



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I485530 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 05 月 21 日

(21)申請案號：099115882

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 05 月 19 日

(51)Int. Cl. : **G03F7/20 (2006.01)**

(30)優先權：2009/05/20 美國 61/179,765

2009/05/20 美國 61/179,760

2009/11/02 美國 61/257,122

(71)申請人：瑪波微影 I P 公司 (荷蘭) MAPPER LITHOGRAPHY IP B. V. (NL)

荷蘭

(72)發明人：威蘭德 瑪寇 傑 加寇 WIELAND, MARCO JAN-JACO (NL)；凡 戴 佩特

特意尼斯 VAN DE PEUT, TEUNIS (NL)

(74)代理人：閻啟泰

(56)參考文獻：

US 5363213

US 7064869B2

US 2003/0218780A1

US 2006/0291720A1

審查人員：李瑋倫

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：12 共 68 頁

(54)名稱

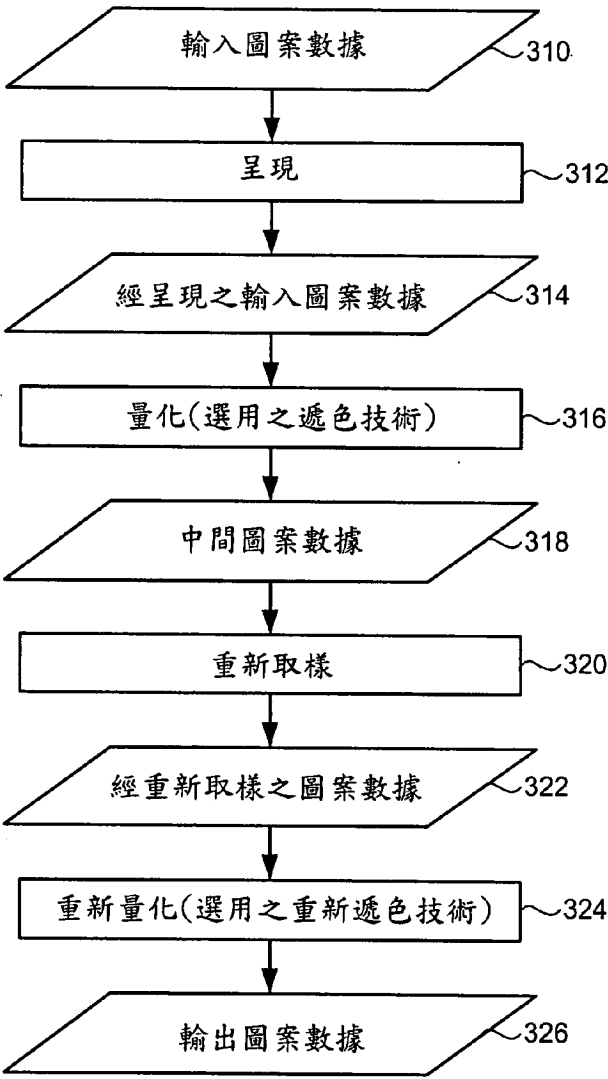
用於微影系統的圖案數據轉換器

PATTERN DATA CONVERSION FOR LITHOGRAPHY SYSTEM

(57)摘要

一種用於在一無光罩微影機器中根據圖案數據來曝光一目標之方法及系統，該無光罩微影機器產生用於曝光該目標之複數個曝光小射束。該方法包含：提供呈一向量格式之輸入圖案數據；呈現且量化該輸入圖案數據以產生中間圖案數據；及重新取樣且重新量化該中間圖案數據以產生輸出圖案數據。將該輸出圖案數據供應至該微影機器，且基於該輸出圖案數據來調變藉由該微影機器產生之該些小射束。

A method and system for exposing a target according to pattern data in a maskless lithography machine generating a plurality of exposure beamlets for exposing the target. The method comprises providing input pattern data in a vector format, rendering and quantizing the input pattern data to generate intermediate pattern data, and re-sampling and re-quantizing the intermediate pattern data to generate output pattern data. The output pattern data is supplied to the lithography machine, and the beamlets generated by the lithography machine are modulated on the basis of the output pattern data.



- 310 . . . 輸入圖案數據
- 312 . . . 呈現
- 314 . . . 經呈遞之輸入圖案數據
- 316 . . . 量化步驟(可選擇的遞色技術)
- 318 . . . 中間圖案數據
- 320 . . . 重新取樣
- 322 . . . 經重新取樣之圖案數據
- 324 . . . 重新量化步驟(可選擇的重新遞色技術)
- 326 . . . 輸出圖案數據

圖6

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種無光罩微影裝置，且尤其係關於一種用於轉換向量格式圖案數據以供一微影裝置使用之系統及方法。

【先前技術】

一無光罩微影機器產生用於曝光一目標之光學或粒子小射束。當使該等小射束掃描遍及該目標之表面時，該機器需要用於調變該等小射束之圖案數據。當以極高解析度來曝光一目標時，需要極大量的圖案數據來使掃描過程成為可能。

該圖案數據通常最初係以向量格式（諸如 GDS-II 或 OASIS 格式）產生，且接著通常被轉換成用於調變小射束之點陣圖格式（bitmap format）。在自向量格式至點陣圖之轉換中，有利的是以中間數據格式儲存數據以准許在曝光晶圓之前執行某種處理，而無需大儲存容量來儲存體積大的經完全轉換之圖案數據。向量格式可作為中間向量格式。向量格式准許對圖案數據執行複雜操縱，諸如執行各種類型之校正，其可涉及在二維上且涉及多個像素或子像素移位的圖案移位或按比例調整。

然而，向量格式具有其為非決定性的缺點，因此，儲存數據所需要之記憶體之量係隨圖案數據而變，且不能提前決定對儲存圖案數據之實際記憶體要求。以極大大小之圖案數據之觀點來看此為顯著的缺點。

【發明內容】

本發明包括一種用於在一無光罩微影機器中根據圖案數據來曝光一目標之方法，該無光罩微影機器產生用於曝光該目標之複數個曝光小射束。該方法包含：提供呈一向量格式之輸入圖案數據；呈現且量化該輸入圖案數據以產生中間圖案數據；及重新取樣且重新量化該中間圖案數據以產生輸出圖案數據。將該輸出圖案數據供應至該微影機器，且基於該輸出圖案數據來調變藉由該微影機器產生之該等小射束。將該向量格式之輸入圖案數據轉換成呈一空間映射像素值陣列之形式的輸出圖案數據。該輸出圖案數據可包含雙階圖案數據，且可包含 B/W 點陣圖數據。該中間圖案數據可包含多階點陣圖數據。較佳地，表示一圖案之一特定部分的該中間圖案數據與表示該圖案之該同一部分的該輸出圖案數據相比較包含更大量的數據。

該方法可包括各種預處理步驟。該方法可包括預處理向量圖案數據以產生該輸入圖案數據，其中該預處理包含一鄰近效應校正及/或一抗蝕劑加熱(resist heating)校正。

呈現該向量圖案數據可包含定義一像素單元陣列，及基於藉由該輸入圖案數據定義之特徵而對該等像素單元之相對覆蓋範圍值指派給該等像素單元。該量化可包含藉由在該經呈現之輸入圖案數據上應用誤差擴散進行遞色技術(dithering)，且該誤差擴散可包含將該經呈現之輸入圖案數據之一像素中之量化誤差分佈至該中間圖案數據之一或多個相鄰像素。該輸入圖案數據可進一步包含劑量圖數據

(dose map data)，該中間圖案資料被形成係基於該向量格式輸入圖案資料及該劑量圖資料。

該重新取樣可包含定義一輸出柵格，其定義一輸出像素單元陣列，以及基於落在每一輸出像素單元內之中間圖案數據值及藉由該等中間值佔據之該輸出像素單元之分數，將一值指派給該輸出像素單元。可藉由計算一落在該等輸出像素單元內之平均中間圖案數據值來決定該等輸出像素單元中之值。

該重新取樣可視情況包含變換該中間圖案數據之一像素大小，且該中間圖案之該像素大小可大於或小於該輸出圖案數據之一像素大小。變換該像素大小以使得該輸出圖案數據之該像素大小不同於該中間圖案數據之該像素大小以准許進行改良效能之調適。

儘管在微影誤差（例如，關鍵的尺寸均勻性及重疊）方面，雙重量化相較於單一量化會減少效能，但效能減少可藉由在第一量化之後使用比在第二量化後留下之數據之更多的數據來儲存圖案而減小。舉例而言，在第一量化之後具有 5 nm 之像素大小具 4 位元灰階像素值（或 2.5 nm 之像素大小具 1 位元 B/W 像素值）的中間圖案數據與具有 3.5 nm 之像素大小具 1 位元雙階 B/W 像素值的輸出圖案數據相比較含有更多的數據。理想地，中間圖案數據在第一量化步驟之後具有極高解析度，但此要求係與儲存此大量數據之成本及複雜性保持平衡。在重新取樣期間像素大小之改變使自中間圖案數據至輸出圖案數據之解析度的調整成為

可能。

改變像素大小亦使改變曝光劑量成為可能，而不改變輸出圖案數據至微影機器之圓柱的傳輸速率，其不易改變。藉由改變小射束之掃描速度及輸出圖案數據之像素大小，可改變劑量率（輸出圖案數據之像素大小亦可由此而變成矩形）。

可結合重新取樣步驟及重新量化步驟來執行各種校正。重新取樣允許移位、按比例調整及失真校正。該等校正可藉由移位、按比例調整、旋轉及/或失真該定義用於重新取樣之輸出柵格來實施。亦可在重新量化步驟中實施一劑量校正。

可對該中間圖案數據執行一圖案移位，該圖案移位包含在該輸出柵格中之一移位。該圖案移位可用於校正小射束未對準。可對該中間圖案數據執行一圖案移位，該圖案移位包含在該微影機器之一機械掃描方向及一垂直於該機械掃描方向兩者上之該圖案數據之一移位。該圖案移位可包含針對圖案數據之一整個條紋的該圖案數據之一移位。

亦可對該中間圖案數據執行一圖案按比例調整，該圖案按比例調整包含按比例調整該輸出柵格。該圖案按比例調整可用於校正小射束掃描偏轉之變化。可對該中間圖案數據執行一圖案按比例調整，該圖案按比例調整包含針對圖案數據之一整個條紋的該圖案數據之一按比例調整。

亦可對該中間圖案數據執行一劑量校正。可對每小射束執行該劑量校正，且可基於每小射束之一劑量因子及該

圖案數據之一條紋之一按比例調整因子來決定該劑量校正。

亦可對該中間圖案數據執行一校正，以用於補償該等小射束中之一或多者之位置之變化。該校正可包含該輸入圖案數據之一調整，該調整導致中間圖案數據之一移位，該中間資料具有一在該機械掃描方向及一實質上垂直於該機械掃描方向兩者方向上之組合。亦可對該中間圖案數據執行一校正，以用於補償該輸出圖案數據至該微影機器之傳輸時間之變化。亦可對該中間圖案數據執行一場域失真調整，該失真調整包含使該輸出柵格失真。該失真可用於改良重疊效能，及/或用於改良與一不同微影工具之匹配。該失真可包含一場域大小調整、一場域位置調整、該場域之一旋轉、一不對稱場域大小調整及/或一不對稱旋轉中之至少一者，且可另外包含更高階失真。

該重新量化步驟可包含藉由在該經重新取樣之中間圖案數據上應用誤差擴散之遞色技術。該第一量化步驟可包含一遞色技術過程，且該第二（重新）量化步驟可包含一重新遞色技術過程，且較佳地在相反方向上執行該遞色技術及該重新遞色技術（例如，自左至右且自上至下進行遞色技術，及自右至左且自下至上進行重新遞色技術）。

可將該輸入圖案數據遞色兩次以產生兩組中間圖案數據，每一組係在相反方向上被遞色。可將該兩組中間圖案數據用於曝光該目標之交替曝光巷道，每一組中間圖案數據在使用之前係在與該遞色之方向相反的方向上被重新遞

色。可移動該目標，使得在一相同方向上曝光該目標之每一曝光巷道。

該重新遞色技術誤差擴散包含將該經重新取樣之圖案數據之一像素中之量化誤差分佈至該輸出圖案數據之一或多個相鄰像素。該誤差擴散可包括：定義一像素陣列；將該像素陣列劃分成若干部分，每一部分經指派成藉由一不同小射束曝光；決定每一部分之誤差擴散參數值；及使用誤差擴散參數值以一直指派給每一部分內之像素。誤差擴散參數值可包一雙階輸出圖案數據值之較高級的一權重值及一臨限值，且可進一步包含該雙階值之較低級之一權重值。該誤差擴散參數值可為一臨限值，其中將一雙階值指派給一部分內之像素單元係基於與該部分決定之臨限值之比較。

