

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：94123614

※申請日期：94 年 7 月 12 日 ※IPC 分類：G03B ²⁷/₂ , ²⁷/₅₄

一、發明名稱：(中文/英文)

G03F ⁷/₂₀

用於微蝕印投影曝光設備的照明系統、投影曝光設備及其操作方法、微結構元件及其製造方法、及照射遮罩的方法

ILLUMINATION SYSTEM FOR A MICROLITHOGRAPHIC
PROJECTION EXPOSURE APPARATUS, PROJECTION EXPOSURE
APPARATUS AND OPERATION METHOD THEREOF,
MICROSTRUCTURED DEVICES AND FABRICATION THEREOF,
METHOD OF ILLUMINATING A MASK

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

卡爾蔡司 SMT 有限公司

CARL ZEISS SMT GMBH

代表人：(中文/英文)

1. 喬瑟夫 法圖 / FATUM, JOSEPH

2. 克里斯汀 馬汀 / MARTIN, CHRISTIAN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

德國奧柏柯程魯道夫艾伯街 2 號

Rudolf-Eber-Straße 2, D-73447 Oberkochen, Germany

國籍：(中文/英文)

德國/GERMANY

三、發明人：(共 3 人)

姓名：(中文/英文)

1. 達米安 菲歐卡 / FIOLKA, DAMIAN

2. 拉爾夫 林德納 / LINDNER, RALF

3. 拉爾夫 夏恩韋伯 / SCHARNWEBER, RALF

國籍：(中文/英文)

1.-3.均為德國 / GERMANY

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；2004.07.29；S.N. 60/591,985

2. 美國；2004.11.29；S.N. 60/631,564

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 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：

用於微蝕印投影曝光設備(PEA)的照明系統具有第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621、PM111)、第二偏振操控器(PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM612、PM622、PM112)以及位於當中的至少一光學元件(L1、L2、18、30)。偏振操控器確保偏振操控器之間的光線(R)的電場向量方向乃隨著時間做變化，而偏振操控器外的偏振狀態則是固定的。此避免高能光線在安排於兩偏振操控器之間的光學元件中感應出雙折射。

六、英文發明摘要：

An illumination system for a microlithographic projection exposure apparatus (PEA) has a first polarization manipulator (PM1; PM21; PM31; PM41; PM51; PM611, PM621; PM111), a second polarization manipulator (PM2; PM22; PM32; PM42; PM52; PM612, PM622; PM112) and at least one optical element (L1, L2, 18, 30) located in between. The polarization manipulators ensure that the direction of the electric field vector of a light ray (R) varies in time between the polarization manipulators, whereas the polarization state is fixed outside the polarization manipulators. This prevents high energy light from inducing birefringence in optical elements arranged between the two polarization manipulators.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (3) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10	照 明 系 統
18	第 一 繞 射 光 學 元 件
28	瞳 孔 平 面
29	交 換 支 架
30	第 二 繞 射 光 學 元 件
50	圓 形 偏 振
L1、L2	透 鏡
M	遮 罩
OA	光 軸
PD_i 、 PD_o	偏 振 方 向
PM1	第 一 偏 振 操 控 器
PM2	第 二 偏 振 操 控 器

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】

本發明概括而言乃關於用於微蝕印投影曝光設備的照明系統。本發明尤其關於能夠以具有預定偏振狀態的投影光線來照射遮罩的照明系統。

【先前技術】

微蝕印術 (microlithography) 也稱為光蝕印術、光微影術 (photolithography)，是一種製造積體電路、液晶顯示器和其他微結構元件的技術。微蝕印術製程尤其配合蝕刻製程，用於將基板 (例如矽晶圓) 上已形成的薄膜堆疊做出特徵圖案。在各層的製造上，首先將晶圓披覆以光阻，其係對輻射 (例如深紫外線 (deep ultraviolet, DUV)) 敏感的材料。頂端帶有光阻的晶圓然後於投影曝光設備 (例如步進掃描工具) 中透過遮罩而暴露於投影光線。遮罩包含了要投影於光阻上的電路圖案。曝光之後將光阻顯影，以產生對應於遮罩所包含之電路圖案的影像。然後，蝕刻製程把電路圖案轉移到晶圓上的薄膜堆疊裡。最後再移除光阻。

投影曝光設備典型上乃包括照明系統、投影透鏡、晶圓校準台座，該台座用於校準披覆了光阻的晶圓。照明系統以照明場來照射遮罩的某一區域，該照明場可能呈長條矩形狹縫的形狀。隨著製造微結構元件的科技進展，對於照明系統的要求也愈來愈多。舉例而言，已經發現：以具有仔細選擇偏振狀態的投影光線來照射遮罩，可以相當程度地改善遮罩在光阻上的成像。目前來看，以線性偏振光

來照射遮罩似乎特別有利。

然而，以線性偏振光來照射遮罩也可能碰到各式各樣的困難。最顯著的一個問題是通常稱為偏振所感應的雙折射效應。此效應例如描述於 N. F. Borelli 等人的論文：「準分子雷射在帶氫矽石中所感應的膨脹」(Appl. Phys. Lett., 第 78 冊，第 17 期，2001 年 4 月 23 日，第 2452 到 2454 頁)、「偏振之準分子雷射在矽石中所感應的雙折射」(Appl. Phys. Lett., 第 80 冊，第 2 期，2002 年 1 月 14 日，第 219 到 221 頁)。當光學材料有較長時間暴露於具有高強度和固定偏振方向的線性偏振光時，此效應乃關於雙折射幾乎會出現在所有適合的光學材料。該雙折射是由材料裡的密度微小變化所引起的。在雙折射材料中，折射率是以材料對於入射光方向的指向以及光線的偏振方向為函數來變化。在偏振感應雙折射的情形下，慢軸或快軸乃平行於入射光之電場向量所振盪的方向。

只要此方向確實不會變化，那麼就不用太擔心偏振所感應的雙折射，因為電場向量依然平行於材料的快軸或慢軸來振盪。因此，雙折射所引起的典型效應(例如把線性偏振光轉換成橢圓偏振光)並不會發生。

然而，吾人常常想要以具有不同的(未必是正交的)偏振方向的線性偏振光來照射遮罩。舉例來說，已有人提議在瞳孔平面放置偏振操控器，而在操控器的整個區域中產生切線的偏振分布。那麼所有可能的偏振方向便會發生於後續的光學元件中。如果某人插入此種偏振操控器而改變

了照明設定，則電場向量的方向未必一定會平行於之前照明設定所感應之雙折射的慢軸或快軸。因此，偏振所感應的雙折射現在就變得要注意了，也就是說，新的照明設定下的光線偏振狀態將會受到雙折射的干擾。

從美國專利第 5,442,184 號得知一種照明系統，其能夠改變照射遮罩之線性偏振光的偏振方向。

類似的概念應用於從美國專利第 5,233,460 號得知的照明系統。然而在此已知的照明系統中，後續的雷射脈衝具有正交的偏振狀態，以致遮罩是暴露於近似去偏振的光線。

從美國專利第 6,483,573 號得知另一種用於微蝕印投影設備的照明系統，其中半波片以高的角速度繞著光軸旋轉。角速度係與雷射脈衝的頻率同步，使得後續脈衝的偏振狀態在兩個正交方向之間交替。結果，晶圓上的光阻是暴露於近似去偏振的光線。

【發明內容】

本發明的目的是提供照明系統，其中減少或者甚至避免了上述偏振感應之雙折射的不利效應。

根據本發明的第一方面，此目的是由用於微蝕印投影曝光設備的照明系統所達成，其包括第一和第二偏振操控器以及安排於當中的至少一光學元件。進入第一偏振操控器之光線的電場向量在第一方向上振盪，該方向隨著時間是固定的。從第一偏振操控器發出之光線的電場向量在第二方向上振盪，該方向隨著時間而變化。從第二偏振操控

器發出之光線的電場向量在第三方向上振盪，該方向隨著時間是固定的。

此種照明系統確保位在第一和第二偏振操控器之間的所有光學元件，乃暴露於偏振方向相對於光學元件而言係隨著時間而變化的光線。結果，造成偏振感應之雙折射的密度變化便不會發生；或者如果發生了此種變化，它們會是對稱的，所以淨雙折射為零。「對稱的」在此意指偏振感應之雙折射(若單獨來看，其由第一密度變化所引起)的快軸會與另一偏振感應之雙折射(其由第二密度變化所引起)的慢軸彼此重合。

第二偏振操控器的任務是確保在兩個偏振操控器之間振盪的電場向量的變化方向被改變，使得該方向隨著時間再度是固定的。

第二方向(也就是在兩個偏振操控器之間的電場向量振盪方向)的變化，可以使用不同的方式達成。

或許最簡單的方式是確保在兩個偏振操控器之間的光線是橢圓偏振的，或者最好是圓形偏振的。在此情況下，第二方向隨著時間的變化是非常快。橢圓偏振光的橢圓性愈接近於一(此對應於圓形偏振光)，則光線在至少一光學元件中所感應的雙折射就愈少。

為了把入射光的線性偏振狀態轉變成橢圓的或圓形的偏振狀態，可以使用任何已知具有此性質的裝置。為此經常使用四分之一波片或四分之三波片。如果兩個偏振操控器之間的偏振狀態要是圓的，則四分之一波片或四分之三

波片的主軸應該與第一方向(亦即入射光的偏振方向)成 45° 角。另外可以選擇的是將適當指向的線性偏振器與半波片做組合，此者也可以當成圓形偏振器來使用。

第二偏振操控器的任務是把橢圓或圓形偏振光再度轉換成線性偏振光。為此，第二偏振操控器例如也可以是四分之一波片或四分之三波片，或者是適當指向的線性偏振器與半波片的組合，如本技藝中所已知的。

另一種隨著時間改變第二方向的方式是使用偏振操控器，其中每個偏振操控器都包括偏振旋轉器。在此背景下，「偏振旋轉器」是指任何能夠把第一固定偏振方向旋轉到另一固定偏振方向的裝置。相較於橢圓或圓形偏振光的電場向量旋轉，偏振旋轉器的旋轉就非常慢。然而為了避免偏振所感應的雙折射，旋轉的角速度乃無關緊要。

在偏振方向緩慢旋轉的情形下，本技藝中也有許多已知的裝置可以當成偏振旋轉器來使用。

舉例而言，半波片的性質是把偏振方向旋轉 2β 角，其中 β 是半波片主軸與入射光偏振方向之間的角度。如果此 β 角等於 45° ，則入射光的偏振方向就被轉換成正交的偏振狀態。把偏振方向旋轉 90° 而與輸入偏振方向無關的旋轉器可以包括第一半波片和第二半波片，兩半波片乃安排成第一半波片的主軸與第二半波片的主軸形成 45° 角。

另一種旋轉偏振狀態的方式是使用偏振旋轉器，其包括光學活性材料。這些材料的性質是根據光線在個別材料裡傳遞的距離來旋轉偏振方向。藉由使用不同厚度的活性

材料，便可以改變旋轉的角度。

特別有利的是使用液晶做為活性材料。特定的液晶允許依據液晶所暴露的電場強度來旋轉偏振方向。因此，可以連續地僅藉由改變施加於第一偏振操控器之液晶的電壓，而旋轉兩偏振操控器之間的偏振方向。

另外可以選擇的是至少一偏振旋轉器包括偏振調變器，該偏振調變器例如可以利用磁光或電光效應。舉例來說，此種調變器可得自於 Faraday、Kerr 或 Pockels 旋轉器。

兩偏振操控器之間的光線偏振方向可以連續地或間歇地旋轉。如果偏振方向是間歇地旋轉，則應該確保旋轉的角度是以偏振操控器之間的光學元件裡最後引起對稱之密度變化的方式所決定，如此偏振所感應的雙折射就不會發生。在最簡單的情形下，此角度是 90° 或是其奇數的倍數。

為了使偏振方向達到間歇地旋轉，第一和第二偏振操控器可以分別包括促動器，以便使偏振旋轉器在第一位置(其中光線通過偏振旋轉器)和第二位置(其中光線不通過偏振旋轉器)之間做位移。在此情況下，就不需要旋轉旋轉器本身或是施加變化的控制電壓。

如果旋轉角度是 90° 或是其奇數的倍數，則可以在第一和第二偏振操控器之間安排第三偏振操控器，其將線性均勻的偏振分布轉變成線性徑向的或線性切線的偏振分布。此種額外的偏振操控器通常是安排於或緊鄰於照明系統的瞳孔平面。如果有其他的旋轉角度，則此種第三偏振操控器就沒有作用了，因為它需要特定的輸入偏振狀態或

與此正交的偏振狀態才能產生線性徑向的或線性切線的偏振分布。

第三偏振操控器可以包括光學活性晶體，其光學軸(optic axis)平行於照明系統的光軸(optical axis)。晶體沿著光學軸的方向有一厚度，其係局部地變化。如果入射光束的偏振分布是已知的而隨著時間是固定不變的，並且如果光線通過晶體是至少大約平行於其光學軸，則此種第三偏振操控器(例如揭示於美國專利申請案第 60/537,327 號)可以獲得任意的偏振分布。

根據另一有利的具體態樣，乃提供第三偏振操控器，其產生的偏振分布具有四重對稱，而偏振方向是在徑向指向和切線指向之間交替。第一偏振操控器乃建構成把第一方向旋轉 $m \cdot 90^\circ$ ($m=1, 3, 5 \dots$)，而第二偏振操控器的功能是半波片，其光學軸的方向可以變化 $n \cdot 45^\circ$ 的角度 ($n=1, 3, 5 \dots$)。此種第三偏振操控器的優點在於單一半波片(或任何等效的裝置)就足以得到徑向的或切線的偏振分布，而不管第一偏振操控器所引入的旋轉為何。因此，不需要使用佔體積的旋轉器來當成第二偏振操控器。這是很重要的優點，因為第二偏振操控器的位置通常緊鄰於遮罩平面的前面。在照明系統的這個部份中，可用於容置額外光學元件的空間往往很有限。

視第三偏振操控器的設計而定，第三偏振操控器所產生的偏振方向可以從徑向的不連續地或連續地改變為切線的。前述具有局部變化之厚度分布的光學活性晶體乃特別

適合獲得具有四重對稱的偏振分布。

另一種能夠使用額外偏振操控器的方式是有至少兩對的偏振操控器，其安排於額外偏振操控器的前面和後面。然後，確保通過額外偏振操控器的光線總是具有相同的線性偏振狀態。一般而言，此適用於所有需要特定輸入偏振狀態的偏振操控器。

為了確保有儘可能多的光學元件是免於偏振所感應的雙折射，第一和第二偏振操控器應該分別安排在照明系統的最開始和最後的地方。則所有安排於其中的光學元件所暴露的光線，其電場向量所振盪的方向係隨著時間而變化，因此減少或避免了偏振感應之雙折射所引起的干擾風險。

根據本發明的第二方面，上述目的是由照明系統所達成，其包括的光學元件在照明系統的操作期間會由固定偏振方向的線性偏振光線入射於其上。照明系統進一步包括促動器，以便使光學元件繞著旋轉軸旋轉。提供了促動器的控制單元，其根據預定的控制式樣來控制促動器。

因此根據本發明的第二方面，並不是偏振方向相對於固定的光學元件來變化，而是倒過來，光學元件的角度位置相對於固定的入射光偏振方向來變化。在兩種情況下，結果基本上是相同的，亦即入射光的偏振方向與光線穿過之光學元件的指向之間的相對位置有所改變。所以，造成偏振感應之雙折射的密度變化便不會發生；或者如果發生了此種變化，它們會是對稱的，所以淨雙折射為零。

在入射光的偏振方向並非完全固定或者入射光根本不是完全線性偏振的情形下，旋轉光學元件也會是有用的。舉例而言，如果入射光的偏振方向出現某種跳動，或者如果入射光是橢圓偏振的而此橢圓很大，則仍然可能發生偏振所感應的雙折射。旋轉光學元件故亦可以實質減少偏振所感應的雙折射。

然而，偏振方向通常是實質固定的。在此情形下，若採用促動器以旋轉光學元件 90° 或是其奇數的倍數則是有利的。即使無法避免光學元件材料裡的密度變化，也確保了此種密度變化(若有的話)會是對稱的，所以沒有雙折射的淨效應。

在某些情況下，可能需要控制單元在照明系統的曝光操作間隔的暫停期間來啟動旋轉。此意謂只有當光阻並未暴露於投影光時才允許旋轉。舉例來說，如果光學元件沒有旋轉對稱軸，則旋轉光學元件會改變其光學性質。通常這在曝光過程期間是無法容忍的。在此種情形下，不僅需要在曝光操作間隔的暫停期間來旋轉光學元件，而且也需要以投影光源或額外光源所產生的補償光線來照射光學元件。底下會更完整地解釋此點。

然而，照明系統裡的光學元件通常是旋轉對稱的。因此，控制單元可以在照明系統的曝光操作期間來啟動旋轉，而不會改變其光學性質。此外，也可能連續地旋轉光學元件，如此完全地或至少實質上避免了材料裡的密度變化。

