

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95133914

※申請日期：95.9.13

※IPC 分類：G03F 1/00 (2012.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

微影系統，遮罩及方法

SYSTEMS, MASKS, AND METHODS FOR PHOTOLITHOGRAPHY

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商冷光科技有限公司

LUMINESCENT TECHNOLOGIES, INC.

代表人：(中文/英文)

丹尼爾 亞伯蘭斯

ABRAMS, DANIEL

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州派羅歐托市東灣邊路 2471 號 600 室

2471 E. BAYSHORE ROAD, SUITE 600, PALO ALTO, CA 94303, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 丹尼爾 亞伯蘭斯

ABRAMS, DANIEL

2. 潘丹平

PENG, DANPING

3. 史丹利 奧雪

OSHER, STANLEY

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.

2. 中華人民共和國 P.R.C.

3. 美國 U.S.A.

四、聲明事項：

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

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2005年09月13日；60/775,991

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明使用由遮罩函數所界定之輪廓來呈現光遮罩圖案。給定目標圖案，將輪廓最佳化以使得所界定之光遮罩用於光微影製程中時將印刷忠於目標圖案之晶圓圖案。最佳化利用"評價函數"以編碼：光微影製程之態樣、關於所得圖案的優先選擇(例如對直線圖案之限制)、相對製程變化之穩固性、以及關於光遮罩之實際及經濟可製造性的所加限制。

六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (13) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1300	電腦系統
1302	處理器
1304	晶片組
1306	處理器匯流排
1308	隨機存取記憶體(RAM)
1310	記憶體匯流排
1312	周邊匯流排
1314	網路介面卡(NIC)
1316	外儲存器
1318	加速器卡
1320	專用硬體
1322	機載記憶體

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)

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本領域係關於用於光微影製程中之遮罩亦稱為光遮罩，且更特定言之係關於一種用於尋找最佳光遮罩圖案以允許產生具有最小失真或假影之晶圓圖案且允許將所得輪廓限於直線圖案之能力的方法。

【先前技術】

微影處理表示一種用於製造積體電路(IC)及微機電系統(MEMS)之基本技術。微影技術被用以將圖案、幾何形狀、特徵、形狀等("圖案")界定於積體電路晶粒或半導體晶圓或晶片上，其中該等圖案通常由一組輪廓、線、邊界、邊緣、曲線等("輪廓")界定，其大體上環繞、封閉及/或界定構成一圖案之各區域的邊界。

對晶粒及晶圓上特徵之增加密度的需求已導致具有遞減最小尺寸之電路的設計。然而，當尺寸接近可與光微影製程中所用光波長相比的大小時，歸因於光之波性質，所得晶圓圖案偏離相應光遮罩圖案且伴隨多餘的失真及假影。

諸如光學接近校正(OPC)之技術試圖由光遮罩圖案之適當預失真來解決此問題。然而，此等方法不考慮可能光遮罩圖案之全光譜，且因此導致次最佳設計。所得圖案根本不可正確印刷、或不可穩固地印刷。相應地，需要用於產生最佳光遮罩圖案之系統及方法，其將導致忠於其目標圖案之晶圓圖案的穩固產生。

【發明內容】

本發明之一態樣可提供一種用於確定經最佳化以用於在工件(諸如半導體晶圓、驅動頭、光學組件或其他物件)上產生圖案之光遮罩圖案的方法。可使用評價函數相對於所要目標圖案來最佳化圖案。

態樣可提供將提供於階層多邊形表示(諸如GDSII或Oasis)中之初始光遮罩圖案或目標圖案，且可提供將提供於階層多邊形表示(諸如GDSII或Oasis)中之輸出光遮罩圖案。態樣可提供將在圖案之所有或一部分之多邊形表示與函數表示之間轉換的上述任何圖案。

態樣可提供將使用遮罩函數表示之上述任何圖案的所有或一部分。在一例示實施例中，二維函數可用於表示輪廓。舉例而言，該函數可為一距離函數，其值表示距圖案輪廓之距離。在一些實例中，該函數可為等位函數。

態樣可提供將儲存為光遮罩圖案之所有或一部分表面上之點處之函數值的表示(諸如一點柵格)。舉例而言，該表示可儲存為記憶體中之一陣列。態樣可提供具有表示一光遮罩圖案之不同區域的三個以上輸出值或輸出值範圍的函數值。舉例而言，該等函數值可用以指示(諸如)當一具有較該柵格尺寸更高解析度之輪廓落在對函數求值之柵格點間時該輪廓的位置。

態樣可提供一種將分為區塊以進行處理之光遮罩圖案或目標圖案。舉例而言，一多邊形表示可分為區塊。舉例而言，可使用1微米乘1微米至10微米乘10微米或更大之區塊尺寸，或包含於其中之任何範圍，然而此可視圖案中重複

結構或其他設計特徵之大小而改變。態樣可提供重疊將包括於區塊中之暈圈區域。舉例而言，該等暈圈區域可基於用於光微影之光的波長(諸如193 nm波長或其他波長之光)來確定。舉例而言，暈圈區域可提供每一方向上大約幾個波長之重疊。在一些實施例中，每一方向上之該重疊可在0.5至2微米之範圍或包含於其中之任何範圍內。在一些實施例中，暈圈區域之距離可在區塊寬度或高度之5%至10%範圍或包含於其中之任何範圍內。以上為實例且其他範圍可用於其他實施例中。在例示實施例中，光遮罩圖案可具有多於百萬、乃至多於千萬之閘且可被分為多於百萬之區塊。

態樣可提供將自多邊形表示轉換為函數表示以便最佳化之區塊。態樣可提供將用於求值評價函數或評價函數之一態樣(諸如評價函數之導數或梯度)中之圖案之所有或一部分的函數表示。可確定一變化函數並與該圖案之函數表示相加。舉例而言，該變化函數可提供一較小化值，該值將與圖案之所有或一部分之每一柵格點處之函數表示相加。態樣可提供將迭代修改之函數。態樣可提供調整或直線投影，以用於每一迭代或週期性用於所選迭代或最終當選擇最終遮罩圖案時。態樣可提供將持續直至相對評價函數達到所要臨限值、直至變化函數足夠小、直至執行所要數目之迭代或此等或其他標準之一些組合為止的迭代。

態樣可提供將使用任何上述方法來處理的區塊。在一些實施例中，可使用多個處理器、葉片或加速器卡來並行處

理區塊。態樣可提供將於處理之後進行組合以提供半導體設備或其他工件整個一層之遮罩圖案的區塊。此等態樣可提供有效之全晶片最佳化。

態樣可提供一種根據上述任何方法所確定之光遮罩圖案來製造光遮罩的方法。態樣可提供一具有上述任何方法者所確定之一圖案的光遮罩。

態樣可提供一種使用上述任何光遮罩來製造半導體晶圓或積體電路設備的方法。態樣可提供在使用上述任何遮罩之半導體晶圓或其他工件上之光阻劑、以及以此等區域為基底之蝕刻、摻雜或沈積材料中顯影一圖案，以形成積體電路或其他結構。態樣可提供將被切為晶粒並封裝以形成積體電路設備或其他設備之此等晶圓或其他工件。態樣可提供一種使用上述任何方法或光遮罩製造之半導體晶圓或積體電路設備。

態樣可提供儲存一圖案之上述任何表示之記憶體中的一種設計檔案或資料結構。

態樣可提供一種具有指令之電腦可讀媒體，該等指令用於上述任何方法或方法步驟或用於儲存或處理上述任何圖案、表示、檔案或資料結構。

態樣可提供一種具有一執行指令之處理器的電腦系統，該等指令用於上述任何方法或方法步驟或用於儲存或處理上述任何圖案、表示、檔案或資料結構。在一些實施例中，電腦系統可包括處理器、加速器板、記憶體、儲存器及網路介面中之一或多者。態樣可提供將根據上述任何方

法或方法步驟而儲存於記憶體或儲存器中且由一或多個處理器或加速器加以處理的上述任何圖案、表示、檔案或資料結構。態樣可提供一種具有複數個電腦系統、伺服器葉片、處理器或加速器之系統，以如上所述並行或在區塊中處理光遮罩圖案之所有或一部分，該等區塊可包括重疊之暈圈區域。態樣可提供初始電腦系統或處理器，以將光遮罩圖案或設計檔案分為如上所述之區塊以進行並行處理，並組合經處理之區塊以產生一用於半導體設備或其他工件之整個層的遮罩圖案的光遮罩圖案或設計檔案。

應理解，本發明之以上每一態樣可單獨使用或與一或多個本發明之其他態樣結合使用。以上態樣僅為實例且不期望其限制以下陳述之實施方式或申請專利範圍。

【實施方式】

如本文中所理解，術語"晶圓圖案"被理解為包括將形成於半導體或其他材料基板(例如數位或類比電路結構或互連)上之任何多邊形(直線或非直線)或其他形狀或圖案。

圖1為說明將使用光微影製程印刷於晶圓上之例示目標圖案100的圖式。目標圖案100包含由輪廓102封閉之區域101。在一例示實施例中，區域101中之面積表示光阻劑且區域101外之面積表示無光阻劑。

圖2為說明將使用光微影製程印刷於晶圓上之更為複雜之例示目標圖案200的圖式。目標圖案200之複雜性更能說明用於表示積體電路設計之圖案。

圖3為說明根據本發明一實施例之將使用光微影製程印

刷於晶圓上之圖2之例示目標圖案200之詳細目標圖案300的圖式。

圖4為說明用於在光微影製程中印刷晶圓圖案之包含區域401之 (x, y) 平面中之例示光遮罩圖案400的圖式。在一實施例中，區域401內之面積表示鉻且區域401外之面積表示光遮罩上之玻璃。或者，區域401內之面積表示除鉻以外之材料且區域401外之面積表示除光遮罩上之玻璃以外的材料。

圖5為展示例示晶圓圖案500的圖式，其說明在光微影製程中使用光遮罩圖案400將會在晶圓上印刷什麼。在一例示實施例中，區域501中之面積表示光阻劑且區域501外之面積表示無光阻劑。注意歸因於光微影製程所產生之失真及假影，晶圓圖案500不同於目標圖案100。圖6為說明根據本發明一實施例之包含區域之更為複雜例示光遮罩圖案600的圖式。圖7為展示根據本發明一實施例之例示晶圓圖案700的圖式，其說明在光微影製程中使用圖6之例示光遮罩圖案600將會在晶圓上印刷什麼。例示實施例可產生的光遮罩圖案當用於光微影製程中時，將產生更忠於相應目標圖案之晶圓圖案，該晶圓圖案具有較少的不良失真及假影。

由於我們使用輪廓界定光遮罩圖案中之區域，因此我們使用此等輪廓之數學描述。圖8a說明一函數 $\psi(x, y)$ 800，其藉由界定封閉光遮罩圖案400中之區域的輪廓來表示例示光遮罩圖案400。圖8b為說明一函數 $\psi(x, y)$ 801的圖式，其

藉由界定封閉光遮罩圖案600中之區域的輪廓來表示圖6之例示光遮罩圖案600。 $\psi(x, y)$ 可為隱含地在將二維函數用以描述一組輪廓的意義上界定輪廓之函數。通常，認為函數 $\psi(x, y)$ 為根據沿輪廓之函數值來界定輪廓的實值函數。舉例而言，在一實施例中，遮罩函數 $\psi(x, y)$ 具有如下性質即 $\psi(x, y)$

1. $\psi(x, y) = 0$ 沿區域邊界之各處；
2. $\psi(x, y) > 0$ 在一區域"內"(例如，對應於遮罩之銘部分的彼等區域)；
3. $\psi(x, y) < 0$ ，或負值在一區域"外"(例如，對應於遮罩之透明石英部分的彼等區域)。

在此種狀況下，輪廓由"水平集"(意即， (x, y) 平面中之彼等值)界定，使得 $\psi(x, y) = 0$ 。圖8c藉由用平行於 (x, y) 平面之零平面802橫切等位函數800來說明水平集。我們亦可將光遮罩之此表示稱為基於面積的表示，且在一些實施例中可稱為基於像素的表示。

在其他實施例中，其他不同於上述之光遮罩的各種函數表示可用於表示光遮罩，且將在本發明之範疇內。我們將界定光遮罩輪廓之二維函數稱為光遮罩函數或遮罩函數。

本發明之一態樣為給定目標圖案，尋找函數 $\psi(x, y)$ 使得 $\psi(x, y) = 0$ 界定一組輪廓，其當解釋為一光遮罩上圖案之區域邊界時將對應於一產生與目標圖案相比具有較少失真及假影之一晶圓圖案的光遮罩的設計，其中該晶圓圖案由使用該光遮罩之光微影製程產生。使用一稱為"評價函數"(本

文中亦稱為"哈密爾頓" H)之函數來計算遮罩函數 $\psi(x, y)$ 所界定之該組輪廓被最佳化的程度。遮罩函數 $\psi(x, y)$ 之哈密爾頓 H 指示印刷晶圓圖案與所要目標圖案之間的相似程度，該印刷晶圓圖案產生於一使用 $\psi(x, y)$ 所界定之輪廓給出之一光遮罩的光微影製程。(我們藉由與經典動力學或量子力學中所用之哈密爾頓函數類似的方式，將"評價函數"稱為"哈密爾頓")。

數學上，哈密爾頓 H 為一將函數映射為實數之函數：

$$H: C(\mathbb{R}^2) \rightarrow \mathbb{R}$$

視需要，哈密爾頓亦視實參數之數目而定，或如下所述為多個遮罩函數之函數。對哈密爾頓加以選擇以使最佳解具有最小值，意即，我們試圖尋找一最小化哈密爾頓之遮罩函數。因而斷定，一旦指定一適當之哈密爾頓，則尋找一最佳設計光遮罩之問題即等同於尋找一最小化哈密爾頓之遮罩函數的問題。亦因而斷定，若哈密爾頓函數之形式將直接決定由最佳化問題產生之輪廓，則在應用本發明之原理時，適當哈密爾頓之指定係一重要步驟。

注意，就最小化哈密爾頓函數之問題進行的描述係為描述之目的而不作為限制。基於本描述，均等之選擇例亦可為熟習該項技術者所用。舉例而言，問題可公式化為一最大化問題而非最小化問題。或者，(例如)藉由賦負值至封閉區域內部之點處的函數值且賦正值至封閉區域外部之點，我們可選擇一不同的遮罩函數表示。或者，可使用值 $\psi(x, y)=0$ 來描述銘區域、 $\psi(x, y)=1$ 來描述玻璃區域且中間值

可用於描述一由玻璃覆蓋之給定像素面積的分數。又一選擇例將為選擇一除零水平集外之水平集以規定輪廓、或可能根據界定指示輪廓位置之值的另一函數使表示輪廓位置之函數值在光遮罩上改變。

圖9為說明根據本發明一實施例之用於時間演化一光遮罩圖案之輪廓以最小化給定哈密爾頓函數之方法的流程圖。圖9描述用於尋找一界定給定目標圖案之最佳光遮罩之函數的步驟。藉由迭代地改進初始猜測來尋找該函數，使得改進逐漸導致更好的"優點"值，意即減小哈密爾頓H，其中H視目標圖案、考慮中之特殊光微影製程、對光遮罩製造之限制及以下將詳細描述之其他因素而定。在提供細節之前我們簡短描述圖9中之步驟。

901以一組初始輸入開始，其可包括一目標圖案、描述考慮中之特殊光微影製程、對遮罩製造之約束及以下將詳細描述之其他因素的參數。初始化902 $i=0$ 且選擇903初始遮罩函數 $\psi_i(x,y)=\psi_0(x,y)$ 。判定904 $\psi_i(x,y)$ 是否可接受(以下有判定此之細節)。若判定905 $\psi_i(x,y)$ 可接受，則輸出906 $\psi_i(x,y)$ 為最小化之結果，且結束。否則907，將i增量908一，且選擇909下一個 $\psi_i(x,y)$ ，使獲得改良(以下有選擇下一 ψ_i 之細節)，重複直至判定907 $\psi_i(x,y)$ 具有可接受"優點"，且藉由輸出906最終 $\psi_i(x,y)$ 為最小化之結果來結束。由於初始遮罩函數 ψ_0 經由每一迭代而改變，因此可認為其隨時間而演化，且可方便地認為每一連續的函數 $\psi_i(x,y)$ 為一連續演化之"時間相關遮罩函數" $\psi(x,y,t)$ 的空間及時間的

離散快照(t 指示時間)。

圖 10a 說明對應於在約 500 次演算法迭代之後的遮罩函數 $\psi_i(x, y)$ 之光遮罩圖案 1002。圖 10b 說明對應於由以上最佳化演算法輸出之最終遮罩函數之光遮罩圖案 1003。圖 10c 說明在光微影製程中使用圖 10b 之光遮罩圖案 1003 所產生的晶圓圖案 1004。

圖 10d 說明基於對應於圖 6 中所示之初始光遮罩 600 之圖 8b 中所示的初始函數 801，由以上最佳化演算法輸出之最終遮罩函數 $\psi_i(x, y)$ 1005。圖 10e 說明對應於圖 10d 之函數 1005 之光遮罩圖案 1006。圖 10f 說明在光微影製程中使用圖 10e 之光遮罩圖案 1006 所製造之晶圓圖案 1007。

在一實施例中，藉由將一較小變化 $\Delta_i(x, y)$ 與當前遮罩函數 $\psi_i(x, y)$ 相加來選擇一後續函數 $\psi_{i+1}(x, y)$ ，其中 $\Delta_i(x, y)$ 為與 $\psi_i(x, y)$ 在相同域上之另一函數。

$$\psi_{i+1}(x, y) = \psi_i(x, y) + \Delta_i(x, y) \quad (1)$$

在一實施例中，藉由首先將一較小變化 $\Delta_i(x, y)$ 與當前函數 $\psi_i(x, y)$ 相加並接著將所得之總和投影至一將輪廓限於直線的子空間上，來選擇後續函數 $\psi_{i+1}(x, y)$ (以下有該投影之細節)。圖 10g 說明基於圖 4 中所示之初始光遮罩 400 由以上演算法輸出之直線光遮罩圖案 1008。圖 10h 說明在光微影製程中使用圖 10g 之直線光遮罩圖案 1008 所製造之晶圓圖案 1009。

在本發明之一實施例中，如下計算 $\Delta_i(x, y)$ ：

$$\Delta_i(x, y) = \Delta t \cdot \left\{ \frac{\delta H}{\delta \psi} \bigg|_{\psi=\psi_i} + R(\psi_i) \right\} \cdot |\nabla \psi_i| \quad (2)$$

其中 Δt 為下文中稱為"時間步長"之小常數， $\frac{\delta H}{\delta \psi}$ 為哈密爾頓 H 之 Frechet 導數， $R(\psi)$ 為一略微修改遮罩函數之演化以改良數值穩定性的"調整項"，且 $|\nabla \psi_i|$ 為函數 $\psi_i(x, y)$ 之梯度之範數。以下將更詳細描述此等項之每一者以及投影操作。

在本發明之又一實施例中，使用以上方程式(2)之連續時間版本，且根據該方程式對時間相關等位函數進行時間演化

$$\frac{\partial}{\partial t} \psi(x, y, t) = \left\{ \frac{\delta H}{\delta \psi} + R(\psi) \right\} \cdot |\nabla \psi| \quad (3)$$

其在計算上可使用不同於以上方程式(2)中描述之離散化的各種技術來實施，但其為熟習該項技術者已知。

在一實施例中且為了便利計算，用 (x, y) 平面中一組 m 個點上的一組 m 個離散函數值來表示遮罩函數 $\psi_i(x, y)$ 。在一實施例中，該組 m 個點包含一橫跨一表示光遮罩之面積之柵格，在該狀況下可認為其為像素。或者，根據該表示光遮罩之面積中的不同配置來選擇該組 m 個點。就此而言，遮罩函數 $\psi_i(x, y)$ 及"較小變化"函數 $\Delta_i(x, y)$ 將由其在該組 m 個點處之值來確定，且因此可視為"解空間"中之 m 維向量。圖 11 說表示遮罩函數之 m 維向量之首先兩個組份的可能值，意即說明解空間之二維子空間。在所示子空間中，繪製 H 為 $\psi(x_1, y_1)$ 及 $\psi(x_2, y_2)$ 之函數。對此實例， $\psi(x_1, y_1)$ 與 $\psi(x_2, y_2)$ 皆可介於 -1 與 +1 之間。在此實例中最小值在 $\psi(x_1, y_1) = 0.3$ 且 $\psi(x_2, y_2) = -0.2$ 時出現。自函數 $\psi_0(x, y)$ 處之一初始

猜測開始，我們藉由在"最陡下降"方向進展一小步(步驟509中)以獲得一更靠近最小值之新位置，來接近最小值。藉由重複此過程，很快達到最小值。根據以上較佳實施例時間演化函數類似於上文，除了整個"解空間"之維度遠大於2(例如，其可等於離散版本中之柵格點數 m 或在連續版本中為無窮)。

自以上論述可見，我們可尋找最小值而無需實際上計算哈密爾頓。然而，計算哈密爾頓以便確定當前遮罩函數之"優點"可為有用的。舉例而言，若已找到一充分解，則停止迭代可為合理的，即使在演算法收斂於一最佳解之前。同樣地，人們可能希望偶爾(每若干次迭代)或僅在似乎已找到適當解之時刻(諸如當遮罩函數演化在後續遮罩函數中產生僅僅是較小變化時)檢查哈密爾頓。

就此，我們將更詳細地復查圖9之流程圖的步驟：

輸入

演算法以一組輸入開始901，在其中以一特殊格式("圖案I/O格式")給定一目標圖案。該目標圖案可以各種格式來呈現，包括但不限於：

1. 影像格式，(諸如)位元映像、JPEG(聯合攝影專家群)或其他影像格式；
2. 半導體工業格式，(諸如)GIF、GDSII、Oasis、OpenAccess；或
3. 專有格式，(諸如)電子設計自動化(EDA)布局資料庫。

目標圖案其本身可為各類型內容之表示，例如(但不限

於)：

1. 用於特殊IC類型之一或多個IC設計位準；
2. 用於非IC應用(例如MEMS設備、或磁碟機頭、或光學組件)之圖案；
3. 可用作一較大設計(諸如標準單元或DRAM位元單元等)之一部分的圖案。

演算法亦接受一或多個作為輸入之約束，包括(但不限於)：目標圖案或遮罩圖案約束，其可被規定為規則(諸如臨界尺寸、容限等)；及(以"圖案I/O格式")規定為額外影像之目標圖案或遮罩圖案約束，其規定(例如)將要覆蓋之最大或最小面積、或臨界區等。

可預期，本發明之教示可用於改進一經由一些其他製程所確定之光遮罩圖案，且本發明之演算法的輸出可作為輸入被饋入或者用作輸入被輸入另一用於最佳地提供光遮罩之技術或方法。大體上，預期一經一系列轉換取得一遮罩圖案之迭代過程，其中本發明之教示完成彼等轉換之一子集。

亦可使用用於各種可能目的之各種可能輸入圖案來使用本發明之教示，包括(例如，但不限於)記憶體應用(諸如DRAM、SRAM、PROM、EPROM、Flash、EEPROM等)、微周邊應用(諸如系統支持、通信、GPU、大容量儲存器、語音等)、微處理器應用、數位訊號處理器("DSP")應用、數位雙極邏輯應用(通用目的、可程式化邏輯、特殊應用積體電路("ASIC")、顯示驅動器、雙極記憶體等)、類

比應用、或其他非IC相關應用(如同MEMS、光學設備等)。

其他接受之輸入包括哈密爾頓函數之參數，包括但不限於用於模型化光微影製程之實體模型的參數及指示最終解之理想屬性的參數。其可包括(例如)所使用光遮罩之數目及類型、步進機器之波長、照明之類型及性質、光阻劑之類型及性質、透鏡之類型及性質等。其他參數可包括誤差源之性質(諸如散焦、曝光、對準、缺陷等)。

在例示實施例中，本發明應用於各種目的，例如：

1. 各種IC應用(DRAM、SRAM、微處理器等)；
2. 各種IC技術(CMOS、MOSFET、銅、GaAs等)；
3. 各種微影製程(雙遮罩、CMP、光阻類型、金屬鑲嵌等)；
4. 各種波長(248 nm、193 nm等)；或
5. 由各種遮罩寫入技術(e光束、雷射、光柵掃描、成形光束等)而起之各種遮罩技術(玻璃上銘、PSM、CPL、Att-PSM等)。

初始化

在步驟901中接收輸入並初始化902 $i=0$ 之後，初始化903 函數 ψ_0 。理論上，幾乎任何初始函數應為充分的；然而，初始條件可對收斂所需之時間有影響且因此對過程之成本有影響。此外，對於足夠差之初始條件，演算法將可能不能收斂。

初始化遮罩函數之各種方式對於熟習該項技術者將為顯

而易見的。在本發明之一實施例中，根據一包含封閉區域(以下將選擇)之初始光遮罩圖案來選擇初始函數，其藉由

1. 在光遮罩圖案之封閉區域內各處賦值+1至 $\psi_0(x, y)$ ；
2. 在光遮罩圖案之封閉區域外各處賦值-1至 $\psi_0(x, y)$ ；及
3. 在光遮罩圖案之區域邊界(輪廓)處賦值0至 $\psi_0(x, y)$ 。

