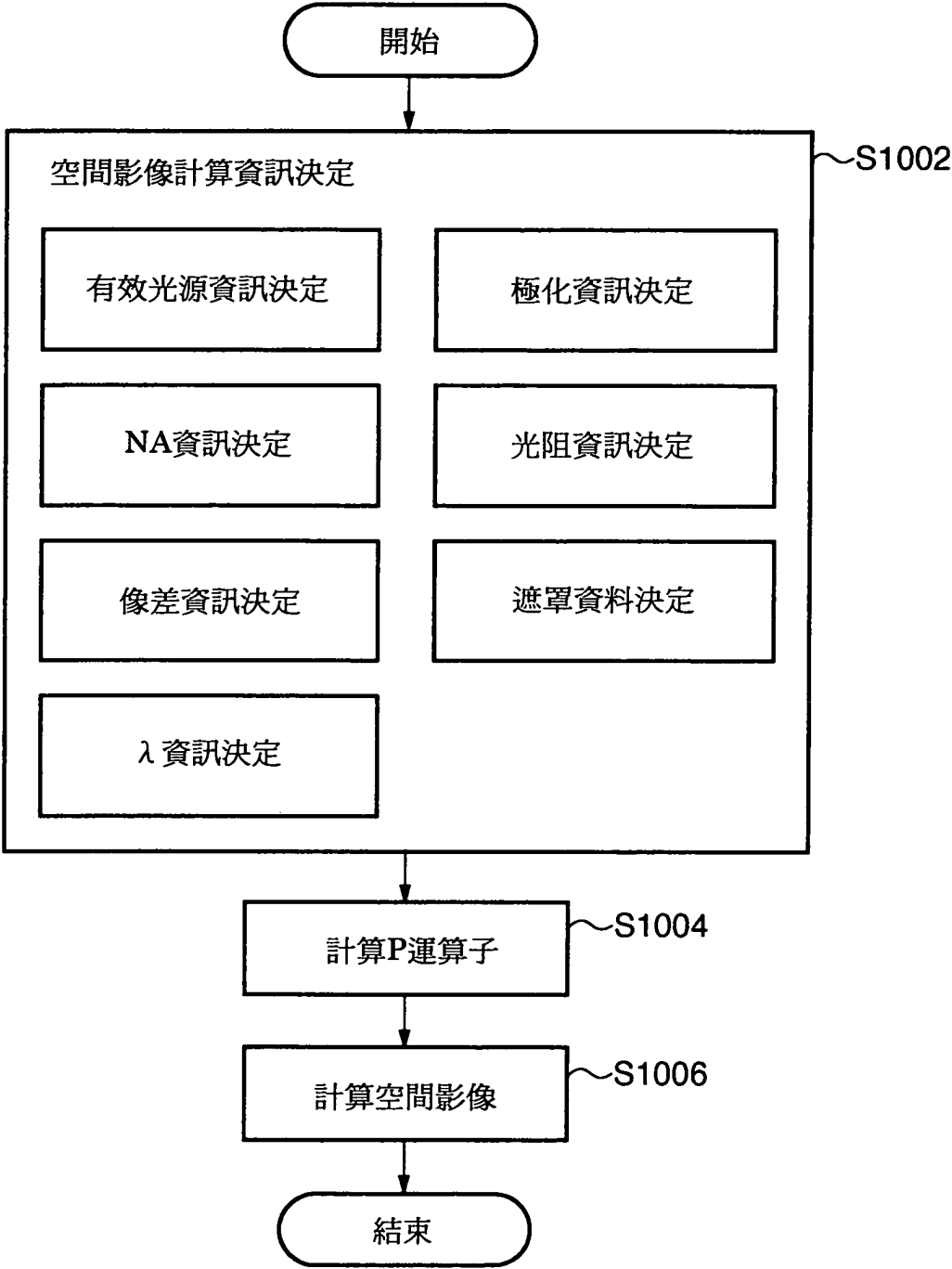


圖 4A

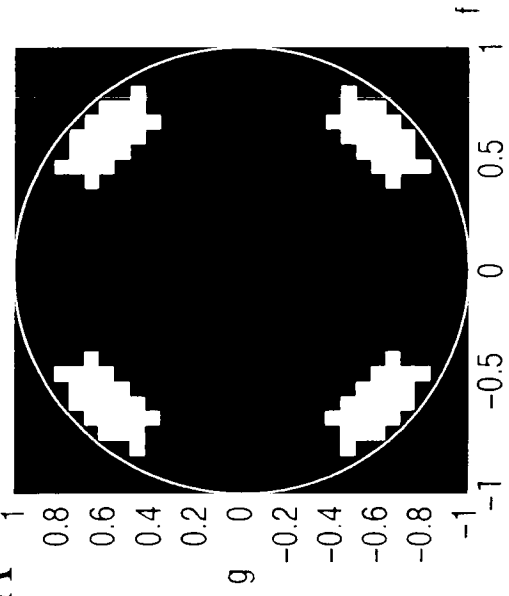


圖 4B

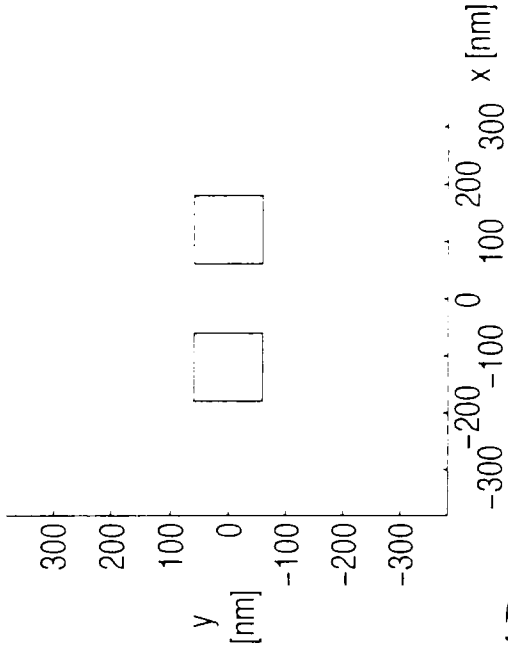


圖 4C

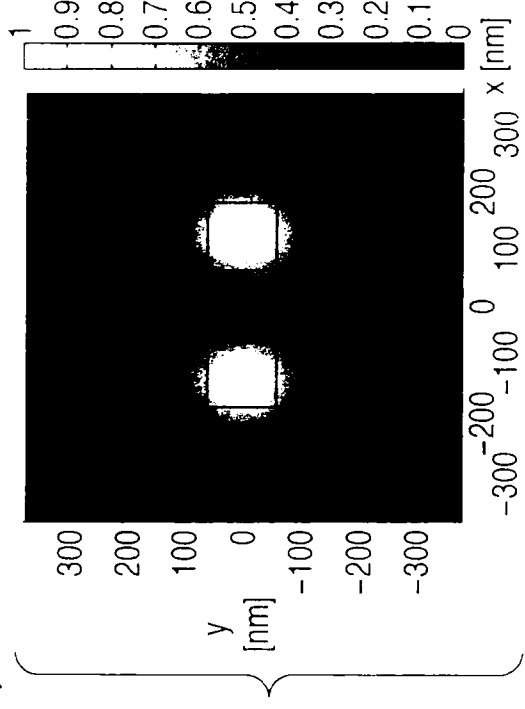


圖 4D

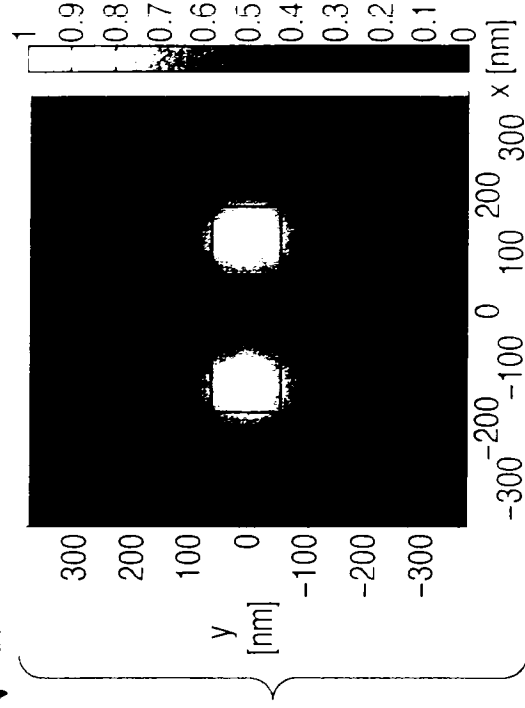


圖 5

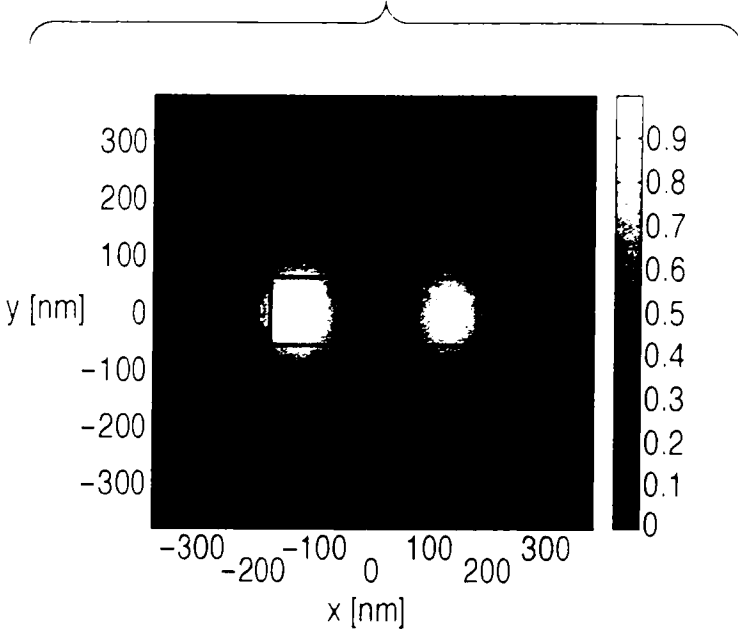


圖 6

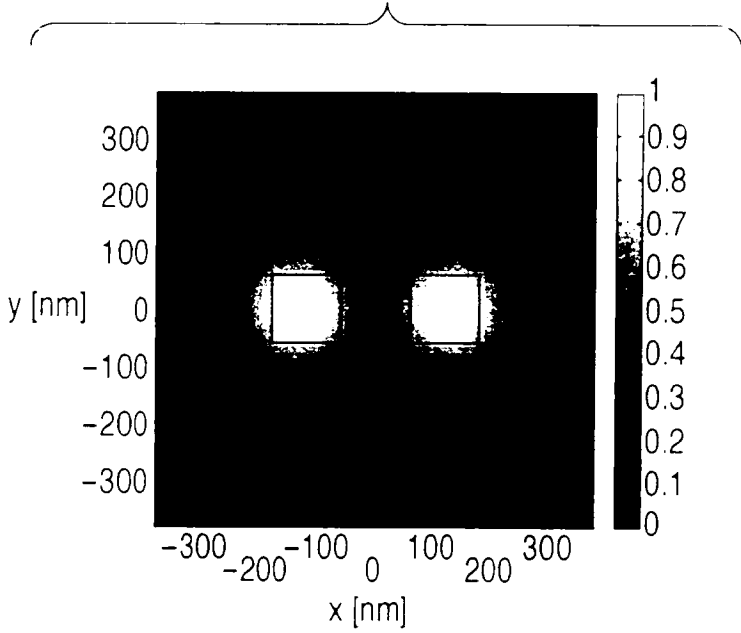


圖 7A

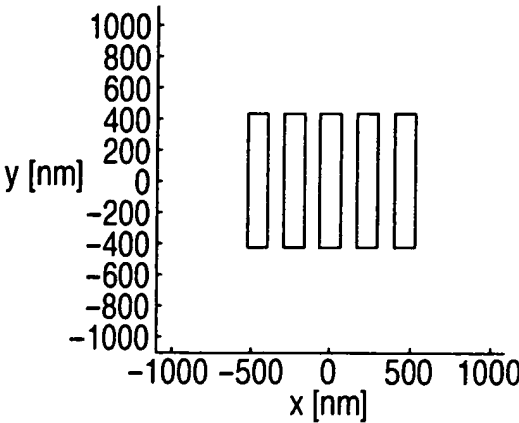


圖 7B