若不是於操作期間連續地旋轉光學元件，也可以改為只在曝光操作間隔的暫停期間來旋轉光學元件，旋轉的角度最好是 90° 或是其奇數的倍數，然後再以旋轉了所要角度的光學元件來繼續操作。在下一次的暫停期間，再度旋轉光學元件，例如把它轉回到原始位置。依照此種程序，則確保了光學元件有實質相等的時間暴露於具有兩種不同的(最好是正交的)偏振方向的光線。如果光學元件具有多重對稱軸(例如三重或四重對稱軸)，則亦可以執行此程序。此對稱則會決定光學元件的旋轉角度。

通常照明系統包括由投影光線所通過的多個光學元件。在許多情形下，只旋轉當中發生極高輻射密度的光學元件可能就足夠了。這些光學元件經常是小直徑的或是位在瞳孔平面附近的透鏡。如果有多於一個的光學元件要旋轉，並且特別是在此種光學元件彼此相鄰的情況下，則使促動器連接於多個光學元件可能是有利的。這樣可以只以單一促動器而同時旋轉多個光學元件。

應該注意：上述關於本發明第二方面的考量也適用於具有不同偏振方向之線性偏振光線照射於光學元件上一特定點的情形。如果沒有首要的偏振方向，則不會發生偏振所感應的雙折射。然而，如果有首要的偏振方向，則至少一光學元件的旋轉再次會減少偏振感應之雙折射的發生。

根據本發明的第三方面，上述目的是由投影曝光設備所達成，其用於將一層加以曝光，該層對於具有預定波長的光線很敏感，此投影曝光設備包括：

(a) 第一光源，其發射具有預定波長的投影光線，

(b) 光學元件，其包含至少一點是由投影光線所穿透，使得投影光線在該至少一點具有首要整體的第一偏振方向，

(c) 第二光源，其發射可以導向光學元件的補償光線，使得補償光線在該至少一點具有首要整體的第二偏振方向，此首要整體的第二偏振方向與首要整體的第一偏振方向形成在 45.1° 到 90° 之間的角度。

本發明的這一方面乃基於以下考量：如果使用補償光來偏移系統正常操作期間所發生而最終可造成雙折射之偏振感應的密度變化，則投影光線的偏振方向和光學元件的角度位置都不需要改變。補償光線在該至少一點之首要整體的第二偏振方向必須與首要整體的第一偏振方向形成超過 45° 角，否則無法至少部分地補償偏振所感應的密度變化，甚至還會增加此變化。兩方向之間的角度理想上等於 90° 。

如果該層對於補償光線的波長不敏感，則當該層暴露於投影光線的同時，亦可操作發射補償光線的第二光源。這樣的好處在於補償過程在時間刻度上並不受限於後續曝光的間隔、維護的間隔或其他操作的中斷。只要確保在該情形下的補償光波長經過選擇即可，使得它引起不顯著少於投影光線所引起之偏振感應的密度變化。如果所選波長致使材料對補償光的反應強很多，則僅於短時間內將補償光導向光學元件可能就足夠了。

如果投影光和補償光具有相同的波長，則光學元件的材料對於線性偏振光(或更一般而言，具有首要整體之第二偏振方向的光線)便會有相同的反應。然而在此情況下，必須藉由連接到第二光源的控制單元確保第二光源只在光敏感層不會暴露於補償光線的期間才發射補償光。舉例而言，控制單元可以只在頂端帶有光敏感層的晶圓並不位於投影透鏡前的時間起始才傳遞開始指令給第二光源。

於有利的具體態樣中，投影曝光設備包括關閉器，其連接到控制單元而避免光敏感層暴露於補償光。這樣即使在後續曝光的短時間間隔內也可以將補償光導向於光學元件上。如果第一光源和光敏感層之間的所有光學元件都要獲益於補償光線所造成的雙折射補償，則此種關閉器應該直接安排在光敏感層的前面。如果關閉器安排在照明系統和投影曝光設備的投影透鏡之間，則只有照明系統裡的元件可以免於偏振感應之雙折射所引起的不利效應。通常這樣就足夠了，因為投影透鏡裡的光強度由於前面光學元件吸收的緣故，會小於照明系統裡的光強度。此等光強度可能太小而不會在投影透鏡的光學元件中引起密度變化。

如果投影光和補償光具有相同的波長，則可能想到提供兩個不同的光源來發射帶有不同偏振方向的光線。然而，相同的效果可以只由一個光源和額外的偏振操控器來達到，其中根據偏振操控器有無插入光線路徑而定，而從入射光產生投影光或補償光。在光束分離器和組合器的幫助下，也可能同時產生具有不同偏振方向的投影光和補償

光。照明系統出口側的偏振濾光器則可以移除光線中所有不想要的偏振方向。

如果入射光是線性偏振的，則偏振操控器可以把通過它的光線偏振方向旋轉超過 45° 角，最好是 90° 或是其奇數的倍數。在線性偏振的入射光情形下，這導致補償光線也是線性偏振的，但有不同的(最好是正交的)偏振方向。就此而言，投影光是以插入光線路徑的偏振操控器或移除偏振操控器所產生的就無關緊要。

為了做到完全補償偏振所感應的密度變化，首要整體的第一和第二偏振方向之間形成的角度應該實質上為 90° 。如果穿過光學元件之至少一點的投影光線具有不同的偏振方向，則例如可以藉由適當的第二光源或偏振操控器來安排東西，使得穿過該至少一點之補償光線的偏振方向乃至至少實質上正交於穿過該至少一點之個別投影光線的偏振方向。

【實施方式】

以下參考圖式來詳細描述本發明的較佳具體態樣。

圖 1 顯示當中可以使用本發明之範例性投影曝光設備的立體簡化圖。整個投影曝光設備以 PEA 來代表，其包括產生投影光束的照明系統 10，此會參考後面圖 2 到 14 再進一步解說。在所示的具體態樣中，投影光束在包含小結構 ST 的遮罩 M 上照出窄的矩形光場 LF。光場 LF 裡的結構 ST 便成像於光阻上，此光阻乃沉積於晶圓 W 上而安排於投影透鏡 PL 的成像平面。由於投影透鏡 PL 的放大倍率

小於 1，故光場 LF 裡之結構 ST 的迷你影像 LF' 便投影於晶圓 W 上。

在投影期間，遮罩 M 和晶圓 W 沿著 Y 軸的掃描方向而移動。遮罩 M 和晶圓 W 的速度比例乃等於投影透鏡 PL 的放大倍率。如果投影透鏡 PL 把影像倒轉，則遮罩 M 和晶圓 W 於相反的方向上移動，如圖 1 中以箭頭 A1 和 A2 所指。因此，光場 LF 掃過遮罩 M，使得遮罩 M 上較大的結構區域也可以連續投影於光阻上。

圖 2 顯示照明系統 10 的子午線剖面。為了清楚起見，圖 2 所示範的乃相當簡化而未按照比例。此尤其暗示不同的光學單元只以極少的光學元件來代表。實際上，這些單元可以包括顯然更多的透鏡和其他光學元件。照明系統 10 包括光源；在所示的具體態樣中，係以準分子雷射 14 所實現。準分子雷射 14 發射的投影光波長是在深紫外線 (DUV) 光譜範圍，例如 193 奈米。

投影光線然後進入擴束單元 16，光束在此被擴大。通過擴束單元 16 之後，投影光線打在第一偏振操控器 PM1 上，其功能會參考圖 3 和 4a 到 4c 再做解釋。穿過第一偏振操控器 PM1 以後，投影光線由第一繞射光學元件 18 所繞射。第一繞射光學元件 18 包括一或更多個繞射光柵，其偏折每條入射光線，以致引入了發散。在圖 2 中，此係示意地表示成軸向光線被分成兩條發散光線 20、22。第一繞射光學元件 18 因而修改了投影光線的角度分布。第一繞射光學元件 18 也可以由任何其他類型的光柵元件所取

代，例如由 Fresnel 區板形成之微形透鏡所組成的微形透鏡陣列。適合此目的之其他光柵元件的範例乃示於美國專利第 6,285,443 號，其內容併於此以為參考。

第一繞射光學元件 18 係定位於第一物鏡 26 的物體平面 24，該第一物鏡 26 只以變焦透鏡組 25 和一對 27 軸錐 (axicon) 元件 27a、27b 來代表。參考數字 28 代表第一物鏡 26 的出口瞳孔平面。用於不同光學元件的交換支架 29 則位於出口瞳孔平面 28 或緊鄰於此。當光學元件插入交換支架 29 時，它們可以修改光線在瞳孔平面 28 的特定光學性質，例如偏振分布。

形式為另一種光柵元件的第二繞射光學元件 30 也定位於第一物鏡 26 的瞳孔平面 28 或緊鄰於此。第二繞射光學元件 30 為每一點引入了發散，並且也影響遮罩 M 上光場 LF 的幾何形態。第二繞射光學元件 30 所引入的發散在圖 2 中乃示意地表示成入射光線 20、22 變成發散光線 20a、20b 以及 22a、22b。

發散光線 20a、20b 以及 22a、22b 進入第二物鏡 32，其在圖 2 中以單一會聚透鏡 32 來代表。第二物鏡 32 乃安排於照明系統 10 裡，使得其入口瞳孔平面與第一物鏡 26 的出口瞳孔平面 28 重合。第二物鏡 32 的成像平面 34 是一場平面，在此設有可調整的光圈 38。光圈 38 確保了照射的光場 LF 在掃描方向 Y 有銳利的邊緣。為此目的，第三物鏡 42 乃安排成沿著照明系統 10 的光軸 44，該第三物鏡 42 的物體平面係與第二物鏡 32 的成像平面 34 重合。

遮罩 M 可以使用遮罩台座(未顯示)而定位於第三物鏡 42 的成像平面 46。第二偏振操控器 PM2 則位於第三物鏡 42 和遮罩 M 之間。

圖 3 是圖 2 所示照明系統 10 之更為簡化的圖解。變焦透鏡組 25 和軸錐對 27 乃以單一透鏡 L1 來共同代表，而交換支架 29 和第二偏振操控器 PM2 之間的所有光學元件以單一透鏡 L2 來代表。

在圖 3 所示的具體態樣中，假設雷射 14 所產生之線性偏振光的偏振方向是平行於圖紙平面，此在圖 3 中以雙箭頭 PD_i 表示。第一偏振操控器 PM1 是四分之一波片，其指向相對於照明系統 10 的光軸 OA 而言則使四分之一波片的主軸與入射光的偏振方向 PD_i 形成 45° 角。結果，從第一偏振操控器 PM1 冒出的光是圓形偏振的。在圖 3 中，此對於單一光線 R 是以圓箭頭 50 來表示。

進一步假設第一偏振操控器 PM1 和第二偏振操控器 PM2 之間的光學元件(亦即透鏡 L1、L2 和第二繞射光學元件 30)維持此圓形偏振 50，直到光線 R 打到第二偏振操控器 PM2 上為止。第二偏振操控器 PM2 是四分之三波片，其指向相對於光軸 OA 而言則使其主軸與偏振方向 PD_i 形成 45° 角。因此，第二偏振操控器 PM2 把光線 R 的圓形偏振狀態 50 變回線性偏振狀態，此在圖 3 中以雙箭頭 PD_o 表示。由於在光線通過照明系統 10 的期間，偏振方向尚未繞著其行進方向來旋轉，故光線 R 的偏振狀態在進入第一偏振操控器 PM1 之前和從第二偏振操控器 PM2 冒出之

後是相同的。

光線 R 在兩偏振操控器 PM1、PM2 所劃分之三區段的偏振狀態乃圖解示範於圖 4a、4b、4c。

圖 4a 和 4c 顯示偏振方向 PD_i 和 PD_o ，其所在平面乃垂直於光線 R 的行進方向。圖 4b 顯示光線 R 在第一和第二偏振操控器 PM1、PM2 之間的電場向量 52。電場向量 52 描述繞著行進方向的圓形移動，此在圖 4b 中以圓箭頭 54 表示。電場向量 52 的旋轉方向則與第一偏振操控器 PM1 所包含的四分之一波片主軸和入射光偏振方向 PD_i 之間的角度關係有關。

由於電場向量 52 旋轉得很快，故沿著光線 R 穿過透鏡 L1、L2 和第二繞射光學元件 30 之路徑的所有點會經歷均勻分布的偏振方向。因為沒有偏好的偏振方向，所以雷射 14 所發射的高強度光線不會於最後造成光學雙折射的光學材料中引起不均匀分布的密度變化。然而，這並非暗示材料根本不會經歷由高強度光線所引起的任何劣化。只不過這些劣化是均向性的，所以若有的話，材料的光學性質也是均向性地改變。因此，偏振所感應的雙折射(其係一種異向性效應)便不會發生於位在兩偏振操控器 PM1 和 PM2 之間的所有光學元件。

要了解到目前為止所解釋的具體態樣可以採各種方式加以修改。舉例而言，如果照明系統 10 要於其出口側提供並非相同的而是不同的線性偏振狀態，則這例如可以藉由適當指向的額外半波片來達成。此種半波片或許也可以

併入第二偏振操控器 PM2 裡，如此形成單一元件。舉例來說，如果在照明系統 10 之入口側和出口側的偏振方向要是正交的，則第一和第二偏振操控器 PM1、PM2 可以都是四分之一波片或者都是四分之三波片。

此外，光線 R 在兩偏振操控器 PM1 和 PM2 之間的偏振狀態並非絕對要求是恰好圓形偏振的。在許多情形下，稍微橢圓的偏振狀態也可以避免偏振所感應的雙折射發生達到極大的程度。可以容忍的橢圓程度則與偏振操控器 PM1 和 PM2 之間的光學元件所需壽命有關。

再者，由於投影光在經過每個繞射光學元件 18 和 30 之後的發散性增加了，故當成偏振操控器 PM1 和 PM2 來使用的波片在關於相位移數目方面可以相差達每個元件所引入的 360° 。因為光軸與從第一繞射光學元件 18 冒出的光線所形成的角度比較小，所以多階的四分之一波片也可以用於第一偏振操控器 PM1。在第二繞射光學元件 30 之後，這些角度通常會顯著較大。因此，可能需要使用零階、近似零階、或至少是低階的波片來當成第二偏振操控器 PM2。

圖 5 以類似圖 3 的圖解來顯示照明系統的第二具體態樣。圖 5 所示的照明系統整個以 210 來代表，其包括偏振操控器 PM21 和 PM22，它們與第一具體態樣的偏振操控器 PM1 和 PM2 不同之處在於偏振操控器 PM21 和 PM22 是展現光學活性效應的液晶。如果線性偏振光線的振盪平面隨著光線沿著材料特定軸行進時會經歷連續的旋轉，則材料

偏好是有光學活性的。以某些光學活性材料而言，旋轉的角度不僅與在材料裡的路徑長度有關，而且也與液晶所暴露的電場有關。舉例而言，此種控制旋轉角度的做法乃普遍應用於常見的液晶顯示器(liquid crystal display, LCD)。

因此除了液晶以外，照明系統 210 的偏振操控器 PM21 和 PM22 都還包含一對電極，如此可以使液晶暴露於或多或少是均勻的電場。電場強度可以使用控制單元 256 來修改控制電壓而加以變化。

以下將參考圖 6 和 7 來解釋照明系統 210 的功能。圖 6 顯示的連續線是光線 R 從第一偏振操控器 PM21 冒出後的偏振方向 PD_m 。相對於光線 R 進入第一偏振操控器 PM21 之前的偏振方向 PD_i ，偏振方向 PD_m 已經繞著光行進方向旋轉了 α 角。由於兩偏振操控器 PM21 和 PM22 之間的光學元件並未修改偏振狀態，故打在第二偏振操控器 PM22 上的光線 R 仍然具有旋轉過的偏振方向 PD_m 。

控制單元 256 施加電壓到第二偏振操控器 PM22 所包含的液晶，以使原始的偏振狀態得以恢復。因此，打在遮罩 M 上的光線偏振狀態乃相同於入射在第一偏振操控器 PM21 上的光線偏振狀態。為了避免偏振操控器 PM21 和 PM22 之間的光學材料變成雙折射的，在照明系統 210 的操作期間乃將 α 角加以變化。

有許多不同的方式可以實現此變化。

圖 7 顯示旋轉角度 α 為時間 t 之函數的圖形。在此範例中，控制單元 256 控制施加到第一偏振操控器 PM21 之

液晶的電壓，其方式使得偏振方向線性增加到 90° 、線性折返到 0° 、再增加到 90° ... 等等。在圖 5 中，旋轉 90° 的偏振方向(亦即正交於圖紙平面)是以符號 59 來代表。由於隨著時間變化的結果，旋轉角度 α 乃平均分布於 0° 和 90° 之間。因為雙折射材料裡的慢軸是正交於快軸，所以 α 角的這個範圍是足夠的。如果偏振方向掃過此 0° 到 90° 的角度範圍，則線性偏振光線 R 不會把快軸或慢軸「燒」(burn)進材料裡。

圖 8 顯示照明系統的第三具體態樣，其整個以 310 來代表。在照明系統 310 中，使用偏振操控器 PM31、PM32，其分別包含半波片以及使半波片繞著光軸 OA 旋轉 α 角的促動器。促動器在圖 8 中是以兩馬達 M1、M2 來代表。半波片的旋轉在圖 8 中是以圓箭頭 58、60 來代表。

如之前所述，半波片具有使線性偏振光的偏振方向旋轉 α 角的效果。 α 角是半波片主軸與入射光偏振方向之間角度的兩倍。亦於此具體態樣中，第二偏振操控器 PM32 的半波片係加以定向，而使原始的偏振方向得以恢復。如果控制單元 356 控制馬達 M1、M2 的方式致使同步旋轉半波片的角度於 0° 到 45° 的範圍，則可以達到與第二具體態樣圖 7 所示相同的效果。