然而，具有更平滑且接近連續之函數作為遮罩函數係理想的。在本發明之一實施例中，遮罩函數為"距離函數"，其中一給定點處之函數值表示該點至光遮罩圖案中一區域之(最近)邊界的(帶符號)距離(區域邊界內為正，邊界外為負)。此距離函數具有各種有用性質。舉例而言，在本發明之情形下，距離函數允許計算不僅取決於什麼在區域邊界內或什麼在區域邊界外，而且取決於什麼"靠近"邊界，其中"靠近"係函數上基於距離。隨函數演化，其漸漸失去其作為距離函數之性質。然而，次可使用熟習該項技術者已知之"重定距"過程來校正。

尚須確定一初始光遮罩圖案，作為步驟903中選擇初始函數 $\psi_0(x, y)$ 之基礎。各種可能選擇為可用的，包括(但不限於)以下：

1. 隨機。此不可能為導致最快最小化之選擇，但其應為非常穩固的；
2. 目標圖案。尤其對於單銘及玻璃遮罩之狀況，選擇等於目標圖案的初始遮罩圖案可能被執行得相當好。此係由於最終遮罩圖案將可能類似於目標圖案；
3. 應用於目標圖案之試探法之結果。舉例而言，將一OPC

演算法應用於目標圖案，其中結果用作初始遮罩圖案。

對於多個遮罩過程，例如，一方法係使用試探法將圖案分成多次曝光，分開水平線及垂直線；

4. 來自對相同或類似問題之先前解的結果。其可能類似於所要最終圖案；或
5. 來自對遮罩上其他類似區域之解的結果。如上，其可能得出類似解。可想像，例如遮罩包含個別遮罩面積。當最佳化此等個別面積上之圖案時，解可用作其他面積之初始猜測。由於一給定面積之最佳解將視與鄰近面積之相互作用而定，因此解可不相同。然而，來自一面積之最佳解可充當另一類似面積之良好的初始猜測。

在另一實施例中，利用IC電路設計中存在重複圖案之事實(其中一些圖案本身可由一階層中之重複圖案等構成)，以首先最佳化階層底部上之光遮罩區段或區域(即，通常稱為"標準單元"之最小片)。此等解之組合可接著用作較大片之解的初始猜測(步驟903中)，且該等較大解之組合接著可用作更大片之初始猜測，等等。在階層過程中應用本發明之教示在一些狀況下可允許非常快之收斂，尤其當局部標準用於確定收斂時。

存在許多方式以初始化原始目標光遮罩圖案。已描述之先前可能性僅意味著可能選擇之部分清單。

在一實施例中，遮罩函數儲存為表示一個二維柵格之固定點處之函數值的一個值陣列。視需要，一更為複雜之方法(稱為"局部水平集")僅儲存靠近邊界之值；視圖案及解

析度而定，此可為顯然更有效的。表示且儲存遮罩函數之其他方式對於熟習該項技術者將為顯而易見的。

檢查"優點"

如在流程圖中所見，在步驟904中演算法判定其是否已收斂於一組適當輪廓從而提供最佳光遮罩。在一實施例中，在輪廓演化之每一步驟之後執行此檢查。或者，在演化之兩個或兩個以上步驟之後執行此檢查。

判定是否已找到可接受解之一簡易方法(步驟504中)係，計算導致當前解之一"優點"的哈密爾頓 $H(\psi_i)$ 的值。或者，一基於所執行迭代之數目的解被認為可接受。使用局部界定之標準以停止解已可接受之光遮罩面積中之迭代、且繼續解尚未達到優點之可接受位準之面積中之迭代，此可係有利的。在此情形下，"局部"可意指在像素位準上、在一小面積之位準上(例如一相互作用距離)、在遮罩面積之一階層細分之位準上或在其他替代位準上。

收斂之又一指示由梯度("解空間"中)或Frechet導數之量值來提供一當輪廓接近最佳狀態時，導數減小且接近零。同樣地，自一迭代至另一迭代之輪廓形狀之變化將提供收斂之一指示。儘管已描述若干指示，但熟習該項技術者亦將認識到其他指示。

時間演化輪廓

如上所述，在一實施例中，遮罩函數在一系列步驟中演化，其中將其與一經由方程式(2)所計算之小函數 $\Delta_n(x,y)$ 相加

$$\Delta_i(x, y) = \Delta t \cdot \left\{ \left. \frac{\delta H}{\delta \psi} \right|_{\psi=\psi_i} + R(\psi_i) \right\} \cdot |\nabla \psi_i|$$

就解可非唯一而言，例示實施例之最佳化問題通常在數學上為"不適定的(ill-posed)"。為了避免在時間演化期間之固有的數值不穩定性，我們使用一"調整"技術，將一較小項 $R(\psi)$ 與哈密爾頓 H 相加以幫助穩定時間演化。所得輪廓將具有較小"雜訊"且看似更平滑。存在許多對於熟習該項技術者將為顯而易見的加入調整的方式，包括(但不限於)：

$$1. R(\psi) = \nabla \cdot \frac{\nabla \psi}{|\nabla \psi|}$$

平均曲率調整-加上此項傾向於藉由最小化輪廓長度而減小影像中之雜訊。

$$2. R(\psi) = \nabla \cdot \frac{\nabla \psi}{|\nabla \psi|} - \overline{\nabla \cdot \frac{\nabla \psi}{|\nabla \psi|}} \text{ (其中橫號指示平均值)}。$$

平均曲率-此傾向於最小化邊界之長度，同時保持封閉區域之總面積固定，優先選擇更平滑輪廓及封閉較大區域之輪廓，因為較大區域與許多較小區域相比每單元面積具有較少邊界。

$$3. R(\psi) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\psi_x}{|\psi_x|} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\psi_y}{|\psi_y|} \right)$$

Wulf 晶體調整或 Wulf 曲率。此類似於曲率，除其優選曼哈頓幾何以外。可使用優選曼哈頓幾何中之直線邊緣或 45 度角之 Wulf 調整之其他變化。Wulf 晶體調整之使用可幫助設計具有直線輪廓之遮罩，儘管其不保證直線幾何。

$$4. R(\psi) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\psi_x}{|\psi_x|} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\psi_y}{|\psi_y|} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\psi_x}{|\psi_x|} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\psi_y}{|\psi_y|} \right)$$

平均 Wulf 曲率 — 組合平均曲率及 Wulf 曲率之態樣，此將展示對封閉較大區域之直線輪廓的優先選擇。

在所有以上調整表達式中，一或多個分數中之分母等於零係可能的。為了避免用零除，可將一較小常數加至分母，或只要分子與分母皆等於零，則可設定表達式等於零。

熟習該項技術者將認識到調整之其他可能。顯然，調整之數量或類型最好當輪廓演化時隨時間而改變，且引入調整之替代方式對於熟習該項技術者為顯而易見的且為本發明之教示之一部分。

所得輪廓之更多所要性質可併入評價函數中係本發明之例示實施例的一有利態樣。舉例而言，光遮罩最好具有較少數目之較大特徵而非較多數目之較小特徵。此不可改良所得印刷光遮罩圖案之品質，但其可更容易或有效地製造對應於更簡易輪廓之光遮罩從而提供商業實用性作為如此做之優點。藉由將一額外項與哈密爾頓相加從而增加此性質之解之"優點"(例如，使得缺乏精密細節之輪廓優於具有許多精密細節之輪廓)，可解決此情況。同樣地，將此類項與哈密爾頓相加為亦可認為加入"調整"。以此方式，調整不僅用於改良數值穩定性而且亦用於產生所得輪廓中之所要屬性。至於將哈密爾頓之哪些態樣視為"調整"項而哪些態樣視為最佳化問題之一部分，則係個人偏好及解釋的

問題。

在方程式(2)中以及在若干調整表達式中，需要計算 $|\nabla\psi|$ 。計算梯度之方式可具有數值穩定性方面的重要結果。在例示實施例中，可使用熟習該項技術者已知用於計算梯度之技術，如 Hamilton-Jacobi Essentially Non-Oscillatory(ENO) 方案或 Hamilton-Jacobi Weighted Essentially Non-Oscillatory(WENO)方案。或者，使用熟習該項技術者已知之計算梯度的其他方式。

在類似情況中，可使用各種數值技術來實施時間相關遮罩函數之時間演化。以上所述之一實施例使用通常所說的"一階 Runge Kutta"。或者，可使用熟習該項技術者顯見的其他變化諸如三階 Runge Kutta。

梯度下降之方法包括多次迭代；作為執行步驟509之一部分而選擇的函數 $\Delta_i(x, y)$ 之大小由方程式(2)中出現之"時間步長" Δt 來按比例縮放。時間步長越大，系統收斂越快，只要時間步長不至於大到超過最小值或導致數值不穩定性。可藉由選擇適當時間步長來改良演算法之收斂速度。

存在選擇時間步長 Δt 之許多方式。在一實施例中，選擇剛好小到足以保證系統穩定的時間步長。在一替代實施例中，以較大時間步長開始，且隨著演算法接近最小值逐漸減小時間步長。在一替代實施例中，局部地且按每光遮罩子面積改變時間步長。熟習該項技術者已知其他方法或為特定情形調適時間步長之其他方式。

在另一實施例中，可使用通常所說的隱含法(視需要具有線性預調節)，以允許較大時間步長。熟習該項技術者將知曉其他變化。

類似於藉由減小時間步長來改進時間粒度，在本發明之一實施例中，當演算法接近收斂時以時間相關方式來調節光遮罩上點柵格之粒度或安置。當需要更高準確度時藉由執行較大柵格上之初始迭代且隨時間增加柵格點之數目，將更快地獲得解。其他此類"多柵格"技術對於熟習該項技術者將為顯而易見的。另一可能性為使用適應性網狀技術，藉此柵格大小局部地改變。

時間演化輪廓之製程達到一組態為可能的，其中自該組態不存在"解空間"中至一解的"下坡"路徑，或該組態中此類路徑過長或過於迂回。在此種狀態下，收斂可需要較大數目之迭代。又，演算法可在局部(但非全局)最小值時"卡住"。用於處理此情形之一些例示技術如下：

1. 改變哈密爾頓。可對哈密爾頓進行各種修改，以連接解空間中之局部最小值；例如，調整項有時可用於此目的；
2. 加上隨機上浮。遮罩函數加隨機雜訊將產生新區域，其可接著時間演化為解。可有目的地隨機加上雜訊(即失真)，或其可瞄準於特定區域中(例如已知有問題的目標幾何形狀、或不獨立收斂至可接受誤差之區域，等)；
3. 試探上浮。並非加上隨機雜訊，而是加上一特定修改特徵，其由經驗可知係大體有助系統收斂；例如，若某些

面積看似演化過慢，則可將一常數與彼面積中的等位函數相加，從而使彼面積中之所有特徵"更大"；

4. 上坡步驟。藉由隨機或具體在某處進行向上移動，演算法可避免在局部最小值中卡住且向全局最小值運行。對本發明之演算法有用的與離散最佳化或模擬退火類似的技術對於熟習該項技術者將為顯而易見的。

先前例示技術之替代技術對於熟習該項技術者將為顯而易見的。

投影操作

在許多狀況下，期望將解限於直線輪廓以(例如)改良可製造性或減小相應遮罩之成本。本發明藉由使用投影算符來強制執行此約束。

對投影算符的理解可藉由考慮所有可能輪廓之解空間，且認識到該組直線輪廓為該解空間之子空間。投影算符將輪廓之演化限制在直線輪廓之該子空間內。

投影算符採取一組可能為曲線的輪廓且使其接近一組直線輪廓。在一實施例中，選擇固定柵格大小(可能對應於製造能力)且"環繞"每一輪廓至最近柵格。此之達成係藉由(例如)若單一柵格單元內之大多點為正則設定等位函數為正、若單一柵格單元內之大多點為負則設定等位函數為負且沿邊界設定為零。投影算符之一替代實施例將包括在水平及垂直方向上掃描 m 函數，尋找具有近似恆定值之伸張距離。可將此等伸張距離重設為沿伸張之長度之平均值，藉此使輪廓變直。投影算符之替代實施例對於熟習該項技

術者將為顯而易見的。

在本發明之一實施例中，在每一時間步長迭代之後將投影算符應用於遮罩函數。以此方式，通常將輪廓限於直線。在一替代實施例中，允許輪廓在投影算符之應用之間的多個時間步長進行演化，在該狀況下輪廓可暫時偏離嚴格的直線形式。投影之頻率可視諸如計算速度、投影算符之選擇(或實施)或曲線時間演化之方式(或實施)等因素而定。

在本發明之一替代實施例中，投影算符可應用於增量函數 $\Delta_i(x, y)$ 使得直線遮罩保持直線。在又一實施例中，應用於增量函數 $\Delta_i(x, y)$ 之投影算符可考慮當前遮罩函數以保持直線區段之數目固定。

投影算符亦可用於考慮對於光遮罩之可製造性而言的其他可取約束。舉例而言，在一些狀況下，構成直線光遮罩之區段在光遮罩上排列成行為可取的，其使得若用成形 e 光束寫入遮罩，則總次數保持為最小值("友好斷裂")。在本發明之一實施例中，投影算符將確定一組直線輪廓以最小化次數。可藉由同時考慮特徵之兩面使用如上所述之掃描方法、並在特徵之兩面開始及結束區段以使其其成一直線來完成此方式。在本發明之其他實施例中，投影算符可進行校正以獲得最小間隔或尺寸約束。

本發明之其他實施例可藉由將直線遮罩、斷裂友好性、最小間隔及最小尺寸之目標的一或多者併入評價函數中來併入此等因素。

評價函數/哈密爾頓

如說明，由稱為哈密爾頓之評價函數來確定最佳化問題及所得輪廓。本發明之範疇內存在許多替代方式以選擇評價函數。在一實施例中，哈密爾頓包含兩部分之和：

1. 第一部分，基於遮罩輪廓其本身；及
2. 第二部分，基於將印刷於晶圓或晶粒上的所得圖案(假定光遮罩對應於遮罩輪廓)。

哈密爾頓之第一部分可包含一或多項，以便所得之最佳化光遮罩圖案具有以製造觀點考慮為理想的性質，例如，可將以上所述之"調整"項看作哈密爾頓的元素，其顯示對對應於更易製造遮罩之輪廓的優先選擇。

哈密爾頓之第二部分考慮光微影製程(意即用於計算由特殊遮罩圖案產生之晶圓圖案的方法)之模型("正向模型")。以下描述用於本發明之一實施例的例示正向模型。

在典型光微影製程中，光穿過光遮罩及透鏡且接著落在晶圓上，該處有光阻劑曝光。對於相干照明，落在光遮罩上之電場為近似恆定的。遮罩之透明區域傳遞光，同時不透明區域阻礙光。由此可見恰在遮罩後的電場可寫為：

$$M(\vec{r}) = \begin{cases} 0 & \text{chrome} \\ 1 & \text{glass} \end{cases}$$

其中 $\vec{r} = (x, y)$ 為 (x, y) 平面上之點。對應於本發明之一實施例，其中等位函數為正的區域指示玻璃且等位函數為負的區域指示鉻(其中水平集在邊界或輪廓處等於零)，可將先前表達式寫為等位函數 $\psi(x, y)$ 之一函數，如下：

$$M(\vec{r}) = \hat{h}(\psi(x, y))$$

其中 $\hat{h}$ 為 Heaviside 函數：

$$\hat{h}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

由於理想的受繞射限制的透鏡充當低通濾波器，因而此將充當用於典型光微影製程中之實際（幾乎但不完全完美）透鏡的良好近似物。數學上，該透鏡之作用將接著寫為如下：

$$A(\vec{r}) = f^{-1}(\hat{C}(f(M(\vec{r}))))$$

其中 $A(\vec{r})$ 指示晶圓上之電場分佈， f 指示傅立葉轉換， f^{-1} 指示逆傅立葉轉換，且 $\hat{C}$ 指示光瞳截尾函數，在頻率大於一由透鏡之數值孔徑所決定的臨限值時其為零，或者：

$$\hat{C}(k_x, k_y) = \hat{h}(k_{\max}^2 - [k_x^2 + k_y^2]) = \begin{cases} 0 & k_x^2 + k_y^2 \geq k_{\max}^2 \\ 1 & k_x^2 + k_y^2 < k_{\max}^2 \end{cases}$$

其中 k_x, k_y 及 $k_{\max}$ 表示傅立葉空間中之頻率座標。

最後，我們確定晶圓上光阻劑中之影像。在一實施例中，使用"臨限光阻"來模型化此製程：在強度大於給定臨限值（我們應稱為 I_{th} ）之區域中，認為光阻曝光；在低於臨限值之區域中，認為光阻未曝光。數學上，再次以 Heaviside 函數來處理此情況：

$$I(\vec{r}) = \hat{h}(|A(\vec{r})|^2 - I_{th})$$

結合以上，我們發現：

$$F(\psi(x, y)) = \hat{h} \left(\left| f^{-1} \left(\hat{c} \left(f \left(\hat{h}(\psi(x, y)) \right) \right) \right) \right|^2 - I_{th} \right)$$

在剛才所述模型之情況下，此為一自含公式，其顯露對應於由等位函數界定之光遮罩圖案之晶圓圖案。應強調此僅為可用於本發明之範疇內的一種可能的特定正向模型，其由於相對簡易而經選出作為實例。更複雜之正向模型亦在本發明之範疇內。此類模型將考慮(舉例而言但不限於)多次曝光、各種照明狀態(例如離軸、不相干)、與光遮罩相互作用之光場的實際電磁、除玻璃上鍍以外之各種類型的光遮罩(例如衰減相移、強相移、其他材料等)、光場之極化、透鏡之實際性質(諸如像差)，及更複雜之光阻模型(例如光阻內之漫射)，諸如可變臨限值模型、集中參數模型、或完全三維基本原理模型。模型亦可考慮當電磁場經由系統傳播(包括傳播至光阻堆疊中)時之向量性質、甚至當其應用於光微影製程之各部分(包括光遮罩或光阻堆疊)時之麥克斯韋方程式。正向模型可包括參數之使用，該等參數係藉由將模型與一組先前已印刷於晶圓上且已量測之校準圖案相校準而得以確定。在一些實施例中，正向模型可考慮浸漬式微影之效應。

由於反演算法需要正演算法之多次迭代，因此後者可在例示實施例中有效實施。然而，作為一般規則，複雜模型較簡易模型可能運行得更慢。本發明之一實施例藉由以較簡易模型開始且接著隨製程收斂而逐漸引入更複雜模型，來補償模型速度之此差異，藉此延緩完全複雜性直至最後迭代。在一替代實施例中，在一些迭代期間使用一更精確

之模型，接著將一更簡易模型用於計算與先前步驟之差異。在一替代實施例中，在不同時間步長之不同模型之間的切換將獲得平均效應。舉例而言，此表示一種研究誤差參數之空間的有效方式。其他變化對於熟習該項技術者將為顯而易見的。

在一實施例中，哈密爾頓將由正向模型得到之圖案與目標圖案進行比較，以確定優值。舉例而言，可計算 L_2 範數：

$$H(\psi(x,y)) = |F(\psi(x,y)) - T(x,y)|^2$$

其中 $T(x,y)$ 指示目標圖案。 L_2 範數指示兩圖案之非重疊區域的面積。當兩圖案收斂時此量度接近零。確定優值之其他實例如下：

1. 範數。其可包括差數之立方或其他多項式函數；
2. 平集差。藉由將所得圖案表示為等位函數，可計算邊界之間的距離，邊界長度上之積分；
3. 部變化。不同影像部分當面臨目標圖案之變化時可具有不同程度之重要性。舉例而言，閘通常較互連需要更精確地加以印刷。在一實施例中，加權函數向具有更高精確度要求之設計部分中的非重疊面積指派更高權重。相關方法優先考慮曲線之間的距離的量測、或優先考慮其他量度；或
4. 意。認為某些類型之誤差較其他類型更為重要。舉例而言，考慮設計之目的且非僅考慮設計之幾何形狀的話，在較小容限內，自目標圖案之變化為不相關的，而在一

些容限外之變化為重要的。在一實施例中，使用局部加權以解決誤差。作為一實例，考慮一必須在特定容限內印刷之閘。於是加權因數對於容限外之點變得較大。在容限內，加權因數較小，且視需要仍非零(使得演算法仍偏愛更接近於目標之設計)。將設計語意併入評價函數中之其他方式對於熟習該項技術者將為顯而易見的。

哈密爾頓函數之一理想性質為偏好於表示不易受遮罩製造中或光微影製程中之誤差影響之遮罩的輪廓。此穩固性稱為"製程寬容度"。可能最重要且因此可能被考慮之誤差包括曝光及散焦。然而，製程寬容度之其他態樣亦屬考慮候選範圍，諸如遮罩缺陷、對準誤差、透鏡像差等。製程寬容度可以各種方式併入評價函數中。在一實施例中，哈密爾頓包含諸項之和，其中每一項表示在一組誤差條件下印刷之影像的品質。在一替代實施例中，哈密爾頓指示圖案在特定容限內印刷之概率。將製程寬容度併入評價函數中之其他方式對於熟習該項技術者將為顯而易見的。在例示實施例中，評價函數允許判定什麼類型之誤差為重要及其重要程度如何的靈活性。舉例而言，遮罩當完美聚焦時可完美印刷，但當散焦時將快速降級，而另一遮罩可在聚焦時印刷精確度較低但相對於散焦誤差更為穩固。因此，在例示實施例中，評價函數允許使一標記優先於另一標記的靈活性。

再次，應強調哈密爾頓可考慮光遮罩之任何理想性質及光微影製程之任何模型。視需要，根據實際製造製程之經

驗量測向哈密爾頓提供一調節。以上哈密爾頓及以上所述之變化僅作為實例非作為限制。同樣地，以上所述之光微影製程僅作為實例；本發明之教示可應用於可用哈密爾頓函數模型化之任何光微影製程。

輸出

圖9中所示之流程圖以所得輪廓之輸出結束，表示一適合於潛在光微影應用之一者的遮罩，且符合適當"圖案I/O格式"中規定之規定及約束。

可預期除對應於最佳輪廓之光遮罩圖案以外的其他輸出。在一實施例中，輸出哈密爾頓函數之終值以指示解之優點，視需要解釋為所得製程將在規格內印刷之概率估算。其他輸出之實例包括各種製程寬容度參數(例如散焦之範圍)、光遮罩本身之性質(例如製造成本估算、相位指派、特徵之數目等)、或對於熟習該項技術者為顯而易見的其他輸出。

概括

以上論述通常考慮表示單一遮罩上之輪廓的單一遮罩函數、對應於銘區域之該等輪廓的內部及對應於玻璃區域之外部。然而，在許多狀況下，發現分離相同遮罩上之多個類型區域(例如銘、玻璃及相移玻璃)的輪廓及/或交替或同時發現對應於多個遮罩上之區域邊界的輪廓以用於多次曝光製程中，此將為可取的。兩種概括皆在本發明之教示內。

為了允許多個遮罩，其將足以同時最佳化多個遮罩函

數，用於直接從以上論述得出之演算法：每一遮罩函數根據類似於(2)之方程式時間演化，除了右邊項現在視多個而非一個遮罩函數而定。

可容易地允許以處理多個遮罩(意即具有多個遮罩函數)方式之類似方式的多個類型區域。然而，相同遮罩上有多個類型區域，必須防止區域重疊。設想一實例，其中玻璃區域對應於第一函數為正的面積、相移區域對應於第二函數為正的面積且銘區域對應於兩函數都為負的面積。禁止相同區域同時為透明玻璃及相移玻璃之可能性將加入一防止兩個函數在相同面積都為正的約束，例如藉由用一"懲罰"項與哈密爾頓相加，只要兩函數重疊該懲罰項就呈現非常大的值。因此，當系統時間演化時，輪廓將移動以便保持非重疊。顯而易見，此概念可以平凡方式擴展至兩個以上水平集及三個以上類型區域。或者，可允許兩函數皆自由演化並指派優先性至其中之一者，例如，若兩者都為正，則界定區域為透明玻璃。表示多個區域(文獻中亦稱為"多相流動")之其他方法對於熟習該項技術者將為顯而易見的且在本發明之範疇內。

同樣地，雖然以上論述通常指僅由銘及玻璃區域組成之遮罩，但不應理解為此等類型之區域限制本發明的適用性，本發明適用於許多不同類型之區域。例如(但不限於此)，相移區域、以除銘以外之材料所覆蓋的區域(例如，在衰減相移遮罩中)及半色調區域之所有將在本發明之教示內。

在又一實施例中，一函數可用以表示照明光學之圖案；如在多個遮罩之以上論述中，可同時最佳化此函數與表示一或多個光遮罩之函數。在又一實施例中，可以類似方式同時最佳化哈密爾頓之各參數與一或多個遮罩函數。

子柵格解析度

在一例示實施例中，遮罩函數可具有以下有用性質：當此函數使用像素化表示儲存於電腦中時(即作為自(x,y)平面中之一柵格所取樣的值的矩陣)，該像素化表示可以大大小於像素尺寸之解析度規定輪廓的精確位置。例如，若像素使用32位元浮點值儲存於電腦中，而非像素尺寸。此僅為實例且亦可規定遮罩函數之值具有其他解析度(諸如64位元值、8位元值或可不同於像素所提供之解析度的其他值)。

當遮罩函數由通常(但不必需)配置於像素柵格中之一組離散值來表示時，情況通常是，界定光遮罩圖案區域間之邊界的輪廓不會精確地落在像素邊界上。舉例而言，若遮罩函數被選為具有界定邊界之零水平集的等位函數，則值 $\psi_0(x, y)=0$ 不會在由一特定像素所取樣之任何離散x,y時出現。在此種表示中，一種可能的有利方法係，初始化像素值使得其指示具有子像素解析度之邊界之位置。舉例而言，若遮罩函數為距離函數，則可將接近輪廓之像素值設定為距對應於初始圖案之輪廓的帶符號距離。