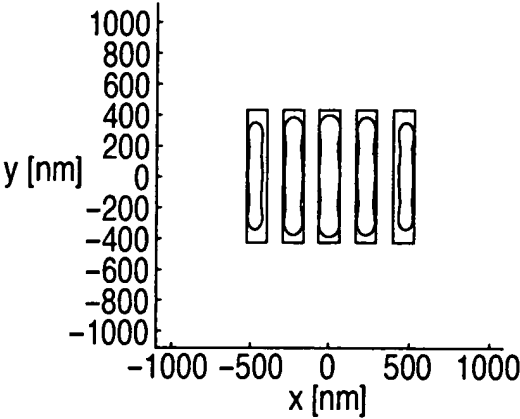


圖 7C

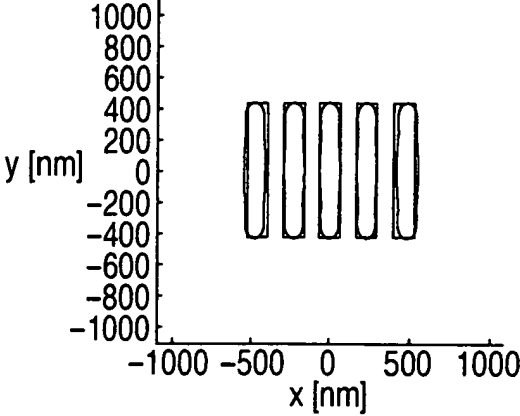


圖 8A

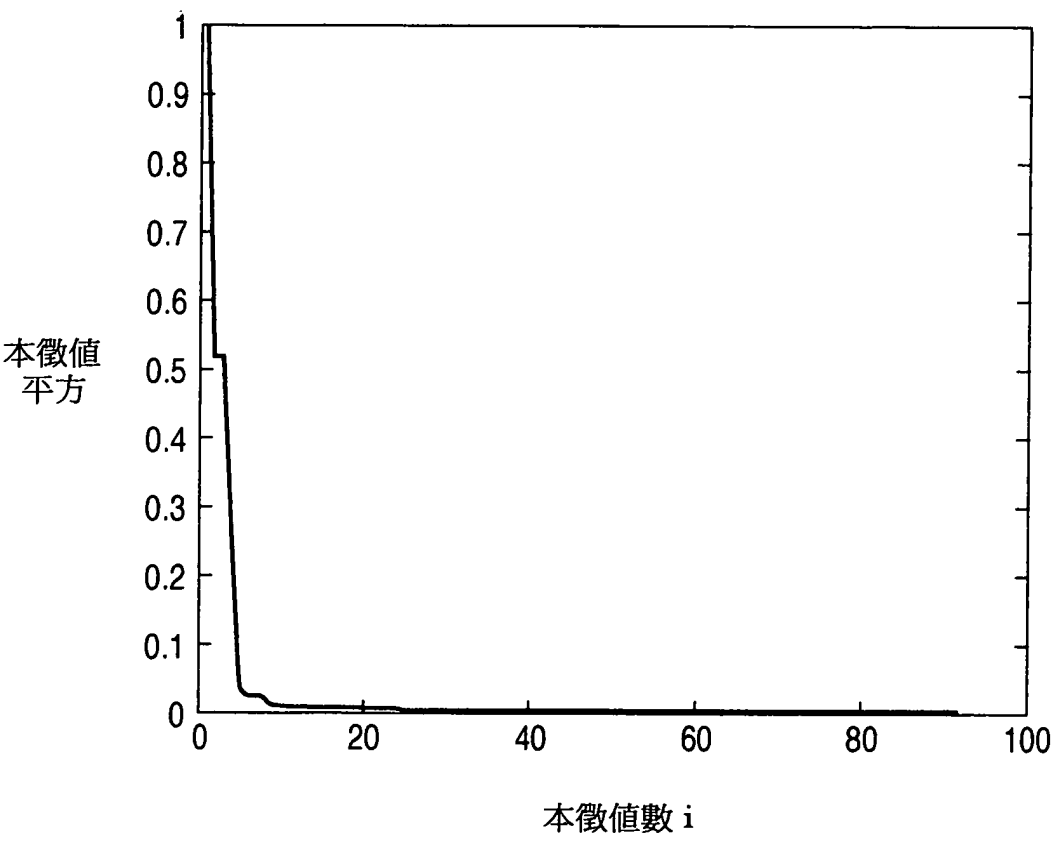


圖8B

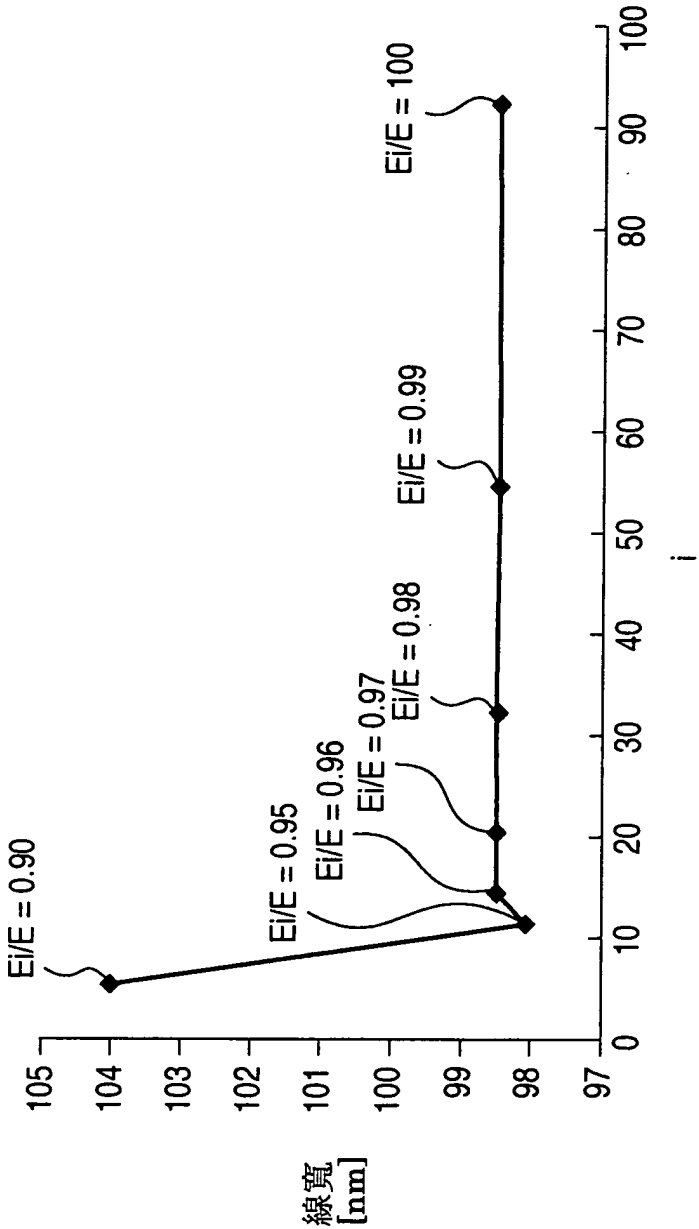


圖 9A

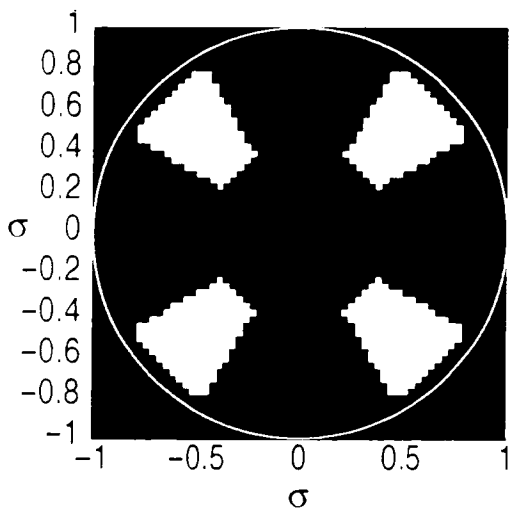


圖 9B

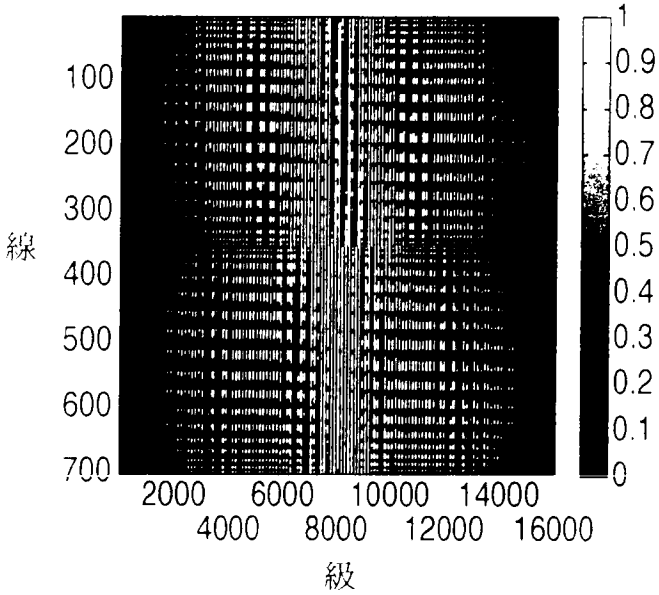


圖 9C

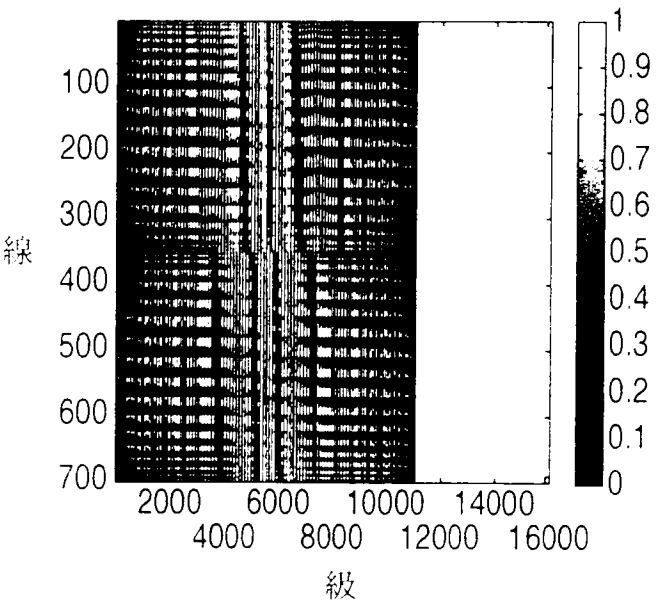


圖 10

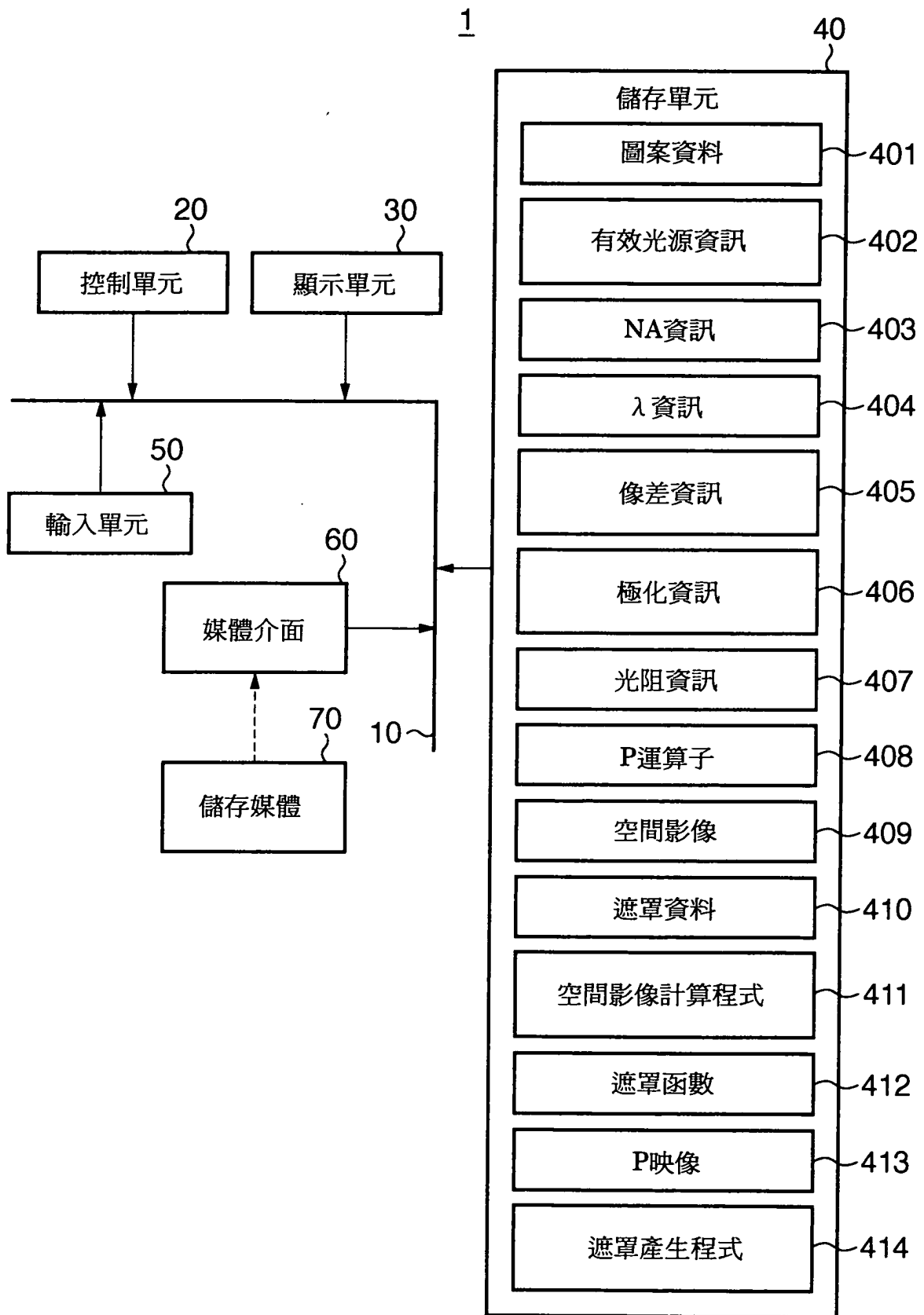


圖 11A