可藉由以下各者來限制該誤差擴散：藉由不允許擴散朝向具有等於或低於一另外臨限值之多階值的一或多個像素；及/或藉由不允許擴散至位於在該輸入圖案數據中所描述之該等特徵外部的一或多個像素；及/或藉由不允許擴散朝向具有一與經處理之像素之值相差一特定量以上之值的一或多個像素。

每一像素可具有一標記，且可藉由不允許擴散朝向具有與經處理之該像素標記不同之標記的一或多個像素來限制該誤差擴散。該標記可包含一與該中間圖案數據一起儲存之代碼。可在預處理期間定義該標記，且藉由該向量格式輸入圖案數據中之一特徵覆蓋的所有像素可被向指派一

第一標記值，且所有其他像素被指派一第二標記值。

根據本發明之方法，可在曝光該晶圓之前完成該呈現及量化，且藉由此等步驟產生之該中間圖案數據係呈一空間映射像素值陣列之形式，其具有決定性大小，使得可提前決定儲存該中間圖案數據所必要之儲存容量。此外，藉由重新取樣及重新量化步驟，可即時對該中間圖案執行校正。因此，可使用一具有一決定性大小之圖案數據格式，同時保持對該圖案數據執行即時校正之能力。

本發明亦係關於一種操作一微影機器之方法，其中在第一步驟中將影像數據以一向量格式供應至該機器，在第二步驟中將該向量格式呈現且量化成一點陣圖數據格式，在第三步驟中重新取樣該點陣圖數據以用於對該數據執行即時校正，在第四步驟中重新量化該經重新取樣之數據，且隨後在第五步驟中將其作為一輸出點陣圖供應至該機器之成像硬體。用於執行該第一量化步驟之數據之量較佳地大於由執行該重新取樣引起之數據之量。該重新取樣可包含圖案移位、圖案按比例調整或場域失真校正中之一或多者，且該重新量化可包含執行一劑量校正。可結合該量化步驟來執行一遞色技術過程，其包括藉由調適一遞色技術臨限值執行之一劑量校正。該方法亦可包括藉由修改該輸出點陣圖之一像素大小來控制曝光劑量，該修改係藉由結合該重新取樣來變換中間圖案數據之一像素大小而進行。

在另一態樣中，本發明亦係關於一種用於將呈一向量格式之輸入圖案數據轉換成呈一空間映射像素值陣列之形

式的輸出圖案數據的數據路徑。該數據路徑包含：第一處理單元，其用於呈現且量化該輸入圖案數據以產生中間圖案數據；第一儲存單元，其用於儲存該中間圖案數據；及第二處理單元，其用於重新取樣且重新量化該中間圖案數據以產生輸出圖案數據。該第一處理單元亦可包含用於遞色該經呈現之輸入圖案數據之軟體及/或硬體，且該第二處理單元可包含用於重新遞色該經重新取樣之圖案數據之軟體及/或硬體。該第一儲存單元之容量較佳地足以針對該中間圖案數據之一整個場域儲存該圖案數據。該數據路徑亦可包含一用於儲存該輸出圖案數據之第二儲存單元。

在一另外態樣中，本發明包括一種用於根據圖案數據來曝光一目標之系統，該系統包含：一無光罩微影機器，其產生用於曝光該目標之複數個曝光小射束，且基於輸出圖案數據來調變該等小射束；一數據路徑，其用於接收輸入圖案數據，且產生該輸出圖案數據；及一圖案串流系統，其用於將該輸出圖案數據供應至該微影機器。

【實施方式】

在圖式中說明本發明之各種態樣及本發明之具體實例之特定實施例。

下文為本發明之各種具體實例之描述，其僅係藉由範例且參看圖式提出。

帶電粒子微影系統

圖 1 為展示無光罩微影系統 100 的概念圖，其劃分成三個高級子系統：數據路徑 101、微影機器圓柱 102，及晶

圓定位系統 103。微影機器圓柱 102 根據藉由數據路徑提供之圖案數據來產生光學或帶電粒子射束以曝光晶圓。晶圓定位系統 103 使晶圓在圓柱 102 下方移動，藉由圓柱 102 產生之曝光射束使晶圓之掃描成為可能。

晶圓定位系統 103 典型地包括控制系統 107，控制系統 107 控制經置放有晶圓之晶圓台 108 之移動。在一具體實例中，晶圓定位系統使晶圓在 x 方向上移動，同時使射束在 y 方向上橫越晶圓之表面進行掃描。晶圓定位系統具備來自數據路徑 101 之同步信號，以使在曝光射束下方晶圓之定位與藉由數據路徑傳輸至圓柱之圖案數據同步。

圓柱 102 產生用於曝光晶圓之光學或帶電粒子射束。使射束橫越晶圓之表面進行掃描，且根據由數據路徑提供之呈點陣圖格式之圖案數據而與掃描同步地調變射束。可藉由接通及切斷個別射束或射束群組來執行射束之調變，或藉由調變射束之強度來執行射束之調變，從而在晶圓之表面上導致對應於圖案數據之曝光圖案。

數據路徑 101 典型地包括離線處理系統 104、「線內 (in-line)」處理系統 105，及圖案串流系統 106。離線處理系統 104 接收表示待再現於晶圓上之特徵的圖案數據，其通常用於製造半導體積體電路之一層。通常以向量格式產生圖案數據，且離線處理系統對該數據執行各種預處理操作。接著將經預處理之圖案數據上載至微影工具 109，以供儲存且供「線內」處理系統 105 進一步處理。當將發生晶圓之曝光時，將經處理之圖案數據轉移至圖案串流系統

106 以串流至圓柱 102。

該等組件典型地經配置為兩個分離設備群組：離線處理系統 104 及微影機器 109（亦被稱為微影工具）。微影工具典型地包括晶圓定位系統 103、微影機器圓柱 102、線內處理系統 105，及圖案串流系統 106。

圖 2 為帶電粒子微影系統 100 之具體實例的簡化示意性圖式，其展示電子光學圓柱 102 之細節。舉例而言，此等微影系統被描述於以下專利、公告案及申請案中：美國專利第 6,897,458 號，及第 6,958,804 號，及第 7,019,908 號，及第 7,084,414 號，及第 7,129,502 號；美國專利申請公告案第 2007/0064213 號；及共同申請中之美國專利申請序號第 61/031,573 號，及第 61/031,594 號，及第 61/045,243 號，及第 61/055,839 號，及第 61/058,596 號，及第 61/101,682 號中；其皆已讓與給本申請案之擁有者，且其全文在此皆以引用之方式併入本文中。

在圖 2 所示之具體實例中，微影系統包含帶電粒子源 110，例如，用於產生擴展電子射束 130 之電子源。擴展電子射束 130 撞擊孔徑陣列 111，孔徑陣列 111 阻擋該射束之部分以產生複數個小射束 131。該系統產生大量小射束，較佳地，在約 10,000 至 1,000,000 個小射束之範圍內。

電子小射束 131 傳遞通過聚光器透鏡陣列 112，其聚焦電子小射束 131。藉由準直器透鏡系統 113 準直小射束 131。經準直之電子小射束傳遞通過 XY 偏轉器陣列 114、第二孔徑陣列 115 及第二聚光器透鏡陣列 116。所得小射束

132 緊接著傳遞通過射束消除器陣列 117，其包含用於偏轉該等小射束中之一或多者的複數個消除器。小射束傳遞通過鏡面 148 且到達射束擋止器陣列 118，射束擋止器陣列 118 具有複數個孔徑。小射束消除器陣列 117 及射束擋止器陣列 118 一起操作，以藉由阻擋小射束或使小射束傳遞而切換小射束接通或切斷。小射束消除器陣列 117 可偏轉小射束，使得小射束將不傳遞通過射束擋止器陣列 118 中之對應孔徑，而是將被阻擋。若小射束消除器陣列 117 不偏轉小射束，則小射束將傳遞通過射束擋止器陣列 118 中之對應孔徑。未經偏轉之小射束傳遞通過射束擋止器陣列，且傳遞通過射束偏轉器陣列 119 及投影透鏡陣列 120。

射束偏轉器陣列 119 提供在 X 及/或 Y 方向上每一小射束 133 之偏轉（實質上垂直於未經偏轉之小射束之方向上），以使小射束橫越目標 121 之表面進行掃描。此偏轉係與被小射束消除器陣列用來切換小射束接通或切斷之偏轉分離。緊接著，小射束 133 傳遞通過投影透鏡陣列 120 且投影至目標 121 上。投影透鏡配置較佳地提供約 100 倍至 500 倍之縮小率。小射束 133 撞擊置於晶圓定位系統 103 之可移動載物台上的目標 121 之表面。對於微影應用，該目標通常包含具備帶電粒子敏感層或抗蝕劑層之晶圓。

圖 2 所示之表示係非常簡化的。在一較佳具體實例中，首先將單一電子射束分割成許多更小子射束，接著將該等子射束分裂成甚至更大數目個小射束。此系統被描述於美國專利申請案第 61/045,243 號中，該案之全文在此以引用

之方式併入本文中。

在此系統中，將每一子射束分裂成許多小射束，其可被視為一經圖案化射束。在一具體實例中，將每一子射束分裂成以 7×7 陣列配置之 49 個小射束。小射束消除器陣列較佳地包含用於每一小射束之一個孔與一關聯消除器電極，以使每一個別小射束接通/切斷之切換成為可能。舉例而言，經圖案化射束中之小射束之配置及寫入策略被描述於美國專利申請案第 61/058,596 號中，該案之全文在此以引用之方式併入本文中。射束偏轉器陣列及投影透鏡陣列較佳地包括用於每一經圖案化射束之僅一個孔及透鏡（例如，用於構成一個經圖案化射束的 49 個小射束之每一群組的一個孔或透鏡）。典型地將小射束組合（交錯/多工）於寫入單一條紋之群組中。

數據路徑架構

圖 3 中展示數據路徑 101 之一具體實例的簡化方塊圖，且該數據路徑之一部分亦出現於圖 2 中。經由數據路徑控制小射束消除器陣列 117 之切換。處理單元 140 接收描述待藉由微影機器製造之器件之佈局的資訊，該資訊典型地係以向量檔案格式提供。該處理單元（其可包括離線處理系統 104、線內處理系統 105，及圖案串流系統 106）執行此資訊之一系列變換，以產生控制信號來控制小射束消除器陣列 117。

將該等控制信號經由 142 傳輸至電光轉換器件 143（諸如雷射二極體），以將電控制信號轉換成光學信號。將該

等光學控制信號導引通過光纖 145。將該等光纖之輸出端處的自由空間光束 146 通過透鏡陣列 147 而導引至有孔鏡面 148 上。自該鏡面，將該等光束反射至射束消除器陣列 117 之下側上。將個別光束引導至射束消除器陣列 117 之下側上的複數個光電轉換器件 149（諸如光電二極體）上。較佳地，對於每一光纖 145，在小射束消除器陣列上存在一光電二極體。該等光電二極體操作以啟動個別射束消除器電極來調變或控制小射束 132 之偏轉，以切換個別小射束接通或切斷。

用於控制個別小射束消除器電極之控制信號較佳地為多工的，使得每一光束 146 載運用於一通道之控制信號，該通道包含共用一個光纖及光電二極體之許多小射束。藉由光電二極體接收經多工之光束且將其轉換成電信號。小射束消除器陣列 117 包括用於將由光電二極體接收之控制信號解多工以導出用於個別地控制許多小射束消除器電極之控制信號的邏輯。在一較佳具體實例中，對用於控制一個經圖案化射束之 49 個小射束的個別控制信號進行時間多工以用於經由單一光纖進行傳輸，且藉由單一光電二極體將該等個別控制信號接收於小射束消除器陣列上。

除了多工以外，亦可以圖框來配置小射束控制信號以供傳輸，且該等小射束控制信號可具有同步位元及額外編碼以改善傳輸，例如使用一編碼技術以達成頻繁信號轉變，以防止以 DC 耦合方式使用雷射二極體及光電二極體。藉由促使轉變，在光學信號中自動地分佈計時信號。

更接近於晶圓，使用射束偏轉器陣列 119 以使電子小射束在 y 方向上偏轉（及亦有在 x 方向上之小偏轉），以達成在晶圓 121 之表面上的電子小射束之掃描。在所描述之具體實例中，藉由晶圓定位系統 103 使晶圓 121 在 x 方向上機械地移動，且使電子小射束在實質上垂直於 x 方向之 y 方向上橫越晶圓進行掃描。當寫入數據時，使小射束在 y 方向上緩慢地（與返馳時間相比較）偏轉。在掃視結束時，使小射束快速地移動回至 y 範圍之開始位置（此被稱為返馳）。射束偏轉器陣列 119 自數據路徑 101 接收時序及同步資訊。

