



(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 I474125 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：097147987

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 12 月 10 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01) G03B27/72 (2006.01)

(30)優先權：2007/12/11 美國 61/012,812

2008/03/07 德國 10 2008 013 229.2

(71)申請人：卡爾蔡司 SMT 有限公司 (德國) CARL ZEISS SMT GMBH (DE)
德國(72)發明人：安卓斯 馬汀 ENDRES, MARTIN (DE)；史塔特柔 羅勒夫 STUTZLE, RALF
(DE)；歐司馬 珍斯 OSSMANN, JENS (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

TW 200625029A

CN 1650234A

審查人員：謝祥暉

申請專利範圍項數：26 項 圖式數：22 共 40 頁

(54)名稱

用於微顯影蝕刻術之照明光學機構

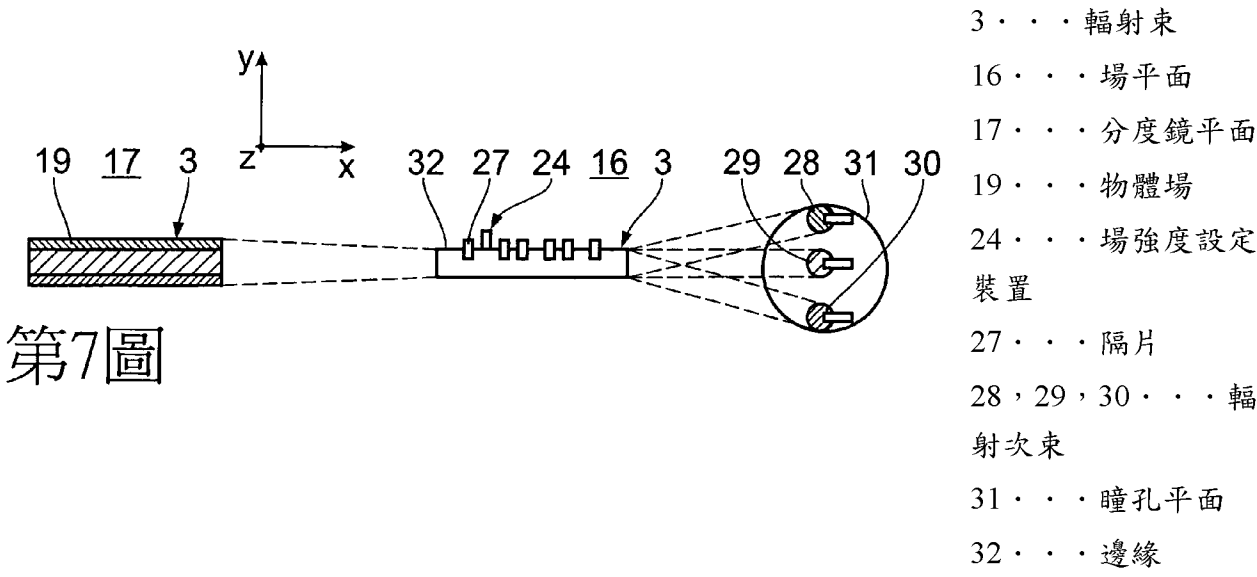
ILLUMINATION OPTICS FOR MICROLITHOGRAPHY

(57)摘要

一種用於微顯影蝕刻術的照明光學機構包含一光學機構用以將照明光導引至一物體平面中之一要被照明的物體場。依據本發明之一第一態樣，該照明光學機構會將一照明光輻射束分成多數的輻射次束，它們係被指配為該物體場照明的不同照明角度。該照明光學機構係構製成可使至少某些該等輻射次束會重疊在一疊合平面中，其係相隔於該物體平面，且不會顯像於發生疊合的物體平面中。此疊合係會使該等重疊的輻射次束之邊緣至少部份地重合。依據本發明的另一態樣，一場強度設定裝置包含多數的相鄰個別隔片，當曝照其上時至少會衰減照明光。該等個別的隔片係可沿一平行於一物體位移方向(y)的方向插入一照明光輻射束中。該場強度設定裝置的全部個別隔片係可由一相同側插入該照明光輻射束中。

An illumination optics for microlithography comprises an optical assembly for guiding illumination light to an object field (19) to be illuminated in an object plane. According to a first aspect of the invention, the illumination optics (26) divides an illumination light radiation bundle (3) into a plurality of radiation sub-bundles (28 to 30) which are assigned to different illumination angles of the object field illumination. The illumination optics (26) is configured in such a way that at least some of the radiation sub-bundles (28 to 30) are superimposed in a superposition plane (16) which is spaced from the object plane and which is not imaged into the object plane in which superposition takes place. This superposition is such that edges (32) of the superimposed radiation sub-bundles (28 to 30) coincide at least partially. According to another aspect of the invention, a field intensity setting device (24) comprises a plurality of adjacent individual diaphragms (27) which at least attenuate illumination light (3) when exposed thereto. These individual diaphragms (27) are insertable into an illumination light radiation bundle (3) in a direction parallel to an

object displacement direction (y). All individual diaphragms (27) of the field intensity setting device (24) are insertable into the illumination light radiation bundle (3) from one and the same side.