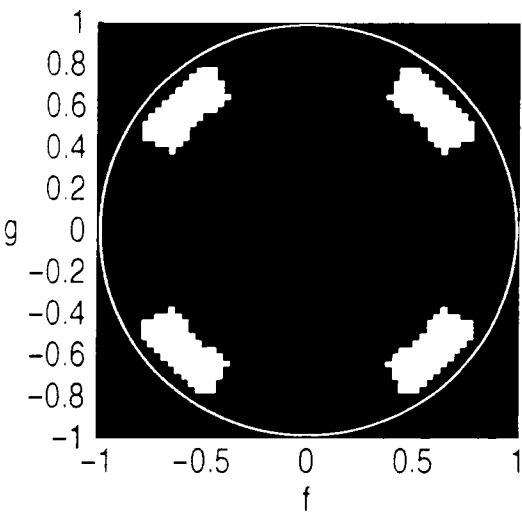


圖 11B

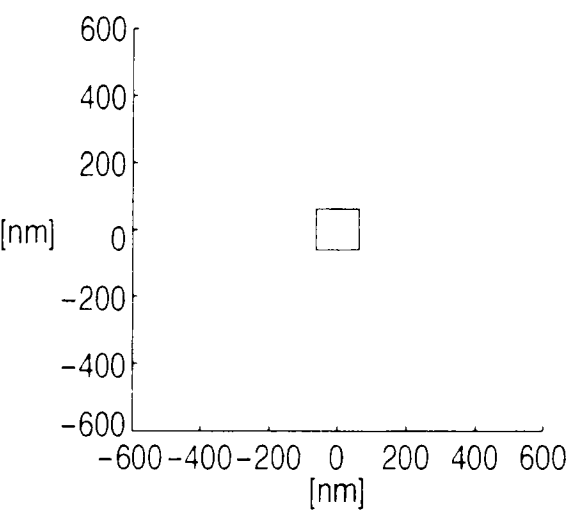


圖 11C

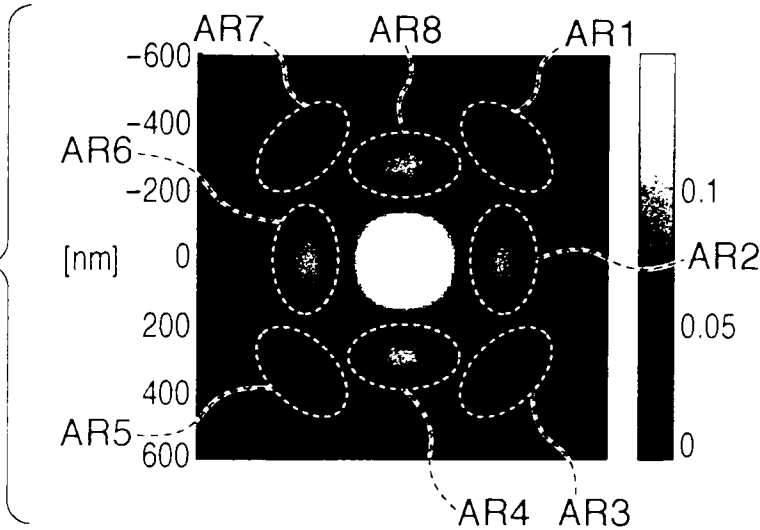


圖 11D

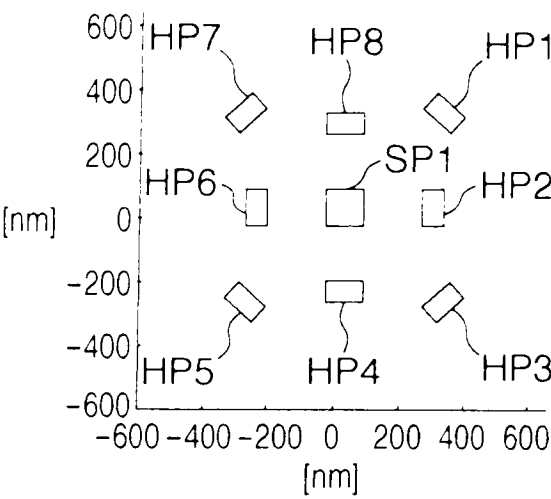


圖 11E

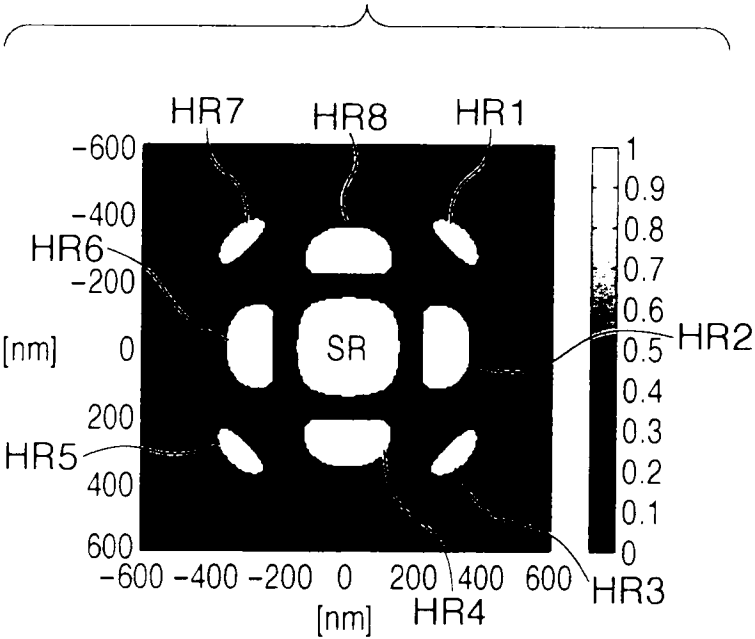


圖12

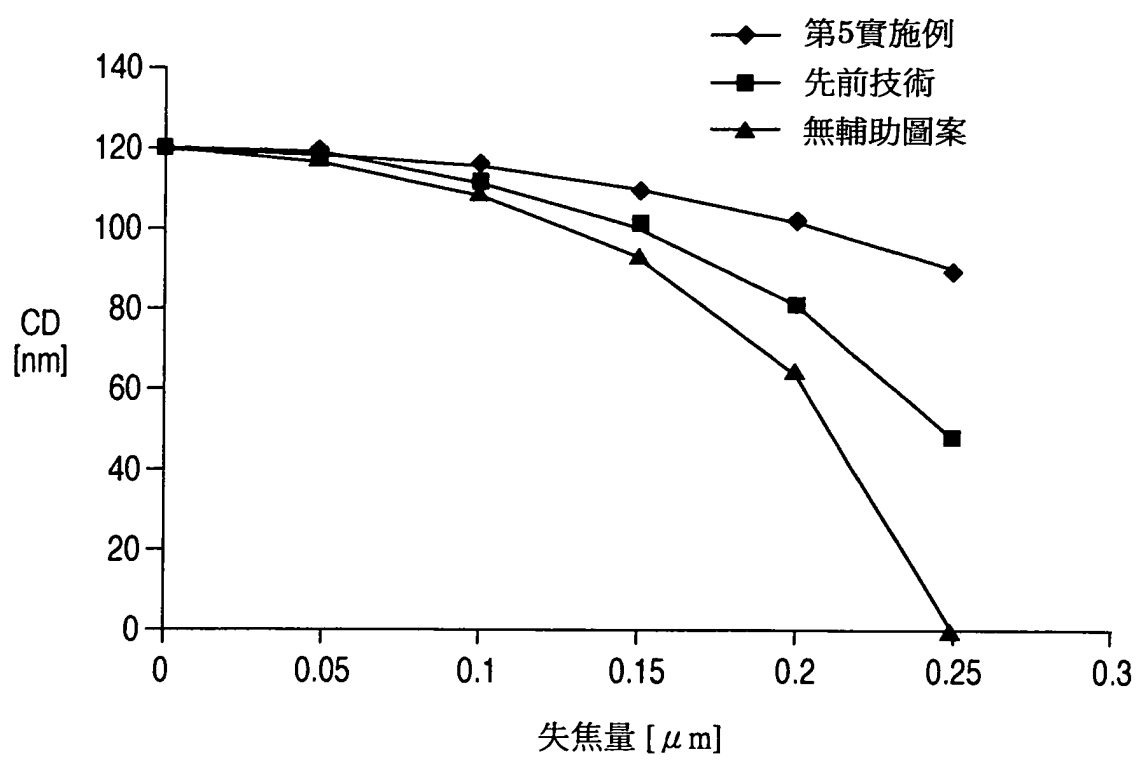


圖 13A

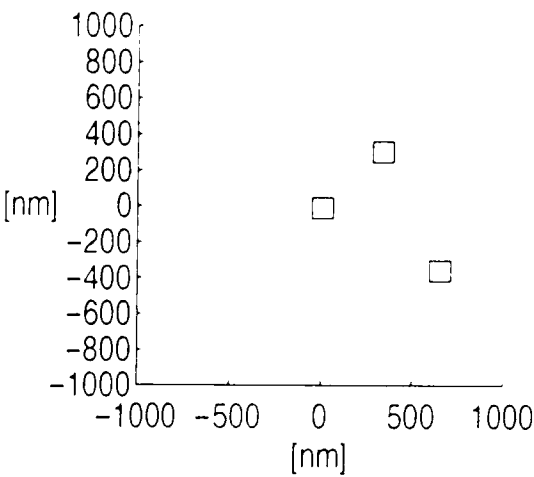


圖 13B

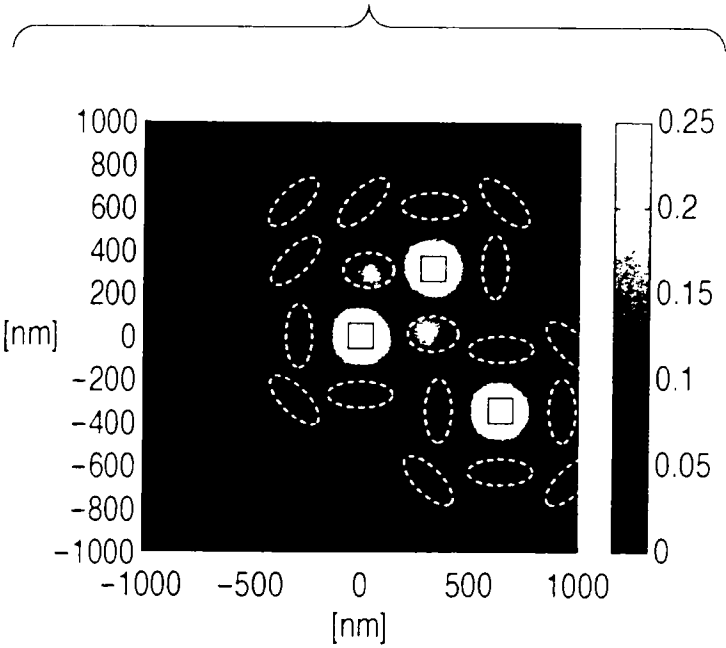


圖 14A