通道

可將該數據路徑劃分成許多通道。通道為自預處理單元至微影系統之數據路徑（且可被視為延伸至目標）。圖 4 展示包含多個通道之系統之範例的概念圖。將圖案數據檔案 202 劃分成部分 202a、202b、202c 等等，其與待曝光於目標上的圖案之部分有關。在一具體實例中，每一部分包括用於待曝光於晶圓上之場域之條紋的圖案數據。經由處理及通信通道 204 傳輸圖案數據 202，在此範例中，處理及通信通道 204 包含用於圖案數據之每一部分的用於傳輸該圖案數據之分離通道 204a、204b、204c 等等。在一具體實例中，通道包含電光轉換器（例如，雷射二極體）、用於傳輸小射束控制信號之光纖，及光電轉換器（例如，光電二極體）。通信通道 204 將圖案數據傳輸至微影機器之小射束消除器陣列 206。在一具體實例中，小射束消除器陣列

包括消除器元件群組 206a、206b、206c 等等，其各自用於根據藉由單一通道傳輸之圖案數據來調變一小射束群組。小射束消除器陣列 206 根據該圖案數據來調變小射束以曝光目標上之場域 208。在一具體實例中，藉由每一消除器元件群組 206a、206b、206c 等等調變之小射束曝光目標上之場域之對應條紋 208a、208b、208c 等等。

可指派一通道以傳輸用於包含許多個別小射束（例如，構成一個經圖案化電子射束之 49 個小射束）之單一經圖案化射束的控制信號。一個經圖案化射束可用於在晶圓上寫入單一條紋。在此配置中，一通道代表路徑組件，其專用於一包含多個小射束（例如，49 個小射束）之經圖案化射束之控制且載運用於根據圖案數據來寫入一個條紋之小射束控制信號數據。一子通道代表該路徑組件，其專用於一經圖案化射束內之單一小射束之數據的控制。

數據路徑處理

數據路徑 101 將向量圖案數據變換成輸出圖案數據以用於控制微影機器之小射束。輸出圖案數據係呈點陣圖格式（在本文中被定義為空間映射像素值陣列），且通常在晶圓之曝光期間被串流至微影機器。數據路徑及微影系統被揭示於共同申請中之美國專利申請序號第 61/179,761 號、第 61/179,762 號、第 61/179,765 號及第 61/179,766 號中，其皆已讓與給本申請案之擁有者，且其全文在此皆以引用之方式併入本文中。

半導體元件之設計者典型地產生以使用諸如 GDS-II 或

Oasis 之多層向量數據格式之元件的佈局設計。此圖案數據描述待由矽晶圓或其他基板製成之元件之特徵（電晶體、線路、襯墊、導通孔，等等）的形狀及大小。藉由光或帶電粒子射束曝光晶圓以在晶圓之表面上再現藉由圖案數據定義之特徵。

當前工業標準為 300 mm 之晶圓。圖 5A 展示劃分成場域 302 之晶圓 301。通常在晶圓之表面上定義矩形場域，其典型地具有 26 mm×33 mm 之最大尺寸。可處理每一場域以產生多個半導體元件（亦即，用於曝光單一場域之圖案數據可包括用於製造多個積體電路元件之佈局設計），但用於個別元件之佈局不橫跨場域邊沿。在 26 mm×33 mm 之最大大小之情況下，可有 63 個場域存在於單一標準晶圓上。更小場域係可能的，且將導致每晶圓有更高數目個場域。圖案數據通常描述單一場域之特徵，且通常針對整個晶圓使用同一圖案數據，使得以同一圖案來曝光晶圓之每一場域。亦有可能寫入部分（不完整）場域，例如藉由將全部場域寫成部分場域且橫跨晶圓邊界。

在微影機器之一較佳具體實例中，該機器產生 13,000 個子射束，且將每一子射束分裂成 49 個小射束，從而導致 637,000 個小射束（亦即， $13,000 \times 49$ ）。小射束消除器陣列含有 13,000 個光電二極體及 637,000 個孔於 26 mm×26 mm 之面積內。小射束消除器陣列中之每一光電二極體接收一用於 49 個（7×7）消除器孔/小射束之控制的經多工之控制信號。遍及 26 mm 之距離的 13,000 個子射束導致在 y 方向

(垂直於機械掃描)上寬度為 $2\ \mu\text{m}$ 且在 x 方向上長度與場域長度相同的條紋。每一子射束之 49 個小射束寫入單一條紋。

圖 5B 為場域 302 的示意圖，場域 302 被劃分成使該場域之長度在 x 方向上延伸的若干條紋 304。藉由線 306 說明每一條紋中之小射束之寫入方向，從而展示在 y 方向上之小射束掃描偏轉，而晶圓載物台在 x 方向上移動，從而產生三角形掃描路徑。應注意，小射束典型地僅在一個方向上掃描時進行寫入，且在返回掃視（使小射束返回至開始 y 位置）期間關閉。

較佳地，藉由微影機器在前向及後向 x 方向（亦即， $+x$ 及 $-x$ 方向）兩者上寫入（曝光）晶圓。在 y 方向上之寫入方向（藉由小射束掃描偏轉器）通常係在一個方向上。

當一場域之大小（高度）經選擇為小於電子/光學（EO）狹縫之大小（亦即，投影至晶圓上之完整小射束陣列之大小）（例如，小於 26 mm 之最大大小）時，則可將更多場域置放於晶圓上，但並非所有小射束皆將用以在晶圓上進行寫入。EO 狹縫將需要掃描晶圓更多次，且總通量將減小。

當一機器正將圖案寫入至一場域時，在某一時刻，小射束消除器陣列進入下一場域且開始將圖案寫入於其中，因此，該機器應能夠同時在兩個場域中進行寫入。若一場域足夠小，則該機器應能夠同時寫入 3 個場域。

用於在微影機器中寫入晶圓之過程被粗略地描述於以下步驟之序列。將晶圓 121 安裝於晶圓定位系統 103 之載

物台上，使圓柱 102 維持於真空條件下，且校準小射束。機械地對準晶圓，且計算每場域對準（偏移）。藉由載物台使晶圓在 +x 方向上移動（x 方向在本文中亦被稱為機械掃描方向），且圓柱開始寫入第一場域，使小射束在垂直於 x 方向之 y 方向上進行掃描。當小射束消除器陣列之孔之前列經過一場域邊界時，會對下一場域來安裝偏移校正。因此，在仍正寫入第一場域的同時，微影系統將開始寫入下一場域。在寫入一列中之最後場域之後，載物台將移動以將晶圓上之場域之下一列定位於小射束消除器陣列下方。新運轉將開始，而載物台在 -x 方向（亦即，+x 方向之反向）上移動。掃描偏轉之方向較佳地不改變。

描述待曝光於晶圓上之圖案的圖案數據檔案通常以向量格式產生，典型地工業標準格式諸如 GDS-II 或 OASIS 格式。

離線預處理

預處理步驟將標準向量數據格式變換成向量數據及劑量圖。預處理可包括平整、鄰近效應校正、抗蝕劑加熱校正，及其他操縱及校正。

平整步驟將標準圖案數據檔案變換成呈向量格式之單層二維圖案數據，該標準圖案數據檔案典型地包括描述一元件設計之多個層的設計數據，且含有階層式數據結構。向量數據描述待曝光於晶圓上之圖案之二維形狀。劑量圖包含晶圓上之不同區域之曝光劑量值，且通常在預處理期間予以計算。劑量圖可實施為一柵格，該柵格含有該柵格

之每單元一個劑量率，單元大小典型地等於或小於用於圖案化晶圓之所要關鍵的尺寸（CD）。劑量圖較佳地僅包含背景劑量值，但可包含前景劑量值或背景值及前景值兩者。劑量圖亦可實施於圖案數據中以作為用於每一個二維形狀之標籤，從而描述該形狀之劑量。

可在預處理期間執行鄰近效應校正，以改良在晶圓之處理之後的圖案保真度。可藉由修改劑量值及/或幾何形狀以產生曝光射束之電子/粒子之散射來解決鄰近效應校正。可藉由以下方式來完成幾何形狀改變：在特徵形狀之隅角周圍，或在沿著藉由圖案數據描述之線之長度的某處，典型地以 CD 之三分之一的長度來移位一特徵之一或多個邊緣（例如，藉由添加小對線）。可執行抗蝕劑加熱校正以補償由於所使用之抗蝕劑之性質而發生的效應。

亦可將用於每一場域之數據分裂成待藉由系統之一個通道寫入的條紋，其典型地為 2 微米寬。可藉由以下方式來完成此分裂：將場域劑量圖分裂成每通道之劑量圖，且將多邊形減少成藉由一個通道寫入之條紋區域。該條紋區域較佳地延伸超出條紋之邊沿，考量以聯結策略及遞色技術起動假影。若使用「智慧邊界（smart boundary）」聯結策略（其中將關鍵的特徵指派給單一通道/條紋），則在分裂劑量圖時將條紋邊界上之多邊形之關鍵的特徵指派給一特定條紋/通道。

由於預處理之複雜性，較佳地離線執行此步驟，通常藉由軟體執行此步驟，且通常針對每一設計將此步驟執行

一次（亦即，針對一設計不會再次執行預處理步驟，除非該設計自身改變）。

處理

圖 6 為說明一過程的簡化流程圖，該過程用於將呈向量格式之輸入圖案數據轉換成呈空間映射像素值陣列之形式的輸出圖案數據，該輸出圖案數據適於調變無光罩微影機器之小射束。在步驟 312 中呈現經預處理之輸入圖案數據 310 以產生經呈現之輸入圖案數據 314，接著在第一量化步驟 316 中量化經呈現之輸入圖案數據 314 以產生中間圖案數據 318。可藉由以下方式來執行量化：捨入至最近中間圖案級，且捨棄量化誤差，或使用誤差擴散遞色技術遍及相鄰像素重新分佈誤差。在下一步驟中，在步驟 320 中重新取樣中間圖案數據 318 以產生經重新取樣之圖案數據 322，在第二量化步驟 324（在本文中被稱為重新量化）中再次量化且視情況遞色（在本文中被稱為重新遞色）經重新取樣之圖案數據 322 以產生輸出圖案數據 326，將輸出圖案數據 326 傳輸至微影機器以控制小射束來曝光目標。

圖 7 為用於執行圖 6 之操作之架構的範例。預處理系統 104 將輸入圖案數據 310 上載至微影工具 109，其中將輸入圖案數據 310 儲存於第一儲存媒體 220（例如，硬碟驅動機）中。自儲存器 220 讀取輸入圖案數據，且藉由處理器 221 呈現且量化（且視情況遞色）輸入圖案數據以產生中間圖案數據 318，將中間圖案數據 318 儲存於第二儲存媒體 222（例如，硬碟）中。通常在開始晶圓之曝光之前執行該

過程之此等步驟，儲存器 220 及儲存器 222 典型地儲存用於完整場域之圖案數據。中間圖案數據係呈空間映射像素值陣列（在本文中被稱為點陣圖）之形式，其具有決定性大小，使得可提前決定儲存中間圖案數據所必要之儲存容量（例如，儲存器 222）。

接著，自儲存器 222 讀取中間圖案數據 318，且藉由處理器 223 執行座標變換及重新量化（及視情況，重新遞色）以產生輸出圖案數據 326，將輸出圖案數據 326 儲存於儲存媒體 224 中，儲存媒體 224 通常為某一形式之數位記憶體（例如，RAM）。通常，至少部分地在晶圓之曝光期間即時執行此等步驟，儲存器 224 典型地儲存僅用於一場域之部分之圖案數據。自儲存器 224 讀取輸出圖案數據，且藉由數據輸送系統 225 將其傳輸至圓柱 102。

離線、在線及即時處理

中間圖案數據之數據大小針對一設計係較佳地維持恆定，使得若每像素之位元數目增加，則像素之大小亦對應地增加，且反之亦然。舉例而言，若用於雙階 B/W 中間圖案數據的 2.5 nm 之像素大小將提供足夠精確度，則在使用每像素 4 位元之多階中間圖案數據的情況下，像素大小將增加至 5 nm。舉例而言，對於 26 mm×33 mm 之晶圓場域，2.5 nm 之雙階（每像素 1 位元）圖案數據將需要大約 137 兆位元之儲存空間（不包括相鄰條紋之間的任何重疊）。

用以將向量格式輸入圖案數據（及選用之劑量圖）轉換為中間圖案數據之呈現及量化針對使用該圖案數據處理

之每批晶圓較佳地執行一次，且可離線、線內或線上執行該呈現及該量化。典型地藉由與微影機器分離之數據處理系統以軟體來執行離線轉換。離線轉換具有以下優點：通常不存在時間約束，使得處理時間通常不為問題。然而，將向量圖案數據轉換成點陣圖格式會相當大地增加數據之大小，從而增加儲存該數據所需要之儲存容量之量（例如，在硬碟驅動機或其他磁性或光學儲存媒體上）。若以點陣圖格式加以儲存，則大量晶片設計將需要大量儲存空間。在轉換至點陣圖格式之後對晶片設計作的任何改變亦將需要重新轉換。

