

公告本

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：93108940 G03F 1/08 (2006.01)

※ 申請日期：93.3.31 ※IPC 分類：G03F 7/20 (2006.01)

壹、發明名稱：(中文/英文) H01L 21/027 (2006.01)

光源及光罩之最佳化

SOURCE AND MASK OPTIMIZATION

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

荷蘭商ASML遮蓋器具公司

ASML MASKTOOLS B.V.

代表人：(中文/英文)

A J M 范 赫夫

VAN HOEF, A. J. M.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

荷蘭維德哈維市324號郵政信箱

P.O. BOX 324, 5500 AH VELDHOVEN, THE NETHERLANDS

國 籍：(中文/英文)

荷蘭 THE NETHERLANDS

參、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

羅柏特 約翰 索夏

SOCHA, ROBERT JOHN

住居所地址：(中文/英文)

美國加州坎貝爾市摩特拉路137號

137 MONTE VILLA COURT, CAMPBELL CA 95008 U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

肆、聲明事項：

本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

本案申請前已向下列國家（地區）申請專利：

1. 美國；2003年03月31日；60/458,365

2.

3.

4.

5.

主張國際優先權(專利法第二十四條)：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 美國；2003年03月31日；60/458,365

2.

3.

4.

5.

主張國內優先權(專利法第二十五條之一)：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明的領域大體有關用於微影法的光源與光罩特徵最佳化之方法與程式產品。

【先前技術】

本發明是在2003年3月31日申請的美國專利案號60/458,365名稱"SOURCE AND MASK OPTIMIZATION"。在2003年3月31日申請的美國專利案號60/458,365在此是以引用方式併入本文供參考，包括加入一電源點顯示器名稱"Source And Mask Optimization For Memory"，且在此是以引用方式併入本文供參考；一電源點顯示名稱"Illumination Optimization"亦加入，且在此是以引用方式併入本文供參考，並加入圖1-29標示的彩色圖。

微影蝕刻裝置可使用例如在積體電路(IC)的製造。在此一情況，圖像映射光罩包含對應積體電路的一個別層的電路圖樣，且此圖樣可在使用一層對輻射靈敏材料(光抗)塗佈的一基板(矽晶圓)上的一目標部分(例如包含一個或多個晶粒)成像。大體上，單晶圓包含每次經由投射系統連續輻射的整個相鄰目標部分網路。在該等微影蝕刻投射裝置的一類型中，每個目標部分是透過試一下將整個光罩圖樣暴露在目標部分而輻射；此一裝置普遍稱為一晶圓步進器。在普遍稱為一步進掃描裝置的另一裝置中，當同步掃描平行或非平行於此方向的基板平台時，每個目標部分能在一特定參考方向("掃描方向")於投射光束下透過掃描光罩圖樣

而輻射。大體上，既然投射系統具有一倍率因素 M (通常 <1)，所以基板平台被掃描的速度 V 將會是光罩平台被掃描的 M 倍因素。有關在此描述微影蝕刻裝置的更多資訊可參考例如從美國專利案號6,046,792，其在此是以引用方式併入本文供參考。

在透過使用一微影蝕刻投射裝置的製程中，一光罩圖樣是在至少部分由一層對輻射敏感材料(光抗)所覆蓋的一基板上成像。在此成像步驟之前，基板會經歷各種不同程序，例如塗佈、光抗塗層與一軟烤。在暴露後，基板會蒙受其他程序，例如一後暴露烤(PEB)、顯影、一硬烤與成像特徵的測量/檢驗。此程序的陣列是當作將一裝置(例如積體電路)的個別層予以圖樣化基礎使用。然後，此一圖樣化層會遭受例如蝕刻、離子植入(摻雜)、金屬化、氧化、化學化工機械拋光等的各種不同處理，所有皆要完成一個別層。如果需要數層，那麼整個程序、或變體將必須於每個新層予以重複。最後，一裝置陣列將會在基板(晶圓)上出現。這些裝置然後透過例如切片或割鋸處理技術而彼此分開，因此個別裝置可安裝在連接到接腳等的一載體。有關此處理的進一步資訊可例如從彼得范桑特於McGraw Hill Publishing Co.的第三版本書籍Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing; 1997, ISBN 0-07-067250-4其在此是以引用方式併入本文供參考。

為了簡化緣故，投射系統以下稱為"透鏡"；然而，此術語應寬廣解釋為各種不同類型的投射系統，包括例如折射

光學、反射光學、與兼反射及折射光學系統。輻射系統亦包括根據用以指向、成形或控制輻射投射光束的這些設計類型的任一者而操作的元件，且此元件以下亦整個或特別稱為透鏡"。此外，微影蝕刻裝置可以是具有兩個或多個基板平台(及兩個或多個光罩平台)的類型。在此"多級"裝置中，額外表可同時使用，或預備步驟可實施一或多個表，而一個或多個其他表可用於暴露。雙級微影蝕刻裝置是例如在美國專利案號5,969,441與WO 98/40791中描述，其在此是以引用方式併入本文供參考。

前述參考的圖像映射光罩包含對應整合在一矽晶圓的電路元件的幾何圖樣。用來建立此光罩的圖樣能透過利用電腦輔助設計(CAD)程式產生，此處理時常稱為電子設計自動控制(EDA)。多數CAD程式遵從一組預定的設計規則，為了要建立功能光罩。這些規則能透過處理與設計限制而設定。例如，設計規則係定義在電路裝置(例如閘、電容器等)或互接線間的空間容許量，如此可確保會以不想要方式而彼此互動的電路裝置或線路。設計規定限制典型稱為"線寬"(CD)。一電路的線寬是定義為一線條或孔口或在兩線條的最小寬度、或兩孔口間的最小空間。因此，線寬可決定設計電路的整體大小與密度。

各種不同技術存在以達成圖像映射的照明最佳化。各種不同光罩最佳化技術亦已知道。然而，目前的照明最佳化與光罩最佳化通常不會被連結。由羅森伯羅斯等人申請的美國專利案號6,563,566揭示經由嘗試使光罩透射最佳化予

圖 1B 描述使用一典型 DRAM 光罩圖樣 (稱為 "磚牆") 的光源。圖 7A 描述可使用的一 "長磚牆" 圖樣。在圖 1B 中, 結果影像部分能從使用 $\lambda/800$ 照明將在一 190 毫微米深度光罩上的一磚牆圖樣照明而顯示, 其中該照明在投射光學入口有一 0.8 數值孔徑 (NA)。從圖 1B 可看出, 亮區域表示增強 NILS 的影像強度, 而黑暗區域表示降低 NILS 的影像強度。最好選取能提供最好結果的光源點 (例如提供最增牆的 NILS), 以使光源的形狀最佳化。

用以執行光源最佳化的處理範例是在圖 2 描述。此理中的光源最佳化最好是非線性限制。最好是, 光罩透射振幅與相位能根據本發明而最佳化。

如圖 2 的步驟 S1 所述, 使用者最好指定選取的單元 (例如在想要圖樣上的區域) 與待評估的分割點 (參考圖 9A)。在步驟 S2 描述的處理中, 一微處理器最好計算在每個照明器點 (α, β) 與每個分割點 (x, y) 上的強度與 NILS, 即是微處理器計算 $I(\alpha, \beta; k, y)$ 與 $NILS(\alpha, \beta; x, y)$ 。而且如圖 2 的步驟 S3 描述, 微處理器可利用例如來自 Zeiss 的照明系統的照明系統規格 (如圖 2 的 "Zeiss Spece" 所示) 執行高斯 (Gaussian) 捲積, 以決定最小光源角光譜 (例如, 10%)、最小環寬度 (例如 0.2), 並迫使強度在一預定值。一最佳化處理是在步驟 S4 描述, 其中選取在每個分割點 (x, y) 使最小 NILS 達最大照明點 (α, β) 。如步驟 S5 所述, 在每個照明點與每個分割點的強度 $I(\alpha, \beta; x, y)$ 與 $NILS(\alpha, \beta; x, y)$ 最好使用能使每個分割點的最小 NILS 達最大的選擇照明點予以加總。在想要強度上使每

係數是照明孔與投射孔的自動關聯性，且是四維(4-D)函數。下一步驟是將TCC對角化以將問題減少在兩個維度空間函數的加總。這兩個維度空間函數是一組正交特徵函數，其中每個特徵函數是透過特徵值加權，即是具較高特徵值的特徵函數在影像上具有較大影響。這些特徵函數可形成是用在物體平面影像計算的一組影像核心。對角化操作可透過已知的任何函數執行，例如使用在NTI *Nanosurfer* 或在MG *Calibre*的異常值分解。熟諳此技者亦了解到亦可使用一校準的MT核心。

圖4根據本發明描述用以執行一光罩最佳化的處理，以獲得一理想/最佳光罩。理想光罩透射最佳化是非線性，然而，將理想光罩透射轉換成一CPL光罩實施是一線性處理。在圖4描述的處理中，既然最佳化是一非線性，所以理想光罩是在頻域中最佳化以加速收斂。如圖4的步驟S21所述，使用者可選取單元(例如在想要圖樣上的區域)與分割點(x,y)，以使NILS達最大，並使強度達最小與最大。微處理器然後計算TCC(m,n,p,q)，將TCC對角化成N個核心 $\lambda \Phi(m,n)$ (步驟S23)，並計算每個核心i的影像強度(步驟S24)。每個核心i的影像強度計算可根據下列方程式1執行。

$$I_i(x,y) = \left| \mathcal{F}^{-1} \{ \lambda_i |O(m,n) \bullet \Phi_i(m,n) \} \right|^2 \quad \text{方程式 1}$$

在較佳實施中，光罩透射範圍是選擇用於CPL光罩最佳化。因為在低通濾波後的Gibb影像重建現象，所以透射允許超過1或低於-1。光罩透射範圍可進一步修改用於一衰減的相移光罩(PSM)。對於一衰減的PSM (AttPSM)而言，光

$$x = \frac{(m+1)(n+1)}{2} + \frac{(m-1)(n-1)}{2} \quad \text{方程式 4}$$

虛數繞射階數量 y 能以下列方程式 5 表示。

$$y = \frac{(m+1)(n+1)}{2} + \frac{(m-1)(n-1)}{2} - 1 \quad \text{方程式 5}$$

然而，一光罩必須是實數，並限制階數量以使 $x+y$ 最佳化，且投射光學的前透光孔是限度在阻斷最高繞射階數所使用的繞射階量。因此，可使用的最大水平繞射階數量 m 能透過下列方程式 6 表示。

$$m = \text{floor} \left[\frac{P_x (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1 \quad \text{方程式 6}$$

其中 m 是水平繞射階數量， σ_{\max} 是來自光源的一光束散布輻射範圍， λ 是光源波長， P_x 是在 x 方向的重複單元深度，且 NA 是投射光學前透光孔的數值孔徑。

可使用的垂直繞射階數量 n 能以下列方程式 7 表示。

$$n = \text{floor} \left[\frac{P_y (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1 \quad \text{方程式 7}$$

其中 n 是垂直繞射階數量， σ_{\max} 是來自光源的一光束散布輻射範圍， λ 是光源波長， P_y 是在 y 方向的重複單元程度，且 NA 是投射光學前透光孔的數值孔徑。

在較佳實施中，深度 P 的 x 與 y 定義是笛卡爾坐標系統的坐標軸，其中 x 軸是與 y 軸直角。然而，坐標系統可以是任何線性坐標系統，其中在原點相交的任何兩線 g_1 與 g_2 描述線性坐標系統，即是 g_1 與 g_2 不必然是在原點相交。在此一非直角坐標系統 P_x 描述沿著軸 g_1 的深度； P_y 描述沿著軸 g_2 的深度。

因此，在如前述圖 4 所述處理的較佳實施描述中，繞射階數的振幅與相位可改變以在一影像平面中形成一影像，以

使在使用者選定的分割點上的最小ILS達最大，以迫使在跟割點上的強度在一預定強度範圍內。

圖2描述的光源最佳化可使用圖4描述的光罩最佳化同時執行。因此，照明的強度與形狀、與繞射階數的振幅與相位可同時改變以在一影像平面中形成一影像，以在使用者選定分割點上的最小ILS達最大，而迫使分割點的強度在一預定強度範圍內。

在圖4處理中決定的理想最佳透射光罩可轉換成在例如圖6描述處理所示一CPL光罩的實際光罩。如在圖6的步驟S31所示，一理想最佳透射光罩中的S31，可根據圖4描述處理決定的一理想最佳透射光罩可提供轉換。在處理中，一暗圖場光罩最好能如步驟S32所述用來開始。然後，最小透射區域能找到，並指定a-1(步驟S33)，且最大透射區域亦能找到，並指定a+1(步驟S34)。最好具有設定成一光罩記號最小特徵大小尺寸的原始長方形能指定位在最小透射區域，並在一想要位置上置中(步驟S35)。同樣地，原始長方形能指定給最大透射的區域及置中(步驟S36)。隨著指定-1與+1值，最佳化所需的繞射階數能在 $-1 * \text{floor}\left[\frac{P_x(\sigma_{\max} + 1)NA}{\lambda}\right]$ 開始，並在 $+1 * \text{floor}\left[\frac{P_x(\sigma_{\max} + 1)NA}{\lambda}\right]$ 結束。因此，可使用的最大水平繞射階數量能以下列方程式表示：

$$m = 2 \text{floor}\left[\frac{P_x(\sigma_{\max} + 1)NA}{\lambda}\right] + 1 \quad \text{方程式 8}$$

與方程式：

$$n = 2 \text{floor}\left[\frac{P_y(\sigma_{\max} + 1)NA}{\lambda}\right] + 1 \quad \text{方程式 9}$$

表示可使用的最大垂直繞射階數量 n 。如步驟S37所述， -1 與 $+1$ 個長方形邊緣能改變，以符合最佳繞射階數 $O(m,n)$ 。最佳CPL光罩 $O_{CPL}(x,y)$ 能以步驟S38所述形成。

在圖6描述的處理中，光罩轉換是線性。然而，CPL邊緣效果能透過經由一擾亂模型修改繞射階數而同時考慮。在擾亂模型，光罩的邊緣能使用不具有 0 、 $+1$ 、或 -1 透射的局部區域取代。這些區域允許一無向量光罩模擬來自一CPL光罩的向量邊緣效果。熟諳此技者了解到許多擾亂模型可使用，例如由J.迪琅普阿匹羅、E.亞普羅諾翡奇在Proc of the SPIE, vol. 5377 (2004) 名稱"Fast evaluation of Photomask, Near-Fields in Sub-Wavelength 193nm Lithography"、與K.亞當、A.紐盧西爾Proc. of the SPIE, vol. 4346 (2001), 第331-344頁名稱，"Simplified Models For Edge Transitions In Rigorous Mask Modeling" 的描述。

圖7A描述普遍稱為一長磚牆的DRAM光罩圖樣範例。圖7B描述根據本發明的原理所獲得圖7A光罩的一最佳光源。光源與CPL光罩於 $\lambda/800$ ， $NA=0.8$ 與190毫微米深度($k_1=0.306$)是最佳化。光源於使用圖2描述演算法的長磚牆是最佳化。y軸的照明電極有助於改善在長磚塊結束的NILS，而在x軸的照明電極有助於改善在磚塊間的NILS。

圖8A-8C描述各種不同光罩繞射階數。圖8A描述利用AttPSM的光罩最初繞射階數。圖8B描述根據本發明的圖4描述的處理所決定的理想最佳繞射階數。圖8C根據本發明圖6描述的處理而描述使用一CPL光罩實施最佳繞射階

數。最佳繞射階數會迫使更多能量進入較高階數($\pm 2, 0$)的比較多的精力與($\pm 1, \pm 3$)。熟諳此技者了解到一CPL光罩能表示幾乎相同的最佳繞射階數。

圖9A-9C描述一最佳光罩的最佳照明應用(圖9A)。在圖9A中，"*"點係視為NILS最佳化點，"+"點係視為強度達最大的點，且"-"點係視為強度達最小的點。NILS最佳化嘗試使在影像平面上的強度斜率儘可能，以在使光罩特徵顯影中獲得一高對比。NILS最好是在適於沿著一光罩特徵的決定NILS最佳化點的一組值。熟諳此技者了解到一CPL光罩具有三個相位值 $+180$ 、 0 與 -180 度。在圖8C描述的CPL光罩能透過使最佳光罩透射量化而形成，以形成一量化CPL光罩透射。

圖10A與10B與11A與11B描述在一CPL光罩與一8% AttPSM(衰減相位移光罩)間的空照圖比較。在圖10A中，CPL光罩是暴露在六極子照明。在圖10B中，PSM光罩是暴露在六極子照明。如圖10A與10B所述，對比與NILS在具CPL光罩的線條間是遠比具PSM光罩較佳。可看出CPL具有一製造適合處理邊際，而8%解決是較不有利。然而，CPL具有能透過增加更多最佳化點修正的一最小區域。

而且，如圖11A所述，8% AttPSM的六極子照明在圖11B顯示的輪帶照明亦顯示NILS改善。然而，一較大處理邊際能透過使用具六極子照明CPL而獲得。

在頻域中使光罩最佳化會限制最佳化問題與速度收斂的大小。來自最佳繞射階數的最佳CPL光罩的復原是在頻域

中的線性問題。處理窗改良可使用所有結構的最佳繞射階數，以使在掃描器與在晶圓佈局中的聚焦與暴露變化效果達最小而最佳。在此當作處理窗使用是如同聚焦深度(DOF)函數的暴露緯度(EL)量。具最佳CPL的處理窗改良亦是最佳。CPL可用來將處理窗改善在一低 k_1 因素。在此使用的 k_1 因素能以 $CD \cdot NA / \lambda$ 定義，其中 CD 是顯影特徵的決定性尺寸，且 λ 是光源的波長。此外，照明最佳化不需要先執行。透過使用本發明，光罩可最佳化成一既有OAI(類星體、cquad(笛卡爾 x 與 y 軸上具極性的一四極照明器，例如-45度旋轉的一類星體照明器)、輪帶照明)。而且，在本發明中，光罩可於單或倍暴露(1或2光罩)或於雙色調光罩(binary或AttPSM)最佳化。最大多數理想透射光罩能與根據本發明的CPL一起表示。

圖12A與12B根據本發明的原理描述光源與CPL光罩已被最佳化的一"短磚牆"圖樣。圖12B描述已根據如圖2所述本發明原理獲得的圖12A圖樣的一最佳光源。光源與CPL光罩於 $\lambda/800$ $NA=0.8$ 與190毫微米深度是最佳化。再者，對比與NILS可被觀察。

圖13A-C描述圖12A的光罩繞射階數。圖13A描述具AttPSM光罩的最初繞射階數。圖13B描述根據本發明圖4所述處理而決定的理想最佳繞射階數。圖13C描述根據本發明圖4所述處理實施具一CPL光罩的最佳繞射階數實施。熟諳此技者了解到最佳繞射階數會迫使更多能量($\pm 1, \pm 1$)進入區域。如圖13B與13C所述，CPL光罩幾乎是以相同的最佳

繞射階數表示。

圖 14A-D 描述根據本發明的原理使用原始邊緣建立一最佳光罩。圖 14A 描述圖 12A 的短磚牆光罩。圖 14B 描述圖 14A 的光罩最佳光罩透射。圖 14C 描述使用一比較接近地用最佳光罩透射使用一拱式模切技術使原始邊緣能與最佳光罩透射更緊密映射。圖 14D 描述使用原始長方形映射最佳光罩透射。如圖 14C 與 14D 描述，兩個 CPL 實施會實質導致相同繞射階數光譜。原始邊緣不是決定性，但是透過使用造型可導致一較小圖樣數，並可能允許光罩較容易檢驗。

圖 15A-17B 描述使用圖 12A 短磚牆的空照圖比較。在圖 15 中，一 CPL 光罩與一 8% AttPSM 光罩皆會暴露在雙極子照明。從圖 15A 與 15B 可看出，對比與 NILS 在線瓢與具 CPL 的線條結束之間較佳而不是具 PSM 光罩。CPL 光罩具有適合製造處理邊際，而 8% 解決不會看似有利的。亦如圖 15A 與 15B 所述，CPL 光罩能比 8% AttPSM 更能維持區域。

圖 16A 與 16B 描述在獲得一最佳透射與使用一 CPL 光罩間的權衡選擇。如圖 16A 與 16B 所述，在最佳透射與 CPL 表示間幾乎有沒有不同。因此，CPL 光罩可根據本發明的原理而提供光罩最佳化的一有利解決。

圖 17A 描述在使用雙極子照明暴露的一 8% AttPSM 間的空照圖比較，且圖 17B 描述使用輪帶照明。如圖 17A 與 17B 所示，相較於輪帶照明，NILS 使用雙極子照明會較佳。輪帶照明在線條結束 (EOL) 具有較佳的 NILS。然而，在沒有橋接 NILS 不具足夠輪帶照明以使磚塊顯影。

圖 18A-23B 描述在圖 18A 說明的運用於一矩形接觸陣列光罩的本發明原理。在圖 18A 與 18B 中，光源與 CPL 光罩於 $\lambda/800$ $NA=0.8$ 與 190 毫微米深度會最佳化。再者，對比與 NILS 可被觀察。

圖 19A-C 描述在圖 18A 的光罩繞射階數。圖 19A 描述具 AttPSM 光罩的最初繞射階數；圖 19B 描述透過本發明原理所決定的最佳繞射階數；及圖 19C 描述使用一 CPL 光罩實施的最佳繞射階數。熟諳此技者了解到最佳繞射階數能迫使更多能量進入較高階數 $(\pm 1, 0)$ 、 $(0, \pm 1)$ 、與 $(0, \pm 2)$ 。如圖 19B 與 19C 所述，CPL 光罩可幾乎相同表示最佳繞射階數。