圖 9 顯示的圖形類似於圖 7。連續線代表於照明系統 310 的操作時間 t 期間偏振狀態在第一偏振操控器 PM31 所旋轉的角度 α 變化。半波片旋轉的角度 β 則以虛線顯示。如果兩個半波片是以相同方向做連續旋轉，則導致兩偏振操

控器 PM31、PM32 之間的偏振方向 PD_m 以半波片之角頻率的兩倍做旋轉。

圖 10 顯示根據第四具體態樣的照明系統，其整個以 410 來代表。照明系統 410 與照明系統 210 不同之處僅在於第三偏振操控器 PM3 插入交換支架 29 裡。第三偏振操控器 PM3 把均勻的線性偏振分布轉變成徑向的偏振分布，如圖 11 示意所示。徑向的偏振分布與均勻的線性偏振分布不同之處在於：雖然每條光線是線性偏振的，但是偏振方向會根據光線 R 通過第三偏振操控器 PM3 的位置而有所不同。對於每個位置而言，偏振方向乃指向通過第三偏振操控器 PM3 中心的光軸 OA。

為此目的，第三偏振操控器 PM3 可以包括多個六角形半波片分布於該元件面積上。此種偏振操控器的進一步細節乃描述於美國專利第 6,392,890 號，其內容併於此以為參考。另一種可以當成第三偏振操控器 PM3 來使用的光學元件則揭示於美國專利申請案第 60/537,327 號，後面將參考圖 23 到 25 來簡單敘述。此較早申請案的完整揭示乃併於此以為參考。

由於第三偏振操控器 PM3 在其輸入側需要經過界定之均勻的線性偏振狀態，故不可能以圖 7 所示方式來連續旋轉偏振方向。然而，如果偏振操控器 PM41 和 PM42 所包含的液晶是由控制單元 456 所控制，使得它們同步地在 0° 和 90° 的旋轉角度做切換，如圖 12 圖解所示，則第三偏振操控器 PM3 所暴露的光線就具有原始均勻之線性偏振狀

態，或是具有與原始者成正交之均勻的線性偏振狀態。

如果偏振方向並未被第一偏振操控器 PM41 所更改，則第三偏振操控器 PM3 產生切線的偏振分布。由於第二偏振操控器 PM42 並未旋轉偏振方向，故遮罩 M 所照射的光具有切線的偏振狀態。然而，如果第一偏振操控器 PM41 把偏振方向旋轉 90° ，則第三偏振操控器 PM3 產生徑向的偏振分布。徑向偏振分布裡的所有偏振方向是在徑向上，其然後於第二偏振操控器 PM42 中受到另一個 90° 旋轉。這樣再度導致所要的切線偏振分布(參見圖 10)。

因此，照明系統 410 並非連續地旋轉偏振方向，而是間歇地以 90° 的不連續數值來旋轉之。此仍然足以避免偏振操控器 PM41 和 PM42 之間的光學材料的雙折射。理由是具有正交線性偏振方向之兩光線所感應的密度變化也是正交的。所以，雙折射不會發生於光學材料裡，故兩正交的偏振狀態總是經歷相同的折射率。

在此具體態樣中，使用液晶做為偏振旋轉器是特別有利的，因為液晶幾乎可以立即旋轉偏振方向。因此，即使在後續曝光之間的短暫中斷，也可以旋轉偏振操控器 PM41 和 PM42 之間的偏振方向。

另一種間歇地以 90° 旋轉偏振方向的方式是顯示於圖 13，雖然它稍微比較慢。在根據第五具體態樣的這個照明系統中(其整個以 510 來代表)，提供兩個偏振操控器 PM51 和 PM52，其分別包括交換支架 571 和 572、半波片 581 和包括兩個半波片的旋轉器 582、促動器 591 和 592。促動

器 591 和 592 連接到控制單元 556，其控制促動器 591 和 592 的方式使得半波片 581 和旋轉器 582 可以分別插入和移出於交換支架 571 和 572，如圖 13 以箭頭 596 所示。

如果半波片 581 和旋轉器 582 的位置是在光線路徑外，如圖 13 以虛線所示，則雷射 14 所提供的均勻線性偏振狀態會維持到光線打到第三偏振操控器 PM3 上為止。然後，均勻的偏振分布便被轉變成切線的偏振分布，如之前參考圖 10 和 11 所解釋的。由於第二半波片 582 也在光線路徑外，故投影光會以此切線的偏振分布打在遮罩 M 上。

在接到控制單元 556 的控制命令時，促動器 591 和 592 便分別移動半波片 581 和旋轉器 582 到交換支架 571 和 572 裡。安排半波片 581 的主軸，致使偏振方向旋轉 90° 。旋轉器 582 則建構成將偏振方向旋轉 90° 。此效果與之前參考圖 10 到 12 所述使用液晶來旋轉偏振方向所達到的效果相同。

圖 14 顯示根據第六具體態樣的照明系統 610。照明系統 610 也包括第三偏振操控器 PM3，其係插入交換支架 29 裡。相較於上述諸具體態樣，照明系統 610 包括兩對偏振操控器，亦即第一對的偏振操控器 PM611 和 PM612 以及第二對的偏振操控器 PM621 和 PM622。第三偏振操控器 PM3 是安排於兩對偏振操控器之間，所以它並不受到電場向量之振盪方向隨著時間而有任何變化的影響。因此，投影光束恰於第三偏振操控器 PM3 之前的偏振分布可以總是為第三偏振操控器 PM3 所需要的形式。

每對偏振操控器 PM611、PM612 以及 PM621、PM622 可以依據前述任何具體態樣來實現。在所示的這個具體態樣中，第一對的偏振操控器 PM611 和 PM612 各包括四分之一波片和四分之三波片，其方式如參考之前圖 3 所示第一具體態樣已解釋的。第二對的偏振操控器 PM621 和 PM622 各包括兩個半波片，其安排成兩片的主軸形成 45° 角。兩個半波片的這種組合確保了偏振方向旋轉 90° ，即使入射光的偏振方向是未知或變化的亦然。

圖 15 顯示根據本發明第七具體態樣的照明系統 710。照明系統 710 沒有偏振操控器，而是包括促動器，其整個以 740 來代表。促動器 740 可以使透鏡 L1、L2 繞著它們共同的旋轉對稱軸來旋轉，該旋轉對稱軸與光軸 OA 重合。

為此目的，促動器 740 包括帶齒的滾筒 742，其由馬達 MO 所驅動。帶齒的輪緣 744、746 乃接附於透鏡 L1、L2 的外環。帶齒的輪緣 744、746 與帶齒的滾筒 742 一起形成齒輪機件，其提供馬達 MO 和透鏡 L1、L2 之間的傳動。因此，馬達 MO 的促動造成透鏡 L1、L2 繞著它們共同的對稱軸來同時旋轉。

馬達 MO 連接到控制單元 748，其可以依據預定的控制式樣來控制馬達 MO。在所示的這個具體態樣中，此式樣乃設定成透鏡 L1、L2 於照明系統 710 的曝光操作期間連續而緩慢地轉動。此確保了具有偏振方向 PD_i 的線性偏振光不會在製成透鏡 L1、L2 的材料中造成偏振感應的雙折射。這是因為透鏡 L1、L2 連續旋轉，所以偏振方向 PD_i

與透鏡 L1、L2 材料之間就沒有固定的空間關係。

控制單元 748 也可以另一種方式來控制馬達 MO，使得透鏡 L1、L2 只在照明系統 710 的曝光操作間隔暫停時才旋轉。這在光學元件沒有旋轉對稱而只有多重對稱的情形下可以是有利的。此意謂光學元件的形狀不是在旋轉任意角度下而是在旋轉特定角度下(例如 90°)才保持不變。在此情況下，光學元件的光學性質只有在旋轉特定角度下才會維持相同。如果只有光學元件的形狀而非其材料(例如其晶體結構)具有旋轉對稱性，則於暫停時旋轉光學元件也可以是有利的。

如果透鏡 L1、L2 於照明系統 710 的曝光操作期間並未連續地轉動，則可能無法完全避免最終可造成雙折射之偏振感應的密度變化。然而，如果透鏡 L1、L2 在促動器 740 的協助下旋轉 90° 或是其奇數的倍數，則可以達成至少實質上對稱的密度變化。

此種情形乃圖解示範於圖 16，顯示沿著線 XVI-XVI 穿過照明系統 710 的剖面。雙箭頭 PD_i 是指入射光的偏振方向。參考數字 750 是指與透鏡 L2 固定相關的參考方向。如果透鏡 L1、L2 在照明系統 710 的操作間隔暫停時旋轉 90° ，如箭頭 752 所示，則透鏡 L2(同時也有透鏡 L1)於後續操作期間所暴露的入射光的偏振方向 PD_i 會與參考方向 750 重合。這像以前一樣會感應出密度變化，但是在正交的方向。如果在兩個角度位置的操作期間大致相等，則不會發生雙折射。

要了解還有其他各式各樣的控制式樣可供控制馬達 MO。舉例而言，透鏡 L1、L2 在照明系統 710 的操作期間可能間歇地旋轉 10° ，直到透鏡 L1、L2 整個旋轉 90° 為止。然後相同的程序可能倒過來，直到透鏡 L1、L2 回到其原始位置為止。如果最大的旋轉角度小於 45° ，則甚至可以達成一種偏振感應之密度變化的「模糊化」(blurring)。這可足以抑制偏振感應之雙折射的發生。

圖 17a 以極為簡化的方式來顯示根據本發明第八具體態樣之投影曝光設備 PEA2 的子午線剖面。

投影曝光設備 PEA2 與圖 1 和 2 所示的投影曝光設備 PEA 不同之處在於照明系統 810 額外包括半波片 811，其可以插入雷射 14 所發射的光線路徑中。為此目的，照明系統 810 裡提供了促動器 812，其功能是由控制單元 813 所控制。把半波片 811 相對於發射光的偏振方向(如雙箭頭 814 所示)加以定向，使得當半波片 811 插入光線路徑時會將偏振方向旋轉 90° 。

投影曝光設備 PEA2 進一步包括關閉器，其整個以 816 來代表。關閉器 816 乃安排於投影透鏡 PL8 的最後透鏡 L82 與光阻 PR 之間，並且包括兩個可以移動的葉片 818、820，其可以在適當促動器(未顯示)的幫助下移動到光線路徑中。用於投影曝光設備的關閉器一般而言是此技藝所已知的，所以在此不再詳細討論。

圖 17a 顯示的投影曝光設備 PEA2 係於投影模式。此意謂雷射 14 所發射光線的線性偏振乃一直維持通過投影

曝光設備 PEA2 的光學零件，直到光線打到光阻 PR 為止。在以此固定線性偏振狀態的操作過程中，偏振所感應的密度變化可能至少發生於安排在雷射 14 和光阻 PR 之間的某些光學元件。若沒有任何補償，這些密度變化最終會導致雙折射。

圖 17b 顯示的投影曝光設備 PEA2 係於補償模式。在補償模式中，半波片 811 藉由促動器 812 而插入光線路徑，使得原始的偏振方向旋轉 90° 。此旋轉過的偏振方向在圖 17b 是以符號 822 來表示。假設此偏振方向在光線通過照明系統 810 和投影透鏡 PL8 裡安排的各種光學元件時並未顯著改變，則雷射 14 所發射的光現在做為補償光，其感應出補償性的密度變化。此意謂補償模式之光線所感應的密度變化乃校準成正交於投影模式所感應的密度變化。如果投影曝光設備 PEA2 以大約相等的時間在投影模式和補償模式下操作，則不會發生雙折射。

為了避免補償模式下的光線打在光阻 PR 上，便操作關閉器 816 而使通過最後透鏡 L82 的光線無法離開投影透鏡 PL8。關閉器 816 乃連接到控制單元 813，如此其操作可以與插入照明系統 810 的半波片 811 同步。

圖 18a 和 18b 分別顯示在投影模式和補償模式下之最後透鏡 L82 特定點上的光線偏振方向 830、832。可以清楚地看出入射於特定點上的光線都是線性偏振的，而具有相同的偏振方向。在補償模式下，所有的偏振方向旋轉 90° ，所以相較於投影模式，該特定點所暴露的線性偏振光具有

正交的偏振方向。

在透鏡 L82 的第二點，物理狀況可能較為複雜，如圖 19a 和 19b 所示。在此假設通過第二點的光線做過組合，以致所得的偏振狀態可以描述成橢圓偏振的，而帶有首要整體的偏振方向 834。在此情況下，整體的偏振方向是橢圓長軸的方向。此種與線性偏振狀態的偏差例如可以是由中間雙折射的光學元件所造成。在圖 19a 中，偏振狀態的橢圓性乃假設夠大而感應出密度變化。

圖 19b 顯示第二點在補償模式下的狀況。在此，雖然整體的偏振狀態仍然是橢圓的，但是首要整體的偏振方向(橢圓長軸的方向，圖 19b 中以箭號 836 代表)現在則旋轉了大於 45° 的 α 角。此種與半波片 811 引入 90° 角的偏差也可以是由中間雙折射的光學材料所造成。然而，由於投影模式下之首要整體的偏振方向 834 旋轉超過 45° ，故於補償模式下仍有補償效果。

圖 20 顯示投影曝光設備的第九具體態樣，其以 PEA3 來代表。投影曝光設備 PEA3 包括額外的雷射 914，其發射補償光線，而光阻 PR 對於此波長不敏感。因此，可以於投影曝光設備 PEA3 的正常曝光操作期間執行補償。為此目的，額外雷射 914 所發射之光線的偏振方向是正交於雷射 14 所發射的光線偏振方向。雷射 14 和額外雷射 914 所發射的光線在組合器 930 的幫助下加以組合，該組合器 930 乃以單面反射鏡元件來實現。

圖 21 以類似圖 2 的圖解來顯示根據本發明第十具體態

樣之照明系統的簡化圖。投影曝光設備 PEA4 的照明系統 1010 包括安排 1012，其包含單面反射鏡的分割和組合元件、平面反射鏡、半波片 1014。此安排 1012 把大約一半的入射光強度分離出來、將其偏振方向旋轉 90° 、再把此分支與偏振方向並未改變的原始光線加以組合。結果，從安排 1012 冒出的光線包含帶有正交偏振方向的兩種線性偏振狀態。此確保了偏振所感應的雙折射不會發生於照明系統 1010 裡的後續光學元件。在光線打在遮罩 M 上以前，其中一個偏振方向藉由偏振濾光器 1016 而從投影光線中移除。

圖 22 顯示根據本發明第十一具體態樣而在第一操作模式的照明系統。照明系統整個以 1110 來代表，其類似於圖 10、13、14 所示的照明系統 410、510、610 而包括第三偏振操控器 PM113，並且想要產生切線的偏振分布。然而，第三偏振操控器 PM113 既不是產生徑向的也不是產生切線的偏振分布，底下就會明白了。首先，將參考圖 23 到 25 來敘述第三偏振操控器 PM113 的建構。

第三偏振操控器 PM113 在圖 23 是以立體圖來顯示，其包括展現光學活性效應的晶體 1101。對於波長範圍在大約 180 奈米到 800 奈米，結晶石英(SiO_2)可以用於晶體 1101。對於更長的波長，可以使用其他例如 AgGaS_2 或 TeO_2 的晶體。如果線性偏振光線行經石英晶體而平行於其光學軸，則偏振方向會順時鐘或逆時鐘旋轉，此視晶體結構而定。在所示的具體態樣中，假設石英晶體順時鐘旋轉偏振

方向。引入右手旋轉的材料一般稱為「d 旋光的」(d-rotatory)。結晶石英的旋轉能力在波長 193 奈米下為每毫米 $325.2 \pm 0.5^\circ$ 。

如果線性偏振光線行經光學活性晶體而平行於其光學軸，則偏振方向會旋轉一角度，此角度只與光線在晶體裡所通過的幾何路徑長度有關。如果不同的光線要旋轉不同的角度，則可以選擇晶體 1101 的適當厚度輪廓來達成。只要確定光線行經晶體乃至至少大約平行於其光學軸。由於通過瞳孔平面 28 的光線典型上係與照明系統 1110 的光軸 OA 形成小的角度，故此意謂晶體的光學軸應該校準成平行於光軸 OA。

在圖 23 所示的具體態樣中，晶體 1101 實質上為碟形，其具有平坦的基礎面 1103 和在另一側的頂面，後者又分成兩區域 1105a、1105b。第三偏振操控器 PM113 的元件軸 EA 乃校準成平行於晶體 1101 的光學軸，並且與照明系統 1110 的光軸 OA 重合。參考軸 RA 可以定義為垂直於元件軸 EA，其與元件軸 EA 相交，而做為方位角 θ 的參考軸。在圖 23 的圖解中，兩區域 1105a、1105b 分別指定成方位角 θ 範圍從 0° 到 180° 以及 180° 到 360° 。

沿著任意的半徑 r (其垂直於元件軸 EA，而與參考軸 RA 形成 θ 角)，晶體 1101 具有固定不變的厚度 d 。「厚度」一詞乃關於晶體 1101 沿著其光學軸的程度。因此，晶體 1101 的厚度輪廓單純是方位角 θ 的函數，而非距離元件軸 EA 之徑向距離的函數。