亦可在輸入圖案數據至微影機器之上載期間「線內」執行轉換至中間圖案數據，典型地藉由經包括作為微影機器之部分的數據處理系統以軟體來執行該轉換。線內轉換具有以下優點：該轉換經延遲，直至使用數據之前不久為止，從而減少所需要之離線儲存容量。線內轉換每經轉換之圖案可花費約一小時。在微影機器具有所需數據處理能力之情況下，此方法可為有利的。

亦可在曝光開始之前不久或在其已開始之後即時執行轉換至中間圖案數據。可在自硬碟上載至圖案串流器系統期間執行此轉換，該圖案串流器系統將點陣圖數據串流至微影機器之消除器陣列。此需要快速上載，且典型地每圖案可花費約六分鐘用於上載及轉換。對於此選項而言，用以製備圖案數據以供即刻使用的處理時間係關鍵的。

呈現

返回參看圖 6，在步驟 312 中呈現輸入圖案數據 310 以產生經呈現之輸入圖案數據 314。呈現過程將以向量格式描述之形狀資訊轉換成包含每影像區域（諸如一柵格之正方形，一陣列之區域，或用於每一像素之數據）之影像數據的格式。

圖 8A 展示輸入圖案數據之部分 400 之表示，其展示黑色背景上之白色形狀 402 表示待曝光於目標上之特徵。圖 8B 展示與輸入柵格 403 疊對的圖 8A 之影像區域，以說明一用於呈現輸入圖案數據之方法。對於柵格之每一單元，定義一與待曝光於目標上之圖案之一元素有關的值，且在下文中將被稱為像素。應注意，圖案數據之像素未必與藉由小射束曝光於目標上之像素直接有關。對於每一像素，決定一表示藉由特徵佔據之像素之分數（例如，圖 8B 中為白色而非黑色之柵格正方形之分數）的值。圖 8C 展示形成中間圖案數據 314 之所得值（亦被稱為灰度值）陣列。儘管圖 8B 及圖 8C 中展示正方形輸入柵格，但該柵格亦可採取許多其他形式，諸如矩形柵格、具有自彼此偏移之列之正方形或矩形柵格、三角形柵格，等等。

在一具體實例中，使用亦被稱為前景劑量之最大劑量及亦被稱為背景劑量之最小劑量。最小劑量可為零，或可為非零值。向完全包含於特徵 402 內部之每一像素指派一表示前景劑量之最大值的值（例如，圖 8B 中之柵格正方形 404），且向完全在該特徵外部之像素指派一表示背景劑量之最小值的值（例如，柵格正方形 405）。向藉由該特徵部

分地覆蓋之像素（例如，柵格正方形 406）指派一與藉由該特徵覆蓋之像素之分數（其大致在最小劑量值與最大劑量值之間被按比例調整）成比例的灰度值（例如，圖 8C 中之柵格正方形 407）。原則上，此處之灰度值具有無量化誤差之無限解析度，但實務上，在數位計算系統中總是發生某種量化。較佳地在一個方向上（例如，自上至下）逐漸地處理像素之列，在相同方向上（例如，自左至右）處理每一列，亦可在兩個方向上（例如，以蜿蜒蛇形圖案）執行處理。

較佳地藉由劑量資訊（較佳地呈劑量圖之形式）實現輸入圖案數據。若存在劑量資訊，則較佳地在產生中間圖案數據時考量該劑量資訊。舉例而言，針對圖 8B 之每一像素決定的灰度值可包含藉由特徵佔據之像素之分數，其在最小劑量值與最大劑量值之間被按比例調整，且乘以藉由像素覆蓋之區域之相關劑量值。

第一量化

返回參看圖 6 之流程圖，接著量化藉由呈現步驟決定之經呈現之輸入圖案數據 314 以使儲存藉由特定數目個位元定義之預定解析度的每一值成為可能。通常藉由捨入至最近 n 位元中間圖案級來完成量化。舉例而言，若藉由四個位元表示每一值，則經量化之值可採取 16 個不同值中之一者，例如表示為 16 個灰階值。在此步驟中產生量化誤差，其可被捨棄或使用誤差擴散遞色技術視情況重新分佈全部相鄰像素。使用包括第一遞色技術之第一量化步驟 316 來

執行量化及誤差擴散，以產生如圖 8D 所示之 n 位元中間圖案數據 318。在量化之後，藉由第一遞色技術過程將一個像素值之量化誤差傳播至鄰近像素，以避免量化誤差之損失且改良中間圖案數據之準確度。

圖 8E 說明二維量化誤差傳播過程之範例。在此範例中，將中間圖案數據之每一灰度值量化成定義 16 個可能灰階中之一者的四位元值。隨著處理每一像素，將量化誤差擴散至鄰近像素。在此範例中，在二維上擴散誤差，亦即，擴散至在遞色方向上之鄰近像素且擴散至尚未遞色之下一列。應注意，在所展示之範例中，遞色過程正在自左至右且自上至下進行。已經處理頂部列及中間列之第一像素。正在處理中心像素，且正將量化誤差分佈至向左（在遞色方向上）之下一像素且分佈至向下（亦在遞色方向上）之下一列。在印刷時，典型地將遞色技術技術用於實現灰階或顏色變化。一些熟知演算法為誤差擴散（ 2×2 矩陣）及 Floyd Steinberg（ 2×3 矩陣），且遞色技術技術亦被揭示於美國專利申請案第 61/179,760 號中。典型地在一個方向上執行遞色技術，例如，在一個方向上（例如，自上至下）逐漸地遞色像素之列且在相同方向上（例如，自左至右）遞色每一列，但亦可在兩個方向上（例如，以蜿蜒蛇形圖案）執行遞色。遞色演算法典型地需要一些數據來「預熱（warm up）」，且為了達成更好結果，條紋寬度可以延伸小邊緣。

出於微影目的，可對遞色過程進行一些改良。較佳地

不傳播誤差傳播橫越圖案數據之特徵邊緣，而是較佳地在另一方向上傳播誤差傳播，但亦可捨棄誤差傳播，因為在無劑量或僅需要背景劑量之情況下將量化誤差傳播至像素通常係無用的。吾人應亦根據 CD 及間距之合理值看出此情形。在自灰度值至零值之轉變的狀況下，此保證更多零像素將跟隨發生。

對遞色技術過程之另一改良係藉由不允許擴散朝向具有與經處理之像素之值相差一特定量以上之值的一或多個像素來限制誤差擴散。因為在特徵之邊緣、特徵之內部及特徵之外部上的像素可具有彼此顯著不同之值，所以此方法確保誤差保持在特徵之邊緣、內部或外部處。

更複雜的規則亦係可能的。較佳地在預處理期間計算此等規則，且可接著儲存結果以作為用於每一像素之標記，該標記描述用於該像素之移位規則之成果。接著藉由不允許擴散朝向具有與經處理之像素不同之標記的一或多個像素來限制誤差擴散。

因為遞色過程將量化誤差傳播至鄰近像素，所以其亦處理每掃描線之子像素移位。為了以準確方式傳播量化誤差，在掃描線未對準之情況下（例如，在相鄰列中之像素彼此偏移之情況下），至另一掃描線之誤差傳播不為無價值的。可基於鄰近像素之間的重疊量來傳播量化誤差，使得具有更大重疊之像素接收更大比例的經傳播之量化誤差。一可選擇且更簡單之策略係僅將誤差傳播至具有最大重疊之鄰近者。

應注意，儘管將呈現 312 及第一量化（及視情況，第一遞色技術）316 描述為分離步驟，但兩個過程通常皆在處理下一像素之前應用於每一像素上。

重新取樣

返回參看圖 6 之流程圖，在下一步驟中，中間圖案數據 318 經歷重新取樣操作 320 以產生經重新取樣之圖案數據 322。經重新取樣之圖案數據 322 較佳地匹配於微影機器之小射束解析度，而無需進一步座標變換。舉例而言，經重新取樣之圖案數據之像素大小較佳地匹配於目標表面上之小射束之所要像素大小。

圖 8F 說明重新取樣之一範例。圖 8D 的經量化之中間圖案數據經展示成與輸出柵格 410 疊對。與輸入柵格 403 相比，輸出柵格 410 較佳地定義更小的像素，輸出柵格 410 較佳地匹配於目標表面上之小射束之所要像素大小。舉例而言，對於所要 3.5 nm 之像素大小，輸出圖案數據之每一像素表示用於曝光目標上之 3.5 nm 像素之小射束的劑量值。經重新取樣之圖案數據及輸出圖案數據之像素較佳地等於用於串流至微影機器之像素大小。

對於輸出柵格 410 之每一單元/像素，決定一表示落在經重新取樣之/輸出之像素內之中間圖案數據之劑量值及藉由該等劑量值佔據之輸出像素之分數的值。舉例而言，在圖 8F 中，像素 411 大部分為黑色且具有淺灰色之小區域，像素 412 完全為淺灰色，且像素 413 大部分為白色且具有淺灰色之小區域。基於中間灰度值（例如，黑色、淺灰色、

白色) 及其所佔據之像素之分數來決定經重新取樣之像素的加權「平均」灰度值。圖 8G 展示形成經重新取樣之圖案數據 322 之所得灰度值陣列。儘管圖 8F 及圖 8G 中展示正方形輸出柵格，但該柵格亦可採取許多其他形式，諸如矩形柵格、具有偏移列之正方形或矩形柵格、三角形柵格，等等。

類似於呈現步驟，原則上，經重新取樣之圖案數據之灰度值具有足夠低之量化誤差，但實務上，在數位計算系統中總是發生某種量化。較佳地在一個方向上（例如，自上至下）逐漸地處理像素之列，在相同方向上（例如，自左至右）處理每一列，亦可在兩個方向上（例如，以蜿蜒蛇形圖案）執行處理。

可應用校正以作為重新取樣步驟之部分，或可應用較正結合重新取樣步驟。較佳地即時執行重新取樣，使得此等校正亦為即時校正。該等校正可包括（例如）射束間劑量校正、在條紋內之移位，及在條紋內之按比例調整。

移位

藉由相對於輸入圖案數據之原點來移動輸出柵格之原點，可在 x 方向（機械掃描方向）、y 方向（垂直於機械掃描方向）或此兩個方向上應用在條紋內之移位。接著，如上決定每一經重新取樣之/輸出像素中之灰階之值。

當將一圖案寫入於一晶圓上時，寫入該圖案之小射束全部完全對準係不太可能的。為了校正此未對準且使該等小射束能夠寫入經對準之條紋，調整圖案數據以補償對準

誤差。可使用軟體或硬體進行此調整，且可在圖案數據之處理期間的不同階段完成此調整。舉例而言，可對輸入圖案數據、中間圖案數據或輸出圖案數據進行校正。

可在 x 方向（載物台移動方向）或 y 方向（小射束掃描偏轉方向）或此兩者上發生小射束之偏移。可在全像素移位及/或子像素移位中發生偏移。可藉由在光柵化之後移位許多像素來達成全像素移位。可達成子像素移位以作為光柵化過程之部分。

將全局圖案移位（亦即，在一通道中所有小射束之移位）可用於條紋位置校正（在 x 方向及 y 方向上）及場域位置校正（在 x 方向及 y 方向上）。圖 9 中展示用於條紋位置校正之 x 及 y 圖案移位之範例。在圖式之左邊，展示具有在所欲位置中疊對之所要圖案的條紋。在圖式之右邊，展示具有在不進行校正之情況下將寫入之經疊對之圖案的條紋。可看出，需要全局圖案移位以使通道之所有小射束在向上且向左移位之位置中進行寫入。

典型地在校準之後頻繁地完成射束偏移（每晶圓或每場域一次）。可假設小射束相對於同一通道中之其他小射束完全對準，使得一通道中之所有小射束得到相同圖案偏移。

用於圖案移位之典型要求為用於全局移位之每通道之個別 x 及 y 移位設定，及每場域一次之參數更新。一典型最大移位範圍可為 +200 nm 至 -200 nm，其中移位準確度為 0.1 nm。此校正係針對用於全局移位之每通道，因為預期一

經圖案化射束中之所有小射束使用相同偏移值。對於全局圖案移位，通道圖案被移位作為完整獨立的射束交錯策略。

按比例調整

可使用按比例調整來校正小射束之掃描偏轉之變化。在每一掃描期間使小射束在 y 方向上偏轉，且將一圖案自條紋之一側寫入至另一側。偏轉距離較佳地覆蓋條紋寬度及兩倍過度掃描距離兩者。在藉由微影機器產生之射束之偏轉遍及所有射束不完全均一的狀況下，則一個小射束群組將比其他小射束群組更強烈地偏轉，且因此，在小射束群組之間的偏轉距離將不同。可歸因於橫越掃描偏轉陣列發生之電壓降而遍及該陣列之表面發生掃描偏轉之強度之差。此等電壓降在該陣列之遠端處導致更弱偏轉場，且偏轉距離對於經歷更弱偏轉場之小射束將更短。