第7圖

發明專利說明書

公告本

(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：97147987

※申請日：97.12.10

※IPC 分類：G03F 7/20 (2006.01)

G03B 27/12 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於微顯影蝕刻術之照明光學機構

ILLUMINATION OPTICS FOR MICROLITHOGRAPHY

二、中文發明摘要：

一種用於微顯影蝕刻術的照明光學機構包含一光學機構用以將照明光導引至一物體平面中之一要被照明的物體場。依據本發明之一第一態樣，該照明光學機構會將一照明光輻射束分成多數的輻射次束，它們係被指配為該物體場照明的不同照明角度。該照明光學機構係構製成可使至少某些該等輻射次束會重疊在一疊合平面中，其係相隔於該物體平面，且不會顯像於發生疊合的物體平面中。此疊合係會使該等重疊的輻射次束之邊緣至少部份地重合。依據本發明的另一態樣，一場強度設定裝置包含多數的相鄰個別隔片，當曝照其上時至少會衰减照明光。該等個別的隔片係可沿一平行於一物體位移方向(y)的方向插入一照明光輻射束中。該場強度設定裝置的全部個別隔片係可由一相同側插入該照明光輻射束中。

三、英文發明摘要：

An illumination optics for microlithography comprises an optical assembly for guiding illumination light to an object field (19) to be illuminated in an object plane. According to a first aspect of the invention, the illumination optics (26) divides an illumination light radiation bundle (3) into a plurality of radiation sub-bundles (28 to 30) which are assigned to different illumination angles of the object field illumination. The illumination optics (26) is configured in such a way that at least some of the radiation sub-bundles (28 to 30) are superimposed in a superposition plane (16) which is spaced from the object plane and which is not imaged into the object plane in which superposition takes place. This superposition is such that edges (32) of the superimposed radiation sub-bundles (28 to 30) coincide at least partially. According to another aspect of the invention, a field intensity setting device (24) comprises a plurality of adjacent individual diaphragms (27) which at least attenuate illumination light (3) when exposed thereto. These individual diaphragms (27) are insertable into an illumination light radiation bundle (3) in a direction parallel to an object displacement direction (y). All individual diaphragms (27) of the field intensity setting device (24) are insertable into the illumination light radiation bundle (3) from one and the same side.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (7) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

3...輻射束

16...場平面

17...分度鏡平面

19...物體場

24...場強度設定裝置

27...隔片

28, 29, 30...輻射次束

31...瞳孔平面

32...邊緣

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關用於微顯影蝕刻術的照明光學機構。本發明更有關於一包含此種照明光學機構的照明系統，一包含此種照明系統的投射曝光裝置，一種製造結構構件的方法，及一依此種方法製成的結構構件。

【先前技術】

本發明之一目的係為開發一種於前所述類型的照明光學機構，以使其可以影響及/或監視一通過該物體場的照明強度分佈，而使一照明角度分佈會被影響至最小的可能程度，並同時確保該照明光學機構的尺寸係儘可能地小。

【發明內容】

此目的依據本發明係藉一用於微顯影蝕刻術的照明光學機構來達成，其包含：

一光學總成用以將照明光導至一在一物體平面中之要被照明的物體場；

其中該照明光學機構會將一照明光輻射束分成多數的輻射次束，它們係被指配成該物體場照明的不同照明角度；

其中該照明光學機構係被構製成至少有某些該等輻射次束會重疊於一疊合平面中，其係相隔於該物體平面，且不會顯像於發生疊合的物體平面中，而使該等重疊的輻射次束之邊緣至少部份地重合。

依據本發明，該物體平面係與該照明光之輻射次束的疊合平面空間地分開。該物體平面和疊合平面不會構成互

相顯像的平面；因此該物體平面可被設成直接靠近緊鄰於該疊合平面。在該物體平面和疊合平面之間不需要光學構件來導引該照明光。在該疊合平面中，一裝置可被設來供設定一通過該物體場的照明強度分佈，或例如藉由一感測器來監測通過該物體場的照明強度分佈。

此安排會使該裝置與該照明光在該等輻射次束的重合點處交互作用，而使所有重疊的輻射次束，換言之即來自一些或全部照明角度的輻射次束等，能在同時被檢測。如有需要，該照明光因此能在一與該物體平面分開的疊合平面中被檢測。依據本發明的照明光學機構可以，但非必定要，包含一刻面鏡。其亦可擬想例如使用一蜂巢式聚光器，即一種透射式光學元件其會分成多數個別的通道，及/或至少一繞射元件用以將該照明光輻射束分成該等輻射次束。依據本發明，該等輻射次束之次束邊緣部份的局部疊合，換言之即相疊重合，係已足夠。該等重疊的輻射次束之其餘的次束邊緣部份不須重合；在這些部份中，像差是可容忍的。例如，在一大略為矩形輻射次束的情況中，於其四個次束邊緣之一邊緣的疊合係已足夠。在該疊合平面中之輻射次束的疊合點處，乃例如可能為一無干於照明角度的附加感測器系統來去耦輻射，其係嗣能提供有關該物體場照明之有價值的無干照明角度之資訊。該等重疊的輻射次束之重合邊緣部份會形成一共同的次束邊緣部份，其係通常垂直於一在該微顯影蝕刻術投射過程中會被移位的物體之一物體位移方向。此種位移會產生於一被設計成一掃描