同樣地，當確定最終遮罩函數時，通常期望以不同於遮罩函數之內部表示的圖案I/O格式輸出結果。相應地，本

發明之一態樣為，若使用此種內部表示或取樣點間距離為更複雜之表示，則以圖案I/O格式描述之輸出圖案可具有較像素密度或柵格大小更精密的精度或解析度。通常，可利用遮罩函數表示常使用每像素若干位元且此等位元規定像素內輪廓之準確位置這一事實，來完成將輸出遮罩自遮罩函數表示轉換為具有子像素解析度之圖案I/O格式，從而允許我們以具有子像素解析度之圖案I/O格式規定圖案輪廓。

亦可以類似於以上之方式、在精度或解析度較像素密度或柵格大小更精密之基於像素之柵格上表示目標圖案亦為可能的。此在以有效方式計算評價函數中可為有用的。

當使用多解析度或多柵格技術、或在適應性網狀方法中、或在局部水平集方法中、或實際上其他任何表示一具有一組離散值之連續遮罩函數的方法中時，即使不由一簡易像素映射來表示遮罩函數，亦可應用以上方法。相應地，替代實施例(諸如解釋及表示遮罩函數之替代遮罩函數及方法)亦將在本發明內。

圖案I/O格式可用於在目標中讀取、輸出最終光遮罩、或輸入或輸出遮罩、晶圓、目標之其他圖案及影像、關於光遮罩之試探性資訊(諸如閘區域或其他特殊區域之標記)、可用於迭代製程中之初始光遮罩的初始猜測、或其他2d圖案資訊。在本發明之一實施例中，所用圖案I/O格式可基於所謂的向量或多邊形類型描述，其意謂圖案之描述含有各線之起點及終點、或多邊形之頂點、或其他描述

並非天生基於像素的圖案形狀之構件。GDSII及Oasis將為此等多邊形類型描述之實例。本發明之一例示實施例的狀態係，基於輸入或輸出之此等圖案可自多邊形類型表示轉換為基於面積或像素的表示、或自基於面積或像素的表示轉換為多邊形類型表示。此等表示可包括基於二元像素之表示、或可能如先前所述之遮罩函數表示，其可包括(例如)距離函數表示。若使用在柵格上取樣之像素或值，則格式之間的此等轉換可在較基於面積的表示之像素尺寸或柵格尺寸更精密之解析度下發生。

平行系統

通常的情況是，在具有大量輪廓的意義上，光遮罩將相當的大。或者，在像素化表示中，此光遮罩將由許多像素組成。在單一CPU上一次計算整個光遮罩之最佳設計對計算的要求較高。在此等情形下，將圖案分為個別區域且在一串機器之個別計算節點上處理每一區域可為有利的。

存在可完成此平行化之若干方式。在一方法中，將平面劃分為非重疊區域，每一區域在一特定計算節點上求解，且每一個別節點將關於其正處理之區域及其邊界條件的資訊傳達至處理鄰近區域的彼等節點。此方法之一優點在於可同時使用很多處理器來求解一較大面積上之最佳遮罩函數，其求解方式使得所獲解將與在單一節點上完成所有工作之情況下的解完全相同。

在一替代方法中，將平面分為個別非重疊區域，但當在個別計算節點上處理此等區域時，機器計算每一區域的最

佳遮罩以及一環繞給定區域之固定厚度暈圈區域。由於光遮罩之一面積對相同遮罩之另一面積的影響隨距離而減小，因此在此方法中得出之遮罩函數將與在單一計算節點上處理整個遮罩幾乎相同，只要暈圈厚度足夠大。圖12說明分為區塊陣列1200(包括區塊1202)之光遮罩圖案之一部分。區塊1202將具有一規定用於積體電路或其他工件之一部分的目標圖案。區塊之大小可視設計特徵而定，包括重複結構之大小、提供處理效率之邊界、或其他標準。在一些實施例中，亦可規定一固定區塊尺寸。舉例而言，在一例示實施例中，圖12中之區塊可自1微米乘1微米至10微米乘10微米不等，或包含於其中之任何範圍。此等僅為實例且可使用其他區塊大小。如由1204之虛線所示，可界定環繞區塊1202之暈圈。此暈圈與鄰近區塊1206、1208、1210、1212、1214、1216及1220重疊。暈圈在每一方向上超出區塊1202距離 d 。該距離的選擇可基於製程參數及來自鄰近區域之預期干擾位準及計算複雜性(由於暈圈可增加將要處理之每一區域的尺寸)。雖然暈圈大小可改變，但在一些實施例中，其可自0.5微米至2微米或包含於其中之任何範圍，或自區塊寬度或高度之5%至10%或包含於其中之任何範圍。此等僅為實例且可使用其他暈圈尺寸。

此方法之一優點在於，每一區域及其暈圈可完全與所有其他區域分開處理。在又一方法中，將整個光遮罩分為具有如上之暈圈的區域，但電腦分析此等區域以發現重複。若目標圖案之特殊區域(包括暈圈)等同於目標圖案之另一

部分中的類似面積，則僅需要處理此區域一次，因為兩種情況將得出相同結果。由於常常出現單一圖案在整個目標設計中重複多次的情況，因此使用此方法消除重複可為有利的。使問題平行化之其他方法亦為可能的，視電腦架構而定。

在本發明之一實施例中，將目標設計提供為一電腦系統之一組輸入中的一者。設計可經由網路被發送或其可提供於磁帶上或各種可移動儲存媒體上。該電腦系統將由分析設計並將其分為許多個別片來開始。在一實施例中，設計儲存於檔案系統中，且一或多個具有存取檔案系統之伺服器將執行此步驟。或者，檔案系統對一或多個伺服器(諸如局部硬驅動機)可為局部的。由於存在將設計分為片之多種方式，因此設計之切割可基於各種標準。片可為正方形、或矩形、或任何其他形狀。片通常較佳為非重疊的(不包括暈圈，若包括暈圈則其藉由界定重疊)，但片並非必須為非重疊的。在一些實施例中，可以不同於原始輸入格式之中間格式來儲存設計。在一實施例中，在處理之前將設計"變平"，使得將設計分為片時無需考慮階層。在另一實施例中，預定一劃分以引導切割製程，且當讀取輸入檔案時，根據多邊形將屬之分區將其分為檔案。在本發明之範疇內，用於讀取、分析及將設計分為片之其他方法亦為可能的。

一旦設計已分為多個片，則每一片可接著被發送至一或多個設計來處理片並求解每一片之最佳光遮罩的伺服器。

第二組之伺服器可包括原始伺服器組，或可為一不同的機器或機器組。資料之傳輸可包括經由以太網、或 Myrinet、或 Infiniband、或任何其他藉以為兩個或兩個以上電腦交換資訊之方法來發送資料。或者，可將獨立片寫入一可由一或多個伺服器獨立存取之檔案系統，作為將資料自原始機器組傳遞至第二組機器之一種方法。描述個別片之資料可基於圖案 I/O 格式、或另一多邊形類型表示，或其可為基於像素或柵格的表示、或基於面積的表示(諸如遮罩函數或位元映射)。視需要，可包括額外資訊諸如製程資訊，例如波長或數值孔徑。在本發明之一實施例中，個別片包括暈圈以便可對其個別處理。在一替代實施例中，一些片可不包括暈圈或可包括僅在一些邊緣上的暈圈，且如先前所述在片之間共用資訊，以定址不被暈圈填襯之邊緣的邊界。此實施例可用於(例如)共用記憶體多個 CPU 之機器上，其中在同時運行製程之間可容易且有效地傳遞資訊。

由於最小化需要完成之處理數量可為有利的，因此在一些實施例中系統視需要可判定在待處理之設計片之中是否存在重複。完成此之一方式為計算每一片之簽章且接著尋找具有相同簽章之片。另一方法為直接比較片即可。在一實施例中，在發送片以進行處理之前在第一步驟期間進行此重複性分析。或者，在第二步驟中，在伺服器開始處理一片之前，其可注意查看先前是否已處理一相同片。其他方法亦為可能的且在本發明之範疇內。由於關於如何切割

片之決策將影響重複之數量，因此在一些實施例中，在切割步驟期間考慮設計中之可能重複可係可取的。舉例而言，若設計基於單元，則可選擇片以對應於個別單元，其可能出現在不止一處。另一可能性係，選擇對應於此等單元之群之矩形。另一實施例將以一方向任意將設計切割為條，但在每一條內選擇與設計之單元邊界或其他元件對準之矩形片，以此方式使得找到重複之可能性最大化。

一旦處理所有個別片，則將結果傳遞至第三組伺服器，其可為一或多個伺服器且可包括或不包括一或多個來自第一組及第二組之伺服器。當最初將片發送至第二組機器時，資料之傳遞可藉由多種方法且以多種格式發生，如上所述。最終，第三組機器將片重新組裝起來成為一完整的光遮罩設計。在一實施例中，最佳化光遮罩之個別片被組合為單一GDSII檔案。在其他實施例中，輸出可為多個檔案，且在一些實施例中對每一片具有一個別檔案係可能的。

在一或多個機器上並行執行一或多個以上概述之步驟為可能的；例如，當處理輸入設計時，可將個別片發送至另一機器，其將計算最佳遮罩繼而將片轉送至一將開始組裝片之第三機器。可認為此方法為管線架構。同樣地，可在一或多個伺服器上完成一或多個步驟之部分，同時其他伺服器在一或多個其他步驟上運行。在一些實施例中，將在單一機器、或單一多處理器機器(意即具有多個CPU之單一機器)上執行所有步驟。

在以上論述中，以上所述之伺服器可為許多不同計算設備之任一者。一種可能將為標準葉片伺服器；另一可能將為標準1U機架伺服器或各種尺寸之機架伺服器；或另一可能將為一串標準桌上型機器或塔。在一實施例中，處理將發生在通用微處理器(亦稱為GPU或CPU)上。舉例而言，可使用Intel Pentium或AMD Opteron。在其他實施例中，可在FPGA、DSP或ASIC上進行計算。在一實施例中，一些工作將在GPU上進行且其他部分工作將在另一設備上進行。舉例而言，GPU可用於處理多邊形、傳遞資料、讀寫檔案、轉換格式及各種一般任務，且FPGA可用於執行最佳化之個別步驟。特別地設計FPGA或ASIC以執行遮罩函數上之運算為可能的。一方法係使用FPGA、DSP或ASIC，以利用在處理一用以表示遮罩函數之較大像素值陣列時所固有的平行化。舉例而言，一伺服器可由標準GPU以及一附著於該伺服器之含有一或多個FPGA、DSP或ASIC之特殊加速器以及局部機載記憶體組成。可將設計之片傳遞至GPU以進行處理，GPU可執行如上所述之各式任務，且接著將陣列傳遞至含有專用處理器的板，其接著將執行遮罩函數之計算。接著可將所得最佳遮罩函數傳回母板的主記憶體，從而允許GPU執行任何額外的後處理及/或將結果傳回另一伺服器或伺服器組，以進行如上所述之第三步驟中之組裝。亦有可能將系統設計來使GPU可存取加速器板之記憶體以及其自身的記憶體，且在一些實施例中GPU可執行散佈有由FPGA、DSP或ASIC所執行之工作的

遮罩函數上的運算。

例示系統架構

圖 13 為展示根據本發明一實施例之整體以 1300 指示之例示電腦系統之架構的方塊圖。如圖 13 之例示實施例中所展示，電腦系統可包括用於處理指令之處理器 1302 (諸如 Intel Pentium™ 處理器、AMD Opteron™ 處理器或其他處理器)。處理器 1302 由處理器匯流排 1306 連接至晶片組 1304。晶片組 1304 由記憶體匯流排 1310 連接至隨機存取記憶體 (RAM) 1308 且由處理器 1302 設法對 RAM 1308 進行存取。該晶片組亦連接至周邊匯流排 1312。該周邊匯流排可為 (例如) PCI、PCI-X、PCI Express 或其他周邊匯流排。在一些實施例中，加速器卡 1318 可連接至周邊匯流排 1312。加速器卡 1318 可包括用於加速處理之 ASIC 或其他硬體 1320。加速器卡 1318 亦可包括機載記憶體 1322。電腦系統 1300 亦包括連接至周邊匯流排之一或多個網路介面卡 (NIC) 1314，以用於提供網路介面至一網路。外儲存器 1316 (諸如磁碟陣列或其他非揮發性儲存器) 亦連接至周邊匯流排 1312。

用於實施以上所述方法之任一者的軟體指令可儲存於記憶體 1308、儲存器 1316、機載記憶體 1322 或其他電腦可讀媒體中且可由處理器 1302 或加速器卡 1318 來處理。目標圖案、光遮罩圖案或區塊或上述及其他輸入及輸出之部分的表示亦可儲存於記憶體 1308、儲存器 1316、機載記憶體 1322 或其他電腦可讀媒體中且可由處理器 1302 或加速器卡

1318來處理。此等項可儲存於資料結構或檔案中或可以其他格式儲存。在一些實施例中，如上所述，光遮罩圖案或光遮罩圖案之一部分的函數表示可儲存於一陣列中，其中圖案面積上柵格點處之函數值儲存於該陣列中。在一些實施例中，處理器可處理多邊形表示(諸如GDSII或Oasis)之光遮罩圖案或光遮罩圖案之一部分並使用柵格或像素化表示將其轉換為函數表示。其接著可被提供至機載記憶體1322且由加速器卡1318來處理。加速器卡1318可包括有效處理函數表示、評價函數及變化函數之專用硬體1320且可用於迭代地調適如上所述之圖案。

圖14為展示根據本發明一實施例之網路電腦系統1400的方塊圖。在一例示實施例中，電腦1402a-i之每一者可具有圖13中所示之架構或其他架構，且可用於多重處理以有效處理較大積體電路設計。系統可具有由電腦共用之網路檔案系統1412(對應於圖13中之外儲存器1316)。應理解其他架構亦可用於如上所述之多重處理，該等架構包括具有多個處理器之電腦、具有多個葉片之伺服器或其他架構。該等電腦中之一者或一群電腦1404可接收用於積體電路設備之一層的目標圖案。此群電腦1404可將該目標圖案自階層轉換為平坦格式且將目標圖案分為區塊，區塊可包括上文參照圖12所述之暈圈。

在一例示實施例中，目標圖案可用於具有多於一千萬個閘之複雜積體電路設計。在一例示實施例中，第一群之電腦可將此圖案分為一百萬或更多之區塊以處理。在一例示

實施例中，設計可包括90 nm、65 nm、45 nm或更小之最小設計特徵尺寸或間距。由電腦1404所產生之區塊的目標圖案可儲存於檔案系統1412中之檔案或記憶體中之資料結構，且可經由網路1410由其他組電腦1406及1408來存取。第一組電腦1404可指派區塊排入檔案系統1412中之佇列，以由個別電腦1402d、e及f進行處理。以此方式，可平衡負載且可使用多重處理來有效處理較大之複雜設計。

第二組電腦1406可存取區塊以進行處理。每一電腦1402d、e及f可自其佇列擷取區塊並對其進行處理。第二組電腦可選擇用於圖案之函數或位元映射表示且藉由對評價函數求值來迭代地調適圖案。可加上變化值以調適圖案，直至如上所述產生最終輸出圖案。區塊之最終圖案可儲存於檔案系統1412中且由第三組電腦1408存取。

第三組電腦1408可組裝區塊以產生整個遮罩圖案或其一部分，並將遮罩圖案轉換為多邊形表示(諸如GDSII或Oasis或其他格式)。所得遮罩圖案可儲存為檔案系統1412中之檔案。

例示遮罩及積體電路

可使用由以上系統及方法所產生之遮罩圖案來製造光遮罩。可根據遮罩圖案在光遮罩上形成鉻、透明或相移區域。舉例而言，圖15、圖16、圖17、圖18B、圖18C、圖18D、圖19B、圖19C、圖19D、圖19E及圖19F、圖20B、圖20C、圖20D及圖20E說明由根據本發明之例示實施例之系統及方法所產生的取樣圖案。在該等圖中，例示圖案對

應於一完整光遮罩之個別區塊，然而應理解區塊可被組合為一用於製造光遮罩之完整圖案。

圖 15 展示區塊 1500 之一例示圖案。此區塊為約一微米平方。此區塊具有一目標圖案 1502，其為 100 nm x 454 nm 之隔離矩形。製程參數(提供為輸入)包括 193 nm 之照明波長、0.85 之數值孔徑、照明之點源、衰減相移遮罩。圖案打算用於 65 nm 世代，但不限於使用 65 nm 設計規則。遮罩圖案 1504 由根據一例示實施例之系統及方法產生。遮罩圖案 1504 具有在矩形目標圖案之每一端突出的兩個凸起部(寬於目標圖案)、在中部之較寬區域(寬於目標圖案)及在較寬中部區域與各端凸起部之間的較窄區域(窄於目標區域)。

圖 16 展示區塊 1600 之一例示圖案。此區塊有一具有各觸點 1602 之目標圖案。製程參數(提供為輸入)為 193 nm 之照明波長、約 0.8 之數值孔徑、照明之環形源及衰減相移遮罩。圖 16 亦展示如上所述之可用於處理目標圖案的柵格點。如圖 16 中所示，可導致用於隔離觸點具有鑽石形狀(其中頂點/底點及側點寬於目標接觸圖案)1604 之遮罩圖案。彼此接近之觸點可導致觸點上之一遮罩圖案具有一淚珠形狀之不對稱形狀 1606，其一側之延伸長於另一側。

圖 17 展示區塊 1700 之一例示圖案。此區塊的目標圖案具有如 1704 所示以一角度轉向之平行矩形區域 1702。製程參數(提供為輸入)為 193 nm 之照明波長、約 0.8 之數值孔徑、照明之環形源、衰減相移遮罩。圖案打算用於 65 nm 世

代，但不限於使用 65 nm 設計規則。陰影區域 1706 展示遮罩圖案。如圖 17 中所示，每一矩形區域之遮罩圖案交替地如 1708 所示向內彎曲(在目標圖案內)，且接著如 1710 所示向外彎曲(在目標圖案外)。此實例中之波狀結構具有取決於光源之有效波長的特徵週期。此等區域在平行矩形區域之間稍微偏移(當一遮罩圖案之一區域在一目標圖案上向外突出時，鄰近目標圖案上之遮罩圖案傾向於向內彎曲)。在目標圖案以一角度轉向之拐角處，存在如 1712 所示的在每一轉向之外部轉角處的一較大向外突出。圖案改變以使每一彎曲根據周圍圖案及間距(鄰近特徵之間的間隔)稍有不同。

圖 18A 展示一例示目標圖案 1800。圖 18B、18C 及 18D 展示為得到此目標圖案之使用不同製程參數之取樣遮罩圖案。雖然用於每一製程之目標圖案 1800 展示為相同的，但應理解對每一製程可將目標圖案按比例縮放至不同大小。圖 18B 展示二元鉻及玻璃遮罩、130 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 18C 展示二元鉻及玻璃遮罩、85 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 18D 展示二元鉻及玻璃遮罩、45 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。

圖 19A 展示一例示目標圖案 1900。圖 19B、19C、19D、19E 及 19F 展示為得到此目標圖案之使用不同製程參數之取樣遮罩圖案。雖然用於每一製程之目標圖案 1900 展示為相

同的，但應理解對每一製程可將目標圖案按比例縮放至不同大小。圖 19B 展示二元鉻及玻璃遮罩、130 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 19C 展示二元鉻及玻璃遮罩、100 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 19D 展示二元鉻及玻璃遮罩、80 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 19E 展示二元鉻及玻璃遮罩、65 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 19F 展示二元鉻及玻璃遮罩、45 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。

圖 20A 展示一例示目標圖案 2000。圖 20B、20C、20D 及 20E 展示為得到此目標圖案之使用不同製程參數之取樣遮罩圖案。雖然用於每一製程之目標圖案 2000 展示為相同的，但應理解對每一製程可將目標圖案按比例縮放至不同大小。圖 20B 展示二元鉻及玻璃遮罩、130 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 20C 展示二元鉻及玻璃遮罩、90 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 20D 展示二元鉻及玻璃遮罩、65 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。圖 20E 展示二元鉻及玻璃遮罩、45 nm 設計規則、193 nm 照明波長、0.7 之數值孔徑及環形照明的遮罩圖案。

在例示實施例中，光遮罩可用以使用具有由以上所述方

法之任一者所確定之圖案的遮罩來製造積體電路設備或其他工件。該等遮罩可用在微影裝置中以在半導體晶圓或其他工件上之光阻劑中顯影圖案。接著可用處理裝置蝕刻、摻雜或沈積以此等區域為基底之材料，以形成積體電路或其他結構。藉由對額外層之光遮罩重複以上步驟，可剝去光阻劑並形成額外層。經處理之晶圓或其他工件可接著被切為晶粒並經封裝，以形成積體電路設備或其他設備。

其他變化

可將本發明之態樣可應用以求解最佳灰度階或連續色調光遮罩。本發明之態樣亦可應用於無遮罩光學微影以及光學遮罩寫入器。在此等實施例中，並非求解"最佳光遮罩"，而是僅求解待用於控制無遮罩光學微影工具或光學遮罩寫入工具之最佳圖案。

可獨立或以各種組合來應用以上描述及例示實施例中之各種元件及步驟。舉例而言，用於尋找最佳光遮罩之各種方法可連同以上所述之態樣來使用，其包括但不限於Nashold投影之方法、Fienap相位回溯演算法之變化、具有反褶積之相干近似、局部變化、下降搜尋、線性及非線性程式設計、像素取向改變、二次最優化、線性及非線性最小平方、Gerchberg-Saxton演算法、模擬退火，遺傳演算法。可應用於此等方法之本發明的態樣可在本發明之範疇內如此應用。舉例而言，如上所述，此等方法可連同一或多個以下態樣來使用：以上評價函數之任一者、以上圖案表示及相關轉換方法之任一者、以上並行處理技術之任一

者(包括但不限於將圖案或檔案分為用於並行處理之具有暈圈之區塊)、或以上所述實施例之其他態樣。舉例而言,可將先前所述之平行系統架構應用於各種光遮罩最佳化方法。以上所述之哈密爾頓函數元素亦可應用於多種可利用評價函數之最佳化方法。組合本發明之各種態樣與其他最佳化方法的其他方法亦為可能的。

相應地,雖然為了使熟習該項技術者能夠製造且使用本發明起見,以上已展示且描述操作之方法及系統的各種替代實施例,但應瞭解本發明不限於此。相應地,在隨附申請專利範圍之範疇內的任何修改、變化或均等配置應視為在本發明之範疇內。另外,本發明之原理的以上描述僅作為說明而不作為限制。例如,儘管已展示且描述根據本發明原理之方法的若干說明性實施例,但其他替代實施例亦為可能的,且對於瞭解了本發明原理之熟習該項技術者而言將為清楚的。舉例而言,已描述在此說明書中所述之各步驟的若干替代例。應理解一替代例並不與另一替代例相脫離,且替代例之組合可用於實踐此揭示案之請求項的標的。無疑,本發明之原理具有除製造積體電路之光遮罩以外的實用性,其中一些我們業已提及。因此,本發明之範疇僅受隨附申請專利範圍之限制。