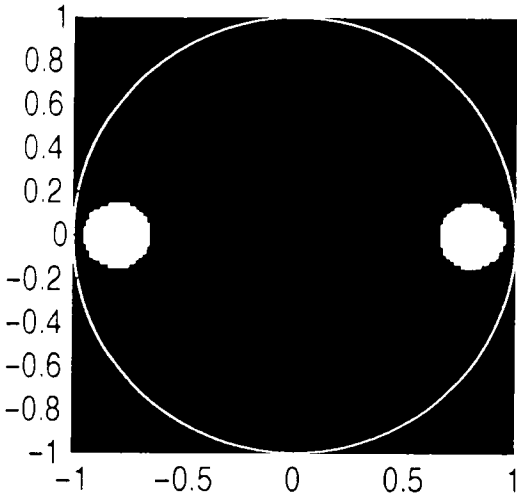


圖 14B

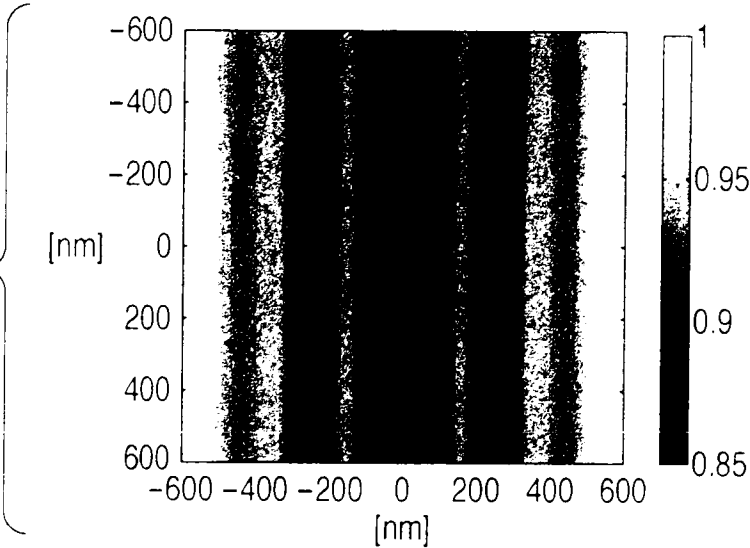
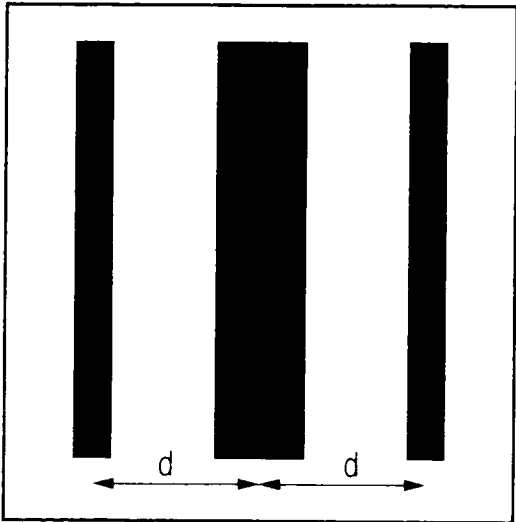
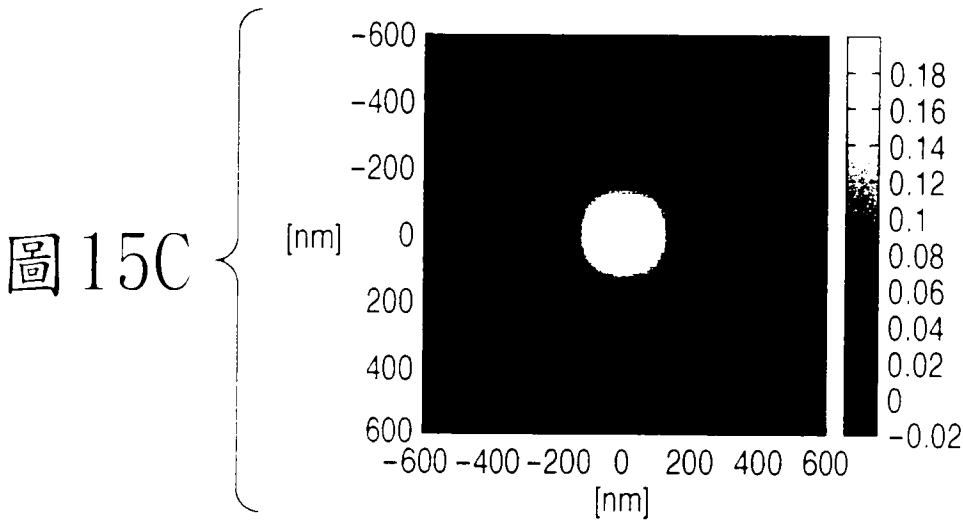
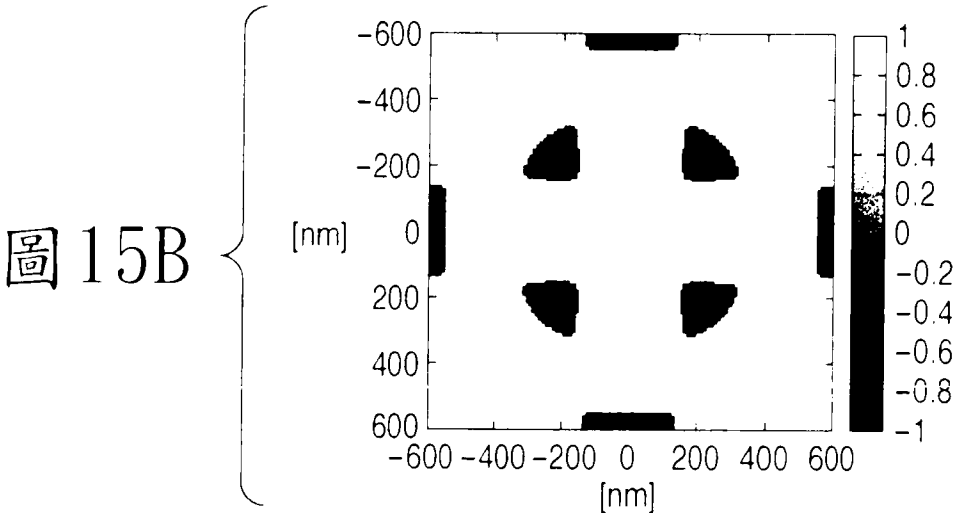
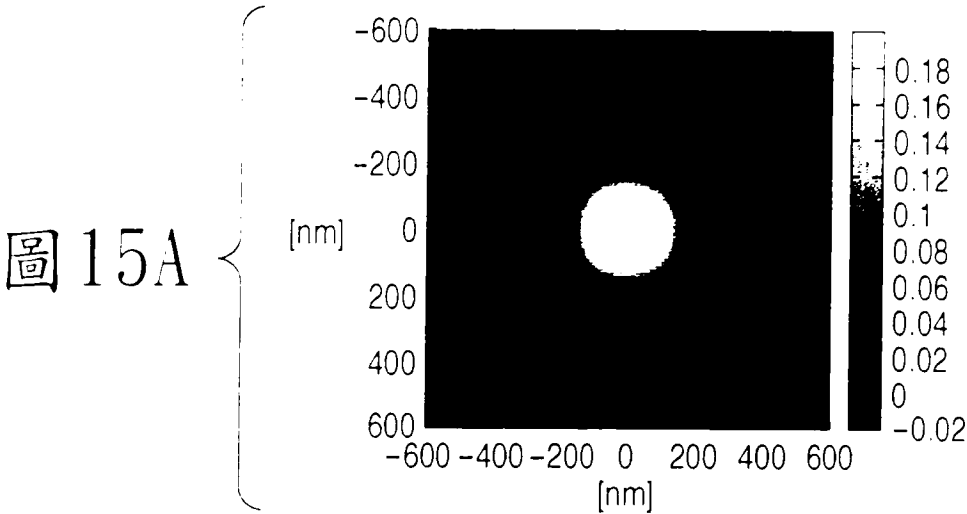


圖 14C





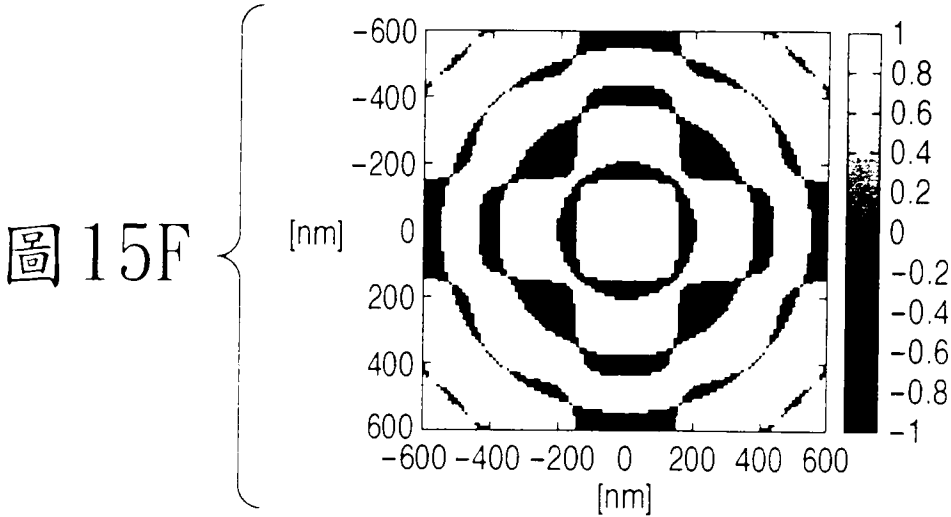
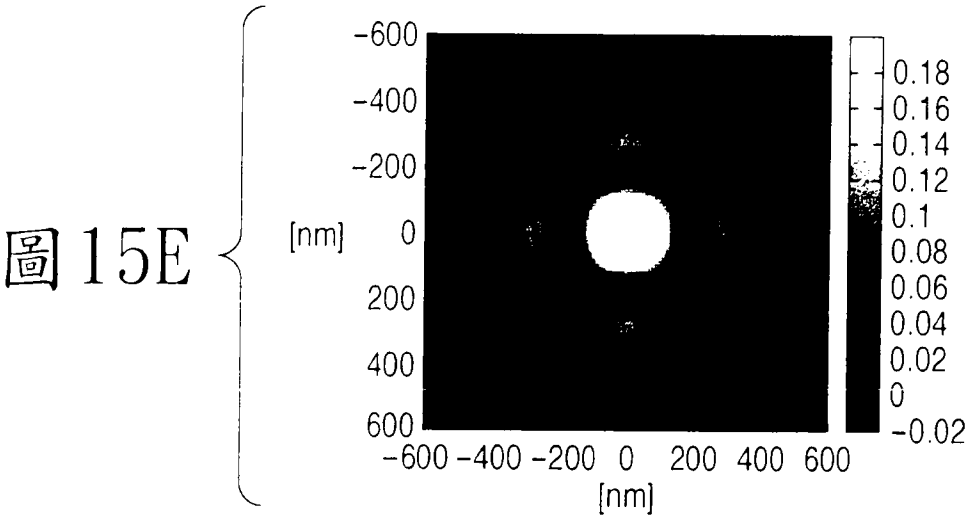
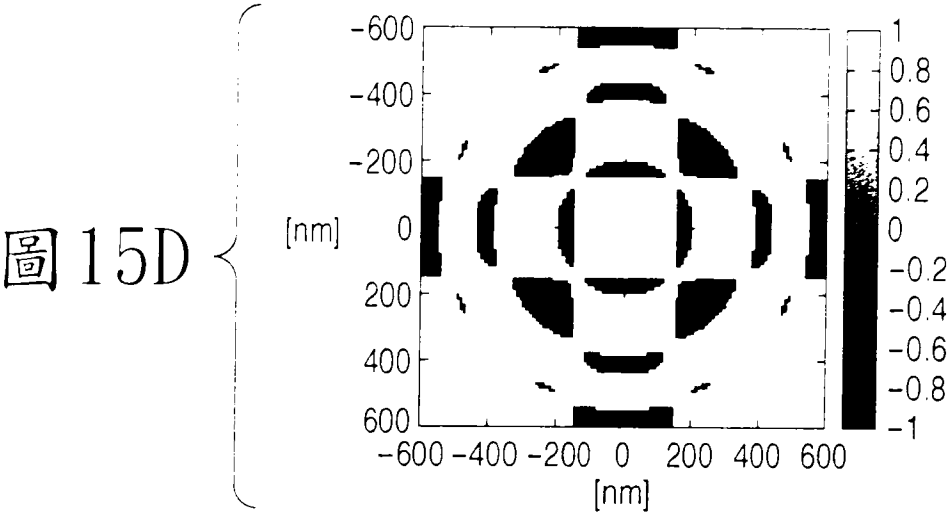