按比例調整可被應用藉由將中間圖案數據放大或縮小按一比例調整因子、藉由按比例調整輸出柵格 410，且接著如上文所描述來執行重新取樣。通常在一條紋內在 y 方向（垂直於機械掃描方向）上應用此按比例調整校正。該條紋之中心在掃描之前及之後通常保持相同。圖 10 中展示圖案按比例調整之範例。在圖式之左邊，展示具有與在水平虛線之間的圖案特徵之所欲按比例調整疊對之所要圖案的 2 微米寬之條紋。在圖式之右邊，展示具有在不進行按比例調整校正之情況下將寫入之經疊對之圖案的條紋。可看出，需要圖案按比例調整校正以減少通道之所有小射束之偏轉，以藉由正確按比例調整來寫入特徵。

可藉由以下方式來實現按比例調整：調整傳輸至微影機器之小射束消除器之數據信號的位元率，從而透過不同數目個像素展開曝光圖案。歸因於同步考慮，改變位元率不為較佳的。為了避免此情形，可藉由透過不同數目個位元/像素展開圖案來完成按比例調整。假設屬於單一小射束群組之小射束具有相同偏轉強度，因為其係藉由掃描偏轉陣列之同一偏轉器元件偏轉。因此，圖案按比例調整因子對於同一群組中之所有小射束而言係相同的。

圖案按比例調整需要校正每通道，其中校正參數更新較佳為每冗餘掃描重安排一次。最大範圍典型地為 1 至 1.1（例如， $2\ \mu\text{m}$ 變成 $2.2\ \mu\text{m}$ ），其中準確度為 $0.1\ \text{nm}/1\ \mu\text{m} = 1/10,000$ 。假設偏轉強度對於一通道中之所有小射束而言係相同的，因為該等小射束共用同一偏轉器陣列，且差不多係在此偏轉器中之同一位置中。

旋轉及失真

亦可進行校正以校正圖案相對於在目標上形成之先前圖案層之旋轉或失真。可藉由使輸出柵格 410 旋轉或失真來完成此校正。失真及旋轉可用以改良疊對效能或匹配於藉由不同微影工具曝光或產生之另一層。失真可包含（例如）場域大小調整、場域位置調整、場域之旋轉、不對稱場域大小調整，及不對稱旋轉。更高階校正亦係可能的。藉由使用此過程，晶圓之場域之任何失真可藉由使輸出柵格 410 適當地失真來補償。

劑量校正

如上文所描述，可在呈現步驟中使用最大（前景）劑量及最小（背景）劑量。藉由每條紋個別地調整臨限值（或等效者），可在第二遞色步驟中應用小射束間劑量校正。由於微影機器之製造公差變化，有效劑量改變每小射束。小射束掃描偏轉強度之變化亦可導致劑量強度之變化。可藉由施加一劑量校正因子來校正此等變化，例如，藉由將經計算之輸出圖案數據值乘以一劑量校正因子來校正此等變化。藉由調整像素白度值及/或臨限值，亦可在第二遞色過程中應用劑量校正。舉例而言，當以 90% 之劑量因子來校準小射束時，其強度為 $100\%/90\% = 111.1\%$ 。因此，用於遞色技術之白度值在 100 為預設值之情況下將為 111.1，且遞色臨限值在預設值為 50 之情況下將為 55.6。較佳地於每小射束執行劑量校正，其中劑量校正因子較佳地每晶圓更新一次。用於劑量校正之典型要求/值為：劑量圖為 50% 至 100%，圖案劑量準確度為 0.2% 之步階大小，射束劑量校正因子為 80% 至 100%，且射束劑量準確度為 0.2% 之步階大小。應將所得劑量率捨入至最近值。

可基於來自中間圖案數據之劑量率、每小射束之劑量因子及用於通道之按比例調整因子來計算用於遞色過程之劑量。較佳地每小射束設定劑量因子。遞色模組亦應知曉掃描線至小射束束縛（「子射束索引」）。遞色過程將導致劑量位準，或較佳地導致用於條紋之所有像素之接通/切斷狀態。在進一步處理之前，移除選用之邊緣像素。在軟邊緣之狀況下無需邊緣像素，因為在條紋邊沿處已經存在

平滑淡入及淡出。對於用以產生雙階輸出圖案數據之遞色過程，臨限值較佳地總是為「白度值」之一半，因為白度值將由於小射束劑量校正而偏離預設值。

第二量化

返回參看圖 6，在第二量化步驟 324 中量化重新取樣之圖案數據 322 以產生輸出圖案數據 326。輸出數據較佳為包含經量化成每像素 1 位元值之像素劑量值的黑色/白色點陣圖。可視情況在第二遞色步驟中執行誤差量化之擴散，該第二遞色步驟亦被稱為重新遞色（此在本文中被稱為重新遞色，但可能未必已執行第一遞色步驟，使得轉換過程可包括重新遞色以作為唯一遞色步驟）。圖 8H 展示圖 8G 之輸出圖案數據，其經轉換成雙階輸出圖案數據。

圖 8I 說明用於第二遞色步驟之二維量化誤差傳播過程之範例，此類似於用於第一遞色之圖 8E。在此範例中，將輸出圖案數據之每一灰度值量化成定義 16 個可能灰階中之一者的四位元值。隨著處理每一像素，在二維上將量化誤差擴散至鄰近像素。在圖 8I 中，遞色過程正自右至左且自下至上進行，此與圖 8E 所示之遞色方向相反。已經處理底部列及中間列之第三像素。正在處理中心像素，且正在將量化誤差分佈至向右（在遞色方向上）之下一像素且分佈至向上（亦在遞色方向上）之下一列。

類似於第一遞色，典型的在一個方向上執行第二遞色，例如，在一個方向上（例如，自上至下）逐漸地遞色柵格正方形之列且在相同方向上（例如，自左至右）遞色

每一列，但亦可在兩個方向上（例如，以蜿蜒蛇形圖案）執行第二遞色。應注意，儘管將重新取樣 320 及第二量化（及視情況，第二遞色）324 描述為分離步驟，但兩個過程通常皆在處理下一像素之前應用於每一輸出像素上。

發生第二遞色之方向可經選擇為與用於第一遞色之方向相同（例如，皆係自左至右且自上至下），或完全相反（例如，第一遞色係自左至右且自上至下，且第二遞色係自右至左且自下至上），或部分相反（第一遞色係自左至右且自上至下，且第二遞色係自右至左且自上至下）。

較佳地在相反方向上執行第一遞色過程及第二遞色過程。圖 11A 展示圖案數據之 8×8 陣列之範例，數值配置自左上角中之 1,1 至右下角中之 8,8。圖 11B 展示用於中間圖案數據之第一遞色技術之路徑的範例，其係自左至右且自上至下。第一遞色技術始於左上角且自左至右遞色頂部列，接著自左至右遞色技術第二列，且向前至底部列。圖 11C 展示用於輸出圖案數據之第二遞色技術之路徑。較佳地在與第一遞色技術之方向相反的方向上執行第二遞色技術。因此，在此範例中，將自右至左且自下至上執行第二遞色技術。第二遞色技術始於右下角且自右至左遞色技術底部列，接著自右至左遞色技術向上之下一列，且向前直至頂部列。

已根據經驗發現，在相反方向上執行遞色技術會導致在目標上再現之圖案之準確度的小改良。雖然此改良係合乎需要的，但其導致一些問題。如上文所描述，通常將工

業標準 300 mm 之晶圓劃分成固定大小之矩形場域，如圖 5A 所示，且圖案數據通常描述單一場域之特徵。通常使用同一圖案數據來曝光整個晶圓，使得以同一圖案來曝光晶圓之每一場域。通常將該等場域劃分成在 x 方向（亦即，晶圓載物台移動之機械掃描方向）上延伸該場域之長度的條紋。使小射束在垂直於機械掃描方向之 y 方向上偏轉，使得條紋在其表面上藉由在 y 方向上之小射束偏轉及在 x 方向上之晶圓移動而曝光，如圖 5B 所示。

通常在晶圓之曝光期間即時產生用以在小射束進行掃描時調變該等小射束之輸出圖案數據。在產生輸出圖案數據且將其串流至微影機器之小射束消除器陣列時，通常將該輸出圖案數據儲存於記憶體中。在小射束下方使晶圓在 x 方向上移動時，將數據以曝光晶圓場域所需要之序列串流至小射束消除器陣列。然而，用於曝光晶圓之常見方法涉及在一個巷道中於場域之曝光期間使晶圓載物台在一個方向上移動，及在下一巷道中於場域之曝光期間使晶圓載物台在一個相反方向上向後移動，使得晶圓載物台之移動最小化。此在圖 12A 中得以說明，圖 12A 展示晶圓 301 之巷道之掃描。隨著晶圓載物台在 x 方向上自右至左移動，巷道 A 中之場域在其來到微影機器之小射束下方時自左至右（沿著路徑 500）被掃描。當已曝光巷道 A 中之所有場域時，晶圓載物台在 y 方向上向上移動以將巷道 B 定位於小射束下方。晶圓載物台現在在相反方向上自左至右移動，使得巷道 B 中之場域在其來到小射束下方時自右至左（沿

著路徑 501) 被掃描。

此意謂：小射束掃描交替巷道中之場域所在之方向對於每一巷道反向，例如，若巷道 A 中之場域自左至右被掃描，則巷道 B 中之場域自右至左被掃描。若在每一巷道中之每一場域中曝光之圖案具有相同定向，則針對每一交替巷道應以反向次序將輸出圖案數據提供至小射束消除器。此在第二遞色技術之方向與第一遞色技術之方向相反的情況下係有問題的。多種選擇可用於解決此問題。

(1) 可自單一組輸入圖案數據產生兩組中間圖案數據，使用在相反方向上執行之第一遞色過程來產生該兩組中間圖案數據。接著每晶圓巷道交替兩組中間圖案數據。在巷道 A 中之場域之曝光期間，使用第一組中間圖案數據來產生輸出圖案數據，且在巷道 B 中之場域之曝光期間，使用第二組中間圖案數據來產生輸出圖案數據。此導致針對晶圓之交替巷道在相反方向上執行重新遞色技術，使得隨著使晶圓載物台在每一方向上移動，將數據以用於曝光該等巷道之正確序列呈現給小射束消除器陣列。此解決方案需要儲存兩組中間圖案數據。舉例而言，在圖 7 所示之架構中，此將需要使第二儲存媒體 222 之容量加倍，且提供用於使處理器 223 自兩組數據中之任一者進行讀取以產生輸出圖案數據的方式。由於用於 26 mm×33 mm 之晶圓場域之中間圖案數據將典型地包含 100 兆位元以上之數據，故此額外儲存容量添加相當大的費用至微影系統。

(2) 可移動晶圓載物台，使得在相同方向上發生每一

巷道之曝光。此在圖 12B 中得以說明。隨著晶圓載物台在 x 方向上自右至左移動，巷道 A 中之場域在其來到微影機器之小射束下方時自左至右（沿著路徑 500）被掃描。當已曝光巷道 A 中之所有場域時，晶圓載物台在 y 方向上向上移動且在 x 方向上自左至右移動以重新定位晶圓，其中巷道 B 之最左場域係在小射束下方。晶圓載物台現在相同方向上自右至左移動，使得巷道 B 中之場域在與巷道 A 之方向相同的方向上自右至左（沿著路徑 502）被掃描。此方法不需要任何額外儲存容量，但需要晶圓載物台在掃描每一巷道之間進行一額外移動。此增加曝光晶圓所需要之總時間，且減少微影系統之輸出量。然而，此可藉由設計晶圓載物台以在曝光每一巷道之間的定位期間快速地移動（比正常掃描移動快得多）加以最小化。

（3）可在曝光每一巷道之間旋轉晶圓載物台，使得在相同方向上曝光每一巷道。此避免針對使晶圓載物台在曝光每一巷道之後進行一返回 x 方向移動之要求。然而，在旋轉晶圓載物台及針對每一巷道之曝光而重新對準中涉及的困難為缺點。

（4）可曝光巷道，其中使用藉由在相反方向上之遞色技術及重新遞色技術產生之數據來曝光一些巷道，且使用藉由在相同方向上之遞色技術及重新遞色技術產生之數據來曝光交替巷道。然而，此將導致改變交替巷道之關鍵尺寸均一性及疊對均一性之規格。可減少像素大小以確保關鍵尺寸均一性及疊對均一性之規格對於使用在相同方向之

