



(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 I536122 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：102135976

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 04 日

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

(30)優先權：2012/10/08 歐洲專利局 PCT/EP2012/004212

(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：派崔 麥可 PATRA, MICHAEL (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

TW 200900874

EP 2282188A1

審查人員：呂燦

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：16 共 35 頁

(54)名稱

微影投影曝光設備之照明系統

ILLUMINATION SYSTEM OF A MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

(57)摘要

本發明揭示微影投影曝光設備(10)之照明系統，其包含配置在一光源(30)及一光瞳平面(56)之間的一空間光調變器(38)。該空間光調變器(38)包括微鏡或其他光偏轉元件(421)之陣列(401)，該等微鏡或其他光偏轉元件各自能夠個別地偏轉撞擊投影光至各種方向中。反射鏡陣列(401)上的輻照分布(310；310M)或其包絡(310E)沿著方向 x 具有遞增斜率(72)及遞減斜率(74)。控制單元(43)控制反射鏡致使位在遞增斜率(72)的第一反射鏡(42a)及位在遞減斜率(74)的第二反射鏡(42b)偏轉撞擊投影光，使得其在光瞳平面(56)中至少部分重疊。這確保遮罩層的輻照角分布實質上與光束指向波動無關。

An illumination system of a microlithographic projection exposure apparatus (10) comprises a spatial light modulator (38) which is arranged between a light source (30) and a pupil plane (56). The spatial light modulator (38) includes an array (401) of micromirrors or other light deflecting elements (421) each being capable of individually deflecting impinging projection into various directions. An irradiance distribution (310; 310M) on the mirror array (401) or its envelope (310E) has, along a direction X an increasing slope (72) and 10 a decreasing slope (74). The control unit (43) controls the mirrors in such a way that a first mirror (42a), which is located at the increasing slope (72), and a second mirror (42b), which is located at the decreasing slope (74), deflect impinging projection light so that it at least partly overlaps in the pupil plane (56). This ensures that the angular irradiance distribution at mask level is substantially independent from beam pointing fluctuations.

指定代表圖：

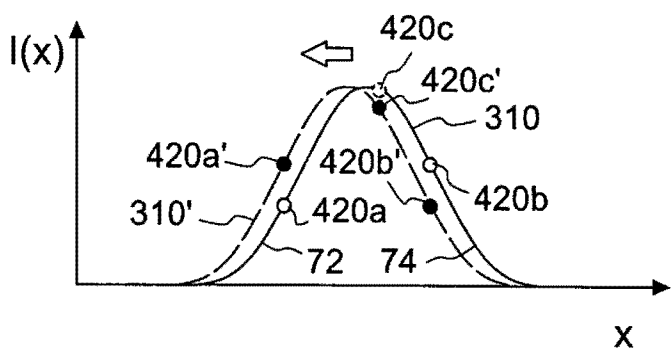


圖10a

符號簡單說明：

72 . . . 遞增斜率

74 . . . 遞減斜率

310 . . . 輻照分布

310' . . . 輻照分布

420a、420b . . . 輻照

420a、420b、

420c . . . 輻照

420a'、420b'、

420c' . . . 輻照

發明摘要

※ 申請案號：102135976

※ 申請日 102 年 10 月 4 日

※IPC 分類：G03F 7/20 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

微影投影曝光設備之照明系統

ILLUMINATION SYSTEM OF A MICROLITHOGRAPHIC
PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

【中文】

本發明揭示微影投影曝光設備(10)之照明系統，其包含配置在一光源(30)及一光瞳平面(56)之間的一空間光調變器(38)。該空間光調變器(38)包括微鏡或其他光偏轉元件(421)之陣列(401)，該等微鏡或其他光偏轉元件各自能夠個別地偏轉撞擊投影光至各種方向中。反射鏡陣列(401)上的輻照分布(310；310M)或其包絡(310E)沿著方向X具有遞增斜率(72)及遞減斜率(74)。控制單元(43)控制反射鏡致使位在遞增斜率(72)的第一反射鏡(42a)及位在遞減斜率(74)的第二反射鏡(42b)偏轉撞擊投影光，使得其在光瞳平面(56)中至少部分重疊。這確保遮罩層的輻照角分布實質上與光束指向波動無關。

【英文】

An illumination system of a microlithographic projection exposure apparatus (10) comprises a spatial light modulator (38) which is arranged between a light source (30) and a pupil plane (56). The spatial light modulator (38) includes an array (401) of micromirrors or other light deflecting elements

(421) each being capable of individually deflecting impinging projection into various directions. An irradiance distribution (310; 310M) on the mirror array (401) or its envelope (310E) has, along a direction X an increasing slope (72) and 10 a decreasing slope (74). The control unit (43) controls the mirrors in such a way that a first mirror (42a), which is located at the increasing slope (72), and a second mirror (42b), which is located at the decreasing slope (74), deflect impinging projection light so that it at least partly overlaps in the pupil plane (56). This ensures that the angular irradiance distribution at mask level is substantially independent from beam pointing fluctuations.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 10a。

【本代表圖之符號簡單說明】：

72	遞增斜率
74	遞減斜率
310	輻照分布
310'	輻照分布
420a、420b	輻照
420a、420b、420c	輻照
420a'、420b'、420c'	輻照

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

微影投影曝光設備之照明系統

ILLUMINATION SYSTEM OF A MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION
EXPOSURE APPARATUS

【技術領域】

【0001】 本發明一般有關微影投影曝光設備之照明系統，及尤其有關包含微鏡或其他光偏轉元件陣列的照明系統，可個別地控制微鏡或其他光偏轉元件陣列以可變地照明該照明系統的光瞳平面。

【先前技術】

【0002】 微影技術(又稱為光微影或簡稱為微影)是一種製造積體電路、液晶顯示器及其他微結構化裝置的技術。結合蝕刻製程，微影技術製程係用以在基板(例如矽晶圓)上已形成之薄膜堆疊中圖案化特徵。在製造的每一層中，首先以光阻塗布晶圓，光阻是一種對特定波長的光敏感的材料。接著，使頂部具有光阻的晶圓在投影曝光設備中透過遮罩曝光於投影光。遮罩含有要成像於光阻上的電路圖案。在曝光之後，顯影光阻以產生對應於遮罩中所含電路圖案的影像。然後，蝕刻製程使電路圖案轉印至晶圓上的薄膜堆疊中。最後，移除光阻。以不同遮罩重複此製程，將形成多層的微結構化組件。

【0003】 投影曝光設備通常包括照明系統，照明系統照明遮罩上具有例如矩形或彎曲長條形狀的場。投影曝光設備另外包

含：對準遮罩的遮罩平台、成像遮罩上的照明場於光阻上的投影物鏡(有時又稱為「透鏡」、及對準塗布有光阻之晶圓的晶圓對準平台。

【0004】 在投影曝光設備的發展中，一個重要的目標是能夠在晶圓上以微影方式定義尺寸越來越小的結構。較小結構導致較高的積體密度，這對於借助此設備產生之微結構化組件的性能一般具有有利的影響。此外，在較高積體密度下，可在單一晶圓上產生更多組件，這對設備產量具有正面影響。

【0005】 為達成此目標，過去已研究多種方法。一個方法是改良遮罩的照明。理想上，投影曝光設備的照明系統以具有明確定義之總能量及輻照角分布的投影光，照明遮罩上照明之場的每個點。術語「輻照角分布」描述會聚朝向遮罩上特定點之光線束的總光能在構成光線束之光線的各種方向中如何分布。

【0006】 通常針對要成像在光阻上的圖案種類，調適撞擊在遮罩上之投影光的輻照角分布。例如，相對大尺寸的特徵可能需要使用不同於小尺寸特徵的輻照角分布。最常使用的輻照角分布為習用的環狀、雙極及四極照明設定。這些術語指的是照明系統之光瞳平面中的輻照分布。例如，在環狀照明設定下，僅照明光瞳平面中的環狀區。以此在投影光的輻照角分布中僅出現較小角度範圍，因此，所有光線以相似的角度傾斜地撞擊在遮罩上。

【0007】 本技術中已知有不同的方式可以修改遮罩平面中投影光的輻照角分布，以達成所要的照明設定。為了達成在遮罩平面中產生不同輻照角分布的最大靈活性，已提議使用包含反射鏡陣列的空間光調變器，其在光瞳平面中產生所要的輻照分布。

【0008】 在EP 1 262 836 A1中，將反射鏡陣列實現為包含1000個以上顯微鏡的微機電系統(MEMS)。每個反射鏡可繞著兩個正交

傾斜軸傾斜，使得入射投影光沿著由相應反射鏡之傾斜角決定的方向反射。配置在反射鏡陣列與光瞳平面間的聚光透鏡，將反射鏡產生的反射角轉換為光瞳平面中的定位。在此、或在配置在光瞳平面中或緊密接近光瞳平面的光學積分器上，每個反射鏡產生其位置藉由傾斜反射鏡而改變的光點。藉由傾斜相應反射鏡，每個光點可自由地在光瞳平面或光學積分器的光進入表面上移動。

【0009】 使用反射鏡陣列作為空間光調變器的類似照明系統請參考US 2006/0087634 A1、US 7 061 582 B2及WO 2005/026843 A2。