圖 16A

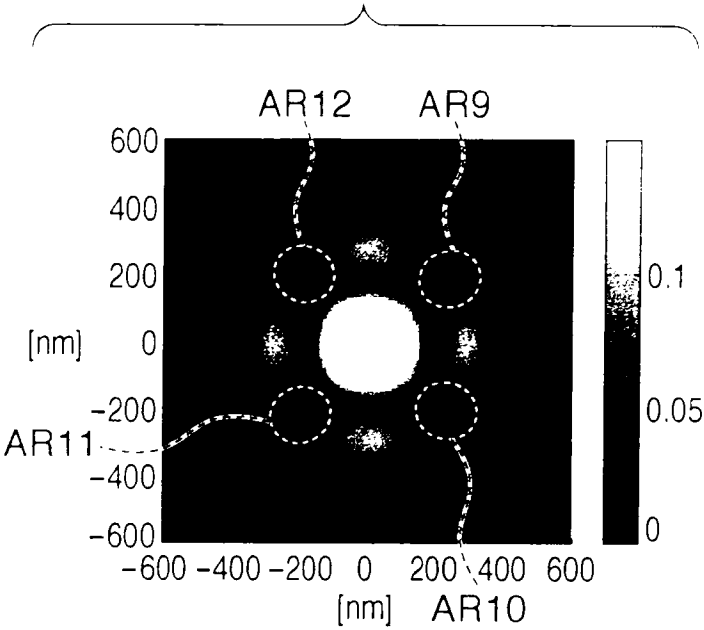


圖 16B

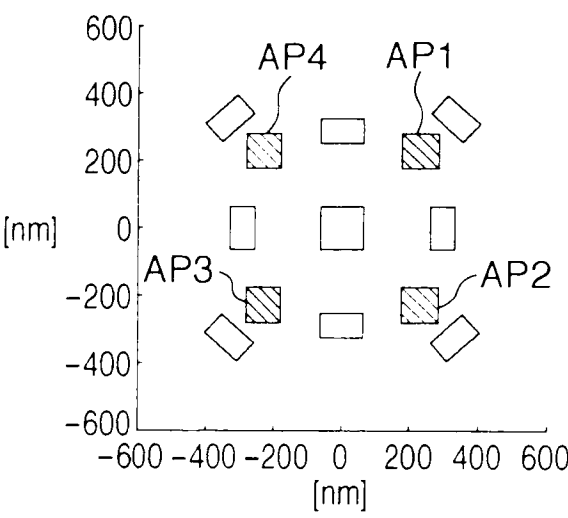


圖 17

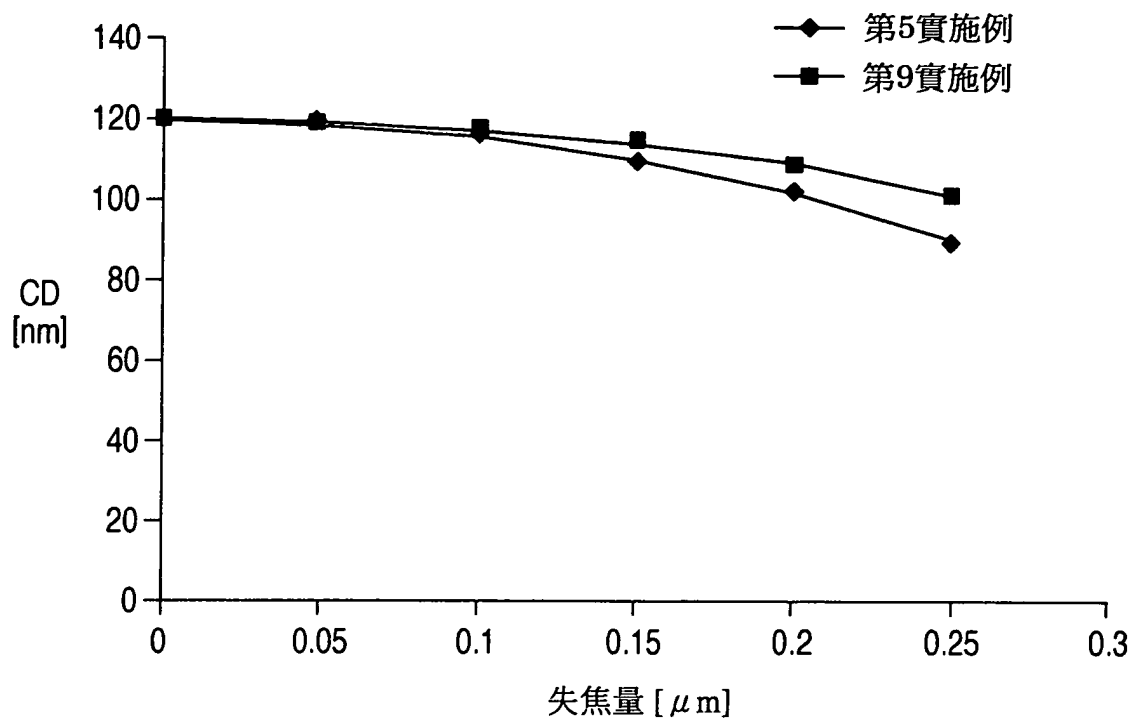


圖 18

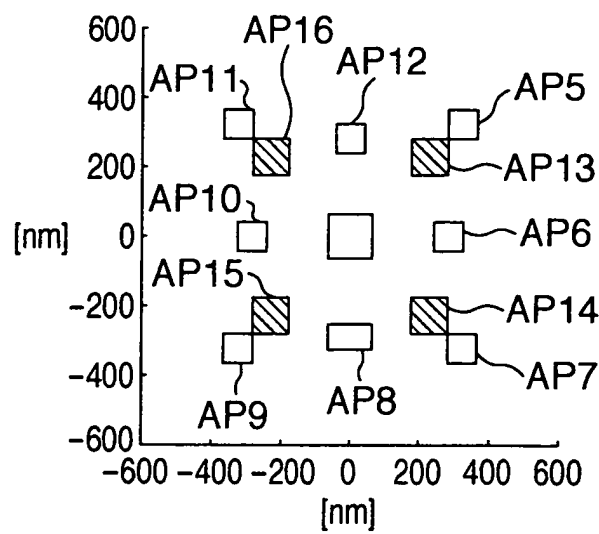


圖 19

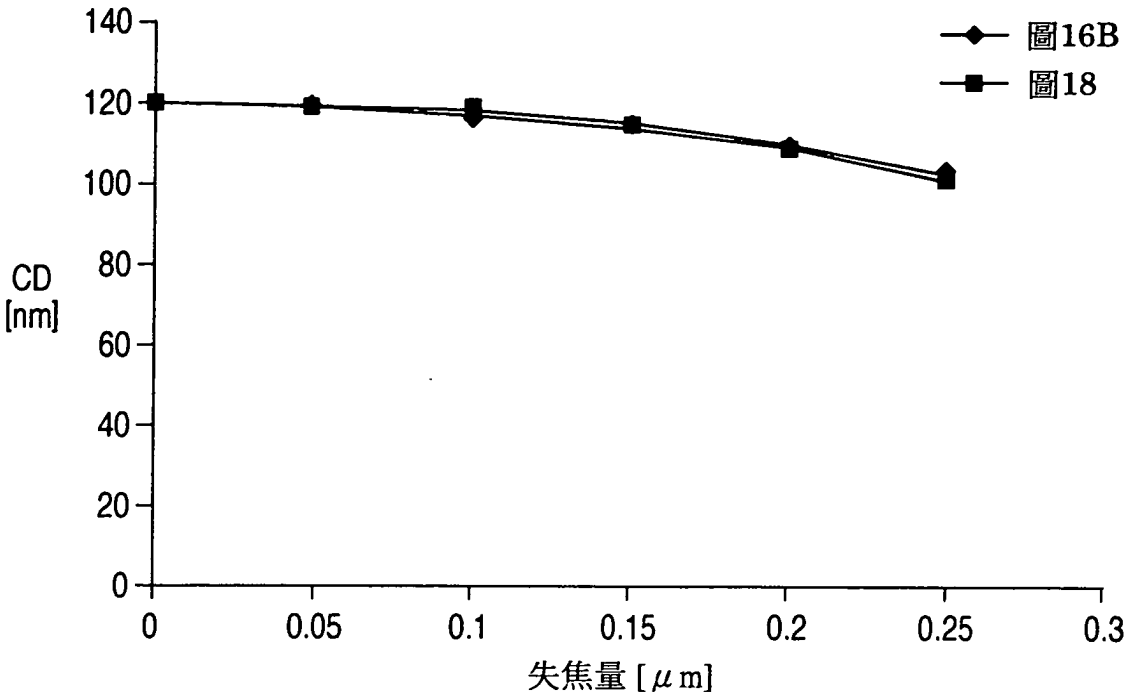
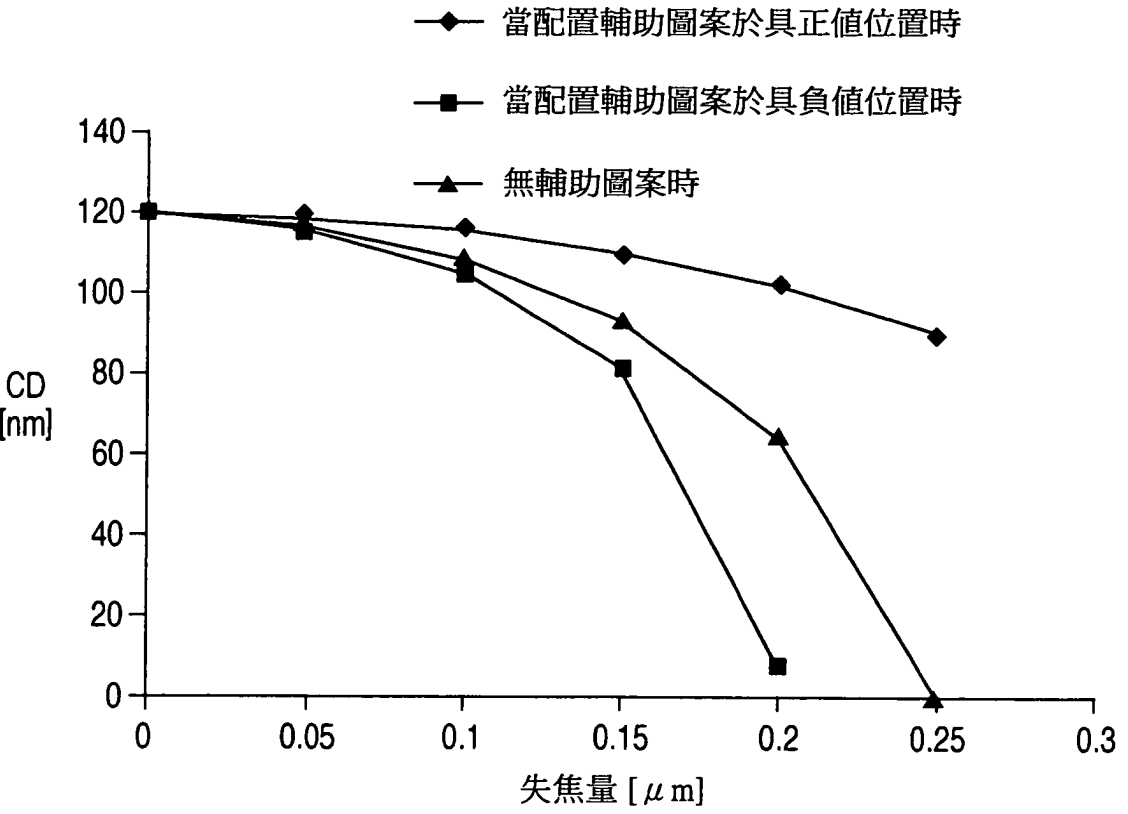


