

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：P2131671

※ 申請日期：P2-11、12

※IPC 分類：G02B27/62
1401L21/00

壹、發明名稱：(中文/英文)

經由發光源最佳化來提供透鏡偏差補償之方法與裝置

METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING LENS ABERRATION
COMPENSATION BY ILLUMINATION SOURCE OPTIMIZATION

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商ASML遮蓋器具公司
ASML MASKTOOLS, INC.

代表人：(中文/英文)

大維 金
DAVID KIM

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)

美國 U.S.A.

參、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

阿明 萊博晨

ARMIN LIEBCHEN

住居所地址：(中文/英文)

美國加州黑沃市圓丘路3297號

3297 ROUND HILL DRIVE, HAYWARD, CA 94542 U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

德國 GERMANY

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；2002年11月12日；60/425,309
- 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；2002年11月12日；60/425,309
- 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】

本發明係關於一種微影技術，而特別是關於一種經由發光源最佳化程序來補償透鏡像差，以提供改良之微影過程性能的方法。此外，本發明亦關於一種裝置製造方法，其結合最佳化過程，並利用包括放射系統之微影裝置，以提供輻射之投影光束；用來固定光罩之光罩台，其中光罩係用作投影光束之圖案；用來固定基板之基板台以及一投影系統，其用來將圖案化之投影光束，投影到基板之目標部分。

【先前技術】

舉例來說，在積體電路(ICs)中，可以使用微影投影裝置(工具)。在此一情況中，光罩包含一電路圖案，此一圖案對應於單層IC，而且此一圖案可以成像於基板(矽晶圓)上的目標部分(如，包括一或更多晶粒)，其中該基板已經塗佈一層感光材料(光阻劑)。單一晶圓通常包含鄰接目標部分之整個網路，其經由投影系統，一次一個，連續地照射。在一種微影投影裝置中，藉由一次將整個光罩圖案曝光於目標部分的方式來照射每一個目標部分；此一裝置通常稱為晶圓步進機。在另一裝置(通常稱為步進與掃描裝置)中，則是在給定參考方向(「掃描」方向)之投影光束下，漸進地掃描光罩圖案每一目標部分，同時以此一方向平行或反平行地掃描基板台；而既然投影裝置通常具有放大倍率 M (通常 <1)，掃描基板台的速度 V 將是 M 倍乘以掃描光罩台的速度。更多

關於本文所敘述之與微影裝置有關的資訊，舉例來說，可以從美國專利US 6,046,792中取得，其以引用的方式併入本文中。

在使用微影投影裝置之製程中，光罩圖案被映像到基板上，其中基板至少是部分塗佈一層感光材料(光阻劑)的。在此一成像步驟之前，基板可能經過各種程序，如塗底漆，光阻劑塗佈，與軟式烘烤。在曝光之後，基板將經歷其他程序，如曝光後烘烤(PEB)，顯影，硬式烘烤與影像特徵的測量/檢查。這些程序是圖案化裝置之單獨的層的基礎，其中裝置如IC。此一圖案化層接著可能經過各種過程，如蝕刻，離子轟擊(摻雜)，金屬化，氧化，化學機械拋光，等等，所有這些都是要完成一單獨的層。如果需要許多層，則需要對每一新的層，重複整個程序，或其變化。結果，大量的裝置將呈現於基板(晶圓)上。接著，藉由一技術，如切割或鋸開，將這些裝置分離開來，因此單獨的元件可以安裝於載體上，連接到引線，等等。與這些製程有關之進一步資訊，舉例來說，可以從1997年由McGraw Hill出版社出版，彼得 凡 詹特(Peter van Zant)所著之「微晶片製造：半導體過程實用手冊」第三版，ISBN 0-07-067250-4，一書中取得，其以引用的方式併入本文中。

微影工具可以是具有兩個或更多基板台(以及/或兩個或更多光罩台)的類型。在此一「多階段」裝置中，可以同時使用額外的台子，或者是，可以在一個或更多台子上，實現預備的步驟，同時有一個或更多個其他台子用來曝光。

舉例來說，在專利US 5,969,441與WO 98/40791中，敘述雙階段微影投影裝置，其以引用的方式併入本文中。

上述微影光罩包括對應於將併入矽晶圓之電路元件的幾何圖案。用來產生此等光罩的圖案，係使用電腦輔助設計(CAD)程式所產生，此一程序通常稱為電子設計自動化(EDA)。大部分CAD程式遵循一組預先設定的設計規則，以產生功能性光罩。這些規則係由程序與設計限制所設定。舉例來說，設計規則定義電路裝置(如閘極，電容，等等)或互連線路之間的空間容許偏差，以確保電路裝置或線路不會以不良的方式彼此交互作用。

當然，積體電路製造的目的之一是準確地在晶圓上，(經由光罩)重製原來的電路設計。另一目的是儘量利用半導體晶圓本身。可是，隨著積體電路尺寸的縮小與其密度增加，其相應光罩圖案之臨界尺寸(CD)接近光學曝光工具的解析度極限。此一曝光工具之解析度，係定義為曝光工具可以在晶圓上重複曝光的最小特徵。目前曝光設備的解析度值，通常限制很多先進IC電路設計的CD。

使微影過程之整體性能退化的一個因素，是投影透鏡中的像差。的確，即使目前的過程能夠製造具有高品質標準的透鏡，透鏡像差仍然存在，而此一透鏡像差使成像性能變差。此外，透鏡隨著時間老化，會呈現像差與或散光的增加，因而進一步使透鏡的性能退化。因此，有一個以簡單且花費有效的需求，用來補償透鏡像差與隨時間退化之透鏡性能。

如以下所詳細解說的，本發明之較佳具體實施例提供一種方法與裝置，用來補償透鏡像差與隨時間退化之透鏡性能(如，透鏡通常會呈現偏移，這是像差低階部分的特徵)。可是，在討論本發明之前，將簡短地概述微影過程，並敘述目前已知之最佳化技術，以促進對本發明的了解。應注意的是本中之「透鏡像差」一詞，包含由於透鏡變形，失焦，雷射波長變化，晶圓不平坦，與氣壓所造成的效應。

圖1係一方塊圖，其說明成像系統10之基本組件。請參見圖1，成像系統10包含一發光源12，用來照射光罩14(亦稱為主光罩)。一旦通過光罩，光線便通過光瞳16，並且被投影透鏡18捕捉，然後投影到基板20上，並於其上成像所需之圖案。從圖1可以了解，如果成像系統之投影透鏡中存在像差，變化發生性能的退化。

