



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I483082 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：098127714

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 08 月 18 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01) H01L21/027 (2006.01)

(30)優先權：2008/09/29 德國 10 2008 042 438.2

(71)申請人：卡爾蔡司 S M T 有限公司 (德國) CARL ZEISS SMT GMBH (DE)
德國(72)發明人：曼 漢斯 喬爾根 MANN, HANS JUERGEN (DE)；凱瑟 溫費得 KAISER,
WINFRIED (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

CN	101263430A	US	6833854B1
US	2006/0139745A1	US	2006/0146302A1
US	2008/0024745A1		

審查人員：謝祥暉

申請專利範圍項數：21 項 圖式數：8 共 45 頁

(54)名稱

具有至少兩操作狀態之微影投影曝光裝置

MICROLITHOGRAPHY PROJECTION EXPOSURE APPARATUS HAVING AT LEAST TWO
OPERATING STATES

(57)摘要

本發明關於一種微影投影曝光裝置，用以製造具有至少兩操作狀態之微電子組件。於此案例中，微影投影曝光裝置包含於物件平面之反射式光罩。於第一操作狀態，光罩之第一部分區域由第一輻射照射，其具有指定第一形心方向，於第一部分區域之各點具有第一形心方向向量。於第二操作狀態，光罩之第二部分區域由第二輻射照射，其具有指定第二形心方向，於第二部分區域之各點具有第二形心方向向量。於此案例中，第一部分區域及第二部分區域具有共同重疊區。再者，微影投影曝光裝置組態成於重疊區之至少一部分區域之各點，正規化的第一形心方向向量、正規化的第二形心方向向量、以及垂直於光罩之正規化向量之純量三重積，少於 0.05。

The present invention relates to a microlithography projection exposure apparatus for producing microelectronic components having at least two operating states. In this case, the microlithography projection exposure apparatus comprises a reflective mask in an object plane. In the first operating state a first partial region of the mask is illuminated by a first radiation, which has an assigned first centroid direction having a first centroid direction vector at each point of the first partial region. In the second operating state a second partial region of the mask is illuminated by a second radiation, which has an assigned second centroid direction having a second centroid direction vector at each point of the second partial region. In this case, the first and the second partial regions have a common overlap region. Furthermore, the microlithography projection exposure apparatus is configured in such a way that at each point of at least one partial region of the overlap region the scalar triple product of the normalized first centroid direction vector,

the normalized second centroid direction vector and a normalized vector that is perpendicular to the mask is less than 0.05.

- 604a . . . 部分區域
- 604b . . . 部分區域
- 641 . . . 重疊區
- 643 . . . 重疊區的點

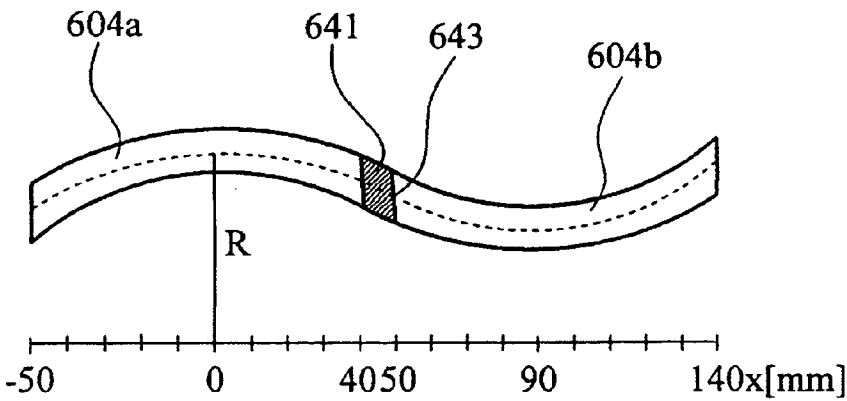


圖 6a

公告本

104年1月4日修正替換頁

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98127714

※申請日：98年8月18日

※IPC分類：

603F 7/20

(2006.01)

H01L 21/027

(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

具有至少兩操作狀態之微影投影曝光裝置

MICROLITHOGRAPHY PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

HAVING AT LEAST TWO OPERATING STATES

二、中文發明摘要：

本發明關於一種微影投影曝光裝置，用以製造具有至少兩操作狀態之微電子組件。於此案例中，微影投影曝光裝置包含於物件平面之反射式光罩。於第一操作狀態，光罩之第一部分區域由第一輻射照射，其具有指定第一形心方向，於第一部分區域之各點具有第一形心方向向量。於第二操作狀態，光罩之第二部分區域由第二輻射照射，其具有指定第二形心方向，於第二部分區域之各點具有第二形心方向向量。於此案例中，第一部分區域及第二部分區域具有共同重疊區。再者，微影投影曝光裝置組態成於重疊區之至少一部分區域之各點，正規化的第一形心方向向量、正規化的第二形心方向向量、以及垂直於光罩之正規化向量之純量三重積，少於 0.05。

三、英文發明摘要：

The present invention relates to a microlithography projection exposure apparatus for producing microelectronic components having at least two operating states. In this case, the microlithography projection exposure apparatus comprises a reflective mask in an object plane. In the first operating state a first partial region of the mask is illuminated by a first radiation, which

has an assigned first centroid direction having a first centroid direction vector at each point of the first partial region. In the second operating state a second partial region of the mask is illuminated by a second radiation, which has an assigned second centroid direction having a second centroid direction vector at each point of the second partial region. In this case, the first and the second partial regions have a common overlap region. Furthermore, the microlithography projection exposure apparatus is configured in such a way that at each point of at least one partial region of the overlap region the scalar triple product of the normalized first centroid direction vector, the normalized second centroid direction vector and a normalized vector that is perpendicular to the mask is less than 0.05.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 6a。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

604a 部分區域

604b 部分區域

641 重疊區

643 重疊區的點

五、 本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無。

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於製造具有兩操作狀態之微電子組件的微影投影曝光裝置，以及關於利用微影製造微電子組件之方法。

【先前技術】

於介紹中所述之微影投影曝光裝置及其方法已知的範例如 US 6,295,119B1 及 US 6,526,118B2。

用於製造微電子組件之微影投影曝光裝置尤其包含光源以及用以照射結構承載遮罩(所謂的光罩)之照射系統，以及用以將光罩造影到基板(晶圓)之投影光學單元。基板含有曝光時化性會改變的光阻層。此亦稱為微影步驟。於此案例中，光罩配置於物件平面，而晶圓配置於微影投影曝光裝置之投影光學單元之影像平面。曝光光阻層以及進一步的化學程序產生了電子組件。

微影投影曝光裝置通常操作如所謂的掃描機。此意味著光罩透過狹槽式照射場沿掃描方向移動，而晶圓對應地移動於投影光學單元之影像平面。光罩與晶圓的速度比，對應於投影光學單元的放大率，其通常少於 1。

於此案例中，照射系統與投影光學單元之光學組件可為折射式或反射式或衍射式組件。亦可為折射式、反射式、及衍射式組件的組合。類似地，光罩可實施為反射式或穿透式。尤其是當操作於波長少於約 100nm(尤其是介於 5nm 及

15nm 間)之輻射時，此類裝置完全由反射式組件構成。

此類微影投影曝光裝置具有有限的照射場，以及可造影的有限場。然而，希望即使光罩大到不能完全造影或完全照射時，能將結構承載光罩造影到配置有光阻層之基板之影像平面。

若光罩僅於一方向上比欲照射或造影的區域還大，則微影投影曝光裝置可操作成掃描機，而使光罩透過狹槽照射場移動於該方向，且晶圓對應地移動於投影光學單元的影像平面。此意味著至少原理上，可於該方向上照射及造影任意尺寸的光罩。

然而，若光罩兩個方向上都比欲造影或照射的區域還大，則無法用掃描矯正。於此類狀況下，結構承載光罩分成至少兩個要個別造影或照射的部分區域。如此可有條件地與掃描程序結合。於此案例中，至少兩個部分區域的中點位於垂直掃描方向一段距離，而使至少兩個部分區域的組合大於各個別的部分區域。因此結合於掃描方向的移動，可照射或造影相當大的結構承載光罩。

然而，為了於光阻層產生光罩結構的完整影像，部分區域至少部分重疊是有幫助的。如此可能確保沒有不小心沒造影或照射到的光罩區域。然而，這些重疊區造成結構承載光罩的問題。尤其是在非垂直照射光罩的情況下，在產生光罩時，需要考慮哪個輻射的形心方向是呈現於投影曝光裝置中的光罩點。隨著越多的輻射形心方向偏離垂直照射，此效應變得越糟。若在重疊區之至少一部分區域的各點上，第一形

心方向與垂直光罩之正規化向量間的角度為 3° 或更大時(尤其是 6° 或更大時)，則必須考慮這些問題。

入射輻射的形心方向是指入射輻射的平均方向。若一點是由來自光束錐的所有方向均勻地照射，則光束錐的對稱軸與形心方向相同。若是非均勻地照射，則一般形成能量權重平均，其中各方向以來自此方向的輻射強度加以權重。然後，形心方向為平均的能量權重方向。

製造光罩時必須考慮到形心方向，因為在傾斜照射期間，可能發生扭曲光罩影像的陰影鑄造及投影效應。陰影效應可能發生是因為此類結構承載光罩不完全是平面的。於反射式光罩的案例中，非反射式區域為突起，由於在這些位置已塗佈一或更多覆蓋層到一或更多反射基層。因此，此類三維結構光罩可導致陰影效應。