遞色技術及重新遞色技術之巷道係可接受的。然而，此選擇將導致由不同巷道中之場域製成的半導體元件具有稍微不同之效能規格。

(5) 可曝光每一交替巷道，使得在交替巷道中之每一場域中曝光之圖案具有不同方向性，例如，在巷道 A 中，場域為直立的，且在巷道 B 中，場域被旋轉 180 度。然而，針對晶圓之所有層而言此將需要相同交替方向性，且由於此原因而被不喜歡。

已參考上文所論述之特定具體實例而描述本發明。應注意的是，已描述各種構造及供選擇的方案，其可與本文中所描述之具體實例中之任一者一起使用，此將為熟習此項技術者所知。此外，將被承認的是，此等具體實例可以為熟習此項技術者所熟知之各種修改及選擇性的形式，而不脫離本發明之精神及範疇。因而，儘管已描述特定具體實例，但此等具體實例僅為範例且並不限制本發明之範疇，本發明之範疇係定義於隨附申請專利範圍中。

【圖式簡單說明】

圖 1 為展示無光罩微影系統的概念圖；

圖 2 為帶電粒子微影系統 100 之具體實例的簡化示意性圖式，其展示電子光學圓柱之細節；

圖 3 為數據路徑之具體實例的簡化方塊圖；

圖 4 為包含多個通道之微影系統的概念圖；

圖 5A 為劃分成若干場域之晶圓的圖解；

圖 5B 為劃分成若干條紋之場域的示意圖；

圖 6 為說明一過程的簡化流程圖，該過程用於將呈向量格式之輸入圖案數據轉換成適於調變無光罩微影機器之小射束的輸出圖案數據；

圖 7 為用於執行圖 6 之過程之架構的範例；

圖 8A 至圖 8I 為展示將呈向量格式之輸入圖案數據轉換成輸出圖案數據之步驟的圖解；

圖 9 為用於條紋位置校正之 x 及 y 圖案移位的圖解；

圖 10 為 y 方向圖案按比例調整的圖解；

圖 11A 為圖案數據之 8×8 陣列的圖解；

圖 11B 為展示用於中間圖案數據自左至右且自上至下之第一遞色技術之路徑的圖解；

圖 11C 為展示用於中間圖案數據自右至左且自下至上之第二遞色技術之路徑的圖解；

圖 12A 為展示在兩個方向上掃描晶圓的圖解；及

圖 12B 為展示在一個方向上掃描晶圓的圖解。

【主要元件符號說明】

145：光纖

146：光束

147：透鏡

148：有孔鏡面

149：光電轉換元件

202：圖案數據檔案

202a-c：部分

204：通信通道

- 204a-c：通道
- 206：小射束消除器陣列
- 206a-c：消除器元件群組
- 208：場域
- 208a-c：條紋
- 220：儲存器
- 221：處理器
- 222：儲存器
- 223：處理器
- 224：儲存器
- 225：數據輸送系統
- 301：晶圓
- 302：場域
- 304：條紋
- 306：線
- 310：經預處理之輸入圖案數據
- 312：步驟
- 314：經呈現之輸入圖案數據
- 316：第一量化步驟
- 318：中間圖案數據
- 320：步驟
- 322：經重新取樣之圖案數據
- 324：第二量化步驟
- 326：輸出圖案數據

400：輸入圖案數據之部分

402：形狀

403：輸入柵格

404：柵格正方形

405：柵格正方形

406：柵格正方形

407：柵格正方形

410：輸出柵格

411：像素

412：像素

413：像素

500：路徑

501：路徑

502：路徑

A：巷道

B：巷道

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99115882

※申請日：99.5.19

※IPC 分類：G03F 7/20 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於微影系統的圖案數據轉換器

PATTERN DATA CONVERSION FOR LITHOGRAPHY
SYSTEM

二、中文發明摘要：

一種用於在一無光罩微影機器中根據圖案數據來曝光一目標之方法及系統，該無光罩微影機器產生用於曝光該目標之複數個曝光小射束。該方法包含：提供呈一向量格式之輸入圖案數據；呈現且量化該輸入圖案數據以產生中間圖案數據；及重新取樣且重新量化該中間圖案數據以產生輸出圖案數據。將該輸出圖案數據供應至該微影機器，且基於該輸出圖案數據來調變藉由該微影機器產生之該些小射束。

三、英文發明摘要：

A method and system for exposing a target according to pattern data in a maskless lithography machine generating a plurality of exposure beamlets for exposing the target. The method comprises providing input pattern data in a vector format, rendering and quantizing the input pattern data to

generate intermediate pattern data, and re-sampling and re-quantizing the intermediate pattern data to generate output pattern data. The output pattern data is supplied to the lithography machine, and the beamlets generated by the lithography machine are modulated on the basis of the output pattern data.