本發明之上述實施例係作為說明及描述而提供。並不期望其將本發明限於所述之精確形式。

詳言之,預期本發明之功能實施例可同樣地實施於硬體、軟體、韌體及/或其他可用功能組件或構建區塊中。

其他變化及實施例根據以上教示為可能的，因此希望本發明之範疇不受此實施方式而受以下之申請專利範圍之限制。

【圖式簡單說明】

圖1為說明根據本發明一實施例之將使用光微影製程印刷於晶圓上之一簡易例示目標圖案的圖式。

圖2為說明根據本發明一實施例之將使用光微影製程印刷於晶圓上之一更為複雜例示目標圖案的圖式。

圖3為說明根據本發明一實施例之將使用光微影製程印刷於晶圓上之圖2之例示目標圖案之細節的圖式。

圖4為說明根據本發明一實施例之包含區域之(x, y)平面中之例示光遮罩圖案的圖式。

圖5為展示根據本發明一實施例之例示晶圓圖案的圖式，其說明在光微影製程中使用圖4之例示光遮罩圖案將會在晶圓上印刷什麼。

圖6為說明根據本發明一實施例之包含諸區域之一更複雜例示光遮罩圖案的圖式。

圖7為展示根據本發明一實施例之例示晶圓圖案的圖式，其說明在光微影製程中使用圖6之例示光遮罩圖案將會在晶圓上印刷什麼。

圖8a為說明根據本發明一實施例之藉由界定封閉光遮罩圖案中之區域的輪廓來表示圖4之例示光遮罩圖案之函數的圖式。

圖8b為說明根據本發明一實施例之藉由界定封閉光遮罩

圖案中之區域的輪廓來表示圖6之例示光遮罩圖案之函數的圖式。

圖8c為說明根據本發明一實施例之與平行於 (x,y) 平面之零平面相交之圖8a之函數的圖式。

圖9為說明根據本發明一實施例之用於時間演化光遮罩圖案之輪廓以最小化哈密爾頓函數之方法的流程圖。

圖10a為說明根據本發明一實施例之光遮罩圖案的圖式。

圖10b為說明根據本發明一實施例之對應於由演算法輸出之最終函數之光遮罩圖案的圖式。

圖10c為說明在光微影製程中使用圖10b之光遮罩圖案所產生之晶圓圖案的圖式。

圖10d為說明根據本發明一實施例之基於對應於圖6中所示之初始光遮罩之圖8b中所示之初始函數由演算法輸出之最終函數的圖式。

圖10e為說明根據本發明一實施例之對應於圖10d之函數之光遮罩圖案的圖式。

圖10f為說明根據本發明一實施例之如在光微影製程中使用圖10e之光遮罩圖案所產生之晶圓圖案的圖式。

圖10g為說明根據本發明一實施例之基於圖6中所示之初始光遮罩由演算法輸出之直線光遮罩圖案的圖式。

圖10h為說明根據本發明一實施例之如在光微影製程中使用圖10g之直線光遮罩圖案所產生之晶圓圖案的圖式。

圖11為說明函數之 m 維解空間之二維子空間、展示哈密

爾頓 H 為 $\psi(x_1, y_1)$ 之函數且根據本發明一實施例的圖式。

圖 12 為說明根據本發明一實施例之環繞光遮罩圖案區塊之暈圈的圖式。

圖 13 為根據本發明一實施例之例示電腦系統。

圖 14 為根據本發明一實施例之例示網路連接電腦系統。

圖 15 為說明根據本發明一實施例之晶圓圖案及用於產生該晶圓圖案之光遮罩圖案的圖式。

圖 16 為說明根據本發明一實施例之晶圓圖案及用於產生該晶圓圖案之光遮罩圖案的圖式。

圖 17 為說明根據本發明一實施例之晶圓圖案及用於產生該晶圓圖案之光遮罩圖案的圖式。

圖 18A 為說明一晶圓圖案之圖式，且圖 18B、18C 及 18D 說明根據本發明一實施例之用於產生該晶圓圖案之光遮罩圖案。

圖 19A 為說明一晶圓圖案之圖式，且圖 19B、19C、19D、19E 及 19F 說明根據本發明一實施例之用於產生該晶圓圖案之光遮罩圖案。

圖 20A 為說明一晶圓圖案之圖式，且圖 20B、20C、20D 及 20E 說明根據本發明一實施例之用於產生該晶圓圖案之光遮罩圖案。

【主要元件符號說明】

100	目標圖案
101	區域
102	輪廓

200	目標圖案
300	目標圖案
400	光遮罩圖案
401	區域
500	晶圓圖案
501	區域
600	光遮罩圖案
700	晶圓圖案
800	等位函數
801	等位函數
802	零平面
1002	光遮罩圖案
1003	光遮罩圖案
1004	晶圓圖案
1005	等位函數
1006	光遮罩圖案
1007	晶圓圖案
1008	直線光遮罩圖案
1009	晶圓圖案
1200	區塊陣列
1202	區塊
1204	虛線
1206	鄰近區塊
1208	鄰近區塊

1210	鄰近區塊
1212	鄰近區塊
1214	鄰近區塊
1216	鄰近區塊
1220	鄰近區塊
1300	電腦系統
1302	處理器
1304	晶片組
1306	處理器匯流排
1308	隨機存取記憶體 (RAM)
1310	記憶體匯流排
1312	周邊匯流排
1314	網路介面卡 (NIC)
1316	外儲存器
1318	加速器卡
1320	專用硬體
1322	機載記憶體
1400	網路電腦系統
1402a-I	電腦
1404	第一組電腦
1406	第二組電腦
1408	第三組電腦
1410	網路
1412	檔案系統

1500	區塊
1502	目標圖案
1504	遮罩圖案
1600	區塊
1602	觸點
1604	鑽石形狀
1606	不對稱形狀
1700	區塊
1702	平行矩形區域
1706	陰影區域
1800	目標圖案
1900	目標圖案
2000	目標圖案

十、申請專利範圍：

1. 一種用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上之遮罩圖案的方法，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，其包含：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

確定對應於該第一遮罩圖案之一第一函數，其中該第一函數之範圍具有一大於該第一遮罩圖案之不同類型區域之數目的基數，且其中該第一函數之域對應於該第一遮罩圖案之平面；及

至少部分地基於該第一函數產生一第二函數，其中該第二函數對應於一第二遮罩圖案。

2. 如請求項1之方法，其進一步包含自該第二函數提取該第二遮罩圖案。
3. 如請求項2之方法，其中該提取包括計算一第一群，該第一群包括對應於該第二函數之一第一值的一或多個區域。
4. 如請求項3之方法，其中該提取包括計算一第二群，該第二群包括對應於該第二函數之一第二值的一或多個區域。
5. 如請求項4之方法，其中該提取包括在該第一群及該第

二群上執行一邏輯運算。

6. 如請求項1之方法，其中該產生係根據該光微影製程之一模型。
7. 如請求項1之方法，其中該產生包括根據該光微影製程之一模型來修改該第一函數。
8. 如請求項1之方法，其中該第一遮罩圖案之不同類型區域的數目為2。
9. 如請求項8之方法，其中該第一遮罩圖案之該等不同類型區域包括一鉻區域及一玻璃區域。
10. 如請求項8之方法，其中該第一遮罩圖案之該等不同類型區域包括一具有一大於一預定值之透射率的區域及一衰減相移區域。
11. 如請求項1之方法，其中第一遮罩圖案對應於一玻璃上鉻光遮罩、一相移光遮罩、一衰減相移光遮罩、或一多次曝光光遮罩。
12. 如請求項1之方法，其中該第一函數包括一等位函數。
13. 如請求項1之方法，其中該第一函數為該第一遮罩圖案之一灰階或一位元映像表示。
14. 如請求項1之方法，其中第一函數包括至少三值，且其中一第一值及一第二值對應於該第一遮罩圖案之區域，且一第三值對應於一在該第一遮罩圖案之一平面中的輪廓。
15. 如請求項14之方法，其中對應於該第一值及該第二值之該等區域彼此不同。

16. 如請求項1之方法，其中該產生係根據該目標圖案之該等子集中的該至少一者，且其中該目標圖案之該等子集中的該至少一者對應於一積體電路之至少一部分的一實體布局。
17. 如請求項1之方法，其中該目標圖案之該等子集中的該至少一者包括一與GDSII或OASIS相容之格式。
18. 如請求項1之方法，其中該第一函數為一距離函數，其中該第一函數之一值對應於一距該第一遮罩圖案之該平面中之一最近輪廓的距離。
19. 如請求項1之方法，其中該第一函數具有該平面中一輪廓上的一預定值。
20. 如請求項1之方法，其進一步包含調節該第二函數使得其為一距離函數，該距離函數中該第二函數之一值對應於一距該第二遮罩圖案之一平面中之一最近輪廓的距離。
21. 如請求項1之方法，其中該第一函數的值指示該第一遮罩圖案中之該等不同類型區域間之邊界的位置，其具有一較該第一遮罩圖案之該平面中之相應位置更高的解析度。
22. 一種與一電腦系統一起使用之電腦程式產品，該電腦程式產品包含一電腦可讀儲存媒體及一內建於其中之電腦程式機制，其用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，該電腦程式機制包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於確定對應於該第一遮罩圖案之一第一函數的指令，其中該第一函數之範圍具有一大於該第一遮罩圖案之不同類型區域之數目的基數，且其中該第一函數之域對應於該第一遮罩圖案之平面；及

用於至少部分地基於該第一函數產生一第二函數的指令，其中該第二函數對應於一第二遮罩圖案。

23. 一種電腦系統，其包含：

至少一處理器；

至少一記憶體；及

至少一程式模組，該程式模組儲存於該記憶體中且經組態以由該處理器加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案

包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於確定對應於該第一遮罩圖案之一第一函數的指令，其中該第一函數之範圍具有一大於該第一遮罩圖案之不同類型區域之數目的基數，且其中該第一函數之域對應於該第一遮罩圖案之平面；及

用於至少部分地基於該第一函數產生一第二函數的指令，其中該第二函數對應於一第二遮罩圖案。

24. 一種電腦系統，其包含：

用於計算之構件；

用於儲存之構件；及

至少一程式模組機制，該程式模組機制儲存於至少該用於儲存之構件中且經組態以由至少該用於計算之構件加以執行，其中至少該程式模組機制用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組機制包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之

該等子集中的至少一者；

用於確定對應於該第一遮罩圖案之一第一函數的指令，其中該第一函數之範圍具有一大於該第一遮罩圖案之不同類型區域之數目的基數，且其中該第一函數之域對應於該第一遮罩圖案之平面；及

用於至少部分地基於該第一函數產生一第二函數的指令，其中該第二函數對應於一第二遮罩圖案。

25. 一種用於一光微影製程中之光遮罩，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，且其中該光遮罩所對應之一遮罩圖案係在一包括以下操作之製程中得以確定：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

確定對應於該第一遮罩圖案之一第一函數，其中該第一函數之範圍具有一大於該第一遮罩圖案之不同類型區域之數目的基數，且其中該第一函數之域對應於該第一遮罩圖案之平面；及

至少部分地基於該第一函數產生一第二函數，其中該第二函數對應於一第二遮罩圖案。

26. 一種半導體晶圓，其中該半導體晶圓產生於一包括一光遮罩之光微影製程中，其中該光遮罩具有複數個不同類

型的具有不同光學性質的區域，且其中該光遮罩所對應之一遮罩圖案在一包括以下操作之製程中得以確定：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

確定對應於該第一遮罩圖案之一第一函數，其中該第一函數之範圍具有一大於該第一遮罩圖案之不同類型區域之數目的基數，且其中該第一函數之域對應於該第一遮罩圖案之平面；及

至少部分地基於該第一函數產生一第二函數，其中該第二函數對應於一第二遮罩圖案。

27. 一種用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上之遮罩圖案的方法，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，其包含：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

計算一函數之一梯度，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根

據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

至少部分地基於該函數之該梯度來產生一第二遮罩圖案。

28. 如請求項27之方法，其中該梯度對應於一Frechet導數。

29. 如請求項27之方法，其中該梯度為一封閉形式表達式。

30. 如請求項27之方法，其中計算該梯度而不計算該函數。

31. 如請求項27之方法，其中該函數之輸出進一步視該目標圖案之該等子集中的該至少一者而定。

32. 如請求項31之方法，其中修改另一目標圖案以產生該目標圖案。

33. 如請求項31之方法，其進一步包含將一包括該目標圖案之一基於多邊形之表示的文件轉換為該目標圖案。

34. 如請求項31之方法，其中該目標圖案之格式與GDSII或OASIS相容。

35. 如請求項31之方法，其進一步包含將一包括該目標圖案之一基於邊緣之表示的文件轉換為該目標圖案。

36. 如請求項27之方法，其中該函數至少部分地視該光微影製程之一模型而定，其中該模型包括一光阻模型。

37. 如請求項27之方法，其中該產生包括：

根據該梯度來修改該第一遮罩圖案之一第一表示以產生該第二遮罩圖案之一第二表示；及

自該第二表示提取一第二遮罩圖案。

38. 如請求項37之方法，其中提取該第二遮罩圖案包括直線投影，以使得該第二遮罩圖案包括分段直線圖案。

39. 如請求項37之方法，其中該第一表示為一距離函數，其中該第一表示之一值對應於一距該第一遮罩圖案之一平面中之一最近輪廓的距離。
40. 如請求項39之方法，其中該第一表示具有該平面中一輪廓上的一預定值。
41. 如請求項40之方法，其進一步包含調節該第二表示使得其為一距離函數，其中該第二表示之一值對應於一距該第二遮罩圖案之一平面中之一最近輪廓的距離。
42. 如請求項27之方法，其進一步包含組合該第二遮罩圖案與一第三遮罩圖案，其中該第三遮罩圖案係根據預定光學接近校正規則來確定。
43. 如請求項27之方法，其中該函數為一將不同相對權重指派至該第一遮罩圖案之不同區域的評價函數。
44. 如請求項27之方法，其中該函數為一包括對應於該光微影製程之一製程窗口之估算的評價函數。
45. 如請求項27之方法，其中該函數為一包括該光微影製程之一模型的評價函數，其包括離焦條件。
46. 一種用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上之遮罩圖案的方法，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，其包含：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮

罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

計算一函數之一梯度，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中計算該梯度而不確定該函數；及

至少部分地基於該函數之該梯度來產生一第二遮罩圖案。

47. 一種用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上之遮罩圖案的方法，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，其包含：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

計算一函數之一梯度，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度為一封閉形式表達式；及

至少部分地基於該函數之該梯度來產生一第二遮罩圖案。

48. 一種用於確定一用於一光微影製程中之圖案的方法，其包含：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮

罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

計算一函數之一梯度，其中該函數視該第一遮罩圖案及該光微影製程之一模型而定，其中該光微影製程之該模型包括一光阻模型，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

至少部分地基於該函數之該梯度來產生一第二遮罩圖案。

49. 一種與一電腦系統一起使用之電腦程式產品，該電腦程式產品包含一電腦可讀儲存媒體及一內建於其中之電腦程式機制，其用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，該電腦程式機制包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其

中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該函數之該梯度來產生一第二遮罩圖案的指令。

50. 一種電腦系統，其包含：

至少一處理器；

至少一記憶體；及

至少一程式模組，該程式模組儲存於該記憶體中且經組態以由該處理器加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該函數之該梯度來產生一第二遮罩圖案的指令。

51. 一種電腦系統，其包含：

用於計算之構件；

用於儲存之構件；及

至少一程式模組機制，該程式模組機制儲存於至少該用於儲存之構件中且經組態以由至少該用於計算之構件加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該函數之該梯度來產生一第二

遮罩圖案的指令。

52. 一種用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上之遮罩圖案的方法，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，其包含：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

計算一函數之一梯度，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案，其中該第二遮罩圖案限於近似直線的。

53. 如請求項52之方法，其中該第二遮罩圖案包括分段直線圖案。

54. 如請求項53之方法，其中該等分段直線圖案係根據一區段長度。

55. 如請求項52之方法，其中該確定包括執行一近似地保留該第二遮罩圖案中之封閉輪廓之面積的直線投影。

56. 一種與一電腦系統一起使用之電腦程式產品，該電腦程式產品包含一電腦可讀儲存媒體及一內建於其中之電腦程式機制，其用於確定一將用於一光微影製程中之一光

遮罩上的遮罩圖案，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，該電腦程式機制包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將在該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令，其中該第二遮罩圖案限於為近似直線的。

57. 一種電腦系統，其包含：

至少一處理器；

至少一記憶體；及

至少一程式模組，該程式模組儲存於該記憶體中且經組態以由該處理器加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指

令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令，其中該第二遮罩圖案限於為近似直線的。

58. 一種電腦系統，其包含：

用於計算之構件；

用於儲存之構件；及

至少一程式模組機制，該程式模組機制儲存於至少該用於儲存之構件中且經組態以由至少該用於計算之構件加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組機制包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖

案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令，其中該第二遮罩圖案限於近似直線的。

59. 一種用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上之遮罩圖案的方法，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，其包含：

將一目標圖案之一第一格式轉換為一第二格式；

將該目標圖案之該第二格式劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

計算一函數之一梯度，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮

罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案。

60. 如請求項59之方法，其中該第一格式包括一與GDSII或OASIS相容之格式。

61. 如請求項59之方法，其中該第一格式包括一基於多邊形的表示。

62. 如請求項59之方法，其中該第二格式包括一基於影像的表示。

63. 如請求項59之方法，其中該第二格式包括一基於像素的表示。

64. 如請求項59之方法，其中該第一格式包括一基於邊緣的表示。

65. 如請求項59之方法，其進一步包含將該第二遮罩圖案轉換為一第三格式，其中該第三格式以一較該第二遮罩圖案之一像素大小更高的解析度來規定該第二遮罩圖案中的特徵。

66. 如請求項65之方法，其中該等特徵包括該第二遮罩圖案中之邊緣的位置。

67. 一種與一電腦系統一起使用之電腦程式產品，該電腦程式產品包含一電腦可讀儲存媒體及一內建於其中之電腦程式機制，其用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，該電腦程式機制包括：

用於將一目標圖案之一第一格式轉換為一第二格式的指令；

用於將該目標圖案之該第二格式劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將在該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令。

68. 一種電腦系統，其包含：

至少一處理器；

至少一記憶體；及

至少一程式模組，該程式模組儲存於該記憶體中且經組態以由該處理器加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組包括：

用於將一目標圖案之一第一格式轉換為一第二格式的指令；

用於將該目標圖案之該第二格式劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將在該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令。

69. 一種電腦系統，其包含：

用於計算之構件；

用於儲存之構件；及

至少一程式模組機制，該程式模組機制儲存於至少該用於儲存之構件中且經組態以由至少該用於計算之構件加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少

該程式模組機制包括：

用於將一目標圖案之一第一格式轉換為一第二格式的指令；

用於將該目標圖案之該第二格式劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令。

70. 一種用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上之遮罩圖案的方法，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，其包含：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

分配該目標圖案之該等子集至複數個處理器；及

確定一組第二遮罩圖案，其每一者對應於該目標圖案

之該等子集之一者，其中該組第二遮罩圖案之至少一者藉由執行操作來確定，該等操作包括：

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域；

計算一函數之一梯度，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案。

71. 如請求項70之方法，其中在該等第二遮罩圖案的至少一些上執行之該等操作彼此獨立地執行。
72. 如請求項70之方法，其中用於該等第二遮罩圖案之至少兩者的該等操作同時執行。
73. 如請求項70之方法，其中該目標圖案之個別鄰近子集的至少一部分彼此重疊。
74. 如請求項73之方法，其中該重疊小於該光微影製程中之一源之一波長的一預定倍數。
75. 如請求項70之方法，其中該目標圖案之該等子集之至少一些的一尺寸小於 $100\ \mu\text{m}^2$ 。
76. 如請求項70之方法，其中該目標圖案之該等子集之至少一些的一尺寸小於 $1000\ \mu\text{m}^2$ 。
77. 如請求項70之方法，其中該目標圖案之該等子集之至少一些的一尺寸大於 $10000\ \text{nm}^2$ 。
78. 如請求項70之方法，其進一步包含組合該組第二遮罩圖

案以產生一第三遮罩圖案。

79. 一種與一電腦系統一起使用之電腦程式產品，該電腦程式產品包含一電腦可讀儲存媒體及一內建於其中之電腦程式機制，其用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，該電腦程式機制包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於分配該目標圖案之該等子集至複數個處理器的指令；及

用於確定一組第二遮罩圖案之指令，該組第二遮罩圖案之每一者對應於該目標圖案之該等子集之一者，其中該組第二遮罩圖案之至少一者藉由執行操作來確定，其包括：

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令。

80. 一種電腦系統，其包含：

至少一處理器；

至少一記憶體；及

至少一程式模組，該程式模組儲存於該記憶體中且經組態以由該處理器加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組機制包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集之指令，其中該光遮罩將在該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於分配該目標圖案之該等子集至複數個處理器的指令；及

用於確定一組第二遮罩圖案之指令，該組第二遮罩圖案之每一者對應於該目標圖案之該等子集之一者，其中該組第二遮罩圖案之至少一者藉由執行操作來確定，其包括：

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公

式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令。

81. 一種電腦系統，其包含：

用於計算之構件；

用於儲存之構件；及

至少一程式模組機制，該程式模組機制儲存於至少該用於儲存之構件中且經組態以由至少該用於計算之構件加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組機制包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於分配該目標圖案之該等子集至複數個處理器的指令；及

用於確定一組第二遮罩圖案之指令，該組第二遮罩圖案之每一者對應於該目標圖案之該等子集之一者，其中該組第二遮罩圖案之至少一者藉由執行操作來確定，其包括：

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於至少部分地基於該梯度來確定一第二遮罩圖案之指令。

82. 一種用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上之遮罩圖案的方法，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，其包含：

將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

提供一第一遮罩圖案，其包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

計算一函數之一梯度，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

根據該梯度來修改該第一遮罩圖案之一第一表示以產生一第二表示，其中迭代地執行該修改直至達成一收斂條件；及

自該第二表示提取一第二遮罩圖案。

83. 如請求項82之方法，其中該修改包括有系統的低鬆弛或

有系統的超鬆弛。

84. 如請求項82之方法，其中該收斂條件包括該晶圓圖案之該估算與該目標圖案之至少該一子集之間的一誤差之一函數之一相對值，且其中該誤差在對應於該目標圖案之至少該一子集的一區域上確定。
85. 如請求項82之方法，其中該收斂條件包括該晶圓圖案之該估算與該目標圖案之至少該一子集之間的一誤差之一絕對值，且其中該誤差在對應於該目標圖案之至少該一子集的至少一區域上確定。
86. 如請求項85之方法，其中當確定該誤差之該絕對值時，對應於該目標圖案之至少該一子集的子區域被指派不同的相對權重。
87. 如請求項82之方法，其中該收斂條件包括對該表示之修改的一記錄。
88. 如請求項82之方法，其中該收斂條件包括一穩定性量度。
89. 如請求項82之方法，其中該收斂條件包括一預定數目之迭代。
90. 一種與一電腦系統一起使用之電腦程式產品，該電腦程式產品包含一電腦可讀儲存媒體及一內建於其中之電腦程式機制，其用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，該電腦程式機制包括：
- 用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的命令，

其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於根據該梯度來修改該第一遮罩圖案之一第一表示以產生一第二表示之指令，其中迭代地執行該修改直至達成一收斂條件；及

用於自該第二表示提取一第二遮罩圖案的指令。

91. 一種電腦系統，其包含：

至少一處理器；

至少一記憶體；及

至少一程式模組，該程式模組儲存於該記憶體中且經組態以由該處理器加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指令，其中該光遮罩將在該光微影製程期間印刷該目標圖

案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於根據該梯度來修改該第一遮罩圖案之一第一表示以產生一第二表示之指令，其中迭代地執行該修改直至達成一收斂條件；及

用於自該第二表示提取一第二遮罩圖案的指令。

92. 一種電腦系統，其包含：

用於計算之構件；

用於儲存之構件；及

至少一程式模組機制，該程式模組機制儲存於至少該用於儲存之構件中且經組態以由至少該用於計算之構件加以執行，其中至少該程式模組用於確定一將用於一光微影製程中之一光遮罩上的遮罩圖案，且其中該光遮罩具有複數個不同類型的具有不同光學性質的區域，至少該程式模組包括：

用於將一目標圖案劃分為該目標圖案之子集的指

令，其中該光遮罩將於該光微影製程期間印刷該目標圖案；

用於提供一第一遮罩圖案之指令，該第一遮罩圖案包括對應於該光遮罩之該等不同類型區域之複數個不同類型的區域，其中該第一遮罩圖案對應於該目標圖案之該等子集中的至少一者；

用於計算一函數之一梯度的指令，其中該函數視該第一遮罩圖案及一晶圓圖案之一估算而定，後者得自於利用該第一遮罩圖案之至少一部分的該光微影製程，且其中該梯度根據一藉由取該函數之一導數而獲得之公式來計算；及