圖 20A-C 描述根據本發明原理使用原始邊緣建立一量化 CPL 光罩。圖 20A 描述圖 19A 的矩形接觸排列光罩。圖 20B 描述在圖 20A 的光罩的最佳光罩透射。圖 20C 描述使用原始長方形映射最佳光罩透射以建立一量化 CPL 光罩。

圖 21A-23B 描述透過使用圖 19A 的矩形接觸陣列光罩的空照圖比較。在圖 21A 的一 CPL 光罩與在圖 21B 的一 8% AttPSM 光罩皆暴露在六極子照明。如圖 21A 與 21B 所示，峰值強度與 NILS 使用 CPL 光罩較佳。CPL 光罩具有適當製造焦點深度 (DOF)，而 8% AttPSM 解決不會出現有利的具足夠 DOF。而且在圖 21A 與 21B 的描述中，CPL 光罩比 8% AttPSM 更能維持較佳的區域。

圖 22A 與 22B 描述在獲得一最佳透射與使用一 CPL 光罩間的權衡選擇。如圖 22A 與 22B 所述，相較於 CPL，可能出現具最佳透射線網之 NILS 會略較佳。

圖 23A 與 23B 描述在最高列的一 8% AttPSM 使用雙極子照明暴露與在底部列使用輪帶照明間的空照圖比較。如圖 23A 與 23B 所示，相較於輪帶照明，峰值強度與 NILS 使用六極子照明較佳。使用輪帶照明的峰值強度不足以經由聚焦顯影。

圖 24A-29B 描述運用在圖 24A 所述一交錯矩形接觸陣列的本發明原理。圖 24A 與 24B 描述一交錯矩形接觸陣列光源，其中光源與 CPL 光罩已根據本發明的原理而最佳化。在圖 24A 與 24B 中，光源與 CPL 光罩於 $\lambda/800$ ， $NA=0.8$ 與 190 毫微米深度會最佳化。再者，對比與 NILS 可被觀察。

圖 25A-C 描述在圖 24A 的光罩繞射階數。圖 25A 描述使用 AttPSM 光罩的最初繞射階數；圖 25B 描述透過本發明原理所決定的最佳繞射階數；及圖 25C 描述使用一 CPL 實施的最佳繞射階數。熟諳此技者了解到最佳繞射階數會迫使更多能量進入 $(0,+2)$ 與 $(\pm 1, \pm 1)$ 區域。如圖 25B 與 25C 所述，CPL 光罩可幾乎相同表示最佳繞射階數。

圖 26A-C 根據本發明的原理描述使用原始邊緣建立一量化 CPL 光罩。圖 26A 描述圖 24A 的交錯矩形接觸陣列光罩。圖 26B 描述在圖 24A 的光罩的最佳光罩透射。圖 26C 描述透過使用原始長方形映射最佳光罩透射以建立一量化 CPL 光罩。在圖 26A-C 中，180 度懸臂可使用在接觸陣列端。

圖 27A-29B 描述使用圖 24A 的矩形接觸陣列光罩的空照圖比較。在圖 27A 與 27B 中，一 CPL 光罩與一 8% AttPSM 光罩分別使暴露在四極照明。如圖 27A 與 27B 所示，峰值強度

與NILS使用CPL光罩會比使用PSM光罩更佳。相較於8% AttPSM光罩，CPL光罩亦具有一較大暴露緯度與DOF。

圖28A與28B描述在獲得一最佳透射與使用一CPL光罩間的權衡選擇。如圖28A與28B所述，在最佳透射與CPL光罩平台示間幾乎有沒有不同。CPL光罩可根據本發明的原理而提供光罩最佳化的一有利解決。

圖29A與29B描述在最高列使用四即照明暴露的一8% AttPSM與在底部列使用輪帶照明間的空照圖比較。如圖29A與29B所示，峰值強度與NILS使用四極照明比使用輪帶照明較佳。使用輪帶照明的峰值強度不足以經由聚焦顯影。

圖30描述適合與使用本發明的輔助所設計一光罩使用的微影蝕刻投射裝置。該裝置包含：

- 一輻射線系統Ex、IL，以供應輻射投影光束PB。在此特殊情況，輻射系統亦包含一輻射光源LA；
- 一第一物體平台(光罩平台)MT具有一光罩持持裝置，以保持一光罩MA(例如主光罩)，並連接到第一定位裝置，以使光罩與項目PL正確定位；
- 一第二物體平台(基板平台)WT具有一基板保持裝置，以保持一基板W(例如光阻塗佈矽晶圓)，並連接到第二定位裝置，以使基板與項目PL正確定位；
- 投影系統("透鏡")PL(例如折射、反射或兼反射及折射光學系統)，以使光罩MA的輻射部分在基板W的一目標部分C(例如包含一或多個晶粒)上成像。

如在此的描述，裝置是一透射類型(即是，具有一透射光

罩)。然而，大體上，它亦是一反射類型，例如(具一反射光罩)。或者，裝置可使用另外使用一光罩的其他種累圖樣裝置；範例包括一可程式規劃鏡射陣列或LCD

矩陣。

光源LA(例如一水銀燈或激光器雷射)可產生輻射光束。在直接或在橫越例如一光束擴展Ex的條件裝置之後，此光束能供應給一照明系統(照明器)IL。照明器IL包含調整裝置AM，以設定光束強度分配的外部及/或內部輻射範圍(普遍分別稱為 σ 外部與 σ 內部)。此外，它通常包含各種不同其他元件，例如一整合器IN與一聚光器CO。如此，在光罩MA上撞擊的光束PB在它橫切面具有一想要的一致強度分配。

應該注意圖30，光源LA可在微影蝕刻投射裝置的包裝(例如，此始終的情況是當光源LA是一水銀燈)內，但是亦可遠離微影蝕刻投射裝置，它產生的輻射光束會導入裝置(例如在適當方相鏡射的幫助下)；此後者情況時常是當光源LA是一激光器雷射(此後者情況時常是根據KrF、ArF或F₂雷射)。光源強度亦能使用一鏡射陣列或一LCD製成。本發明包含這些情況的至少兩者。

光束PB後來可攔截保持在光罩平台MT上的光罩MA。在橫越光罩MA，光束PB會通過透鏡PL，使光束PB聚焦在基板W的一目標部分C。隨著第二定位裝置(與干擾測量裝置IF)的輔助，基板平台WT可正確移除，例如可在光束PB的路徑中將不同目標部分C定位。同樣地，例如在從一光罩庫機械式取回光罩MA之後，或在掃描期間，第一定位裝置可

用來將光罩MA與光束PB的路徑予以正確定位。大體上，物件表MT、WT的移運能在一長行程模組(粗略定位)與短行程模組(精確定位)的輔助而實施解，這些並未在圖27描述。然而，在一晶圓步進器(相對於一步進掃描工具)的情況，光罩平台MT只連接到一短行程激勵器、或固定。

描述的工具可使用在兩個不同模式：

- 在步進模式中，光罩平台MT本質是保持固定，且一整個光罩影像會試一下投射(即是單一"閃光")在一目標部分C。基板平台WT然後會在x及/或y方向改變，所以一不同目標部分C能透過光束PB輻射；
- 在掃描模式，除了一特定目標部分C未暴露在單一"閃光"之外，其本質上是應用相同情況。相反地，光罩平台MT在一特定方向(所謂"掃描方向"，例如y方向)能以速度 v 移動，所以投射光束PB能在一光罩影像造成掃描；同時，基板平台WT同時在相同或相反方向以速度 $V=Mv$ 移動，其中M是透鏡PL倍數(典型上， $M=1/4$ 或 $1/5$)。如此，一相當大目標部分C會暴露，而不必妥協解析度。

在此揭示的觀念可將子波長特性成像的任何一般影像系統模擬或算術模型化，且在顯現能產生逐漸較小尺寸波長的成像技術是特別有用。已使用的顯現技術包括可產生使用一ArF雷射193毫微米波長的極紫外線(EUV)微影蝕刻，甚至是使用一氟雷射的157毫微米波長。而且，極紫外線微影蝕刻能透過使用一同步或透過使用高能量電子撞擊一材

料（固體或電漿）而產生在20-5毫微米範圍內的波長，為了要產生在此範圍內的光子。因為多數材料在此範圍內是吸收性，所以照明能透過具鉍與矽多堆疊的反射鏡子產生。多堆疊鏡子具有鉍與矽的一40層對，其中每層的厚度是四分之一波長。即使是較小可使用X光微影蝕刻產生。典型上，一同步子可用來產生一X光波長。既然多數材料在X光波長是吸收性，所以一薄塊吸收性材料定義特徵特徵顯影(正光抗)或不顯影(負光抗)的地方。

雖然在此揭示的觀念可用於在例如一矽晶圓的基板上成像，但是了解到揭示的觀念能與任何類型的微影蝕刻成像系統使用，例如，用於除了矽晶圓之外的基板上成像。

一電腦系統的軟體功能包括程式化，此程式化包括可執行碼，可用來實施前述成像模型。軟體碼可由一般目的電腦執行。在操作上，程式碼與可能相關資料記錄能儲存一般目的電腦平台。然而，在其他時候，軟體可儲存在其他位置及/或傳送用於載入適當一般目的電腦系統。因此，前述具體實施例包括由至少一機器可讀媒體所運送一或多個程式碼模組的一或多個軟體產品。透過一電腦系統處理器執行的程式碼允許平台以實質在此討論及描述的具體實施例中執行的方式實施分類及/或軟體下載功能。

如在此的使用，例如電腦或機器"可讀媒體"術語可視為將指令提供給由一處理器執行的任何媒體。此一媒體可採用許多形式，包括(但是未侷限於)非揮發性媒體、揮發性媒體、與傳輸媒體。非揮發性媒體包括例如光學或磁碟，例

如前述在伺服器平台操作的任何電腦中的任何儲存裝置。揮發性媒體包括動態記憶體，例如此一電腦平台的主記憶體。實體傳輸媒體包括同軸電纜；銅線與光纖，包括在一電腦系統中匯流排的電線。載波傳輸媒體可採用電或電磁信號、或聲覺或光波的形式，例如在射頻(RF)與紅外線(IR)資料通信期間產生的這些。因此，電腦可讀媒體的共同形式包括例如：一軟碟、一彈性碟、硬碟、磁帶、任何其他磁媒體、一CD-ROM、DVD、任何其他光學媒體、例如打孔卡、紙帶的普遍較少使用的媒體、具孔圖案的任何其他實體媒體、一RAM、一PROM、與EPROM、快閃-EPROM、任何其他記憶體晶片或卡匣、傳送資料或指令的載波、傳送此一載波的電纜或鏈路、或電腦可讀程式碼及/或資料的任何其他媒體。許多這些電腦讀媒體形式包括在將一或多個連續一或個指令傳送給一處理器執行。

如圖31所述，一光罩最佳化單元包含可從一輸入單元1003接收輸入的一處理器1000。處理器1000可以是一傳統微處理器、或可以是一特殊設計處理單元，例如一EEPROM或EPROM或一製造的積體電路。輸入1003可以是任何類型的電子輸入裝置，例如一鍵盤或一滑鼠，或可以是一記憶體或網際網路連接。處理器1000最好可從ROM 1002與RAM 1001取回儲存的協定，例如實施在圖2-6描述的處理，並將資訊儲存在RAM 1001。處理器1000的計算結果可在顯示器1004上顯示，並提供給一光罩製造單元。

本發明能以其他特殊形式具體實施，而不致脫離本發明

的精神或實質特徵。本具體實施例只是描述而不是限制，本發明的範圍在於文後申請專利範圍所示，而不是前述，且所有變化是在文後申請專利範圍的意義與範圍內。

【圖式簡單說明】

合併及形成一部分說明書的附圖說明用來描述本發明的原理，其中：

圖 1A 與 1B 根據本發明而描述使用 Abbe 影像的照明範例；

圖 2 根據本發明而描述用以獲得照明最佳化的處理範例；

圖 3 根據本發明而提供產生跨透射係數 (TCC) 圖式；

圖 4 根據本發明而描述用以執行一光罩最佳化處理範例；

圖 5A 與 5B 根據本發明而描述可考慮將一光罩最佳化的額外光罩限制；

圖 6 根據本發明而描述將一最佳透射光罩轉換成一 CPL 光罩的處理；

圖 7A 描述一 DRAM 光罩圖樣範例，且圖 7B 描述與圖 7A 的光罩圖樣一起使用的一最佳光源；

圖 8A-8C 根據本發明而描述各種不同光罩繞射階數，以說明一 CPL 光罩繞射階數；

圖 9A-9C 描述將最佳照明應用到一最佳光罩 (圖 9A)；

圖 10A 與 10B 描述在一 CPL 光罩與一 8% AttPSM (相位移光罩) 間的空照圖比較。

圖 11A 與 11B 分別使用六極子與輪帶照明描述在一 CPL 光罩與一 8% AttPSM 間的空照圖比較；

圖 12A 描述一 "短磚牆" 圖樣，且圖 12B 描述最佳化光源以

根據本發明的原理產生圖樣；

圖 13A-C 描述圖 12A 中的光罩繞射階數；

圖 14A-D 根據本發明的原理描述使用原始邊緣建立一最佳光罩；

圖 15A 與 15B 描述在一 CPL 光罩與一 AttPSM 光罩中使用圖 12A 短磚牆圖樣的空照圖比較；

圖 16A 與 16B 描述在獲得一最佳透射與使用一 CPL 光罩間的權衡比較；

圖 17A 與 17B 描述在最高列使用雙極子照明暴露的一 8% AttPSM 與在底部列使用一輪帶照明間的空照圖比較；

圖 18A 描述運用在一矩形接觸陣列光罩的本發明原理，且圖 18B 根據本發明描述照明圖 18A 圖樣的一最佳化光源；

圖 19A-C 描述在圖 18A 中的光罩繞射階數；

圖 20A-C 根據本發明的原理描述使用原始邊緣建立一量化 CPL 光罩；

圖 21A 與 21B 描述使用圖 19A 的矩形接觸陣列光罩的一空照圖比較；

圖 22A 與 22B 描述在獲得一最佳透射與使用一 CPL 光罩間的權衡比較；

圖 23A 與 23B 描述在與最高列使用雙極子照明暴露的一 8% AttPSM 與在底部列使用輪帶照明間的空照圖比較；

圖 24A 描述一交錯矩形接觸排列，且圖 24B 根據本發明的原理描述產生圖樣的一最佳化光源；

圖 25A-C 描述在圖 24A 中的光罩繞射階數；

圖 26A-C 根據本發明的原理描述使用原始邊緣建立一量化 CPL 光罩；

圖 27A 與 27B 描述使用一 CPL 光罩與一 AttPSM 光罩的空照圖比較；

圖 28A 與 28B 描述在獲得一最佳透射與使用一 CPL 光罩間的權衡比較；

圖 29A 與 29B 描述在最高列使用空鉛暴露的一 8% AttPSM 與在底部列使用輪帶照明間的空照圖比較；

圖 30 描述適合與使用本發明輔助所設計一光罩的一微影蝕刻投射裝置；及

圖 31 根據本發明描述一光罩最佳化處理單元。

【圖式代表符號說明】

10	光源點
1000	處理器
1001	隨機存取記憶體
1002	唯讀記憶體
1003	輸入
1004	顯示器
AM	調整裝置
C	目標部分
CO	聚光器
IF	干擾測量裝置
IL	照明器
IN	整合器。

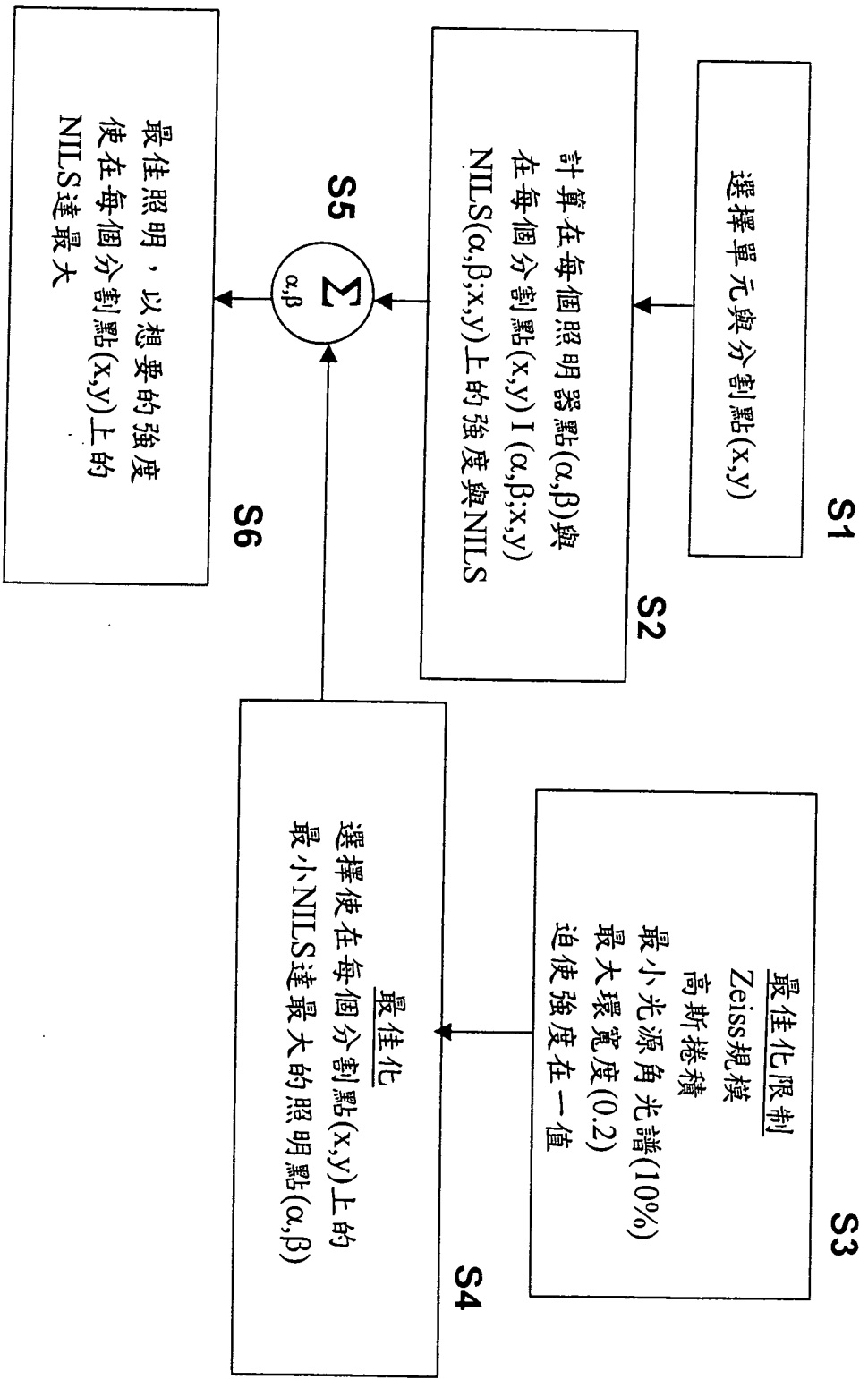


圖 2

Hopkins成像



圖 3

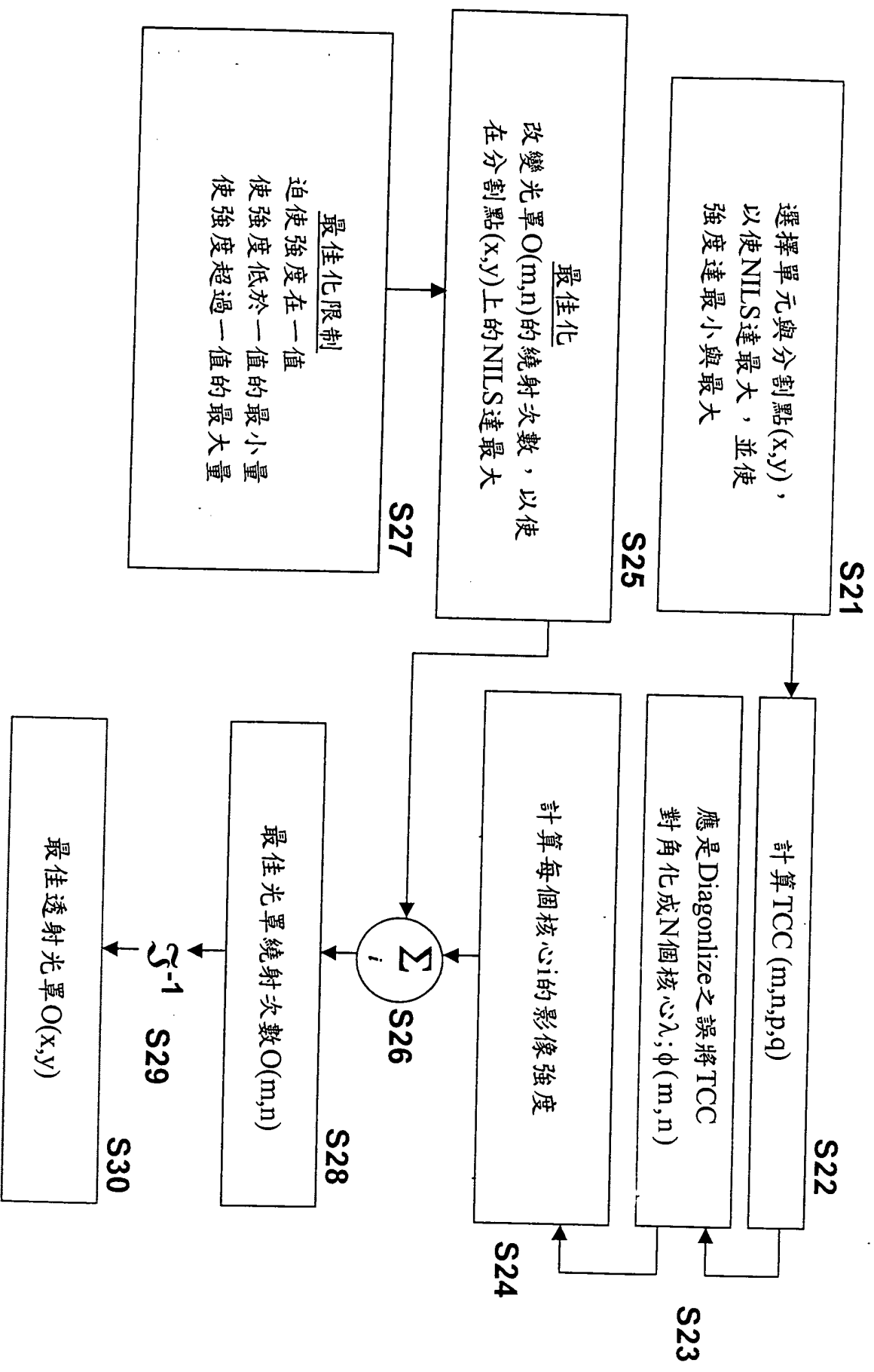


圖 4

$$O(m,n) = O^*(-m,-n)$$

Re[O(m,n)]