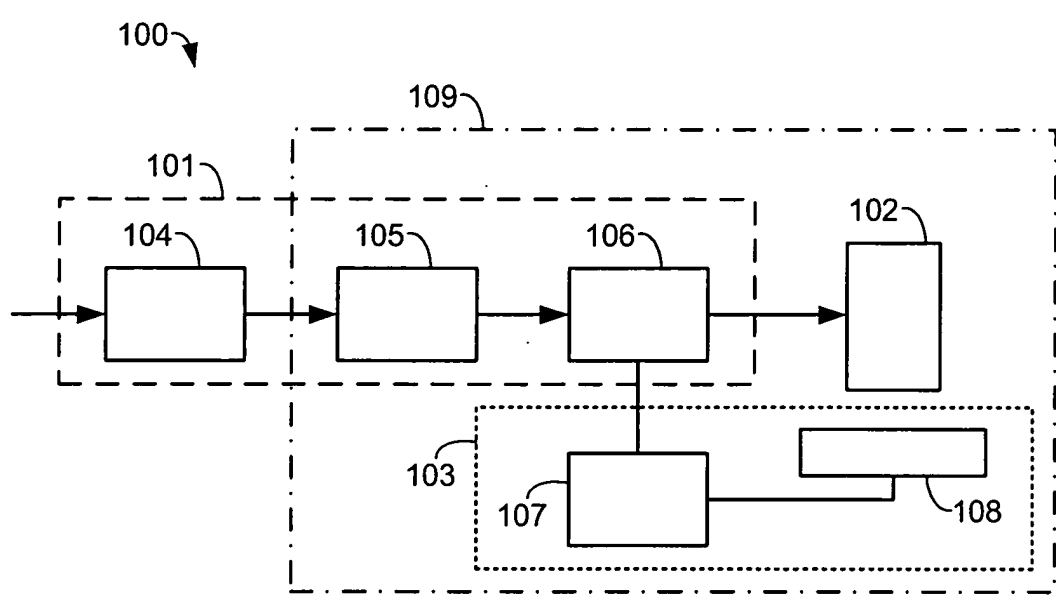


圖 1

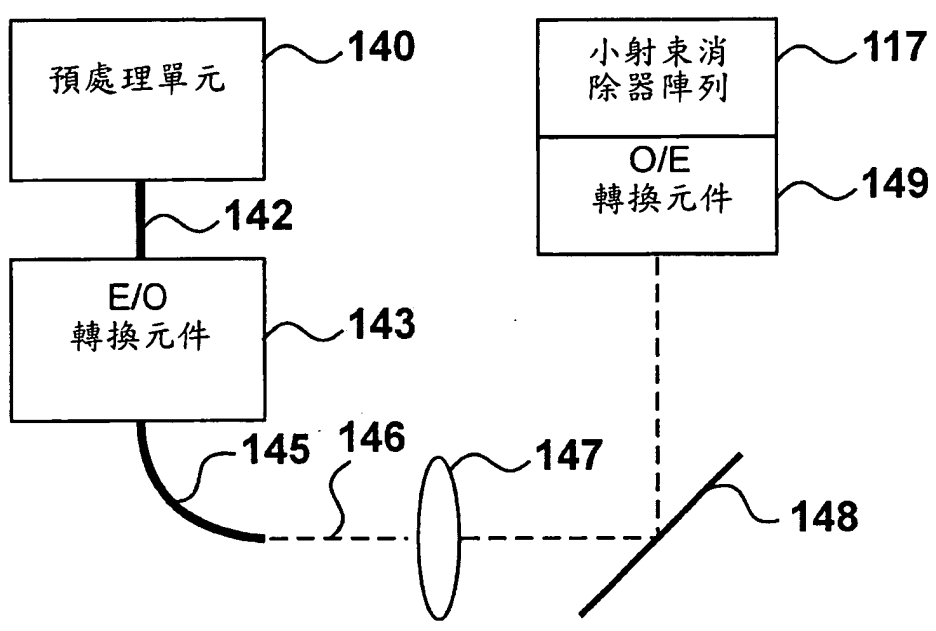


圖 3

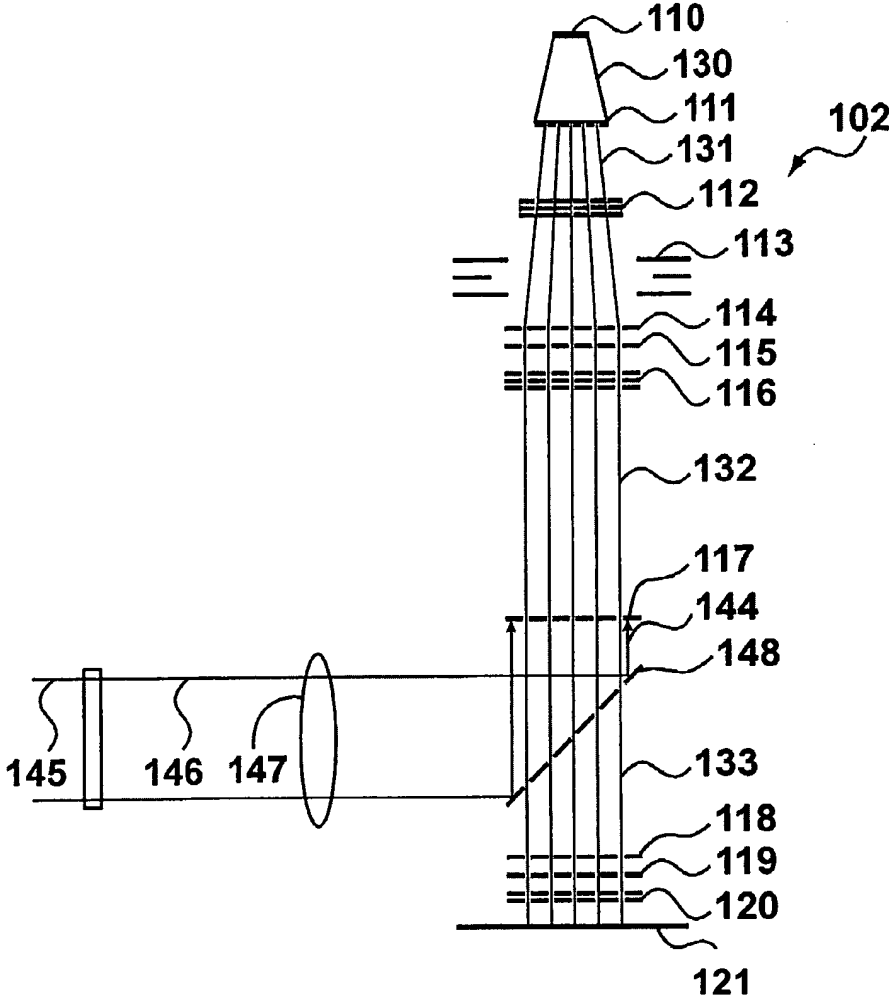


圖2

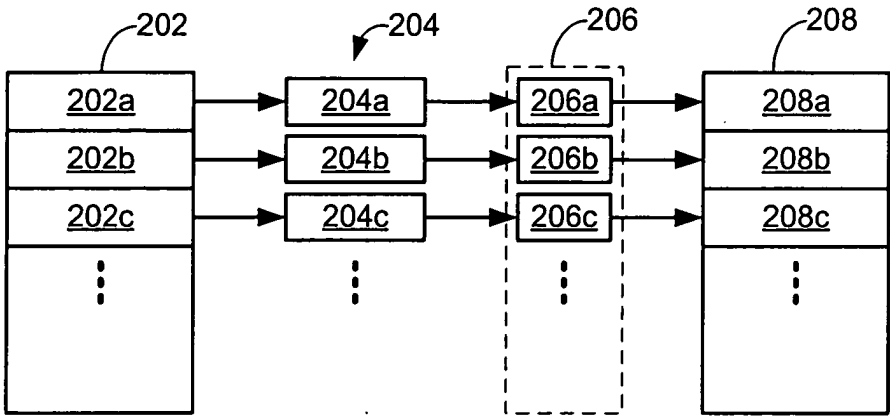


圖 4

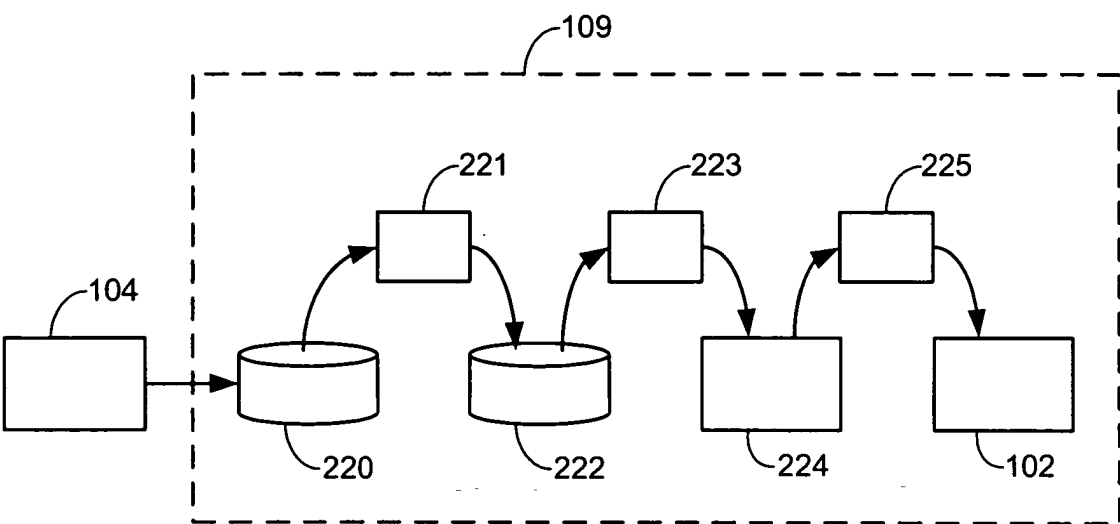
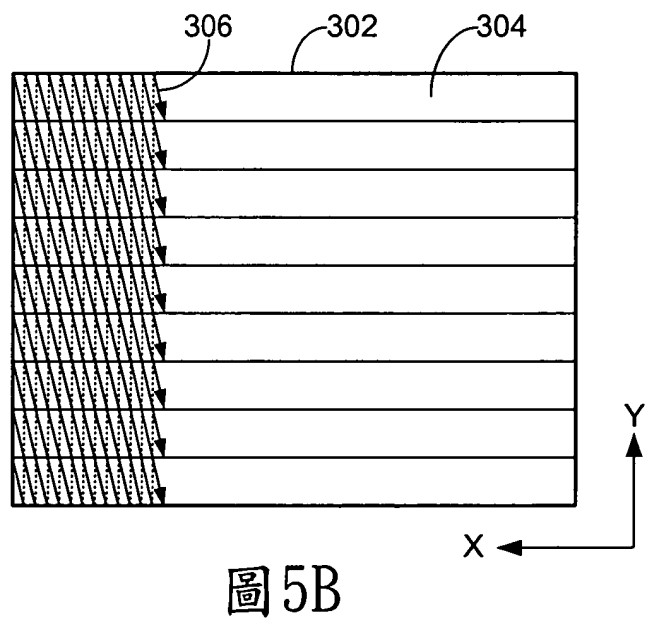
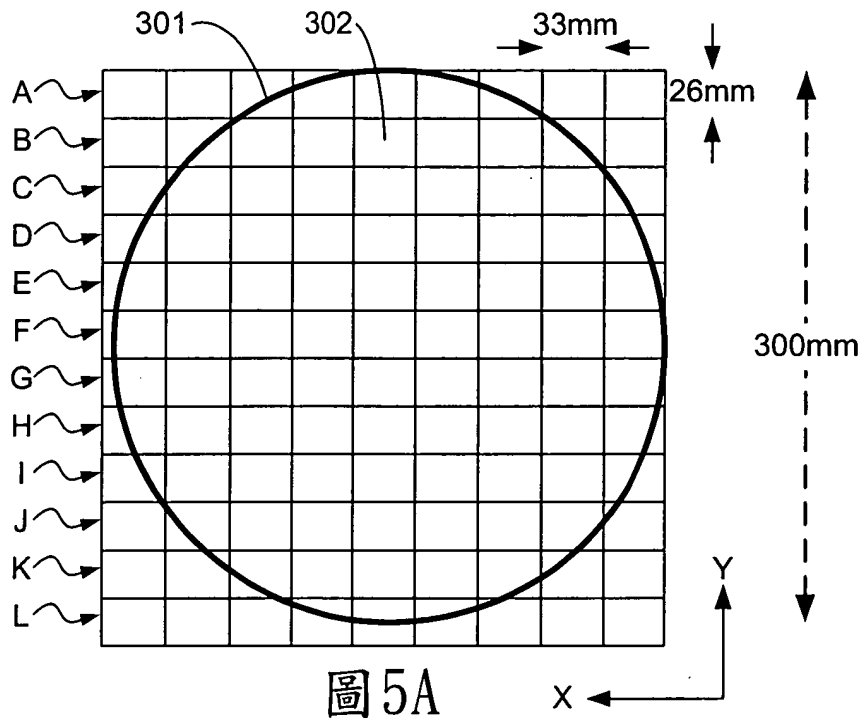