器的投射曝光裝置中。利用本發明的照明光學機構，該等輻射次束會被重疊於該疊合平面中。

於前所述之目的依據本發明亦可藉一用於微顯影蝕刻術的照明光學機構來達成，其包含：

- 5 一光學總成用以將照明光導引至一在一物體平面中之要被照明的物體場；

其中該照明光學機構包含一場刻面鏡具有多數的場刻面會被顯像於一疊合平面中，而使該等場刻面的影像邊緣會在該疊合平面中至少部份地重合；

- 10 且其中該疊合平面係與該物體平面分開，且不會被顯像於該物體平面中。

其優點係如同已於前所述者。

- 該等輻射次束係利用一場強度設定裝置來疊合，其係設在該疊合平面中而被作為一強度設定平面，並可供調
15 整通過該物體場之照明光的強度分佈，其中該等重疊的輻射次束之邊緣會在它們可被該場強度設定裝置影響之點處重合，而來提供該場強度設定裝置之一實質上無干照明角度的效能。於此例中，該疊合平面會如同一強度設定平面。該場強度設定裝置會在該照明光輻射束之重疊的輻射次束
20 之疊合點處影響它們。因此，該場強度設定裝置會以相同的方式來影響在此點重疊的所有輻射次束；換言之，該場強度設定裝置具有一效能，其係獨立無干於該等輻射次束，並因此會無干於被指配於該等輻射次束的照明角度。該等輻射次束的疊合會至少發生於該場強度設定裝置影響

該照明光輻射束之點處。例如，於近似矩形輻射次束之例中，一被該場強度設定裝置所影響之在邊緣處的疊合乃已足夠。當然，各輻射次束或次束邊緣部份的疊合亦可發生於未被該場強度設定裝置所影響的區域中。在該疊合平面或強度設定平面中之該等輻射次束的疊合。為了減少或實質地避免該場強度設定裝置的照明角度影響，亦可應用於某些系統，其中該場強度設定裝置係能夠從兩側來影響該等重疊的輻射次束。它們可為具有一中間影像的照明光學機構，或具有傳輸罩的照明光學機構。該場強度設定裝置會界定該物體平面中的照明光之強度。該等輻射次束在一點處的疊合。該點是在該場強度設定裝置的影響範圍之內者，更可容許該物體場照明之一增加的穩定性能被達到，因為一用來產生該照明光的光源對該場強度設定裝置的效能將會只有一很小的影響，若有的話，此尤其當一EUV電漿源被使用時會特別地有利。

一場強度設定裝置其包含許多個別的隔片或擋件等被相鄰排列，且當曝射其上時至少會衰減照明光，並可沿一平行於一物體位移方向的方向插入一照明光輻射束中，將會提供一通過該物體場之高度，換言之即一垂直於物體位移方向之物體場尺寸的強度之靈敏調整。

本發明的另一目的係為發展於前所述的該種照明光學機構，而使能達到該場強度設定裝置之更多數目之可能用途。

此目的依據本發明係藉一用於微顯影蝕刻術的照明光學機構來達成，其包含：

一光學總成用以將照明光導引至一在一物體平面中之要被照明的物體場；

一場強度設定裝置可供以多數個別的隔片來調整通過該物體場的強度分佈，該等隔片係互相緊鄰排列，且當曝
5 射其上時至少會衰減照明光，並可沿一平行於一物體位移方向的方向被插入一照明光輻射束中；

其中該場強度設定裝置的所有個別隔片皆可由一相同側插入該照明光輻射束中。

依據本發明已經發現若該場強度設定裝置的個別隔片
10 係全部可由一側插入該照明光輻射束中，則該場強度設定裝置將可均同地應用於該物體場係設在一反射物體例如一反射分度鏡上的情況中。該場強度設定裝置則可被設成使其不會干涉該照明光輻射束的反射光徑。

該場強度設定裝置設在一強度設定平面中，其係與該
15 光學總成之一場平面重合的安排，乃可同樣確保該場強度設定裝置之無干照明角度的效能。該光學總成的場平面係指一平面，其中該照明光輻射束會由於該光總成的束導作用而斂縮，且其中若一照明光輻射束被分成若干輻射次束，則各輻射次束會重疊。該光學總成的場平面通常係為
20 該光學總成之物體場形成構件會顯像其中的平面。除此之外，該光學總成的場平面通常係為一與位置無干的平面，其會被一微顯影蝕刻術投射曝光裝置之一下游的投射光學機構顯像，且其通常係被稱為物體平面。在所有習知技術的照明光學機構中，該光學總成的場平面會與該物體平面

重合。但此並非本發明之照明光學機構的情況。於此的場強度設定裝置係被設在該光學總成的場平面中，而非該要被顯像的物體中，其通常為一分度鏡。習知技術的場強度設定裝置通常係設在一分度鏡的上游，該分度鏡係被設在該光學總成的場平面中，換言之它們並非被設在此場平面中。結果，該習知技術的場強度設定裝置對該照明光輻射束之被指定為特殊照明角度的輻射次束會比對被指定為其它照明角度的輻射次束具有更大的影響；因此習知的場強度設定裝置具有一不佳之通過該物體場會依賴照明角度的效應。此問題已被發明人等瞭解，並藉將該場強度設定裝置設在該光學總成的場平面中來消除。令人驚訝地，此竟可容許該物體被移出該光學總成的場平面外而沒有任何問題。此特別可應用於若一投射曝光裝置包含該照明光學機構而係被設計成一掃描裝置時。又且，此特別可應用於若該物體場的照明係使用該照明光輻射束之一小於或等於0.1的數值孔徑來進行時。