Im[O(m,n)]

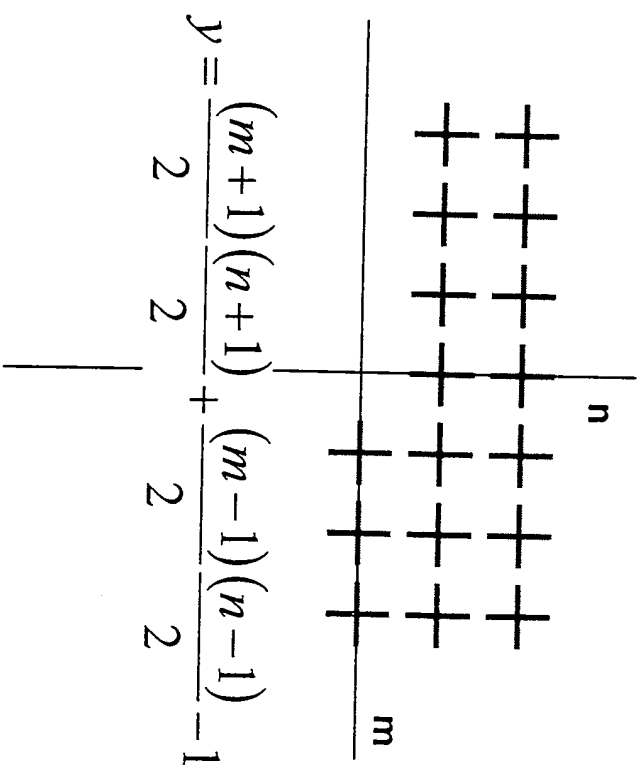
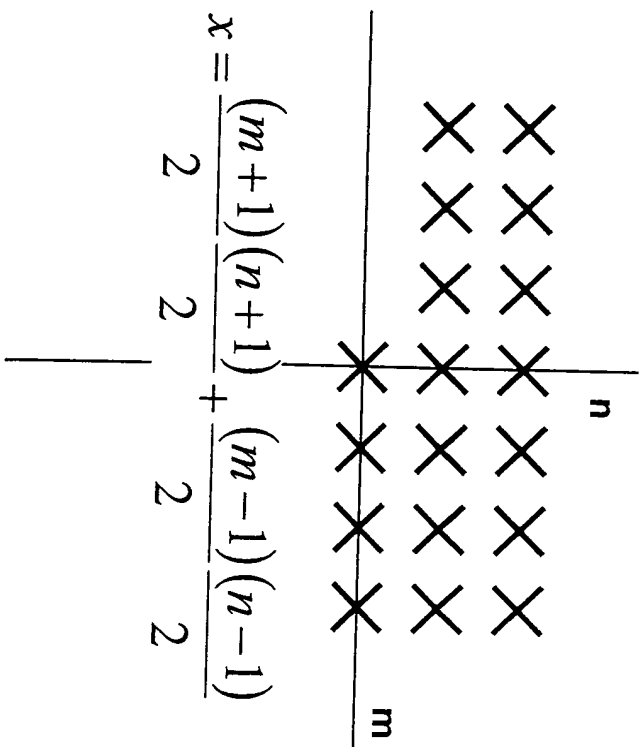


圖 5A

圖 5B

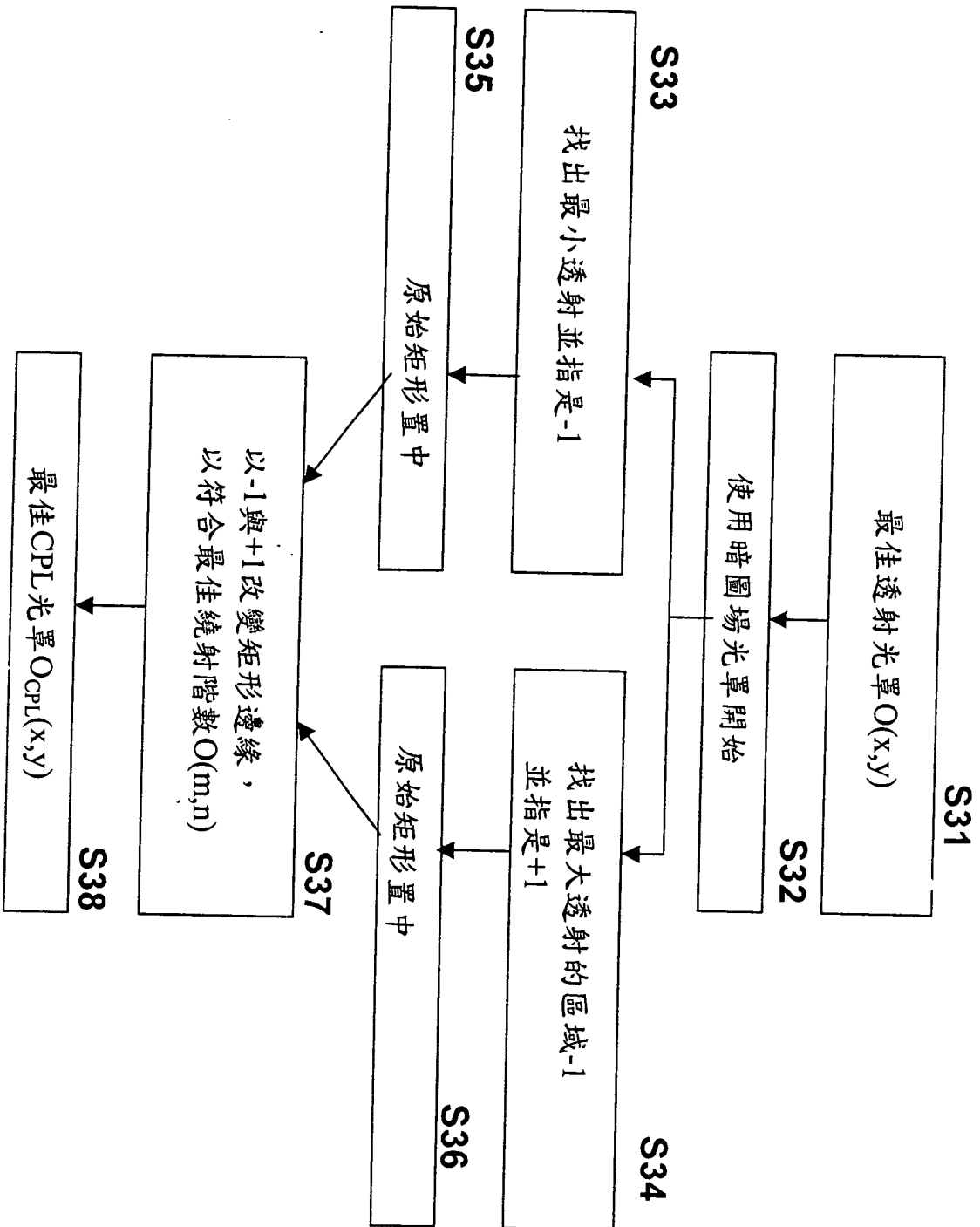
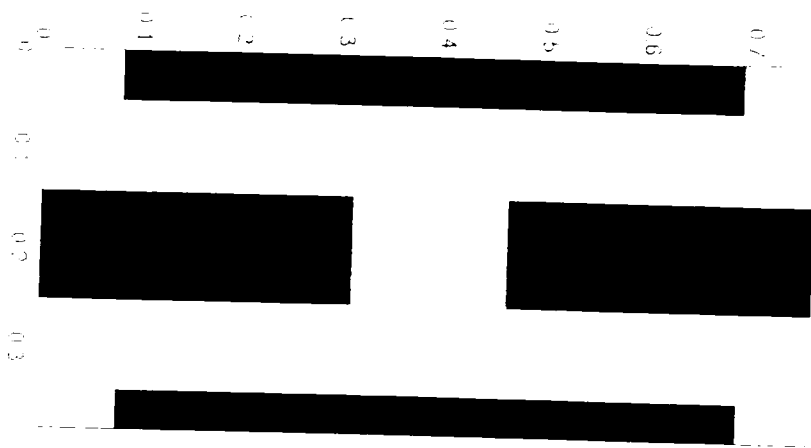
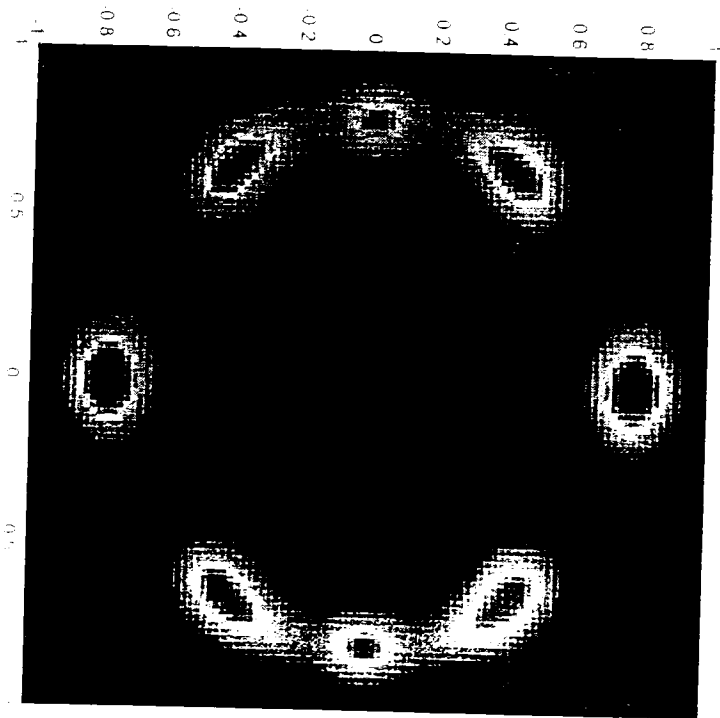