在製造光罩時可考慮此類陰影及投影效應，然而，結果造成所需影像突出於微影投影曝光裝置的影像平面。

若照射或造影重疊區兩次，為了仍能考慮陰影及投影效應，則產生第一次及第二次曝光輻射形心方向的特定要求。

【發明內容】

本發明意欲提供一種符合特定要求之微影投影曝光裝置以及製造微電子組件之方法。

根據本發明，利用製造包含至少兩操作狀態之微電子組件之微影投影曝光裝置達成此目的，其包含反射式光罩於物

件平面。於此案例中，微影投影曝光裝置組態成於第一操作狀態，光罩之第一部分區域由第一輻射照射，其具有指定第一形心方向，於第一部分區域之各點具有第一形心方向向量；以及於第二操作狀態，光罩之第二部分區域由第二輻射照射，其具有指定第二形心方向，於第二部分區域之各點具有第二形心方向向量，其中第一部分區域及第二部分區域具有共同重疊區。於重疊區之至少一部分區域之各點上，正規化的第一形心方向向量、正規化的第二形心方向向量、以及垂直於光罩之正規化向量之純量三重積，少於 0.05，較佳少於 0.03，更佳少於 0.01。如此確保第一形心方向向量與第二形心方向向量的平均形心方向向量垂直於光罩，而不需考慮重疊區的投影與陰影效應，或者確保第一形心方向向量及第二形心方向向量之方向沒有顯著不同，而能沒任何問題的考慮投影與陰影效應，因為其在兩種操作狀態為相同的。於第一種狀況下，第一形心方向向量與第二形心方向向量的向量積實質垂直光罩的正規化向量，而使純量三重積少於 0.05，較佳少於 0.03，更佳少於 0.01。於第二種狀況下，第一形心方向向量與第二形心方向向量具有實質相同的方向，而使向量積的大小相當小，藉此使向量積與垂直光罩之正規化向量間的純量積大小亦少於 0.05，較佳少於 0.03，更佳少於 0.01。

投影曝光裝置使重疊區小於第一部分區域以及小於第二部分區域的組態，具有使第一部分區域與第二部分區域的組合分別大於第一部分區域與第二部分區域的效應。此意味著大致上可照射及造影較大的結構承載光罩。

若投影曝光裝置額外組態成反射式光罩於第一操作狀

態的方位不同於光罩在第二操作狀態的方位，其繞垂直物件平面的軸旋轉約 180° ，則此類投影曝光裝置可以特別簡單的方式實現。藉此能使用入射瞳與物件平面不太遠的投影光學單元。此類的投影光學單元可以旋轉對稱反射式組件來實施，其較不用旋轉對稱的投影光學單元還要容易製造及量測。

本發明更關於一種用以製造具有至少兩操作狀態之微電子組件之微影投影曝光裝置。於此案例中，微影投影曝光裝置包含反射式光罩於物件平面，其中反射式光罩於第一操作狀態之方位與反射式光罩於第二操作狀態之方位不同，係藉由繞垂直物件平面之軸旋轉 180° 。如此具有在兩操作狀態下光罩之照射方向相差相同的旋轉。藉此可達到補償由於反射式光罩傾斜照射發生的效應。

於根據本發明之微影投影曝光裝置，尤其可使用具有波長在 5nm 及 15nm 間之輻射。此具有的優點在於在這樣裝置的協助下，可造影非常小的結構。

再者，本發明關於利用微影製造微電子組件之方法，其中將物件平面之反射式結構承載光罩造影到影像平面的基板上。此方法包含藉由第一輻射，第一曝光光罩的第一部分區域，其具有第一形心方向，於第一部分區域之各點具有第一形心方向向量；以及藉由第二輻射，第二曝光光罩之第二部分區域，其具有第二形心方向，於第二部分區域之各點具有第二形心方向向量，其中第一部分區域及第二部分區域具有共同重疊區。於重疊區中之各點，正規化的第一形心方向向量、正規化的第二形心方向向量、以及垂直於光罩之正規

化向量之純量三重積少於 0.05，較佳少於 0.03，更加少於 0.01。換言之，本方法的優點在於，可使用容易製造的結構承載光罩。此乃由於部分區域的第一曝光與第二曝光之形心方向向量間的特殊關係，而可以簡單的方式考慮投影與陰影效應。

根據本發明之方法，尤其可使用具有波長在 5nm 及 15nm 間之輻射。此具有的優點在於在這樣輻射的協助下，可造影非常小的結構。

此外，根據本發明之方法亦可組態成，利用掃描程序取代第一曝光與第二曝光，其中於第一曝光時光罩沿第一掃描方向通過照射場，而於第二曝光時光罩沿第二掃描方向通過照射場。利用額外的掃描程序，可照射及造影甚至更大的結構承載光罩。

若根據本發明之投影曝光裝置操作成掃描機，則曝光相鄰部分區域時的掃描方向可為平行或逆平行。平行掃描方向的優點在於，因為曝光時光罩總是由起點位置移動到終點位置，所以所有的曝光步驟皆相同，以及在回到起點位置的路徑上沒有發生曝光。此意味著回到起點位置的路徑不必具有相同的準確性，所以投影曝光裝置的機械複雜度要求比較不嚴苛。另一方面，逆平行掃描的優點在於，在返回路徑上亦發生曝光，而可達到較快速的曝光操作。

若本方法或投影曝光裝置額外特徵為兩任意第一形心方向向量間，或兩任意第二形心方向向量間之最大角度少於 1° ，則在重疊區內的形心方向向量僅有非常小的變異。此優

點在於重疊區中陰影與投影效應的強度亦僅有小範圍的變異。

若本方法或投影曝光裝置額外組態成於重疊區各點之第一形心方向向量與第二形心方向向量間之角度少於 1° ，則於第一及第二曝光時之投影與陰影效應實質相同，而於產生結構承載光罩時能以相當簡單的方式補償這些效應。

於本方法額外組態成在重疊區各點上，由第一及第二形心方向向量形成之平面與垂直光罩之正規化向量間之角度小於 1° 之案例中，提供的優點在於兩曝光的平均曝光輻射方向實質垂直於光罩。如此確保在重疊區僅發生少數的陰影與投影效應。

具體而言，本方法亦可包含在第一及第二曝光間於物件平面旋轉結構承載光罩 180° 。如此具有的優點在於第一及第二曝光期間因為旋轉而使光罩上的照射方向不同。藉此可補償反射式光罩案例中因傾斜照射造成的效應。

本發明參考圖式將更詳細說明。

【實施方式】

參考符號選擇成使圖 1 所示物件具有 1 位或 2 位數字。其他圖式所示的物件具有包含 3 位或更多位的參考符號，其中最後兩位指明物件，而前面的位數指明顯示物件的圖號。因此，複數圖式中相同物件的參考符號最後兩位數是相應的。舉例而言，圖 1 及圖 4 中之參考符號 3 與參考符號 403 表示物件 3，於此案例中其為物場。因此具有參考符號的物

件說明可從前面圖式中相關參考符號的說明得知。

圖 1 顯示習知微影投影曝光裝置之反射式投影光學單元 1 之示意圖。投影光學單元 1 將設置於物件平面 5 的物場 3 造影到影像平面 7。結構承載遮罩(未顯示於圖中)，即所謂的光罩，設置於物件平面 5 之物場 3 位置。進一步顯示卡迪兒座標系統，系統的 x 軸指向圖面。於此案例中，x-y 座標平面與物件平面 1 相同，而 z 軸垂直於物件平面 1 並指向下。投影光學單元具有光學軸 9，其並未跨越過物場。投影光學單元 1 的鏡子 11 具有相對於光學軸對稱旋轉之光學表面。於此例示實施例，孔徑光闌(aperture diaphragm)13 設置於光路徑的第二鏡子上。顯示在三道光束協助下(物場 15 中心的主光束以及兩個孔徑邊緣光束 17、19)，投影光學單元 1 之效果。物場 15 中心的主光束相對於垂直物件平面傾斜角度 6° ，並於孔徑光闌 13 的平面與光學軸相交。從物件平面 5 觀之，主光束 15 於入射瞳面 21 與光學軸相交。因此，孔徑光闌 13 的虛擬影像，入射瞳，位在入射瞳面 21。物場 3 的中心與光學軸 9 相距有距離 R，而使反射式組態的投影光學單元中沒有發生來自物場的不想要輻射漸暈(vignetting)。

圖 2 示意地顯示部分的結構承載光罩。光罩包含反射基層 223 於基板 225 上以及吸收劑覆蓋層 227，其係僅塗佈於第一部分區域 229。覆蓋層 227 具有厚度 h，通常約為 100nm 的範圍。第一部分區域 229 具有範圍 D。第一部分區域的中心以 231 表示。若之後輻射 233 入射到光罩，係以相對於垂直光罩具有角度 γ 之形心方向向量 235，則覆蓋層 227 於反

射基層造成陰影，結果並未照射整個第二部分區域 232。然而，第二部分區域大於部分區域 231。再者，第二部分區域的中點相對於第一部分區域的中點 231 位移。因此因為投影及陰影效應，發生了非反射區域的變寬及位移。