圖 20



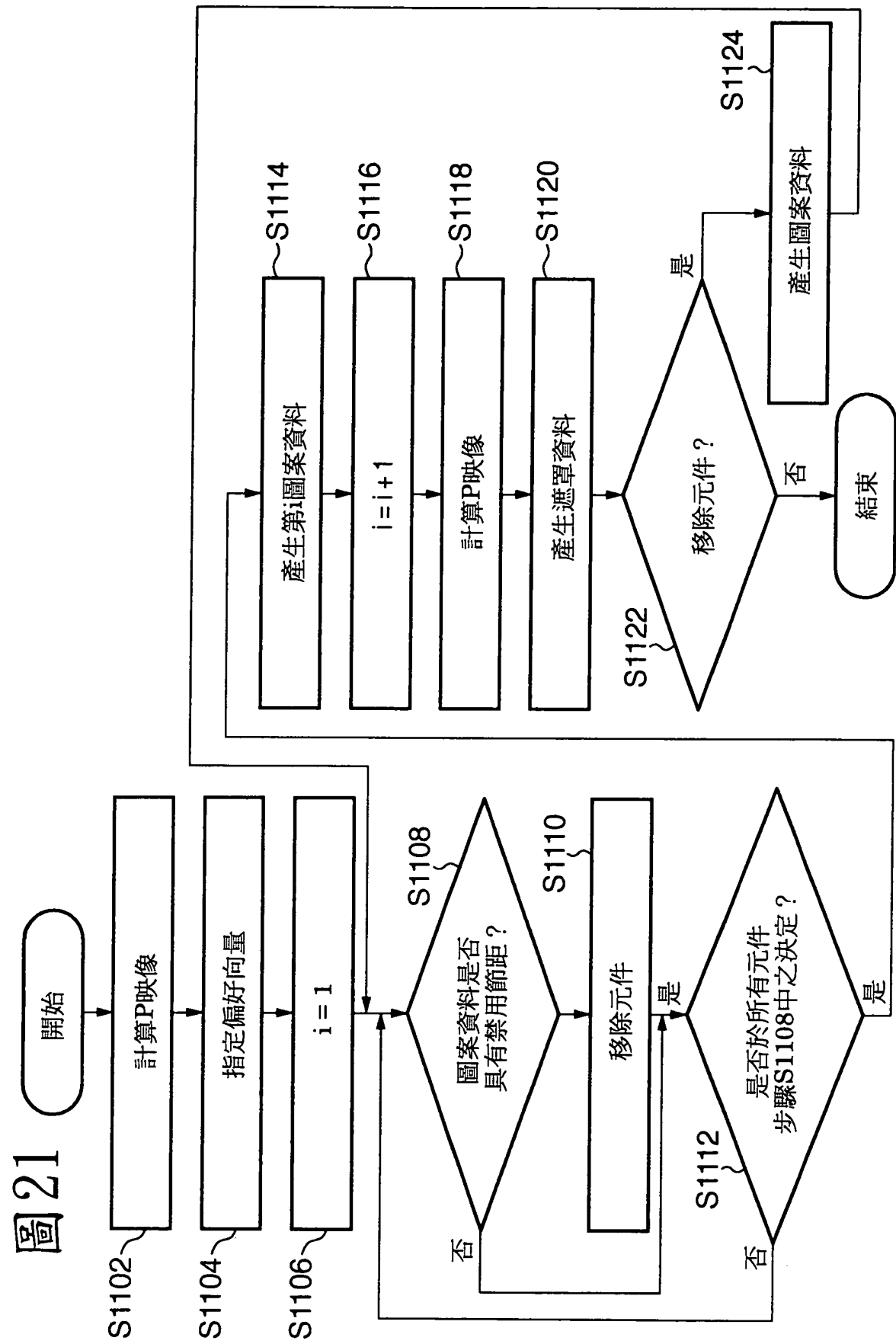


圖 22A

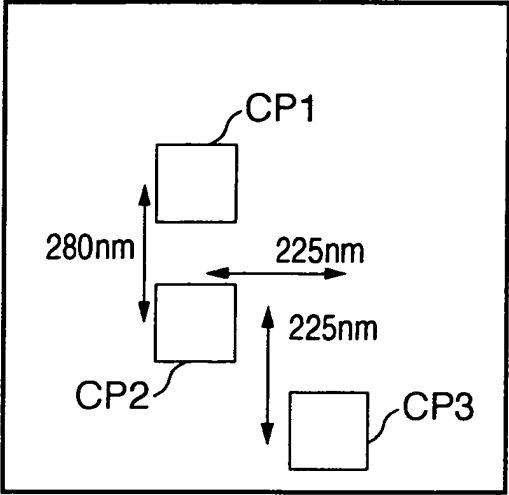


圖 22B

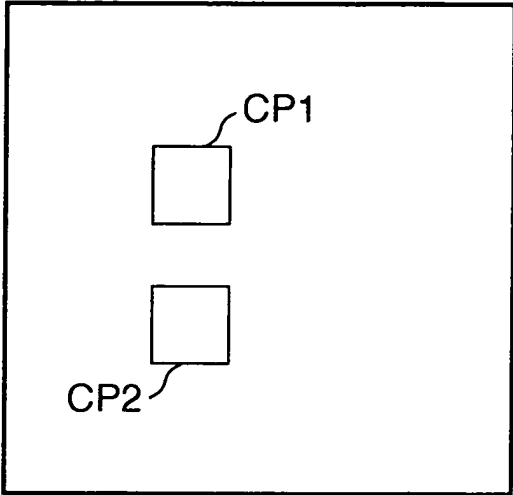


圖 22C

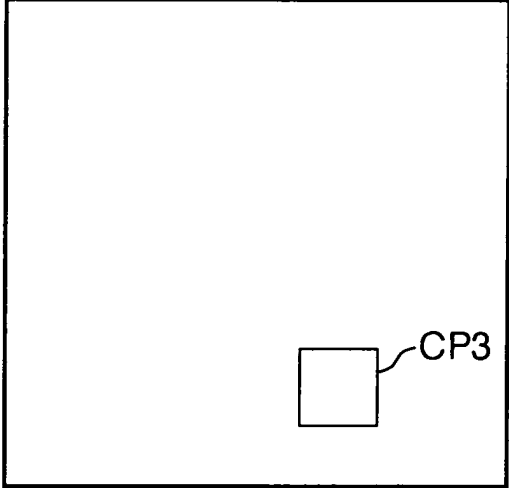


圖 22D

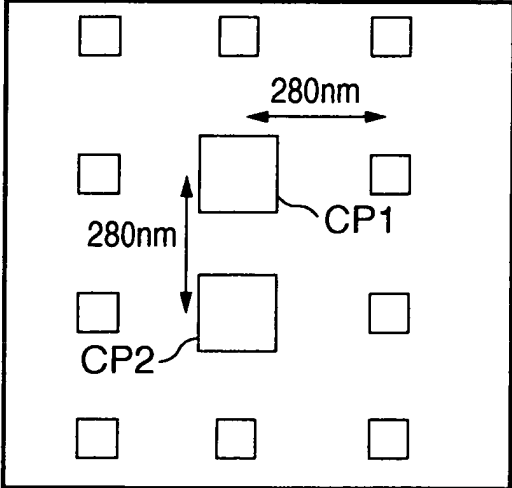


圖 22E

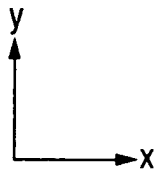
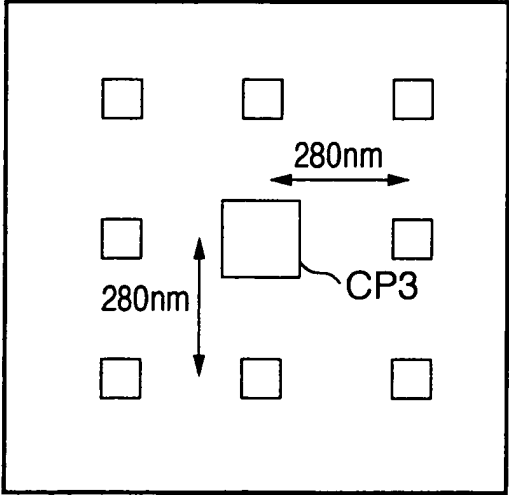