圖 6

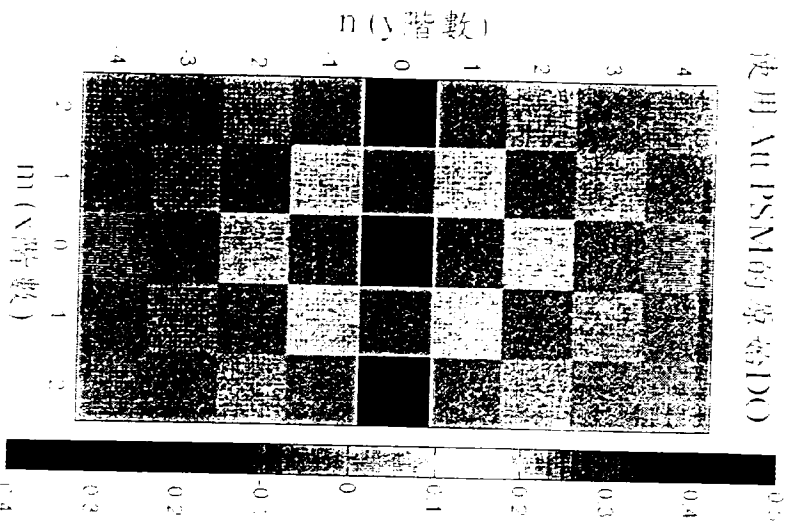


7A

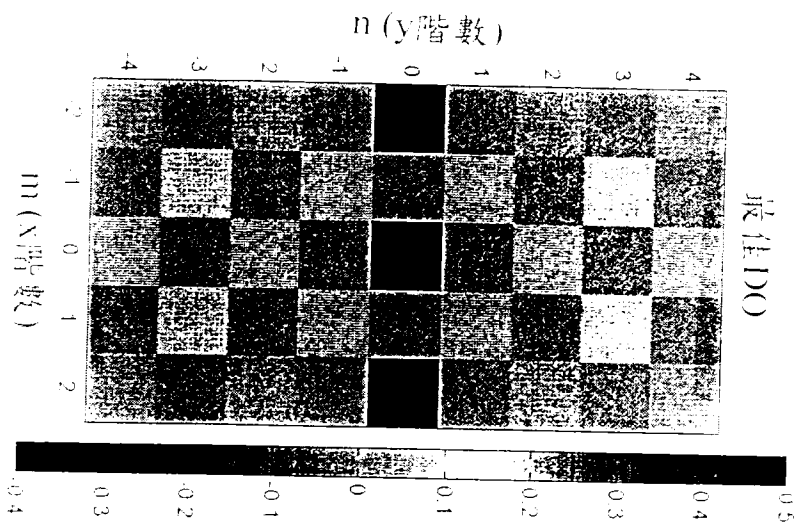


7B

使用 AuPSM 的零階 DO



最佳 DO



使用 CPI 實施的最佳 DO

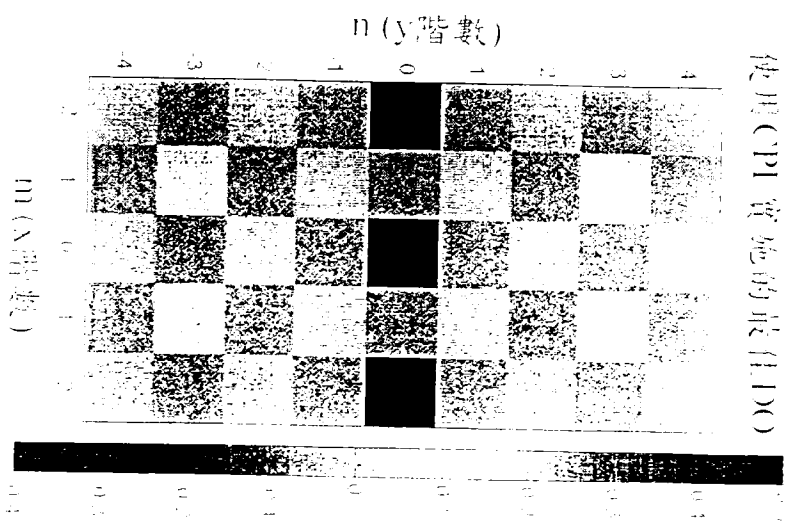


圖 8A

圖 8B

圖 8C

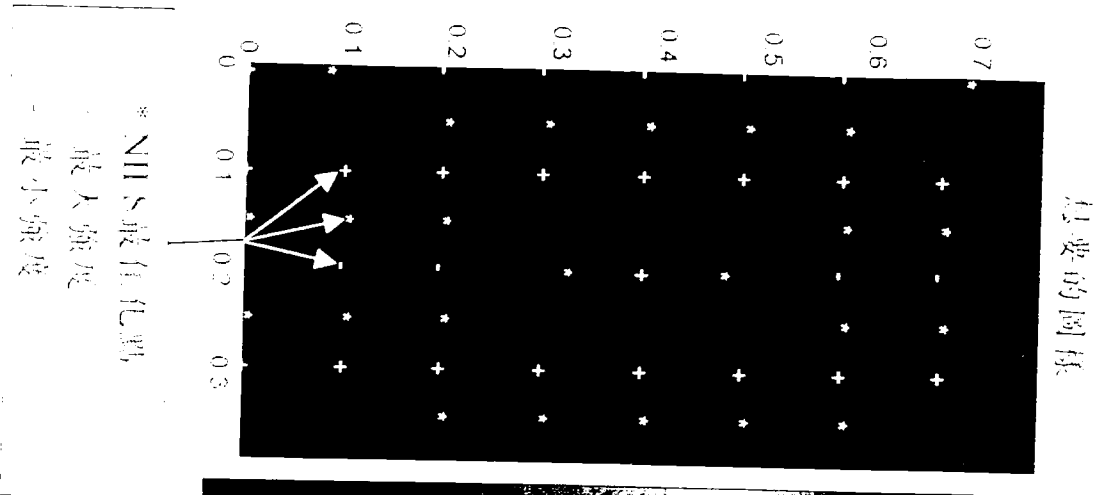


圖 9A

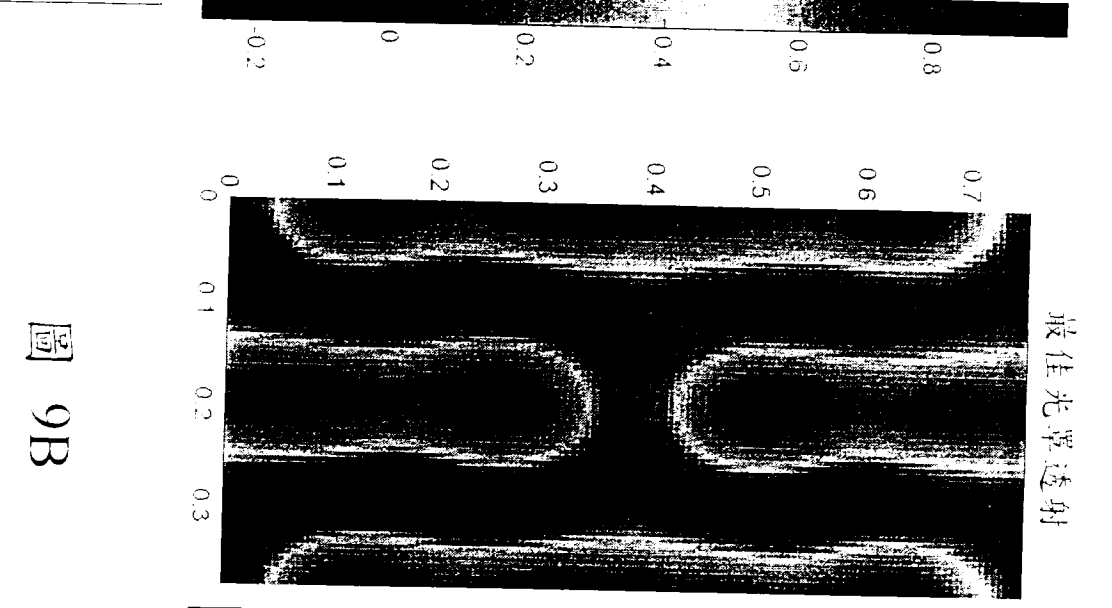


圖 9B

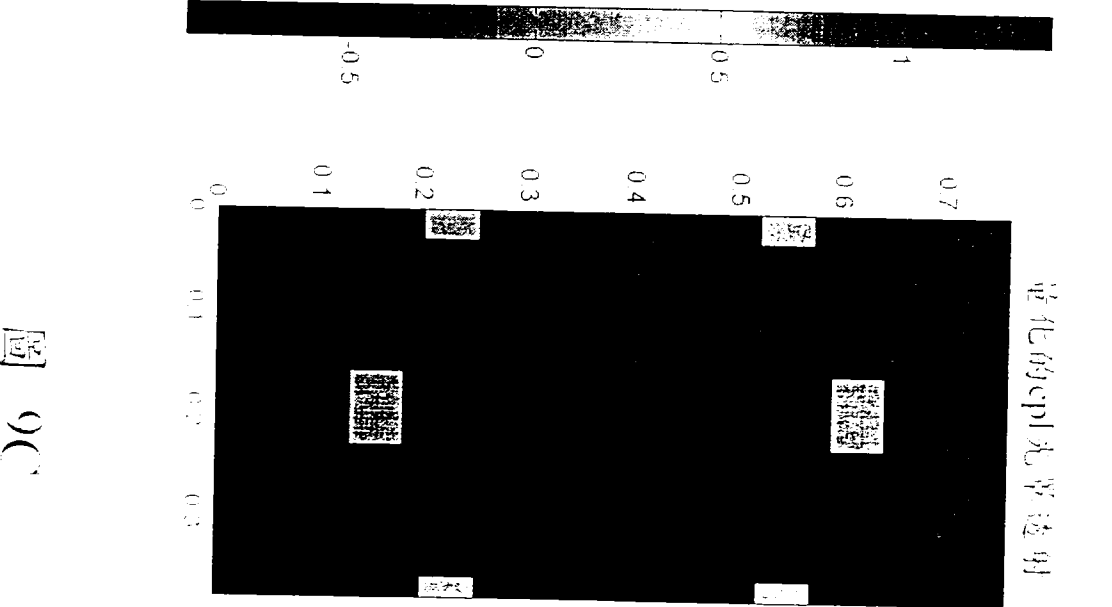


圖 9C

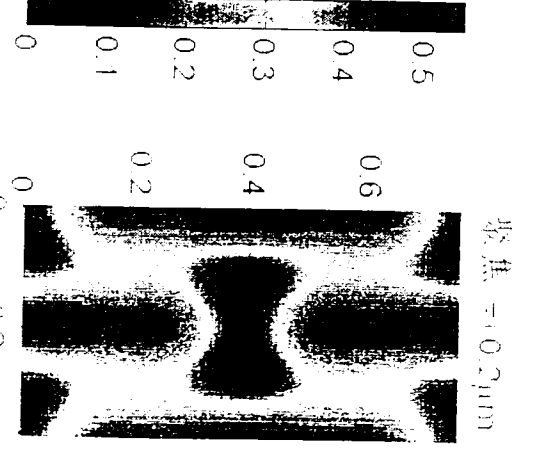
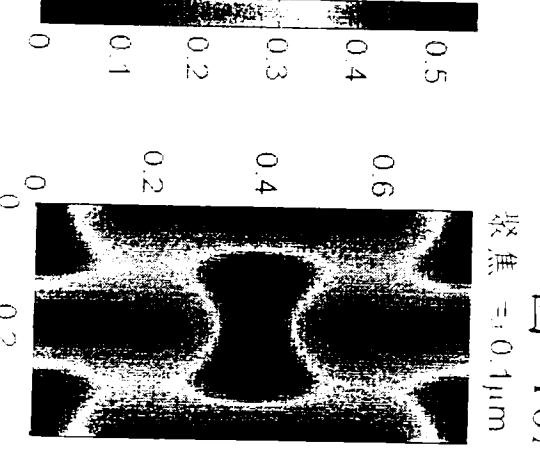
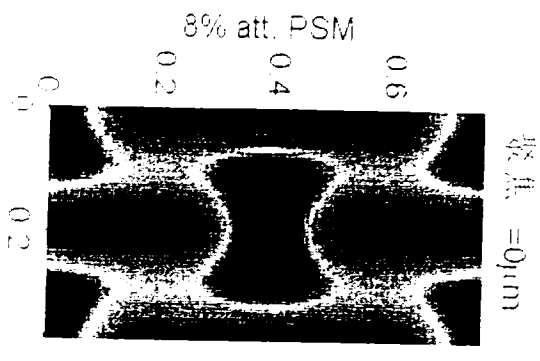
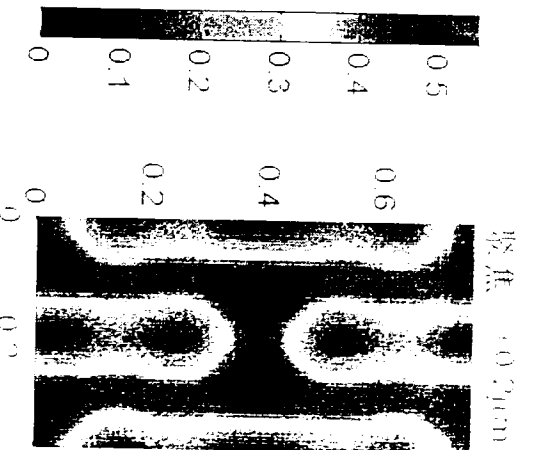
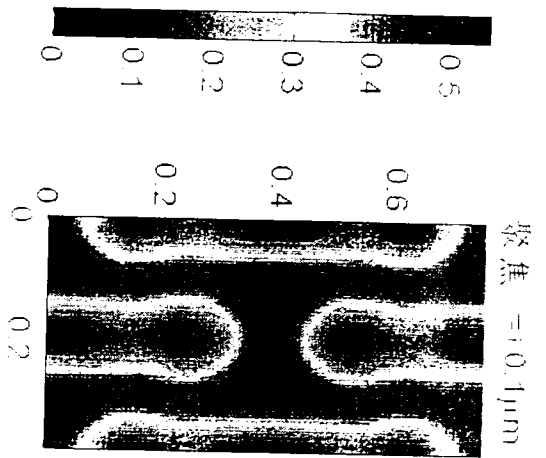
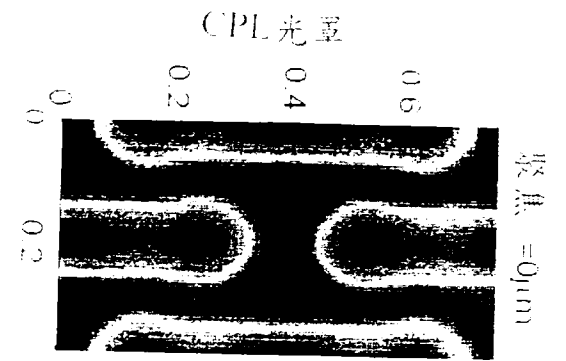
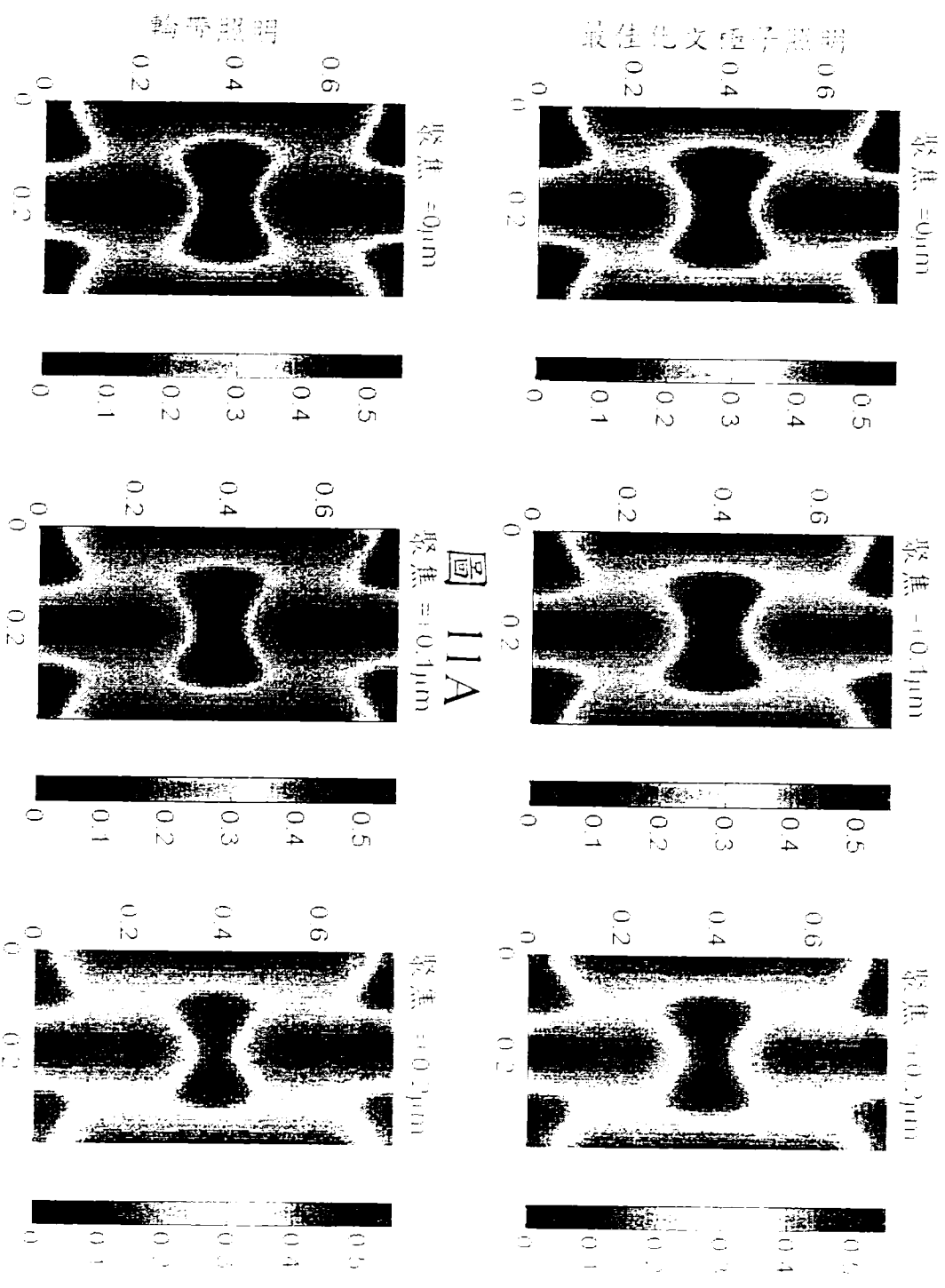


圖 10A

圖 10B



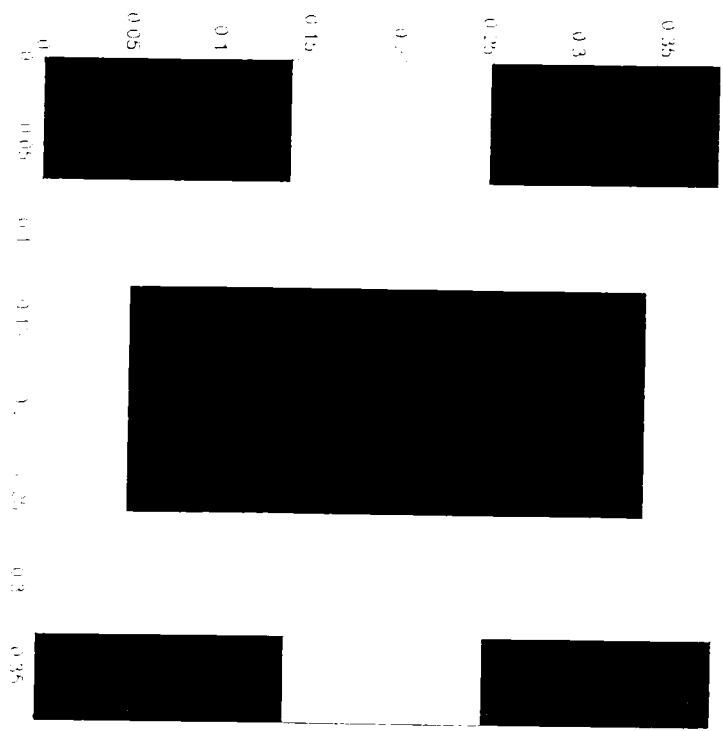


圖 12A

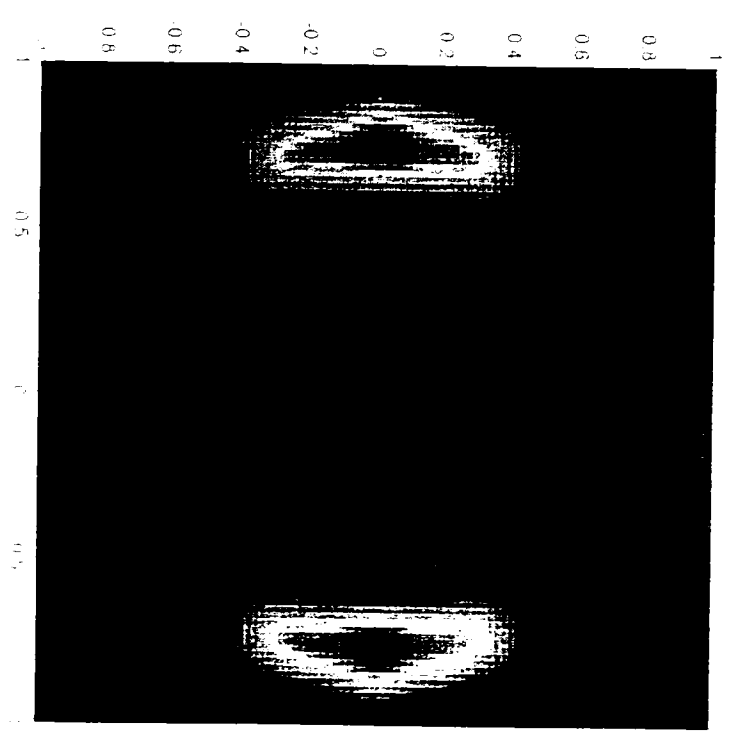


圖 12B

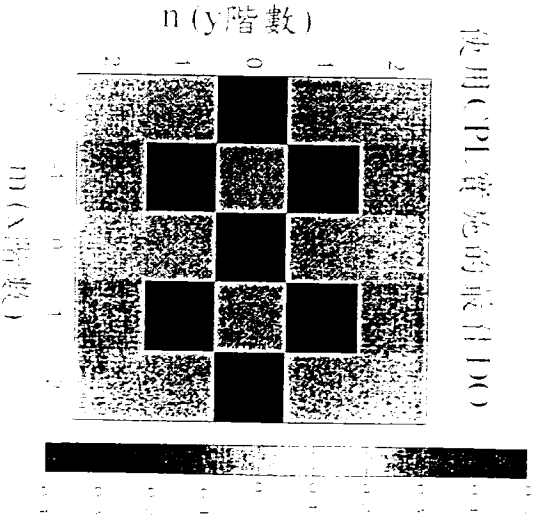
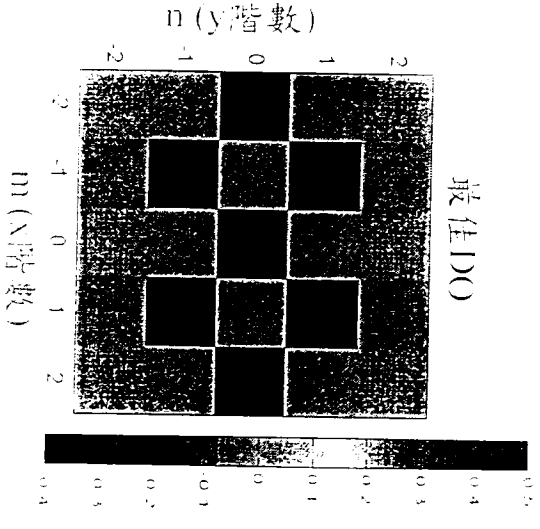
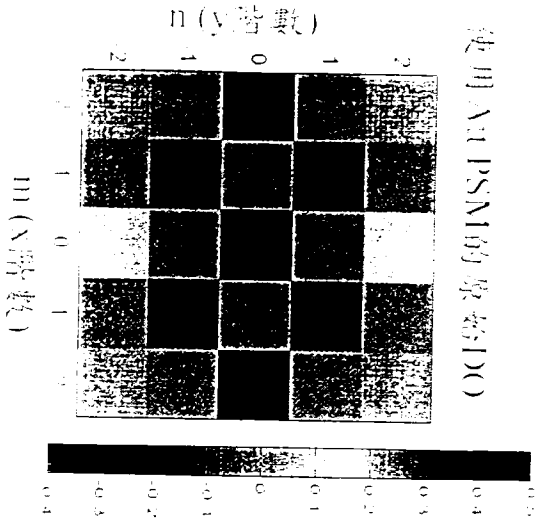


圖 13A

圖 13B

圖 13C

想要的圖樣

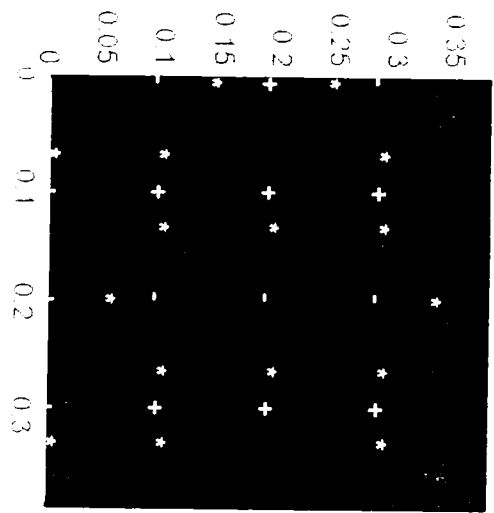


圖 14A

量化cpi光罩透射

最佳光罩透射

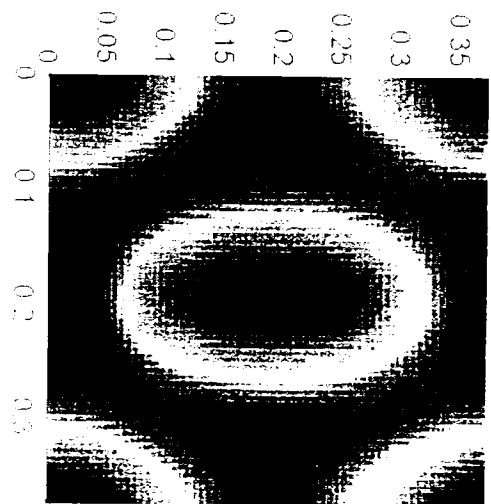


圖 14B

量化cpi光罩透射

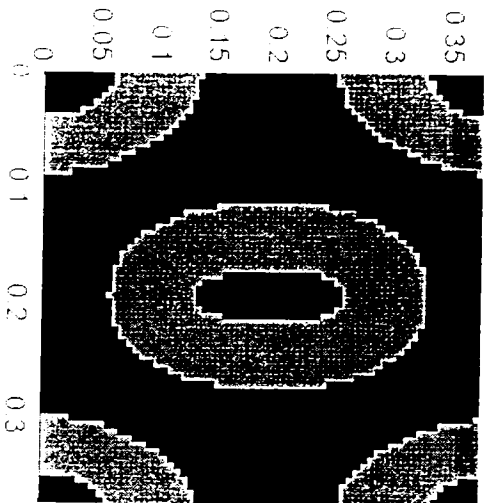


圖 14C

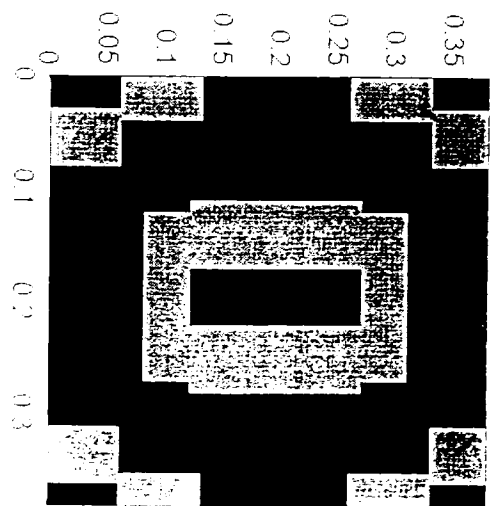


圖 14D

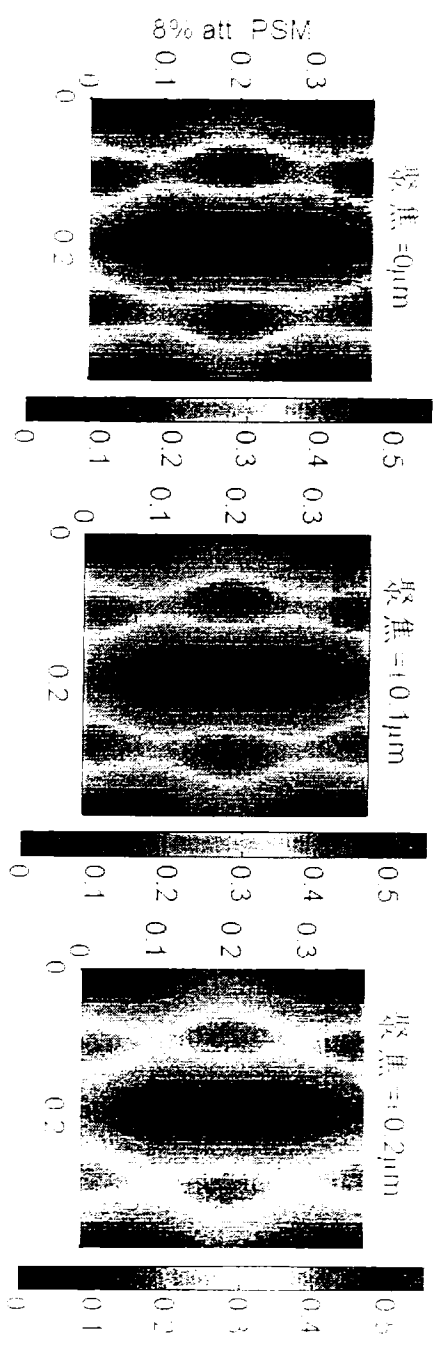
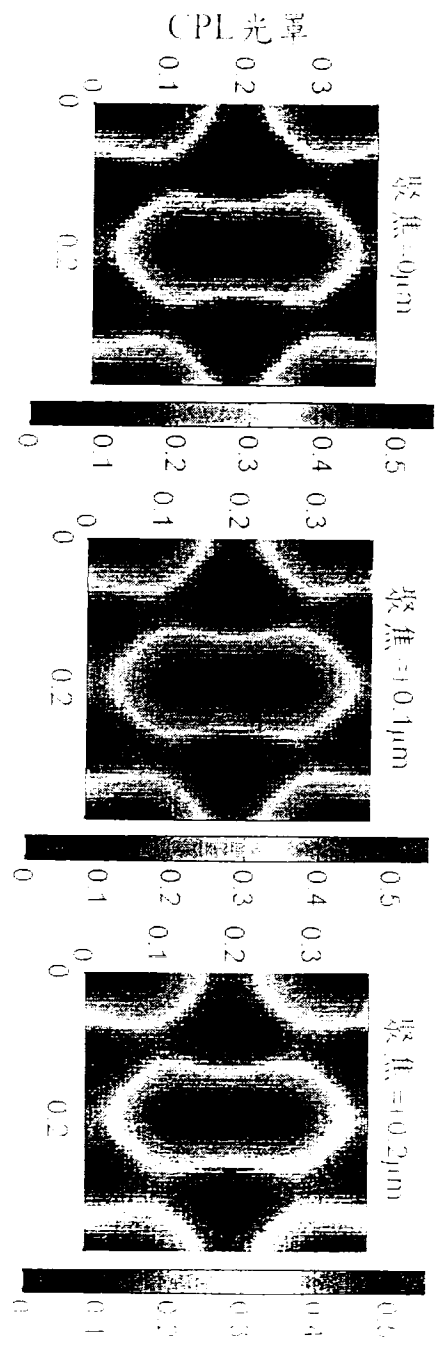