圖 7



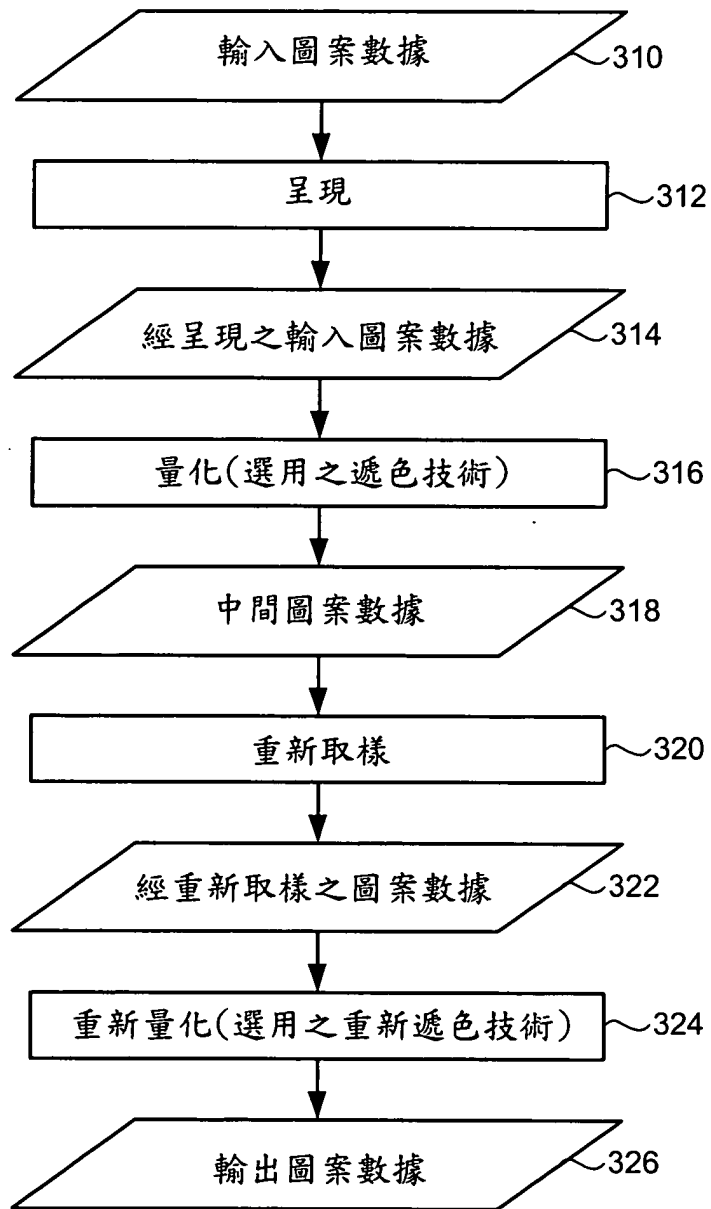


圖6

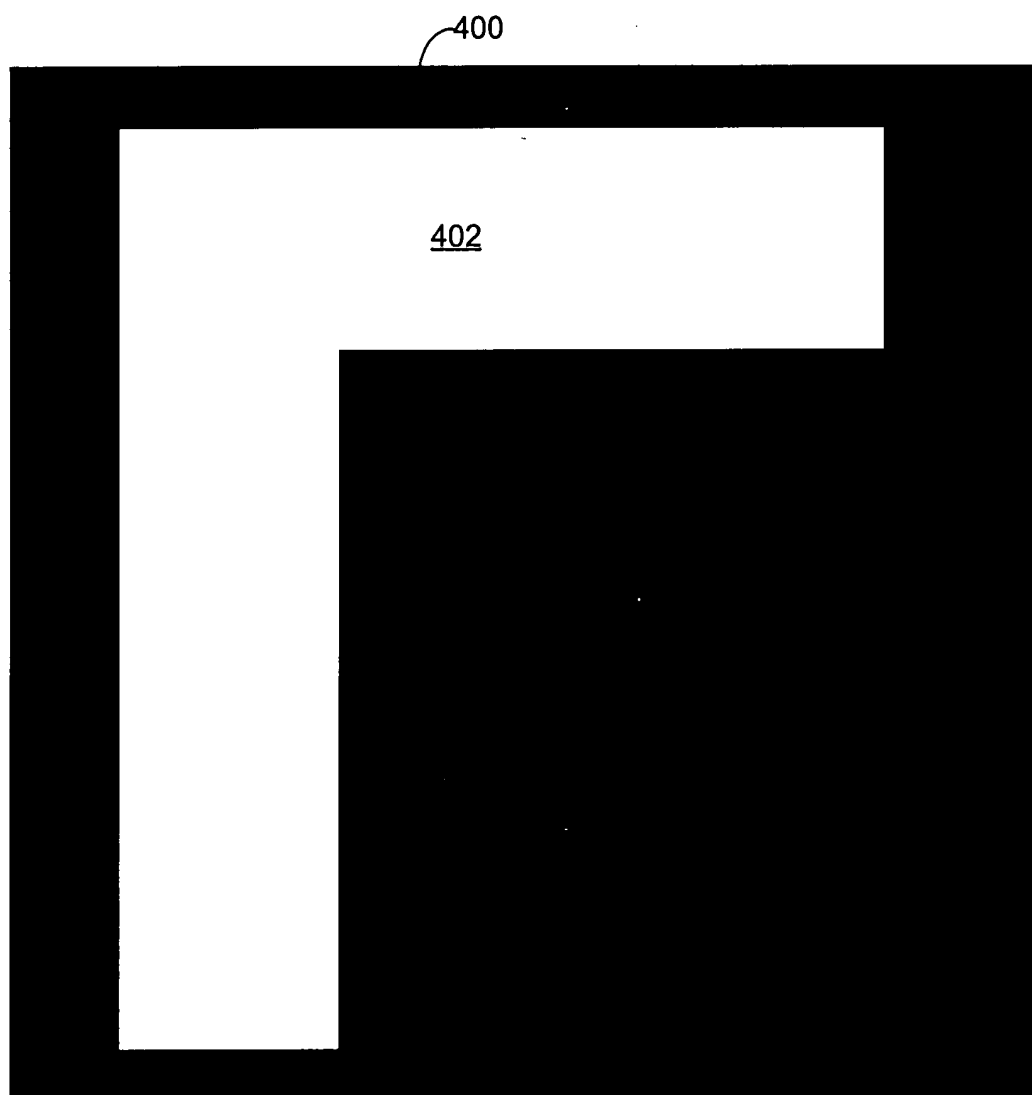


圖 8A

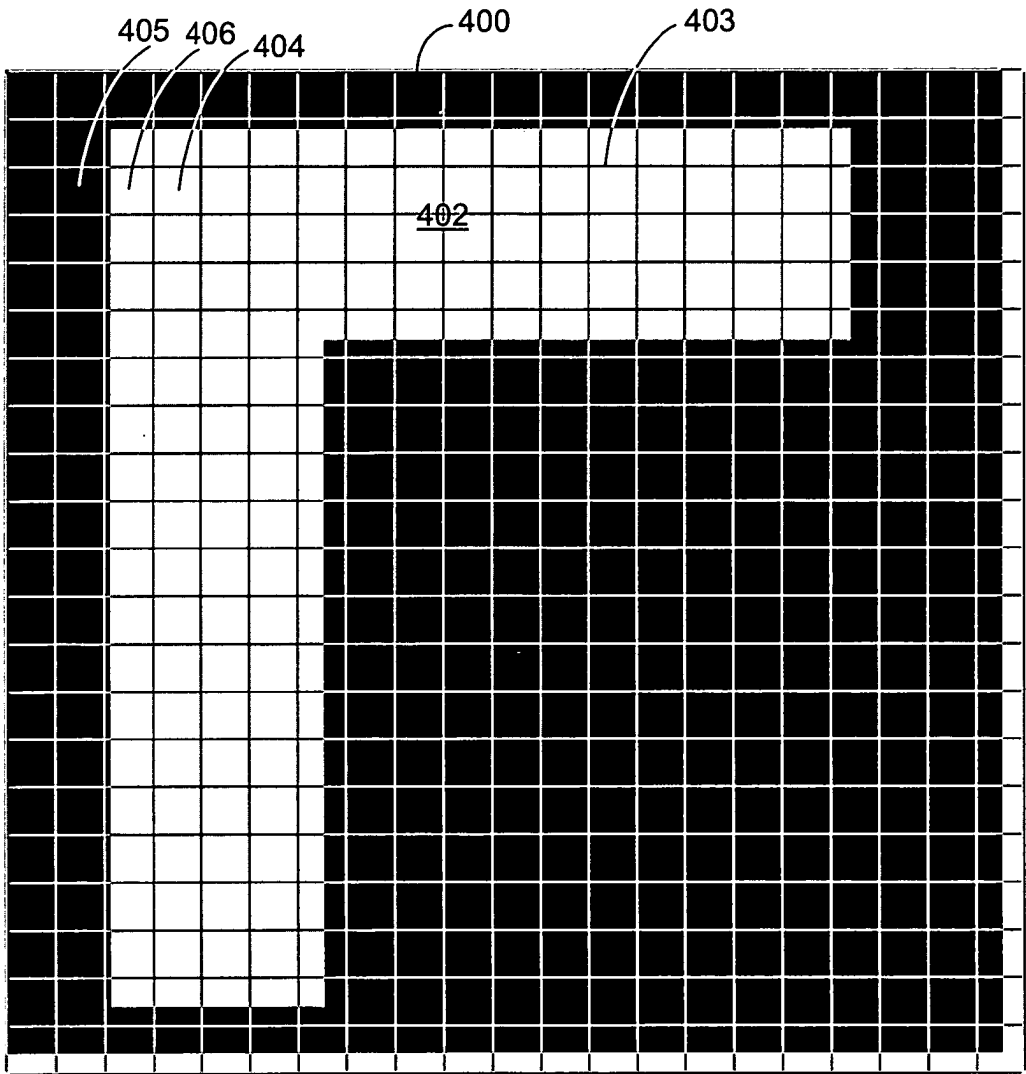


圖 8B

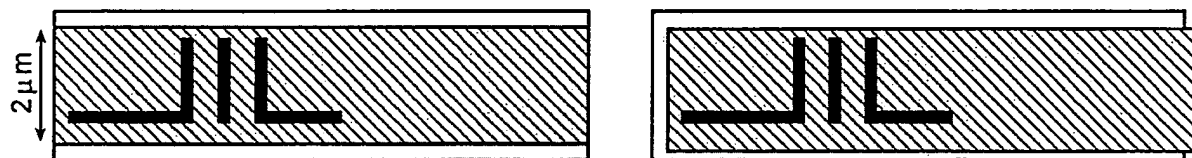


圖9

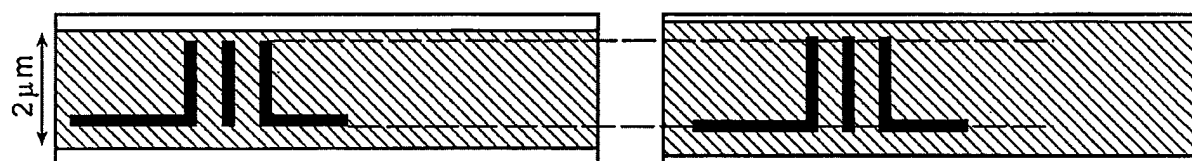


圖10

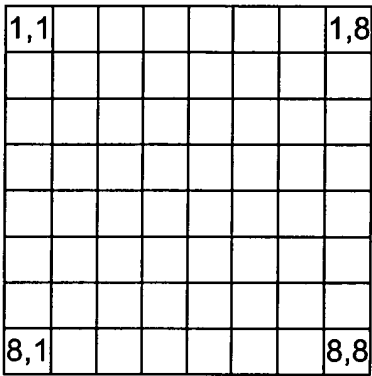


圖 11A

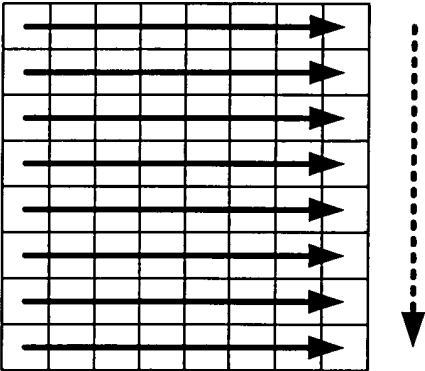


圖 11B

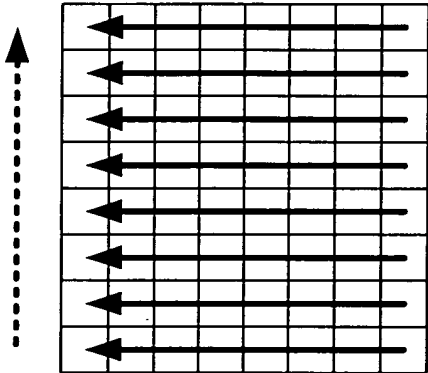


圖 11C

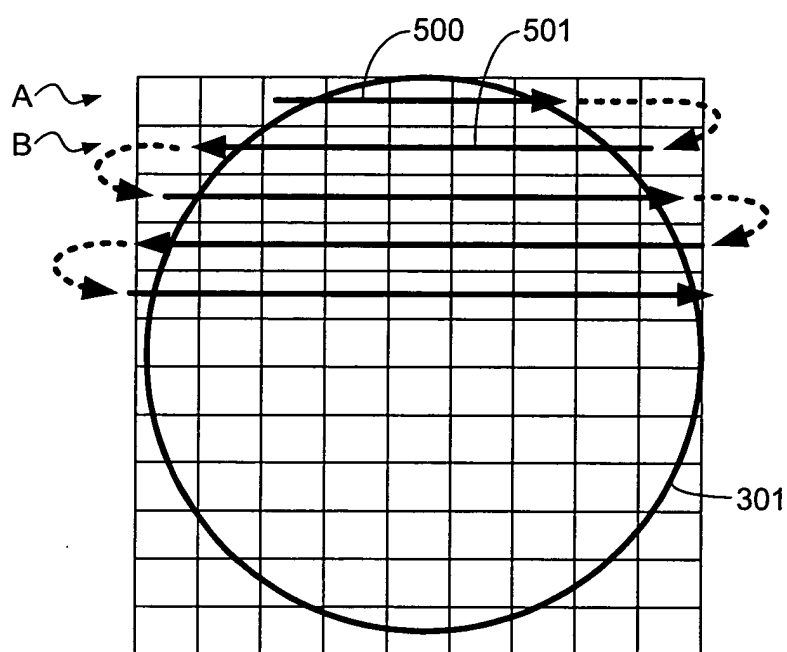


圖 12A

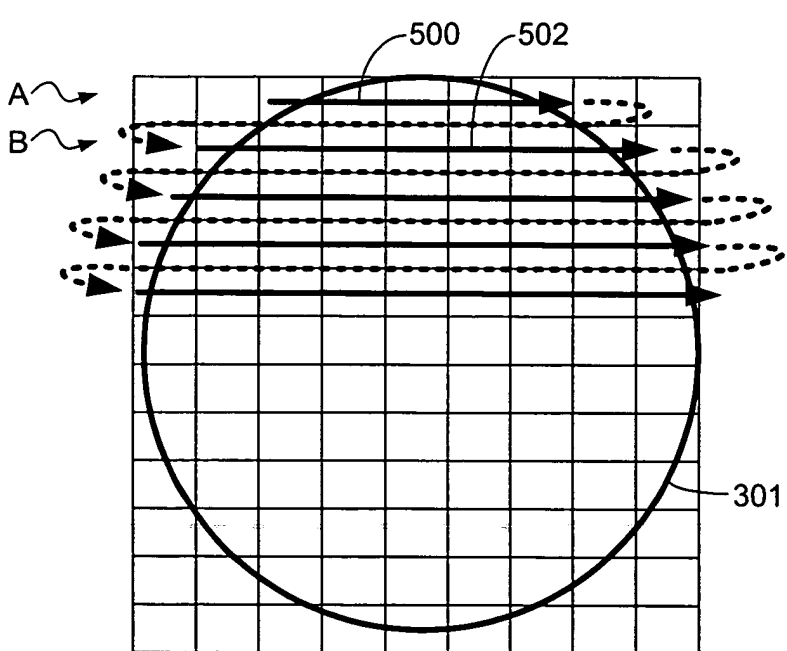


圖 12B

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 6 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

310：輸入圖案數據

312：呈現

314：經呈遞之輸入圖案數據

316：量化步驟(可選擇的遞色技術)

318：中間圖案數據

320：重新取樣

322：經重新取樣之圖案數據

324：重新量化步驟(可選擇的重新遞色技術)

326：輸出圖案數據

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

七、申請專利範圍：

1.一種用於在一無光罩微影機器中根據圖案數據來曝光一目標之方法，該無光罩微影機器產生用於曝光該目標之複數個曝光小射束，該方法包含：

提供呈一向量格式之輸入圖案數據；

呈現且量化該輸入圖案數據以產生呈一空間映射像素值陣列之形式的中間圖案數據；

重新取樣且重新量化該中間圖案數據以產生輸出圖案數據；

將該輸出圖案數據供應至該微影機器；及

基於該輸出圖案數據來調變藉由該微影機器產生之該等小射束。

2.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該輸出圖案數據包含雙階點陣圖數據或是多階點陣圖數據。

3.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中表示一圖案之一特定部分的該中間圖案數據與表示該圖案之該同一部分的該輸出圖案數據相比較包含更大量的數據。

4.如申請專利範圍第 1 項之方法，其進一步包含預處理向量圖案數據以產生該輸入圖案數據。

5.如申請專利範圍第 4 項之方法，其中該預處理包含一鄰近效應校正。

6.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中呈現該向量圖案數據包含定義一像素單元陣列，及基於藉由該輸入圖案數據定義之特徵而對該等像素單元之相對覆蓋範圍值指派給

該等像素單元。

7.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該量化包含藉由在該經呈現之輸入圖案數據上應用誤差擴散進行遞色技術。

8.如申請專利範圍第 7 項之方法，其中該誤差擴散包含將該經呈現之輸入圖案數據之一像素中之量化誤差分佈至該中間圖案數據之一或多個相鄰像素。

9.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該輸入圖案數據進一步包含劑量圖數據，且該中間圖案數據係基於該向量格式輸入圖案數據及該劑量圖數據形成。

10.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該重新取樣包含定義一輸出柵格，其定義一輸出像素單元陣列，以及基於落在每一輸出像素單元內之中間圖案數據值及藉由該等中間值佔據之該輸出像素單元之分數，將一值指派給該輸出像素單元。

11.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該重新取樣包含變換該中間圖案數據之一像素大小，較佳地為該中間圖案之一像素大小大於該輸出圖案數據之一像素大小。

12.如申請專利範圍第 1 項之方法，其進一步包含對該中間圖案數據執行之一圖案移位，該圖案移位係用於校正小射束未對準。

13.一種操作一微影機器之方法，其中在一第一步驟中將影像數據以一向量格式供應至該機器，在一第二步驟中將該向量格式呈現且量化成呈一空間映射像素值陣列之形

式的一點陣圖數據格式，在一第三步驟中重新取樣該點陣圖數據以用於對該數據執行即時校正，在一第四步驟中重新量化該經重新取樣之數據，且隨後在一第五步驟中將其作為一輸出點陣圖供應至該機器之成像硬體。

14.一種用於將呈一向量格式之輸入圖案數據轉換成呈一空間映射像素值陣列之形式的輸出圖案數據的數據路徑，該數據路徑包含：

一第一處理單元，其用於呈現且量化該輸入圖案數據以產生呈一空間映射像素值陣列之形式的中間圖案數據；

一第一儲存單元，其用於儲存該中間圖案數據；及

一第二處理單元，其用於重新取樣且重新量化該中間圖案數據以產生輸出圖案數據。

15.一種用於根據圖案數據來曝光一目標之系統，其包含：

一無光罩微影機器，其產生用於曝光該目標之複數個曝光小射束，且基於輸出圖案數據來調變該等小射束；

一如申請專利範圍第 14 項之數據路徑，其用於接收輸入圖案數據，且產生該輸出圖案數據；及

一圖案串流系統，其用於將該輸出圖案數據供應至該微影機器。

八、圖式：

(如次頁)