應注意的是，在先前技術中，已經揭示最佳化發光源與光罩圖案，以改善整體印刷性能的方法。此一方法係揭示於授予羅森布魯斯(Rosenbluth)等人之USP公告第2002/01490920號中。具體地說，羅森布魯斯揭示一種微影最佳化系統，宣稱最佳化發光源與光罩圖案，以改善給定光罩圖案之印刷。羅森布魯斯利用來決定光源/光罩圖案之最佳組合的價值函數，是許多沿著圖案幾何邊緣之預選點上的虛像對數斜率。最佳化演算法係依據微影圖案印刷主要是由一組在成像光瞳中收集到之繞射等級所決定，而與其在光瞳平面中位置無關的假設。

可是，雖然最大化圖案中所選擇之取樣位置上的虛像對

數斜率，強化了曝光變化的預算/容許偏差(通稱為曝光寬容度(EL))，但是其並不會增加焦聚變化的預算/容許偏差(通稱為焦聚深度(DOF))。實際上，和已經調和失焦變化之最佳化典型過程條件的圖案相比，焦聚條件(亦即，在零DOF上)下的圖案，對EL最佳化之圖案是顯示互補的結果。因此，羅森布魯斯的最佳化程序將遭受此一問題。

羅森布魯斯之最佳化過程的進一步限制，是假設投影影像上之繞射圖案效應與光瞳平面中繞射等級的位置無關。因此，羅森布魯斯過程排除透鏡像差效應的模擬，但是透鏡像差效應發生於與波前調制有關的光瞳平面位置，其對投影影像的作用是光瞳位置之繞射圖案精確位置的函數。

此外，已知利用偏軸發光(OAI)的發光光罩圖案，可以強化印刷影像的聚焦深度。此一應用之實例是可選擇的繞射光學元件(DOE)模組，如球體，偶極或四極發光源元件。對於一給定之微影過程，此等元件之使用可以改善DOF以及EL。可是，此等發光具有預定的輪廓，其可能或不能產生最佳化之可能發光輪廓。目前還沒有最佳化此等光源輪廓圖案，以處理投影透鏡中透鏡像差問題，同時改善給定之微影蝕刻過程之DOF與EL的方法。

因此，如上所述，仍然有一個簡單且花費有效之方法的需求，以補償透鏡像差與透鏡性能隨著時間的退化，而且同時最佳化給定之微影過程的DOF性能。

【發明內容】

為了解決先前技藝中的缺陷，本發明之一目的在提供一

種補償透鏡像差與透鏡性能隨時間退化的方法。本發明之另一目的在於實施前述透鏡補償，同時最佳化DOF性能。應注意的是本文中之「透鏡像差」一詞包含透鏡變形，失焦，雷射波長變化，晶圓不平坦，與氣壓的效應。

更具體地說，本發明係關於一種補償透鏡像差之方法，其包含步驟：(a)定義一成本量尺，其量化成像系統之成像性能，其中成本量尺反映透鏡像差在成像性能上的效應；(b)定義一發光源輪廓；(c)依據發光源輪廓，計算該成本量尺；(d)修正發光源輪廓，並依據修正之發光源輪廓，重新計算成本量尺及(e)重複步驟(d)，直到最小化成本量尺。對應於最小化成本量尺之發光源輪廓，表示成像裝置之最佳化亮度。

雖然就此而言，在ICs的製造中，可以參考本發明，應清楚地了解的是本發明有很多其他的應用。舉例來說，其可以應用於積體光學系統的製造，磁疇記憶體的導引與偵測圖案，液晶顯示面板，薄膜磁頭，等等。熟諳此藝之士將了解，就其他應用而言，本文中使用之「主光罩」，「晶圓」或「晶粒」等名詞，應該分別以更一般的名詞「光罩」，「基板」或「目標部分」來取代。

在本文件中，「輻射」與「光束」等詞係用來包含所有類型的電磁輻射，包含紫外線輻射(如，365，248，193，157或126奈米(nm))或遠紫外光(EUV，如具有5~20奈米(nm)範圍之波長)。

本文中所使用之光罩一詞，可以廣泛地解釋為一般的圖

案化構件，其可以賦予入射之輻射光束一圖案化的截面，其中該圖案化截面對應於將要在基板之目標部分上產生的圖案；就此而言，也可以使用「光閥」一詞。除了傳統光罩(透射或反射式；二元，相移，複合式，等等)，其他這種圖案化構件的實例包含：

a)可程式鏡面陣列。此一裝置之實例是具有一兼具黏著性與伸縮性控制層與一反射表面的矩陣可定址表面。此一裝置背後的基本原理是(舉例來說)，反射表面之定址區域將入射光線反射成繞射光線，而非定址區域則將入射光線反射成非繞射光線。使用適當的濾光片，可以將該非繞射光線從反射光束中過濾出來，而只留下繞射光線；如此一來，光束變成是根據矩陣可定址表面之定址圖案所圖案化的。所需之矩陣定址可以使用適當的電子構件來執行。在以上所述之兩種情況中，圖案化構件可以包括一或更多可程式化鏡面陣列。更多本文中所引用之鏡面陣列的資訊，可以從美國專利US 5,296,891與US 5,523,193中取得，其以引用的方式併入本文中。

b)可程式化LCD陣列。美國專利US 5,229,872中提供此一結構之實例，其以引用的方式併入本文中。

本發明之方法提供優於先前技藝之重要優點。最重要的是，本發明提供一微影光源圖案最佳化工具，其自動決定補償透鏡像差的發光形狀，並且允許使用者以更高的圖案精確度來成像。結果，本發明產生改良的成像性能，並且延長投影透鏡的使用壽期。由於投影透鏡通常是成像系統

中最昂貴的部件之一，延長投影透鏡壽命是很顯著的好處(亦即，藉由改良透鏡的性能與補償透鏡性能隨時間的退化，本發明最小化需要替換透鏡的頻率)。此外，本發明之方法也允許其他額外之成本量尺的同時最佳化，其他成本量尺如曝光寬容度「EL」，但不受限於此。