【0010】 在通常用作VUV投影曝光設備之照明系統之光源的準分子雷射中，發生光束指向波動。這表示從雷射發射之光束的方向在長期及/或短期中有某種程度上的改變。由於光源通常配置遠離反射鏡陣列數公尺，即使光束方向的微小變更也會導致反射鏡陣列上之投影光產生的輻照分布明顯位移。這最終可造成遮罩平面中無法接受的輻照角分布變更。

【0011】 WO 2009/080279 A1提議在光源及反射鏡陣列之間配置包含複數個微透鏡的光學積分器。以此避免光束指向波動對於遮罩層之輻照角分布穩定性的不利影響。然而，設置光學積分器明顯提高照明系統的成本並增加其複雜度。

【發明內容】

【0012】 本發明之目的在於提供微影投影曝光設備之照明系統，其即使沒有配置在反射鏡陣列前方的光學積分器，也能夠產生遮罩層之投影光的穩定角分布。

【0013】 根據本發明，此目的藉由包含以下項目之微影投影曝光設備的照明系統達成：一經組態以產生投影光束的光源、一

光瞳平面、一控制單元及一空間光調變器。空間光調變器配置在光源及光瞳平面之間並包含光偏轉元件陣列。每個此光束偏轉元件能夠沿取決於接收自控制單元的命令信號的方向個別地偏轉撞擊的投影光。投影光在光偏轉元件陣列上產生輻照分布。輻照分布或其包絡沿著至少一個方向具有遞增斜率及遞減斜率。根據本發明，控制單元經組態以控制光偏轉元件致使位在遞增斜率的第一光偏轉元件及位在遞減斜率的第二光偏轉元件偏轉撞擊投影光，使得其在光瞳平面中至少部分重疊。

【0014】 本發明係基於以下認知：在此控制方案下，由投影光束產生在光偏轉元件陣列上之輻照分布的位移將不會明顯影響光瞳平面中從第一及第二光偏轉元件偏轉之投影光至少部分重疊之位置的總輻照。這是因為第一光偏轉元件上因輻照分布位移造成的輻照增加也會使第二光偏轉元件上的輻照發生相似或甚至相同的減少。由於此局部或甚至完全互相補償，總輻照在從第一及第二光偏轉元件偏轉之投影光至少部分重疊的光瞳位置處至少實質上恆定。

【0015】 如果將此控制方案應用於所有或至少極大部分(例如超過80%)的光偏轉元件，輻照分布沿著至少一個方向因光束指向波動所造成的位移無法明顯損及遮罩層之光的角分布的穩定性：至少遮罩層之光的角分布的殘餘波動可變得如此小而變得可以接受。

【0016】 當然，亦可控制光偏轉元件，致使不僅兩個、而是三個或更多個光偏轉元件照明光瞳平面中的相同光點。例如，可以有 $N = 1, 2, 3, \dots$ 個位在遞增斜率的第一光偏轉元件，及 $M = 1, 2, 3, 4, \dots$ 個位在遞減斜率的第二光偏轉元件。接著，所有光偏轉元件偏轉撞擊投影光使得其在光瞳平面中至少部分重疊。如果有三

個或更多個光偏轉元件促成單一光瞳平面位置的輻照，則光偏轉元件所在之斜率的陡度絕對值將在較大程度上有所不同。

【0017】 尤其，如果位在遞增斜率(72)的N個第一光偏轉元件 D_i (其中 $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N$) 及位在遞減斜率的M個第二光偏轉元件 D_j ($j = 1, 2, 3, 4, \dots, M$) 偏轉撞擊投影光使得其在光瞳平面中一光點處至少部分重疊，則不等方程式

$$(S_1 + S_2) < 0.1 \cdot (|S_1| + |S_2|)$$

可成立。此處， $S_1 = (I_1 \cdot d_1) + (I_2 \cdot d_2) + (I_3 \cdot d_3) + \dots + (I_N \cdot d_N)$ ，其中 I_i 是第一光束偏轉元件 D_i 上的輻照，及 d_i 是輻照分布在第一光束偏轉元件 D_i 的定位處沿著至少一個方向的方向導數，及 $S_2 = (I_1 \cdot d_1) + (I_2 \cdot d_2) + (I_3 \cdot d_3) + \dots + (I_M \cdot d_M)$ ，其中 I_j 是第二光束偏轉元件 D_j 上的輻照及 d_j 是輻照分布在第二光束偏轉元件 D_j 的定位處沿著至少一個方向的是方向導數。

【0018】 舉例來說，由輻照加權且在所有光偏轉元件上取得之方向導數的總和應比單一光點的方向導數小。理想上，該總和為零。

【0019】 如果輻照分布不僅沿著一個方向而是沿著兩個正交方向移位，則必須形成至少四個光偏轉元件的群組，其中以上述方式控制四對光偏轉元件。當然，這再次表示所有四個光偏轉元件將投影光引向光瞳平面中的相同位置。

【0020】 在製造照明系統時，通常還不知道光源最後在整個設備安裝在半導體廠中後將配置距離反射鏡陣列多遠。結果，光束指向波動可能會也可能不會造成問題。為了不論光源及陣列之間的距離均能夠產生遮罩層之穩定的光的角分布，上述控制方案無論如何均可在照明系統中實施，也就是說，即使在稍後的照明

系統操作期間，在光偏轉元件陣列上的輻照分布沿著至少一個方向僅移位微不足道的距離。由於此控制方案不會造成任何實質缺點，因此可提供此控制方案作為某種安全措施，及因此即使投影曝光設備的特定安裝並不需要其好處，還是可應用此控制方案。在一具體實施例中，照明系統包含第一反射表面，其係配置以將投影光引向光偏轉元件陣列。第二反射表面係配置以將由光偏轉元件陣列偏轉的投影光引向光瞳平面。第一及第二反射表面可為平面，及尤其可以稜鏡的表面形成。然後，稜鏡(或反射表面的配置)及反射鏡陣列可取代習用照明系統中用以在光瞳平面中產生不同輻照分布的可換式繞射光學元件，完全不需要重新設計照明系統。

【0021】 在另一具體實施例中，照明系統包含變焦光學系統，其配置在空間光調變器及光瞳平面之間。這不用變更由光偏轉元件產生的偏轉角即可變更輻照分布的尺寸。

【0022】 在一些具體實施例中，與第一及第二光偏轉元件相關聯的投影光在光瞳平面中重疊的程度致使由第一光偏轉元件在光瞳平面中產生的輻照下降至第一最大輻照的50%的第一界線及由第二光偏轉元件在光瞳平面中產生的輻照下降至第二最大輻照的50%的第二界線鄰接或重疊。

【0023】 光偏轉元件例如可實現為可繞著至少一個傾斜軸傾斜的微鏡，或可實現為使用光電或聲光效應以將撞擊光偏轉至各種方向中的透明元件。

【0024】 本發明主旨亦為操作微影投影曝光設備之照明系統的方法。此方法包含以下步驟：

- a) 提供包含光偏轉元件陣列的空間光調變器，其中光瞳平面中的一光點與每個光偏轉元件相關聯；

- b) 在光偏轉元件陣列上產生一幅照分布，其中該幅照分布或其包絡沿著至少一個方向具有一遞增斜率及一遞減斜率；
- c) 控制該等光偏轉元件致使由位在遞增斜率之一第一光偏轉元件產生的一第一光點及由位在遞減斜率之一第二光偏轉元件產生的一第二光點在該光瞳平面中至少部分重疊。

【0025】 以上關於根據本發明的照明系統所做出的論述在此同樣適用。

【定義】

【0026】 術語「光」代表任何電磁輻射，尤其是可見光、UV、DUV及VUV光。

【0027】 本文使用術語「光線」代表其傳播路徑可以線條描述的光。

【0028】 本文使用術語「光線束」代表從單一點出現及/或會聚於單一點的複數條光線。

【0029】 本文使用術語「光束」代表通過特定透鏡或另一光學元件的所有光。

【0030】 本文使用術語「表面」代表三維空間中的任何平面或彎曲表面。表面可為主體的一部分或可與主體完全分離，通常如場平面或光瞳平面的情況。

【0031】 本文使用術語「光學共軛」代表在兩個點或兩個表面之間的成像關係。以此從一點出現的光線束在光學共軛點處會聚。

【0032】 本文使用術語「場平面」代表與遮罩平面光學共軛的平面。

【0033】 本文使用術語「光瞳平面」代表其中通過遮罩平面

或另一場平面中不同點的邊緣光線相交的平面。如本技術中所常見，如果「光瞳平面」事實上在數學意義上並非平面，而是有點彎曲，亦使用術語「光瞳平面」，所以嚴格來講，「光瞳平面」應稱為「光瞳表面」。

【0034】 本文使用術語「聚光器」代表在兩個平面(例如場平面及光瞳平面)之間建立(至少大約建立)傅立葉關係的光學元件或光學系統。

【0035】 本文使用術語「均勻」代表不取決於位置的性質。

【0036】 本文使用術語「空間輻照分布」代表總輻照如何在光所撞擊的表面上改變。通常可以函數 $I_s(x, y)$ 描述空間輻照分布，其中 x 、 y 為表面中一點的空間座標。

【0037】 本文使用術語「輻照角分布」代表光線束的輻照如何取決於構成光線束之光線的角度而改變。通常可以函數 $I_a(\alpha, \beta)$ 描述輻照角分布，其中 α 、 β 為描述光線方向的角座標。如果輻照角分布具有場相依性，則 I_a 將也是場座標 x 、 y 的函數，即， $I_a = I_a(\alpha, \beta, x, y)$ 。