圖 3 顯示卡迪兒座標系統中在光罩反射前輻射之形心方向向量 335 之範例。為了較佳說明空間方位，圖式顯示形心方向向量 335 到 x-z 平面的投影 337 以及形心方向向量 335 到 y-z 平面的投影 339。形心光束角度 α 表示投影 337 與 z 軸間的角度，而形心光束角度 β 表示投影 339 與 z 軸間的角度。在這兩個角度的協助下，可清楚說明正規化形心方向向量。若在座標系統中反射前之形心方向向量 $\bar{s}$ 是表示為：

$$\bar{s} = \begin{pmatrix} s_x \\ s_y \\ s_z \end{pmatrix}$$

則角度定義為：

$$\alpha = \arctan\left(\frac{s_x}{s_z}\right)$$

以及 $\beta = \arctan\left(\frac{s_y}{s_z}\right)$ 。

於所示案例中，分量 s_x 、 s_y 、及 s_z 全部為負(向量 335 指向左上方)。因此角度 α 及 β 為正。由於輻射於光罩反射日光罩設置於 x-y 平面，所以反射後輻射之形心方向向量 $\bar{s}'$ 為：

$$\vec{s}' = \begin{pmatrix} s_x \\ s_y \\ -s_z \end{pmatrix}$$

以及反射後對應的角度為：

$$\alpha' = -\alpha \text{ 且 } \beta' = -\beta。$$

為了將形心方向向量 $\vec{s}'$ 導向成使其於物場各點指向入射瞳的中心，入射瞳位置所造成的照射輻射的形心方向向量 $\vec{s}$ 必須有特定的輪廓。

圖 4a 顯示發生於例如圖 1 所示之投影光學單元 1 案例中之拱形物場 403 之平面圖，以及具有與圖 1 之軸對應的卡迪兒座標系統。物場 403 為環形的例外，其中心通過光學軸 409 與物件平面的交點。於所示案例中，平均半徑 R 為 135 mm。於 y 方向之場寬度為 d 為 8 mm。選替地，亦可利用兩圓弧界定曲型物場，圓弧具有相同半徑且相對於彼此於 y 方向位移。對圖 1 及圖 2 所示之投影光學單元的操作而言，物場 403 照射成在反射式光罩反射後，於物場 403 點之輻射形心方向實質延伸於該物場點與入射瞳中心間之連線的方向。若投影曝光裝置操作為掃描機，則掃描方向延伸於物場較短範圍之方向，亦即 y 方向。

圖 4b 顯示特定例示實施例之形心光束角度之輪廓。於此，光學軸與物場中心相距 $R=135\text{mm}$ 的距離，且入射瞳位於相距物件平面 1284.4mm 的距離。

這些值在形心方向 $\vec{s}'$ 與垂直物件平面間產生 6° 的反射

角。

由於僅圖 2 所示之上半弧有相關，所以各值 x 恰好有一個正值 y ，而使點 (x, y) 位於半徑 $R=135\text{mm}$ 之半圓弧上。因此藉由連結點 (x, y) 到入射瞳中心，可計算角度 α' 及 β' 為座標 x 的函數。在上述的關係式協助下，利用符號改變，可得到反射前的角度 α 及 β 。即使於本案例中 y 方向之場範圍為 8mm ，雖然各固定值 x_0 有複數個點 y_0 ，而使點 (x_0, y_0) 位於物場內，但是形心光束角度不會隨著這些點顯著的變化。再者，根據本發明之投影曝光裝置通常操作於掃描模式，其中結構承載光罩於 y 方向移動通過物場。結果，以具有所有點 y_0 之平均形心光束角度之輻射，照射光罩具有座標 x_0 的各點。因為這些原因，以下的考量足以考慮在 $R=135\text{mm}$ 之半圓弧上的形心光束角度。

參考圖 4b 清楚可知，在 -50mm 及 50mm 間的 x 的角度應在 -2.23° 及 2.23° 間變化，而角度 β 變化需要在 5.57° 及 6° 之間。然而，此類形心光束角度變化需要用在結構承載光罩的設計。若形心方向向量不是垂直結構承載光罩，則因為陰影鑄造及投影效應導致結構影像的位移。只要形心方向向量於光罩的所有位置都相同，結果會是全面的位移。然而若形心方向向量隨著結構承載光罩位置變化，則因為位置而異會有不同的位移，而導致光罩影像的位移及扭曲。形心光束角度的變化越大，則導致的扭曲越大。於本案例中，因為角度 β 僅變化約 0.4° ，所以可以忽視 y 方向的扭曲。相對地， α 的變化是 10 倍，因此導致 x 方向的扭曲。於設計光罩時皆考慮扭曲及位移，而在投影曝光裝置的影像平面得到所需的

影像。

圖 5a 顯示光罩的兩個部分區域 504a 及 504b。部分區域 504a 及 504b 各對應於圖 4a 所示之物場 403。由於物場為可以所需品質照射及造影之物件平面區域，部分區域必須小於物場或幾乎等於物場尺寸。為了具有照射及造影最大可能光罩區域的效應，部分區域選擇成與投影光學單元的物場相同。然而，亦可僅照射及造影部分的物場。於後，部分區域一直對應個別物場。

投影曝光裝置於第一操作狀態實施左手部分區域 504a 的第一曝光，而後第二曝光執行於投影曝光裝置的第二操作狀態，在第二曝光時曝光右手部分區域 504b。於此案例中，所示並列的部分區域對應習知實施例。當結構承載光罩的範圍大於可照射及造影區域時，需要此類的並列物場。因此，於第一操作狀態照射結構承載光罩之第一部分區域 504a，而於第二操作狀態照射結構承載光罩之第二部分區域 504b。這兩個部分區域具有共同重疊區 541，為示意緣故，重疊區於 x 方向具有 10mm 的範圍。然而，為了達到造影的最大可能區域，重疊區越小是有利的。希望在 x 方向的範圍為 1-2mm 或更小。為了改善投影光學單元的最大解析度，需要換成更高階的裝置。然而為了仍確保有可比擬或較佳的造影品質，通常需要縮減物場的尺寸，不然會產生嚴重的影像像差。因此需要並列的物場。需要兩物場的重疊區，以避免沒照射或造影到部分的結構。由於無法百分百保證物場的正確對準，具有重疊區是較簡單的作法，無論如何能照射及造影完整所需的區域，而不是冒著不正確設定的風險，而沒

射及造影到部分的結構。然而，由於重疊區各點被照射及造影兩次，由於第一照射及第二照射的形心光束角度不同，而可能發生問題。

圖 5b 顯示在具有半徑 $R=135\text{mm}$ 之半圓弧的點上的兩形心光束角度的輪廓，如呈現於個別物場的兩操作狀態。當重疊區 541 之角度 β 於兩操作狀態中沒有很大的差異時，角度 α 在兩操作狀態中相差大於 4° 。因此，結構承載光罩之重疊區在兩操作狀態從不同方向照射。因此在製造光罩時非常難考慮投影及陰影效應。根據本發明的研發克服了這個困難。

圖 6a 顯示根據本發明之投影曝光裝置中兩並列的部分區域 604a 及 604b。於本案例中，投影曝光裝置於第一操作狀態實施左手部分區域 604a 的第一曝光，而後於投影曝光裝置的第二操作狀態實施右手部分區域 604b 的第二曝光。在兩曝光步驟間，結構承載光罩繞著垂直投影光學單元的軸旋轉 180° 。選替地，亦可繞著垂直物件平面的軸旋轉投影光學單元及照射光學單元 180° 。如此亦會使兩物場在兩操作狀態中相差轉動 180° 。

如所示的改變物場的方位的效果在於，亦會改變形心光束角度。圖 6b 顯示此例示實施例的形心光束角度輪廓。角度 α 的輪廓不會改變，而轉動光罩或轉動照射與投影光學單元會導致角度 β 的符號改變。因此於重疊區 641 的點上，角度 α 及 β 在兩操作狀態中實質相差在符號的改變。此優點在於，平均在兩操作狀態，光罩在重疊區是垂直照射，所以範例中沒有像圖 2 所說的發生結構位移。

位在重疊區的點 643 可視為範例。此點具有 x 座標 $X_p=50\text{mm}$ 及 y 座標 $Y_p=125.4\text{mm}$ ，因此位在重疊區且在半徑 135mm 之圓弧上。於第一操作狀態下照射及造影左手部分區域 604a。於此案例中，入射瞳位於座標 $X_{EP}=0$ ， $Y_{EP}=0$ ， $Z_{EP}=1284.4\text{mm}$ 。為了在反射後，輻射的形心方向是在入射瞳的方向，第一形心方向向量 $\bar{s}_1$ 必須符合：

$$\bar{s}_1 = \frac{1}{\sqrt{(x_{EP} - x_p)^2 + (y_{EP} - y_p)^2 + (z_{EP} - z_p)^2}} \begin{pmatrix} x_{EP} - x_p \\ y_{EP} - y_p \\ -(z_{EP} - z_p) \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} -0.0387 \\ -0.0971 \\ -0.9945 \end{pmatrix}$$

於第二操作狀態下照射及造影右手部分區域 604b。於此案例中，入射瞳位於座標 $X_{EP}=90$ ， $Y_{EP}=254.56$ ， $Z_{EP}=1284.4\text{mm}$ 。此位置乃起因於部分區域 604a 的位置使得在 $x=45\text{mm}$ ，亦即位在重疊區的中心，部分區域 604a 具有半徑 135mm 之圓弧與部分區域 604b 的對應圓弧相交。

因此，形心方向向量 $\bar{s}_2$ 必須符合：

$$\bar{s}_2 = \frac{1}{\sqrt{(x_{EP} - x_p)^2 + (y_{EP} - y_p)^2 + (z_{EP} - z_p)^2}} \begin{pmatrix} x_{EP} - x_p \\ y_{EP} - y_p \\ -(z_{EP} - z_p) \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} 0.0310 \\ 0.1000 \\ 0.9945 \end{pmatrix}$$

垂直光罩之正規化向量在座標系統中具有以下表示法：

$$\bar{n} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

結果使純量三重積的值為：

$$S = \vec{n} \cdot (\vec{s}_1 \times \vec{s}_2) \approx 0.00086$$

圖 7a 顯示根據本發明之另一投影曝光裝置之選替發展之兩並列部分區域。於此案例中，投影曝光裝置於第一操作狀態實施左手部分區域 704a 的第一曝光，而後於投影曝光裝置的第二操作狀態執行右手部分區域 704b 的第二曝光。