在晶體 1101 的中心提供鑽孔 1107，其簡化了晶體 1101 的製造。第三偏振操控器 PM113 進一步包括底座 1109，其支撐著晶體 1101。

圖 24 是晶體 1101 從方位角 $\theta = 0^\circ$ 到 $\theta = 360^\circ$ 的厚度輪廓 $d(\theta)$ 圖。如從圖 24 可以看出，厚度在 $\theta = 0^\circ$ 和 $\theta = 180^\circ$ 之間從最小厚度值 $d_{\min}$ 線性增加到最大厚度值 $d_{\max}$ 。這個部份的晶體 1101 對應於頂面的區域 1105a。在 $\theta = 180^\circ$ ，厚度輪廓 $d(\theta)$ 有一台階，因為在此角度，厚度從 $d_{\max}$ 掉到 $d_{\min}$ ；然後再度從 $d_{\min}$ 線性增加到 $d_{\max}$ ，直到 $\theta = 360^\circ$ 為止。這個第二部份對應於第二區域 1105b。在 $\theta = 360^\circ$ ，也就是在區域 1105b 和 1105a 之間，厚度輪廓 $d(\theta)$ 再度有一台階。

圖 25 是另一種可能的厚度分布 $d'(\theta)$ 圖。此厚度分布 $d'(\theta)$ 所達到的物理效果與圖 24 所示的厚度分布 $d(\theta)$ 相同，不過此時晶體 1101 不是 d 旋光的，而是 l 旋光的，亦即逆時鐘旋轉通過光線的偏振方向。此乃由於以下效應所致：隨著方位角 θ 增加而減少逆時鐘的旋轉(如圖 25 所示)，實際上意謂增加順時鐘的旋轉(如圖 24 所示)。

再回去參考圖 22，照明系統 1110 進一步包括第一偏振操控器 PM111，其包含交換支架 1171、旋轉器 1181、促動器 1191。促動器 1191 連接到控制單元 1156，其控制促動器 1191 的方式可以使旋轉器 1181 插入或移出於交換支架 1171，如圖 22 中以雙箭頭 1196 所示。

在所示的具體態樣中，旋轉器 1181 包括厚度固定不變

的光學活性晶體，其中決定該厚度以使偏振方向旋轉 90° 。另外可以選擇的是旋轉器 1181 包括單一半波片，其光學軸與入射光的起始偏振方向形成 45° 角。

第二偏振操控器 PM112 包括半波片 1198 以及將半波片 1198 繞著照明系統 1110 之光軸 OA 旋轉至少 45° 的馬達 M11。馬達 M11 是由控制單元 1156 所控制。

在圖 22 所示的第一操作模式下，旋轉器 1181 乃從交換支架 1171 抽出，以致入射光仍維持起始的偏振方向 PD_i 。此顯示於圖 26，該圖圖解說明沿著照明系統 1110 之光軸 OA 穿過瞳孔而在不同位置 P1、P2、P3、P4 的偏振分布。如圖 22 中以箭頭所指，參考符號 L1 是指恰在第一偏振操控器 PM111 之前的位置。參考符號 P2 和 P3 分別對應於恰在第三偏振操控器 PM113 之前和之後的位置。參考符號 P4 對應於恰在第二偏振操控器 PM112 之後的位置。

現在假設照明系統 1110 的設定方式使得投影光束只在環狀區域裡通過瞳孔平面 28。此例如可以藉由將軸錐元件 27a、27b 分開而達成，如圖 2 所示。結果，穿過圖 26 所示瞳孔的偏振分布亦限制於環狀區域。在抽出旋轉器 1181 的第一操作模式下，投影光在位置 P2(亦即恰在第三偏振操控器 PM113 之前)仍是完全線性偏振的，而帶有起始的偏振方向 PD_i 。第三偏振操控器 PM113 然後依據光線通過晶體 1101 的位置來旋轉偏振方向。

如果晶體 1101 在照明系統 1110 裡的指向使得參考軸 RA 落於圖紙平面，則會導致位置 P3 所示的偏振分布。此

偏振分布的特徵在於具有交替徑向的和切線的偏振方向之四重對稱。在所示的組態中，切線的偏振方向係達成於方位角 0° 、 90° 、 180° 、 270° ，而徑向的偏振方向是在方位角 45° 、 135° 、 225° 、 315° 得到。由於晶體 1101 具有線性的厚度輪廓，故偏振方向是在切線的和徑向的偏振方向之間連續交替。如果晶體 1101 設計成像是台階的厚度輪廓，則偏振方向就不會平滑的而是以類似階段的方式在切線的和徑向的偏振方向之間變化。

在圖 22 所示的第一操作模式下，半波片 1198 的角度位置使得其光學軸平行於起始的偏振方向 PD_i 。這在圖 26 中以軸指向 AO 示意地顯示。以此指向，半波片 1198 把位置 P3 的偏振分布轉變成遮罩 M 上所要的切線偏振分布，如位置 P4 所示。如果記得半波片實際上是將偏振方向反映於其光學軸，則這就可以輕易地理解。

圖 27 顯示在第二操作模式下的照明系統 1110。在第二操作模式下，係由控制單元 1156 所啟動，旋轉器 1181 藉由促動器 1191 而插入交換支架 1171。此外，半波片 1198 已由馬達 M11 旋轉了 45° 角。第三偏振操控器 PM113 的角度位置則沒有改變。

圖 28 以類似圖 26 的圖解來顯示在第二操作模式下的偏振分布。由於插入了旋轉器 1181，所以在位置 P2(亦即恰在第三偏振操控器 PM113 之前)的偏振方向現在旋轉了 90° 。第三偏振操控器 PM113 將此偏振分布轉變成 P3 所示的偏振分布。此偏振分布可以藉由將圖 26 位置 P3 所示之

偏振分布的所有偏振方向旋轉 90° 而得到。

圖 28 示意地指出半波片 1198 之旋轉過的光學軸指向 AO' 。由於此旋轉過的軸指向 AO' ，在位置 P3 的偏振分布再度轉變成於遮罩 M 附近之切線的偏振分布。照明系統 1110 因此可以於兩種操作模式下獲得切線的偏振分布，而只是分別在第一和第二偏振操控器 PM111、PM112 之間切換偏振方向。

相較於圖 13 所示的第五具體態樣，照明系統 1110 只需要一個半波片 1198 用於第二偏振操控器 PM112。此半波片 1198 可以建構成零階片。從位置 P4 之較大角度入射的觀點來看，這樣是有利的。基於同樣的理由，在照明系統 1110 的這部份使用光學活性晶體則有困難，因為幾何路徑長度會隨著入射角而有所不同。

【圖式簡單說明】

圖 1 顯示包括照明系統之投影曝光設備的立體簡化圖；

圖 2 顯示穿過圖 1 照明系統之子午線的簡化剖面，該照明系統包括四分之一波片和四分之三波片做為偏振操控器；

圖 3 以進一步簡化的圖解來顯示圖 2 的照明系統；

圖 4a 顯示在照明系統入口側的偏振方向；

圖 4b 顯示圓形偏振光的電場向量；

圖 4c 顯示在照明系統出口側的偏振方向；

圖 5 以類似圖 3 的圖解來顯示根據本發明第二具體態

樣的照明系統，其包括液晶做為偏振操控器；

圖 6 顯示液晶所造成的偏振方向旋轉；

圖 7 顯示旋轉角度 α 的時間變化圖；

圖 8 以類似圖 3 的圖解來顯示根據本發明第三具體態樣的照明系統，其包括半波片做為偏振操控器；

圖 9 顯示圖 8 第三具體態樣之旋轉角度 α 的時間變化圖；

圖 10 以類似圖 3 的圖解來顯示根據本發明第四具體態樣的照明系統，其包括第三偏振操控器和液晶做為偏振操控器；

圖 11 顯示徑向偏振分布的示意代表圖；

圖 12 顯示圖 10 第四具體態樣之旋轉角度 α 的時間變化圖；

圖 13 以類似圖 3 的圖解來顯示根據本發明第五具體態樣的照明系統，其包括第三偏振操控器和兩個可移除的偏振操控器；

圖 14 以類似圖 3 的圖解來顯示根據本發明第六具體態樣的照明系統，其包括兩對偏振操控器和位於兩對之間的第三偏振操控器；

圖 15 以類似圖 3 的圖解來顯示根據本發明第七具體態樣的照明系統，其包括促動器以於照明系統操作期間轉動兩個透鏡；

圖 16 顯示沿著線 XVI-XVI 穿過圖 15 所示照明系統的剖面；

圖 17a 顯示根據本發明第八具體態樣之投影曝光設備的簡化圖，其係於投影模式；

圖 17b 顯示圖 17a 的投影曝光設備，其係於補償模式；

圖 18a 和 18b 分別顯示在投影模式和補償模式下之光學元件第一點的偏振方向；

圖 19a 和 19b 分別顯示在投影模式和補償模式下之光學元件第二點的偏振方向；

圖 20 顯示根據本發明第九具體態樣之投影曝光設備的簡化圖，其中於設備的曝光操作期間執行偏振感應之雙折射的補償；

圖 21 顯示根據本發明第十具體態樣之照明系統的簡化圖，其中於設備的曝光操作期間只在照明系統中執行偏振感應之雙折射的補償；

圖 22 顯示根據本發明第十一具體態樣而在第一操作模式的照明系統，其包括第三偏振操控器、可插入的旋轉器(做為第一偏振操控器)、可旋轉的半波片(做為第二偏振操控器)；

圖 23 是圖 22 所示範之第三偏振操控器的立體圖；

圖 24 是圖 23 所示之第一操控器針對 d 旋轉光學活性晶體的厚度輪廓圖；

圖 25 是圖 23 所示之第一操控器針對 l 旋轉光學活性晶體的厚度輪廓圖；

圖 26 顯示在第一操作模式下沿著光軸不同位置的瞳孔偏振分布；

圖 27 顯示在第二操作模式下之圖 22 的照明系統；

圖 28 顯示在第二操作模式下沿著光軸不同位置的瞳孔偏振分布。

【主要元件符號說明】

10：照明系統

14：準分子雷射

16：擴束單元

18：第一繞射光學元件

20、20a、20b、22、22a、22b：發散光線

24：物體平面

25：變焦透鏡組

26：第一物鏡

27、27a、27b：軸錐元件

28：瞳孔平面

29：交換支架

30：第二繞射光學元件

32：第二物鏡

34：成像平面

38：光圈

42：第三物鏡

44：光軸

46：成像平面

50：圓形偏振

52：電場向量

54：圓形移動
 58：半波片的旋轉
 59：偏振方向
 60：半波片的旋轉
 210：照明系統
 256：控制單元
 310：照明系統
 356：控制單元
 410：照明系統
 456：控制單元
 510：照明系統
 556：控制單元
 571、572：交換支架
 581：半波片
 582：旋轉器
 591、592：促動器
 596：移動方向
 610：照明系統
 710：照明系統
 740：促動器
 742：滾筒
 744、746：輪緣
 748：控制單元
 750：參考方向

752：旋轉方向
 810：照明系統
 811：半波片
 812：促動器
 813：控制單元
 814：偏振方向
 816：關閉器
 818、820：葉片
 822、830、832、834、836：偏振方向
 910：照明系統
 914：雷射
 930：組合器
 1010：照明系統
 1012：安排
 1014：半波片
 1016：偏振濾光器
 1101：晶體
 1103：基礎面
 1105a、1105b：頂面區域
 1107：鑽孔
 1109：底座
 1110：照明系統
 1156：控制單元
 1171：交換支架

1181：旋轉器

1191：促動器

1196：移動方向

1198：半波片

α 、 β ：旋轉角度

θ ：方位角

A1、A2：移動方向

AO、AO'：軸指向

$d(\theta)$ 、 $d'(\theta)$ ：為方位角函數的厚度

$d_{\max}$ ：最大厚度

$d_{\min}$ ：最小厚度

EA：元件軸

L1、L2、L81、L82、L91、L92：透鏡

LF：光場

LF'：光場(迷你影像)

M 遮罩

M1、M2、M11、MO：馬達

OA：光軸

P1、P2、P3、P4：位置

PD_i 、 PD_m 、 PD_o ：偏振方向

PEA、PEA2、PEA3、PEA4：投影曝光設備

PL、PL8、PL9：投影透鏡

PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM111、PM611、

PM621：第一偏振操控器

PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM112、PM612、

PM622：第二偏振操控器

PM3、PM113：第三偏振操控器

PR：光阻

R：半徑

R：光線

RA：參考軸

ST：小結構

T：時間

W：晶圓

XVI：圖 16 所示剖面的穿越位置

十、申請專利範圍：

1. 一種用於微蝕印投影曝光設備(PEA)的照明系統，其包括第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621、PM111)、第二偏振操控器(PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM612、PM622、PM112)以及位於當中的至少一光學元件(L1、L2、18、30)，其中：

(a) 進入第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621、PM111)之光線(R)的電場向量在第一方向(PD_i)振盪，該方向隨著時間是固定的，其中第一偏振操控器(PM1、PM611)產生橢圓偏振光，

(b) 從第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621、PM111)發出之光線(R)的電場向量在第二方向(PD_m)振盪，該方向隨著時間而變化，

(c) 從第二偏振操控器(PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM612、PM622、PM112)發出之光線(R)的電場向量在第三方向(PD_o)振盪，該方向隨著時間是固定的，

其中進入第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621)的光線(R)與從第二偏振操控器(PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM612、PM622)發出的光線(R)具有相同的偏振狀態。

2. 一種用於微蝕印投影曝光設備(PEA)的照明系統，其包括第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621、PM111)、第二偏振操控器(PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM612、PM622、PM112)以及位於當中的至

少一光學元件(L1、L2、18、30)，其中：

(a) 進入第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621、PM111)之光線(R)的電場向量在第一方向(PD_i)振盪，該方向隨著時間是固定的，其中第一偏振操控器(PM1、PM611)產生圓形偏振光，

(b) 從第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621、PM111)發出之光線(R)的電場向量在第二方向(PD_m)振盪，該方向隨著時間而變化，

(c) 從第二偏振操控器(PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM612、PM622、PM112)發出之光線(R)的電場向量在第三方向(PD_o)振盪，該方向隨著時間是固定的，

其中進入第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621)的光線(R)與從第二偏振操控器(PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM612、PM622)發出的光線(R)具有相同的偏振狀態。

3. 根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM1、PM611)包括四分之一波片或四分之三波片。

4. 根據申請專利範圍第 2 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM1、PM611)產生圓形偏振光並且包括四分之一波片或四分之三波片，該等波片的主軸與第一方向(PD_i)形成 45° 角。

5. 根據申請專利範圍第 1 項的照明系統，其中第二偏振操

控器(PM2、PM612)把橢圓偏振光轉換成線性偏振光。

6. 根據申請專利範圍第 5 項的照明系統，其中第二偏振操控器(PM2、PM612)包括四分之一波片或四分之三波片。

7. 根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM21、PM31、PM41、PM51、PM621)和第二偏振操控器(PM22、PM32、PM42、PM52、PM622)都包括偏振旋轉器。

8. 根據申請專利範圍第 7 項的照明系統，其中至少一偏振旋轉器(PM31、PM32、PM51、PM52、PM621、PM622)包括半波片。

9. 根據申請專利範圍第 7 項的照明系統，其中至少一偏振旋轉器(PM621、PM622)包括第一半波片和第二半波片，兩半波片乃安排成第一半波片的主軸與第二半波片的主軸形成 45° 角。

10. 根據申請專利範圍第 7 項的照明系統，其中至少一偏振旋轉器(PM21、PM22、PM41、PM42)包括光學活性材料。

11. 根據申請專利範圍第 10 項的照明系統，其中光學活性材料是液晶。

12. 根據申請專利範圍第 7 項的照明系統，其中至少一偏振旋轉器包括偏振調變器。

13. 根據申請專利範圍第 12 項的照明系統，其中偏振調變器利用磁光效應或電光效應。

14. 根據申請專利範圍第 7 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM41、PM51)和第二偏振操控器(PM42、PM52)間歇地旋轉第二偏振方向(PD_m)。

15. 根據申請專利範圍第 14 項的照明系統，其中至少一偏振操控器包括促動器(591、592)，以便使偏振旋轉器(581、582)在第一位置(其中光線(R)通過偏振旋轉器(581、582))和第二位置(其中光線(R)不通過偏振旋轉器(581、582))之間做位移。

16. 根據申請專利範圍第 14 項的照明系統，其中至少一偏振旋轉器包括偏振調變器(PM41、PM42)，而對此施加階段函數所給定的控制電壓。

17. 根據申請專利範圍第 14 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM41)把第一方向(PD_i)旋轉 $m \cdot 90^\circ$ ($m=1、3、5\dots$)。

18. 根據申請專利範圍第 17 項的照明系統，其中第二偏振操控器(PM42)把第一偏振操控器(PM41)所引入之第一方向(PD_i)的旋轉加以逆轉。

19. 根據申請專利範圍第 17 項的照明系統，其中在第一偏振操控器(PM41、PM51)和第二偏振操控器(PM42、PM52)之間安排第三偏振操控器(PM3)。