用於根據該梯度來修改該第一遮罩圖案之一第一表示以產生一第二表示之指令，其中迭代地執行該修改直至達成一收斂條件；及

用於自該第二表示提取一第二遮罩圖案的指令。

十一、圖式：

正
本
96年3月13日

96年3月13日修(更)正替換頁

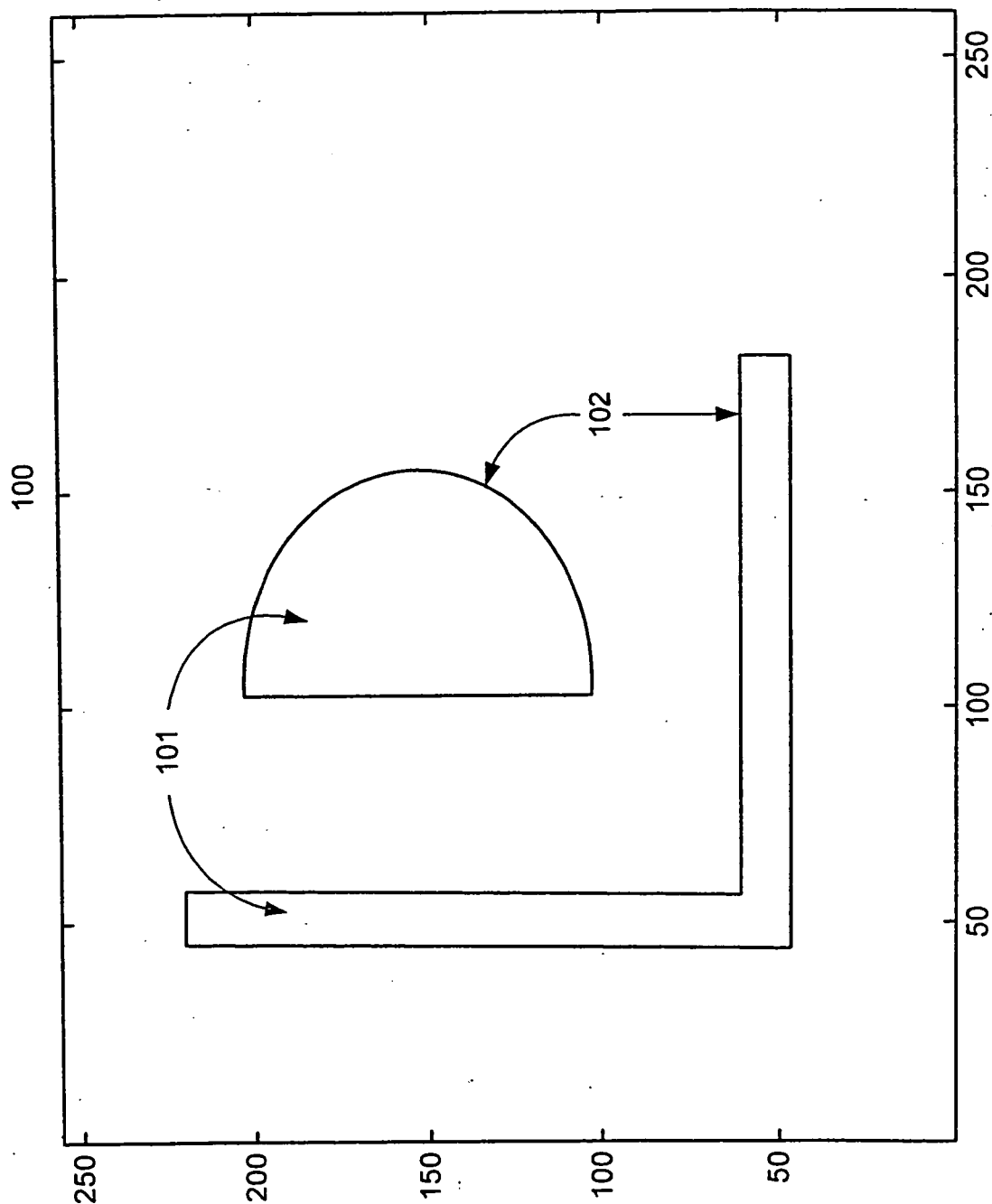


圖 1

96年3月13日修(更)正替換頁

200

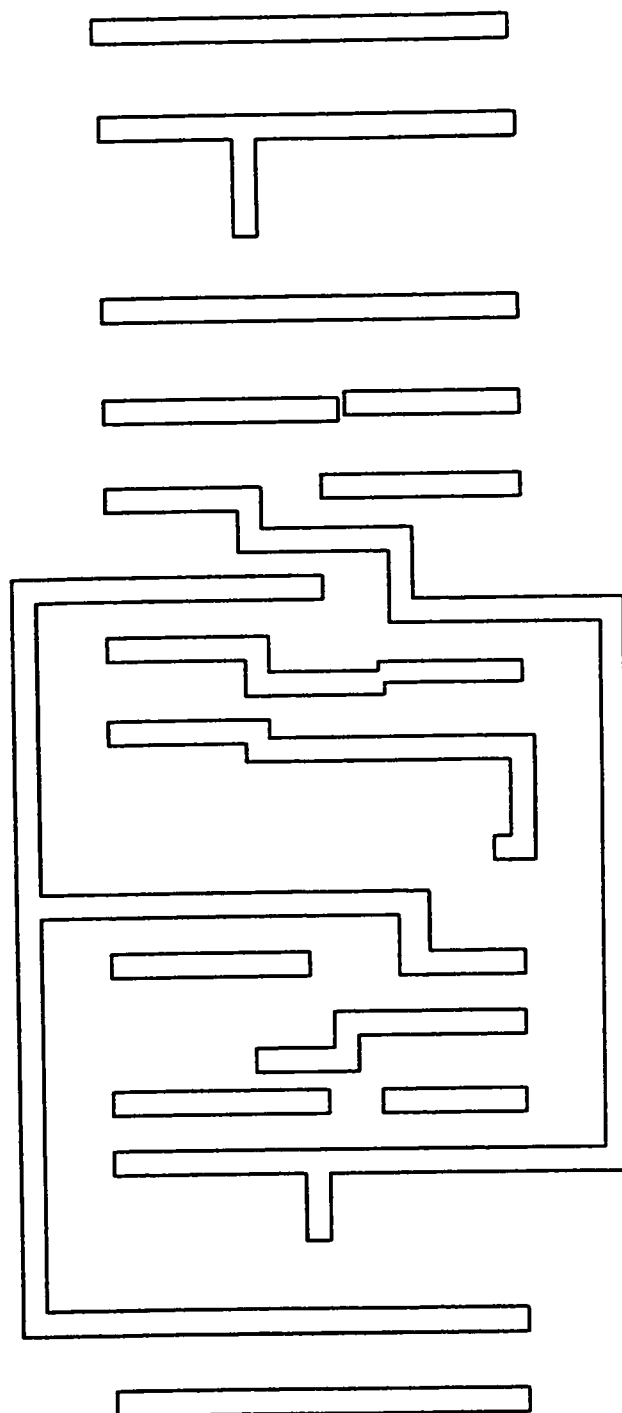
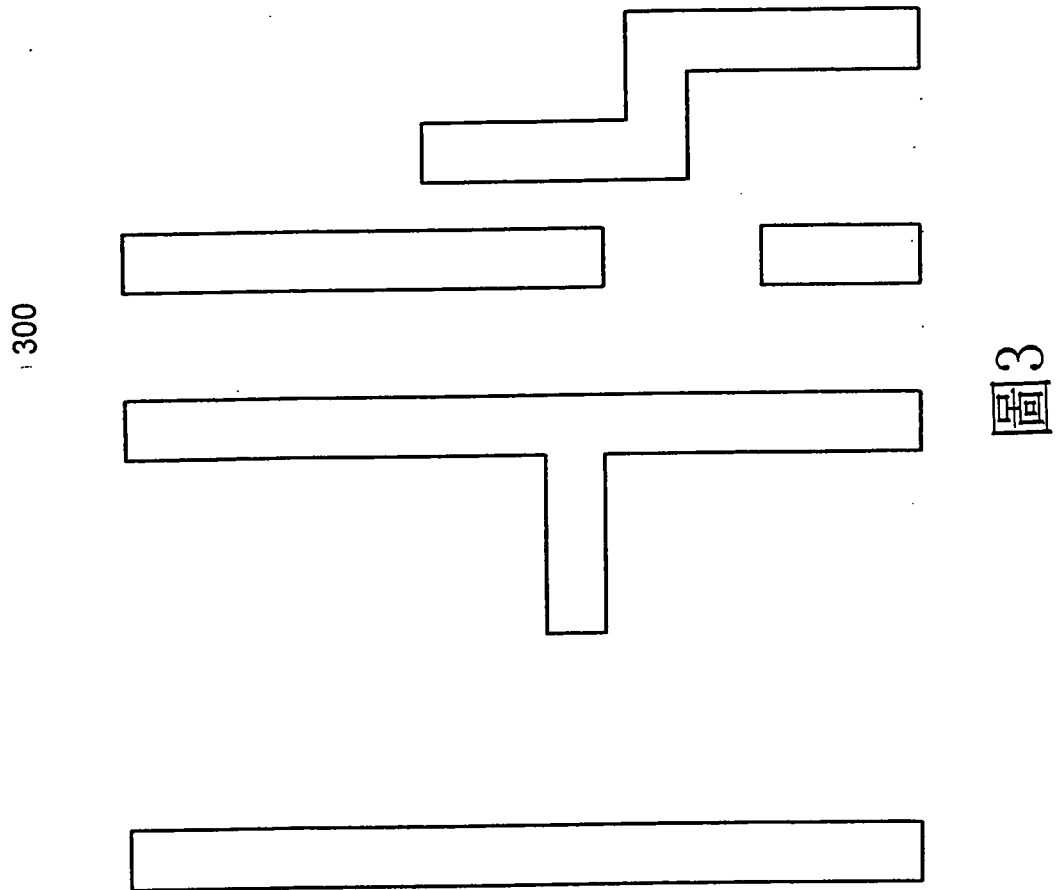


圖2

96年3月13日修(更)正替換頁



96年3月13日修(0)正替換頁

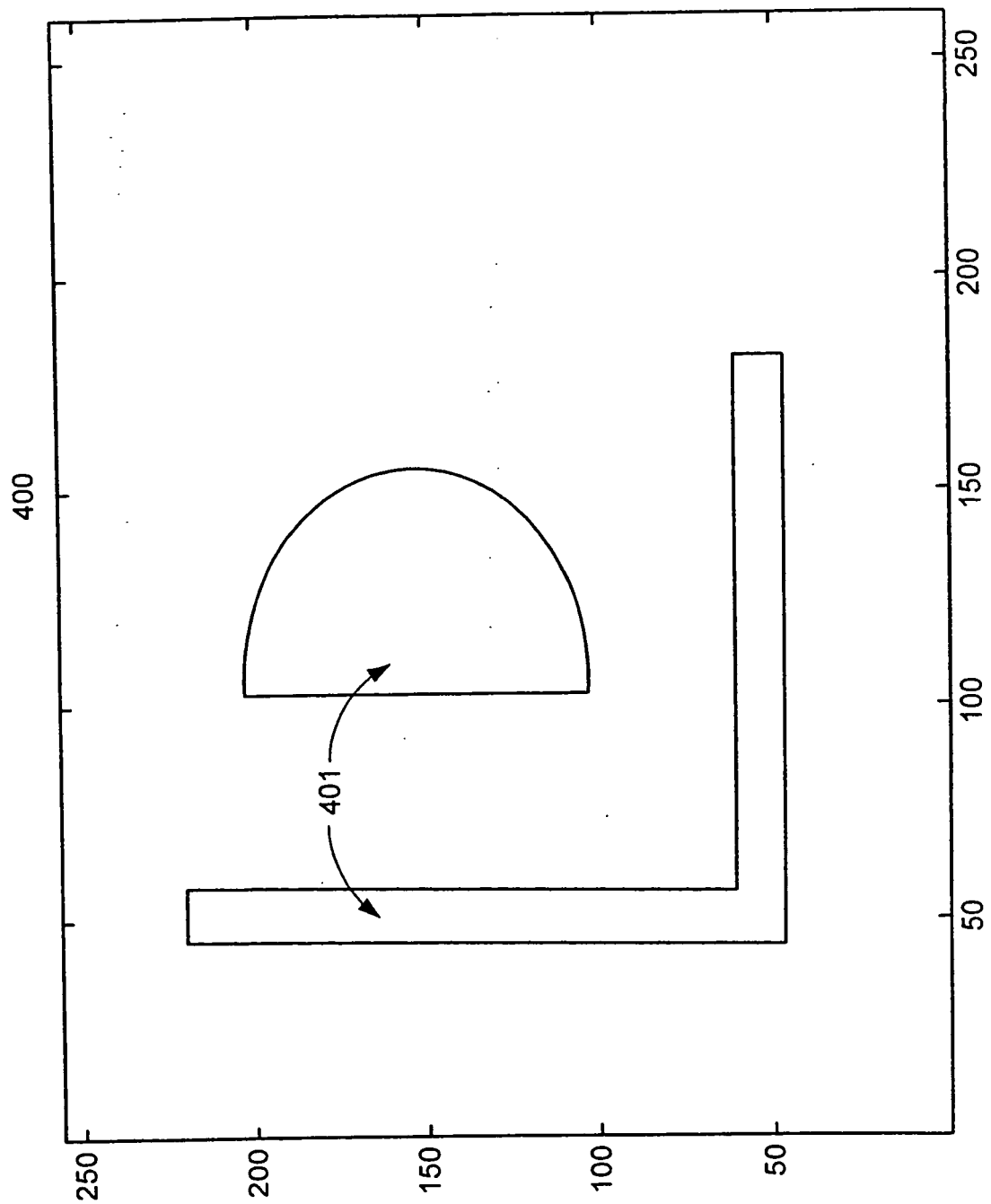
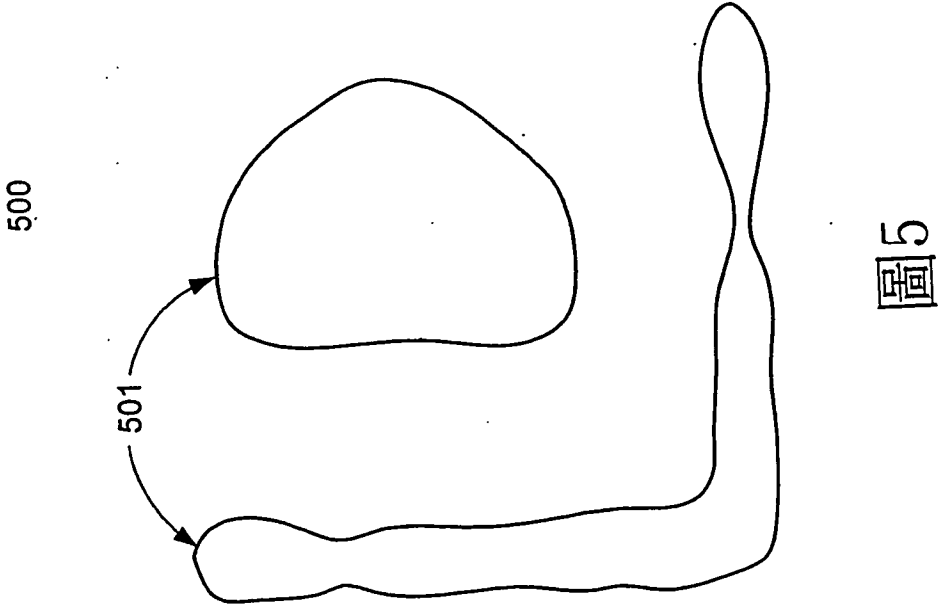
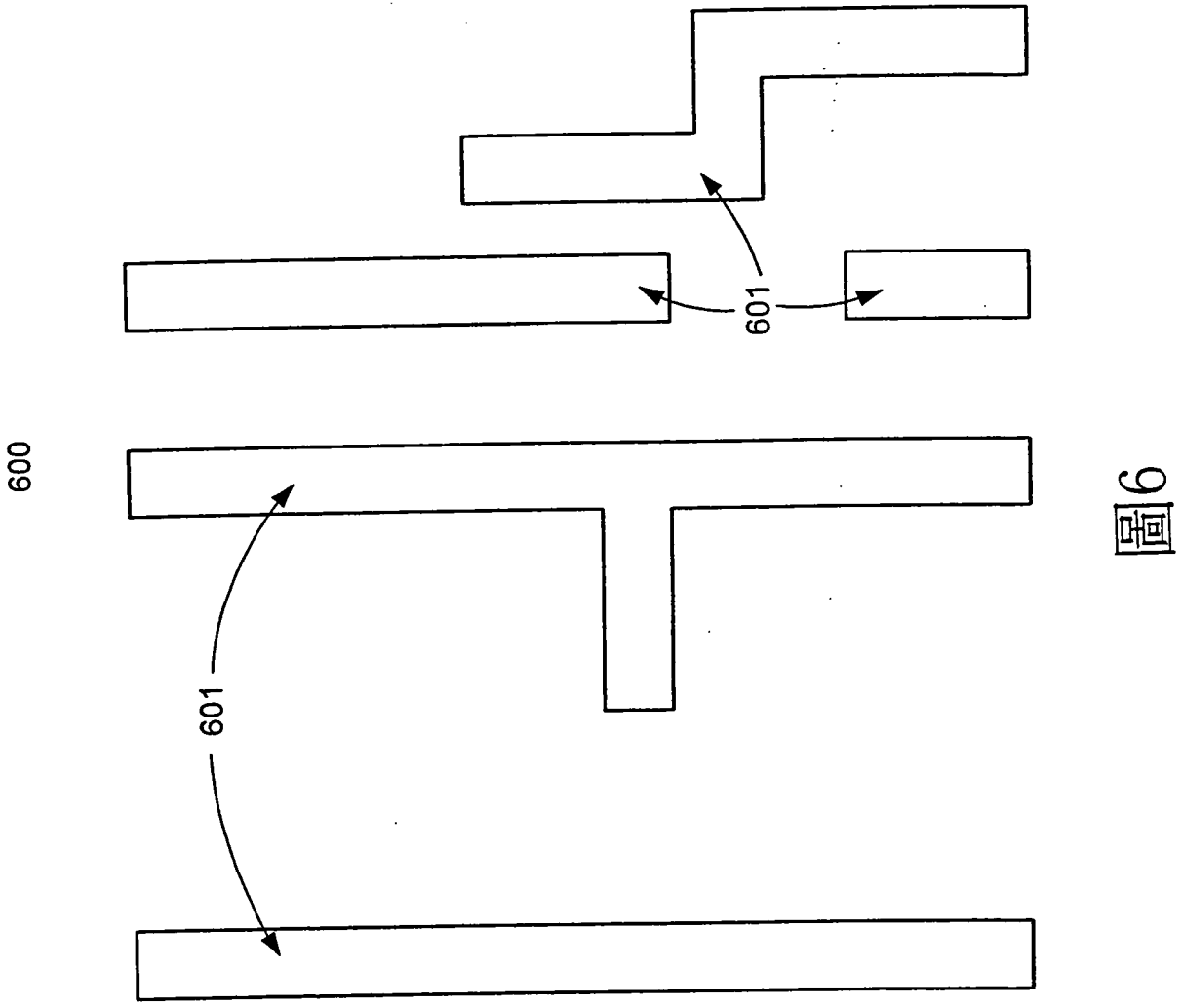