於此案例中投影光學單元之物場為矩形，而使部分區域 704a 及 704b 亦為矩形。再者，投影曝光裝置發展成使角度 α 及 β 實質不具有輪廓。此乃可藉由利用入射瞳與物件平面相距大距離之投影光學單元達成，此表示投影光學單元在物件側是遠心的。這樣距離可例如為大於 3m，尤其是大於 50m，尤其是大於 1000m。於本案例中，距離為 5m。關於入射瞳相距物件平面 1000m 距離之投影光學單元之詳細說明，可參考有關圖 8 的說明。

圖 7b 顯示此類系統之角度 α 及 β 。角度 β 實質為 6° 且在整個場為固定的，而角度 α 幾乎為 0° 。由於整個場的角度變化只有非常小，所以重疊區 741 之點在第一操作狀態及第二操作狀態間之輻射形心方向向量的差異非常小，而使發生的投影及陰影效應變化非常小。因此，由於第一操作狀態中重疊區之輻射形心方向與第二操作狀態中重疊區之輻射形心方向差異不大，使並列的物場沒有問題發生。

於此，在位置 743 之純量三重積值可利用範例計算。此

點具有 x 座標 $X_p=50\text{mm}$ 及 y 座標 $Y_p=0$ ，且位於重疊區中。於第一操作狀態下照射及造影左手部分區域 704a。入射瞳位於座標 $X_{EP}=0$ ， $Y_{EP}= -525.52\text{mm}$ ， $Z_{EP}=5000\text{mm}$ 。設計投影光學單元時選擇距離 Y_p ，而使物場之入射平均角度為 6° 。

為了在反射後，輻射的形心方向是在入射瞳的方向，第一形心方向向量 $\bar{s}_1$ 必須符合：

$$\bar{s}_1 = \frac{1}{\sqrt{(x_{EP} - x_p)^2 + (y_{EP} - y_p)^2 + (z_{EP} - z_p)^2}} \begin{pmatrix} x_{EP} - x_p \\ y_{EP} - y_p \\ -(z_{EP} - z_p) \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} -0.0099 \\ -0.1045 \\ -0.9944 \end{pmatrix}$$

於第二操作狀態下照射及造影右手部分區域 704b。於此案例中，入射瞳位於座標 $X_{EP}=90$ ， $Y_{EP}= -525.52\text{mm}$ ， $Z_{EP}=5000\text{mm}$ 。此位置乃起因於物場 803b 相對於物場在 x 方向位移 90mm 。因此，形心方向向量 $\bar{s}_2$ 的值符合：

$$\bar{s}_2 = \frac{1}{\sqrt{(x_{EP} - x_p)^2 + (y_{EP} - y_p)^2 + (z_{EP} - z_p)^2}} \begin{pmatrix} x_{EP} - x_p \\ y_{EP} - y_p \\ -(z_{EP} - z_p) \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} 0.0080 \\ -0.1045 \\ 0.9944 \end{pmatrix}$$

垂直光罩之正規化向量在座標系統中具有以下表示法：

$$\bar{n} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

結果使純量三重積的值為：

$$S = \bar{n} \cdot (\bar{s}_1 \times \bar{s}_2) \approx 0.00187$$

圖 8 顯示可能的投影光學單元 1 之光學設計。圖式顯示兩個別光束 845 之光束路徑自圖 8 上下設置的 5 個物場點前進，並彼此於 y 方向相隔，其中與 5 個物場點之一相關的兩個別光束指派到 5 個物場點的兩個不同照射方向。這兩個照射方向由 5 個物場點之各個的上彗形光束(coma beam)及下彗形光束表示。

自物件平面 805 前進，首先個別照射光束 845 由第一鏡 M1 反射及之後由例如於光束路徑依序設置之鏡子 M2、M3、M4、M5、及 M6 之其他鏡子反射。根據圖 8 之投影光學單元 801 具有 6 個反射鏡。若對例如 EUV 波長有需要的話，這些鏡子具有對輻射 833 波長為高反射的塗層。在投影光學單元 801 中，亦可導引彼此具有顯著不同波長之輻射，因為這些光學單元具有實質消色差性質。因此可在光學單元中例如導引對準雷射，或操作自動對焦系統，其中同時使用與操作波長顯著不同的波長作為照射光。因此，對準雷射可操作於 632.8nm、248nm、或 193nm，而同時可使用在 5 至 15nm 範圍之輻射。

鏡子 M3 具有凸形，換言之可描述為凸形最佳匹配表面。於之後的說明中，此類型的鏡子簡稱為凸面鏡，而可描述為凹形最佳匹配表面之鏡子則簡稱為凹面鏡。凸面鏡 M3 於投影學單元 801 提供良好的珀茲伐(Petzval)校正。

圖 8 之投影光學單元 801 之入射瞳面位於輻射 833 之光束路徑之物件平面 805 之前 1000m。圖 8 之投影光學單元 801 具有結構長度為 2000m，結構長度即物件平面 805 與影像平面 807 之間的距離。

因此，自相隔物場點前進且指派給相同照射方向之個別光束 845，在物場 803 及第一鏡 M1 之間延伸，以實質平行方式進入投影光學單元 801。因此個別光束 845 的主光束相對於彼此在物件平面 805 及鏡子 M1 間之輻射 833 光束路徑上，形成實質 0° 的角度。

與 5 個物場點之特定照射方向相關的個別光束 845 於投影光學單元 801 之瞳面 847 結合，其中鏡子 M3 設置於鄰近。因此鏡子 M3 亦稱為瞳鏡。界定照射光束之孔徑光闌設置於瞳面 847。孔徑光闌的提供可利用機械及可互換光闌，或為直接在鏡子 M3 上的對應塗層形式。

鏡子 M1 至 M4 將物件平面 805 造影到中間影像平面 849。投影光學單元 801 之中間影像側數值孔徑約為 0.2。鏡子 M1 至 M4 形成投影光學單元 801 之第一部分造影光學單元，具有微縮造影尺度約為 3.2x。下游鏡子 M5 及 M6 形成投影光學單元 801 之另一部分造影光學單元，具有微縮造影尺度約為 2.5x。在中間影像平面 849 上游之鏡子 M4 及 M5 間的輻射 833 光束路徑及其鄰近，於鏡子 M6 形成通孔 851，而透過通孔在第四鏡子 M4 及第五鏡子 M5 反射時，使照射或造影輻射 833 通過。接著第五鏡子 M5 具有中央通孔 853，透過此通孔輻射束 855 通過第六鏡子 M6 及影像平面 807 之間。

第五鏡 M5 設置於鄰近投影光學單元 801 之另一瞳面 20，其中另一瞳面相對於第一瞳面 847 是共軛的，且第五鏡 M5 是與第六鏡 M6 一起將來自中間影像平面 849 之照射或造影輻射，造影到影像平面 807。於造影光路徑之另一瞳面

857 空間上鄰近第五鏡 M5，且在第五鏡 M5 與第六鏡 M6 間之光束路徑中，而使另一瞳面 857 位置存在有物理可存取之光闌平面。於該光闌平面中，孔徑光闌可選替地或額外地類似配置，如上述有關瞳面 847 區域中孔徑光闌所述。投影光學單元 801 具有朦朧光闌，係以集中形式設置於瞳面 847、857 其中之一。藉此使指派到鏡子 M5、M6 之中央通孔 851、853 之投影光束路徑的部分光束變朦朧。因此，投影光學單元 801 的設計亦稱為具有中央瞳朦朧之設計。

連接中央物場點到投影光學單元 801 之入射瞳面的中央照射點之重要個別光束 845，亦稱為中央場點主光束。起始於第六鏡 M6 反射的中央場點主光束，與影像平面 807 形成約直角，換言之約平行投影光學單元 803 之 Z 軸延伸。此角度大於 85° 。

影像場 859 為矩形。影像場 859 平行於 x 方向具有 13mm 的範圍。影像場 859 平行於 y 方向具有 1mm 的範圍。習知的投影光學單元通常具有平行 x 方向之範圍為 26mm 或更多之影像場。因此微影投影曝光裝置的典型應用可適用於此範圍。根據本發明之微影投影曝光裝置，對相同的典型應用而言，亦可使用在平行 x 方向具有較小範圍之投影光學單元。影像場 859 位在第五鏡 M5 中央後。通孔 19 的半徑必須滿足以下關係式以才不會造成漸暈造影：

$$R \geq \frac{1}{2} \cdot D + d_w \cdot NA$$

於此案例中，D 為影像場之對角線， d_w 為鏡子 M5 相距影像平面之自由工作距離。此自由工作距離定義為影像平

面 9 及投影光學單元 801 最接近的鏡子所用反射表面與其最接近區段間之距離，換言之於此實施例最接近的鏡子即指鏡子 M5。NA 為影像側數值孔徑。

投影光學單元 801 所有六個鏡子實施為自由曲面，不能用轉動對稱函數描述。投影光學單元 801 的其他實施例亦可為鏡子 M1 至 M6 至少其中之一為此類型的自由反射曲面。

此類型的自由曲面可自轉動對稱參考表面產生。微影投影曝光裝置之投影光學單元之鏡子的此類型自由曲面，可從 US 2007-0058269A1 中得知。

自由曲面可由以下方程式數學地表示：

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{j=2}^{66} C_j X^m Y^n$$

其中符合：

$$j = \left\lfloor \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1 \right\rfloor$$

Z 為點 x, y($x^2+y^2=r$)之自由曲面之弓形高。

c 為對應相應非球面之頂點曲率之常數。k 對應相應非球面之圓錐常數。Cj 為單項式 $X^m Y^n$ 的係數。c、k、及 Cj 的值典型決定於投影光學單元 7 內鏡子所需的光學性質。單項式的階數 m+n 可依需要變化。較高階單項式可導致投影光學單元的設計具有較佳的影像像差校正，但是計算更複雜。m+n 可假設是在 3 與大於 20 間的值。