20. 根據申請專利範圍第 19 項的照明系統，其中第三偏振操控器(PM3)將線性均勻的偏振分布轉變成線性徑向的或線性切線的偏振分布。

21. 根據申請專利範圍第 20 項的照明系統，其中第三偏振操控器(PM3)安排於或緊鄰於照明系統的瞳孔平面(28)。

22. 根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統，其包括安排在第一偏振操控器(PM111)和第二偏振操控器(PM112)之間的第三偏振操控器(PM113)，其中第三偏振操控器(PM113)包括光學活性晶體(1101)，其光學軸平行於照明系統(1110)的光軸(OA)，並且晶體(1101)沿著光學軸的方向有一厚度，其係局部地變化。

23. 根據申請專利範圍第 22 項的照明系統，其中厚度在從第三偏振操控器(PM113)之元件軸(EA)向外指的任何徑向上是固定不變的。

24. 根據申請專利範圍第 23 項的照明系統，其中厚度專門是方位角(θ)的函數，該方位角(θ)乃關於從元件軸(EA)徑向朝外

指的參考軸(RA)。

25. 根據申請專利範圍第 23 項的照明系統，其中元件軸(EA)與照明系統(1110)的光軸(OA)重合。

26. 根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統，其包括安排在第一偏振操控器(PM111)和第二偏振操控器(PM112)之間的第三偏振操控器(PM113)，該第三偏振操控器(PM113)產生的偏振分布具有四重對稱，而偏振方向從徑向指向變化到切線指向，其中第一偏振操控器(PM111)乃建構成把第一方向(PD_i)旋轉 $m \cdot 90^\circ$ ($m=1、3、5\cdots$)，而第二偏振操控器(PM112)具有半波片(1198)的功能，其光學軸的方向可以變化 $n \cdot 45^\circ$ 的角度($n=1、3、5\cdots$)。

27. 根據申請專利範圍第 26 項的照明系統，其中偏振方向從徑向的連續地改變為切線的。

28. 根據申請專利範圍第 26 項的照明系統，其中第三偏振操控器(PM113)產生的偏振分布在方位角(θ)為 $0^\circ、90^\circ、180^\circ、270^\circ$ 處是切線指向的偏振方向，而在方位角(θ)為 $45^\circ、135^\circ、225^\circ、315^\circ$ 處是徑向指向的偏振方向，其中方位角(θ)乃關於從元件軸(EA)徑向朝外指的參考軸(RA)。

29. 根據申請專利範圍第 26 項的照明系統，其中第三偏振操控器(PM113)是根據申請專利範圍第 25 項來建構。

30. 根據申請專利範圍第 26 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM111)包括促動器(1191)，以便使偏振旋轉器(1181)在第一位置(其中光線通過偏振旋轉器(1181))和第二位置(其中光線不通過偏振旋轉器(1181))之間做位移。

31. 根據申請專利範圍第 26 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM111)包括光學活性材料。

32. 根據申請專利範圍第 26 項的照明系統，其中第二偏振操控器(PM112)包括零階的半波片(1198)。

33. 根據申請專利範圍第 32 項的照明系統，其中第二偏振操控器(PM112)包括促動器(M11)，以便旋轉半波片(1198)。

34. 根據申請專利範圍第 7 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM21、PM31)和第二偏振操控器(PM22、PM32)連續地旋轉第二偏振方向(PD_m)。

35. 根據申請專利範圍第 34 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM21、PM31)和第二偏振操控器(PM22、PM32)把第二偏振方向(PD_m)旋轉 α 角，其至少是在 0° 到 90° 的範圍。

36. 根據申請專利範圍第 1 項的照明系統，其中第二偏振操控器(PM2、PM22、PM32、PM42、PM52、PM612、PM622、

PM112)是照明系統的最後光學元件。

37. 根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統，其包括：

(a) 第一對的偏振操控器(PM611、PM612)，

(b) 第二對的偏振操控器(PM621、PM622)，其接在第一對的偏振操控器(PM611、PM612)之後，

(c) 至少再一偏振操控器(PM3)，其安排於第一對的偏振操控器(PM611、PM612)和第二對的偏振操控器(PM621、PM622)之間。

38. 根據申請專利範圍第 37 項的照明系統，其中第一對的偏振操控器(PM611、PM612)是根據申請專利範圍第 1 或 2 項來建構。

39. 根據申請專利範圍第 25 項的照明系統，其中至少再一偏振操控器(PM3)將線性均勻的偏振分布轉變成線性徑向的或線性切線的偏振分布。

40. 根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統，其包括光源(14)以產生線性偏振光。

41. 根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統，其中第一偏振操控器(PM1、PM21、PM31、PM41、PM51、PM611、PM621、PM111)乃安排在光源(14)和第一光柵元件(18)之間，該第一光柵元件(18)修改光線的角度分布。

42. 一種用於微蝕印投影曝光設備(PEA)的照明系統，其包括：

(a) 光學元件(L1、L2)，其在照明系統的操作期間有固定偏振方向(PD_i)的線性偏振光線入射於其上，

(b) 促動器(740)，其使光學元件(L1、L2)繞著旋轉軸(OA)旋轉，

(c) 控制單元(748)，其根據預定的控制式樣來控制促動器(740)。

43. 根據申請專利範圍第 42 項的照明系統，其中採用促動器(740)以將光學元件(L1、L2)旋轉 90°或是其奇數的倍數。

44. 根據申請專利範圍第 42 項的照明系統，其中控制單元(748)在照明系統的曝光操作間隔的暫停期間來啟動旋轉。

45. 根據申請專利範圍第 42 項的照明系統，其中控制單元(748)在照明系統的曝光操作期間來啟動旋轉。

46. 根據申請專利範圍第 42 項的照明系統，其中控制單元(748)控制促動器(740)，使之連續地旋轉光學元件(L1、L2)。

47. 根據申請專利範圍第 42 項的照明系統，其中控制單元(748)控制促動器(740)，使之間歇地旋轉光學元件(L1、L2)。

48. 根據申請專利範圍第 42 項的照明系統，其中控制單元(748)控制促動器(740)，使之將光學元件(L1、L2)旋轉 90° 或是其奇數的倍數。

49. 根據申請專利範圍第 42 項的照明系統，其中旋轉軸(OA)是光學元件(L1、L2)的對稱軸。

50. 根據申請專利範圍第 42 項的照明系統，其中促動器(740)乃連接到多個光學元件(L1、L2)。

51. 一種投影曝光設備，其包括根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統(10、210、310、410、510、610、1110)。

52. 一種投影曝光設備，其用於將一層(PR)加以曝光，該層(PR)對於具有預定波長的光線很敏感，此投影曝光設備包括：

(a) 第一光源(14)，其發射具有預定波長的投影光線，

(b) 光學元件(L81、L82)，其包含至少一點是由投影光線所穿透，使得投影光線在該至少一點具有首要整體的第一偏振方向(830、834)，

(c) 第二光源(14、914)，其發射可以導向光學元件(L81、L82)的補償光線，使得補償光線在該至少一點具有首要整體的第二偏振方向(832、836)，此首要整體的第二偏振方向(832、836)與首要整體的第一偏振方向(830、834)形成在 45.1° 到 90° 之間的 α 角。

53. 根據申請專利範圍第 52 項的投影曝光設備，其中該層 (PR) 對於補償光線的波長不敏感。

54. 根據申請專利範圍第 52 項的投影曝光設備，其包括連接到第二光源(14、914)的控制單元，其中控制單元確保第二光源(14、914)只在光敏感層 (PR) 不會暴露於補償光線的期間才發射補償光。

55. 根據申請專利範圍第 52 項的投影曝光設備，其包括關閉器 (816)，該關閉器 (816) 連接到控制單元 (813) 而避免光敏感層 (PR) 暴露於補償光。

56. 根據申請專利範圍第 55 項的投影曝光設備，其中關閉器 (816) 直接安排在光敏感層 (PR) 的前面。

57. 根據申請專利範圍第 52 項的投影曝光設備，其中第二光源與第一光源(14)相同。

58. 根據申請專利範圍第 57 項的投影曝光設備，其包括偏振操控器 (812)，該偏振操控器 (812) 把投影光轉變成補償光，並且可以插入投影光的路徑。

59. 根據申請專利範圍第 58 項的投影曝光設備，其中偏振操控器 (812) 把通過它的光線偏振方向旋轉超過 45° 角。

60. 根據申請專利範圍第 58 項的投影曝光設備，其中偏振操控器(812)把通過它的光線偏振方向旋轉 90° 或是其奇數的倍數。

61. 根據申請專利範圍第 52 項的投影曝光設備，其中補償光線是線性偏振的。

62. 根據申請專利範圍第 52 項的投影曝光設備，其中首要整體的第一和第二偏振方向之間形成的角度是 90° 。

63. 根據申請專利範圍第 52 項的投影曝光設備，其中穿過該至少一點之補償光線的偏振方向乃至少實質上正交於穿過該至少一點之投影光線的偏振方向。

64. 一種製造微結構元件的微蝕印方法，其包括以下步驟：

(a) 提供支持著光敏感層的基板(W)，

(b) 提供遮罩(M)，其包含要成像於光敏感層上的結構(ST)，

(c) 提供根據申請專利範圍第 1 或 2 項的照明系統(10、210、310、410、510、610)，

(d) 藉由投影透鏡(PL)，將至少一部分的遮罩(M)投影於光敏感層上。

65. 一種微結構元件，其特徵在於它是根據申請專利範圍第 64 項的方法所製造。

66. 一種操作投影曝光設備的方法，該設備係用於製造微結構元件，此方法包括以下步驟：

(a) 將光敏感層(PR)暴露於投影光線，該投影光線穿透光學元件(L81、L82)之至少一點的方式使得投影光線在該至少一點具有首要整體的第一偏振方向(830、834)，

(b) 將補償光線導向光學元件(L81、L82)，使得補償光線在該至少一點具有首要整體的第二偏振方向(832、836)，此首要整體的第二偏振方向(832、836)與首要整體的第一偏振方向(830、834)形成在 45.1° 到 90° 之間的 α 角。

67. 根據申請專利範圍第 66 項的方法，其中補償光線是線性偏振的。

68. 根據申請專利範圍第 67 項的方法，其中補償光線的第二偏振方向(832)乃至至少實質上正交於第一偏振方向(830)。

69. 根據申請專利範圍第 66 項的方法，其中投影光線和補償光線是由相同光源(14)所發射。

70. 根據申請專利範圍第 69 項的方法，其進一步包括以下步驟：＝將偏振操控器(812)插入投影光的路徑，而把投影光轉變成補償光，＝藉由關閉器(816)而避免補償光打在光敏感層(PR)上。

71. 一種製造微結構元件的微蝕印方法，其包括以下步驟：

- (a) 提供支持著光敏感層(PR)的基板(W)，
- (b) 提供遮罩(M)，其包含要成像於光敏感層(PR)上的結構(ST)，
- (c) 提供包括光學元件(L1、L2)的照明系統(710)，而在照明系統(710)的操作期間有固定偏振方向(PD_i)的線性偏振光線入射於光學元件(L1、L2)上，
- (d) 依據預定的時間式樣來旋轉光學元件(L1、L2)，(e) 藉由投影透鏡(PL)，將至少一部分的遮罩(M)投影於光敏感層(PR)上。

72. 一種照射遮罩(M)的方法，該遮罩(M)係插於微蝕印投影曝光設備(PEA)之投影透鏡(PL)的物體平面，此方法包括以下步驟：

- (a) 提供光源(14)，其產生具有固定偏振方向的線性偏振光(R)，
- (b) 在光源(14)所發射的光線(R)通過至少一光學元件(L1、L2、18、30)之前，間歇地或連續地改變光線(R)之電場向量的振盪方向，
- (c) 在光線(R)通過至少一光學元件(L1、L2、18、30)之後，操控該電場向量的方向而使之隨著時間是固定的。