有一種設計，其中該物體平面係鄰近於該強度設定平面，而使該強度設定平面和物體平面之間沒有該光學總成的瞳孔平面時，將會特別地小巧。

有一種設計，其中該強度設定表面與該物體平面之間的距離係在5mm至20mm的範圍內者，將會防止空間抵觸或配量誤差，換言之即進入該物體場之照明強度中的不良像差等。較佳的距離係在10mm至20mm的範圍內，尤其是在15mm或16mm的範圍內。

有一種設計，其中該光學總成包含一場刻面鏡具有多數的場刻面，它們的影像會至少部份地重疊於該物體場中，而能使該物體場之照明的照明角度分佈容易控制。

該等場刻面之一構形係會使該等場刻面具有一比該物體場更高的x/y縱橫比，此乃意指依比例而言，當沿該物體位移方向視之它們會比該物體場狹窄些，而可避免該物體場的過度曝光，此乃因為該物體未被置於該光學總成的場平面，亦稱為隔片平面中，而使場刻面影像在該物體平面或該分度鏡平面中發散的結果，其中該等部份場，換言之即該照明光學機構的光學總成之物體場形成構件的影像，係被設成使對該照明角度分佈的反饋會被最小化。

有一種設計，其中該照明光輻射束面向該等個別隔片之一邊緣會被該場刻面鏡的所有場刻面照明，以確保該場強度設定裝置對所有場刻面影像有一較均同的影響，俾得在使用該場強度設定裝置時避免對其照明角度分佈有一不良的影響。只要該等場刻面之清晰影像被造成於該強度設定平面中，則可確保一特別高的系統穩定性，其中尤其是該照明光之一光源的空間位移將大致不會造成問題。此在當該光源為一EUV電漿源時會特別地有利。

有一種設計，其中該照明光輻射束面向該等個別隔片之一邊緣會在該場平面中被該場刻面鏡的所有場刻面之一次組群來照明，以確保該場強度設定裝置之一無干照明角度的效能，即使若在該場平面中面向該等個別分隔片之照明光輻射束的邊緣處之場刻面影像的重合並不能針對全部

的場刻面影像來達成時。

5 有一種對該次組群之場刻面的照明角度之特定分配會在該場平面中面向該等個別分隔片的照明光輻射束之邊緣處的完美疊合係完全不能達成或只能達到一很小程度的情況下，來改良該場強度設定裝置之照明角度獨立性。該等照明角度的限定分佈可例如利用一統計函數來產生。此不僅可確保該強度設定裝置之一照明角度獨立性，且亦可保證對該等照明角度之一限定的影響。

10 一瞳孔刻面鏡具有多數的瞳孔刻面它們係被指配於該照明光之光徑中的場刻面，可使通過該物體場之照明角度分佈容易控制。

可斜傾來供調整該強度設定平面中之照明光的疊合之瞳孔刻面等可容許該照明光輻射束的個別輻射次束被選擇地移位並定向於該強度設定平面中，而來最佳化在該場強度設定裝置的影響範圍內之一區域中的該等輻射次束之次位置。

20 個別的隔片係至少在某些部份會至少部份地透明，俾加強該場強度設定裝置針對該等個別隔片之移位，及該場強度設定裝置相對於照明光輻射束的位置變化之強度作用敏感性。

當使用該照明光學機構來將具有5nm至30nm之間的波長之EUV照明光導引至該物體場時，上述的優點會變得更為顯著。

於前所述之目的依據本發明亦可藉一用於微顯影蝕刻

術的照明光學機構來達成，其包含：

一光學總成用以將一具有5nm至30nm間之波長的照明光導引至一在一物體平面中之要被照明的物體場；

5 一場強度設定裝置用以調整通過該物體場之照明光的強度分佈；

其中該場強度設定裝置對一由該照明光所形成並垂直於一照明光輻射束的截面會有一作用，而使該射束截面相反於該場強度設定裝置之一邊緣會在該場強度設定裝置的下游保持不變。

10 且其中該場強度設定裝置的作用係獨立於對該物體場的照明角度。

其優點係如同於前所述者。

一包含一依據本發明之照明光學機構與一光源的照明系統，及一包含一依據本發明之照明系統和一投影物鏡用以將該物體場顯像於一影像平面中的投射曝光裝置，及一
15 包含下列步驟之製造一結構構件的方法：