自由曲面亦可以查涅克(Zernike)多項式數學地表示，其解釋在例如光學設計程式 CODE V[®]的手冊中。選替地，自由曲面可利用二維樣條曲面表示。此範例如貝茲(Bezier)曲線，或非均勻有理 B 樣條曲線(NURBS)。二維樣條曲面可描述如 xy 平面中的點網絡及相關的 z 值，或如這些點與其相關的梯度。依據樣條曲面的個別類型，可利用對連續性與可辨性有特定性質之多項式或函數，在網絡點間內插而得到完整的表面。此範例為分析函數。

鏡子 M1 至 M6 具有多反射層，以最佳化照射到的 EUV 照射輻射 833 的反射。反射越好，個別光束 845 在鏡面上的照射角度越接近垂直入射。投影光學單元 801 對整體個別光束 845 而言具有小反射角。

投影光學單元 803 之鏡子 M1 至 M6 之反射面的光學設計資料，可自下表得到。相對於光學元件的光學表面以及相對於孔徑光闌，這些表的第一表各指出頂點曲率的倒數(半徑)以及從物件平面前進對應光束路徑中相鄰元件間的 z 距離之距離值(厚度)。第二表指出鏡子 M1 至 M6 上述自由曲面方程式之單項式 $X^m Y^n$ 之係數 C_j 。於此案例中，Nradius 表示正規化因子。第二表後，亦指出大小為 mm，以及從鏡子參考設計繼續，去中心化(Y-decenter)及旋轉(X-rotation)個別鏡子。此對應上述自由曲面設計方法之平行位移及傾斜。於此案例中，位移發生在 y 方向，旋轉發生在大約 x 方向。於此案例中，旋轉角以度表示。

表面	半徑	距離值	操作模式
物件平面	無限	263.973	
M1	294.632	-163.973	REFL
M2	677.341	1121.158	REFL
M3	318.925	-848.002	REFL
M4	396.851	1586.844	REFL
M5	1610.696	-697.387	REFL
M6	951.407	737.387	REFL
影像平面	無限	0.000	

係數	M1	M2	M3	M4	M5	M6
K	1.107380E+00	-6.922178E-01	4.604190E-01	-9.070490E-01	1.921763E+01	3.351539E-01
Y	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
X2	-1.128522E-03	-1.453589E-04	-6.996584E-04	-7.777355E-04	-1.436342E-04	3.354789E-05
Y2	-1.159973E-03	-1.432548E-04	-6.658993E-04	-7.779247E-04	-1.460604E-04	3.345270E-05
X2Y	-8.685192E-08	9.438147E-09	2.709788E-07	4.768829E-10	1.219803E-09	7.494169E-10
Y3	-5.480818E-08	1.621581E-08	3.081899E-07	4.735357E-10	2.179734E-09	7.185939E-10
X4	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.510369E-09	-6.986158E-11	4.809903E-10	9.888892E-13
X2Y2	0.000000E+00	0.000000E+00	-7.066022E-09	-1.393082E-10	9.641836E-10	1.778472E-12
Y4	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.551286E-09	-6.941280E-11	4.830886E-10	7.836027E-13
Nradius	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00	1.000000E+00

係數	M1	M2	M3	M4	M5	M6	影像平面
Y-decenter	131.752	232.510	15.389	-92.550	-104.036	-104.318	0.000
X-rotation	-12.787	-21.267	-1.854	3.418	-0.205	0.032	0.000

於投影光學單元 3 之案例中，物件影像偏移(即影像平面 804 上物場中點之投影與影像場 859 中點間之距離)為 208mm。

【圖式簡單說明】

圖 1 為反射式組態之投影光學單元。

圖 2 為結構承載光罩之部分示意圖。

圖 3 為在光罩上具有角度 α 及 β 定義之光束。

圖 4a 為欲造影之拱形場之平面圖。

圖 4b 為習知投影曝光裝置中形心方向向量之角輪廓。

圖 5a 為習知並列的部分區域。

圖 5b 為習知圖 4a 之實施例中形心方向向量之角輪廓。

圖 6a 為根據本發明實施例並列的部分區域。

圖 6b 為根據本發明圖 6a 之實施例中形心方向向量之角輪廓。

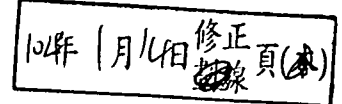
圖 7a 為根據本發明又一實施例並列的部分區域。

圖 7b 為根據本發明圖 7a 之實施例中形心方向向量之角輪廓。

圖 8 為自物件側遠心之投影光學單元。

【主要元件符號說明】

1	投影光學單元
3	物場
5	物件平面
7	影像平面



9	光學軸
11	鏡子
13	孔徑光闌
15	主光束
17	孔徑邊緣光束
19	孔徑邊緣光束
21	入射瞳面
223	反射基層
225	基板
227	覆蓋層
229	第一部分區域
231	第一部分區域的中心
232	第二部分區域
233	輻射
235	形心方向向量
335	向量
337 x-z	平面的投影
339 y-z	平面的投影
403	拱形物場
409	光學軸
504a、504b	部分區域
541	共同重疊區
604a、604b	部分區域
641	重疊區

643	重疊區的點
704a、704b	部分區域
741	重疊區
743	位置
801	投影光學單元
803	物場
805	物件平面
807	影像平面
833	照射輻射
845	光束
847	瞳面
849	中間影像平面
851	通孔
853	通孔
855	輻射束
857	瞳面
859	影像場

七、申請專利範圍：

104 年 1 月 14 日修正
第 1 條(本)

1. 一種微影投影曝光裝置，用以製造具有至少兩操作狀態之微電子組件，包含一反射式光罩於一物件平面(object plane)，其中：

於第一操作狀態，該光罩之一第一部分區域由一第一輻射照射，其具有一指定第一形心(centroid)方向，於該第一部分區域之各點具有一第一形心方向向量；以及

於一第二操作狀態，該光罩之一第二部分區域由一第二輻射照射，其具有一指定第二形心方向，於該第二部分區域之各點具有一第二形心方向向量，以及其中該第一部分區域及該第二部分區域具有一共同重疊區，特徵在於：

於該重疊區之至少一部分區域之各點，正規化的第一形心方向向量、正規化的第二形心方向向量、以及垂直於該光罩之一正規化向量之一純量三重積係少於 0.05。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之微影投影曝光裝置，其中：

於該重疊區之至少一部分區域之各點，該正規化的第一形心方向向量、該正規化的第二形心方向向量、以及垂直於該光罩之該正規化向量之該純量三重積，少於 0.03。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之微影投影曝光裝置，其中：

於該重疊區之至少一部分區域之各點，該正規化的第一形心方向向量、該正規化的第二形心方向向量、以及垂直於該光罩之該正規化向量之該純量三重積，少於

0.01。

4. 如申請專利範圍第 1 至 3 項任一項所述之微影投影曝光裝置，其中：

於該重疊區之至少一部分區域之各點，該第一形心方向與垂直於該光罩之該正規化向量間之一夾角為 3° 或更大。

5. 如申請專利範圍第 1 至 3 項任一項所述之微影投影曝光裝置，其中：

該重疊區小於該第一部分區域且小於該第二部分區域。

6. 如申請專利範圍第 1 至 3 項任一項所述之微影投影曝光裝置，其中：

該反射式光罩於該第一操作狀態之方位與該反射式光罩於該第二操作狀態之方位不同，係藉由繞垂直該物件平面之一軸旋轉 180° 。

7. 如申請專利範圍第 1 至 3 項任一項所述之微影投影曝光裝置，包含一投影光學單元，用以造影一物場到一影像場，其中：

該影像場具有 13mm 的最大範圍。

8. 如申請專利範圍第 1 至 3 項任一項所述之微影投影曝光裝置，其中：

該微影投影曝光裝置可使用具有 5nm 至 15nm 間之波長之輻射操作。

9. 一種利用微影製造微電子組件之方法，其中於一物件平面之一反射式結構承載光罩造影到於一影像平面之一基板，其中：

一第一部分區域藉由一第一輻射照射曝光於一第一曝光背景，其具有一第一形心方向，於該第一部分區域之各點具有一第一形心方向向量；以及

於一第二曝光背景，該光罩之一第二部分區域由一第二輻射曝光，其具有一第二形心方向，於該第二部分區域之各點具有一第二形心方向向量，

其中該第一部分區域及該第二部分區域具有一共同重疊區，特徵在於：

於該重疊區之各點，正規化的第一形心方向向量、正規化的第二形心方向向量、以及垂直於該光罩之一正規化向量之一純量三重積，少於 0.05。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中：

於該重疊區之各點，該正規化的第一形心方向向量、該正規化的第二形心方向向量、以及垂直於該光罩之該正規化向量之該純量三重積，少於 0.03。

11. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中：

於該重疊區之各點，該正規化的第一形心方向向量、該正規化的第二形心方向向量、以及垂直於該光罩之該正規化向量之該純量三重積，少於 0.01。

12. 如申請專利範圍第 9 至 11 項任一項所述之方法，其中：

於該重疊區之至少一部分區域之各點，該第一形心

方向與垂直於該光罩之該正規化向量間之一夾角為 3° 或更大。

13. 如申請專利範圍第 9 至 11 項任一項所述之方法，其中：
該輻射具有一波長介於 5nm 至 15nm 之間。
14. 如申請專利範圍第 9 至 11 項任一項所述之方法，其中：
利用一掃描程序發生第一曝光及第二曝光，其中於該第一曝光時該光罩沿一第一掃描方向，以及於該第二曝光時沿一第二掃描方向，移動通過一照射場。
15. 如申請專利範圍第 14 項所述之方法，其中：
該第一掃描方向及該第二掃描方向為平行或逆平行。
16. 如申請專利範圍第 9 至 11 項任一項所述之方法，其中：
在兩任意第一形心方向向量間或在兩任意第二形心方向向量間之最大角度小於 1° 。
17. 如申請專利範圍第 9 至 11 項任一項所述之方法，其中：
於該重疊區之各點，一第一形心方向向量與一第二形心方向向量夾角少於 1° 。
18. 如申請專利範圍第 9 至 11 項任一項所述之方法，其中：
於該重疊區之各點，由該第一形心方向向量與該第二形心方向向量形成之一平面與垂直該光罩之該正規化向量間之夾角少於 1° 。
19. 如申請專利範圍第 9 至 11 項任一項所述之方法，其中：