十一、圖式：

如次頁

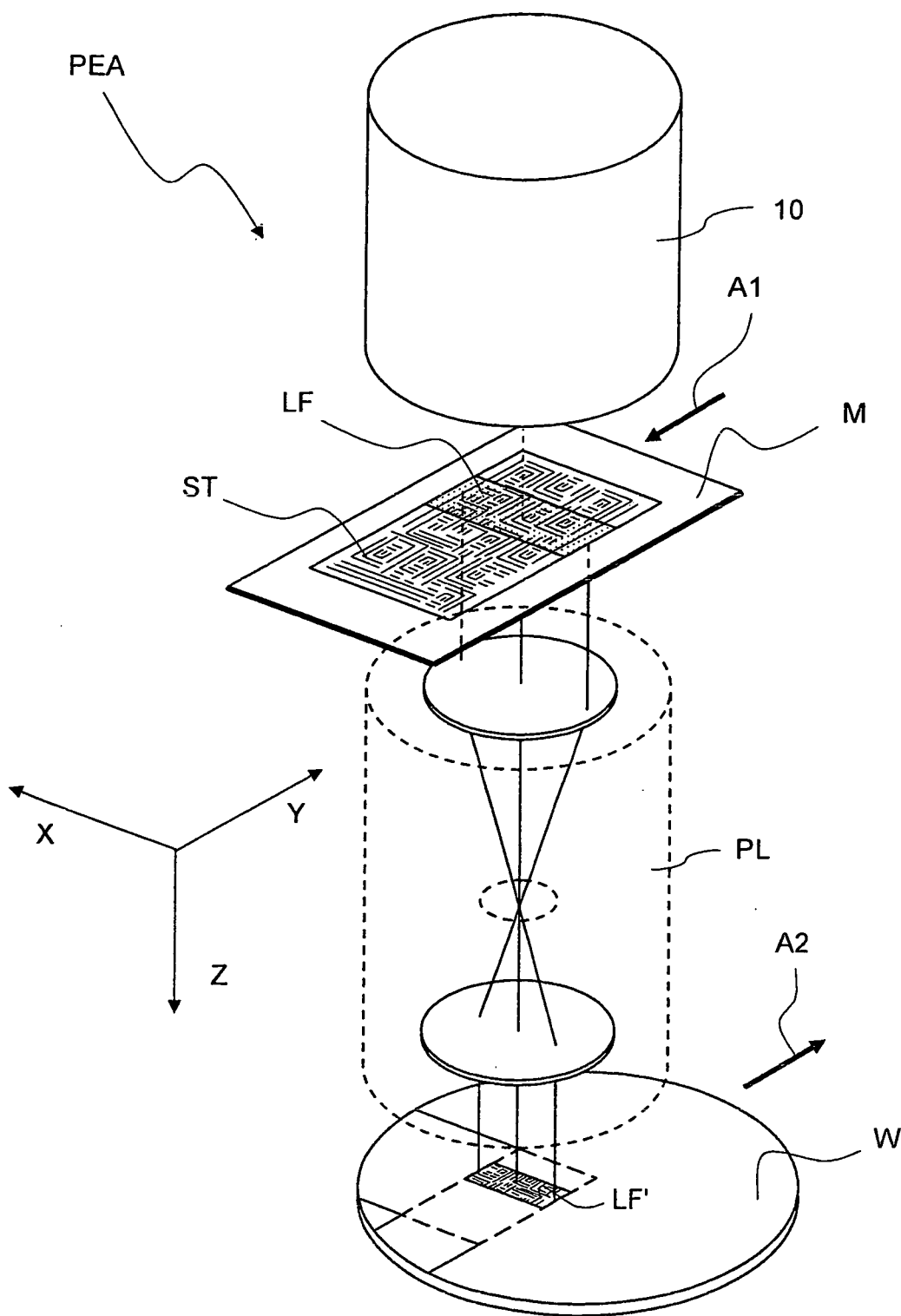


圖 1

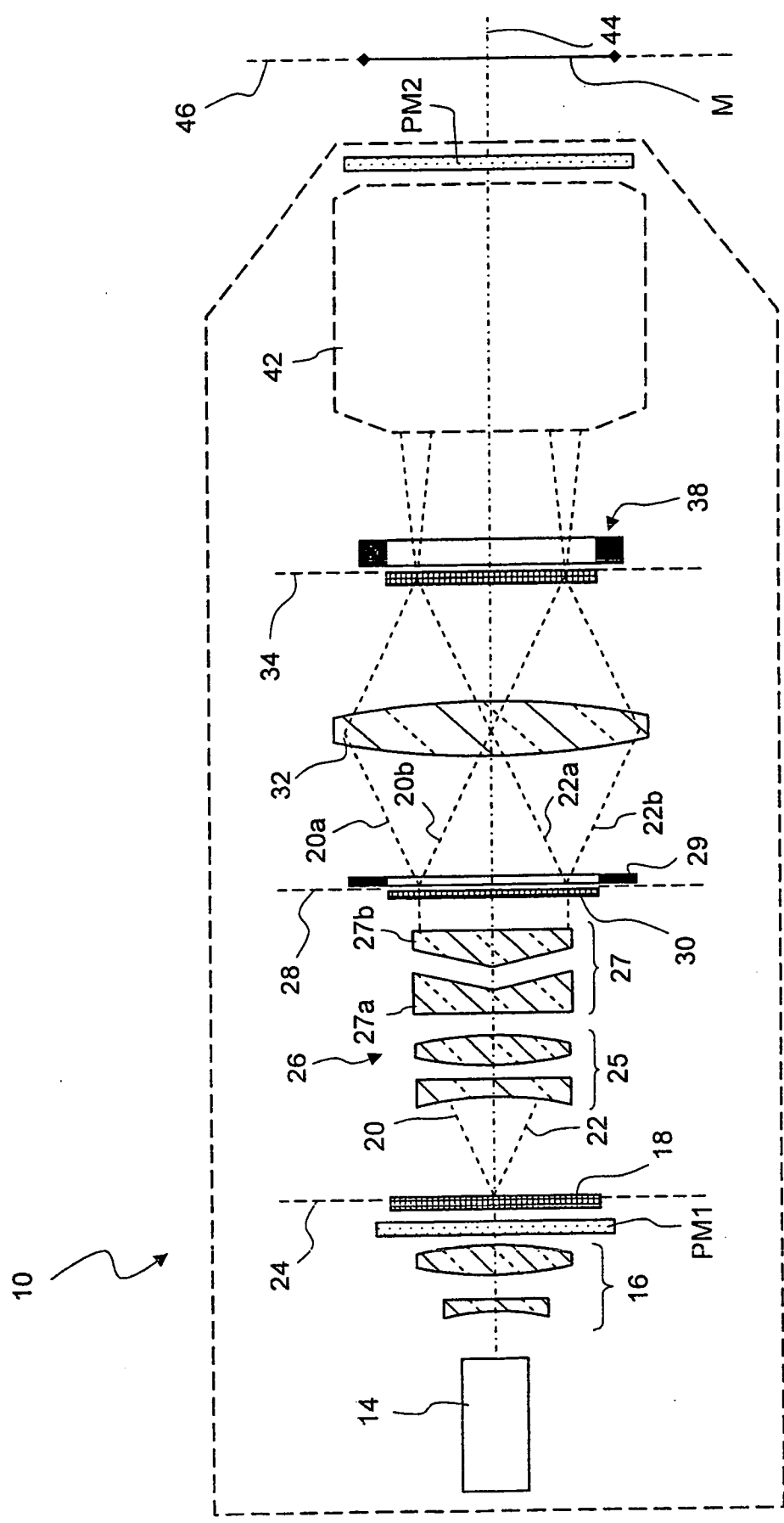


圖 2

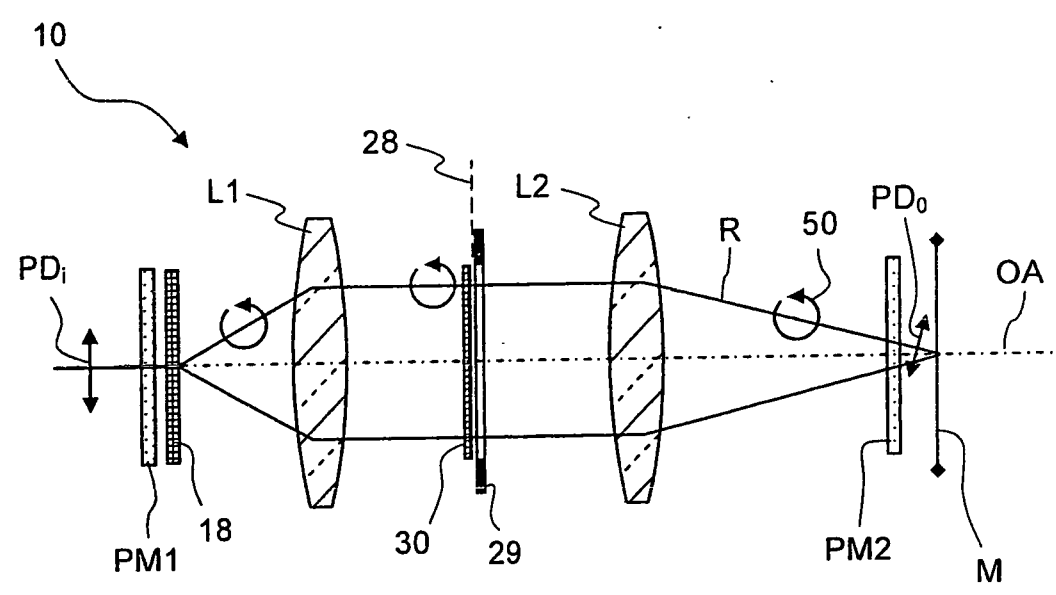


圖 3

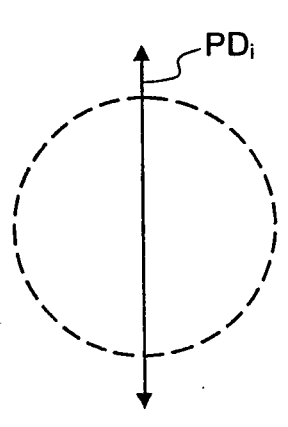


圖 4a

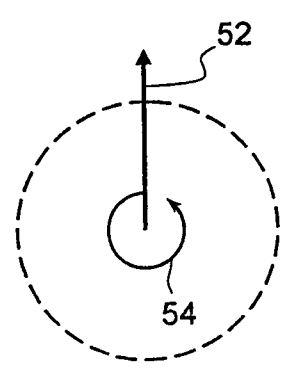


圖 4b

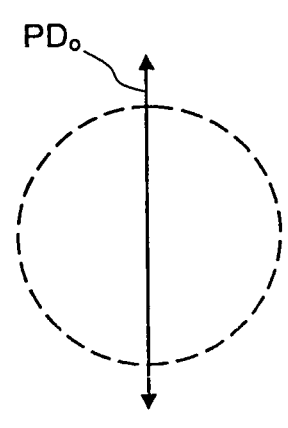


圖 4c

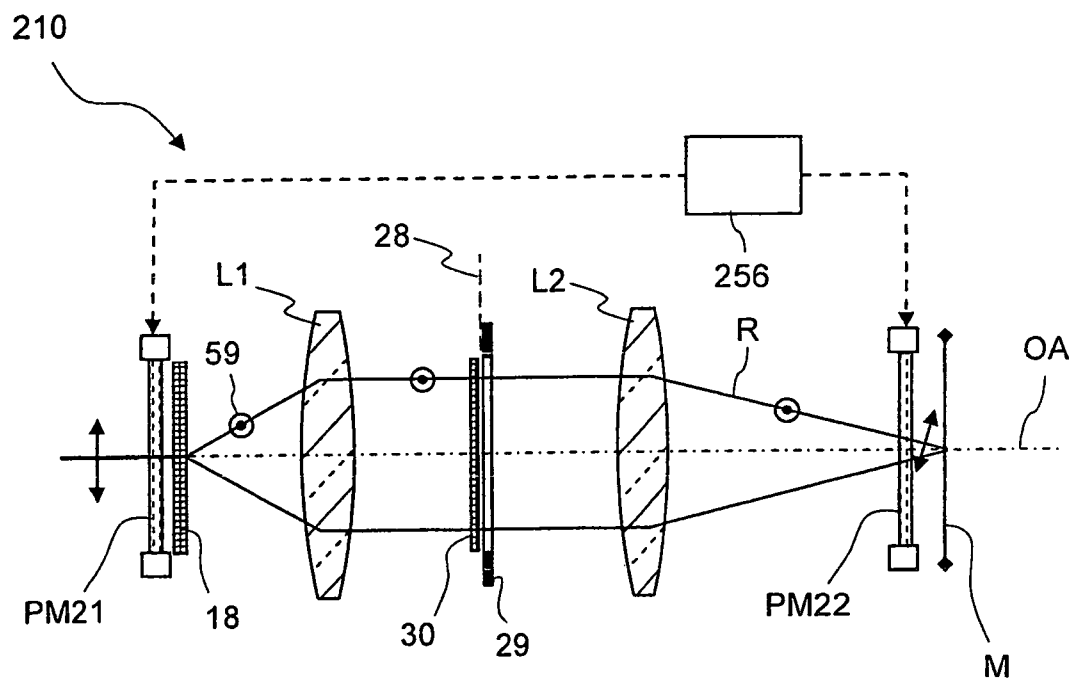


圖 5

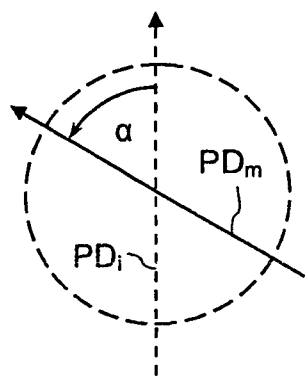


圖 6

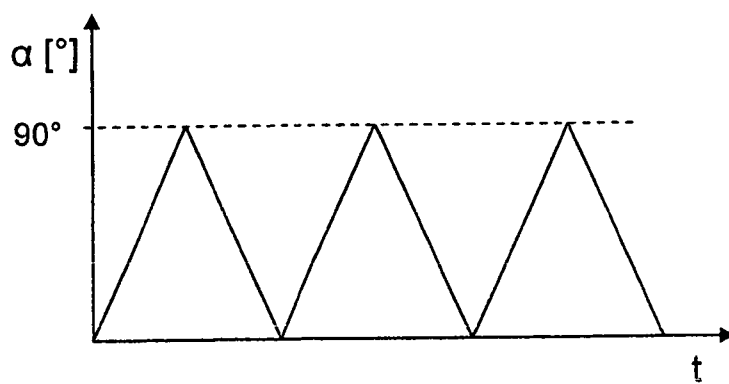


圖 7

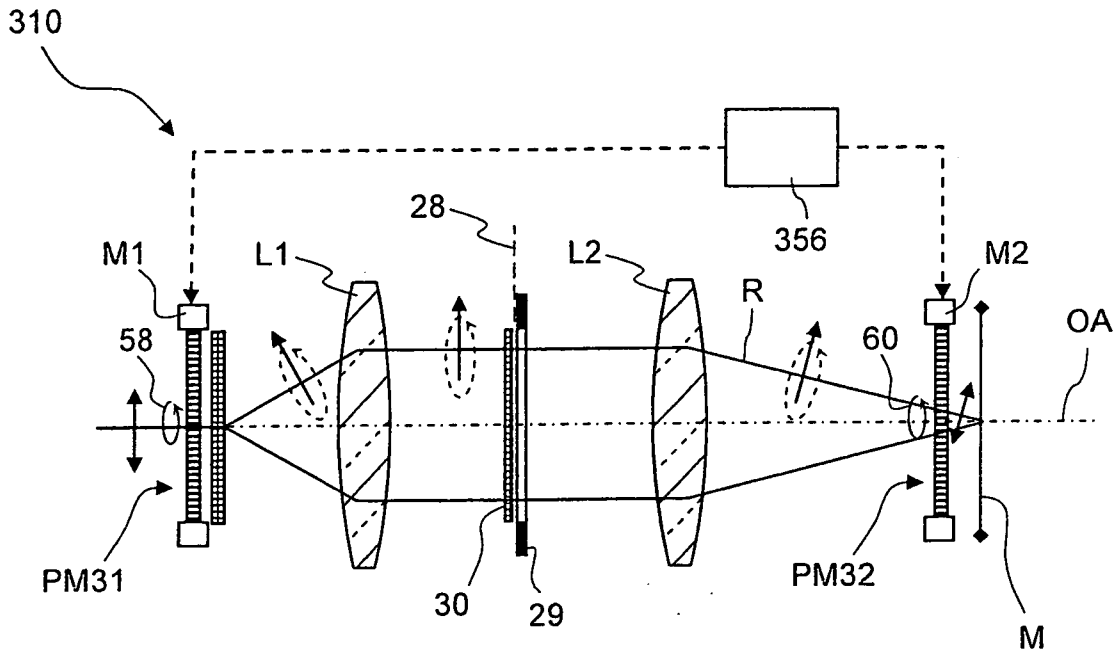


圖 8