圖 15A

圖 15B

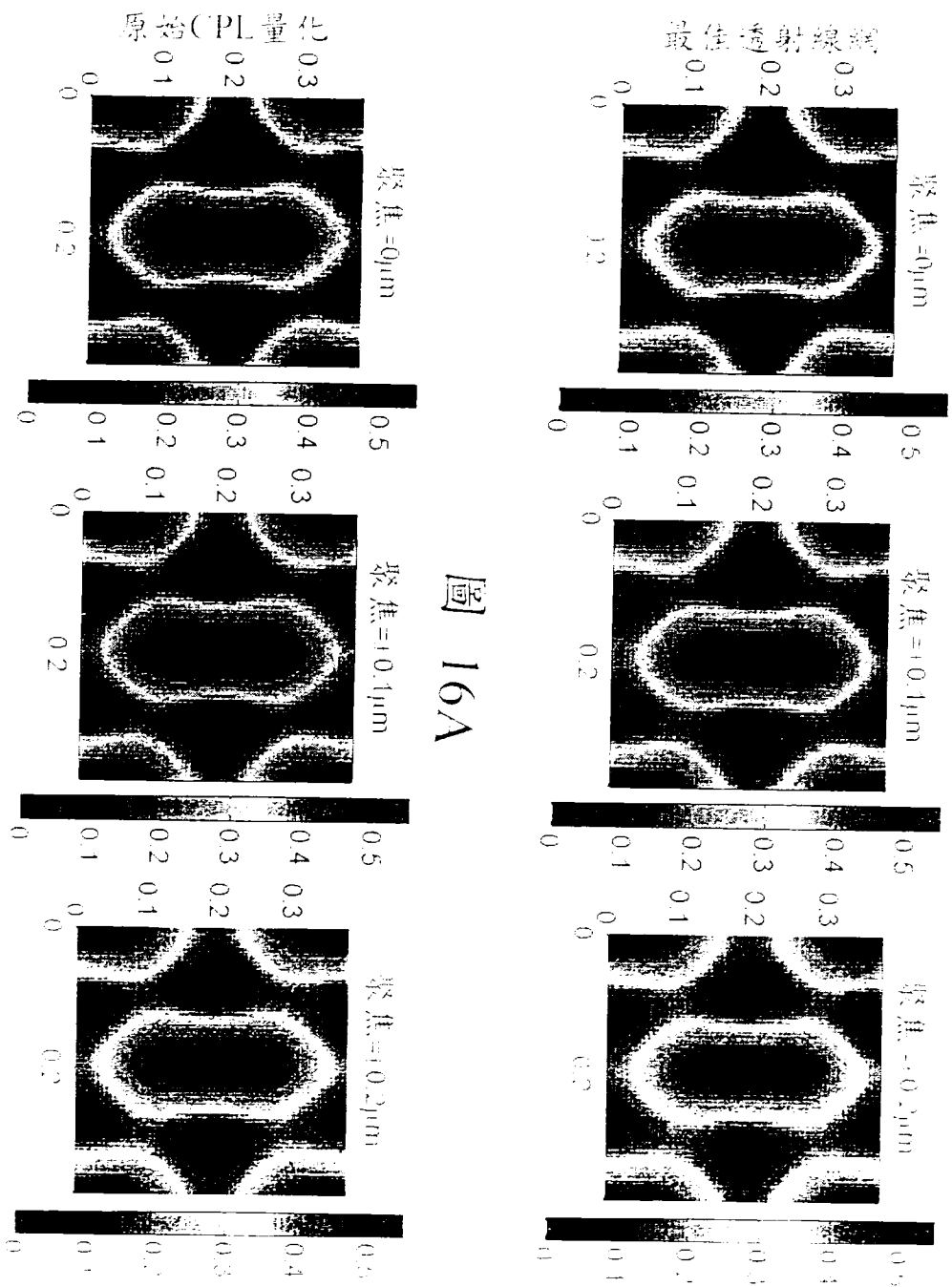


圖 16A

圖 16B

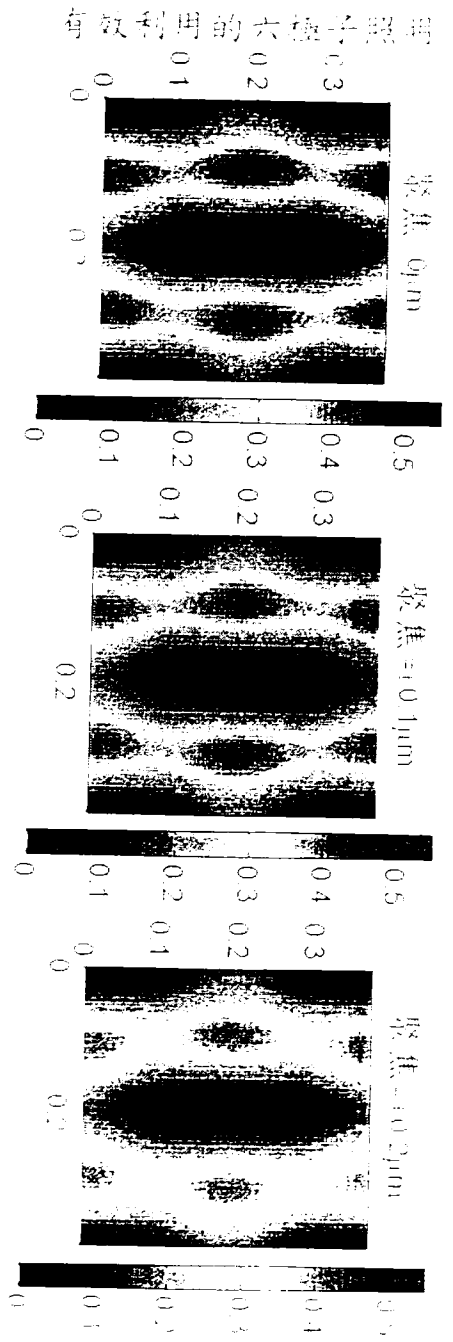


圖 17A

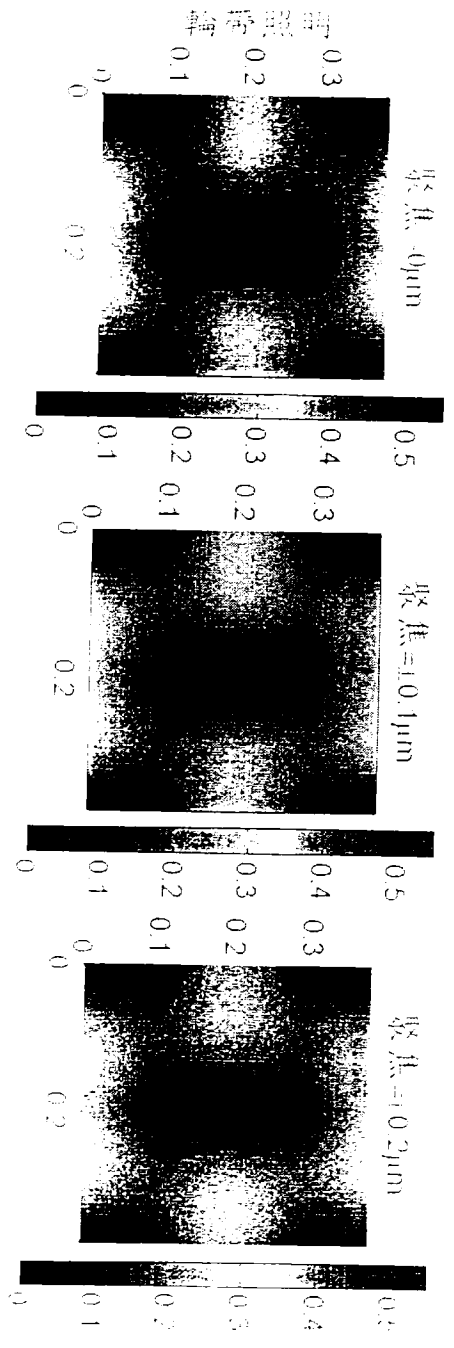
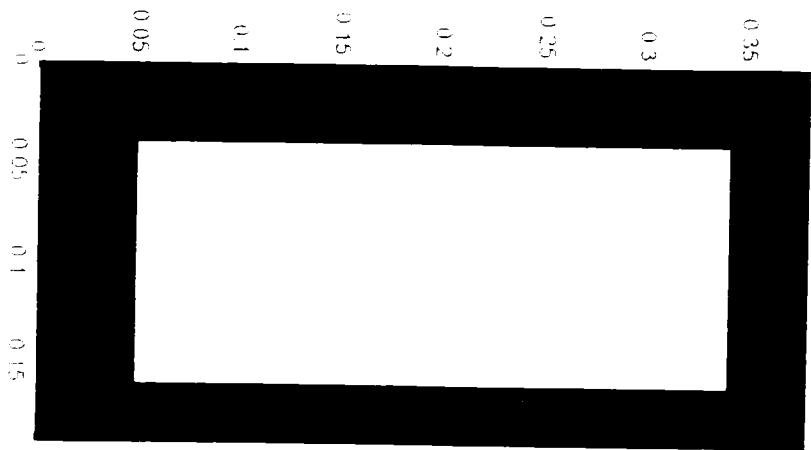
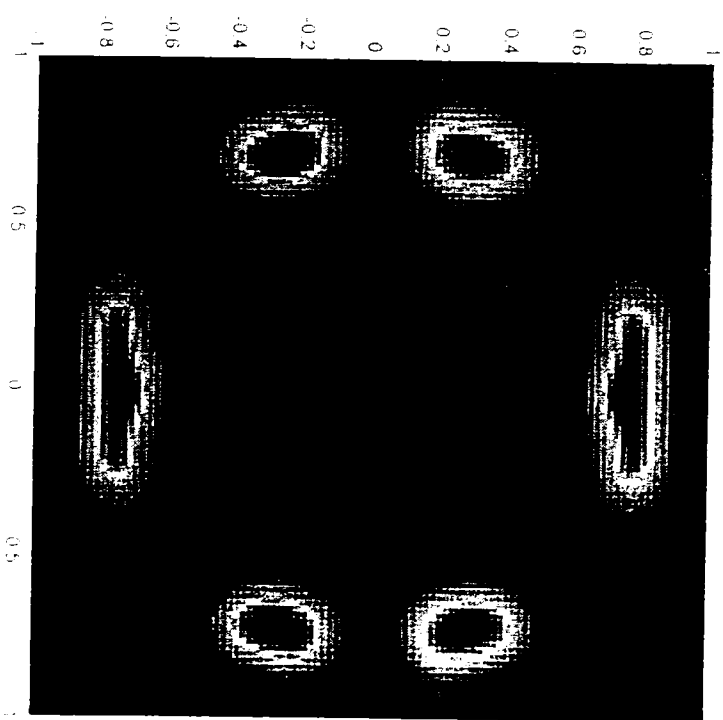