提供一晶圓使其之至少一部份係被塗敷一層光敏性材料；

提供一分度鏡其包含要被顯像的結構；

提供一依據本發明的投射曝光裝置；及

20 利用該投射曝光裝置將該分度鏡的至少一部份投影於該晶圓上之該層的一區域上。

以及以此方式所製成之一構件等的優點係如同於前述之該照明光學機構者。該光源尤其可為一EUV光源而具有一在5nm至30nm間之範圍內的有用光波長。該投射曝光裝

置會被用於一微結構或奈米結構的構件之微影製造。

本發明的實施例將藉由圖式更詳細地說明於後，其中：

第1圖示出一有關一照明光學機構穿過一用於微顯影蝕刻術之投射曝光裝置的子午線截面示意圖；

5 第2圖示出在一分度鏡平面附近之第1圖的放大截面圖；

第3圖示出該投射曝光裝置之一場強度設定裝置由第2圖中之方向III的視圖；

第4圖示出依據第1圖的投射曝光裝置之該照明光學機構之一場刻面鏡之一刻面排列圖；

10 第5圖示出依據第1圖的投射曝光裝置之該照明光學機構之一瞳孔刻面鏡之一刻面排列圖；

第6圖示出一場刻面鏡之另一實施例之一類似於第4圖的刻面排列圖；

第7圖示出被指配於各特定照明角度之三條選擇的輻射次束穿過該照明光學機構之一瞳孔平面與一分度鏡平面之間的光徑示意圖；

15

第8圖示出依據第4圖的場刻面鏡之一實施例的場刻面；

第9圖示出依據第4圖的場刻面鏡之另一實施例的場刻面；

第10圖示出依據第7圖所示被指配為不同照明角度的三條輻射次束以一變更的照明設定疊合在該場強度設定裝置之一平面中；

20

第11至16圖示出一分度鏡之照明的照明參數成為該場強度設定裝置在一第一照明態樣的衰減(%)之一函數的圖表；及

第17至22圖示出相同的照明參數在另一照明態樣的圖表，其係被最佳化以最小化由該場強度設定裝置之衰減所造成的該等照明參數之變化。

【實施方式】

5 一用於微顯影蝕刻術的投射曝光裝置1係可用以製造一微結構或奈米結構的電子半導體構件。一光源2會發出例如在5nm至30nm間之波長範圍內的EUV輻射。在該投射曝光裝置1中，一有用的輻射束3可用來照明和投影。在該光源2的下游處，該有用的輻射束3最初會通過一收集器4，其
10 可例如為一具有一習知之多殼構形的套疊式收集器。在該收集器4的下游，該有用的輻射束3起初會通過一中間焦點平面5，其可被用來由該有用的輻射束3分開不要的輻射部份或粒子。通過該中間焦點平面5之後，該有用的輻射束3會開始照射一場刻面鏡6。

15 在各情況下該等圖式皆包含一xyz座標系統，以便說明位置關係。在第1圖中，該x軸係伸入與之垂直的平面中。該y軸係伸向第1圖的左方。該z軸則在第1圖中向上延伸。

第4圖係舉例示出該場刻面鏡6的場刻面7等之一刻面排列。該等場刻面7係為矩形，且皆具有相同的x/y縱橫比。
20 該等場封面7會界定該場刻面鏡6之一反射表面，並被排列成四縱列其各具有六個場刻面組群8等。該等場刻面組群8通常各包含七個場刻面7。靠近邊緣的二個場刻面組群8，其係包含於該二中央的場刻面縱列中，皆會含有四個添加的場刻面7，因此總共包含十一個場刻面7。在該二中央的

刻面縱列之間，和該第三與第四刻面排之間，該場刻面鏡6的刻面排列具有間隙9，其中該場刻面鏡6會被該收集器4的支撐輪輻所遮蔽。

在被該場刻面鏡6反射之後，該有用的輻射束3會被分成多數條指配於個別刻面7的輻射次束，而射入一瞳孔刻面鏡10。

第5圖係舉例地示出該瞳孔刻面鏡10的圓形瞳孔刻面11之刻面排列。該等瞳孔刻面11係被排列成刻面環，各環係被排列成一環在另一環內部而來圍繞一中心12。該有用輻射束3之該各輻射次束有被一場刻面7所反射者，會被指配於一瞳孔刻面11，而使包含一場刻面7與一瞳孔刻面11之一各別曝光的刻面對會界定一針對該有用輻射束3之該指定輻射束的輻射導引通道。該等瞳孔刻面11與場刻面7之間的通道指配係依據該投射曝光裝置造成的所需照明來進行。為能給予進入特定的瞳孔刻面11之通道，該等場刻面7既可繞該x軸又可繞該y軸來個別地斜傾。

該瞳孔刻面鏡10及一在下游之包含三個EUV鏡12、13、14的傳輸光學機構15係可將該等場刻面7顯像於該投射曝光裝置1之一場平面16中。該EUV鏡14係為一掠擦入射鏡。一分度鏡平面17係位於該場平面16的下游而在沿z方向視之大約5mm至20mm的距離處，其中該分度鏡平面17係設有一分度鏡18，其會利用該有用的輻射束3來照明一照明區域，該區域係與該投射曝光裝置1之一下游投射光學機構20之一物體場19重合。在該投射曝光裝置1中，該等場刻面7

會被該等傳輸光學機構15顯像其中來形成刻面影像的場平面16並不會與該分度鏡平面17重合，該分度鏡平面係同時形成該投射光學機構20的物體平面。該有用的輻射束3會被該分度鏡18反射。

5 該投射光學機構20會將該分度鏡平面17中物體場19顯像於一影像平面22中的影像場21中。在此影像平面22中設有一晶圓23，其帶有一光敏性層在利用該投射曝光裝置1的投射曝光期間將會被曝露於光。於該投射曝光期間，該分度鏡18及該晶圓23兩者皆會被以同步方式沿y方向掃描。該
10 投射曝光裝置1係為一掃描器。該掃描方向於後亦稱為物體位移方向。

 該場平面16中係設有一場強度設定裝置24，其在以下會被更詳細地說明。該場強度設定裝置24係可用以界定一掃描積合強度分佈，換言之即一沿y方向通過該物體場19積
15 合的強度分佈。因此，該場平面16同時係為該照明光學機構26之一強度設定平面。該場強度設定裝置24係被一控制裝置25作動。