對於熟諳此藝之士來說，從以下對本發明之可仿效具體實施例的詳細敘述中，本發明之其他優點將變得顯而易見。

參考以下詳細敘述與附圖，本發明本身與其他目的與優點將更好了解。

【實施方式】

如以下將更詳細解說的，本發明之微影最佳化過程的目的在於，首先定義以及接著變化一組成像條件的情況下，最小化成本量尺「C」，其中成本量尺C是一組過程參數的函數，而此等參數送回量化成像系統性能的數值。重要的是成本量尺C必須反映透鏡像差在成像表現上的效應。根據本發明，成本量尺量化發光源形狀在印刷與基板之最後影像上的效應。成本量尺越小，成像過程表現得越好(亦即，最後的影像與目標圖案越能準確地吻合)。

實際上，微影過程最佳化包含滿足多重條件。此等條件的實例包含最大化影像對數斜率，最大化焦聚深度，最小化線路終端縮短，等等，但並不限於此。因此，給定一組這樣的多重性能限制條件，總體成本函數可以公式表示成每一單獨條件的加權總和，而如等式1.0所示。

$$C_{total} = \sum_i w_i C_i \dots\dots\dots (等式 1.0)$$

因此，過程最佳化的多重目標，可以表示成對總體成本函數的單獨貢獻 C_i 。此外，每一貢獻之重要性以影響係數 w_i 來加權。

如上所述，本發明之目的在經由發光源最佳化，最小化透鏡像差(包含失焦)的負面效應。總之，對於成像系統之光瞳平面(亦即，投影透鏡)中已知的特定像差場，這是經由首先定義量化光源形狀的成本量尺 C_i 來達成，其中光源形狀與印刷晶圓影像上的影像退化有關。在本發明之一具體實施例中，成本量尺 C_i 是由其本身最佳化的，節發光源輪廓純粹是最大化存在透鏡像差時的過程性能。在另一具體實施例中，成本量尺 C_i 與其他成本量尺一起最佳化，結果發光源輪廓具有加乘的效果，其包含最佳化由於透鏡像差與失焦所造成的影像退化。

接著討論本發明之較佳具體實施例，其揭示一種用來測量曝光晶圓影像之影像退化的方法，而這是因為透鏡像差與失焦是發光源輪廓的函數。退化以成本量尺函數 $C(w_s)$ 表示。接著計算各種不同光源場分佈 w_s 的成本量尺/成本函數 $C(w_s)$ ，以決定造成最小化 $C(w_s)$ 數值的光源場分佈(如，發光源輪廓)。應注意的是，可以使用標準的最佳化技術來實施 $C(w_s)$ 的最小化，其中標準的最佳化技術，舉例來說，如共軛梯度方法，模擬退火法或一般的演算法，但並不受限於此。

最佳化過程中的第一步是定義成本函數 $C(w_s)$ 。假設將要

成像的圖案是具有單元 C 之週期性圖案，對於此等週期性圖案，光瞳平面中的繞射等級會被映射到不連續之預定位置的規則格柵上，這稱為繞射等級。這些繞射等級的準確位置可以藉由發光源之偏軸光束來調整。圖 2 說明可仿效單元 201 具有特徵 199。在特定的設計中，如與 SRAM 與 DRAM 裝置有關的設計中，此等單元是連續地在整個設計中重複。

在物件平面上之 r 點上測量到的虛像強度 $I(r)$ ，是多光源點 w_s 之非同調疊加的結果，其中每一個以透射函數 w_s (亦即，不同的發光源分佈) 來加權。

發光源最佳化的目的在於找出最大化特定性能成本量尺 (或等價地，最小化成本量尺) 的光源分佈 P_s 。更具體地說，目的是在最小化成像錯誤，而此一成像錯誤係由於光學投影系統之轉換函數中，存在透鏡像差所引起。包含於這些像差中的是失焦的考量。透鏡像差可以表示成經由成像光瞳，施加於繞射等級之透射率的相位變形 $\phi(k)$ 。

假設 $I_s(r)$ 表示來自單一光源點 s 之影像強度的貢獻，而 w_s 是各點上發光源的透射率，則 $I(r)$ 上的總影像可以表示成：

$$I(r) = \sum_s w_s I_s(r) \dots\dots\dots (\text{等式 2.0})$$

假設 $E_s(r)$ 表示與在物件平面之 r 點上所測量到之點光源 s 有關的電場， $E_s(r)$ 是在光瞳孔徑收集到之不連續繞射等級的函數，而根據標準的成像理論，可以表示成：

$$E_s(r) = \sum_n a_{sn} e^{ik_n r} \dots\dots\dots (\text{等式 2.1})$$

其中下標 n 是成像光瞳收集到之所有等級中的有限組，而 a_{sn}

是一組複雜的調制係數(繞射振幅)。以下，省略下標，並且暗示假設來自同調發光的部分貢獻是由點光源 s 所發出。

透鏡像差的效應是扭曲繞射振幅，其依據：

$$a'_n = a_n e^{i\phi(k_n)} \dots\dots\dots (\text{等式 2.2})$$

其中 a'_n 表示被像差場 $\phi(k)$ 扭曲的繞射振幅。物件平面中的電場振幅受到像差場 $\phi(k)$ ，則變成：

$$E'_s(r) = \sum_n a_n e^{ik_n r} e^{i\phi(k_n)} \dots\dots\dots (\text{等式 2.3})$$

結果，像差影像強度 $I'_s(r)$ 變成：

$$I'_s = \sum_{n,n'} a_n a_{n'}^* e^{i(k_n - k_{n'})r} e^{i(\phi(k_n) - \phi(k_{n'}))} \dots\dots\dots (\text{等式 2.4})$$

觀察發現對於等式 2.4 中所有對角的項($n=n'$)，像差效應對消的。對於非對角的項($n \neq n'$)，我們建立與 $(nn' + n'n)$ ， $a_n = |a_n| e^{i\theta_n}$ 對有關部分的總和：

$$I'_{s,nn'} = |a_n| |a_{n'}| \left(e^{i(k_n - k_{n'})r + i(\theta_n - \theta_{n'})} e^{i(\phi(k_n) - \phi(k_{n'}))} e^{-i(k_n - k_{n'})r - i(\theta_n - \theta_{n'})} e^{-i(\phi(k_n) - \phi(k_{n'}))} \right) \dots\dots\dots (\text{等式 2.5})$$