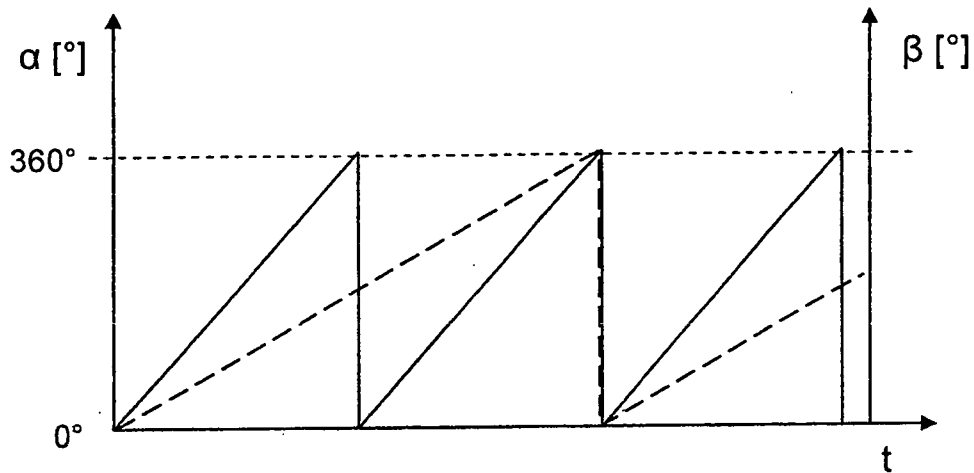


圖 9

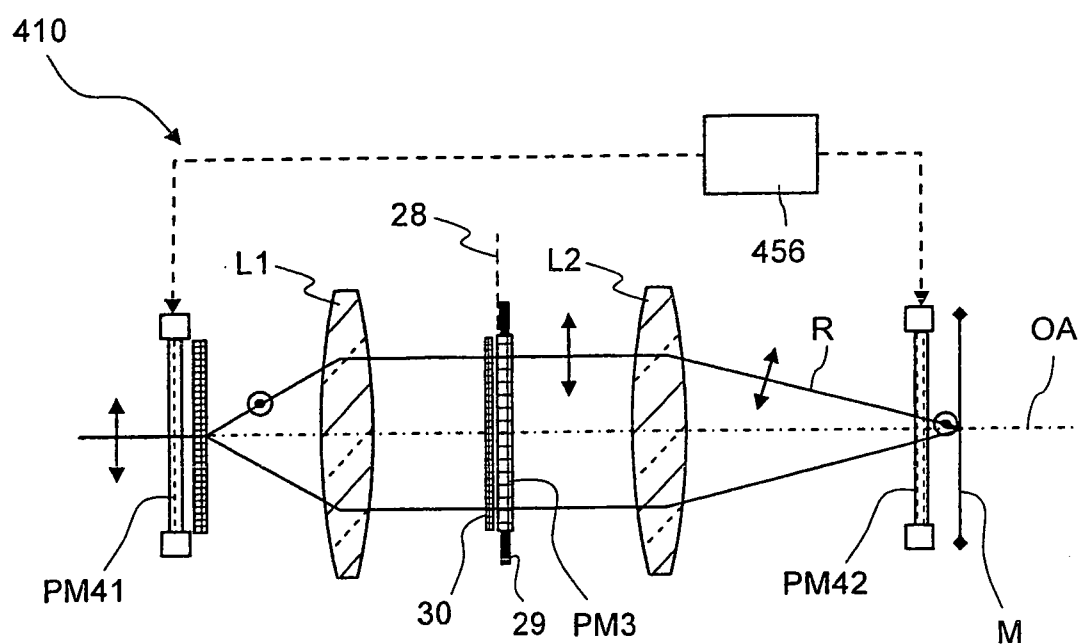


圖 10

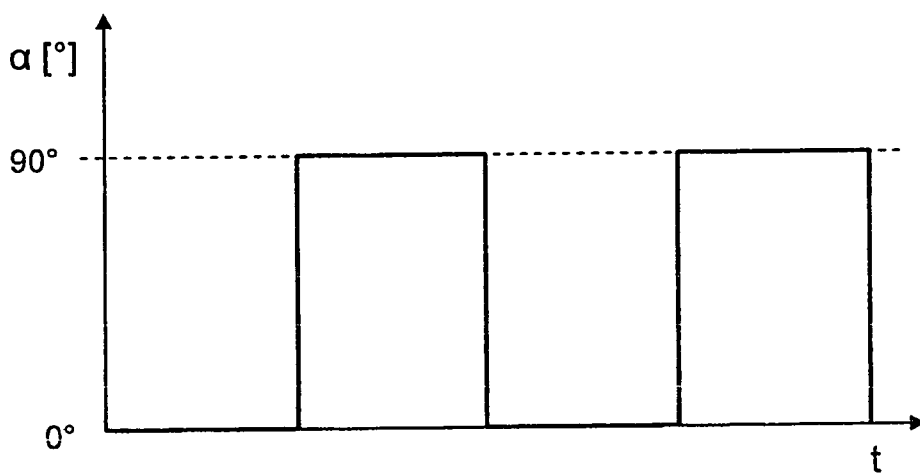


圖 12

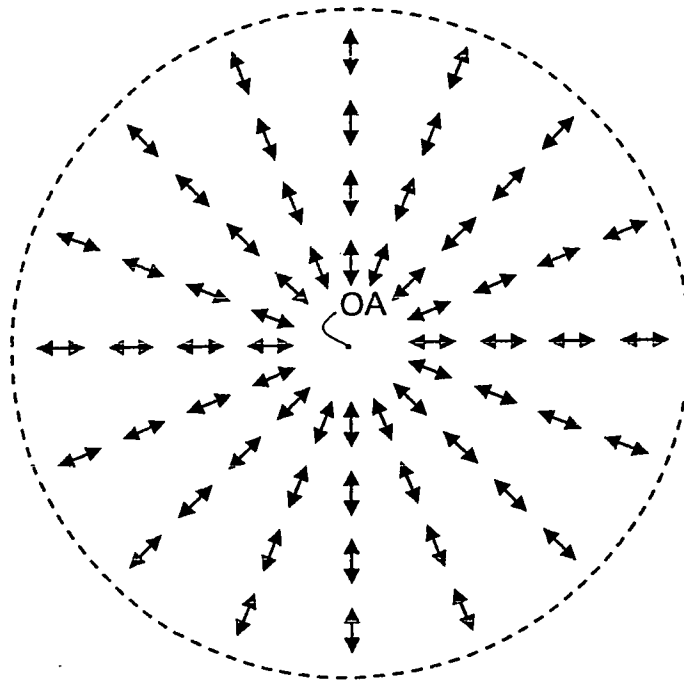


圖 11

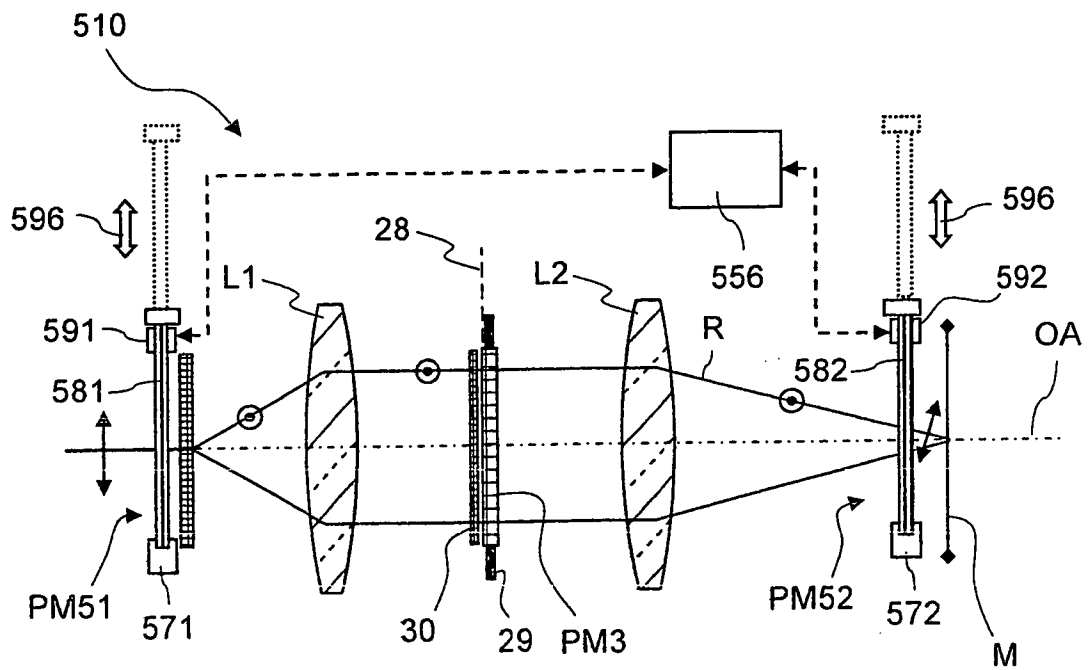


圖 13

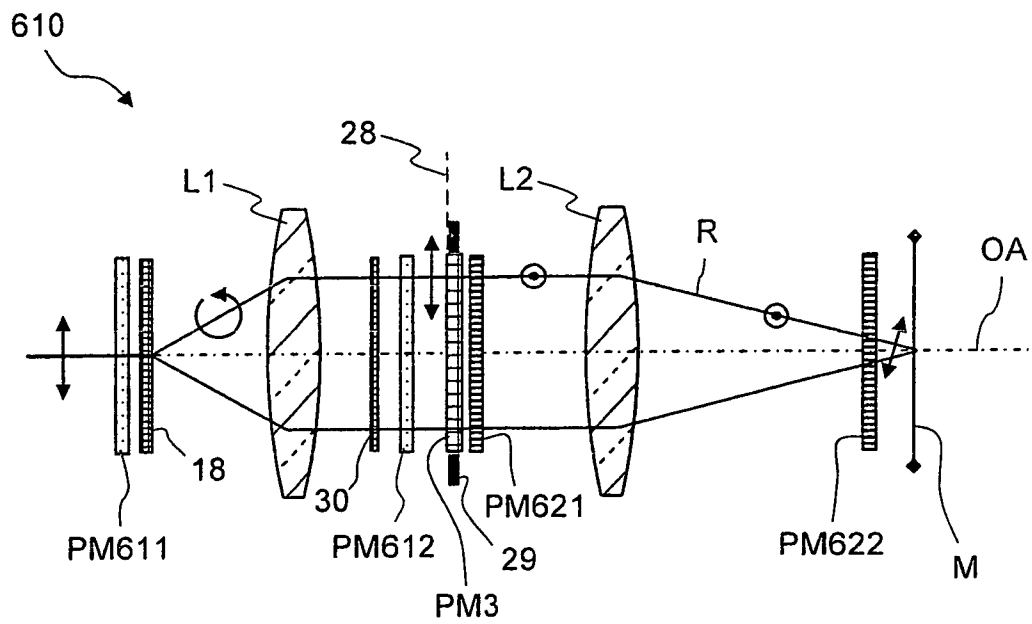


圖 14

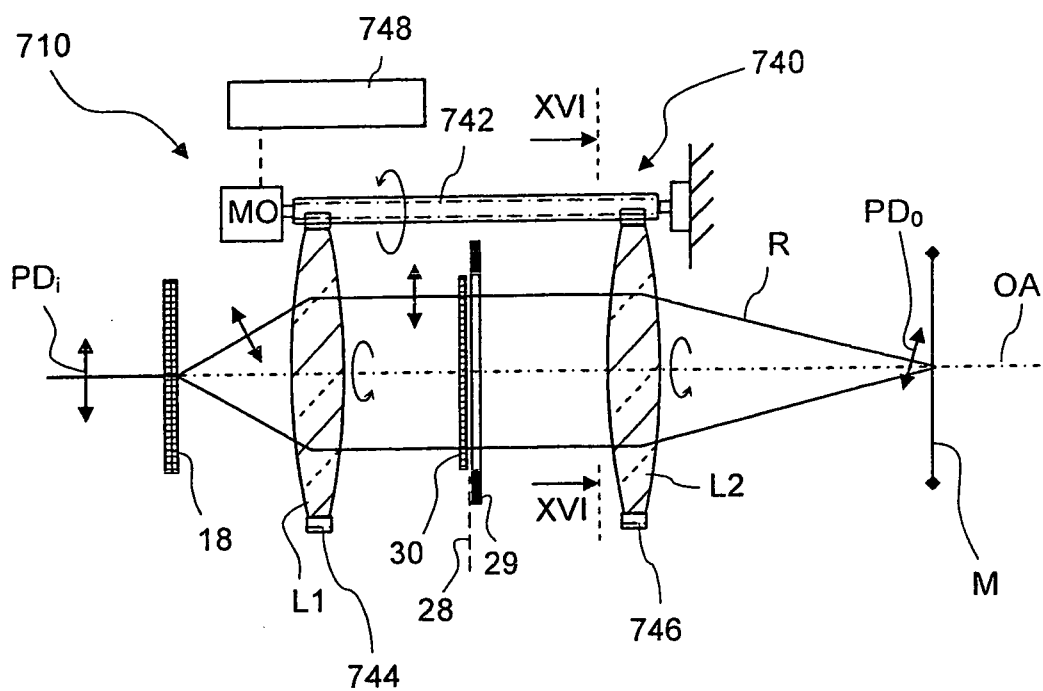


圖 15

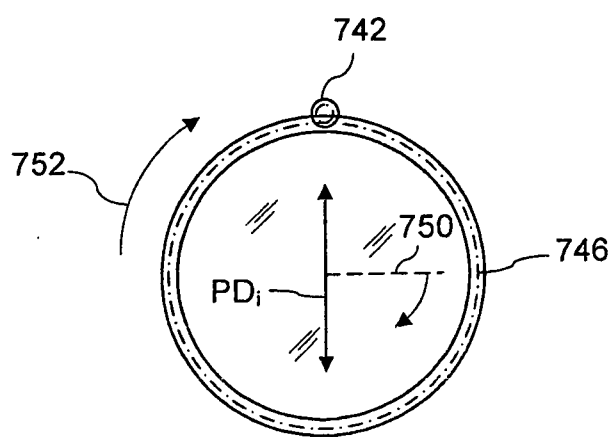


圖 16

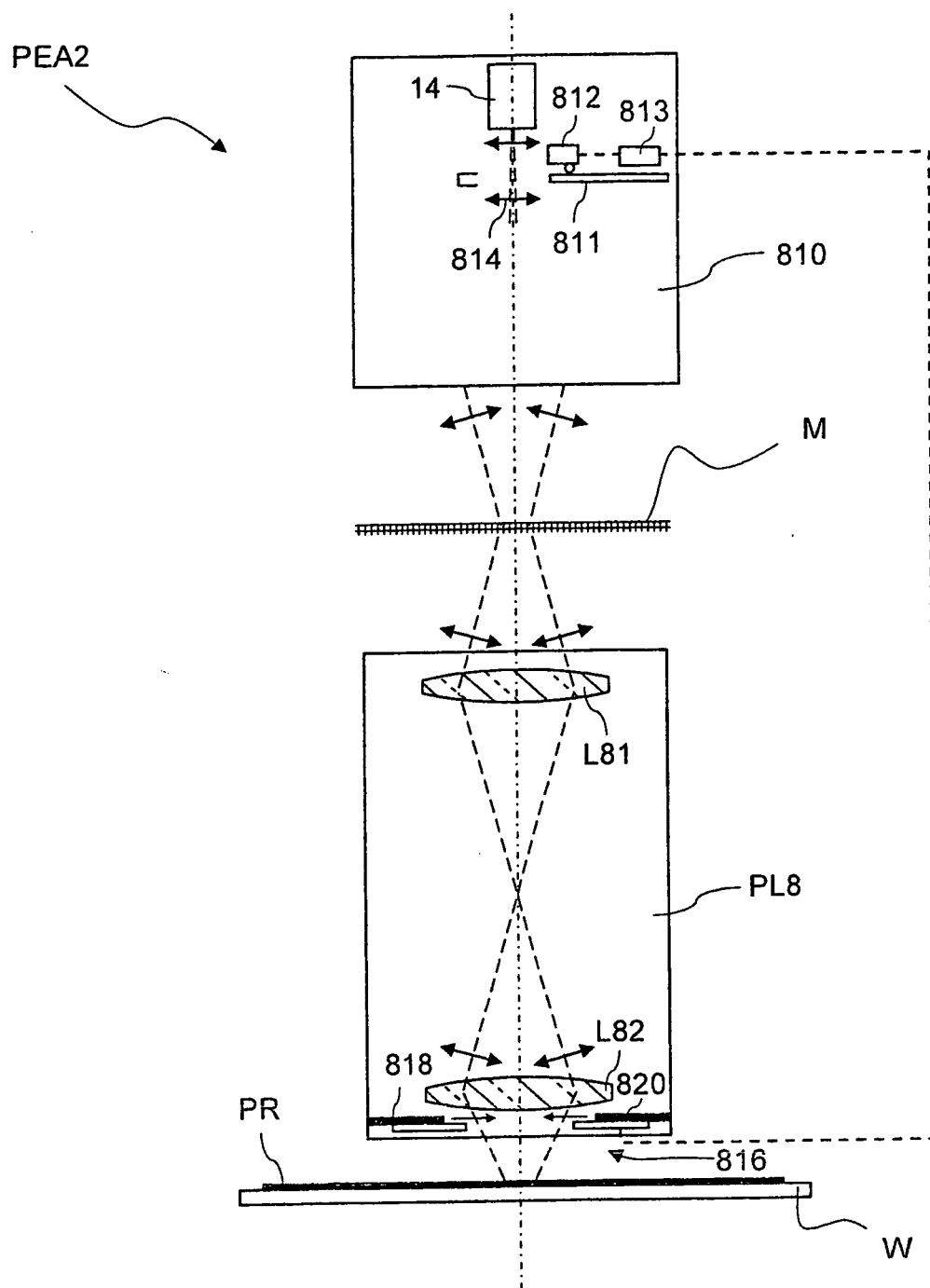


圖 17a

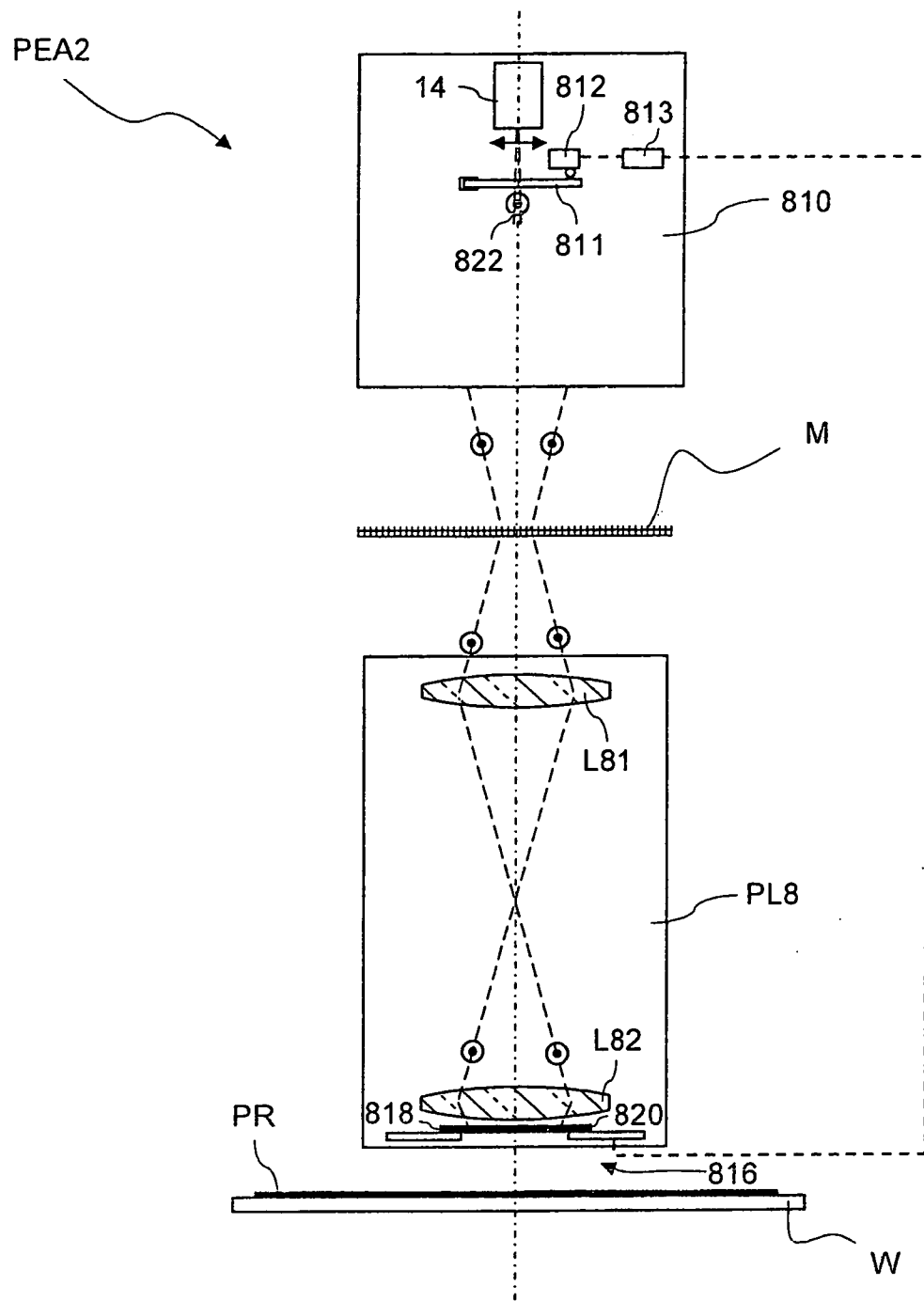


圖 17b

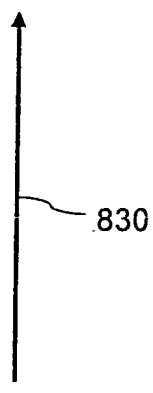