在第一及第二曝光間，於該物件平面之該結構承載光罩旋轉 180° 。

20. 如申請專利範圍第 18 項所述之方法，其中：

在第一及第二曝光間，於該物件平面之該結構承載光罩旋轉 180° 。

21. 一種如申請專利範圍第 9 至 20 項任一項所述之方法製造的微電子組件。

八、圖式：

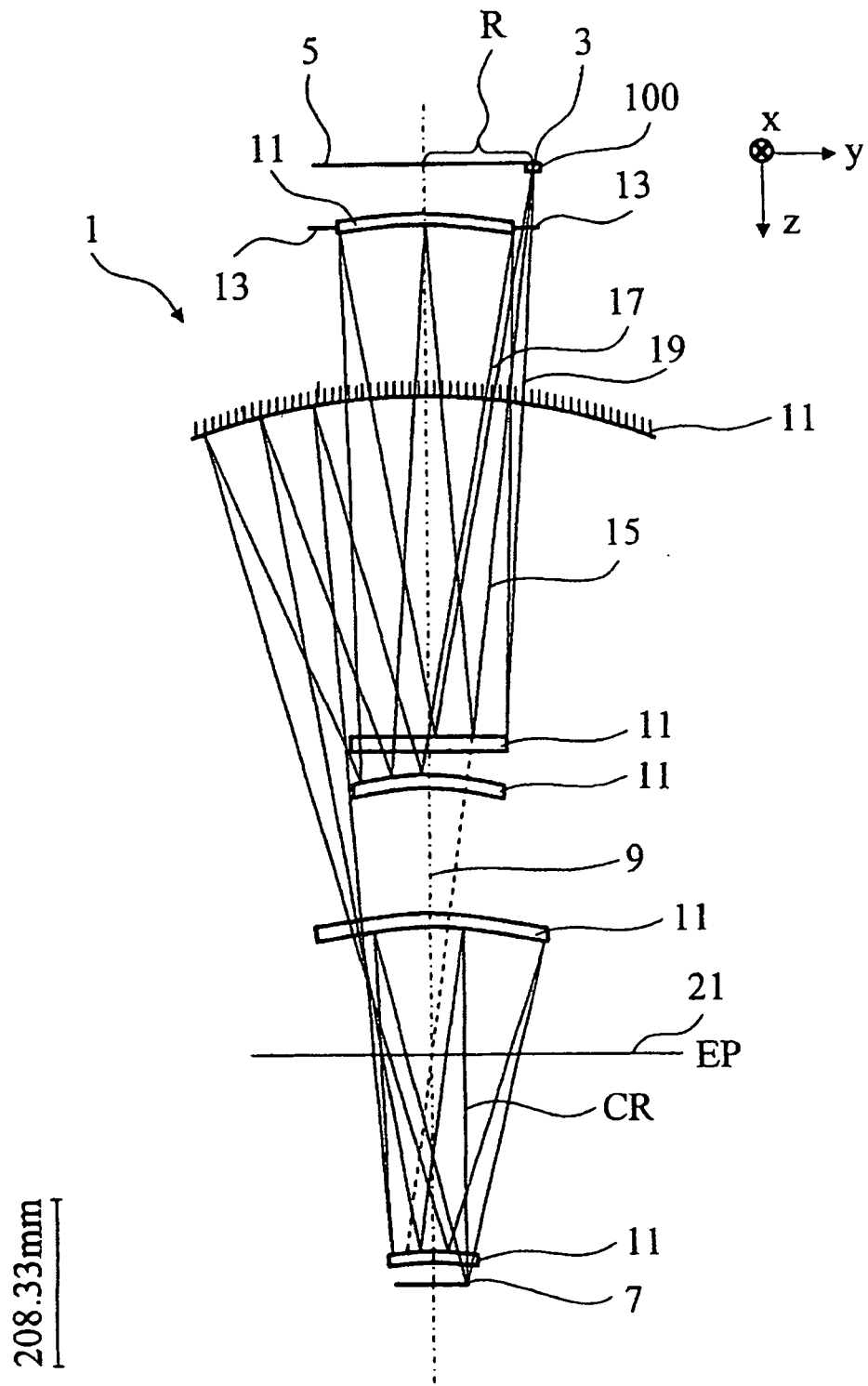


圖 1

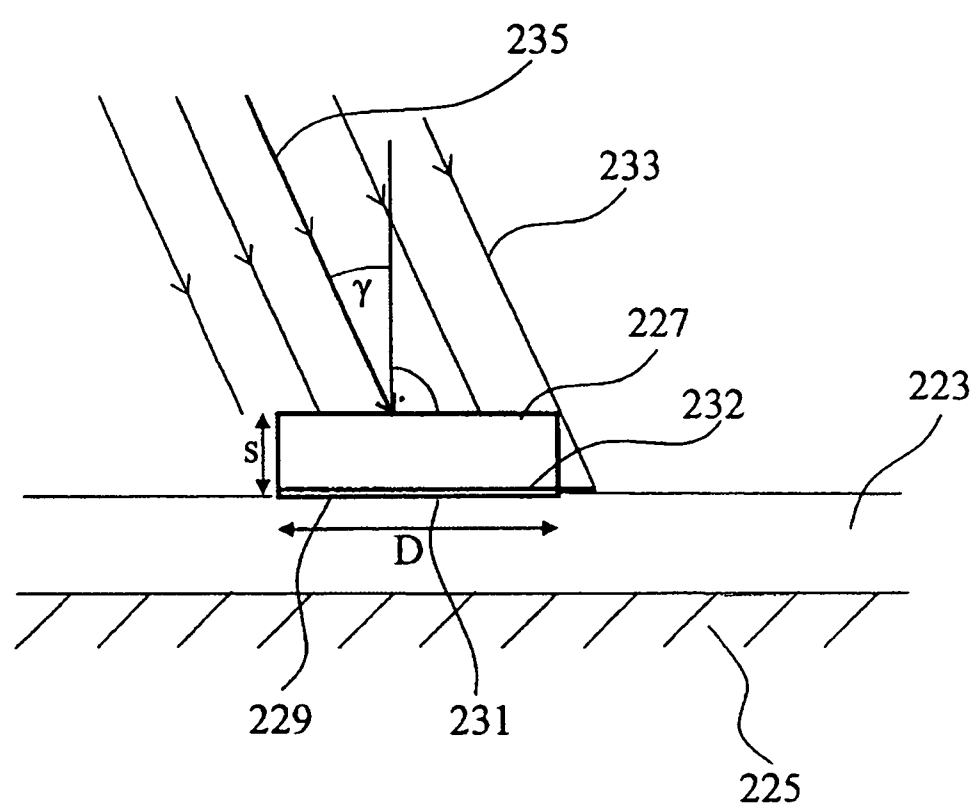


圖 2