 該場刻面鏡6、瞳孔刻面鏡10、該傳輸光學機構15的各鏡12、13、14，及該場強度設定裝置24皆為該投射曝光裝置1之一照明光學機構26的構件。該等構件6、10、12、13、
20 14會形成該照明光學機構26之一光學總成用以導送該有用的輻射束3。

 在該場平面16與分度鏡平面17之間沒有該光學總成26a的瞳孔平面。

第2和3圖示出該場強度設定裝置24的更詳細視圖，該場強度設定裝置24具有多數的凸指狀個別隔片27，它們係被排列成互相依次鄰接。在依據第2和3圖的實施例中，總共有二十六個個別的隔片27等其各皆有一4mm的寬度。該等個別隔片27係被設成直接互相緊鄰或者互相部份地重疊。假使它們互相部份重疊，則相鄰的個別隔片27必須被設成在儘可能互相靠近的平面中垂直於該照明光輻射束3的射束方向。

所有個別的隔片27皆會被由一相同側插入該有用的輻射束3中。

該控制裝置25容許該等個別的隔片被互相獨立地沿該y方向置設在一指定位置。依據一通過該物體場19之該分度鏡18上之一物體點的場高度，換言之即依x方向量度而定，此物體點沿該y方向的掃描路徑，及因而會使此物體點曝光之該有用輻射的積合強度，乃係由該各自的個別隔片27之y位置來決定。以此方式，會使該分度鏡18曝光之有用輻射的強度將可藉界定該等個別隔片27的y位置來被均等化或分佈成一預定方式。該場強度設定裝置24亦稱為UNICOM。

第6圖示出一場刻面鏡6的另一實施例。等同於參照第4圖之場刻面鏡來被說明於前的構件會具有相同的標號，而僅有在若它們不同於第4圖之場刻面鏡6的構件時才會被說明。依據第6圖的場刻面鏡具有一場刻面排列係設有彎曲的場刻面7等。該等場刻面7係被排列成總共五個縱列，其各具有多數的場刻面組群8。該場刻面排列係被納刻於該場刻

面鏡之一載板9a的圓形邊界內。

依據第6圖之實施例的場刻面7等各皆具有相同的表面積和相同的寬度(沿x方向)對高度(沿y方向)之比，其相當於第4圖之實施例的場刻面7之x/y縱橫比。

5 該場強度設定裝置24具有一強度功效，其對該物體場19的照明角度分佈實質上沒有影響。此將利用第7圖說明於後。該圖概略地示出三條輻射次束28、29、30由一瞳孔平面31，其中設有該瞳孔刻面鏡10，通過該場平面16至該分度鏡平面17的路徑。實務上會被連續地排列在該三條輻射

10 次束28、29、30之光徑中的該等平面31、16、17，為了說明之故而在第7圖中被示成依次相鄰排列。以下係依據理想化的假設狀況，即第4圖的場刻面鏡6之場刻面7等係被顯像於該場平面中而完美地重合。因此該場平面16中的有用輻射束3之一邊界會在x方向和y方向皆具有與一場刻面7之一

15 單獨影像相同的展幅。結果，在此一完美疊合的情況下，該有用輻射束3具有一x/y縱橫比，其係完全等於該等場刻面7的x/y縱橫比。被指配於該場平面16之不同照明方向的所有輻射次束28，包括該等輻射次束28至30等，皆會通過其整個截面重合於該場平面16中。具言之該有用輻射束3面

20 向該等個別隔片27之一邊緣32將會形成，並同時被全部的二條輻射次束28至30照射。結果，由該邊緣32覆蓋該有用輻射束3的個別隔片27等，將會對所有的輻射次束28至30具有完全相同，換言之即無干照明角度的強度效應。至於該等輻射次束28至30，係被以矩形影框概示於第7圖右邊的瞳

孔平面31中，它們會作用在一側上。在該瞳孔平面31中的這些影框並不構成實際的隔片。

在該場刻面平面16中的場刻面影像不需要沿x方向，換言之即垂直於該掃描方向，完全地重合，因為如前所述該場強度設定裝置24具有一無干照明角度的效能；事實上，該等場刻面影像亦大可被排列成互相有一特定偏差。若該場刻面平面16中的場刻面影像甚至在該x方向亦良好地重合，則將可藉去耦有用的輻射來被用於強度檢測。

在該分度鏡平面17中，其當沿z方向視之係被設於該有用輻射束3的光徑中位在該場平面16後方例如20mm處，該三條輻射次束28至30尤其在y方向會有稍微地發散，而使例如該輻射次束28會沿y方向稍微向上地投射，並超出在該物體場19中央的輻射次束29，且該輻射次束30會沿y方向稍微地向下投射超出該輻射次束29。當該分度鏡被該物體場19沿y方向掃描時，該分度鏡將會看到全部三條輻射次束28至30的掃描積合成它們的全範圍；因此，在該分度鏡平面17中之各輻射次束28至30間之所述的y偏差不會具有任何的負作用。

相較於該等場刻面7之一指定的x/y縱橫比，該物體場19的x/y縱橫比係較小，因為有上述之該等輻射次束28至30的y偏差。

第8圖示出第4圖的場刻面鏡6之一矩形場刻面7具有一x/y縱橫比，其對應於該場平面16中之一指定的x/y縱橫比。若該指定的x/y縱橫比並非被產生於該場平面16中，而係在