【0038】 本文使用術語「光學積分器」代表增加乘積 $NA \cdot a$ 的光學系統，其中 NA 是數值孔徑，及 a 是照明場面積。

【0039】 本文使用術語「光柵元件」代表任何光學元件，例如透鏡、稜鏡或繞射光學元件，其與其他相同或類似光柵元件一起配置在共同的支撐件上，使得其共同形成光柵板。

【圖式簡單說明】

【0040】 參考結合附圖的詳細說明，即可明白本發明各種特徵及優點，其中：

【0041】 圖1為根據本發明一具體實施例之投影曝光設備的示意透視圖；

【0042】 圖2為圖1所示設備所含照明系統的縱剖面；

【0043】 圖3為圖2所示照明系統所含微鏡陣列的透視圖；

【0044】 圖4為圖2所示照明系統所含光學積分器的透視圖；

【0045】 圖5為圖2所示照明系統之微鏡陣列、第一聚光器及第一光柵板的示意縱剖面；

【0046】 圖6為顯示由投影光在圖2及3顯示的微鏡陣列上產生之輻照分布沿著X方向的曲線圖；

【0047】 圖7為微鏡陣列的俯視圖，其中亦指示圖6中顯示的輻照分布；

【0048】 圖8為類似於圖6的曲線圖，其圖解如果微鏡陣列上的輻照分布沿著X方向位移，兩個任意微鏡上的輻照大體上如何變更；

【0049】 圖9為類似於圖5的示意縱剖面，其圖解由配置在輻照分布之相對側的兩個微鏡產生的光點如何重疊；

【0050】 圖10a及10b為類似於圖8的曲線圖，其圖解微鏡陣列上之輻照分布分別沿著+X及-X方向的位移如何影響根據本發明之兩個微鏡上的輻照；

【0051】 圖11為類似於圖2之根據替代性具體實施例之照明系統的縱剖面，其中使用微透鏡陣列將投影光束分成複數個引向微鏡陣列上的個別光束；

【0052】 圖12為圖11顯示之照明系統之微透鏡陣列的俯視圖；

【0053】 圖13顯示沿著通過圖12顯示之微透鏡陣列之直線XIII-XIII的橫截面；

【0054】 圖14為類似於圖12的俯視圖，但亦顯示微透鏡陣列後側上的輻照分布；

【0055】 圖15為類似於圖10a的曲線圖，其圖解微鏡陣列上之輻照分布沿著+X方向的位移如何影響兩個微鏡上的輻照；

【0056】 圖16為圖解本發明重要方法步驟的流程圖。

【實施方式】

I.

投影曝光設備的一般構造

【0057】 圖1為根據本發明之投影曝光設備10的透視圖及簡圖。設備10包含產生投影光束的照明系統12。照明系統12照明遮罩16上的場14，遮罩16包含精細特徵19的圖案18。在此具體實施例中，照明場14具有矩形形狀。然而，亦考慮照明場14的其他形狀，例如環形段。

【0058】 投影物鏡20具有光軸OA及含有複數個透鏡21，並將照明場14中的圖案18成像於感光層22上，感光層22例如光阻，其由基板24支撐。可由矽晶圓形成的基板24在晶圓平台(未顯示)上配置成感光層22的頂面精確地位在投影物鏡20的影像平面中。利用在投影物鏡20之物體平面中的遮罩平台(未顯示)定位遮罩16。由於投影物鏡具有放大率 β ，其中 $|\beta| \leq 1$ ，照明場14中圖案18的縮小影像18'被投影於感光層22上。

【0059】 在投影期間，遮罩16及基板24沿著對應於圖1所示Y方向的掃描方向移動。照明場14接著在遮罩16上方掃描，使得大於照明場14的圖案化區域可被持續成像。基板24與遮罩16之速度的比值等於投影物鏡20的放大率 β 。如果投影物鏡20顛倒影像($\beta <$

0)，則遮罩16與基板24在相反方向中移動，這在圖1中以箭頭A1及A2指示。然而，本發明亦可在步進機工具中使用，其中遮罩16與基板24在投影遮罩期間並不移動。

II.

照明系統的一般構造

【0060】 圖2為圖1所示照明系統12的縱剖面。為了清楚之故，圖2的圖解極為簡化且未按比例繪製。這尤其表示僅以一個或極少的光學元件代表不同的光學單元。現實中，這些單元可包含明顯更多的透鏡及其他光學元件。

【0061】 照明系統12包括外殼29及光源30，在所示具體實施例中，將光源30實現為準分子雷射。光源30發射投影光的光束31，其具有約193 nm的波長。亦考慮其他類型的光源30及其他波長，例如248 nm或157 nm。

【0062】 從光源30發射的投影光束31通過通常稱為光束傳遞40的通道。在此具體實施例中，將第一平面光束路徑摺疊反射鏡42配置在光束傳遞40中。光束傳遞40的總長度通常在2 m及25 m之間的範圍中。光束傳遞40的尺寸及形狀及還有其中所含光束路徑摺疊反射鏡的數目取決於安裝投影曝光設備10的現場條件。

【0063】 在離開光束傳遞40之後，投影光束31藉由第二光束路徑摺疊反射鏡44轉向並進入32指示的光束擴展單元(其中使投影光束31擴展)。為此目的，光束擴展單元32可包含若干透鏡(例如圖2所示的負透鏡及正透鏡)及/或若干平面反射鏡。在擴展後，光束31仍具有低發散，即，其幾乎準直。

【0064】 擴展的光束31撞擊在空間光調變器38上，該空間光調變器用以在後續光瞳平面中產生可變空間輻照分布。在此具體

實施例中，空間光調變器38包含微鏡421之陣列401，該等微鏡可在包含電極之致動器41(見放大的分割圖C)的幫助下個別地繞著兩個正交軸傾斜。空間光調變器38，及尤其是微鏡421的致動器41，由連接至總系統控制45的控制單元43控制。

【0065】 圖3是陣列401的透視圖，其圖解光線R1、R2如何取決於光線R1、R2撞擊微鏡421的傾斜角被反射至不同方向中。在圖2及圖3中，陣列401包含僅 6×6 個微鏡421；在現實中，陣列401可包含數百個或甚至數千個微鏡421。

【0066】 再次參考圖2，空間光調變器38另外包含稜鏡46，其具有相對於照明系統12的光軸47均為傾斜的第一平坦表面48a及第二平坦表面48b。在這些傾斜表面48a、48b，投影光束31為全內反射所反射。第一表面48a將撞擊投影光束31朝向陣列401的微鏡421反射，及第二表面48b將從微鏡421反射的光束引向稜鏡46的平面出射表面49。當然，可以平面反射鏡的配置取代稜鏡46。

【0067】 因此可藉由繞著其傾斜軸個別地傾斜陣列401的微鏡421，改變反射光束的方向，及因此改變從稜鏡46之出射表面49出現之投影光的輻照角分布。有關空間光調變器38的更多細節例如請見US 2009/0115990 A1。

【0068】 在將撞擊投影光引向光學積分器52之第一聚光器50的幫助下，將空間光調變器38所產生的輻照角分布變換成空間輻照分布。在此具體實施例中，第一聚光器50由具有可變焦距的變焦光學系統形成。為此目的，第一聚光器可包含複數個透鏡，其中兩個或更多個透鏡可在致動器(未顯示)的幫助下沿著光軸47位移。空間光調變器38產生之輻照分布的直徑可因此藉由變更第一聚光器50的焦距來改變。

【0069】 在顯示的具體實施例中，光學積分器52包含第一光

柵板54a及第二光柵板54b。第一光柵板54a的光進入表面55配置在第一聚光器50的後焦面中，及微鏡421大約配置在其前焦面中，使得一方面在微鏡421及另一方面在第一光柵板54a的光進入表面55之間建立傅立葉關係。

【0070】 如可在圖4所示光學積分器52的透視圖中看到，每個光柵板54a、54b包括兩個正交陣列的第一及第二圓柱形微透鏡53、57，其配置在光柵板54a、54b的相對側上。沿著Y軸延伸的第二圓柱形微透鏡57比沿著X方向延伸的第一圓柱形微透鏡53更強烈彎曲。由兩個相交的正交圓柱形微透鏡53、57限定的體積定義沿著X及Y方向具有折射功率的光柵元件59。然而，由於第一及第二圓柱形微透鏡53、57的不同曲率，光柵元件59沿著X方向比沿著Y方向具有較強折射功率。

【0071】 再次參考圖2，光學積分器52在照明系統12的後續光瞳平面56中產生複數個二次光源。第二聚光器58在光瞳平面56及場光闌平面60(其中配置可調整場光闌62)之間建立傅立葉關係。第二聚光器58因此疊加從二次光源出現的光束於場光闌平面60中，使得極為均質地照明該場光闌平面。

【0072】 場光闌平面60由場光闌物鏡64成像於遮罩平面66上，支撐於遮罩平台(未顯示)上的遮罩16配置在遮罩平面中。可調整的場光闌62亦藉此成像於遮罩平面66上，並至少定義沿著掃描方向Y延伸之照明場14的橫向側。

【0073】 第一光柵板54a之光進入表面55上的空間輻照分布決定光瞳平面56中的空間輻照分布，及因此決定場光闌平面60及遮罩平面66中的輻照角分布。如可在圖5的示意及簡化縱剖面中看到，光進入表面55上的空間輻照分布繼而由微鏡421的傾斜角決定。由投影光照明的每個微鏡421在第一光柵板54a的光進入表面

55上產生單一光點70。此光點70的位置可藉由傾斜相關聯的微鏡421而自由地改變。藉由在致動器41(由控制單元43控制)的幫助下仔細地設定微鏡421的傾斜角，因此可在遮罩平面66中快速地產生幾乎任何任意輻照角分布。這可以針對遮罩16中所含的圖案18，快速地調適遮罩平面66中的輻照角分布。藉由使用專為圖案18定製的輻照角分布，可將圖案18更精確地成像於感光層22上。

III.