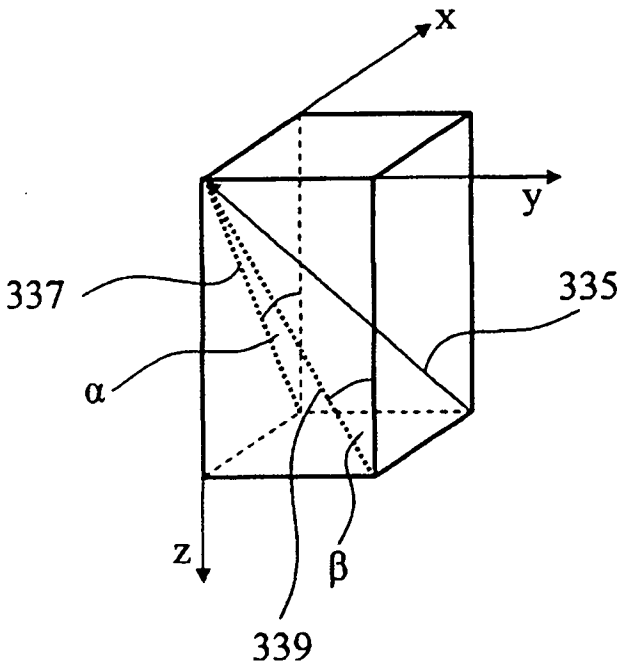


圖 3

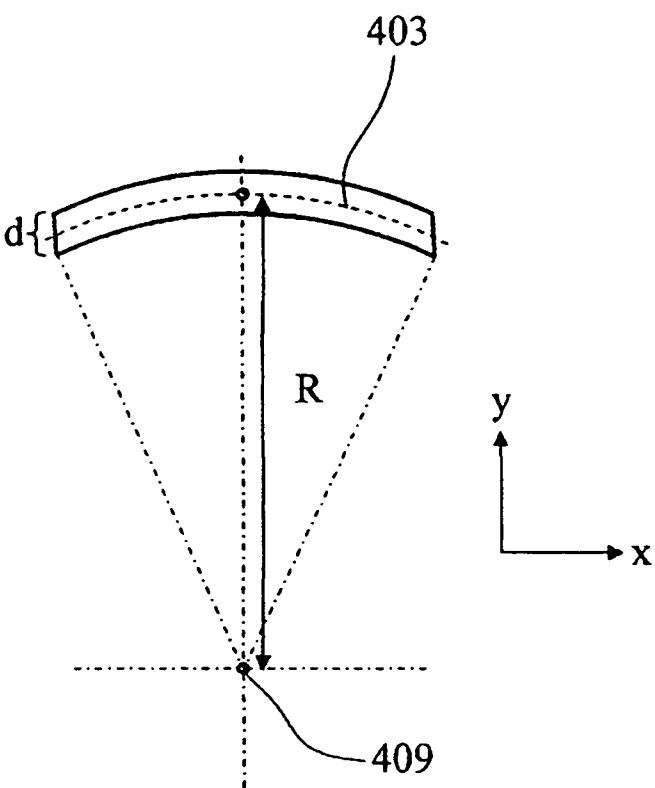


圖 4a

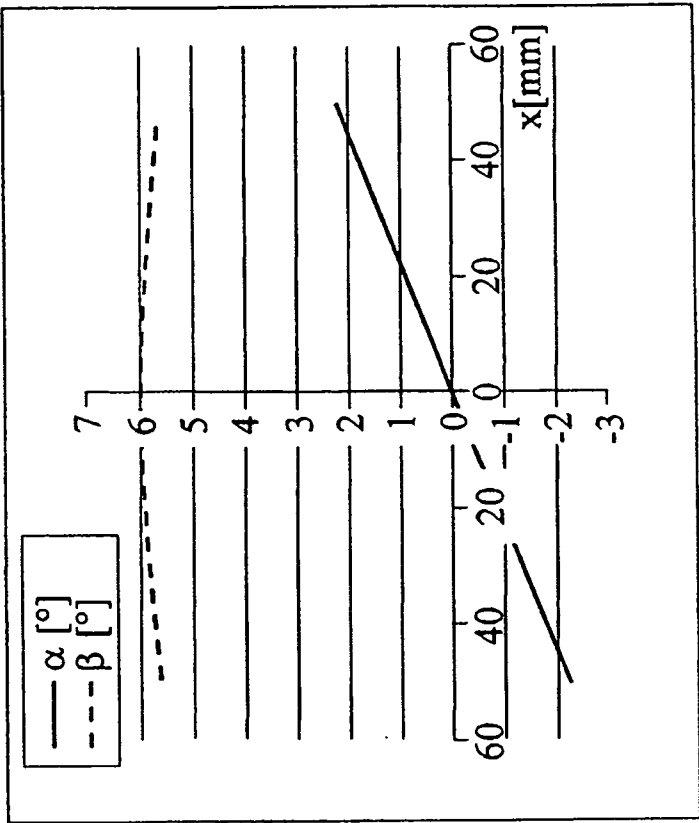


圖 4b

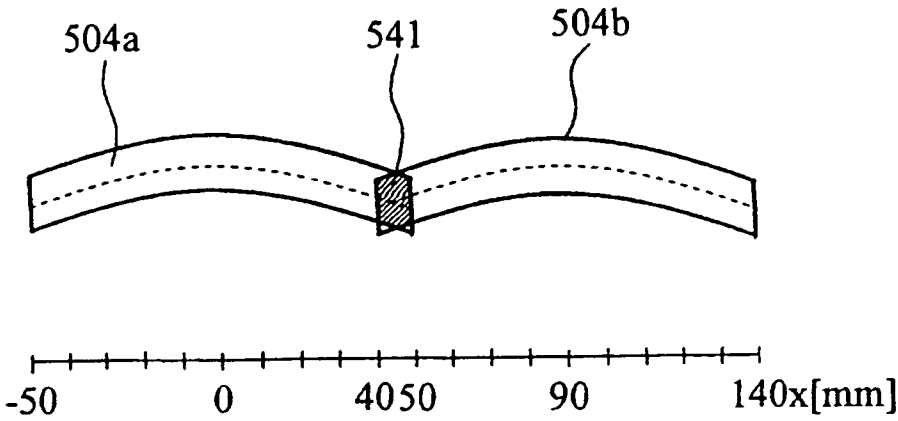


圖 5a

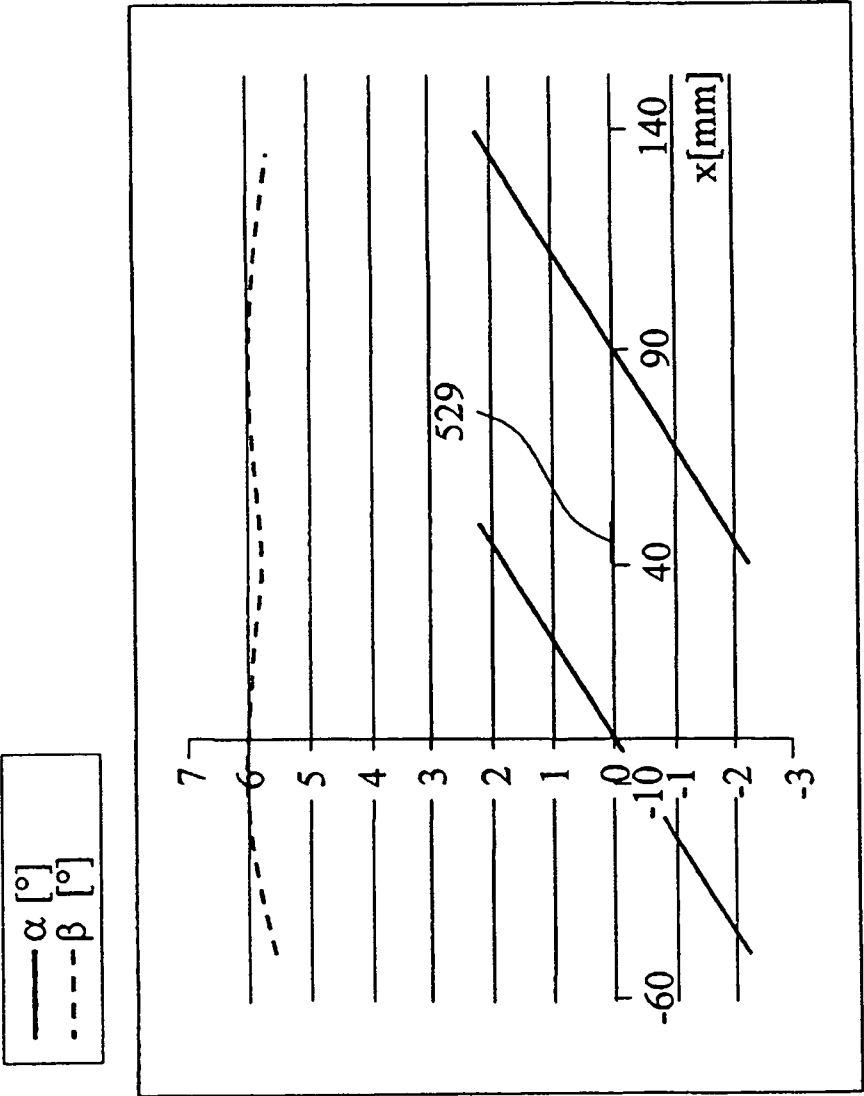


圖 5b