圖 23A

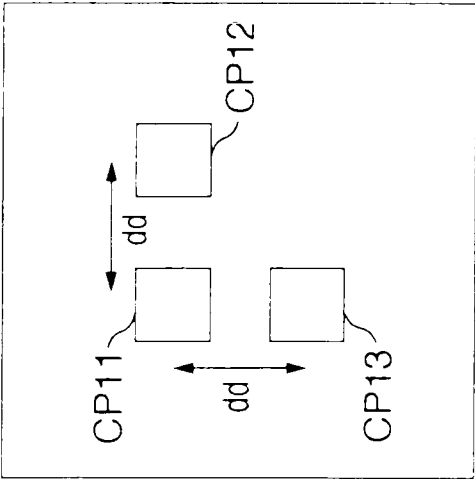


圖 23B

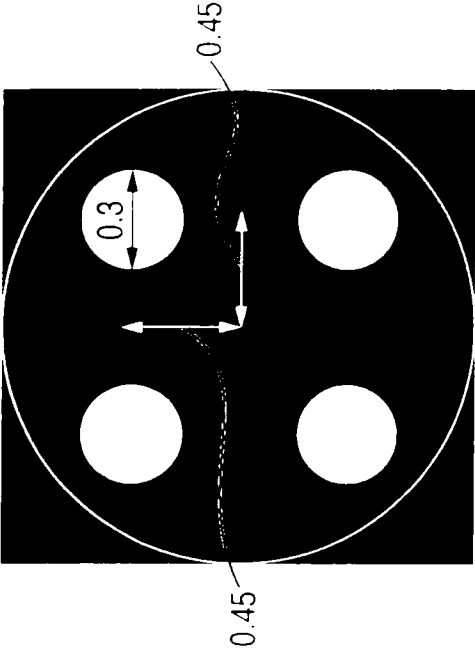


圖 23C

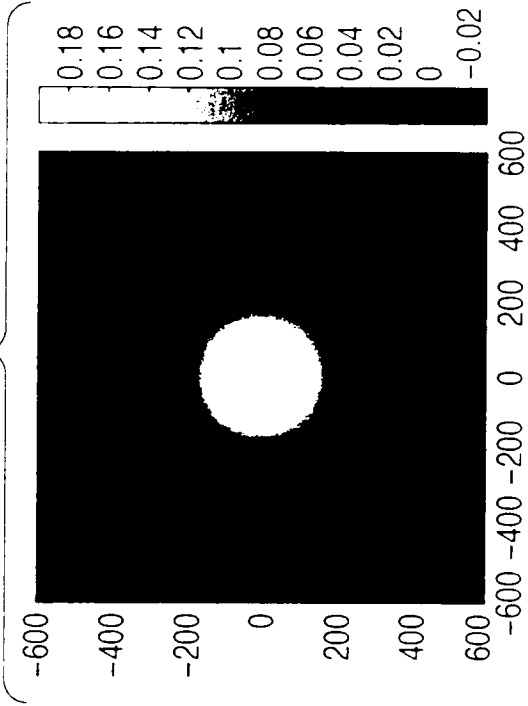


圖 23D

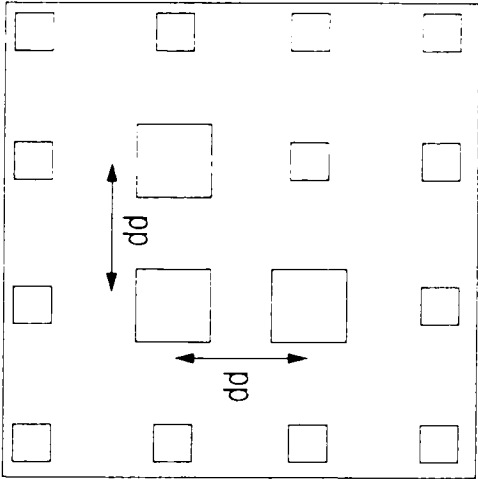


圖 24

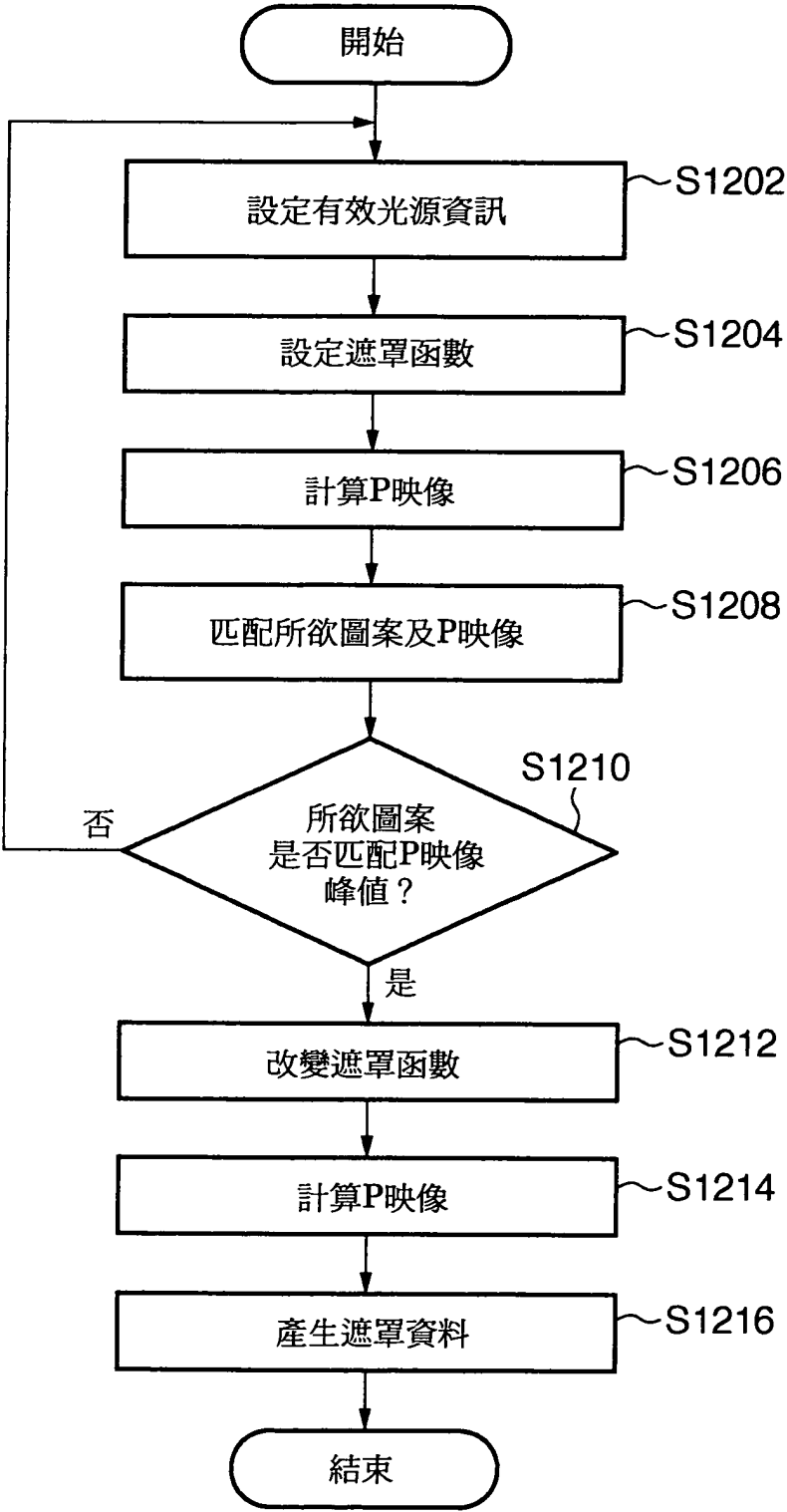


圖 25A

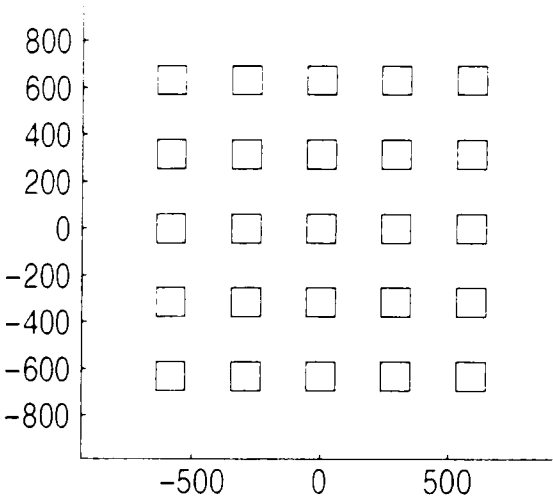


圖 25B

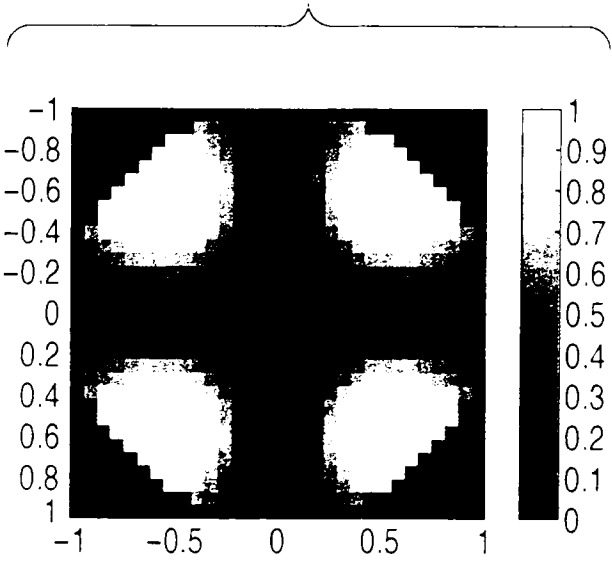
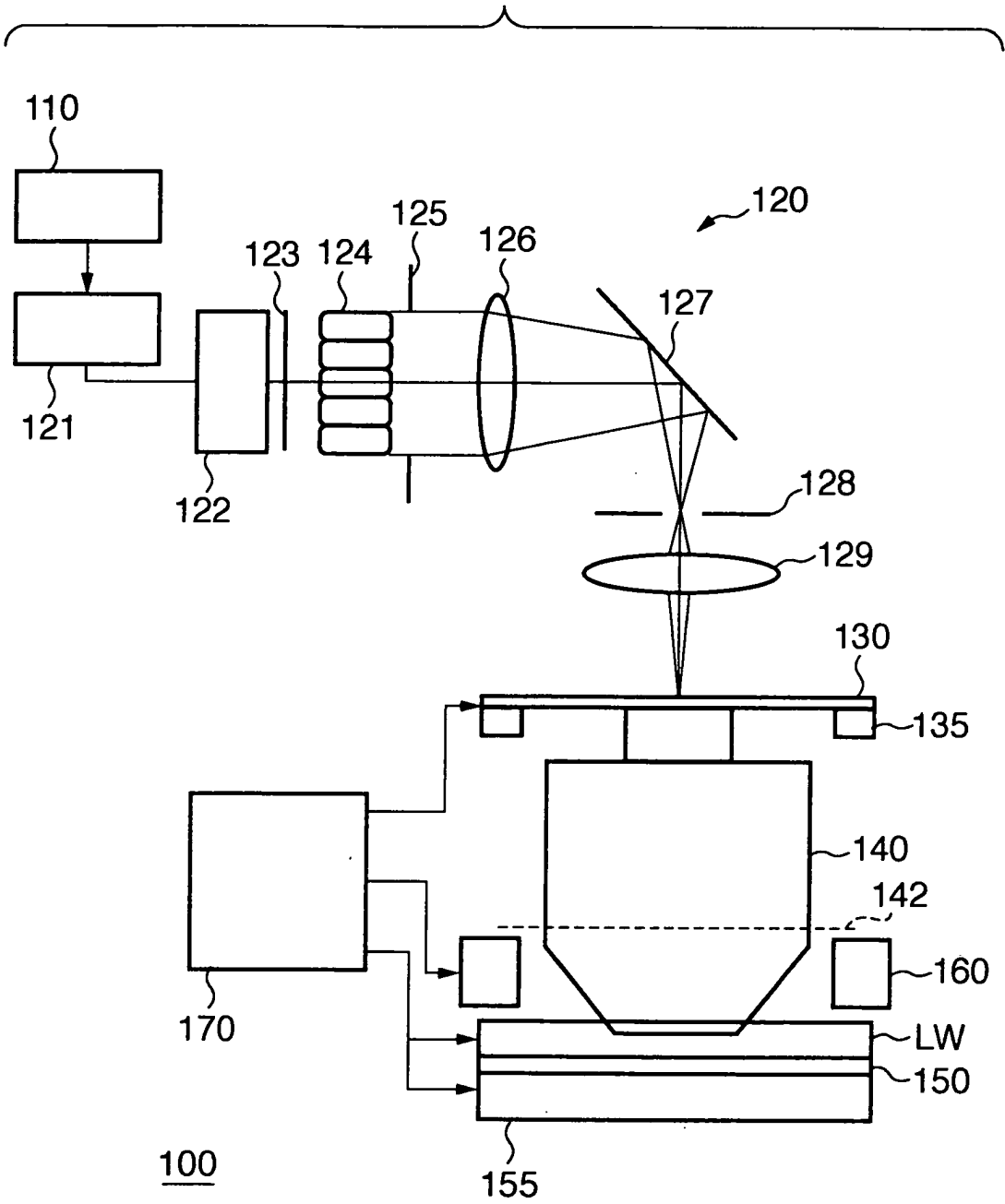


圖 26



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：

1：處理設備；10：匯流排線；
20：控制單元；30：顯示單元；
40：儲存單元；50：輸入單元；
60：媒體介面；70：儲存媒體；
401：圖案資料；402：有效光源資訊；
403：NA資訊；404： λ 資訊；
405：像差資訊；406：極化資訊；
407：光阻資訊；408：P運算子；
409：空間影像；410：遮罩資料；
411：空間影像計算程式