雷射光束指向波動

● 【0074】 由光源30發射之投影光束31的方向通常容易遭受光束指向波動。這表示投影光束31的方向在時間上並非絕對穩定，而是有某種程度上的改變。

● 【0075】 光束指向波動的起源可以是機械振動，例如來自於地面的振動或源自準分子雷射中迅速交換氣體的振動。此類光束指向波動通常具有範圍為介於數十Hz至數十kHz之間的頻率。光束指向波動的另一原因是漂移效應，其通常由熱效應引致。漂移效應通常發生於長期中，及因此光束指向波動僅可在較長的時間週期中變得比較明顯，例如數分鐘、數天或甚至數月。

● 【0076】 在通常用作光源30的這些準分子雷射中，已相繼地將最大角波動減小到0.1 mrad以下的值。然而，無論這些極小的值為何，由投影光在微鏡421之陣列401上產生之輻照分布的位移將因光源30及陣列401之間有時極長的距離而變得很明顯。

● 【0077】 這在圖2中針對投影光束31'來圖解，其傳播方向稍微偏離未受干擾之投影光束31的方向。在通過較長的光束傳遞40之後，稍微傾斜的投影光束31'以沿著X方向的位移 Δx 撞擊在空間光調變器38上。

【0078】 圖6是以實線顯示在空間光調變器38的進入側沿著X方向在投影光束31直徑上之輻照分布310的曲線圖。輻照分布310大約具有Gaussian形狀，不過其在現實中可具有比所顯示還要平坦的中央段。以虛線顯示投影光束31'的輻照分布310'，其由光源30因光束指向波動而產生。沿著X方向的最大位移再次以 Δx 指示。

【0079】 圖7是微鏡421之陣列401的俯視圖，其圖解光束指向波動如何影響微鏡421的照明。以圓形實線及亦以圖6中顯示的Gaussian曲線代表陣列401上由未受干擾之投影光束31產生的輻照分布310，圓形實線指示在投影光束31中心發生的最大強度已下降至10%的位置。如果光損耗將減小，則當然可以不使用微鏡421的方形配置並調適微鏡421的配置較適於投影光束31之實質上圓形的橫截面。藉由迴旋用作光源30之準分子雷射的出射孔形狀及其發散，獲得精確的強度輪廓。因此，作為替代，可修改用作光源30之準分子雷射的出射孔，使得投影光束31的橫截面近似方形，如以下在圖14顯示之具體實施例的情形。

【0080】 以虛線指示由稍微傾斜的投影光束31'產生的位移輻照分布310'。可以看到如果輻照分布在短期或長期中因光束指向波動而位移，每個個別微鏡421上的輻照將會變更。由於每個微鏡421在第一光柵板54a的光進入表面55上、及因此亦在照明系統12的後續光瞳平面56中產生單一光點70，光束指向波動因此變更光瞳平面中產生之光點的輻照。然而，光瞳平面56中疊加微鏡421產生之所有光點70的輻照分布必須保持恆定，以防止遮罩14上的結構19以不同的品質成像在感光層22上。

【0081】 圖8圖解光束指向波動一般如何更改兩個不同微鏡上沿著X方向分開一距離的輻照。為了簡單明瞭，再次假設輻照分布310'僅沿著X方向位移。輻照分布當然亦可沿著Y方向位移或專

門沿著Y方向位移。

【0082】 由於圖6中顯示之投影光束31的Gaussian輻照分布310，在兩個微鏡421上具有不同x座標的輻照420a、420b大體上不同，如可在圖8中看到。

【0083】 對於傾斜投影光束31'產生之位移的輻照分布310'，相同微鏡42上的輻照420a'、420b'明顯比以前高。結果，這些微鏡421產生的光點70亦將變得更明亮，使得光瞳平面56中的輻照分布變更。這繼而造成投影光在遮罩層之角分布的變更，及因此光束指向波動最終導致成像品質的波動。

IV.

微鏡控制

【0084】 下文將參考圖7、9、10a及10b解說如何可藉由控制單元43所應用的精密控制方案來避免此類不利影響。

【0085】 在此具體實施例中，微鏡421由控制單元43控制，致使成對的光點70a、70b永遠在光瞳平面56中完全重疊或至少部分重疊。由於光學積分器52僅修改從中通過之光的發散，這等效於在第一光柵板54a之前面的光進入表面55上的光點重疊，如圖2及圖9的簡化分割圖所顯示。一般而言，光點70a、70b的重疊可如此大，致使第一光偏轉元件42a在光瞳平面56中產生的輻照下降至第一最大輻照 $I_{1,max}$ 的50%的第一界線71a及第二光偏轉元件42b在光瞳平面56中產生的輻照下降至第二最大輻照 $I_{2,max}$ 的50%的第二界線71b鄰接或甚至重疊。

【0086】 如可在圖7及9中看到，選擇產生重疊光點70a、70b的微鏡421使得第一光點70a由位在輻照分布310(由投影光束31在微鏡421之陣列401上產生)之遞增斜率72上的第一微鏡42a產生。第

二光點70b由位在輻照分布310之遞減斜率74上的微鏡42b產生。

【0087】 光瞳平面56(或在前面的光進入表面55)中在微鏡42a、42b產生的兩個光點70a、70b完全或至少部分重疊的位置的總輻照實質上是(即，如果不管光損耗)兩個微鏡42a、42b之輻照的總和。由於光點70a、70b的完美重疊可能很難達成及每個光點70a、70b內的輻照一般都不均勻，故應將輻照的總和視為在光瞳平面56中由兩個光點70a、70b照明之重疊區域上之輻照的積分。

【0088】 圖10a中顯示的曲線圖分別以白色圓圈指示兩個微鏡42a及42b上的輻照420a、420b。如果輻照分布由於光束指向波動而沿著-X方向位移，如圖10a中以虛線310'顯示，則此將導致微鏡42a、42b上的不同輻照420a'、420b'，如上文參考圖8所解說。然而，由於促成光瞳平面56中相同位置之輻照的微鏡42a、42b位在輻照分布310的相對斜率72、74，輻照分布310沿著-X方向的位移具有以下結果：第一微鏡42a上的輻照從420a增加至420a'，而第二微鏡42b上的輻照從420b減少至420b'。換句話說，第一微鏡42a上輻照420a的增加為第二微鏡42b上輻照420b的減少所局部或甚至完全補償。因此，陣列401上輻照分布310因光束指向波動造成的位移對於光進入表面55上及因此後續光瞳平面56中的輻照分布僅具有極少的影響或甚至毫無影響。

【0089】 圖10b圖解如果傾斜投影光束31'產生之輻照分布310'相對於未受干擾之輻照分布310沿著+X方向位移的情況。可以看到，此位移同樣不會明顯影響微鏡42a、42b上的輻照總和。

【0090】 從圖10a及10b看得很清楚的是，絕對而言，在第一及第二微鏡42a、42b的定位處，斜率72、74的陡度越相似，微鏡42a、42b上輻照420a、420b之變更的互相補償就越好。例如，如果選擇微鏡作為位置較接近輻照分布310中心的第二微鏡，則圖

10a中以420c代表的輻照將僅減少至輻照420c'。此減少比第一微鏡42a上輻照420a對420a'的增加少很多，及結果，互相補償也會變得比較小。

【0091】 如果在光瞳表面56相同位置促成輻照的第一及第二微鏡有一個以上，則可「修補」此情況。例如，如果第一微鏡42a位置如前，及亦將投影光引向光瞳平面56中相同位置的兩個第二微鏡位置接近輻照分布的中心，如圖10a中以輻照420c指示，則可達成幾乎完美的互相補償。

V.