定義 $\alpha = (k_n - k_{n'})r + (\theta_n - \theta_{n'})$ ， $\Delta\phi = \phi(k_n) - \phi(k_{n'})$ 。一些簡單的代數轉換之後，等式 2.5 可以表示成：

$$I'_{s,nn'} = 2|a_n| |a_{n'}| \cos(\alpha + \Delta\phi) \dots\dots\dots (\text{等式 2.6})$$

$$= 2|a_n| |a_{n'}| (\cos\alpha \cos\Delta\phi - \sin\alpha \sin\Delta\phi) \dots\dots\dots (\text{等式 2.7})$$

以下假設透鏡像差是小的($\Delta\phi \ll 1$)。正弦與餘弦的第一階展開產生：

$$I'_{s,nn'} \approx 2|a_n| |a_{n'}| (\cos\alpha - \Delta\phi \sin\alpha) \dots\dots\dots (\text{等式 2.8})$$

因此，像差場 $\phi(k)$ 在部分影像貢獻 $I'_{s,nn'}$ 上的效應，可以表示成：

$$I'_{s,nn'}(r) \approx I_{s,nn'}(r) - 2|a_n||a_{n'}|\Delta\phi\sin\alpha(r) \dots\dots\dots(\text{等式 2.9})$$

其次，希望最小化像差對物件平面任意點 r 之 $I'_{s,nn'}(r)$ 上的效應。在此一情況下， $\sin\alpha(r)$ 因此假設是 $[-1,+1]$ 整個範圍。在以上假設之下，由像差場所引進，同調分佈 I_s 之扭曲對整個影像強度被下式所限制：

$$|I'_s - I_s| \leq C_s \dots\dots\dots(\text{等式 3.0})$$

其中

$$C_s = 2 \sum_{n < n'} |a_{sn}||a_{sn'}| |\phi(k_n) - \phi(k_{n'})| \dots\dots\dots(\text{等式 3.1})$$

參考以上表示式以及等式 2.0，用來降低透鏡像差場 $\phi(k)$ 效應之最佳化發光源之形狀的特徵為最大化成本函數 $C(w_s)$ 之光源場分佈 w_s ：

$$C(w_s) = \sum_s w_s C_s \dots\dots\dots(\text{等式 3.2})$$

因此，等式 3.2 表示成本函數必須最小化，以最小化透鏡像差的效應。

請參考圖 3，成像週期性圖案導致一組不連續的繞射等級 301。具體地說，圖 3 說明成像週期性圖案所得到之可仿效繞射圖案。應注意的是，圖 3 所說明之繞射圖案並不是對應於圖 2 中說明之週期性圖案。應進一步注意的是非週期性圖案可以近似成單元之週期性圖案，其中為了準確，該單元以輪廓清晰之防護帶圍繞圖案。

如所熟知的，由成像系統之投影透鏡 304 所捕捉的繞射等級 301，決定基板上所需之圖案的複製精確度/性能。繞射等級 301 的振幅「 a_n 」係由將被成像之特徵的幾何形狀所決

定。請再參考圖3，投影透鏡304收集在透鏡304之數值孔徑捕捉範圍中，特定的一組繞射等級。繞射等級301相對於透鏡304的位置，係由發光體光源元件「 s 」之部分同調發光的光源輪廓所決定。圖4係由一可仿效之發光體輪廓305，其中單一發光點「 s 」是發光的。因此，發光體305中光源元件「 s 」的置換，造成收集光瞳304(亦即，投影透鏡)中心與繞射圖案302中心之間的位移向量「 s 」。因此，藉由操縱發光體305中的光源元件「 s 」，可以改變光瞳304捕捉到的繞射等級，以及改變光瞳304捕捉到之繞射等級的位置。就是發光源305之此一操作，允許最小化因為透鏡像差所造成的成像退化。具體地說，如果透鏡像差存在於光瞳304中特定的位置，則可以調整發光源305，使繞射等級不落在光瞳304之「像差位置」中。

應注意的是，沒有任何透鏡像差存在時，只要收集到相同的繞射等級，收集光瞳304(亦即，投影透鏡)中繞射等級的真正位置是沒有關係的。可是，如上所述，當存在透鏡像差或失焦時，性能隨著透鏡光瞳中繞射等級的真正精確位置而改變。

圖5係一可仿效流程圖，其說明本發明之發光源最佳化過程。在第一步驟，步驟401中，計算初始發光源輪廓「 w_s 」。此一輪廓以涵蓋發光孔徑之規則網格上的一組透射率「 w_s 」來表示。請參考圖6，輪廓指出形成發光網格之複數個不連續點「 w_s 」中的哪一個是發光的。舉例來說，如果用以上討論之「獨立」的最佳化模式來運作，則可以藉由在 σ_{out} 之

最大容許設定上，使用傳統發光孔徑來獲得發光體之初始輪廓(亦即，形狀)。或者是，如果最佳化與其他成本量尺一起施用，則可以經由考慮其他成本量尺，不考慮透鏡像差，以最佳化其形狀來獲得發光體之初始輪廓(亦即，形狀)。

在下一步驟，步驟402中，計算成本量尺 C_{total} 。剛開始時，在本發明之疊代過程的第一次操作中， C_{total} 是假設為全等於 $C(w_s)$ (在獨立的最佳化具體實施例中)，或包含根據等式1.0之 $C(w_s)$ 效應(在組合之最佳化具體實施例中)。

其次，在步驟403中，步驟402之結果是加權的，並且結合所考慮之所有其他成本量尺。接著，比較此一結果與先前疊代程序的結果，如果此一結果是被決定成最小的，則已經被決定為最小之對應於成本函數 $C(w_s)$ 的發光輪廓 w_s ，被選擇為最佳化發光源的輪廓(步驟405)。

應注意的是，本發明之過程執行很多疊代，以決定成本量尺 $C(w_s)$ 是否是最小的。請再參考圖5，在第一次計算步驟403中之成本量尺 $C(w_s)$ 時， $C(w_s)$ 的值被儲存於記憶體中，而程序繼續進行到步驟404，其中選擇新的發光輪廓「 w_s 」。程序接著回到步驟402，以計算新發光輪廓之 $C(w_s)$ 。接著比較第二次疊代所得之成本量尺 $C(w_s)$ 與第一次疊代之成本量尺，其中對應於最小化成本函數之發光源輪廓，被視為最佳化之發光輪廓。持續此一重新疊代，直到確定獲得最小化之成本量尺 $C(w_s)$ 。在一具體實施例中，應用一般演算法，依據先前疊代的結果來預測最可能降低成本量尺的輪廓。