圖 17B



18A



18B

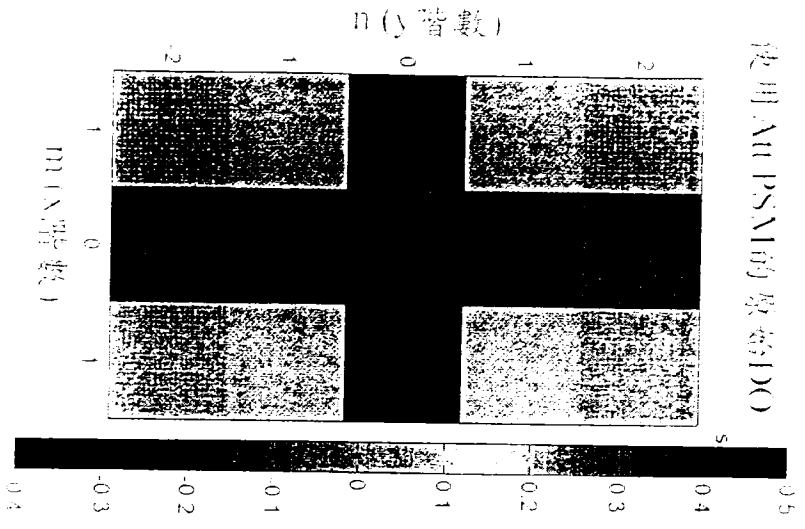


圖 19A

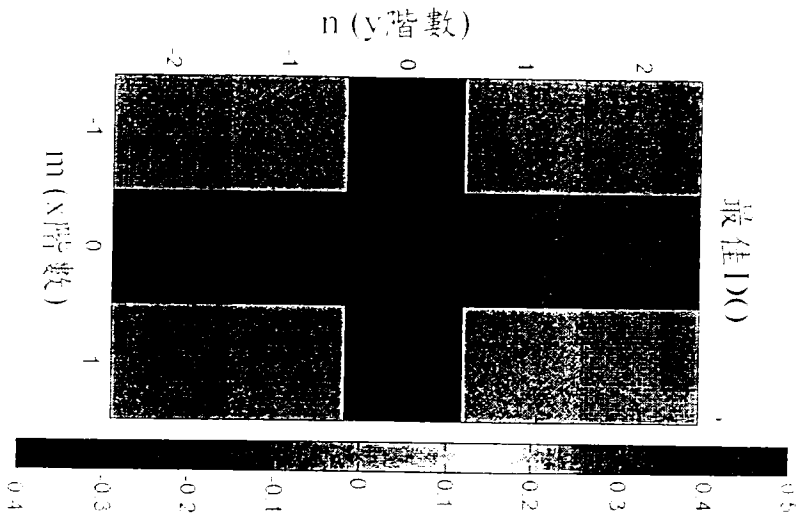


圖 19B

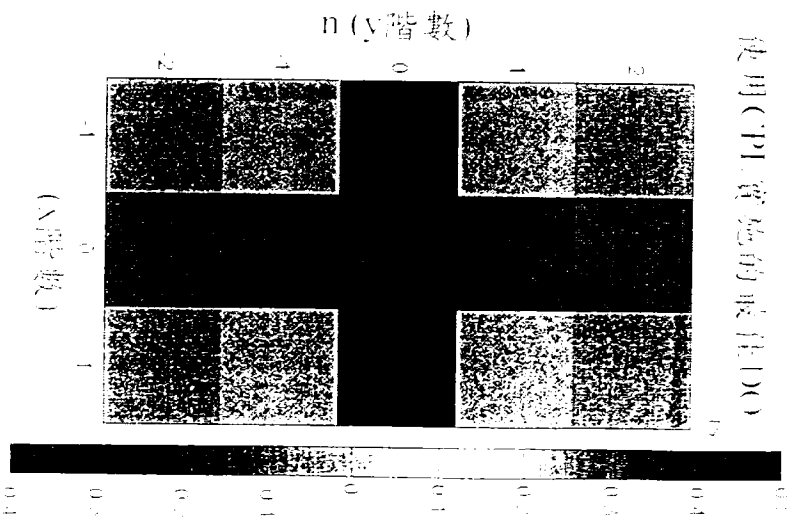


圖 19C

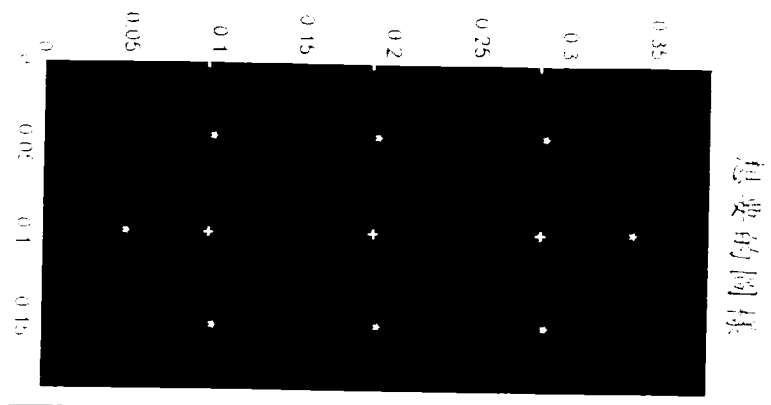


圖 20A

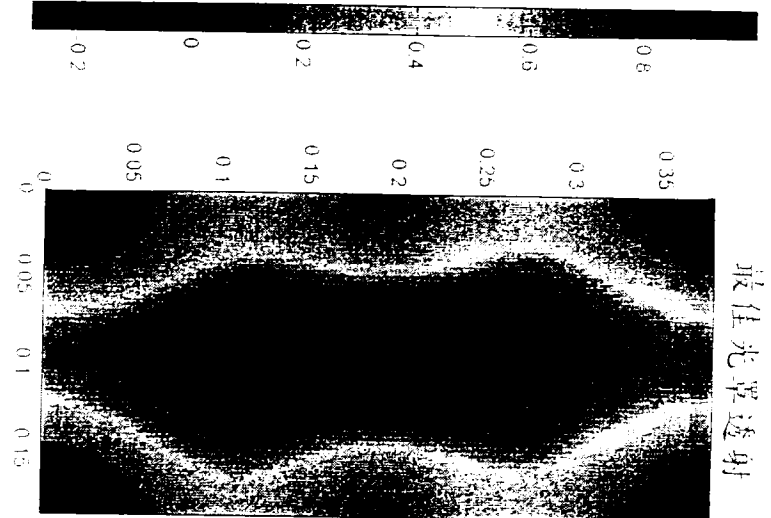


圖 20B

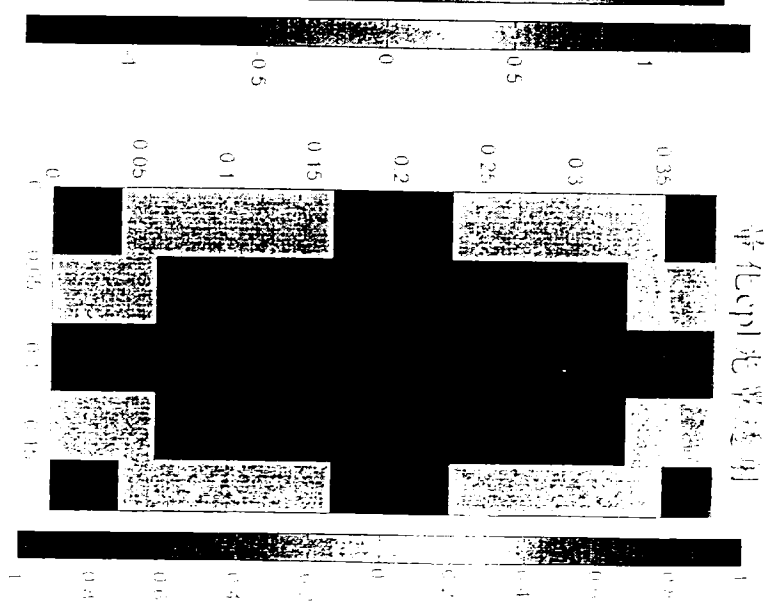


圖 20C

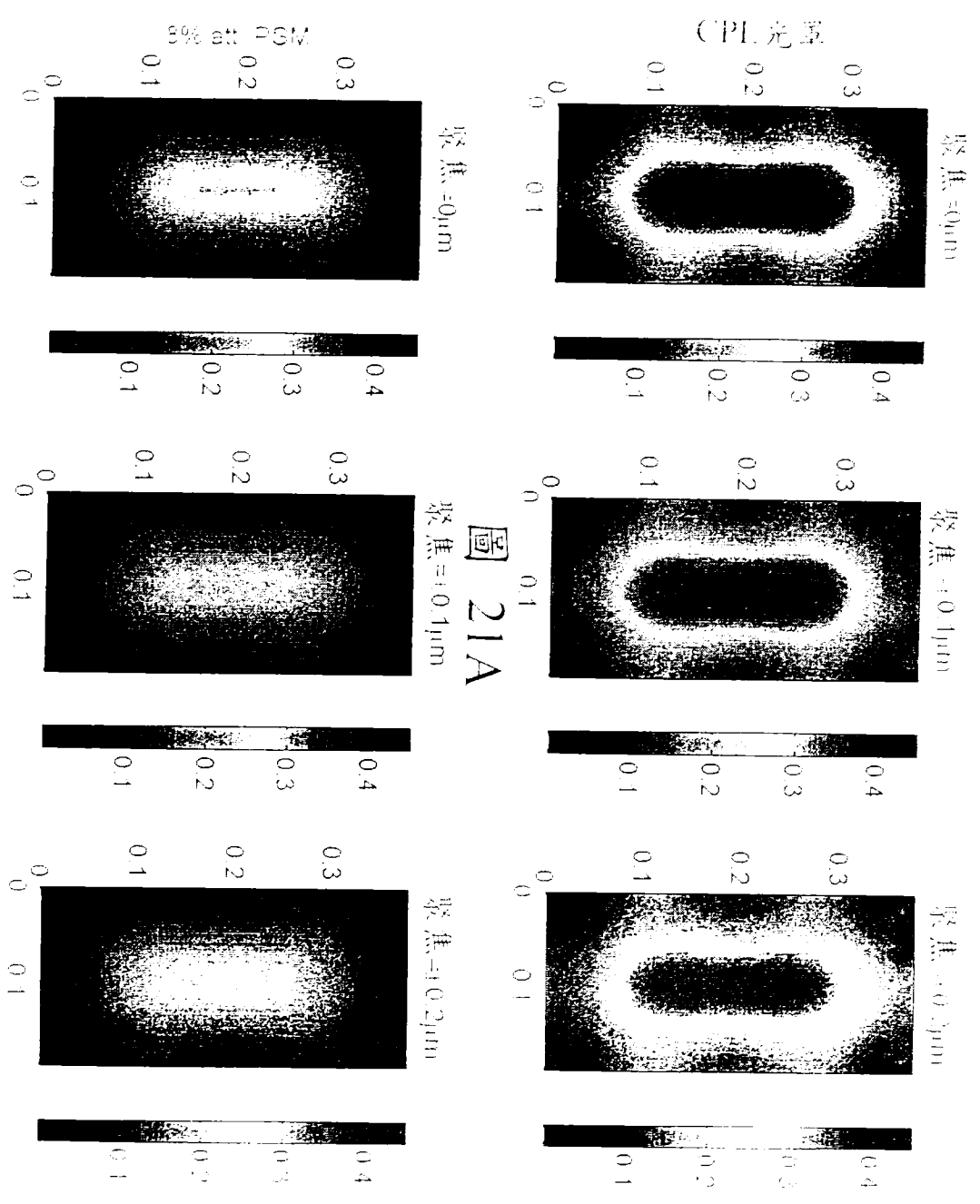
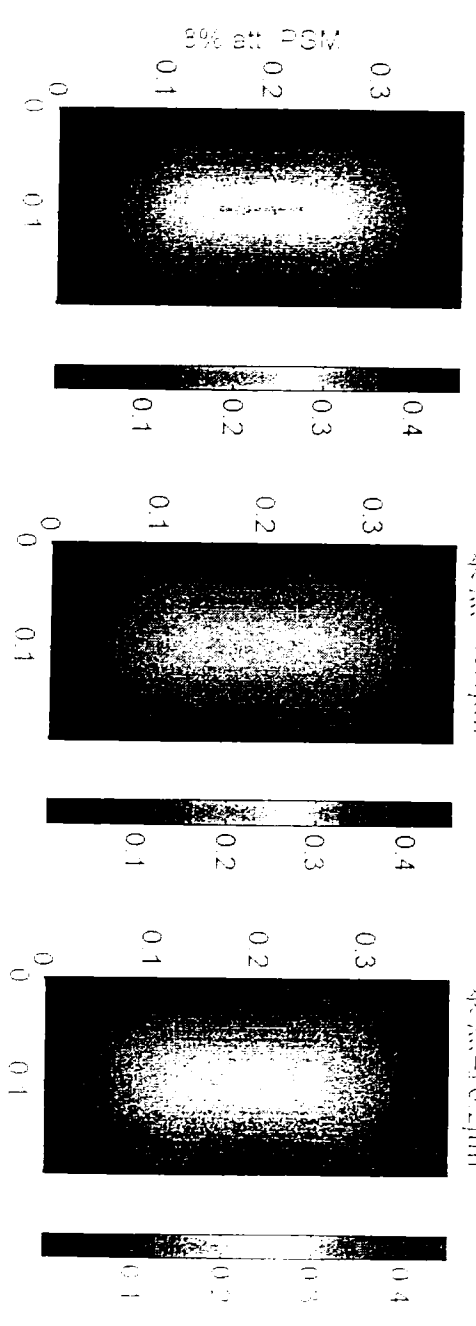


圖 21A

圖 21B



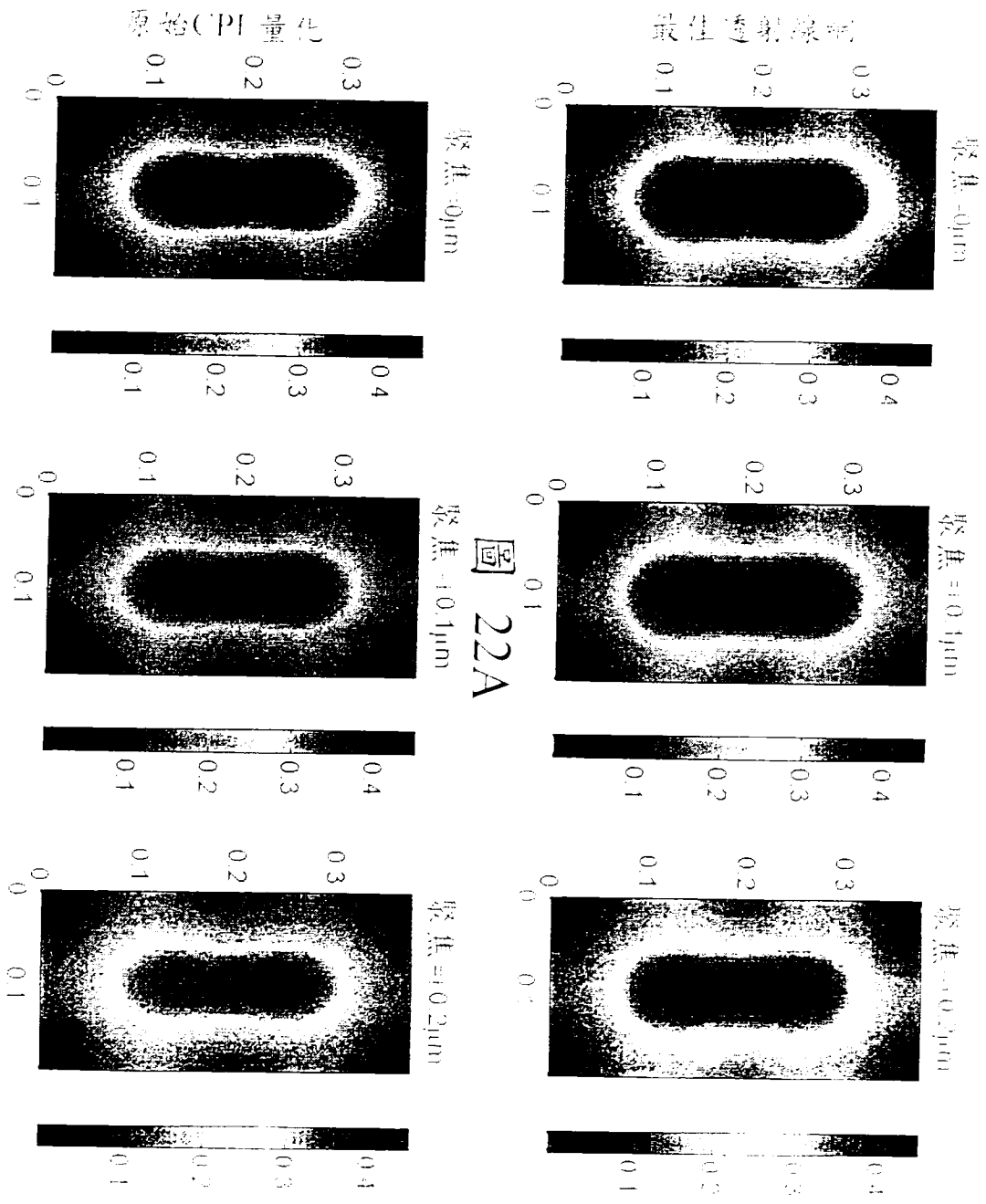


圖 22A

圖 22B

原卷CPI量化

最佳透射線寬

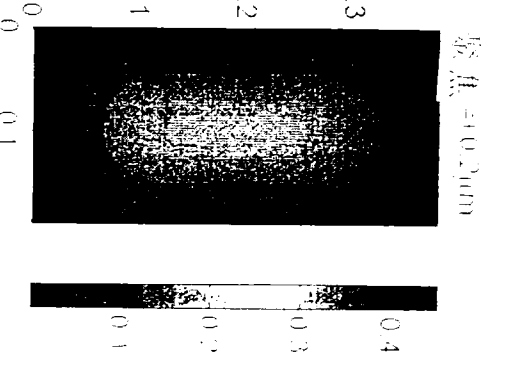
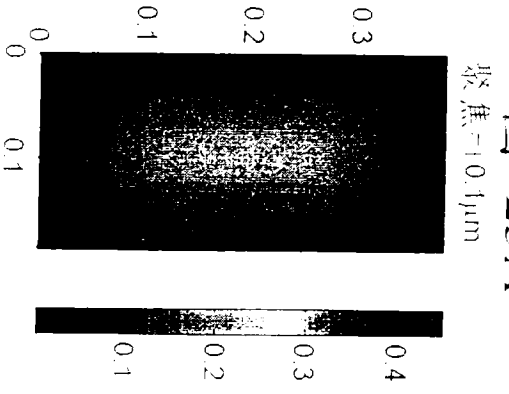
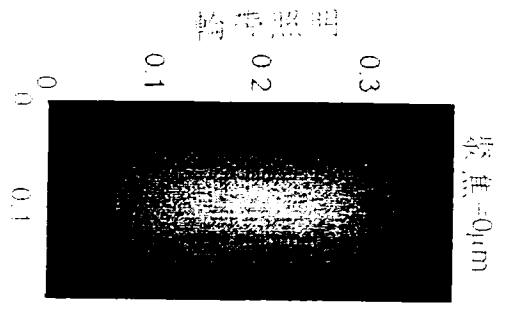
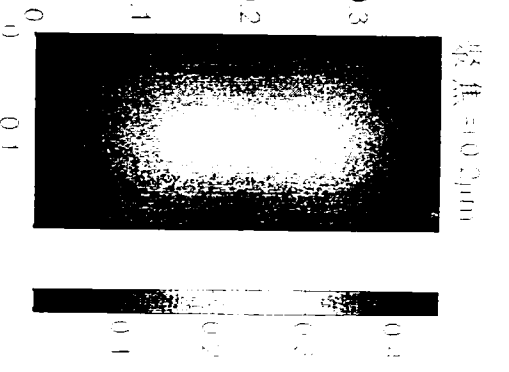
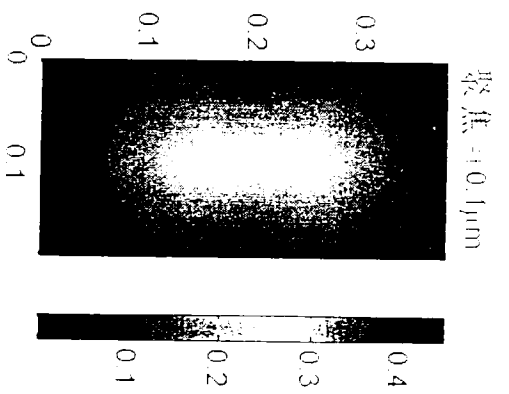
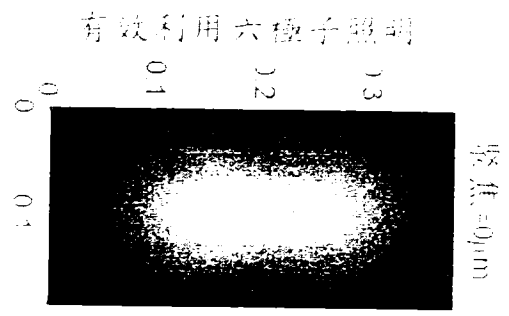