該分度鏡17中，則必須使用一場刻面鏡6，其包含場刻面33等，它們的x/y縱橫比係大於該物體場19的x/y縱橫比。因此，一場刻面鏡6乃實際上必須被使用，其場刻面33在y方向係較窄(如第9圖)。故該等場刻面的y展幅 y_{33} 會小於該等場刻面7的y展幅 y_7 。

實際上，被指配於該等個別通道之輻射次束在該場平面16中的疊合會由於許多的顯像效應而偏離於第7圖中所示的完美疊合。此乃可能有許多原因。

首先，由該場刻面鏡10的照明形態所造成之該等場刻面7的互相遮蔽可能會在該場平面16中產生個別形成的場刻面7之影像。

又，該傳輸光學機構15針對不同的通道，換言之即不同的輻射次束，可能具有不同的顯像規格，乃視各別觀察到的輻射束而定。同樣地，這些不同的顯像規格亦會在該場平面16中造成該輻射束的疊合，其係偏離於該完美的疊合。

取決於該等場刻面7的各別傾斜度而定，一具有一個別刻面尺寸的刻面投影會在垂直於以該有用輻射束3曝光的方向來被獲得。此亦會對該場平面16中的疊合有所影響。

另一種在該場平面16中不完美疊合的原因係為，由於該掠擦入射鏡14，致使要被重疊於該場平面16中的各輻射次束可能具有不同的曲率。

在該場平面16中的疊合並不完美的情況下，該照明光學機構26將會被以一種方式來調整，而使顯像該各別場刻面7的個別輻射次束能以最佳的可能方式重合於面向該各

隔片27的邊緣32區域中。此係被概略地示於第10圖中。在一相反於該邊緣33的邊緣33a處之該等輻射次束的不完美疊合是可接受的，因其係以互相沿y方向偏離的個別輻射次束之邊界34、35來示出。

5 在最壞的情況下，該等輻射次束的完美疊合會至少在面向該等個別隔片27的邊緣32處絕不能達成。此即為若該等重合在該邊緣32的輻射次束例如具有不同彎曲邊緣的情況。於此情況下，該照明光學機構必須藉特別傾斜該等瞳孔刻面11來被調整，俾最小化該場強度設定裝置24對該等
10 照明角度的影響。

此將於後利用第11至22圖來說明。第11至16圖示出在被該照明光學機構26所產生的輻射次束之一非最佳疊合的情況下於該物體場19中之照明參數；而第17至22圖示出在該等輻射次束之一對應最佳疊合的情況下之相同的照明參數。

15 於下所述的光學照明參數係為遠心值 t_x 、 t_y ，它們係為與一無效場強度設定裝置($I_{rel}=1$)之一初始值的變數，以及對應的橢圓率值之變數 ΔE ，和其發生於該物體場19上的最大值 $\max(\Delta t)$ ， $\max(\Delta E)$ 等。

t_x 和 t_y 係被定義如下：

20 在該照明物體場19中的每一場點會界定一被指配於此場點的光束之一形心射束。該形心射束具有被該場點射出之光束的能量權重方向。在理想情況下，各場點的形心射束係平行於該照明光學機構26或投射光學機構20所界定的主射束。

該形心射束的方向 $\bar{s}_0(x, y)$ 係可由該照明光學機構26或
 投射光學機構20的設計資料而被得知。在一場點處的主射
 束係由該場點與該投射光學機構20的進入瞳孔之中心的連
 接線來界定。在該物體場19之一場點 x, y 處之該形心射束
 5 的方向係如下來獲得：

$$\bar{s}(x, y) = \frac{1}{\bar{E}(x, y)} \int dudv \left(\frac{u}{v} \right) E(u, v, x, y)$$

$E(u, v, x, y)$ 是該場點 x, y 的能量分佈，而為該瞳孔
 座標 u, v 之一函數，換言之即為由各別的場點 x, y 所見的
 照明角度之一函數。

10 $\bar{E}(x, y) = \int dudv E(u, v, x, y)$ 係為該點 x, y 被曝光的總能量。

例如，一中心物體場點 x_0, y_0 會由被該各別瞳孔刻面11
 之位置所界定的方向 u, v 看到部份輻射次束的輻射。於此
 照明設定中，該形心射束係僅在若被指配於該等瞳孔刻面
 11的部份輻射次束之個別不同的能量或強度組合來形成一
 15 形心射束方向，其係積合所有的瞳孔刻面11且係平行於該
 主射束方向時，才會沿著該主射束延伸。此將只能在理想
 狀況下來達成。實際上，在該形心射束方向 $\bar{s}(x, y)$ 與主射
 束方向 $\bar{s}_0(x, y)$ 之間會有偏差，其係稱為遠心誤差 $\bar{i}(x, y)$ ：

$$\bar{i}(x, y) = \bar{s}(x, y) - \bar{s}_0(x, y)$$

20 當實際使用該投射曝光裝置1時，必須要修正者並非在
 一特定物體場處的靜態遠心誤差，而是在 $x = x_0$ 處之掃描積
 合的遠心誤差。此遠心誤差係如下來獲得：

$$\bar{T}(x_0) = \frac{\int dy \tilde{E}(x_0, y) \bar{i}(x_0, y)}{\int dy \tilde{E}(x_0, y)}$$