在前述之變化中，也可能預先定義一特定數值 ε ，其接

著與預定數目之先前疊代(如，4次疊代)期間 $C(w_s)$ 的最大變化相比較，而如果 $C(w_s)$ 的變化小於 ε ，則程序繼續進行到步驟405，而且目前的發光輪廓被選為最佳化發光輪廓。

一旦確認最佳化之發光輪廓 w_s ，則操作者擁有製造發光造型的選擇，如實作最佳化發光源輪廓的繞射式光學元件。

應注意的是，本發明之上述方法通常是在電腦輔助設計(CAD)程式中執行，而如上所述，其將是部分功能以執行前述方法，並產生表示最佳化發光輪廓的檔案。此一檔案是CAD程式的輸出，其將會被用來製造繞射光學元件，而此一繞射光學元件為實作最佳化之發光源所必須。

本發明亦提供優於先前技藝之顯著優點。更重要的是，本發明提供一種微影光源圖案最佳化光具，其自動決定補償透鏡像差的發光形狀，並且允許使用者以高圖案精確度來成像。結果，本發明導致改良的成像性能，並且延長投影透鏡的使用壽命。由於投影透鏡通常是成像系統最昂貴的部件之一，延長投影透鏡的壽命有顯著的好處(亦即，藉由改善透鏡的性能，以及補償透鏡性能隨時間的退化，本發明最小化需要替換透鏡的頻率)。

圖7概要地描述一微影投影裝置，其適合與藉助本發明所設計之光罩一起使用。該裝置包括：

- 一輻射系統Ex，IL，用來供應輻射之投影光束PB。在此一特殊情況中，輻射系統亦包括一輻射源LA；
- 第一物件台(光罩台)MT，其具有用來固定光罩MA(如，主光罩)的光罩固定器，並且連接到第一定位構件PM，以

相對於項目PL，精確地定位光罩；

- 第二物件台(基板台)WT，其具有用來固定基板W(如，塗佈光阻劑之矽晶圓)的基板固定器，並且連接到第二定位構件PW，以相對於項目PL，精確地定位基板；
- 一投影系統(「透鏡」)PL(如，折射，反射或全反射光學系統)，用來將光罩MA之照射部分成像到基板W之目標部分C(如，包括一或更多晶粒)。

如此處所描繪的，裝置是透射式的(亦即，具有透射光罩)。可是，舉例來說，其通常也可以是反射式的(具有反射光罩)。或者是，該裝置可以利用其他圖案化構件，如以上提到的可程式化鏡面陣列。

輻射源LA(如，水銀燈，準分子雷射或電漿放電源)產生輻射光束。此一光束係提供給發光系統(發光體)IL，而這可以是直接地，或者是穿過調控構件之後，舉例來說，調控構件如光束擴展器Ex。發光體IL可以包括調整構件AM，用來設定光束中強度分佈的外與/或內徑向寬度(一般分別稱為外 σ 與內 σ)。此外，其通常包括其他各種不同的組件，如積分器IN與聚光器CO。如此一來，照射光罩MA之光束PB在其截面中，具有所需之均勻度與強度分佈。

應注意的是，就圖7而言，輻射源LA可以安放於微影投影裝置(舉例來說，當輻射源LA是水銀燈時，通常是如此)之外罩中，但是其亦可遠離微影投影裝置，而其產生之輻射光束被引導到裝置中(如，藉由適當之引導鏡面的幫助)；後者通常是當輻射源LA是準分子雷射(如，基於KrF，ArF

或 F_2 之雷射)的情況時。本發明包含這兩種情況。

光束PB依序截取固定於光罩台MT之光罩。穿過光罩MA之後，光束PB通過透鏡PL，其中透鏡PL將光束PB聚焦於基板W之目標部分C。藉由第二定位構件W(與干涉計測量構件IF)之助，可以精確地移動基板台WT，如，以便在光束PB之路徑中，定位不同的目標部分C。同樣地，例如，在光罩MA從光罩庫機械取回之後，或者是在掃描期間，第一定位構件PM可以用來精確地相對於光束PB的路徑，定位光罩MA。物件台MT，WT的移動通常是藉助於長調控(long-stroke)模組(粗略定位)與短調控(short-stroke)模組(精細定位)，其未明確地繪製於圖7中。可是，在晶圓步進機的情況中(與步進掃描裝置相反)，光罩台MT可以連接到短調控促動器，或者是固定住。

所描繪之裝置可以兩種不同的模式來使用：

- 在步進模式中，光罩台MT基本上保持不動，而整個光罩影像則一次投影(亦即，單一「閃光」)到目標部分C。接著，x與/或y方向移動基板台WT，使得光束PB可以照射不同的目標部分C；及
- 在掃描模式中，基本上施用相同的方案，除了給定目標部分C不是在單一「閃光」中曝光。光罩台MT在給定之方向(所謂的「掃描方向」，如y方向)上，以速度v移動，使投影光束PB掃描整個光罩影像；結果，基板台WT同時以速度 $V=Mv$ ，在相同或相反的方向上同時移動，其中M是鏡片PL的放大倍率(通常， $M=1/4$ 或 $1/5$)。如此一來，

可以暴露相當大的目標部分C，而不需要妥協於解析度。

雖然已經揭示本發明之特定具體實施例，應注意的是本發明可以以其他形式來實現，而不脫離其精神與主要特性。因此，在所有態樣上，希望將本具體實施例想成是說明，而不是限制的，本發明之範圍將由延伸申請專利範圍來指出，因此，所有具備申請專利範圍之意義或等同範圍內的變化，希望包含於其中。

【圖式簡單說明】

圖1係一方塊圖，其說明成像系統之基本組件。

圖2說明將成像到基板上之具有特徵的可仿效單位元件。

圖3說明成像週期性圖案所獲得之可仿效繞射圖案。

圖4說明可仿效之發光源輪廓。

圖5係一可仿效流程圖，說明本發明之發光源最佳化過程。

圖6說明另一可仿效之發光源輪廓。

圖7概要描繪一微影投影裝置，其適合與具有藉助於本發明之光罩設計一起使用。

【圖式代表符號說明】

10	成像系統
12	發光源
14	光罩
16	光瞳
18, 304	投影透鏡
20	基板

199	特 徵
201	單 元
301	繞 射 等 級
302	繞 射 圖 案
305	發 光 體
Ex, IL	輻 射 系 統
PB	投 影 光 束
LA	輻 射 源
MT	第 一 物 件 台 (光 罩 台)
MA	光 罩
WT	第 二 物 件 台 (基 板 台)
PM	第 一 定 位 構 件
PL	投 影 系 統 (「 鏡 片 」)
W	基 板
PW	第 二 定 位 構 件
C	目 標 部 分
AM	調 整 構 件
IN	積 分 器
CO	聚 光 器
IF	干 涉 計 測 量 構 件