替代性具體實施例

【0092】 圖11為根據一替代性具體實施例之照明單元12的縱剖面。在此具體實施例中，第一聚光器50具有固定焦距。此外，微透鏡陣列36包含複數個微透鏡37，其配置在光束擴展單元32及空間光調變器38之間。

【0093】 圖12是微透鏡陣列36的俯視圖，及圖13顯示沿著直線XIII-XIII穿過微透鏡陣列36的橫截面。每個微透鏡37具有方形邊界。如可在圖13的橫截面中看得最清楚，微透鏡37為具有正折射功率的平面-凸面透鏡。因此，撞擊在微透鏡陣列36上的實質上平行投影光31被分成複數個個別會聚光束，圖11中僅顯示其中兩個，如LB1、LB2所示。在進入稜鏡46之後，每個光束LB1、LB2撞擊在陣列401之微鏡421中的一者上。決定微透鏡37的焦距，使得光束LB1、LB2在微鏡421的直徑小於其反射鏡表面的最大尺寸。因而，沒有任何投影光入射在相鄰微鏡421之間的間隙上。這不僅具有減小光損耗的優點，且亦防止投影光使配置在間隙底部的電子組件加熱。

【0094】 圖14以類似於圖7的俯視圖顯示微透鏡陣列36及由投影光束31在其後平面表面上產生的輻照分布310。類似於圖7，藉由以下二者表示輻照分布310：指示最大強度已下降至10%之位置的界線、及指示Gaussian輻照輪廓的曲線。以虛線指示由於光束指向波動沿著X方向位移的輻照分布310'。

【0095】 圖15以類似於圖10a的曲線圖顯示此位移如何影響第一及第二微鏡42a、42b上沿著X方向的輻照。由於微透鏡37產生的聚焦效應，以空間頻率等於微鏡421之間距的週期函數調變微透鏡陣列36後側上的輻照分布310，獲得陣列401上的輻照分布310M。陣列401上輻照分布310M的包絡310E因此大約與圖14中顯示之微透鏡陣列36後側上的輻照分布310成比例。位移的輻照分布310M'也是相同的道理，及其包絡310E'為光束指向波動的結果。

【0096】 微鏡421由控制單元43以上文參考圖7、9、10a及10b解說的相同方式來控制。唯一的修改是促成光瞳平面中相同位置之輻照的兩個微鏡42a、42b並不位在陣列401上調變之輻照分布310M的相對側，而是位在其包絡310E的相對側上。

VI.

重要的方法步驟

【0097】 圖16是圖解操作根據本發明之微影投影曝光設備之重要步驟的流程圖。

【0098】 在第一步驟S1，提供包含光偏轉元件陣列的空間光調變器。

【0099】 在第二步驟S2，在陣列上產生具有遞增斜率及遞減斜率的輻照分布。

【0100】 在第三步驟S3，控制光偏轉元件致使由位在遞增斜

率之第一光偏轉元件產生的第一光點及由位在遞減斜率之第二光偏轉元件產生的第二光點在光瞳平面中至少部分重疊。

【符號說明】

10	投影曝光設備
12	照明系統
14	照明場
16	遮罩
18	圖案
18'	圖案 18 的縮小影像
19	特徵
20	投影物鏡
21	透鏡
22	感光層
24	基板
29	外殼
30	光源
31	投影光束
31'	投影光束
32	光束擴展單元
36	微透鏡陣列
37	微透鏡
38	空間光調變器
40	光束傳遞
401	陣列
41	致動器
42	第一平面光束路徑摺疊反射鏡
421	微鏡
42a	第一光偏轉元件/第一微鏡

42b	第二光偏轉元件/第二微鏡
43	控制單元
44	第二光束路徑摺疊反射鏡
45	總系統控制
46	稜鏡
47	光軸
48a	第一平坦表面
48b	第二平坦表面
49	出射表面
50	第一聚光器
52	光學積分器
53	第一圓柱形微透鏡
54a	第一光柵板
54b	第二光柵板
55	光進入表面
56	光瞳平面
57	第二圓柱形微透鏡
58	第二聚光器
59	光柵元件
60	場光闌平面
62	可調整場光闌
64	場光闌物鏡
66	遮罩平面
70	光點
70a	第一光點
70b	第二光點
71a	第一排
71b	第二排
72	遞增斜率
74	遞減斜率

310	輻照分布
310'	輻照分布
310E	包絡
310E'	包絡
310M	輻照分布
420a、420b、420c	輻照
420a'、420b'、420c'	輻照
A1	遮罩移動方向
A2	基板移動方向
LB1、LB2	會聚光束
OA	光軸
R1、R2	光線
Δx	沿著 X 方向的最大位移

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

【序列表】(請換頁單獨記載)

申請專利範圍

1. 一種一微影投影曝光設備(10)的照明系統，包含：
 - a) 一光源(30)，其經組態以產生一投影光束(31)；
 - b) 一光瞳平面(56)；
 - c) 一控制單元(43)；及
 - d) 一空間光調變器(38)：
 - 其配置在該光源(30)及該光瞳平面(56)之間；及
 - 其包含光偏轉元件(421)之一陣列(401)，該等光偏轉元件能夠個別地沿取決於接收自該控制單元(43)之一命令信號之一方向偏轉撞擊投影光；

其中該投影光在光偏轉元件(421)之該陣列(401)上產生一幅照分布(310 ;310M)，該幅照分布(310)或其包絡(310E)沿著至少一個方向(X)具有一遞增斜率(72)及一遞減斜率(74)；

其中

該控制單元(43)經組態以控制該等光偏轉元件(421)，致使位在該遞增斜率(72)的一第一光偏轉元件(42a)及位在該遞減斜率(74)的一第二光偏轉元件(42b)偏轉撞擊投影光使得其在該光瞳平面(56)中至少部分重疊；

其中位在該遞增斜率(72)的 N 個第一光偏轉元件 D_i (其中 $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N$) 及位在該遞減斜率(74)的 M 個第二光偏轉元件 D_j ($j = 2, 3, 4, \dots, M$) 偏轉撞擊投影光使得其在該光瞳平面(56)中的一光點處至少部分重疊，其中

$$(S_1 + S_2) < 0.1 \cdot (|S_1| + |S_2|)$$

其中 $S_1 = (I_1 \cdot d_1) + (I_2 \cdot d_2) + (I_3 \cdot d_3) + \dots + (I_N \cdot d_N)$ ，其中 I_i 是第一光束偏轉元件 D_i 上的輻照及 d_i 是該輻照分布在該第一光束偏轉元件 D_i 之定位處沿著該至少一個方向的方向導數；及
其中 $S_1 = (I_1 \cdot d_1) + (I_2 \cdot d_2) + (I_3 \cdot d_3) + \dots + (I_M \cdot d_M)$ ，其中 I_j 是第二光束偏轉元件 D_j 上的輻照及 d_j 是該輻照分布在該第二光束偏轉元件 D_j 之定位處沿著該至少一方向的方向導數。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之照明系統，其中該投影光束(31)之一發射方向在該照明系統(12)操作期間改變，使得光偏轉元件(421)之該陣列(401)上的該輻照分布(310；310M)沿著該至少一方向(X)移位。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之照明系統，包含：一第一反射表面(48a)，其配置以將該投影光引向光偏轉元件(421)之該陣列(401)；及一第二反射表面(48b)，其配置以將由光偏轉元件(421)之該陣列(401)偏轉的投影光引向該光瞳平面(56)。
4. 如申請專利範圍第 3 項所述之照明系統，其中該第一反射表面(48a)及該第二反射表面(48b)包含在一稜鏡(46)內。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之照明系統，包含一變焦光學系統(50)，其配置在該空間光調變器(38)及該光瞳平面(56)之間。
6. 一種操作一微影投影曝光設備之一照明系統的方法，包含以下步驟：

- a) 提供包含光偏轉元件(421)之一陣列(401)的一空間光調變器(38)，其中在一光瞳平面中的一光點(70；70a、70b)與每個光偏轉元件(421)相關聯；
 - b) 在光偏轉元件(421)之該陣列(401)上產生一幅照分布(310；310M)，其中該幅照分布(310)或其包絡(310E)沿著至少一個方向(X)具有一遞增斜率(72)及一遞減斜率(74)；
 - c) 控制該等光偏轉元件(421)致使由位在該遞增斜率(72)之一第一光偏轉元件(42a)產生的一第一光點(70a)及由位在該遞減斜率(74)之一第二光偏轉元件(42b)產生的一第二光點(70b)在該光瞳平面(56)中至少部分重疊。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述之方法，其中該投影光束(31)之一發射方向在該照明系統(12)操作期間改變，使得光偏轉元件(421)之該陣列(401)上的該幅照分布(310；310M)沿著該至少一方向(X)移位。
8. 如申請專利範圍第 6 或 7 項所述之方法，其中位在該遞增斜率(72)的 N 個第一光偏轉元件 D_i ($i = 1, 2, 3, 4, \dots, N$)及位在該遞減斜率(74)的 M 個第二光偏轉元件 D_j ($j = 2, 3, 4, \dots, M$)偏轉撞擊投影光使得由該等第一及第二光偏轉元件產生的該等光點在該光瞳平面(56)中至少部分重疊；其中

$$(S_1 + S_2) < 0.1 \cdot (|S_1| + |S_2|)$$

其中 $S_1 = (I_1 \cdot d_1) + (I_2 \cdot d_2) + (I_3 \cdot d_3) + \dots + (I_N \cdot d_N)$ ，其中 I_i 是第一光束偏轉元件 D_i 上的幅照及 d_i 是該幅照分布在該第一光束偏轉元件 D_i 之定位處沿著該至少一個方向的方向導數；及

其中 $S_1 = (I_1 \cdot d_1) + (I_2 \cdot d_2) + (I_3 \cdot d_3) + \dots + (I_M \cdot d_M)$ ，其中 I_j 是第二光束偏轉元件 D_j 上的輻照及 d_j 是該輻照分布在該第二光束偏轉元件 D_j 之定位處沿著該至少一方向的方向導數。