圖4

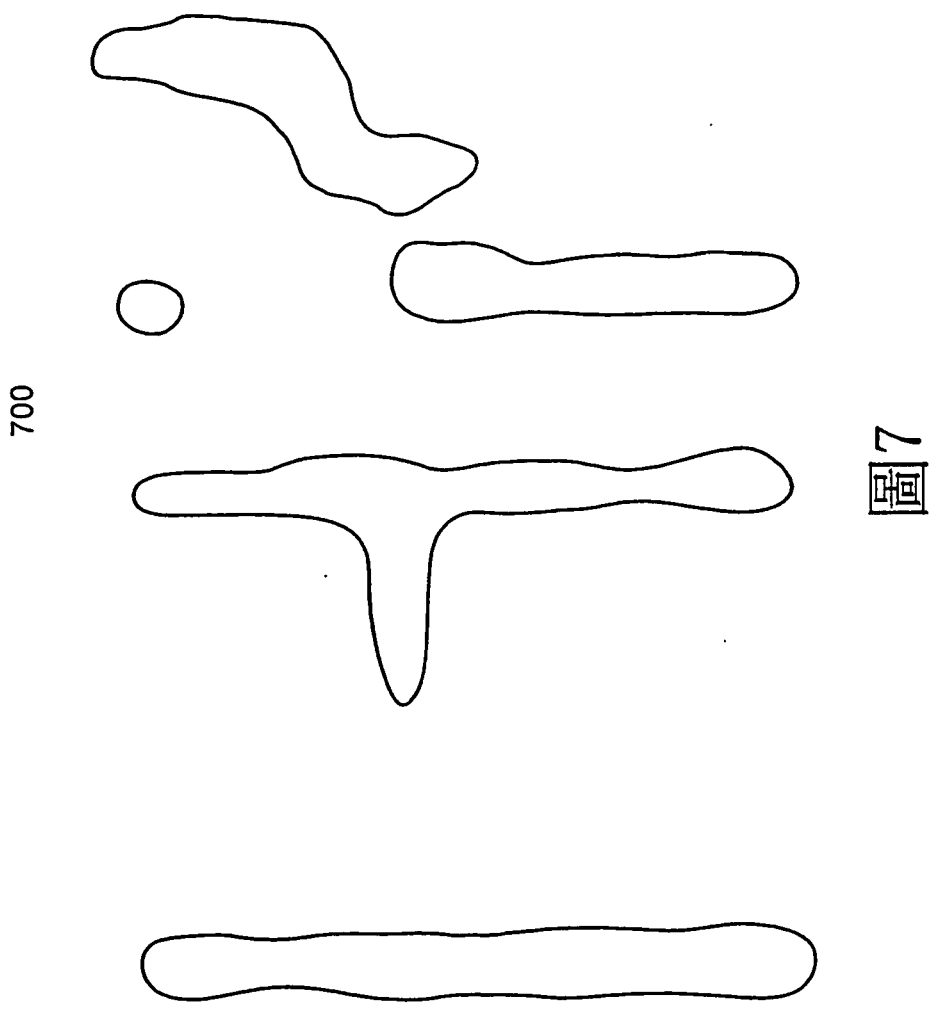
96年3月13日修(夏)正替換頁



96年3月13日修(夏)正替換頁



96年3月13日修(夏)正替換頁



96年3月13日修(更)正替換頁

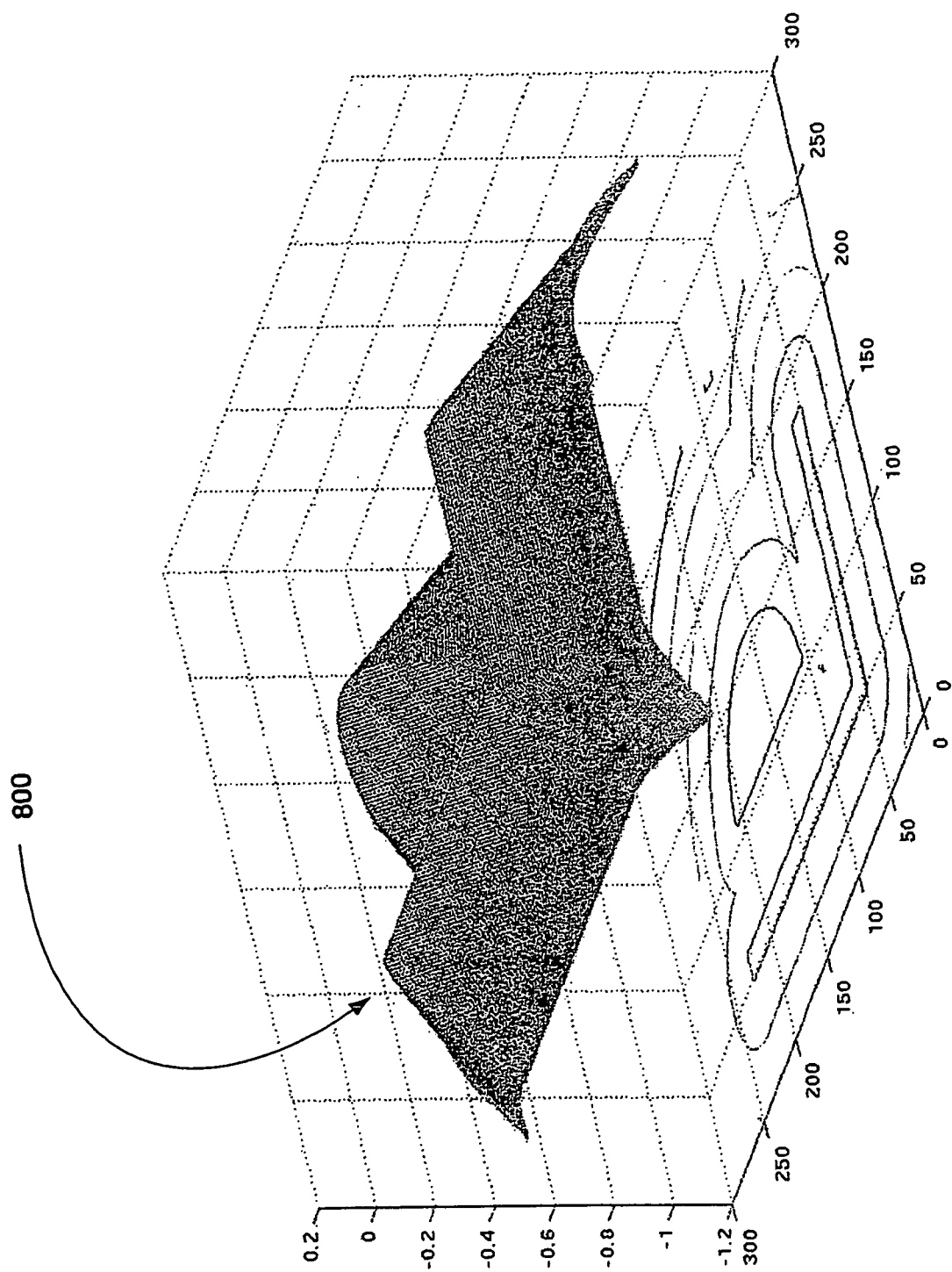


圖8a

96年3月13日修(2)正替換頁

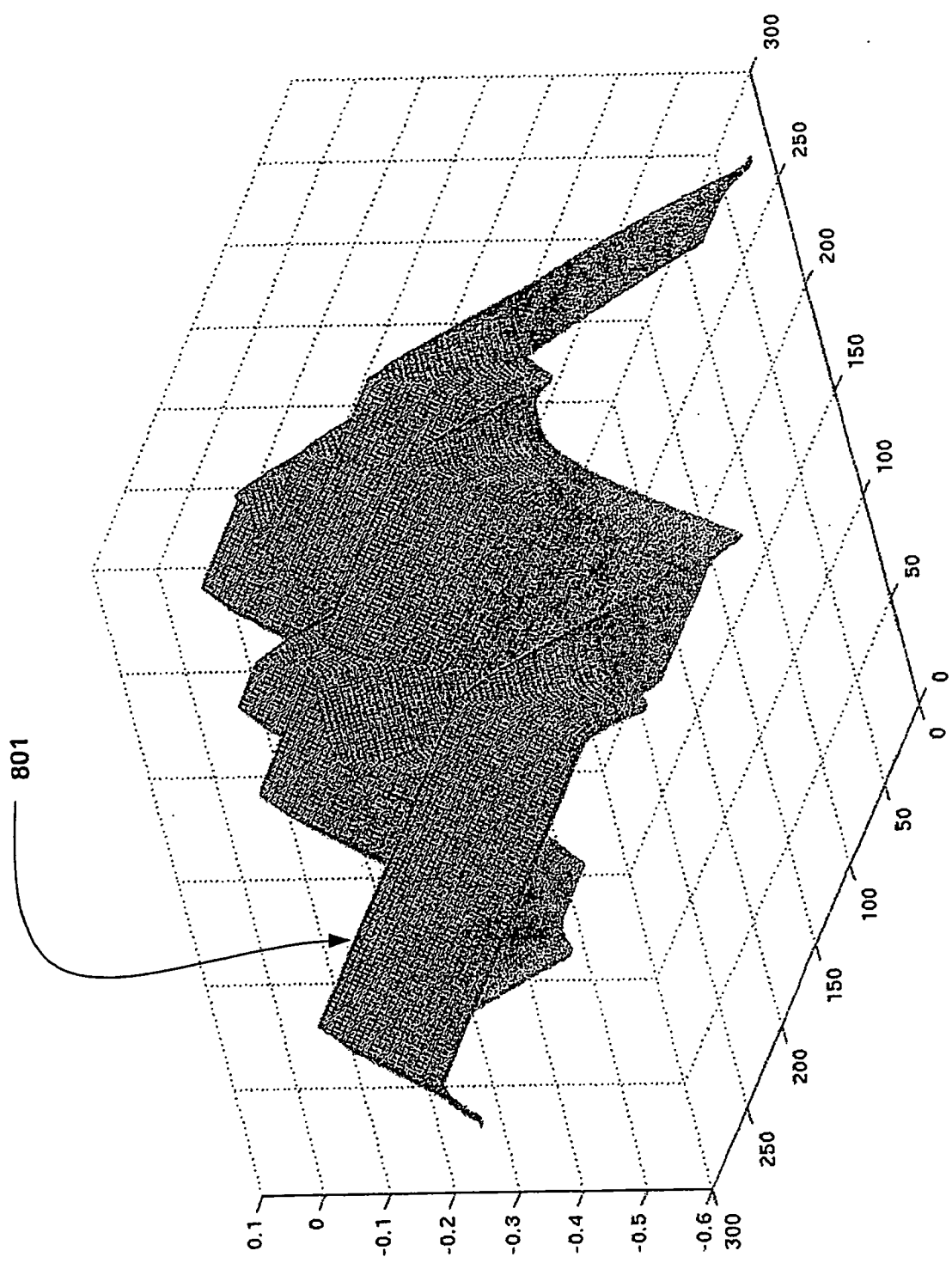


圖 8b

96年3月13日修: Q 正替換頁

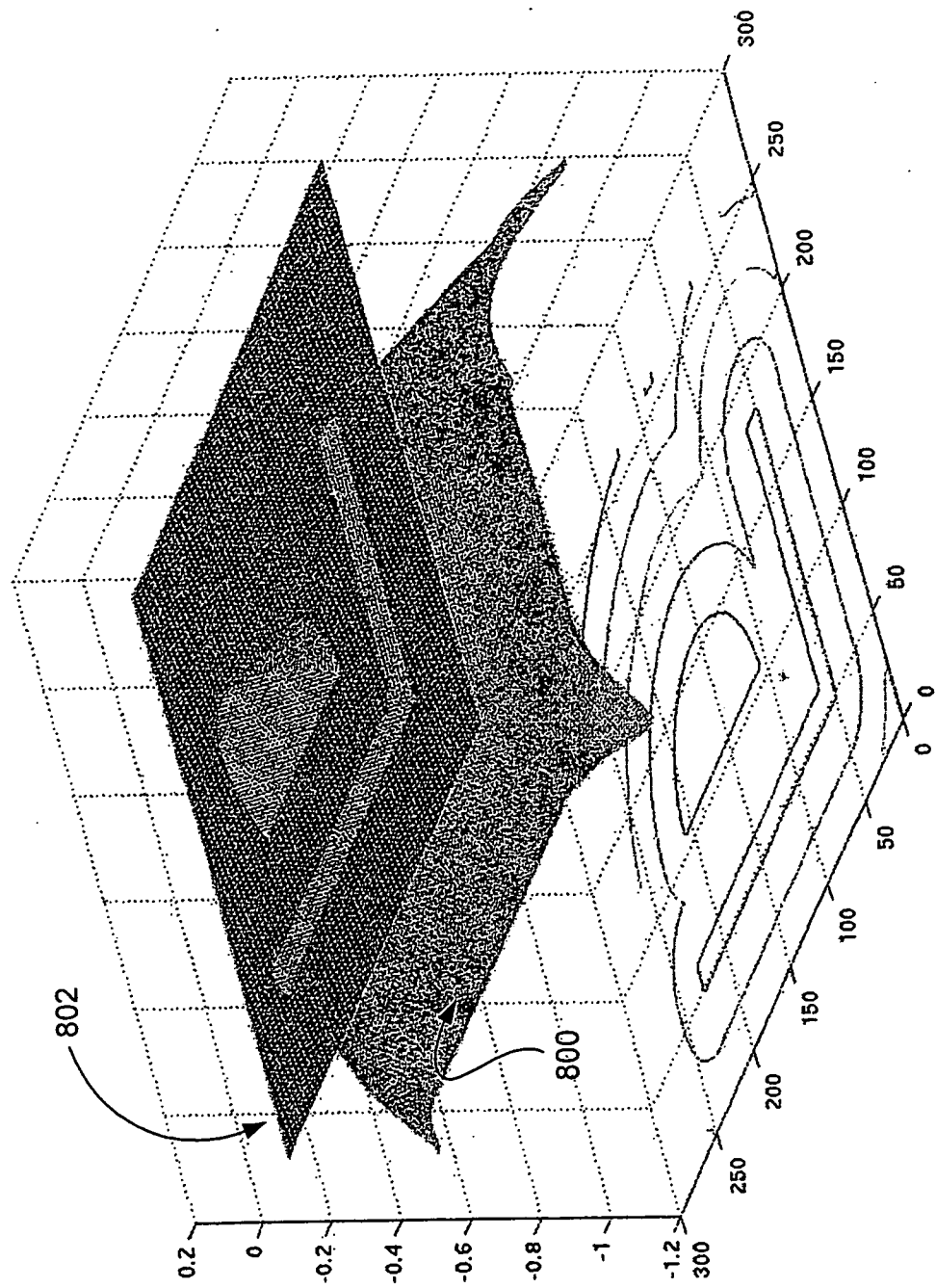


圖8C

96年3月13日修(2)正替換頁

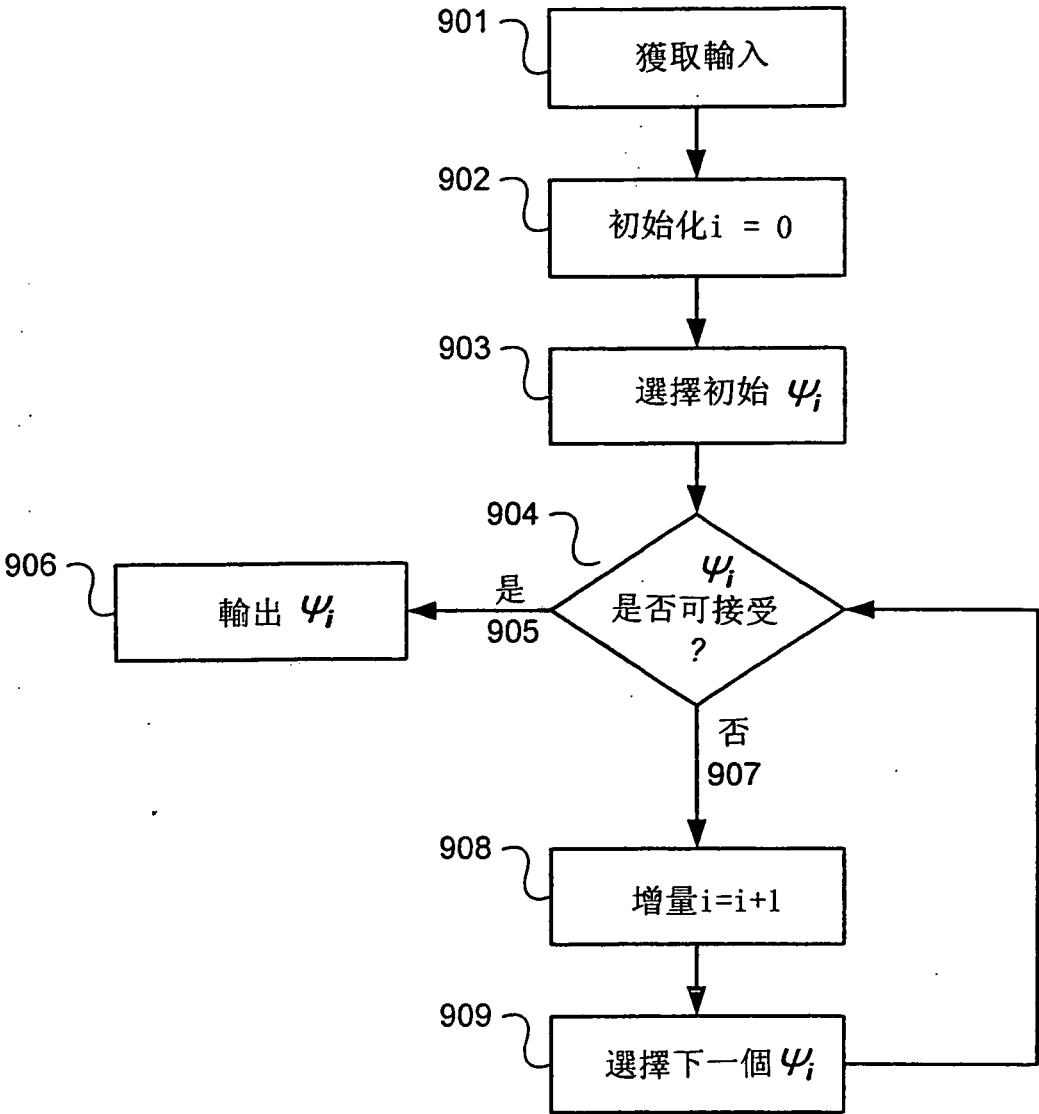


圖9

96年3月13日修(0)正替換頁

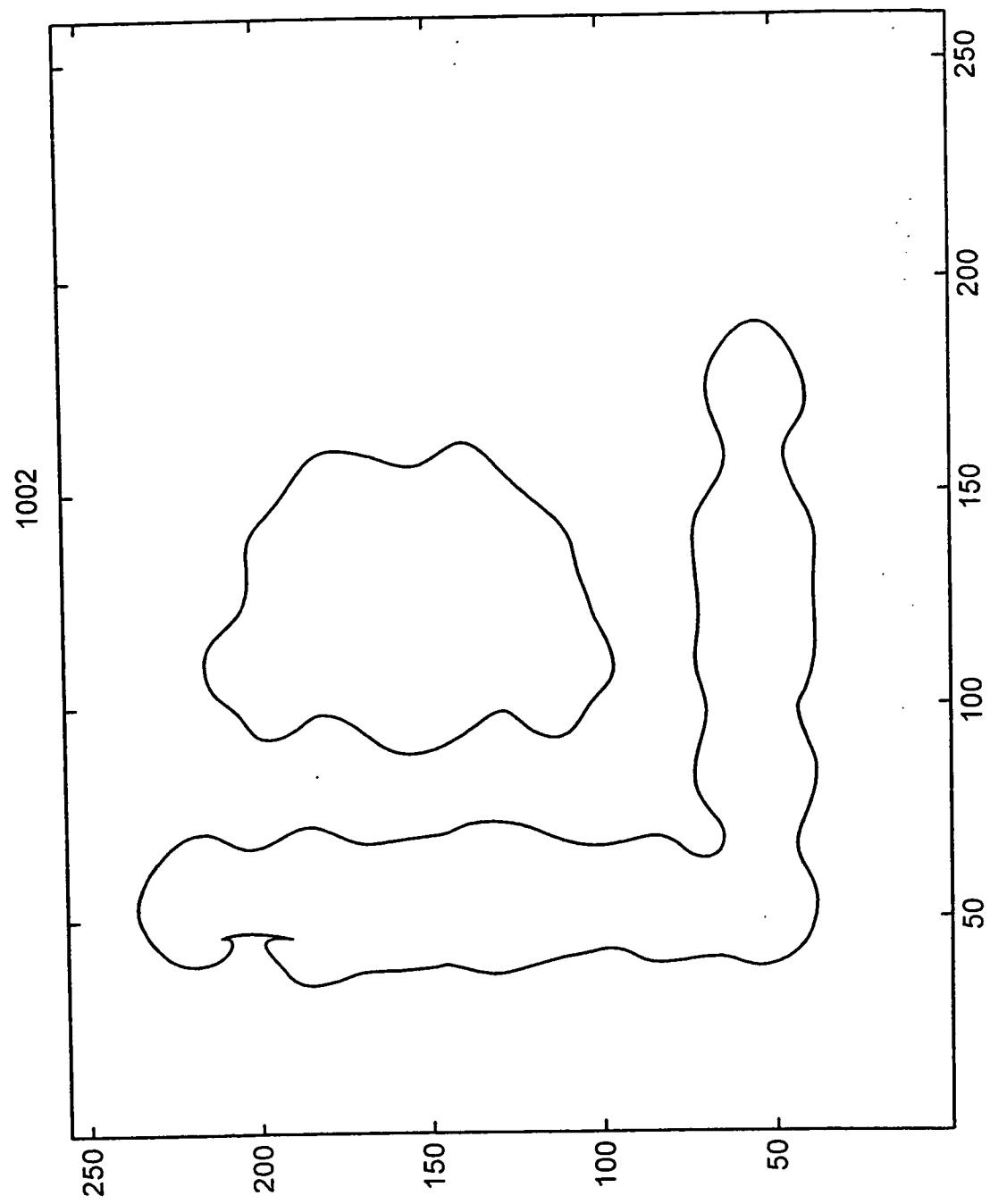


圖10a

96年3月13日修(正)替换頁

1003

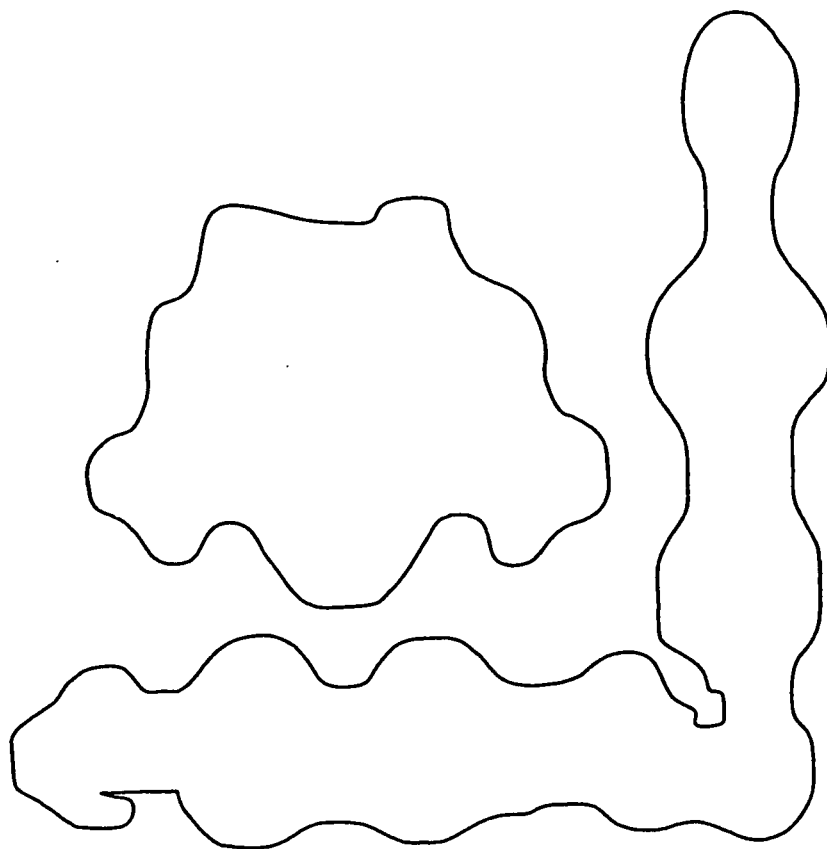


圖10b

96年3月13日修訂正替換頁

1004

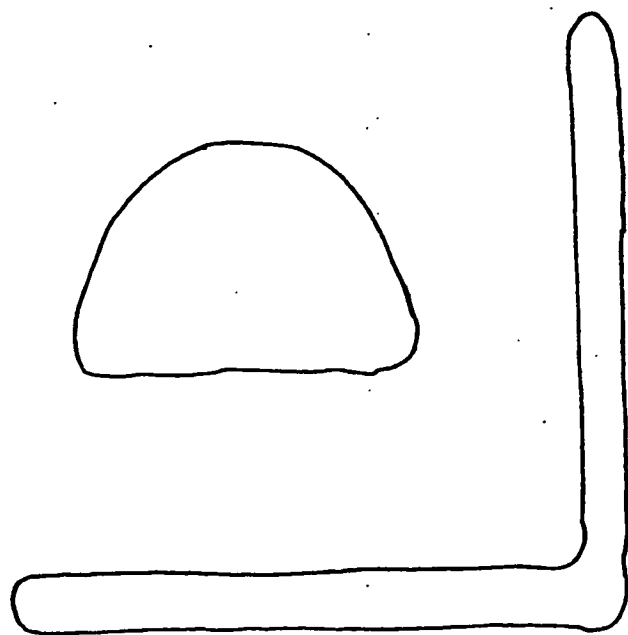


圖10c

96年3月13日第一次會議
討論通過

1005

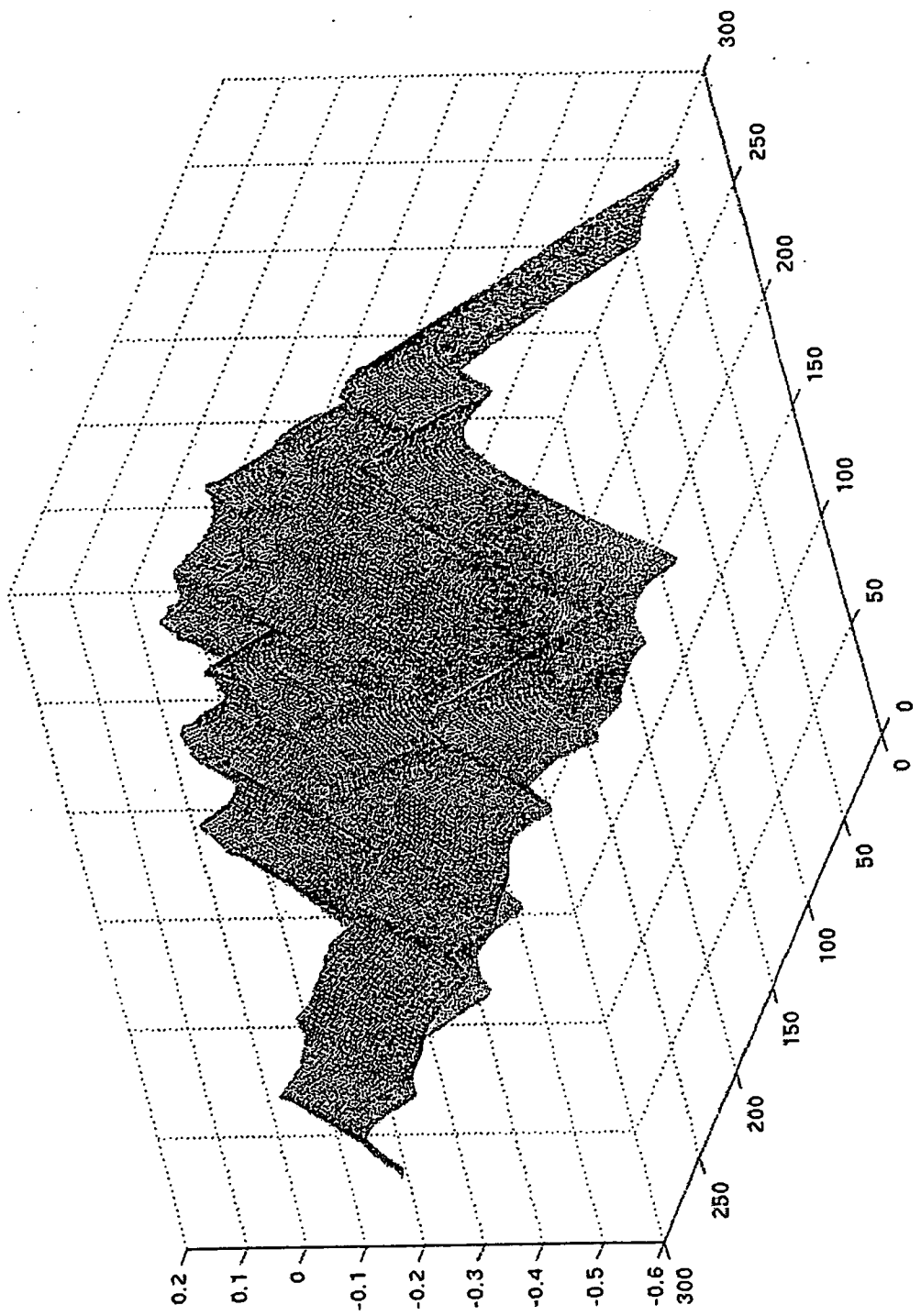


圖10d

96年3月13日修(更)正替換頁

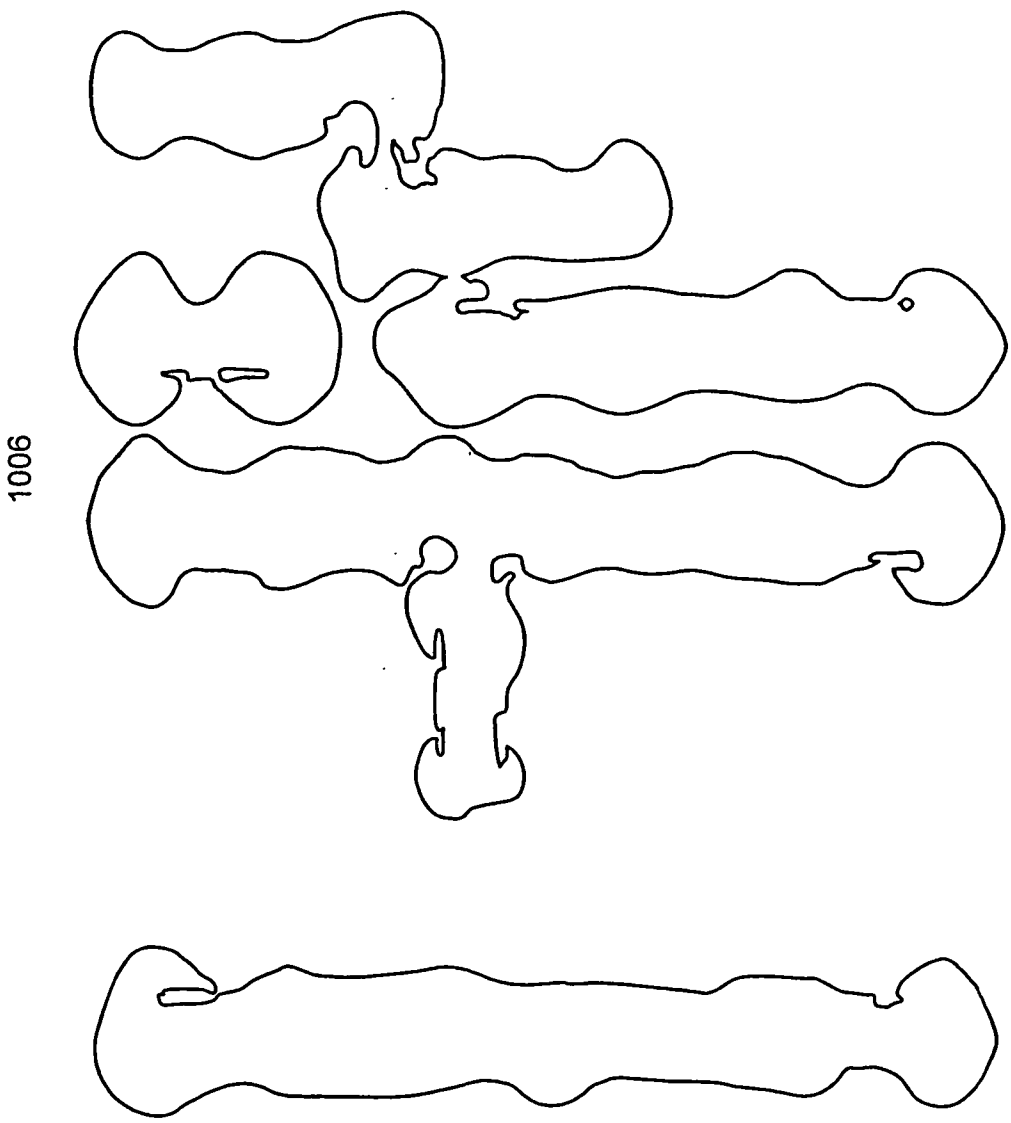


圖 10e

96年3月13日修(夏)正替換頁

1007

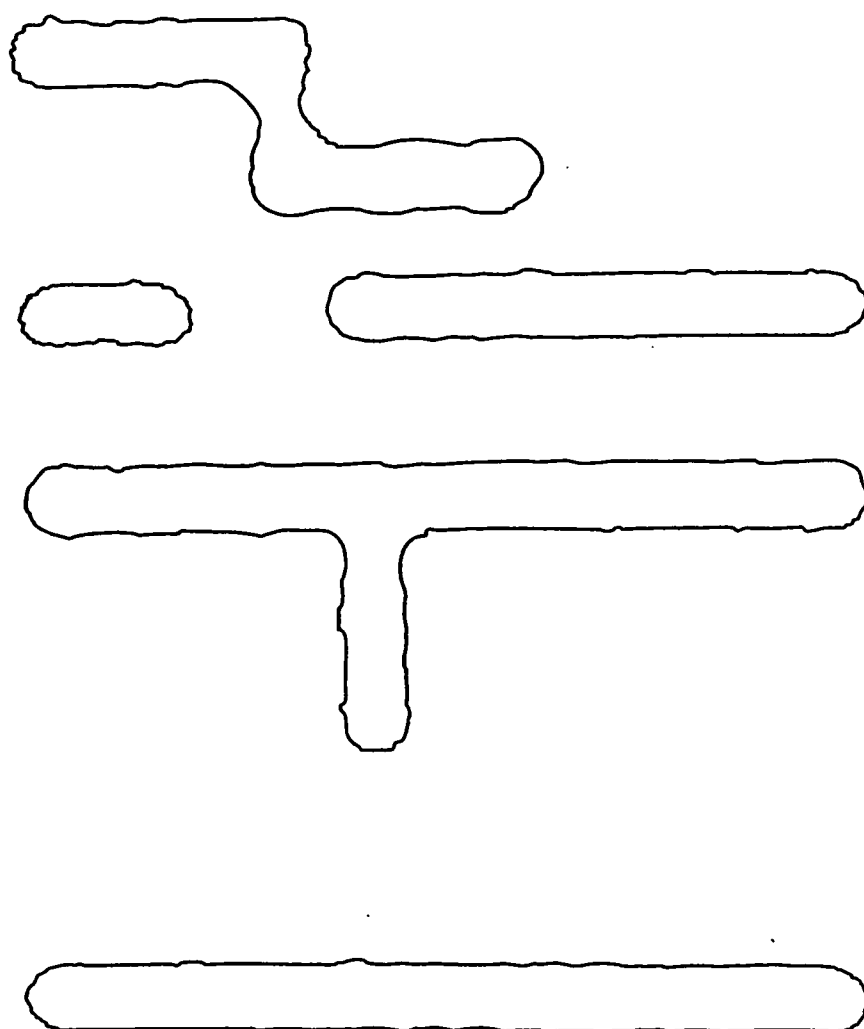


圖10f

96年3月3日修(更)正替換頁

1008

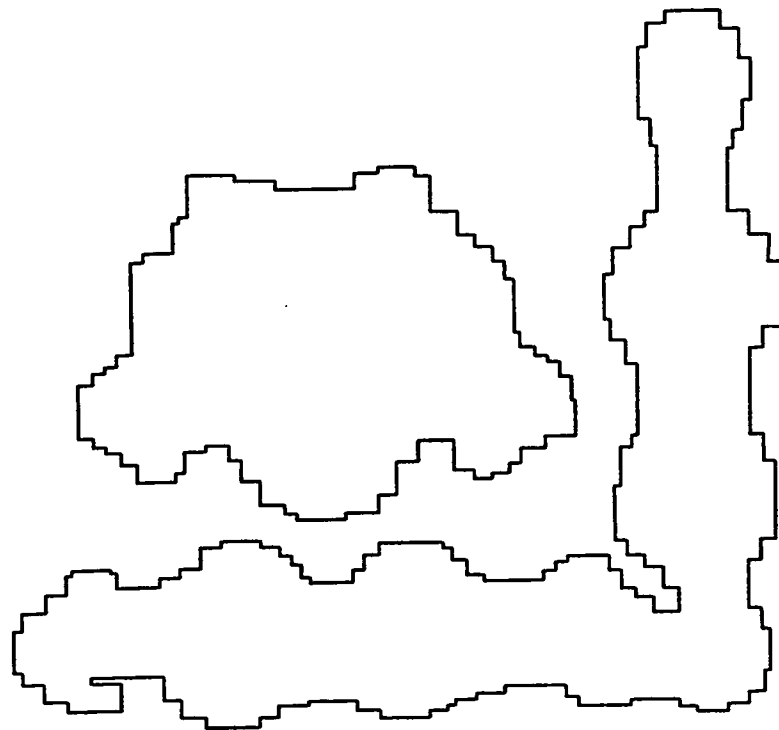
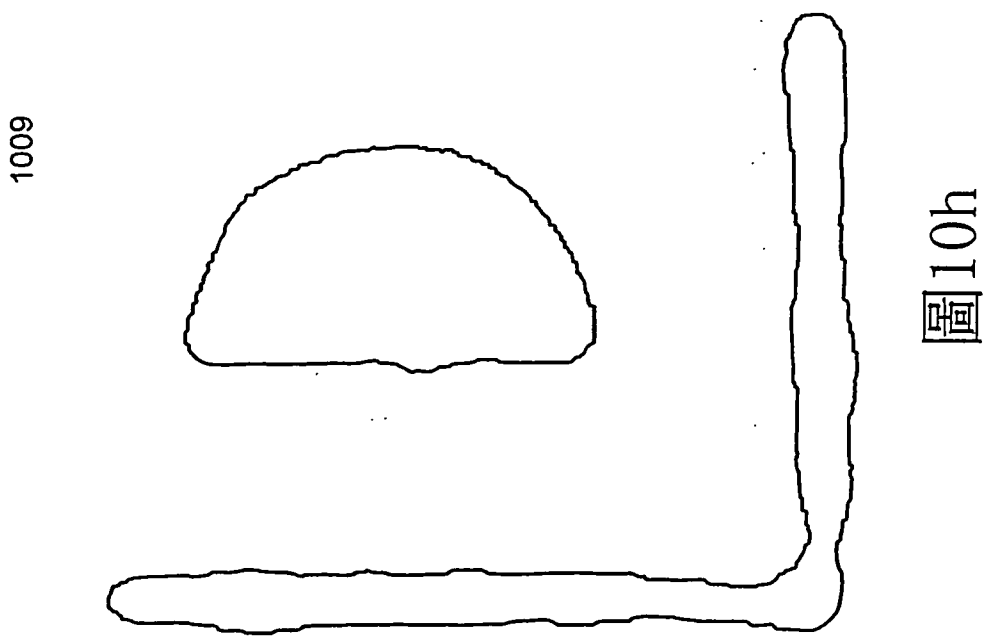