伍、中文發明摘要：

一種補償透鏡像差之方法，包含步驟：(a)定義一成本量尺，其量化成像系統之成像性能，其中成本量尺(cost metric)反映透鏡像差在成像性能上的效應；(b)定義一發光源輪廓；(c)依據發光源輪廓，計算該成本量尺；(d)修正發光源輪廓，並依據修正之發光源輪廓，重新計算成本量尺及(e)重複步驟(d)，直到最小化成本量尺。對應於最小化成本量尺之發光源輪廓，表示成像裝置之最佳化亮度。

陸、英文發明摘要：

A method for compensating for lens aberrations, which includes the steps of: (a) defining a cost metric which quantifies an imaging performance of an imaging system, where the cost metric reflects the effects of lens aberrations on the imaging performance; (b) defining a source illumination profile; (c) evaluating the cost metric based on the source illumination profile; (d) modifying the source illumination profile, and re-evaluating the cost metric based on the modified source illumination profile; and (e) repeating step (d) until the cost metric is minimized. The source illumination profile corresponding to the minimized cost metric represents the optimal illumination for the imaging device.

拾、申請專利範圍：

1. 一種補償透鏡像差之方法，該方法包括步驟：

(a)定義一成本量尺，其量化成像系統之成像性能，該成本量尺(cost metric)反映透鏡像差在該成像性能上的效應；

(b)定義一發光源輪廓；

(c)依據發光源輪廓，計算該成本量尺；

(d)修正發光源輪廓，並依據修正之發光源輪廓，重新計算成本量尺；及

(e)重複步驟(d)，直到最小化成本量尺。

2. 如申請專利範圍第1項之補償透鏡像差之方法，其中計算該成本量尺的結果是單一的數值，其表示該成像系統之成像性能。

3. 如申請專利範圍第1項之補償透鏡像差之方法，進一步包括形成繞射光學元件的步驟，該繞射光學元件實現對應於最小化成本量尺之該發光源輪廓。

4. 如申請專利範圍第1項之補償透鏡像差之方法，其中該成本量尺進一步反映成像過程之曝光寬容度性能。

5. 一種用來補償成像系統之透鏡像差之方法，其中該成像系統具有用來照明主光罩之發光源，與用來將被該主光罩繞射之光線投影到基板上的投影透鏡，該方法包括步驟：

(a)定義一成本量尺，其量化成像系統之成像性能，該成本量尺(cost metric)反映該投影透鏡之透鏡像差在該

成像性能上的效應；

(b)定義一發光源輪廓，而此一發光源輪廓定義照射到該主光罩上的光線；

(c)依據該發光源輪廓，計算該成本量尺；

(d)修正該發光源輪廓，並依據修正之該發光源輪廓，重新計算該成本量尺；

(e)重複步驟(d)，直到最小化該成本量尺；及

(f)選擇對應於該最小化之成本量尺的發光源輪廓當作照明該主光罩之輪廓。

6. 如申請專利範圍第5項之用來補償成像系統之透鏡像差的方法，其中計算該成本量尺的結果是單一的數值，其表示該成像系統之成像性能。

7. 如申請專利範圍第5項之用來補償成像系統之透鏡像差的方法，其中該成本量尺進一步反映成像過程之曝光寬容度性能。

8. 一種用來設計用於成像系統之繞射光學元件之方法，該方法包括步驟：

(a)定義一成本量尺，其量化成像系統之成像性能，該成本量尺(cost metric)反映透鏡像差在該成像性能上的效應；

(b)定義一發光源輪廓；

(c)依據該發光源輪廓，計算該成本量尺；

(d)修正該發光源輪廓，並依據修正之該發光源輪廓，重新計算該成本量尺；

- (e)重複步驟(d)，直到最小化該成本量尺；及
 - (f)產生該繞射光學元件，而該繞射光學元件實現對應於該最小化成本量尺之該發光源輪廓。
9. 如申請專利範圍第8項之設計繞射光學元件之方法，其中計算該成本量尺的結果是單一的數值，其表示該成像系統之成像性能。
10. 一種用來控制電腦之電腦程式產品，其中該電腦包括電腦可讀取之記錄媒體，以及記錄於記錄媒體上，用來引導電腦產生檔案之構件，其中所產生之檔案對應於成像系統中使用之繞射光學元件，該檔案之產生包括步驟：
- (a)定義一成本量尺，其量化成像系統之成像性能，該成本量尺(cost metric)反映透鏡像差在該成像性能上的效應；
 - (b)定義一發光源輪廓；
 - (c)依據該發光源輪廓，計算該成本量尺；
 - (d)修正該發光源輪廓，並依據修正之該發光源輪廓，重新計算該成本量尺；
 - (e)重複步驟(d)，直到最小化該成本量尺；及
 - (f)定義該繞射光學元件，而該繞射光學元件實現對應於該最小化成本量尺之該發光源輪廓。
11. 如申請專利範圍第1項之補償透鏡像差之方法，其中該成本量尺包含成像過程之焦聚深度性能。
12. 如申請專利範圍第5項之用來補償成像系統之透鏡像差的方法，其中該成本量尺包含成像過程之焦聚深度性能。