圖式

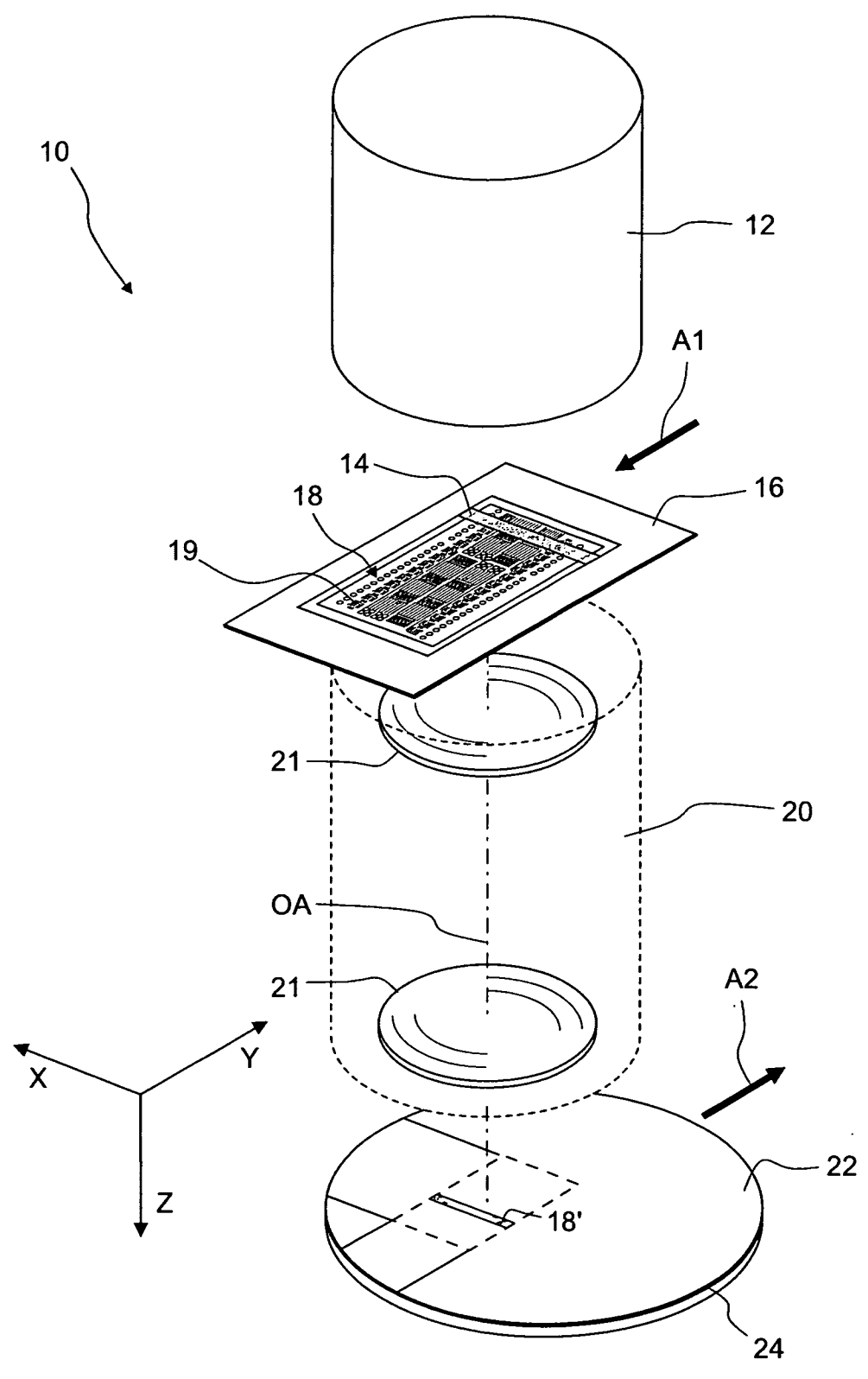


圖1

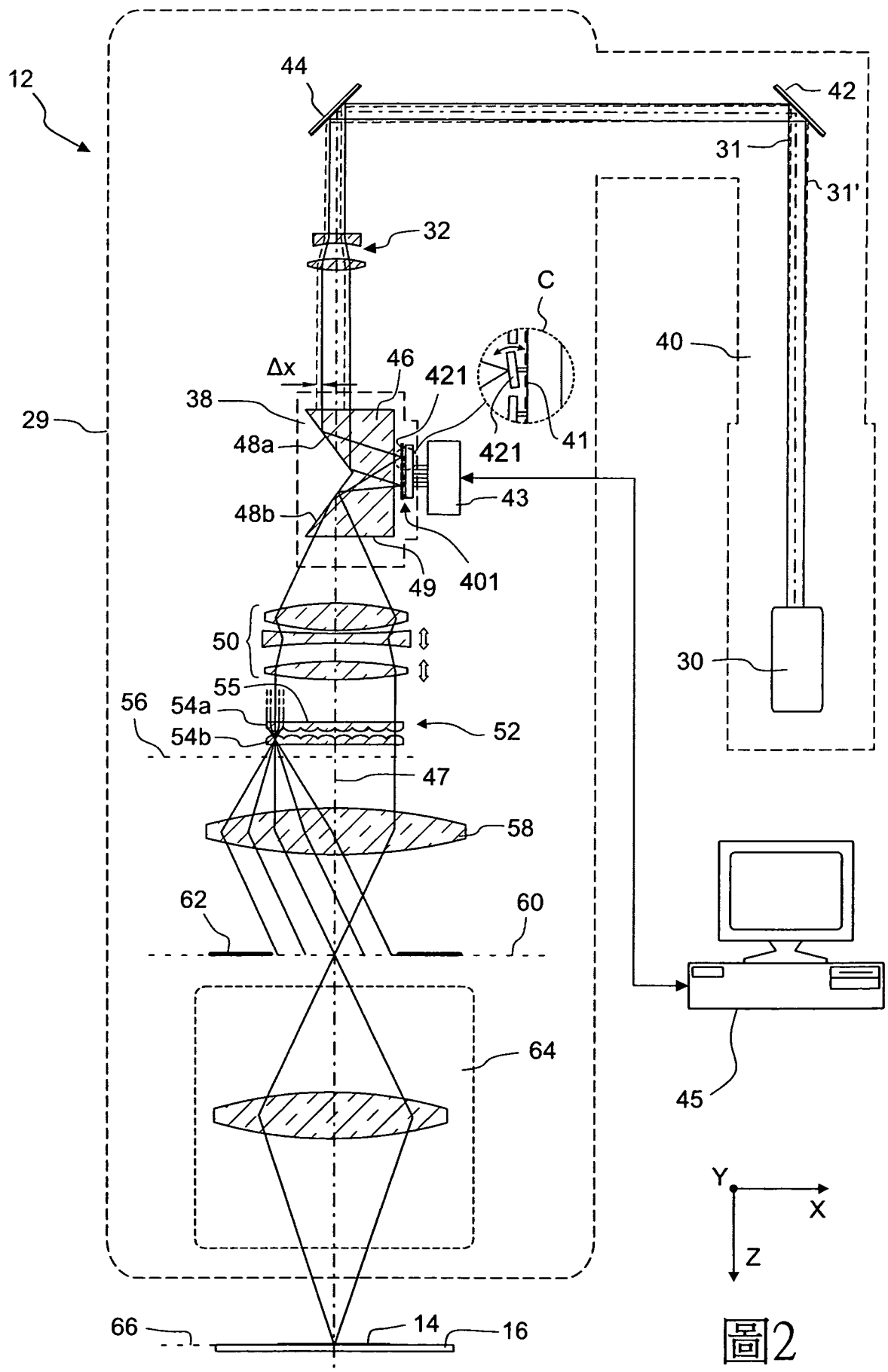


圖2

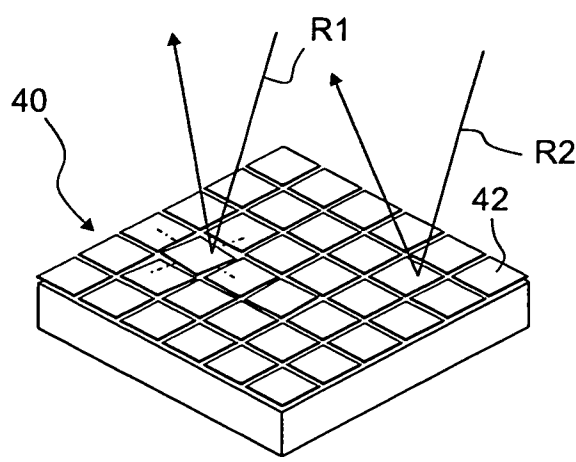


圖3

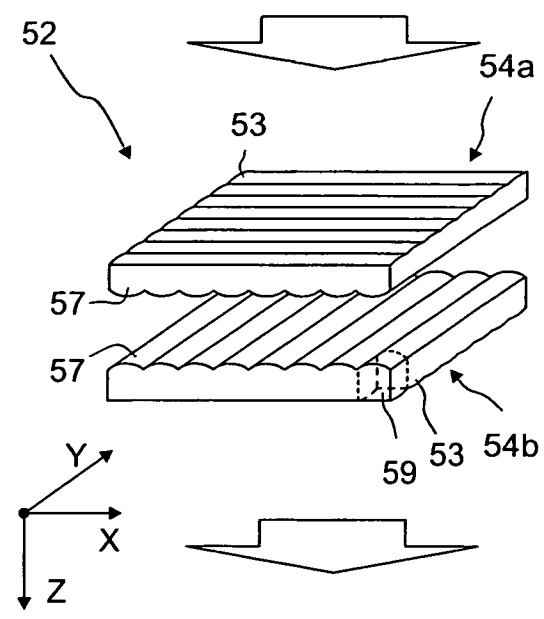


圖4

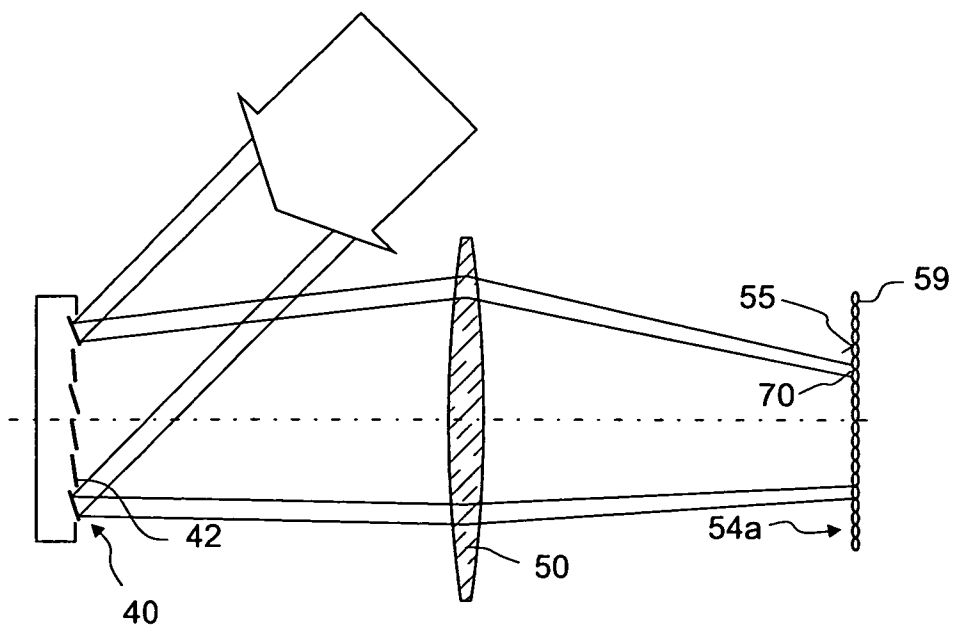
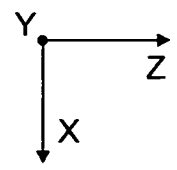


圖5