圖108

96年3月13日修(2)正替換頁



96年3月13日修(夏)正替換頁

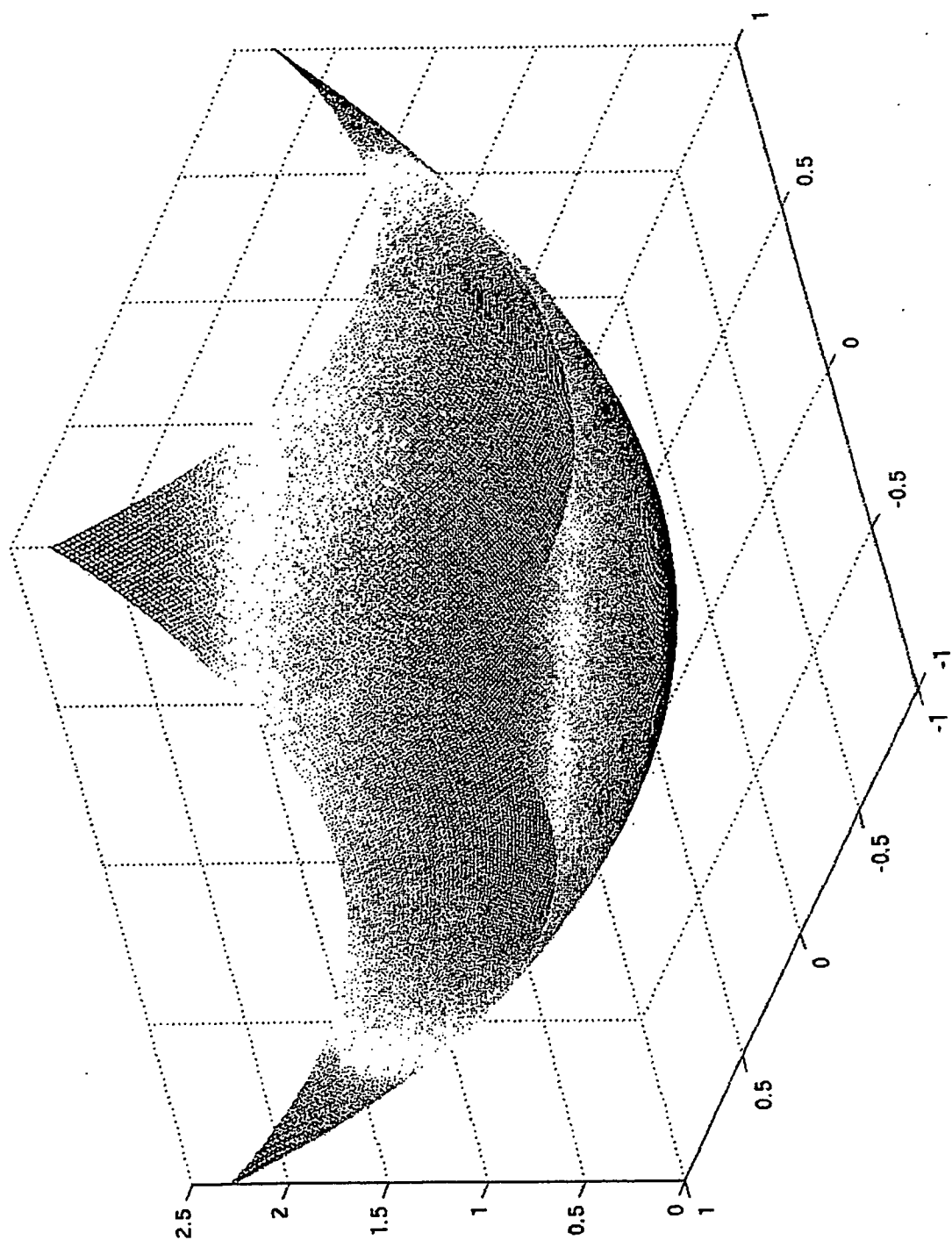


圖11

96年3月13日修(訂)正替換頁

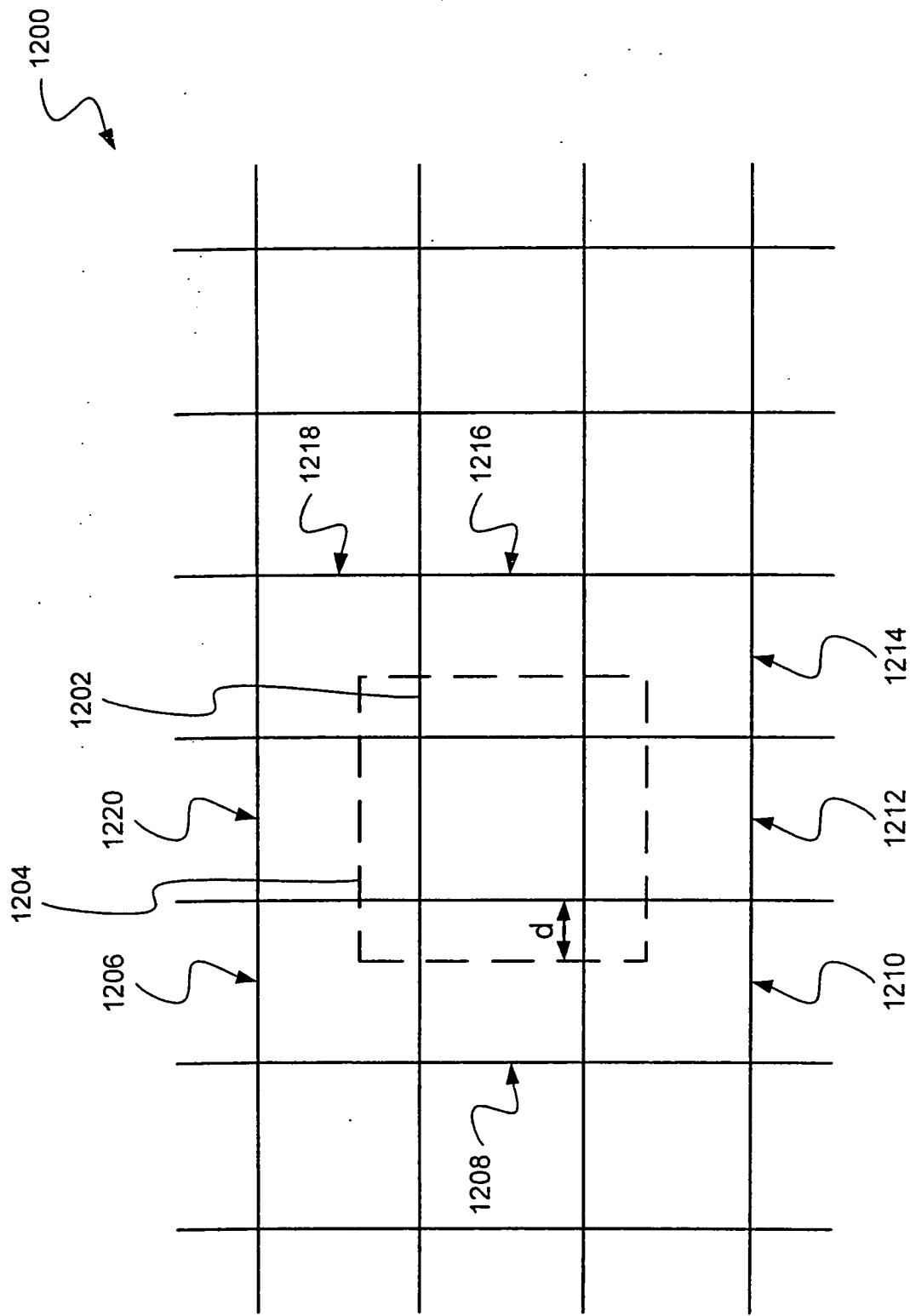


圖12

96年3月13日修訂 王正替換頁

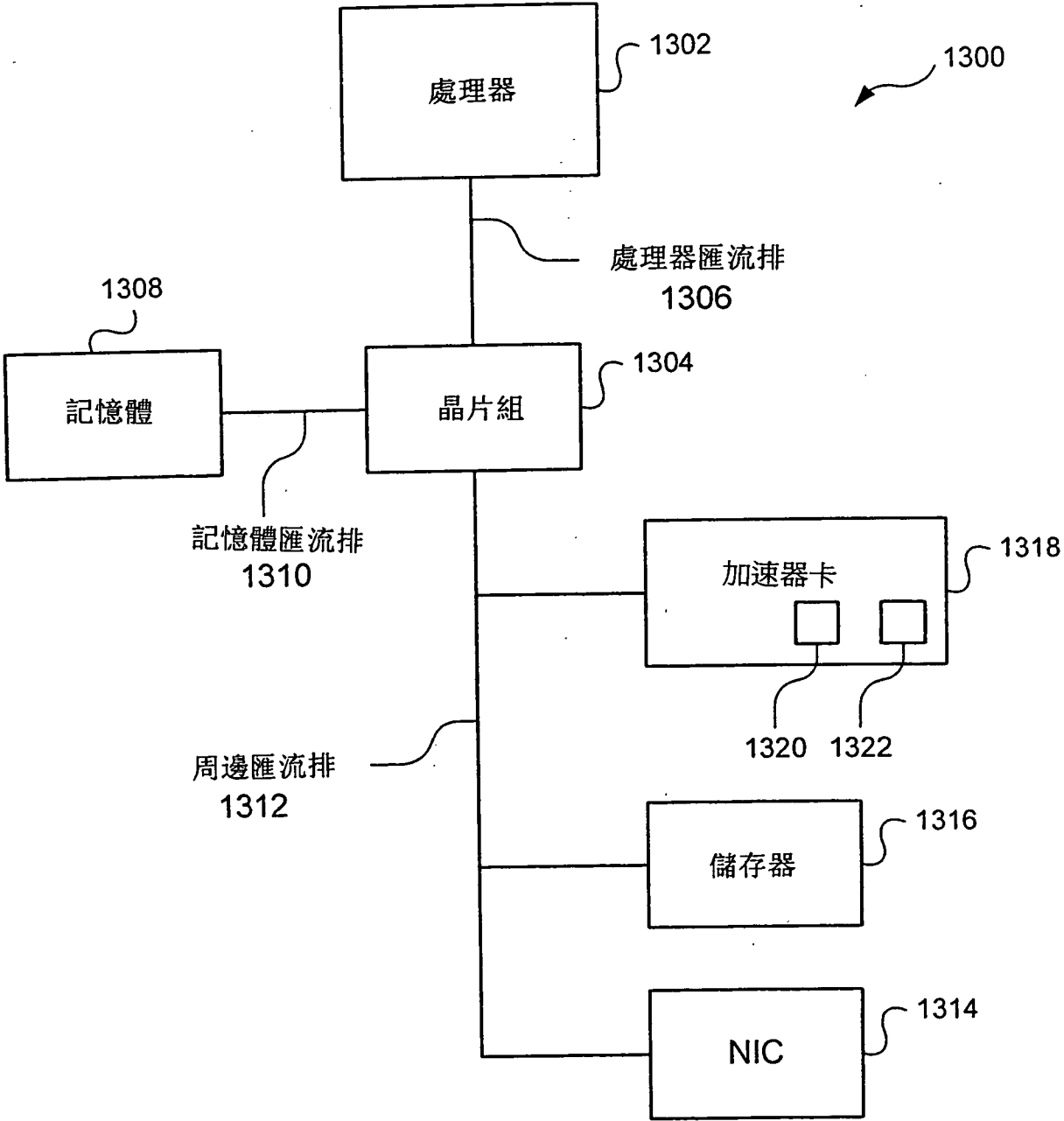


圖13

96年3月13日修(更)正替換頁

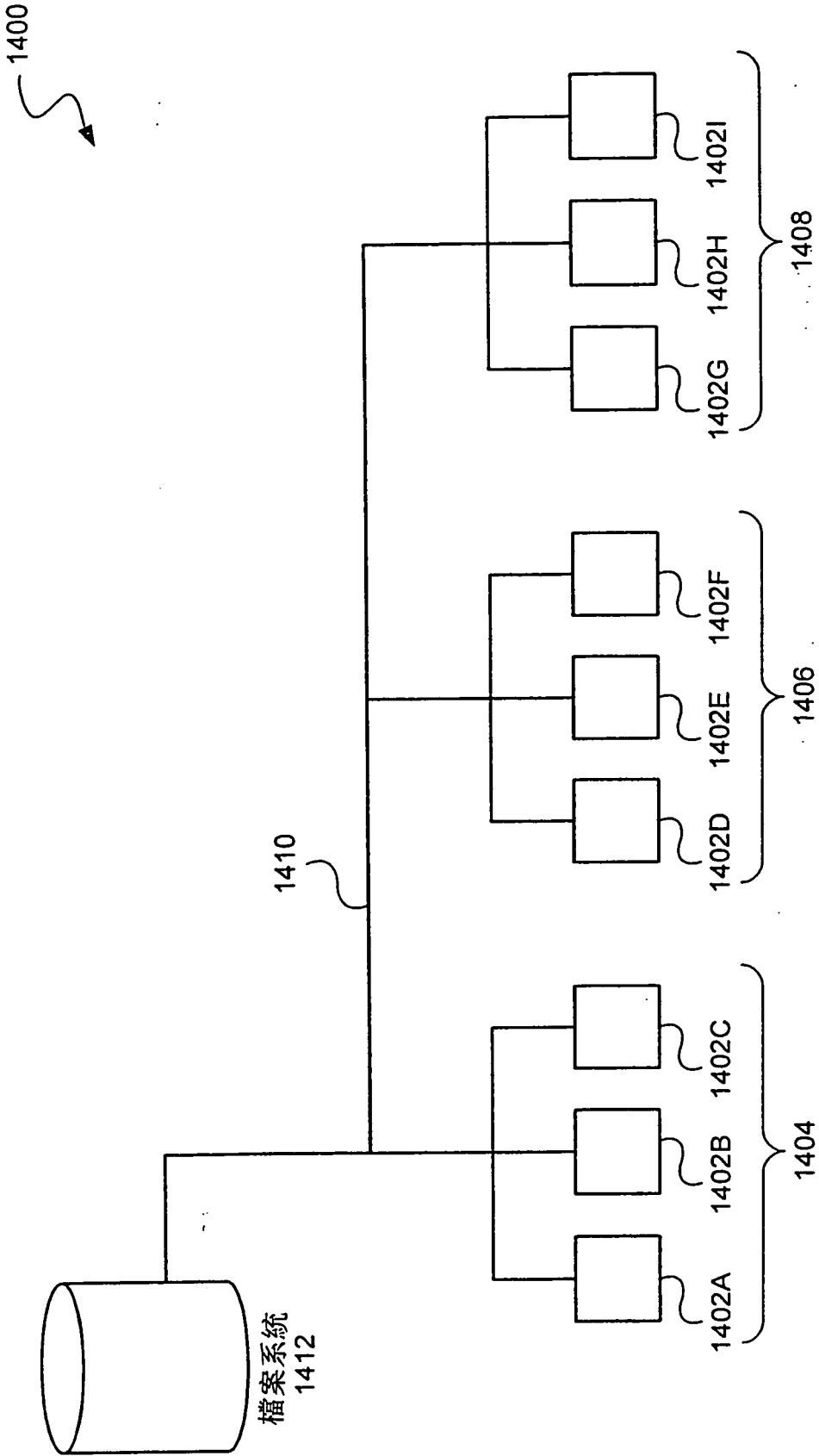


圖14

96年3月3日修訂正替換頁

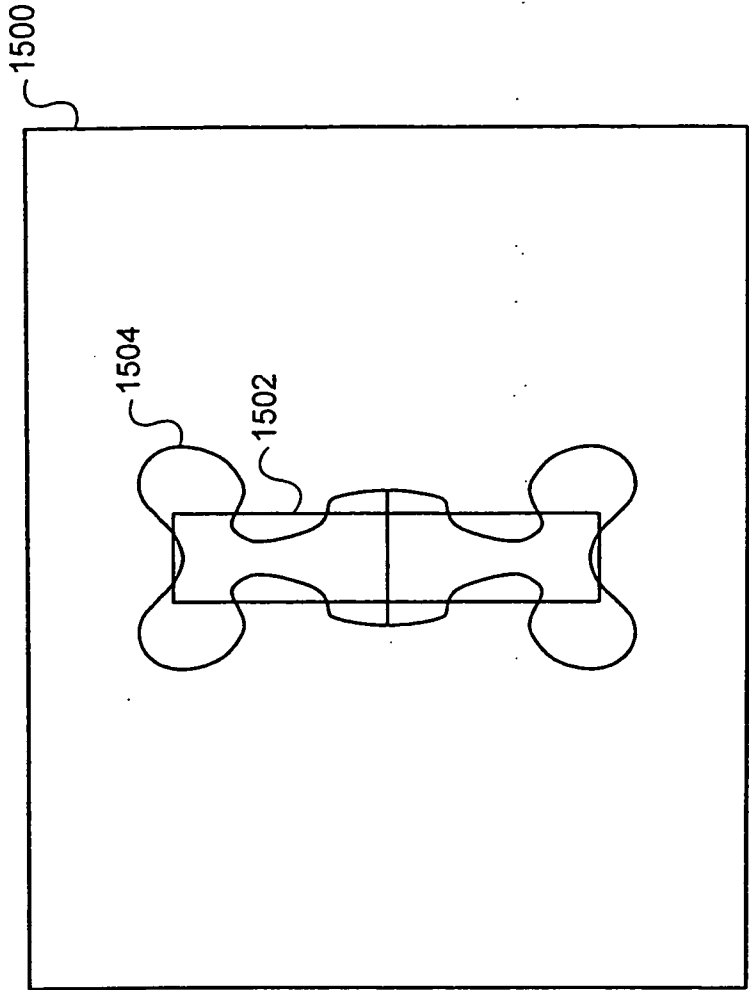


圖15

96年3月13日修訂正替換頁

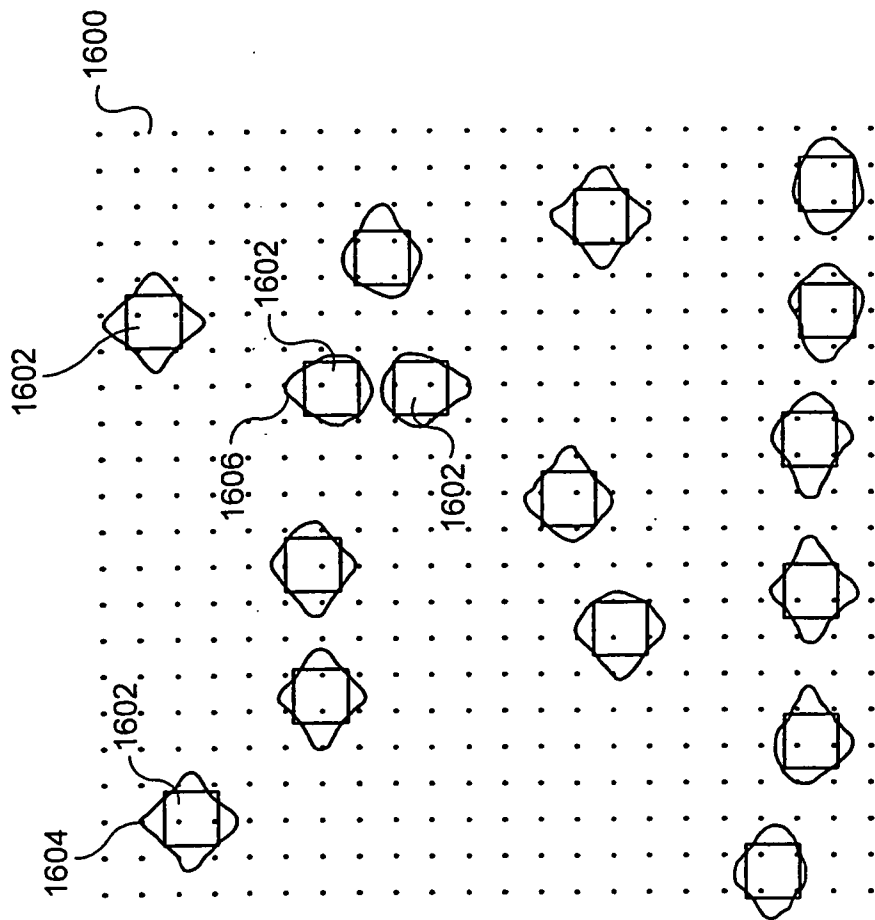


圖16

96年3月13日修(頁)正替換頁

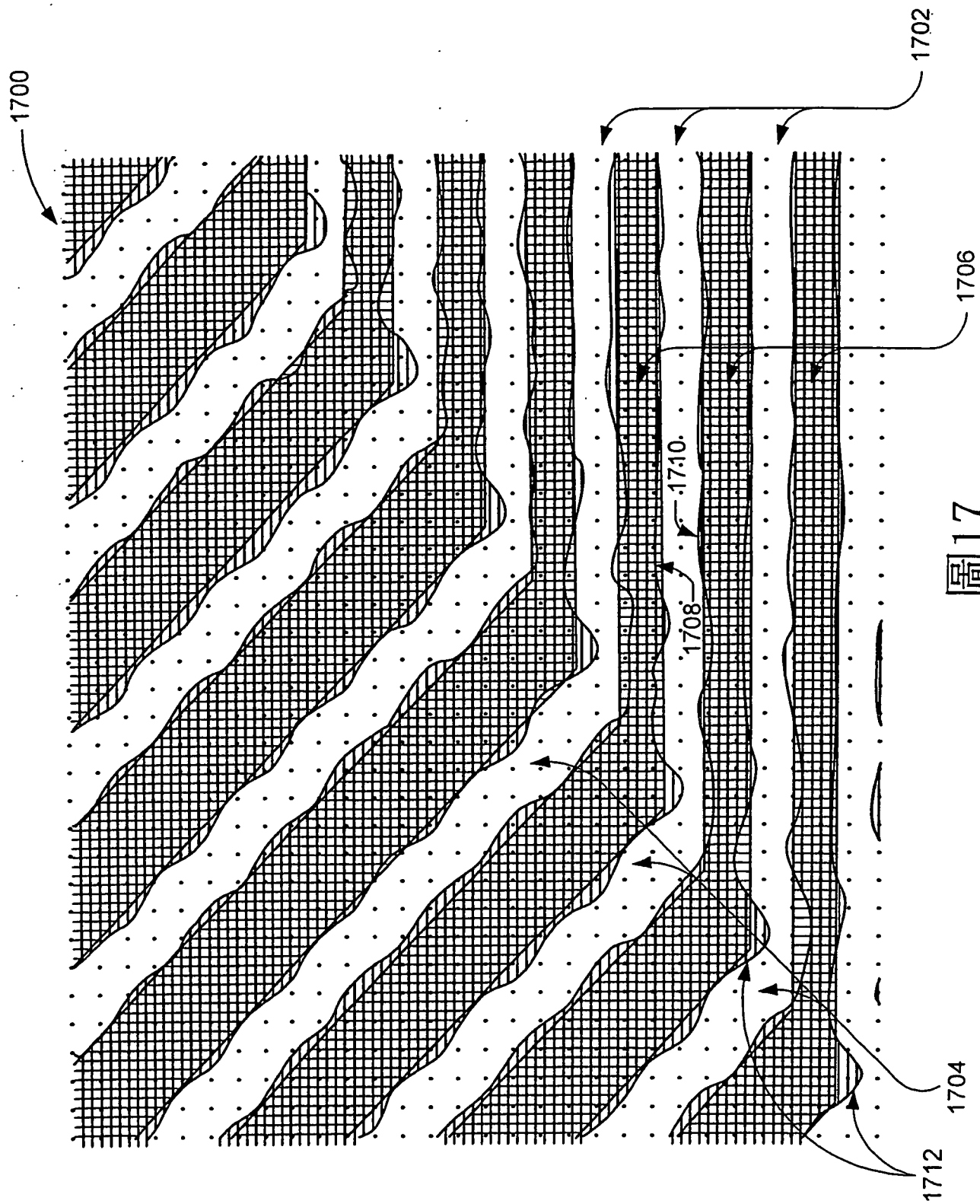


圖17

96年3月13日修(更)正替換頁

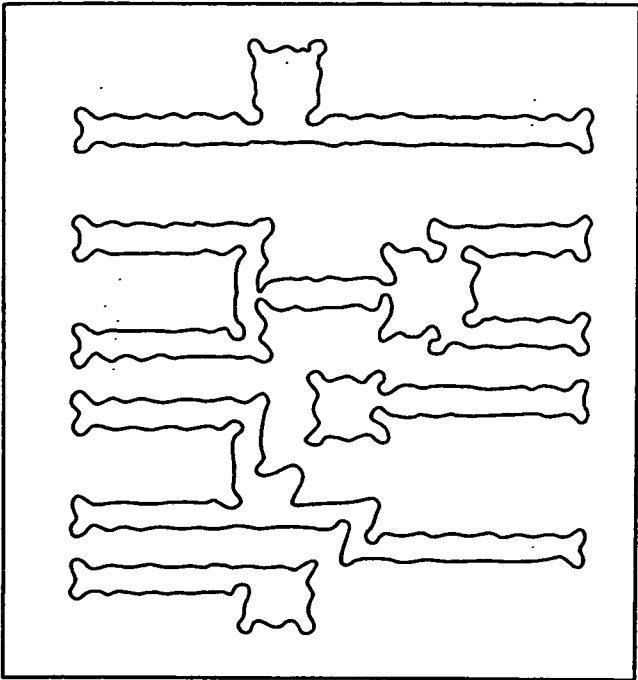


圖18B

1800

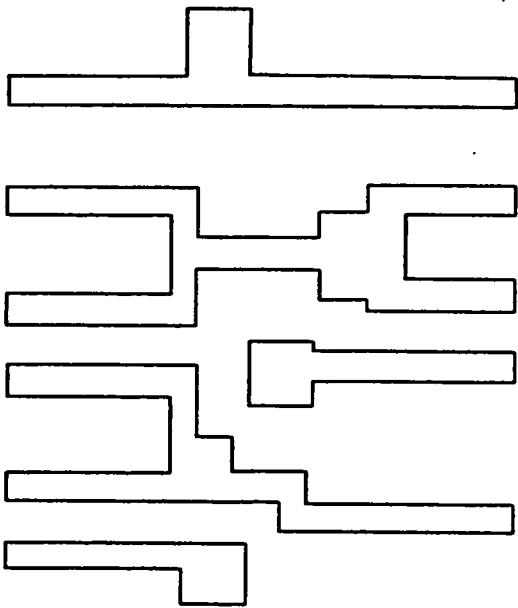


圖18A

96年3月13日修: Q. 正替換頁

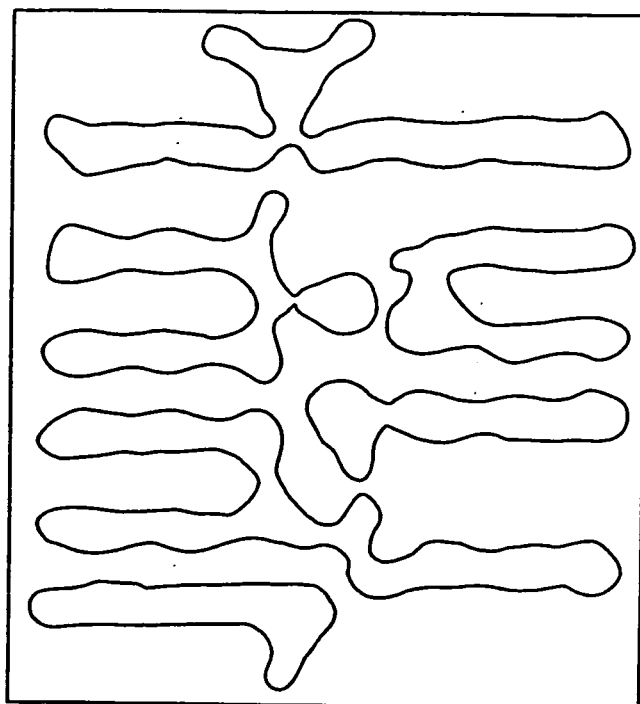