拾壹、圖式：

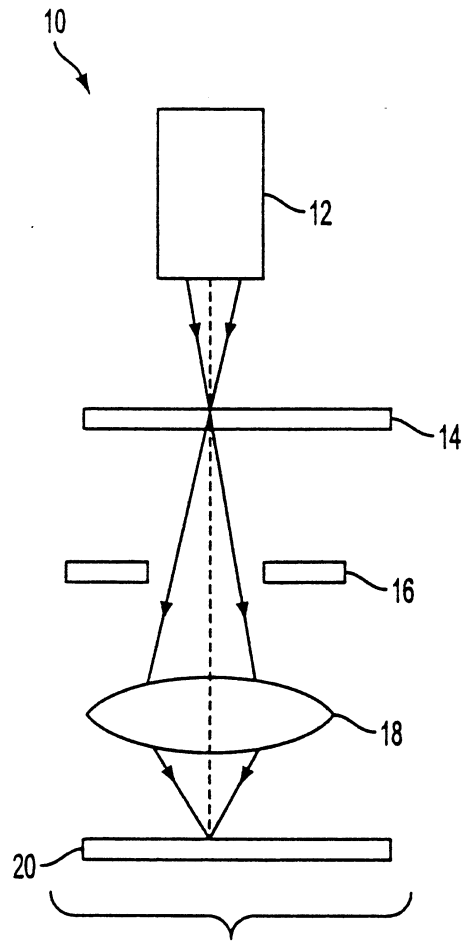


圖 1

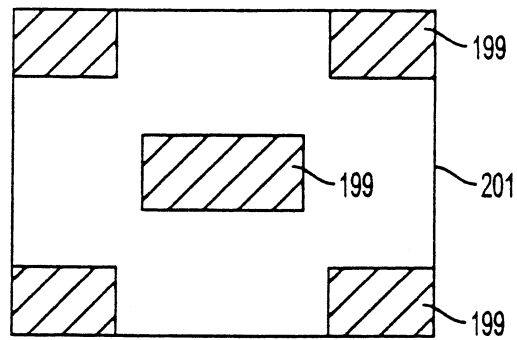


圖 2

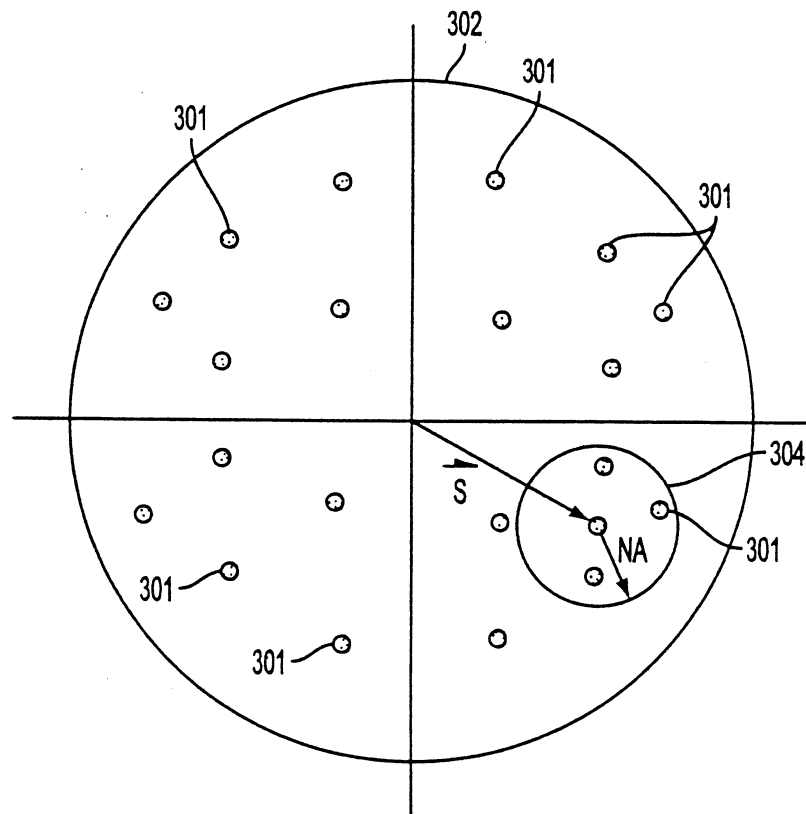


圖 3

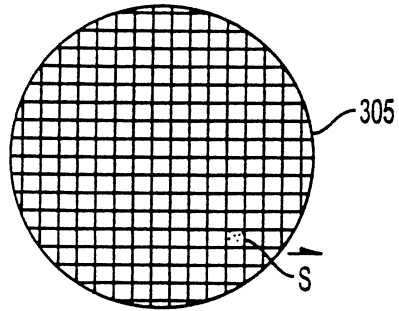
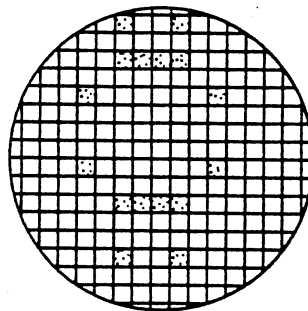


圖 4



"Ws"