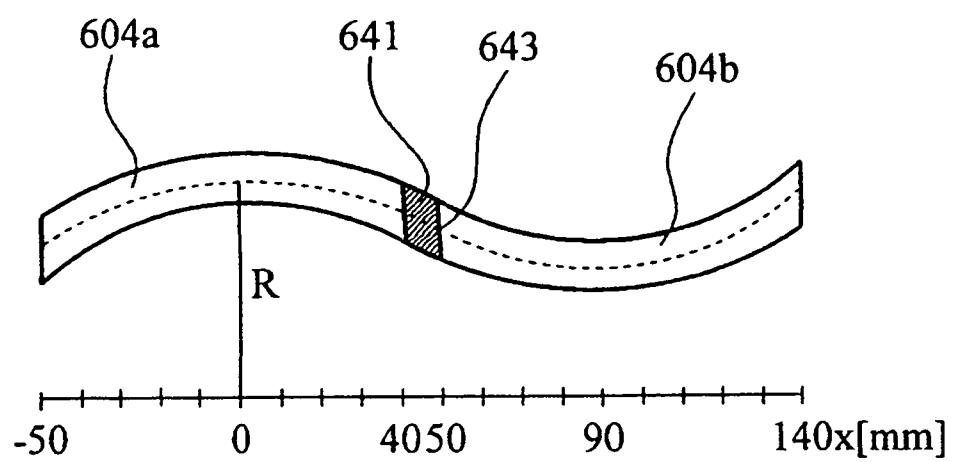


圖 6a

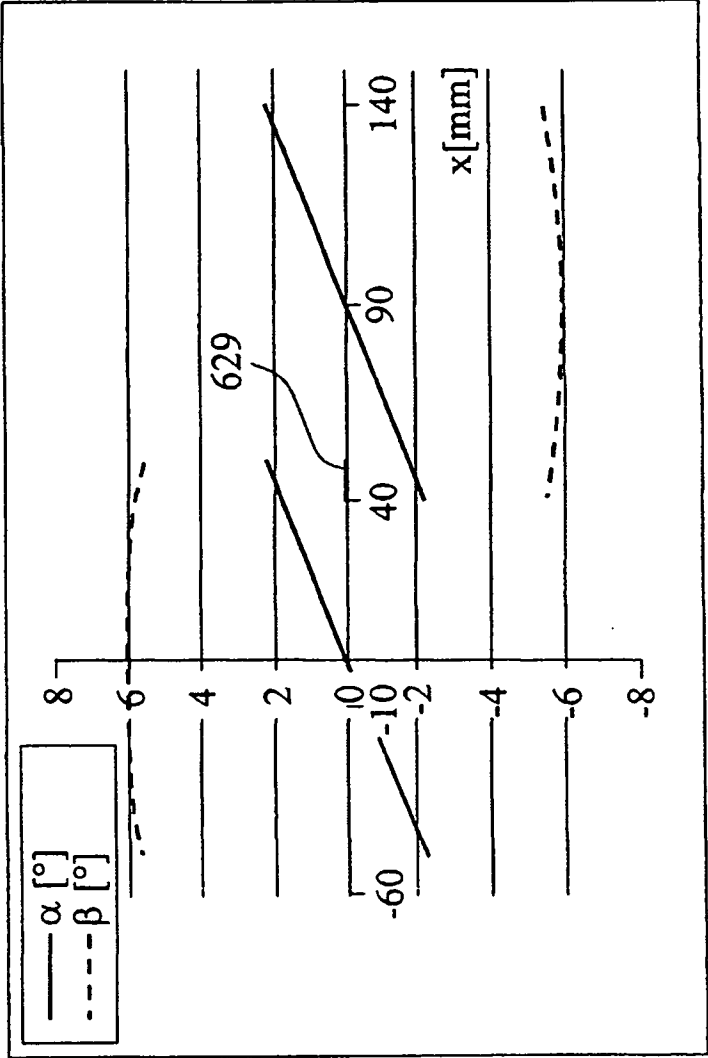


圖 6b

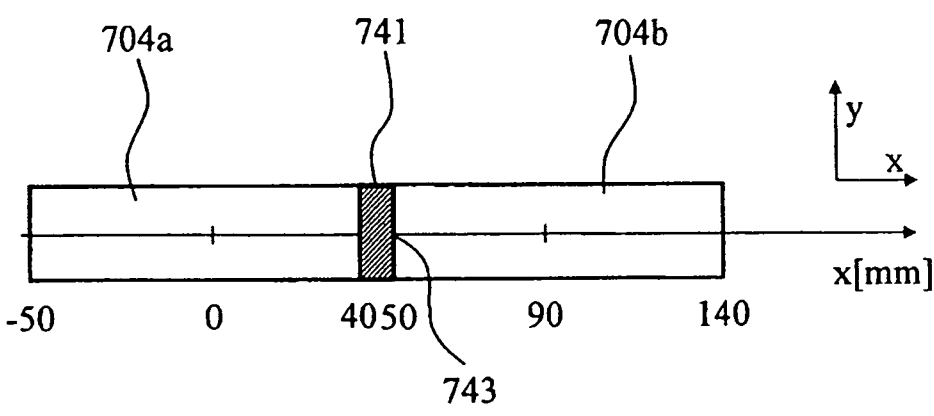


圖 7a

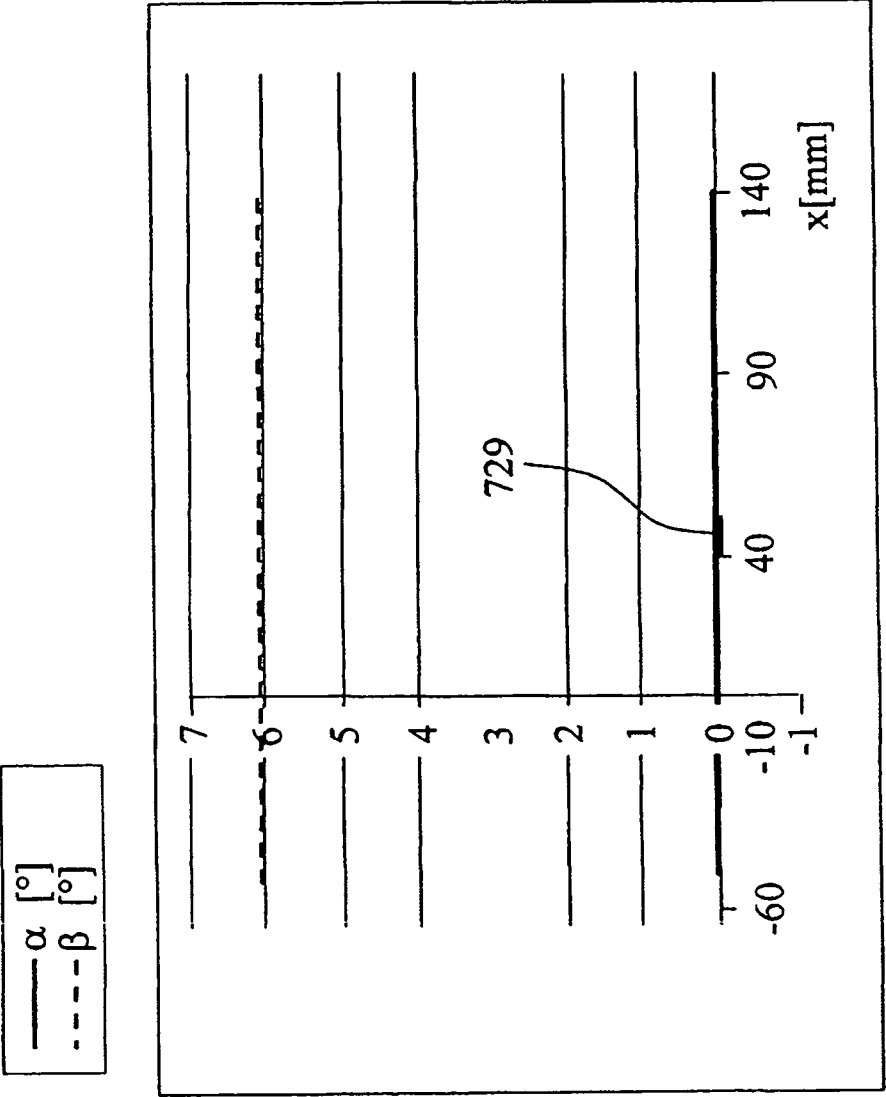


圖 7b

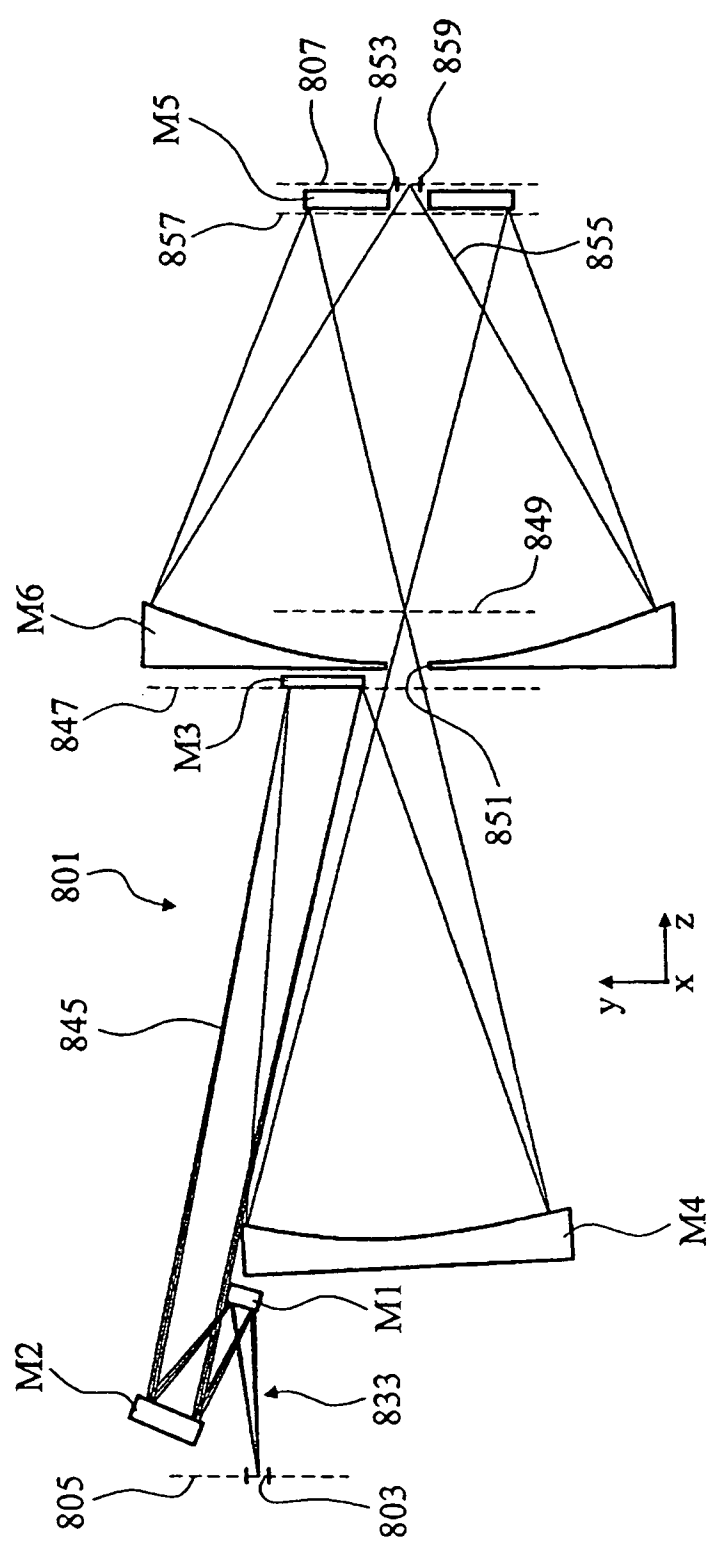


圖 8