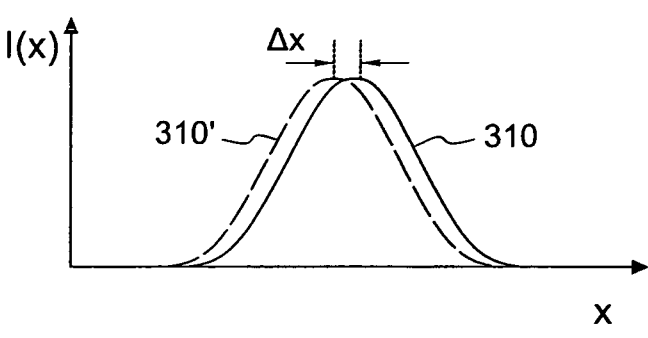


圖6

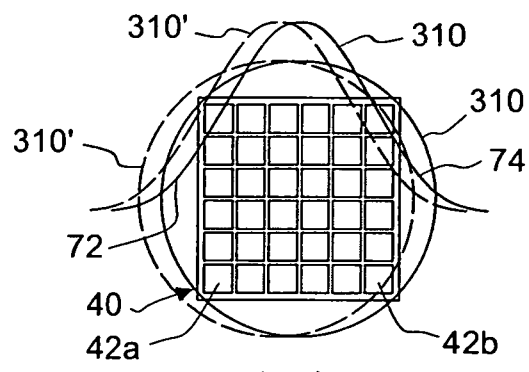


圖7

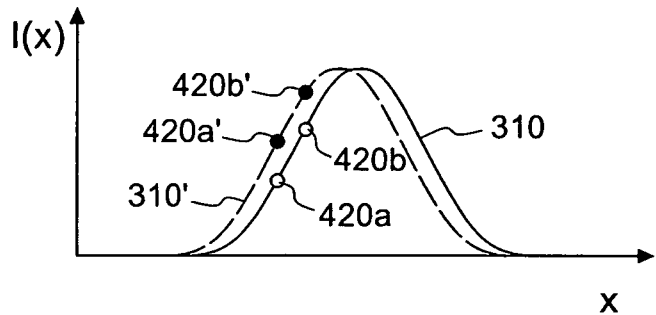


圖8

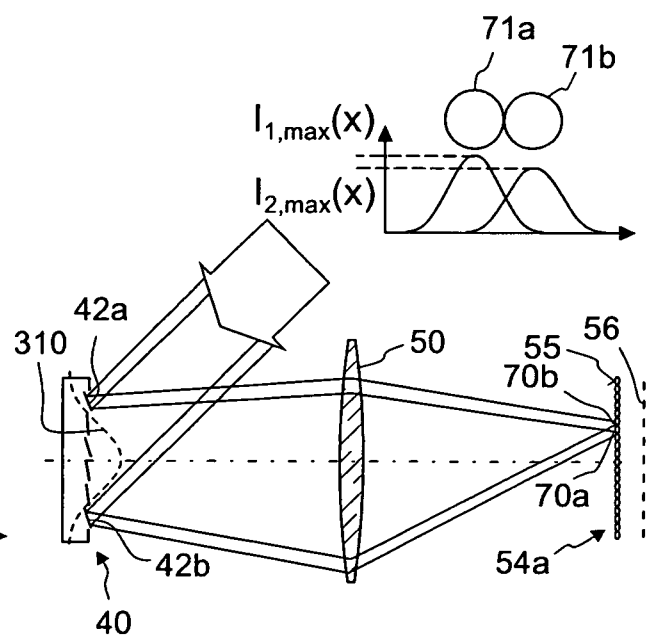


圖9

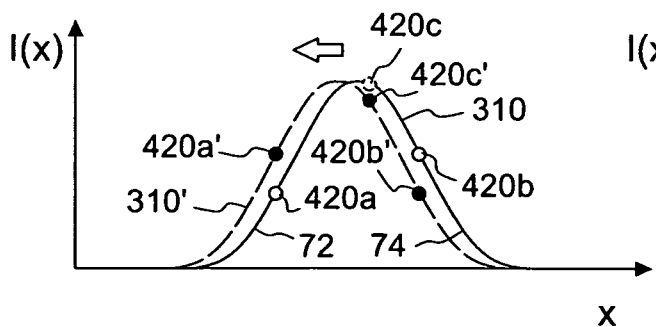


圖10a

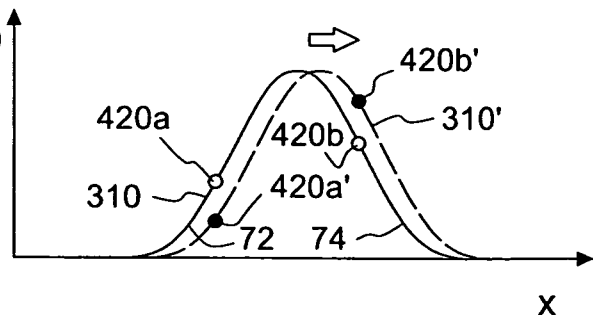
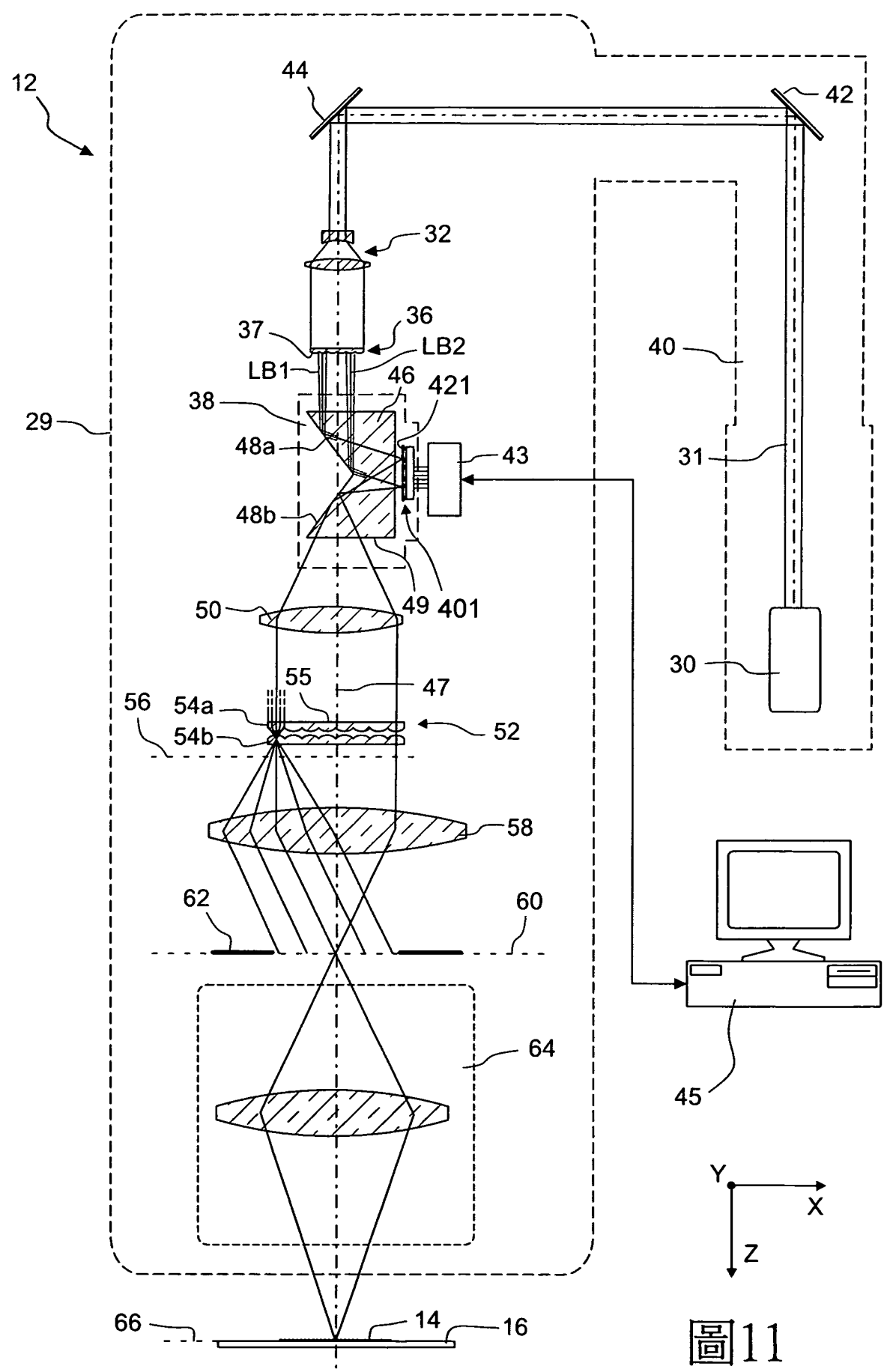