圖 6

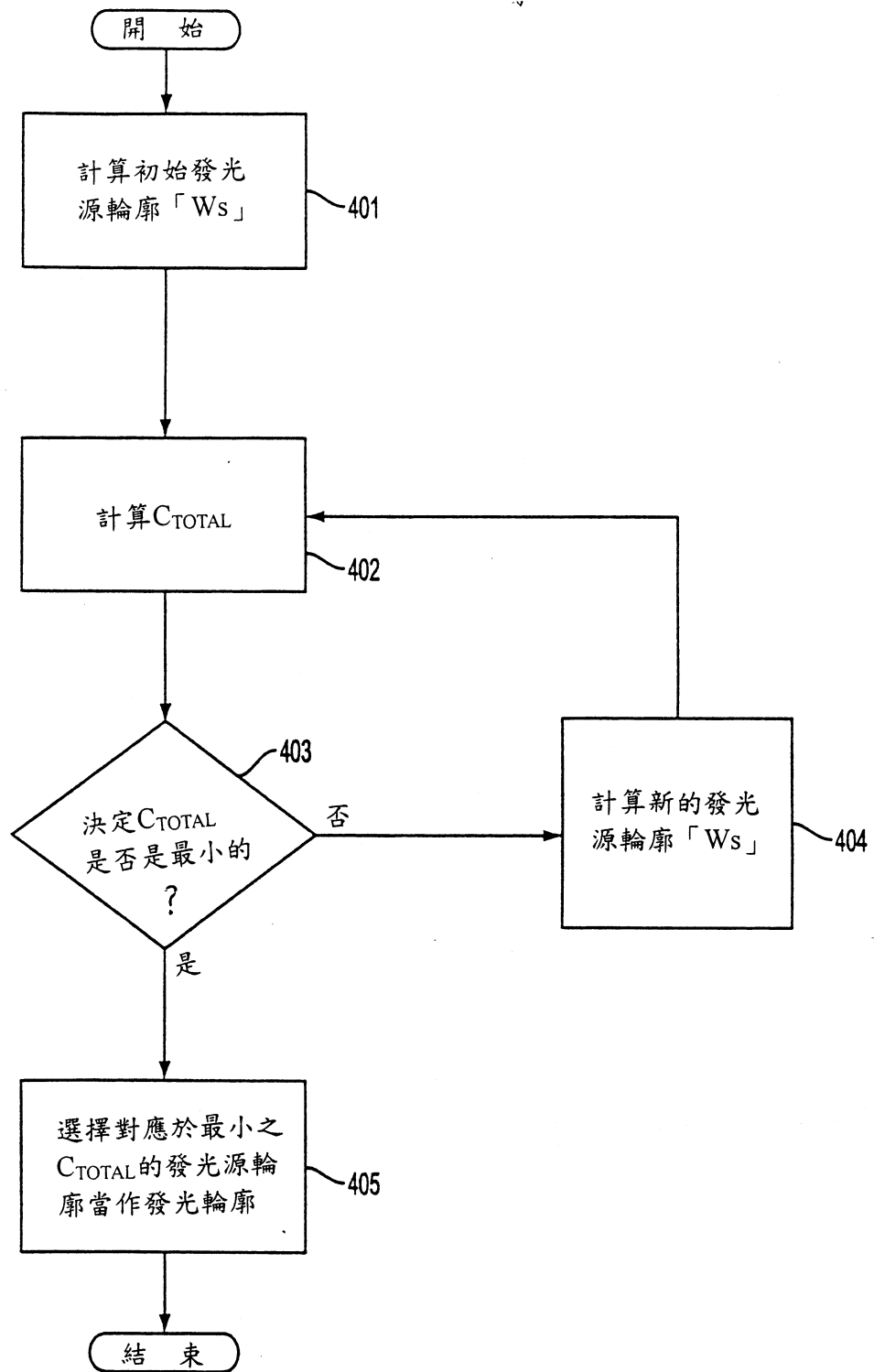


圖 5

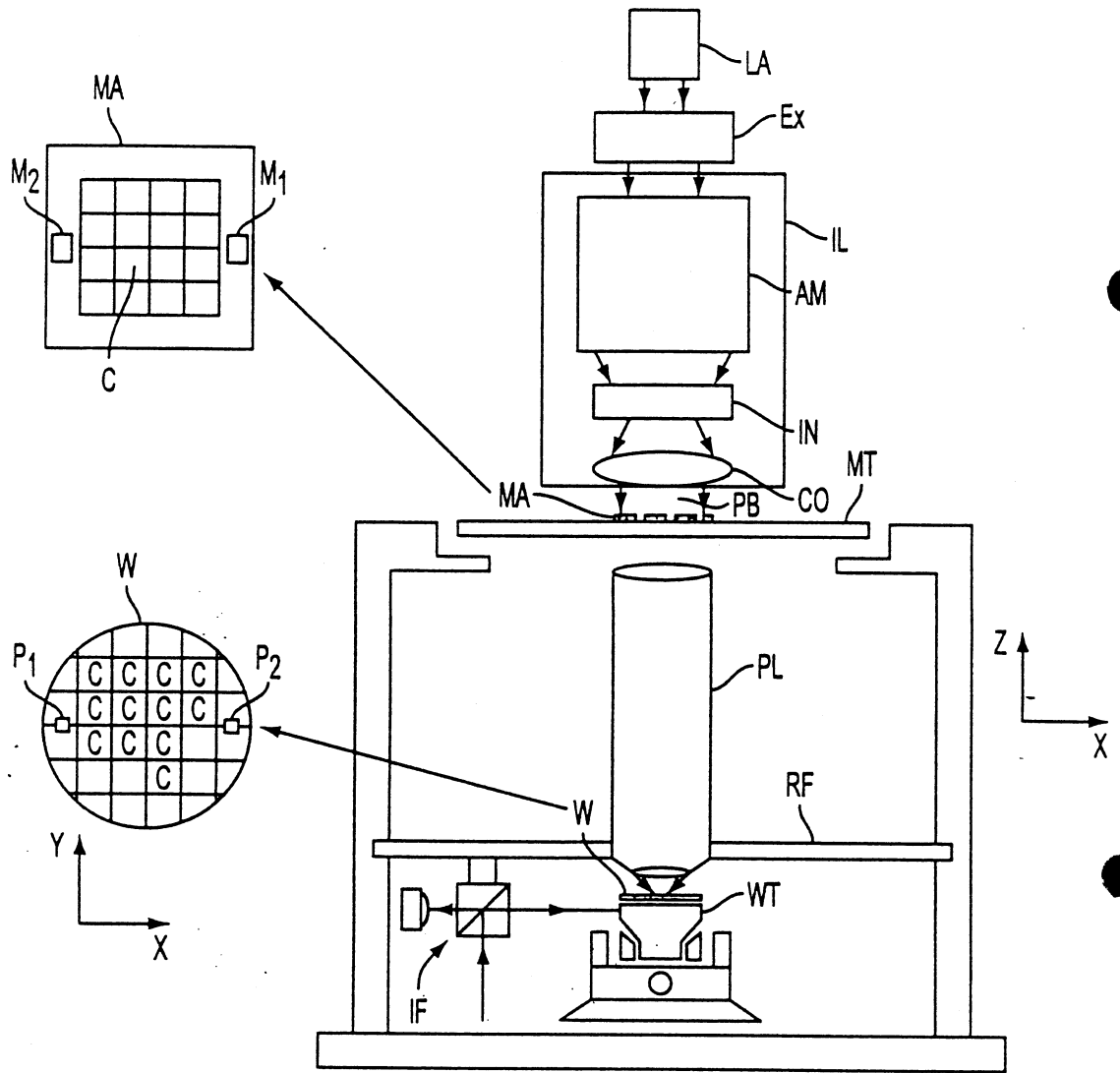


圖 7

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (7) 圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

Ex, IL 輻射系統

PB 投影光束

LA 輻射源

MT 第一物件台(光罩台)

MA 光罩

WT 第二物件台(基板台)

PM 第一定位構件

PL 投影系統(「鏡片」)

W 基板

PW 第二定位構件

C 目標部分

AM 調整構件

IN 積分器

CO 聚光器

IF 干涉計測量構件

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)