圖 18a

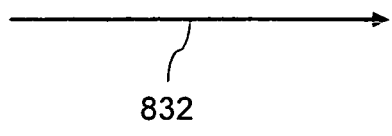


圖 18b

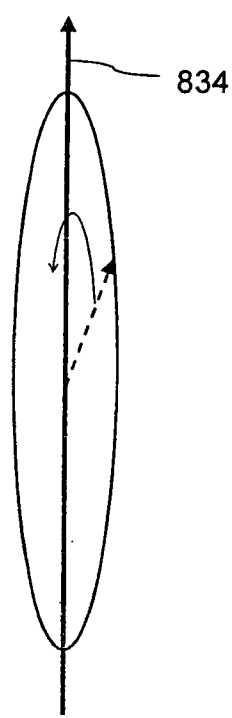


圖 19a

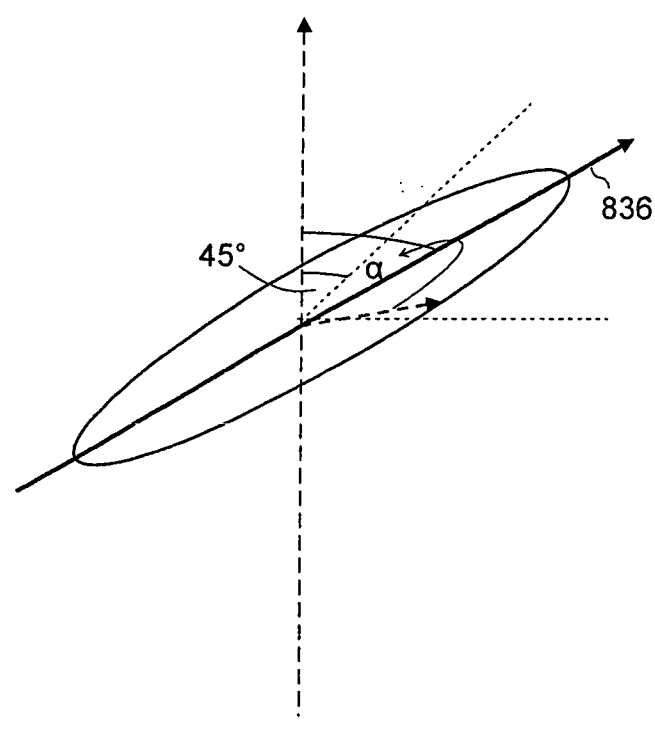


圖 19b

PEA3

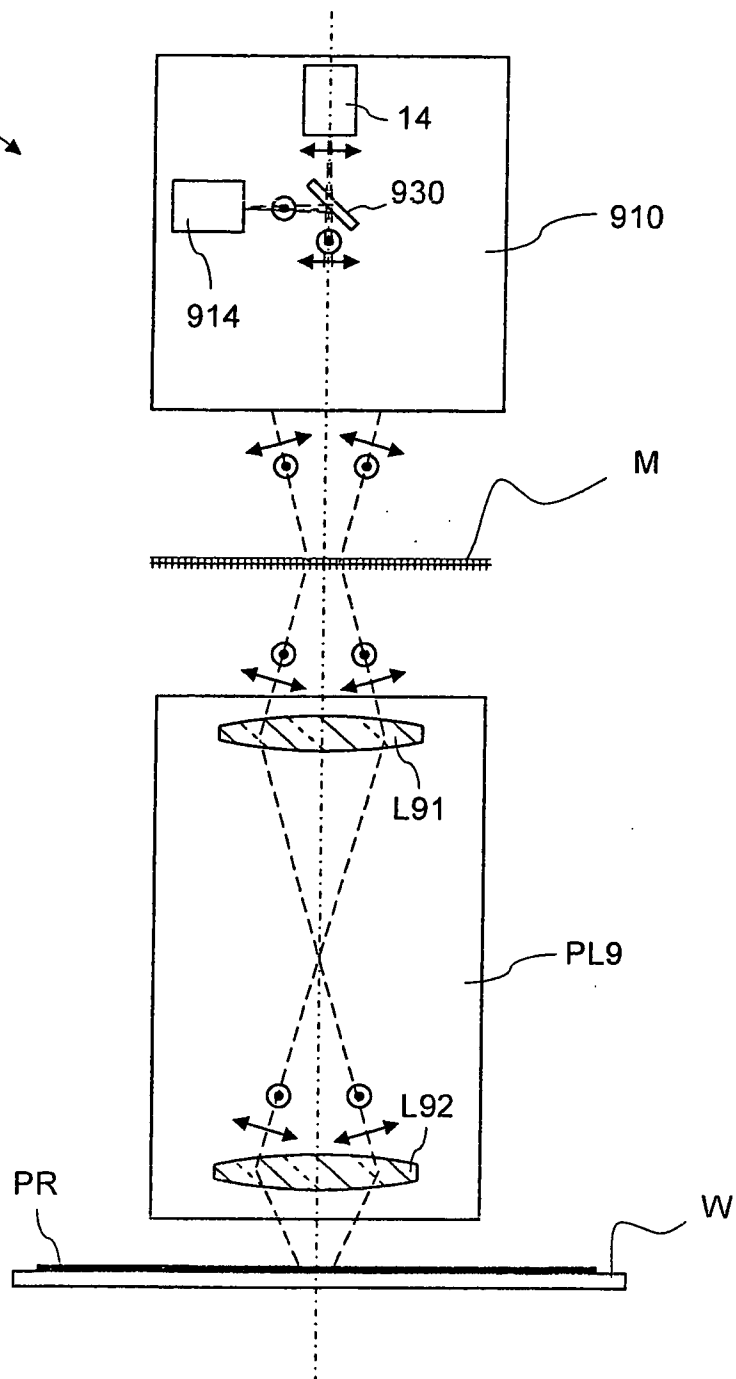


圖 20

PEA4

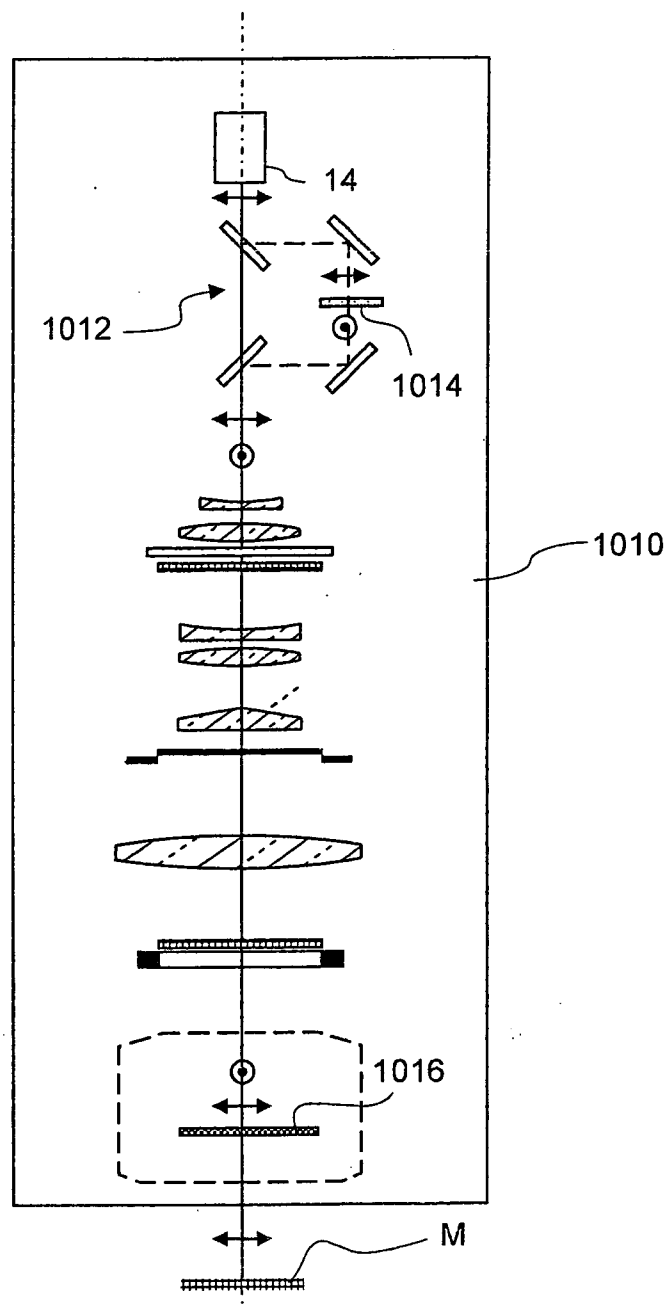


圖 21



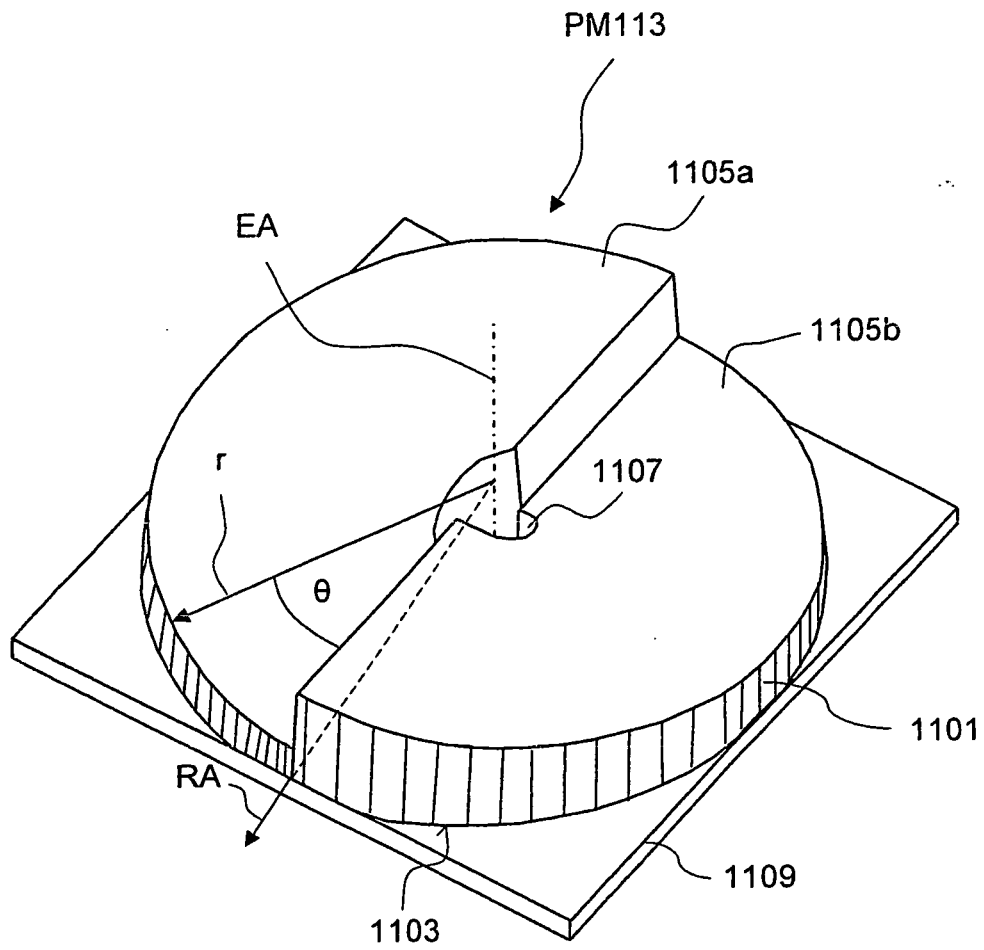


圖 23

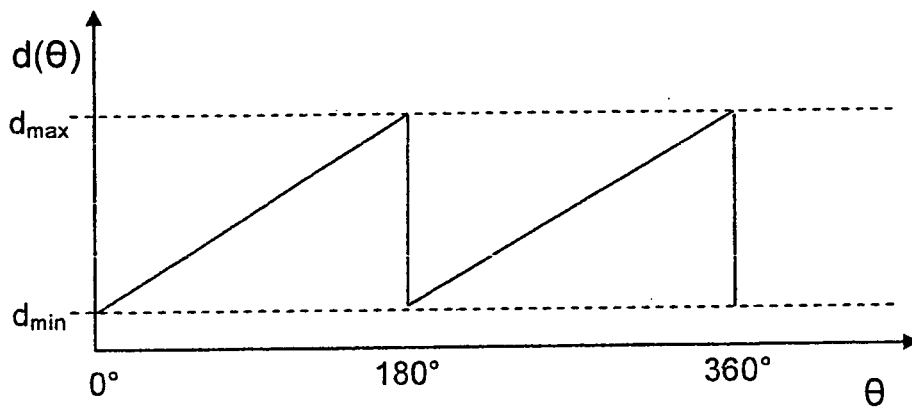


圖 24

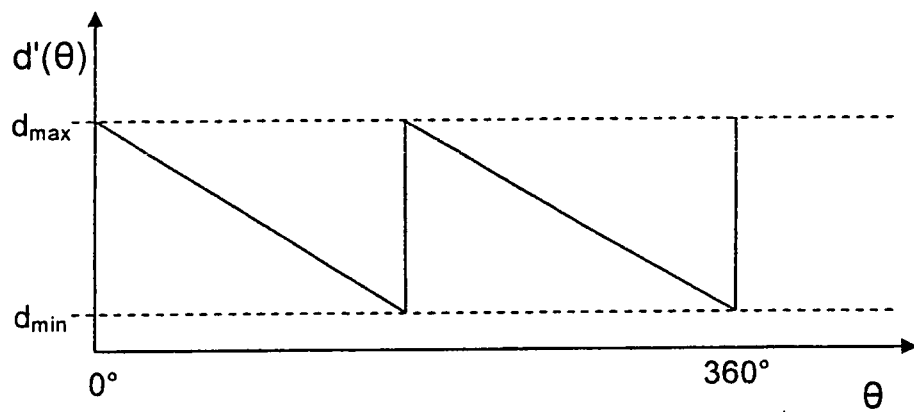


圖 25

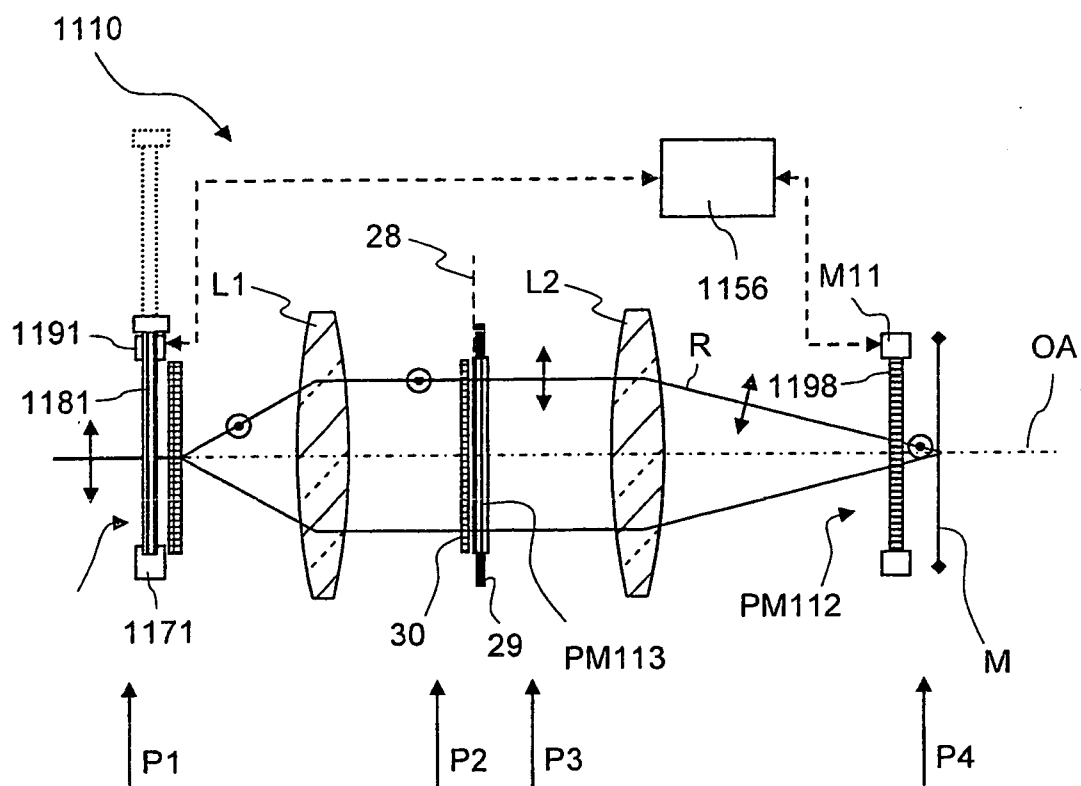


圖 27

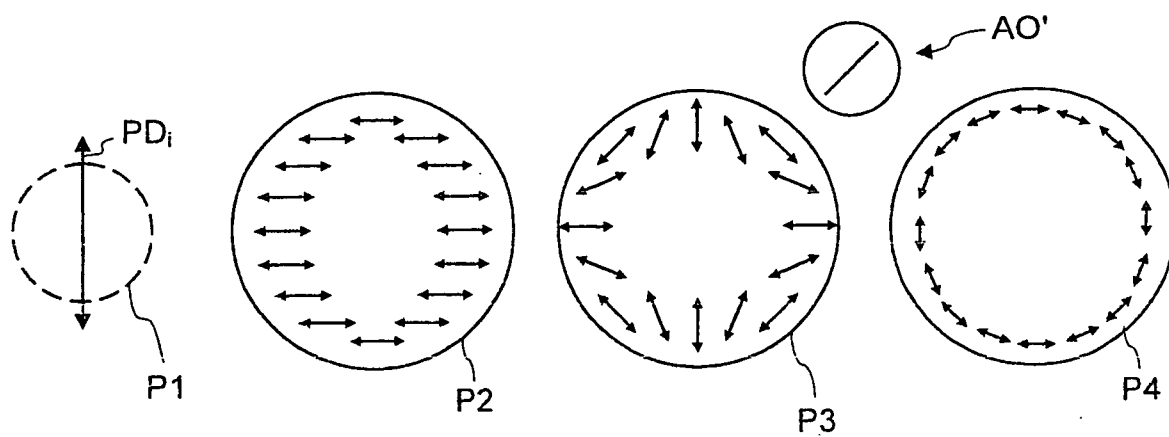


圖 28