圖10b



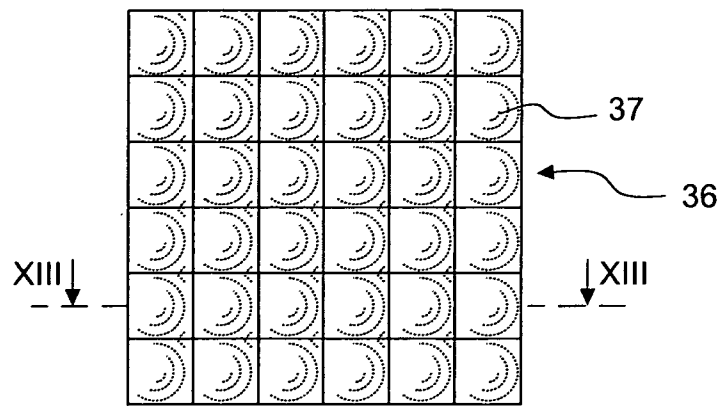


圖12

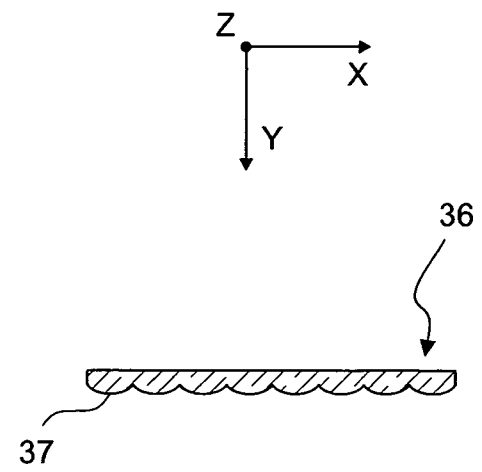


圖13

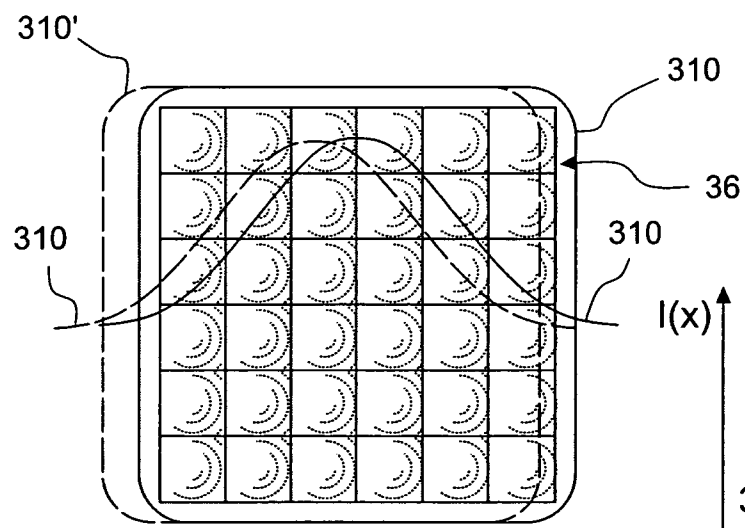


圖14

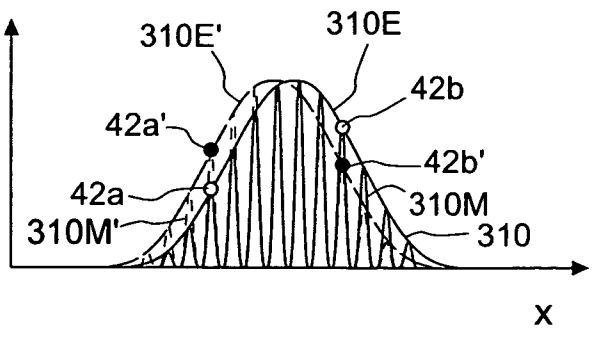
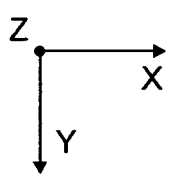


圖15



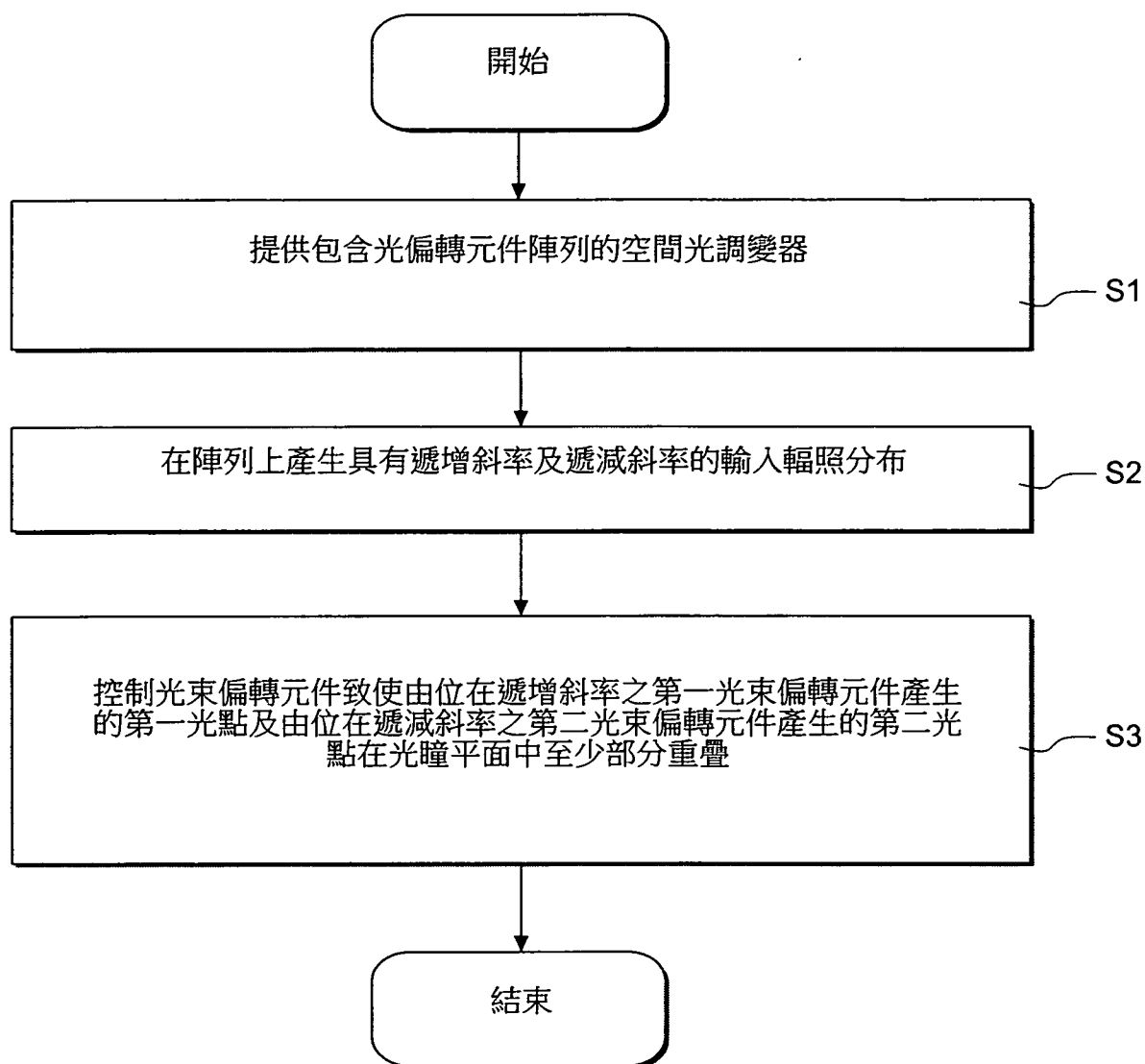


圖16