圖 23A

圖 23B

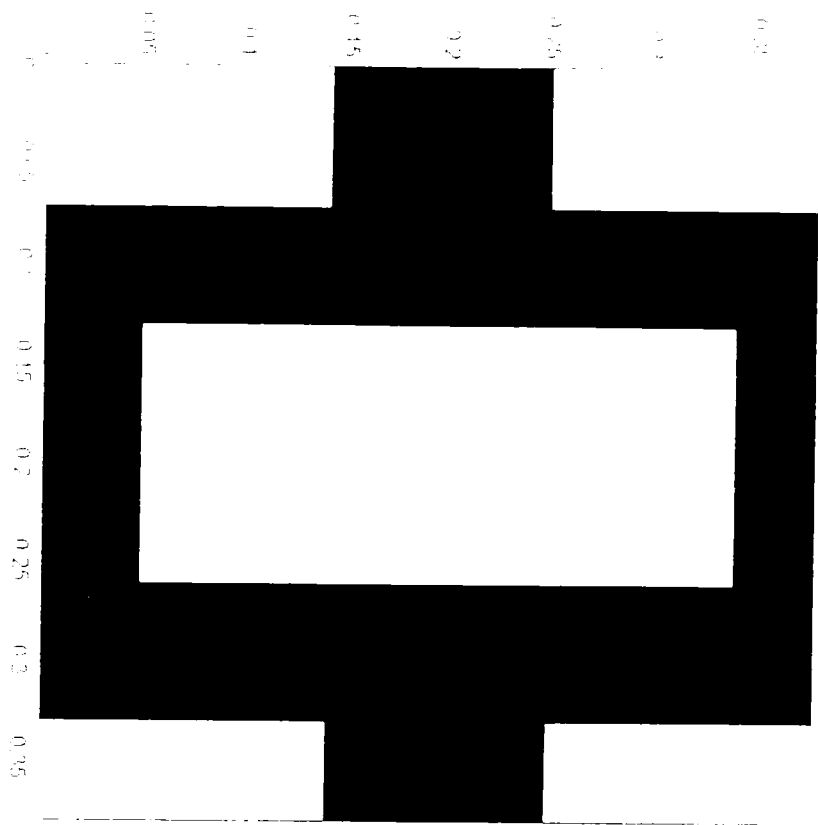


圖 24A

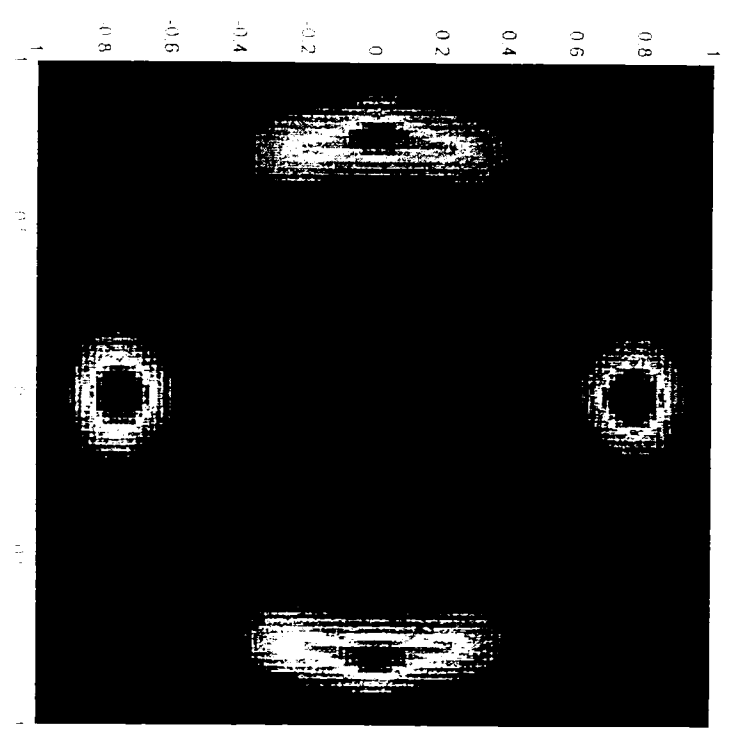


圖 24B

使用AuPSM的聚結DO

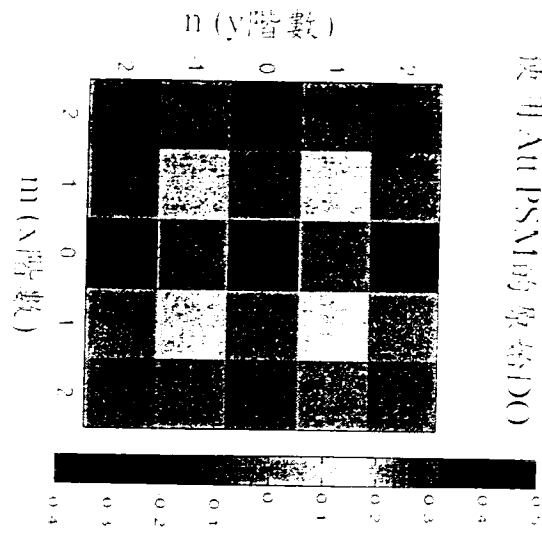


圖 25A

最佳DO

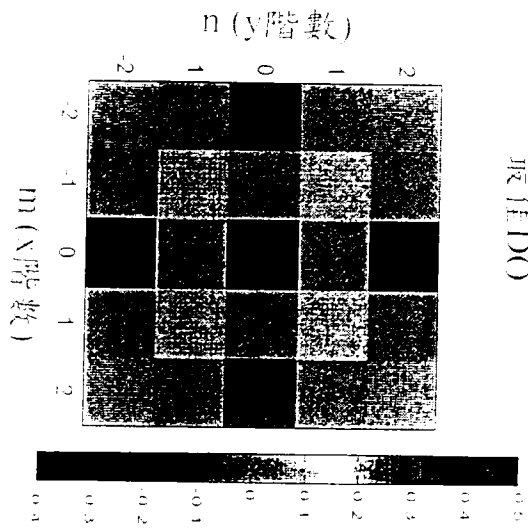


圖 25B

使用CP1實施的最佳DO

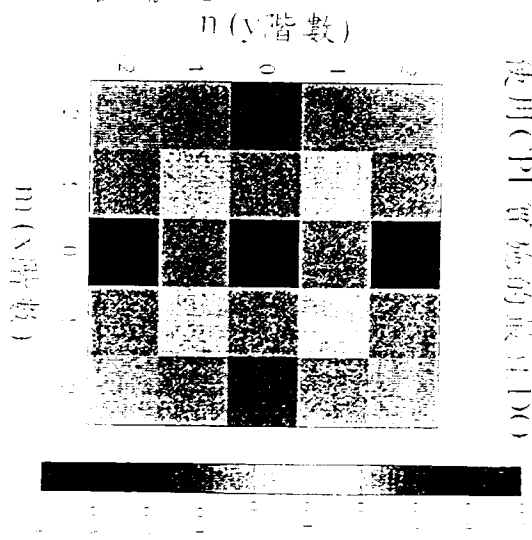


圖 25C

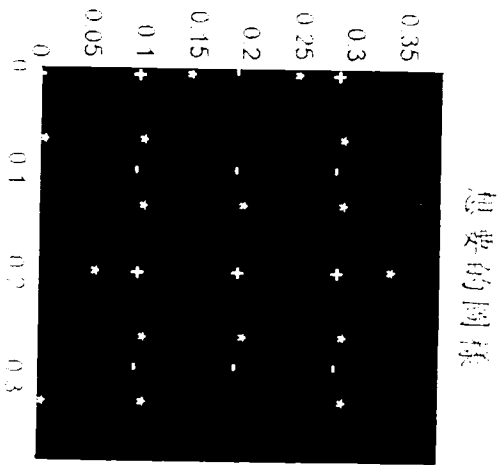


圖 26A

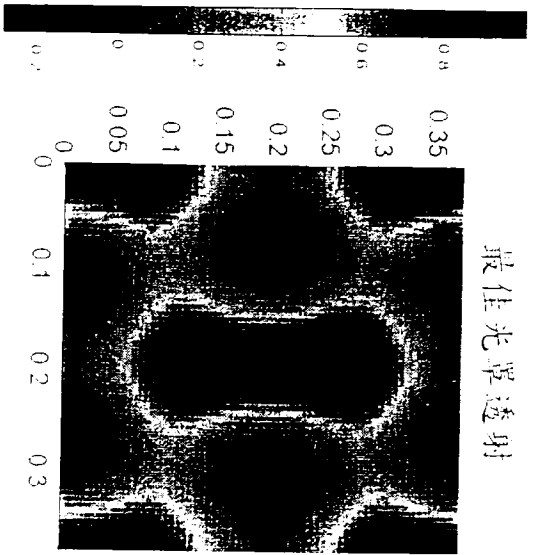


圖 26B

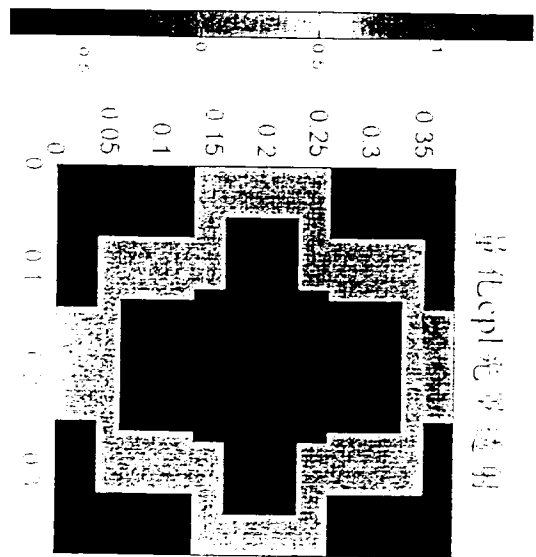


圖 26C

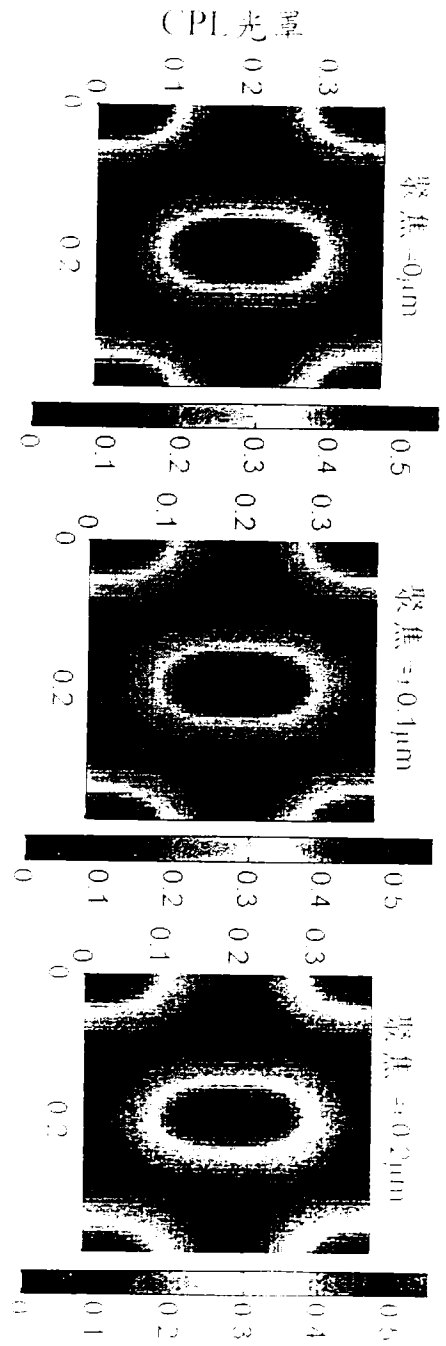


圖 27A

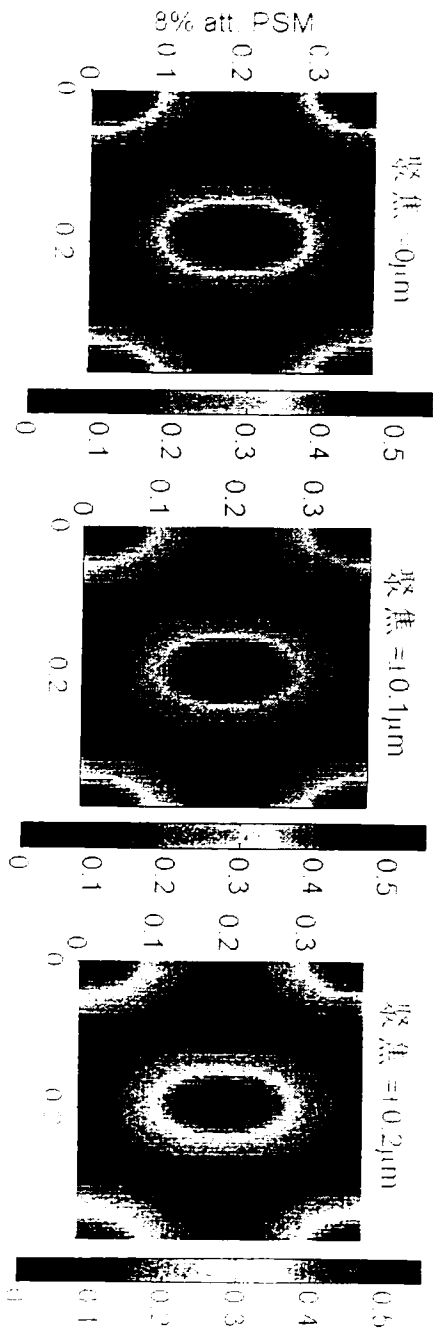


圖 27B

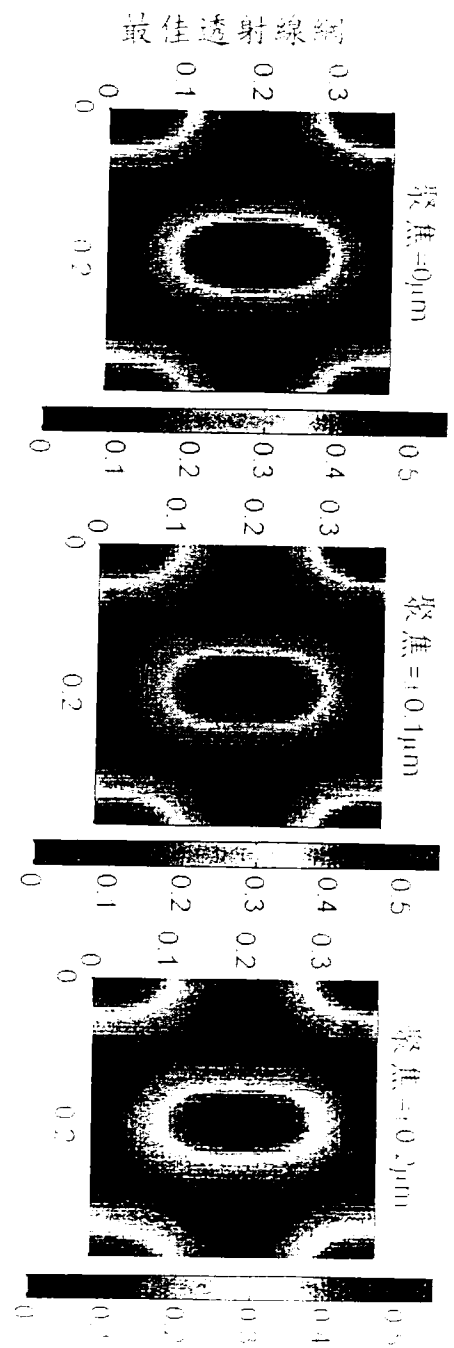


圖 28A

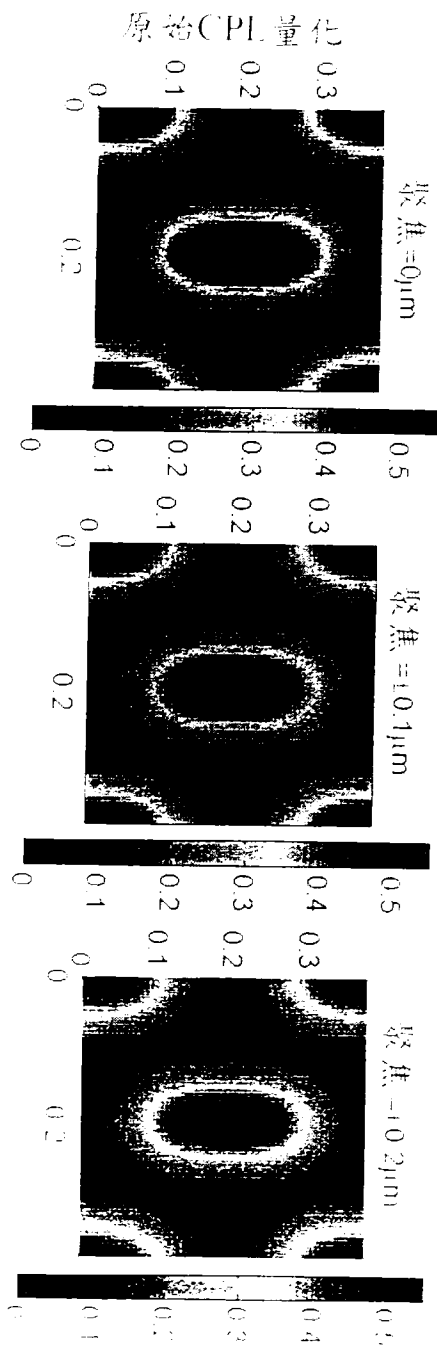


圖 28B

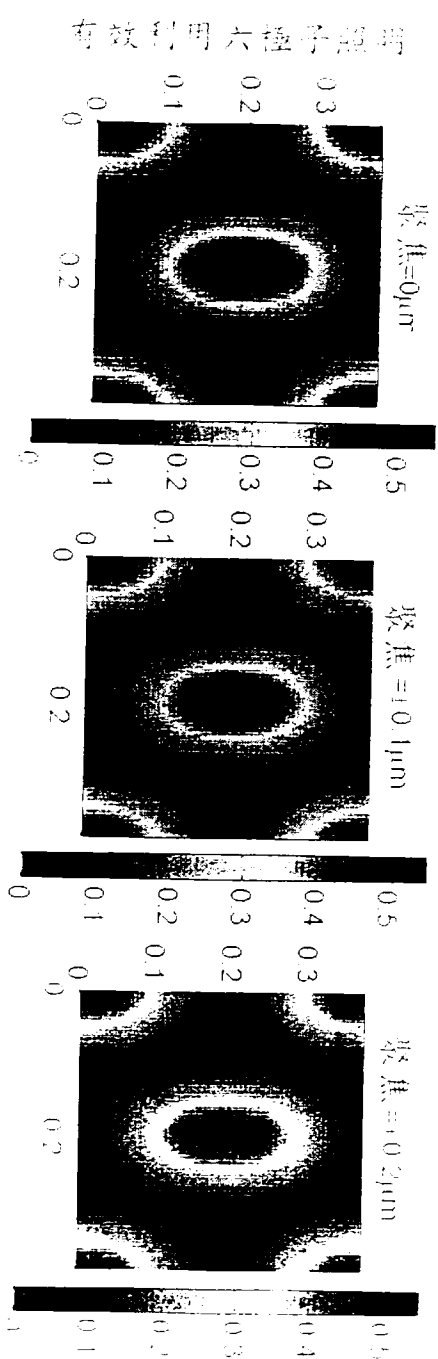


圖 29A

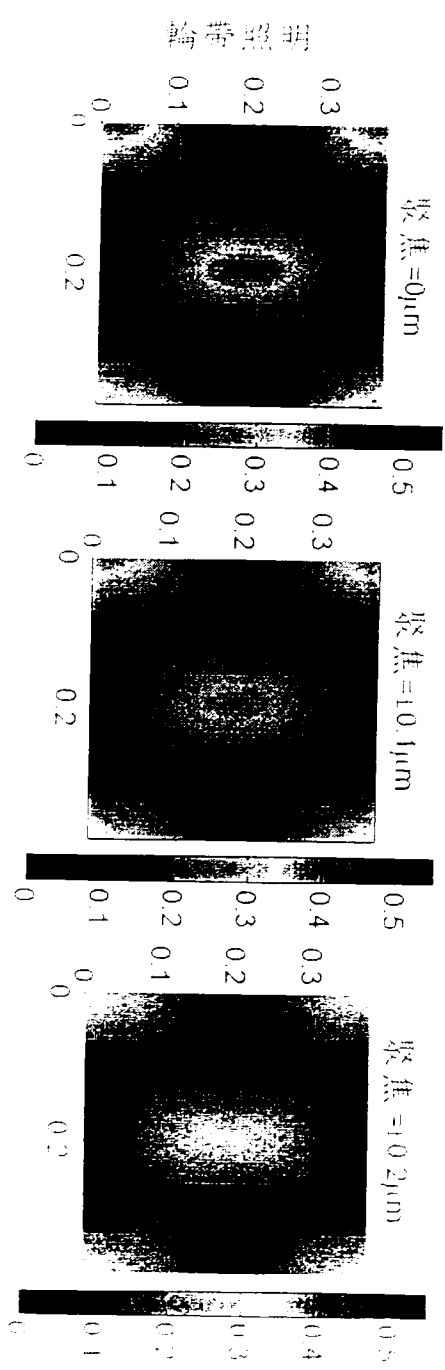


圖 29B

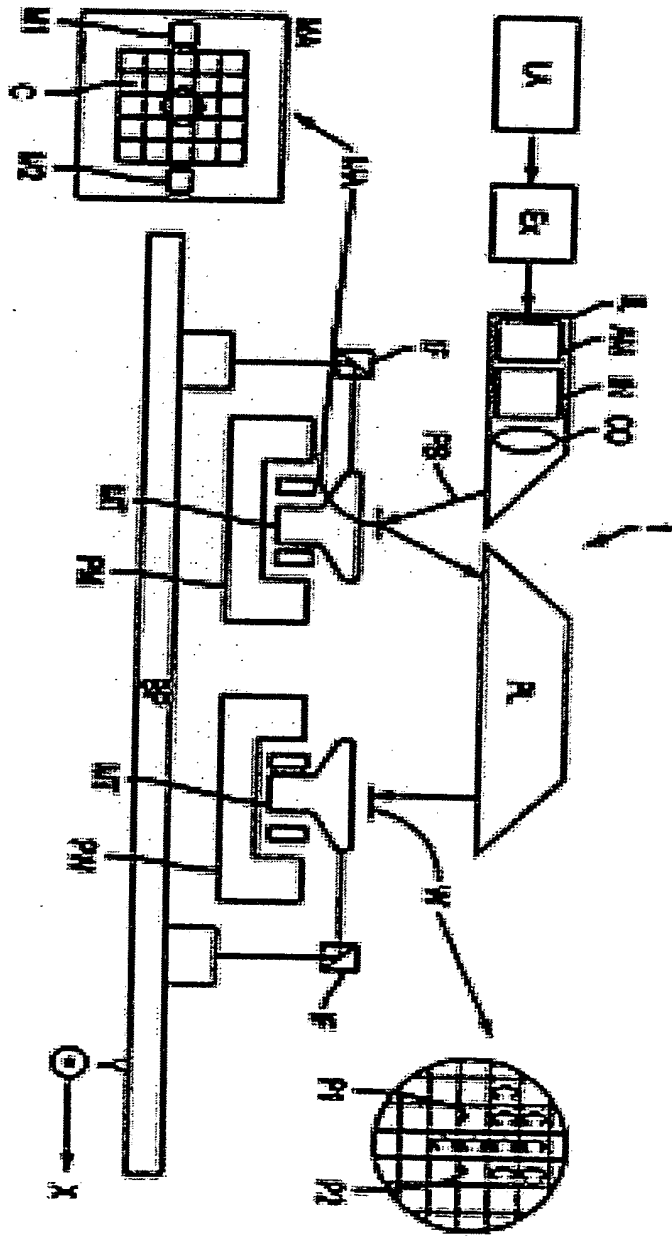


圖 30

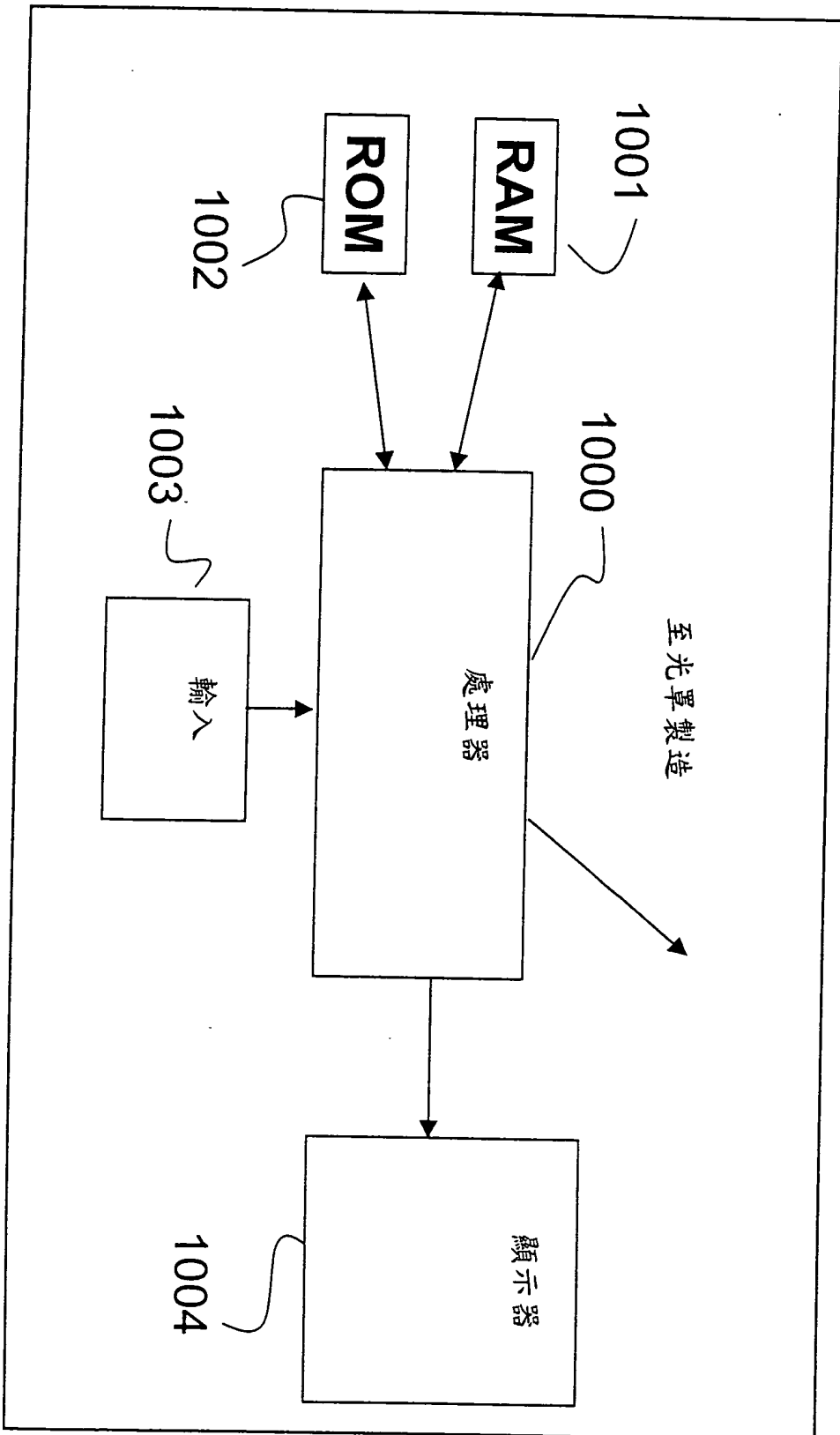


圖 31

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

(無元件代表符號)

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

以線性化的一連串計算而執行照明最佳化與光罩最佳化。羅森伯羅斯揭示使最小正常化影像對數斜率(NILS)達最大，並選取使用在計算的各種不同限制。羅森伯羅斯亦確認計算能透過依賴一光罩的對稱而被限制。然而，羅森伯羅斯所使用的光罩透射線性化需要在計算中使用數個近似值，而不是取代實際的影像方程式本身，且其會在實施形成一想要影像光罩中產生錯誤。光罩透射的線性化亦需要使用決定性數量的變數，且這些變數需要明顯的計算時間以執行計算。

當邏輯特徵尺寸減少時，需要提供能以最小計算時間形成一想要影像的光罩實施。

【發明內容】

根據本發明，用以使一光罩照明的光源最佳化之方法包含下列步驟：將來自一光源的照明提供給複數個光源點與一預定光罩圖樣；選取由提供給預定光罩圖樣的照明所形成一影像的影像平面中的分割點；決定在分割點的照明強度與影像對數斜率；將一最佳光源視為一光源，以使在選取分割點上的影像對數斜率達最大，並具有在一預定範圍內的強度。

根據本發明，用以決定一最佳光罩之方法包含下列步驟：決定一理想光罩的最佳繞射階數；根據該理想光罩的最佳化繞射階數而獲得一最佳透射光罩；並根據該最佳透射光罩而決定一最佳光罩，其中該理想光罩的最佳繞射階數是透過決定在影像平面中形成一影像的繞射階數振幅與

相位而決定，以使在使用者選擇分割點的最小照明對數斜率達最大，以迫使在分割點上的照明強度在一預定範圍內。

根據本發明，用以獲得一最佳光源與一最佳光罩之方法包含下列步驟：將來自光源的照明提供給複數個光源點與一預定光罩圖樣；選取由提供給預定光罩圖樣的照明所形成一影像的影像平面中的分割點；決定在每個分割點上的照明強度與影像對數斜率；及同時改變光源的強度與形狀、與光罩繞射階數的振幅與相位，以使分割點上的最小影像對數斜率達最大的影像平面中形成一影像，而迫使分割點的強度在一預定強度範圍內。

根據本發明，用以使在一光罩上的透射與相移特徵配置最佳化之方法包含下列步驟：根據光罩最佳繞射階數而獲得最佳光罩透射特性；找出最大透射與最小透射的區域；將一原始區域指定為在最大透射或最小透射區域上置中的一區域；改變每個原始區域的邊緣以符合最佳繞射階數，其中每個原始區域具有實質等於光罩最小特徵大小的一最小尺寸。

在本發明的一方法中，該用以獲得最佳光罩透射特性的步驟包括決定一最佳光罩水平繞射階數的步驟，其中水平繞射階數量能根據下列方程式決定：

$$m = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_x (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 m 是水平繞射階數量目； λ 是光源波長； NA 是投射光學的數值孔徑；及 σ_{\max} 是來自光源的一光束散布輻射範圍。

在本發明的一方法中，該用以獲得最佳光罩透射特性的

步驟包括決定一最佳光罩垂直繞射階數的步驟，其中垂直繞射階數量能根據下列方程式決定：

$$n = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_y (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 n 是垂直繞射階數量； λ 是光源波長； NA 是投射光學的數值孔徑；及 σ_{\max} 是來自光源的一光束散布輻射範圍。

根據本發明，一電腦可讀媒體包含指令，以使一電腦執行用以使一光罩照明的光源最佳化之方法，其包含：將來自一光源的照明提供給複數個光源與一預定光罩圖樣；選取由提供給預定光罩圖樣的照明所形成一影像的影像平面中的分割點；決定在每個分割點上的照明強度與影像對數斜率；將一最佳光源視為能使在選取的分割點上的影像對數斜率達最大，並具有在一預定範圍內強度的一光源。

根據本發明，一電腦可讀媒體包含指令，以使一電腦執行用以決定一最佳光罩之方法，其包含下列步驟：決定一理想光罩的最佳繞射階數；根據理想光罩繞射階數最佳化而獲得一最佳透射光罩；及根據最佳透射光罩決定一最佳光罩，其中該理想光罩的最佳繞射階數能透過決定在一影像平面中形成影像的繞射階數的振幅與相位而決定，其能使在使用者選擇分割點的最小照明對數斜率達最大，以迫使在分割點上的照明強度在一預定範圍內。