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

，於此實施例中以 (x, y) 表示。由投射光學系統之放大率，遮罩表面上的圖案尺寸異於晶圓表面上的圖案尺寸。為簡便說明之故，藉由相乘遮罩表面上的圖案尺寸與下述說明中之投射光學系統的放大率，設定遮罩表面上之圖案尺寸與晶圓表面上之圖案尺寸間的比例為 $1:1$ 。因為此設定，遮罩表面上的座標系統與晶圓表面上的座標系統間之比例亦變成 $1:1$ 。

第二座標系統定義投射光學系統之光瞳平面上的座標，於此實施例中以 (f, g) 表示。假設投射光學系統之光瞳尺寸為 1 ，藉由正規化的座標系統而定義投射光學系統之光瞳平面上的座標 (f, g) 。

於曝光設備中，當沒有遮罩被插入投射光學系統之物件平面上時，稱於投射光學系統之光瞳平面上所形成的光強度分佈為有效光源，於本實施例中以 $S(f, g)$ 表示。於此實施例中藉由光瞳函數 $P(f, g)$ 表示投射光學系統之光瞳。一般而言，光瞳函數可包括像差影響（資訊件）及光瞳特性之極化。即便於此實施例中，光瞳函數 $P(f, g)$ 可包括像差影響及光瞳特性之極化。

曝光設備藉由部分同調照明而照明遮罩，並將遮罩的圖案（遮罩圖案）投射至晶圓之上。於此實施例中，遮罩圖案包括有關透射的資訊件及由 $o(x, y)$ 定義相，以及由 $I(x, y)$ 定義形成於晶圓表面上之光強度分佈（空間影像）。藉由投射光學系統定義由遮罩圖案所繞射之光的振幅，及於此實施例中以 $a(x, y)$ 表示。

間影像 409 的方法至 OPC，使可能於較短時間期間中產生遮罩圖案 410。

<第四實施例>

於第四實施例中將說明，以較先前實施例中之藉由空間影像計算程式 411 之計算空間影像 409 的方法更短的時間時期，計算空間影像 409 的方法。

當計算二維空間影像 409 時，如前述者，可由式 (27) 表示 P 運算子 408。令 L 為光瞳分割數，及 N 為點源數，藉由 N 列與 $(2L)^2$ 行的矩陣定義 P 運算子。因為 P 運算子之列相互獨立，P 運算子的順序為 N。換句話說，P 運算子之奇異值分解產生 N 本徵值及 N 本徵函數。因而 N 本徵值及 N 本徵函數對計算完整空間影像 409 係必要者。然而，實際上，如以下之說明，不需使用 N 本徵值及 N 本徵函數。

假設除了遮罩資料 410 以外之空間影像計算資訊件係相同於第一實施例。於第四實施例中，假設如圖 7A 中所示之各具有 120 nm 的寬度及 840 nm 的長度之五條桿係作為遮罩資料 410。

圖 4A 中所示之有效光源具有 92 個點源以供數值計算。此代表有 92 個本徵值及 92 個本徵函數。依本徵值平方之遞減順序重排對應於本徵值的本徵函數。

圖 8A 係繪製本徵值平方所得的圖表，假設最大本徵值平方為 1 而將其正規化。如上述，有 92 個本徵值。令 i

十、申請專利範圍

1.一種計算形成於一投射光學系統之一影像平面上的
一光強度分佈之計算方法，當使用一照明光學系統照明一
遮罩並且經由該投射光學系統投射該遮罩的一圖案之一影
像至一基板上時，藉由一電腦計算該光強度分佈，該計算
方法包含：

一分割步驟，分割形成於該投射光學系統之一光瞳平
面上的一有效光源成為複數個點光源；

一產生步驟，根據該等點光源的各個位置而藉由一移
動量針對各該複數個點光源移動描述該投射光學系統之一
光瞳的一光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數；

一定義步驟，藉由排列各該複數個移動的光瞳函數定
義一矩陣，該複數個移動的光瞳函數在該矩陣的各列或各
行中於該產生步驟中產生；

一第一計算步驟，執行該定義步驟中所定義之該矩陣
的奇異值分解，藉此計算一本徵值及一本徵函數；以及

一第二計算步驟，基於由該遮罩之該圖案所繞射的光
之分佈，以及該第一計算步驟中所計算的該本徵值及該本
徵函數，計算該投射光學系統之該影像平面上所形成的該
光強度分佈。

2.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中於該產生
步驟中，藉由介於該投射光學系統的光瞳之中央位置與該
等點光源的位置之間的差異而移動光瞳函數。

3.如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中該複數個

光瞳函數包括表示下列至少一者之資訊：該投射光學系統的一像差、照明該遮罩之該光的一極化狀態、該有效光源之一光強度變化，以及該遮罩之一繞射效率。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之方法，其中在該產生步驟中該複數個移動的光瞳函數係一維的排列。

5. 一種藉由一電腦產生用於包括一投射光學系統之一曝光設備之一遮罩之一圖案的資料之產生方法，該產生方法包含：

一分割步驟，分割形成於該投射光學系統之一光瞳平面上之一有效光源成為複數個點光源；

一產生步驟，根據該等點光源的各個位置而藉由一移動量針對各該複數個點光源移動描述該投射光學系統之一光瞳之一光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數；

一定義步驟，藉由排列各該複數個移動的光瞳函數定義一矩陣，該複數個移動的光瞳函數在該矩陣的各列或各行中於該產生步驟中產生；

一第一計算步驟，執行該定義步驟中所定義之該矩陣的奇異值分解，藉此計算一本徵值及一本徵函數；

一第二計算步驟，當插入一目標圖案的元素至該投射光學系統之一物件平面上時，基於藉由該目標圖案所繞射的光之分佈以及該第一計算步驟中所計算的該本徵值及該本徵函數，計算表示該等元素彼此影響的一映像；以及

一資料產生步驟，基於該第二計算步驟中所計算的該映像，產生該遮罩之該圖案的資料。

6.如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中該資料產生步驟中，當基於該映像之一臨界值所決定的區域與假設該目標圖案之資料為一處理目標的該目標圖案之複數個元素不匹配時，重新設定該有效光源，以及基於該重新設定的有效光源而產生該遮罩之該圖案的資料。

7.如申請專利範圍第 5 項所述之方法，其中該資料產生步驟包括：

一指定步驟，由一原點指定一參考向量至一區域，其顯示不少於該第二計算步驟中所計算的該映像上之一臨界值的一值；

一第一資料產生步驟，選擇該目標圖案之複數個元素中之一者，以及當假設該元素的中心為一起始點而設定該參考向量時，移除與該參考向量之一端點匹配之位置上的一元素，藉此產生第一圖案資料；以及

一第二資料產生步驟，產生自該第一資料產生步驟中所移除的該元素所形成之第二圖案資料。

8.如申請專利範圍第 7 項所述之方法，其中於該資料產生步驟中，重複該第一資料產生步驟及該第二資料產生步驟。

9.一種儲存一程式之儲存媒體，當使用一照明光學系統照明一遮罩並且經由一投射光學系統投射該遮罩的一圖案之一影像至一基板上時，該程式係用於令一電腦執行計算形成於該投射光學系統之一影像平面上的一光強度分佈，該程式令該電腦執行：

一 分割步驟，分割形成於該投射光學系統之一光瞳平面上之一有效光源成為複數個點光源；

一 產生步驟，根據該等點光源的各個位置而藉由一移動量針對各該複數個點光源移動描述該投射光學系統之一光瞳之一光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數；

一定義步驟，藉由排列各該複數個移動的光瞳函數定義一矩陣，該複數個移動的光瞳函數在該矩陣的各列或各行中於該產生步驟中產生；

一 第一計算步驟，執行該定義步驟中所定義之該矩陣的奇異值分解，藉此計算一本徵值及一本徵函數；以及

一 第二計算步驟，基於由該遮罩之該圖案所繞射的光之分佈，以及該第一計算步驟中所計算的該本徵值及該本徵函數，計算該投射光學系統之該影像平面上所形成的該光強度分佈。

10. 一種儲存一程式之儲存媒體，該程式令電腦執行產生供包括一投射光學系統之一曝光設備之一遮罩之一圖案的資料之一處理，該程式令該電腦執行：

一 分割步驟，分割形成於該投射光學系統之一光瞳平面上之一有效光源成為複數個點光源；

一 產生步驟，根據該等點光源的各個位置而藉由一移動量針對各該複數個點光源移動描述該投射光學系統之一光瞳之一光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數；

一定義步驟，藉由排列各該複數個移動的光瞳函數定義一矩陣，該複數個移動的光瞳函數在該矩陣的各列或各

行中於該產生步驟中產生；

一第一計算步驟，執行該定義步驟中所定義之該矩陣的奇異值分解，藉此計算一本徵值及一本徵函數；

一第二計算步驟，當插入一目標圖案的元素至該投射光學系統的一物件平面上時，基於藉由該目標圖案所繞射的光之分佈以及該第一計算步驟中所計算的該本徵值及該本徵函數，計算表示該等元素彼此影響的一映像；以及

一資料產生步驟，基於該第二計算步驟中所計算的該映像，產生該遮罩之該圖案的資料。

11.一種曝光方法，包含：

一計算步驟，當使用一照明光學系統照明一遮罩並且經由一投射光學系統投射該遮罩的一圖案之一影像至一基板上時，計算形成於該投射光學系統之一影像平面上的一光強度分佈；

一調整步驟，基於該計算步驟中所計算的該光強度分佈而調整一曝光條件；以及

一曝光步驟，於該調整步驟後，投射該遮罩之該圖案的該影像至該基板上，

該計算步驟包括

一分割步驟，分割形成於該投射光學系統之一光瞳平面上的一有效光源成為複數個點光源；

一產生步驟，根據該等點光源的各個位置而藉由一移動量針對各該複數個點光源移動描述該投射光學系統之一光瞳的一光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數；

一定義步驟，藉由排列各該複數個移動的光瞳函數定義一矩陣，該複數個移動的光瞳函數在該矩陣的各列或各行中於該產生步驟中產生；

一第一計算步驟，執行該定義步驟中所定義之該矩陣的奇異值分解，藉此計算一本徵值及一本徵函數，以及

一第二計算步驟，基於由該遮罩之該圖案所繞射的光之分佈，以及該第一計算步驟中所計算的該本徵值及該本徵函數，計算該投射光學系統之該影像平面上所形成的該光強度分佈。

12.一種遮罩製造方法，包含：

根據申請專利範圍第 5 至 8 項中任一項所定義之產生方法而產生供一遮罩的一圖案之資料；以及

使用所產生的資料製造該遮罩。

13.一種曝光方法，包含以下步驟：

根據申請專利範圍第 12 項中所定義之遮罩製造方法而製造一遮罩；

照明該製造的遮罩；以及

經由一投射光學系統將該遮罩之一圖案的一影像投射至一基板之上。

14.一種藉由一電腦計算於一曝光設備中之透射相交係數之計算方法，該曝光設備使用一照明光學系統照明一遮罩，以及經由一投射光學系統投射該遮罩之一圖案的一影像至一基板上，該計算方法包含：

一分割步驟，分割形成於該投射光學系統之一光瞳平

面上的一有效光源成為複數個點光源；

一產生步驟，根據該等點光源的各個位置而藉由一移動量針對各該複數個點光源移動描述該投射光學系統之一光瞳的一光瞳函數，藉此產生複數個移動的光瞳函數；

一定義步驟，藉由排列各該複數個光瞳函數定義一矩陣，該複數個移動的光瞳函數在該矩陣的各列或各行中於該產生步驟中產生；以及

一計算步驟，基於該定義步驟中所定義之該矩陣而計算該透射相交係數。

15.如申請專利範圍第 14 項所述之方法，進一步包含執行該計算步驟中所計算之描述該透射相交係數之該矩陣的奇異值分解之一步驟，藉此計算一本徵值及一本徵函數。