圖18D

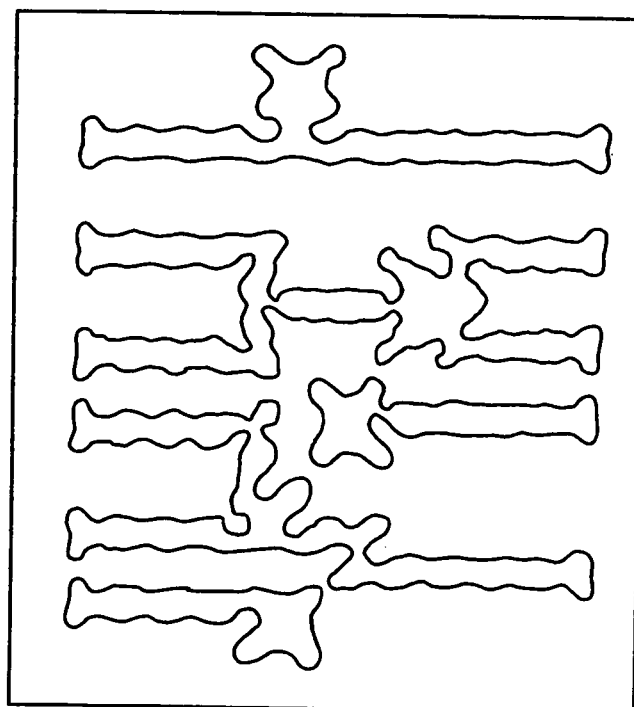


圖18C

96年3月13日修(更)正替換頁

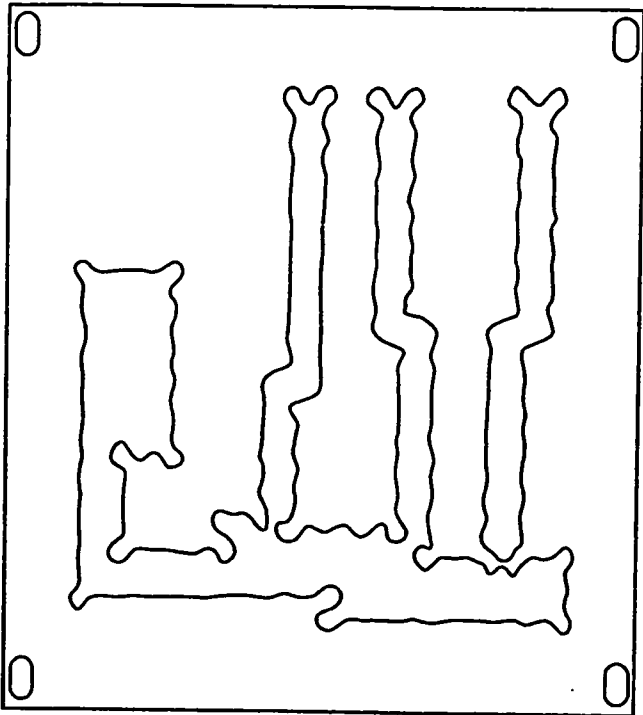


圖19B

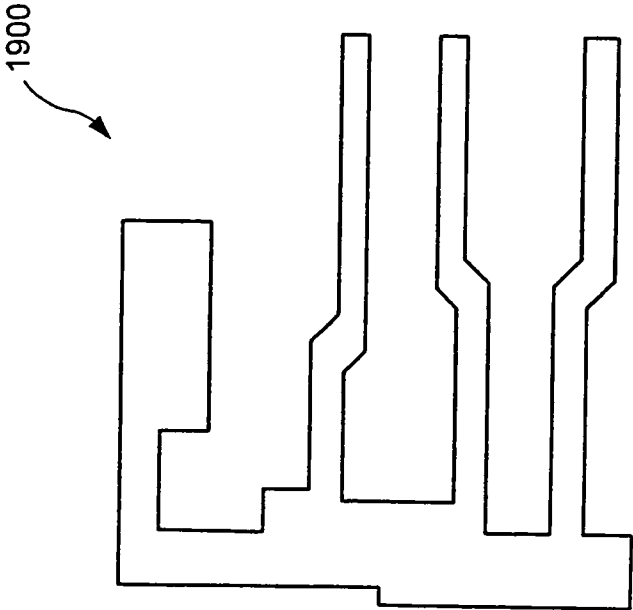


圖19A

96年3月13日修:Q,正替換頁

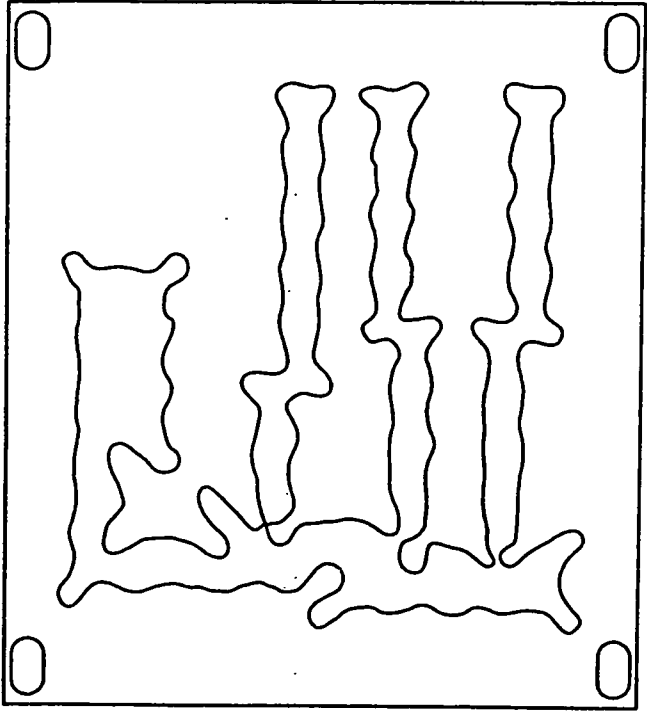


圖 19D

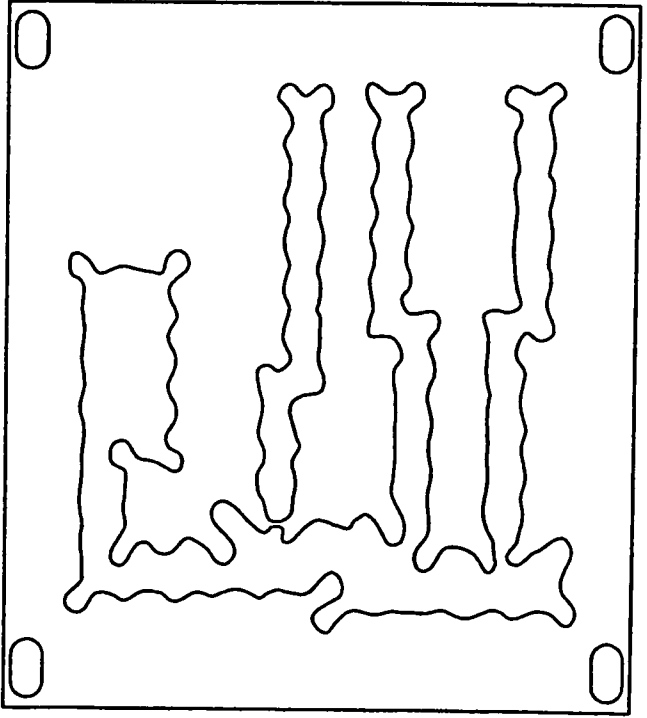


圖 19C

96年3月13日修: 2) 正替换頁

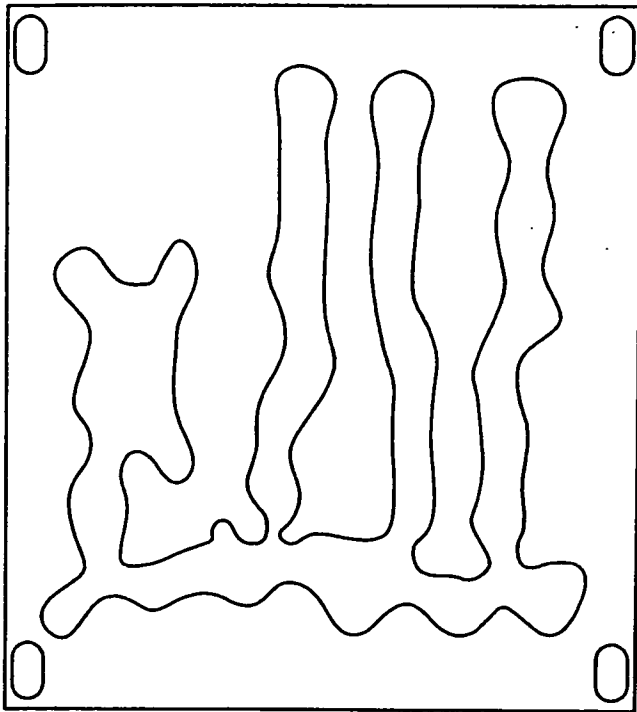


圖19F

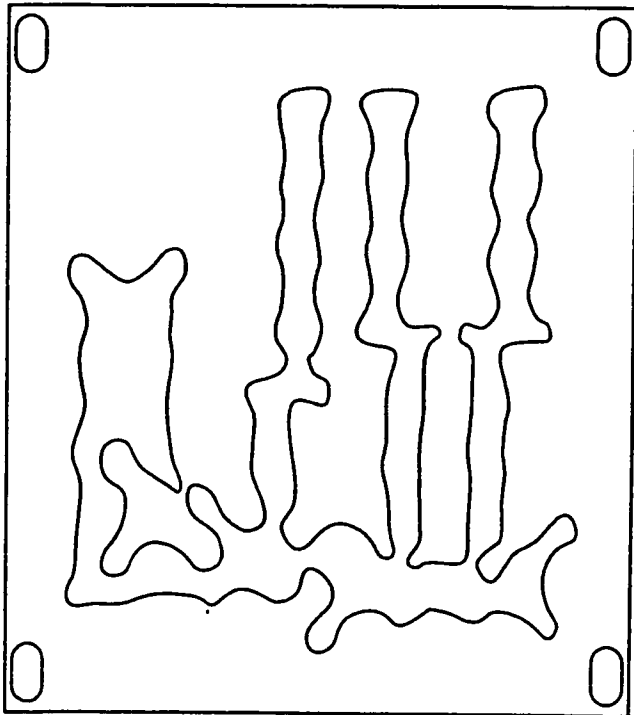


圖19E

96年3月13日修訂止替換頁

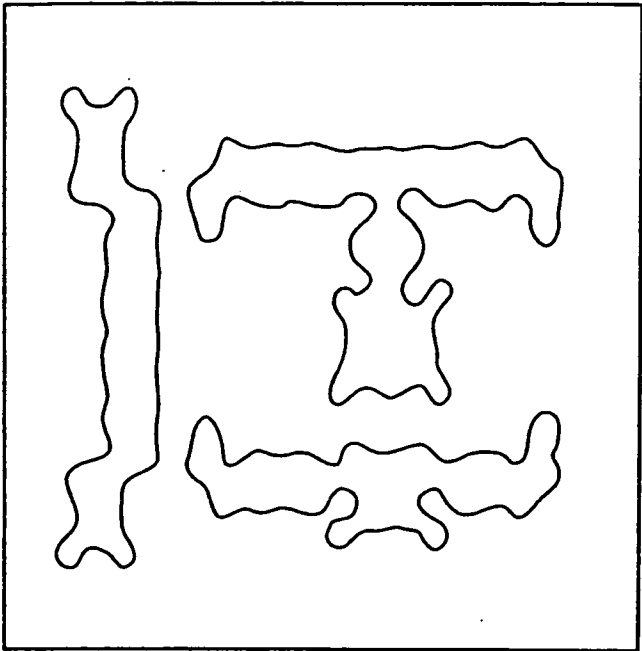


圖20B

2000

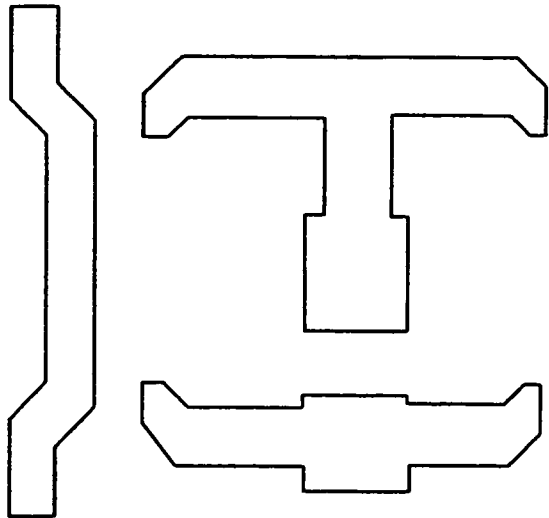


圖20A

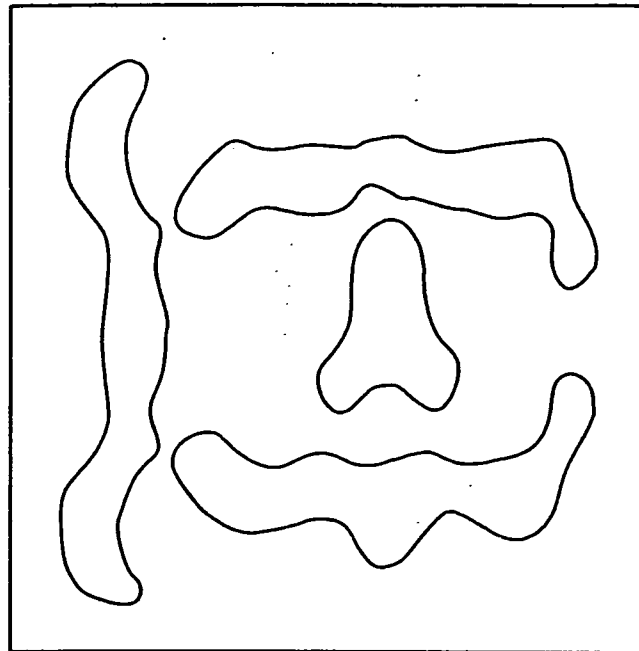


圖20D

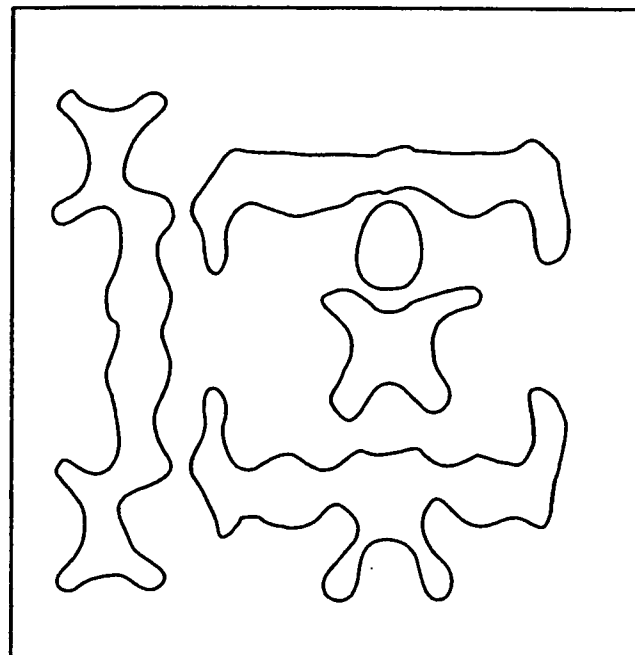


圖20C

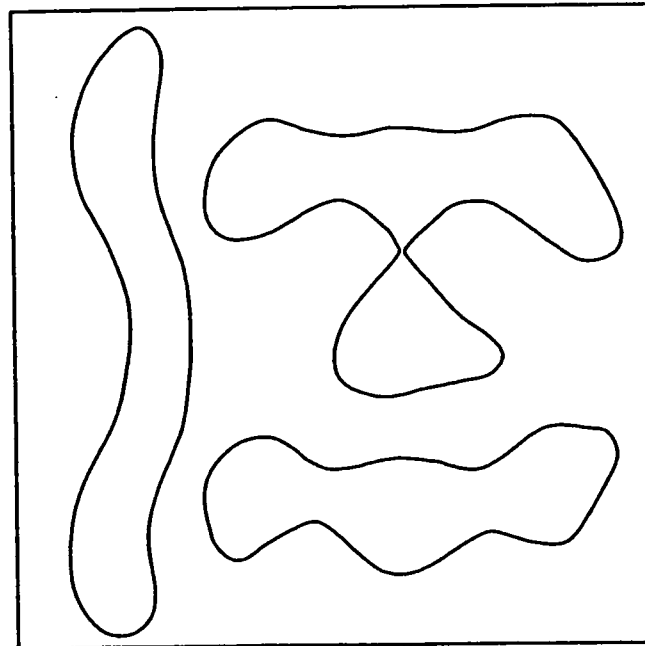


圖20E