根據本發明，一電腦可讀媒體包含指令，以使電腦執行用以獲得一最佳光源與一最佳光罩之方法，其包含下列步驟：將來自光源的照明提供給複數個光源點與一預定光罩圖樣；選取由提供給預定光罩圖樣的照明所形成一影像的

影像平面中的分割點；決定在每個分割點的照明強度與影像對數斜率；及同時改變光源的強度與形狀、與光罩繞射階數的振幅與相位，以在使分割點的最小影像對數斜率達最大的影像平面中形成一影像，而迫使分割點的強度在一預定範圍內。

根據本發明，一電腦可讀媒體包含指令，以使一電腦執行用以使在一光罩上的透射與相移特徵配置最佳化之方法，其包含下列步驟：根據光罩的最佳繞射階數獲得最佳光罩透射特性；找出最大透射與最小透射的區域；將一原始區域指定為在最大透射或最小透射區域上置中的一區域；改變每個原始區域的邊緣以符合最佳繞射階數，其中每個原始區域具有實質等於光罩最小特徵大小的一最小尺寸。

根據本發明，一電腦可讀媒體包含指令，以使電腦使在光罩上的透射與相移特徵配置最佳化，其包含下列步驟：獲得最佳光罩透射特性；找出最小透射的區域；將一原始區域指定為在最小透射區域上置中的一區域；及改變原始區域的邊緣以符合最佳繞射階數，其中該原始區域具有實質等於光罩最小特徵大小的一最小尺寸。

一可讀媒體可進一步包含指令，以使電腦執行下列步驟：找出最大透射的一區域；將一透射原始區域指定為在最大透射區域上置中的一區域；改變透射原始區域的邊緣以符合最佳繞射階數，其中該透射原始區域具有實質等於光罩最小特徵大小的一最小尺寸。

在本發明的一電腦可讀媒體中，該用以獲得最佳光罩透射特性的步驟包括用以決定一最佳光罩水平繞射階數的步驟，其中水平繞射階數量能根據下列方程式決定：

$$m = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_x (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 m 是水平繞射階數量； λ 是光源波長；NA 是投射光學的數值孔徑；及 σ_{\max} 是來自光源的一光束散布輻射範圍。

在本發明的一電腦可讀媒體中，用以獲得最佳光罩透射特性的步驟包括用以決定一最佳光罩垂直繞射階數的步驟，其中垂直繞射階數量能根據下列方程式決定：

$$n = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_y (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

在 n 是垂直繞射階數量； λ 是光源波長；NA 是投射光學的數值孔徑；及 σ_{\max} 是來自光源的一光束散布輻射範圍。

根據本發明，用以使一光罩照明的光源最佳化之裝置包含：一輸入單元，以輸入一照明裝置的特性；及一處理單元，其配置可改變一照明的強度與形狀，以在使用者選擇分割點的最小影像對數斜率達最大的一影像平面中形成一影像。

根據本發明，用以將一光罩最佳化之裝置包含：一輸入單元，以輸入一想要的影像圖樣；及一處理單元，其配置可改變繞射階數的振幅與相位，以在使用者選擇分割點的最小對數斜率達最大的影像平面中形成一影像，而迫使分割點的強度在一預定範圍內。

根據本發明，用以獲得一最佳光源與一最佳光罩之裝置包含：一輸入單元，以接受使用者；及一處理單元，其配

置可同時改變一光源的強度形狀，並改變繞射階數的振幅與相位，以在使用者選擇分割點的一最小影像對數斜率達最大的影像平面中形成一影像，而迫使分割點的強度在一預定範圍內。

根據本發明，用以使在一光罩上的透射與相移特徵配置最佳化之裝置包含：一輸入單元，以輸入一照明裝置的特性；及一處理單元，其配置能根據光罩的最佳繞射階數而獲得最佳光罩透射特性；找出最小透射與最大透射的區域；將原始區域指定為在最小透射區域或最大透射區域上置中的區域；及改變原始區域的邊緣以符合最佳繞射階數，其中原始區域具有實質等於光罩最小特徵大小的一最小尺寸。

在本發明的一裝置中，最佳光罩透射特性包括一最佳光罩的水平繞射階數，且水平繞射階數量能根據下列方程式決定：

$$m = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_x (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 m 是水平繞射階數量； λ 是光源波長； NA 是投射光學的數值孔徑；及 σ_{\max} 是來自光源的一光束散布輻射範圍。

在本發明的一套裝置，最佳光罩透射特性包括一最佳光罩的垂直繞射階數，其中垂直繞射階數量能根據下列方程式決定：

$$n = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_y (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

在 n 是垂直繞射階數量； λ 是光源波長； NA 是投射光學的數值孔徑；及 σ_{\max} 是來自光源的一光束散布輻射範圍。

本發明能透過限制考慮的光罩最佳化變數的數量而提供光罩參數快速計算的優點。照明最佳化變數量能透過依賴光罩對稱而減少。光罩最佳化變數量亦能透過使光罩繞射階數最佳化，而不是執行光罩透射計算而予以減少。光罩繞射階數的最佳化是一非線性處理；因此，減少變數量可減少計算時間。此外，光罩透射藉能透過使選取的量化光罩透射等於最佳化繞射階數的一線性最佳化之後執行繞射階數的一非線性最佳而予以最佳化。

【實施方式】

本發明揭示用以使光源與光罩最佳化以在一影像平面中建立一想要圖樣之方法。在一較佳實施中，一影像是在影像平面中形成，且該影像平面在使用者選擇分割點的最佳化處理中具最大影像對數斜率(IIS)。影像能透過改變光源的強度與形狀及透過改變繞射階數的振幅與相位而最佳化。在一較佳實施中，光源會先最佳化，然後將光罩繞射階數最佳化；然而，光源與光罩繞射階數可同時最佳化。

既然IIS是一非線性量，所以光源與光罩的最佳化是一非線性最佳化。熟諳此技者了解到在一非線性最佳化中，計算時間是變數量的函數(例如一幾何函數)。因此，若要加速計算時間，變數量必須減少。在根據本發明的光源最佳化中，變數量能透過利用光罩對稱而減少。例如，如果光罩是對稱垂直與水平軸，光源便會對稱垂直與水平軸，以允許使用光源四分之一的最佳化達成。

在根據本發明的光罩最佳化中，變數量能透過在空間頻

域中執行繞射階數最佳化而減少。光罩最佳化最好是在空間頻域執行而不是在空域執行，因為透鏡(例如投射光學的入口)與光源會限制用來形成投射影像的繞射階數數量。除了使在使用者選擇分割點的 ILS 最佳化之外，透過光罩形成的影像形狀必須符合想要的圖樣。匹配最好是透過增加在所有分割點的強度是相同、或在彼此預定偏向範圍內的一限制而達成，例如 $\pm 2\%$ 偏向。最好是，在使光罩繞射階數最佳化之後，最佳光罩透射能透過採用光罩繞射階數的逆傅立葉轉換計算。

在最佳光罩透射中，電場透射具有從 0 至 1 的連續振幅與從 -180 度至 $+180$ 度的連續相位。既然光罩具有有限數量的電場透射，所以最佳透射最好能透過有限數量透射量化。此量化最好是透過選擇量化光罩透射區域使得量化光罩繞射階數實質等於最佳繞射階數而達成。因為傅立葉轉換是一線性計算，所以選取量化光罩透射區域使得量化光罩繞射階數等於最佳繞射是可快速計算的一線性處理。

圖 1A 與 1B 描述使用 Abbe 影像的一照明處理。如圖 1A 所述，每個光源點 10 能透過在想要的光源點 10 上選擇性放置一光源(未在圖顯示)而照明。整個影像強度是來自該等個別光源點 10 每一者的強度加總。照明圖樣是真實的(在數學方面)，因此，照明必須具有平坦對稱。最好是，光源點可選擇可增強在影像平面分割點上的正常化影像對數斜率(NILS)。一分割點對於小於 $\lambda/2NA$ 平面上的點是普遍已知的。

個分割點(x,y)的NILS達最大最佳光源可如步驟S6所述決定。

因此，在前述圖2的較佳處理實施中，照明的強度與形狀可改變以在影像平面中形成一影像，以使在使用者選定分割點上的最小ILS達最大，並迫使分割點的強度在一預定強度範圍內。

圖3根據本發明描述一光罩最佳化處理範例。已知為Hopkins影像的技術可使用，其中透過改變孔以使NILS最大而嘗試使對數斜率達最大。熟諳此技者了解到Abbe影像亦可使用。熟諳此技者了解到在Abbe影像中，一影像可於每一點建立，並增加影像且最後合併在光源。Abbe影像通常認為是空間不連貫。熟諳此技者了解到在Hopkins影像中，合併會先在光源發生，並獲得一透射功能。從跨透射係數(TCC)獲得一次光罩最佳化及描述整個掃描器與步進器光學是容易的。對於光罩最佳化而言，特徵值會很快衰退以表示具一些特徵函數的跨透射係數。此可加速計算時間。

圖3亦描述透過使用Hopkins影像建立跨透射係數。跨透射係數是將照明孔與投射孔的自動關聯性。圖描述在(0,0)置中的照明孔自動關聯性、與在 $\left(\frac{m\lambda}{P_x NA}, \frac{n\lambda}{P_y NA}\right)$ 置中的投射孔、及與在 $\left(-\frac{p\lambda}{P_x NA}, -\frac{q\lambda}{P_y NA}\right)$ 置中的投射孔的共軛複數，其中NA表示投射光學的數值孔徑，且 λ 表示光源波長。

在執行Hopkins影像中，合併會先在光源發生，以形成如圖3的TCC(m,n,p,q)所述的影像跨透射係數(TCC)。跨透射

罩透射可製造 e 範圍變成 $\mathfrak{S}^{-1}\{O(m,n)\} \leq 1.25$ 與 $\mathfrak{S}^{-1}\{O(m,n)\} \geq 1.25\sqrt{T}$ ，其中 T 是相移光罩的發射度。

微處理器亦接收最佳化限制，以用來迫使在影像平面的強度在一預定值，使強度低於一預定值達最小，使強度超過一預定值達最大，或符合如步驟 S27 所述的一光罩製造性限制。預定值的選擇最好是可提供最高影像對數斜率 (ILS) 的強度。將光罩透射限制在一可製造範圍的最佳化限制如下列方程式 2 所示。

$$|\mathfrak{S}^{-1}\{O(m,n)\}| \leq 1.25 \quad \text{方程式 2}$$

處理器最好可例如透過改變繞射階數的振幅與相位，藉由改變光罩繞射階數 $O(m,n)$ 以使如步驟 S25 所述分割點 (x,y) 上的 NILS 達最大而執行光罩透射最佳化。步驟 S25 的最佳化結果繞射階數是與如步驟 S26 所述每個核心 i 的計算影像強度加總，並提供如步驟 S28 所述的理想最佳光罩繞射階數 $O(m,n)$ 。如步驟 S29 所述，述逆傅立葉轉換然後執行將計算從頻域轉換成空域，以如步驟 S30 所述獲得在空域的最佳透射光罩 $o(x,y)$ 。

額外光罩限制考慮使如圖 5A 與 5B 所述的一光罩最佳化。繞射階數能透過一實數元件與一虛數元件估計，並以下列方程式 3 表示。

$$O(m,n) = O^*(-m,-n) \quad \text{方程式 3}$$

方程式 3 可確保光罩在數學意義是實數。一實際光罩具有 0° 與 180° 的透射相位。

實際繞射階數量 x 能以下列方程式 4 表示。

99年07月29日修正替換頁

MA	光罩
MT	光罩平台
NILS	正常化影像對數斜率
PL	項目
W	基板
WT	基板平台

伍、中文發明摘要：

一光源能透過改變光源的強度與形狀，以在使用者選擇分割點的最小正常化影像對數斜率(ILS)達最大的影像平面中形成一影像而最佳化，以迫使分割點的強度在一小強度範圍內。一最佳光罩能透過改變繞射階數的等級與相位，以在使用者選擇分割點的最小 ILS 達最大的影像平面中形成一影像而決定，以迫使分割點的強度在一小強度範圍內。一最佳光罩能透過指定一最佳透射光罩的最小透射區域 $a-1$ ，及最大透射區域 $a+1$ 以建立一 CPL 光罩。具有大小設定成一光罩製造器最小特徵大小的原始長方形指定給找到的最小與最大透射區域，並在想要的位置上置中。該等原始長方形的邊緣會改變，以符合最佳繞射階數 $O(m,n)$ ，然後形成最佳 CPL 光罩 $O_{CPL}(x,y)$ 。

陸、英文發明摘要：

An illumination source is optimized by changing the intensity and shape of the illumination source to form an image in the image plane that maximizes the minimum ILS at user selected fragmentation points while forcing the intensity at the fragmentation points to be within a small intensity range. An optimum mask may be determined by changing the magnitude and phase of the diffraction orders to form an image in the image plane that maximizes the minimum ILS at user selected fragmentation points while forcing the intensity at the fragmentation points to be within a small intensity range. An optimal mask may be used to create a CPL mask by assigning areas of minimum transmission in an optimum transmission mask $a-1$, and areas of maximum transmission $a+1$. Primitive rectangles having a size set to a minimum feature size of a mask maker are assigned to the located minimum and maximum transmission areas and centered at a desired location. The edges of the primitive rectangle are varied to match optimal diffraction orders $O(m,n)$. The optimal CPL mask $O_{CPL}(x,y)$ is then formed.

拾、申請專利範圍：

1. 一種用以決定一最佳光罩之方法，其包含下列步驟：

根據用於照明該最佳光罩的一照明系統之規格，確認照明強度值的一預定範圍；

決定最佳繞射階數；

根據基於經確認的該預定範圍之該最佳繞射階數而獲得一最佳透射光罩；及

根據該最佳透射光罩而決定一最佳光罩；

其中藉由決定繞射階數之相位與一振幅而決定該最佳繞射階數，該繞射階數之相位與振幅形成該照明系統的一影像平面中的一影像，其最大化在該最佳光罩的使用者所選擇分割點之最小照明對數斜率同時迫使在該等分割點上的照明強度在該預定範圍內。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中獲得該最佳透射光罩的步驟包括決定該最佳繞射階數的水平繞射階數之一數步驟，其中該水平繞射階之數可根據下列方程式決定：

$$m = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_x (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 m 是該水平繞射階數之數；

P_x 是該最佳光罩的在 x 方向的一重複單元之間距；

λ 是該照明系統的一照明源的一波長；

NA 是該照明系統的投射光學的一數值孔徑；及

σ_{\max} 是來自該照明源的一光束之散布的一徑向範圍。

3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中獲得該最佳透射光罩的步驟包括決定該最佳繞射階數垂直繞射階數之一數的

步驟，其中該垂直繞射階數之數能透過下列方程式決定：

$$n = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_y (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 n 是該垂直繞射階數之數；

P_y 是該最佳光罩在 y 方向的一重複單元之間距；

λ 是該照明系統的一照明源的波長；

NA 是該照明系統的投射光學的一數值孔徑；及

σ_{\max} 是來自該照明源的一光束之散布的一徑向範圍。

4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中決定最佳繞射階數的步驟可決定在空間頻域的最佳繞射階數。
5. 如申請專利範圍第1項之方法，其中決定一最佳光罩步驟包含下列步驟：

找出最大透射與最小透射的區域；

將一原始區域指定為在最大透射或最小透射區域上置中的一區域；

改變該原始區域的邊緣，以符合該最佳繞射階數；

其中該原始區域具有實質等於該最佳光罩最小特徵尺寸的一最小尺寸。

6. 一種最佳化在一光罩上的一透射配置與相位移特徵之方法，其包含下列步驟：

根據該光罩的最佳繞射階數而獲得最佳光罩透射特性；

根據所獲得的該最佳光罩透射特性找出穿過該光罩之最大透射與最小透射的區域；

將該光罩中一原始區域指定為在最大透射及最小透射區域之一者置中的一區域；

改變該原始區域的邊緣，以符合該最佳繞射階數；

其中該原始區域具有實質等於該光罩一最小特徵尺寸的一最小尺寸。

7. 如申請專利範圍第6項之方法，其中獲得最佳光罩透射特性的步驟包括決定將由一經確認的照明系統照射的一最佳光罩水平繞射階數的之一數的步驟，其中該水平繞射階數之數是根據下列方程式決定：

$$m = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_x (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 m 是該水平繞射階數之數；

P_x 是在 x 方向上該光罩中的重複單元之間距；

λ 是該照明系統的一照明源的一波長；

NA 是該照明系統的投射光學的一數值孔徑；及

σ_{\max} 是來自該照明源的一光束之散布的一徑向範圍。

8. 如申請專利範圍第6項之方法，其中獲得最佳光罩透射特性的步驟包括決定一最佳光罩垂直繞射階數的之一數的步驟，其中該垂直繞射階數之數能透過下列方程式決定：

$$n = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_y (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 n 是該垂直繞射階數之數；

P_y 是在 y 方向上該光罩中的重複單元之間距；

λ 是該照明系統的一照明源的一波長；

NA 是該照明系統的投射光學的一數值孔徑；及

σ_{\max} 是來自該照明源的一光束之散布的一徑向範圍。

9. 如申請專利範圍第6項之方法，其中該光罩是一CPL光罩。

10. 一種電腦可讀取媒體，其包含儲存其中的指令，當該指令由一電腦執行時，使該電腦執行決定一最佳光罩的一方法，包含以下步驟：

根據用於照明該最佳光罩的一照明系統之規格，確認照明強度值的一預定範圍；

決定最佳繞射階數；

根據基於經確認的該預定範圍之該最佳繞射階數而獲得一最佳透射光罩；及

根據該最佳透射光罩而決定一最佳光罩；

其中藉由決定繞射階數之相位與一振幅而決定該最佳繞射階數，該繞射階數之相位與振幅形成該照明系統的一影像平面中的一影像，其最大化在該最佳光罩的使用者所選擇分割點之最小照明對數斜率同時迫使在該等分割點上的照明強度在該預定範圍內。

11. 如申請專利範圍第10項之電腦可讀取媒體，其中獲得該最佳透射光罩的步驟包含決定該最佳繞射階數的水平繞射階數之一數的步驟，其中該水平繞射階數之數可根據下列方程式決定：

$$m = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_x (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中m是該水平繞射階數之數

P_x 是在該最佳光罩的x方向上的一重複單元之間距；

λ 是該照明系統的一照明源的一波長；

NA是該照明系統的投射光學的一數值孔徑；及

σ_{\max} 是來自該照明源的一光束之散布的一徑向範圍。

12. 如申請專利範圍第10項之電腦可讀取媒體，其中獲得該最佳透射光罩的步驟包含決定該最佳繞射階數的垂直繞射階數之一數的步驟，其中該垂直繞射階數之數可由下列方程式決定：

$$n = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_y (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中n是該垂直繞射階數量；

P_y 是在該最佳光罩的y方向上的一重複單元之間距；

λ 是該照明系統的一照明源的一波長；

NA是該照明系統的投射光學的一數值孔徑；及

σ_{\max} 是來自該照明源的一光束之散布的一徑向範圍。

13. 如申請專利範圍第10項之電腦可讀取媒體，其中決定最佳繞射階數的步驟決定在空間頻域中的最佳繞射階數。

14. 如申請專利範圍第10項之電腦可讀取媒體，其中決定一最佳光罩的步驟包含：

找出最大透射與最小透射的區域；

將一原始區域指定為在最大透射或最小透射區域上置中的一區域；

改變該原始區域的邊緣，以符合該最佳繞射階數；

其中該原始區域具有實質等於該最佳光罩最小特徵尺寸的一最小尺寸。

15. 一種電腦可讀取媒體，其包含儲存其中的指令，當該指令由一電腦執行時，使該電腦執行最佳化在一光罩上的

一透射配置與相位移特徵，其包含下列步驟：

根據該光罩的最佳繞射階數而獲得最佳光罩透射特性；

根據所獲得的該最佳光罩透射特性找出穿過該光罩之最大透射與最小透射的區域；

將該光罩中一原始區域指定為在最大透射及最小透射區域之一者置中的一區域；

改變該原始區域的邊緣，以符合最佳繞射階數；

其中該原始區域具有實質等於該光罩一最小特徵尺寸的一最小尺寸。

16. 如申請專利範圍第15項之電腦可讀取媒體，其中該光罩是一CPL光罩。

17. 如申請專利範圍第15項之電腦可讀取媒體，其中獲得將由一經確認的照明系統照射的一最佳光罩水平繞射階數之一數的步驟，其中該水平繞射階數之數是根據下列方程式決定：

$$m = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_x (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中m是該水平繞射階數之數；

P_x 是在x方向上該光罩中的重複單元之間距；

λ 是該照明系統的一照明源的一波長；

NA是該照明系統的投射光學的一數值孔徑；及

σ_{\max} 是來自該照明源的一光束之散布的一徑向範圍。

18. 如申請專利範圍第15項之電腦可讀取媒體，其中獲得最佳光罩透射特性的步驟包括決定將由一經確認的照明系

統照射的一最佳光罩垂直繞射階數之一數的步驟，其中該垂直繞射階數之數能透過下列方程式決定：

$$n = 2 \text{ floor} \left[\frac{P_y (\sigma_{\max} + 1) NA}{\lambda} \right] + 1$$

其中 n 是該垂直繞射階數之數；

P_y 是在 y 方向上該光罩中的重複單元之間距；

λ 是該照明系統的一照明源的一波長；

NA 是該照明系統的投射光學的一數值孔徑；及

σ_{\max} 是來自該照明源的一光束之散布的一徑向範圍。