結果，該遠心誤差將會被修正，其係由一分度鏡18上的一點(x例如x₀)在一掃描過程中移動通過該分度鏡平面17中的物體場所積成者，其中在一x遠心誤差(T_x)與一y遠心誤差(T_y)之間會造成一差異。該y遠心誤差係被定義為該形心射束在垂直於該掃描方向離該主射束的偏差。該x遠心誤差係被定義為該形心射束在該掃描方向離該主射束的偏差。

橢圓率係為另一種用以判定該物體場19在該分度鏡平面17中之照明品質的參數。該橢圓率的判定能協助來獲得有關通過該投射光學機構20之進入瞳孔的能量或強度分佈之更精確的資訊。其中，該進入瞳孔會被分成八等分，它們係沿反時鐘方向被編號為O₁至O₈，如同一般在數學中所應用者。被用以照明一場點之進入瞳孔的八等分O₁至O₈所輸送的能量或強度分佈，以下係稱為能量或強度分佈I₁至I₈。

以下量值係稱為-45°/45°橢圓率(Elly, E_{-45°/+45°}, E₄₅)：

$$E_{-45/45} = \frac{I_1 + I_2 + I_5 + I_6}{I_3 + I_4 + I_7 + I_8}$$

以下量值係稱為0°/90°橢圓率(Elly, E_{0°/90°}, E₉₀)：

$$E_{0/90} = \frac{I_1 + I_8 + I_4 + I_5}{I_2 + I_3 + I_6 + I_7}$$

同樣地，一特定物體場點x₀, y₀或甚至一掃描積合照明(x=x₀, y為積合的)之橢圓率，亦可以依據有關該遠心誤差上述說明來被決定。第11圖示出五不同的場高度與一初

始值的 x 遠心偏差係為強度量之一函數，該強度係可容許在此場高度的被指定個別隔片27通過者。在一15%的衰減時，換言之即在0.85的透射率時，特別在該場邊緣會有大約 $\pm 0.75\text{mard}$ 的遠心偏差 Δt_x (見第11圖)，及大約 -2.4mard 的 Δt_y (見第14圖)。視該場高度而定，在0.85透射率時之一橢圓率變量 ΔE_{90} 相較於一無衰減值會改變2.5%至-1%之間隙(見第12圖)。

在一0.85的透射率時，該值 ΔE_{45} 會分別達到一-2%或大約4.5%的最大值(見第15圖)。

一最大的遠心變量會達到一2.5%之值(見第13圖)。

一最大的橢圓率變量 $\max(\Delta E)$ 會達到在45%範圍內之值(見第16圖)。

第17至22圖清楚地示出該最佳化的疊合對該場平面16中之邊緣32區域的輻射次束的影響。在任何場高度皆不會超過一0.5的最大遠心變化率(見第19圖)。同樣地，在任何場高度亦不會超過一2%的最大橢圓率變化率(見第22圖)。此等最大變量可適用於一最高0.85的透射率之衰減。若該衰減達到一0.9的透射率，則該遠心變量不會超過一0.4mrad之值，且該橢圓率變量不會超過一1%之值。

在將輻射次束重合於該場平面16之一變化實施例中，面向該場強度設定裝置24之個別隔片27的邊緣並不會被全部的場刻面7，而會被該等場刻面7之一次組群所照明。此場刻面7的次組群係被選成會使該次組群的場刻面7代表所有的照明角度，它們係藉由該照明光學機構26以一較好均

等的分佈方式來達到一預定的照明。該場刻面7的次組群可例如由該各場刻面組群8之各一場刻面7來形成。該次組群亦各可包含該中央場刻面鏡6，或該各場刻面組群8的二中央場刻面鏡6之一者。舉例而言，依據第6圖作為該場刻面鏡6中之所擇場刻面8a的場刻面7等係被以陰影線示出。被選擇用於該次組群之各場刻面，乃可例如在y方向比該場刻面組群8的其餘場刻面7稍微更寬一些。例如，該次組群的場刻面可為依據第8圖的場刻面7，而該場刻面組群8的其它場刻面可為如第9圖的場刻面7。一次組群的選擇亦可藉由該場刻面次組群之場刻面7所形成的通道之輻射次束的個別導引來被達成；其中，該等瞳孔刻面11會對應地斜傾。一在該有用輻射束3之邊緣32與一邊界36之間的區域係僅會被該場刻面次組群的場刻面7所照明(見第10圖)。由該邊緣32視之，所有其它通道的輻射次束皆超過該邊界36。該次組群的場刻面7係被選成可確使其之該等輻射次束以最可能的方式重合於該場平面16中靠近該邊緣32處。該等個別的隔片27只會對與該次組群之場刻面7相關連的輻射次束之強度有影響。至於與該次組群之場刻面7有關連的通道，則會均勻分佈地通過該瞳孔刻面鏡10，此將輻射次束重合於該場平面16中的變化實施例亦可保證該場強度設定裝24之無干照明角度的效能。

該等個別的隔片27可至少在某些部份為半可透光及/或透明的，俾可供用於一選擇性設定。相鄰的個別隔片27可沿該x方向互相部份地重疊。尤其是在此情況下，對通過

其展幅有一可變透射率的個別隔片27乃是較有利的。

可應用於該等個別隔片27的透射率分佈係例如被揭於
WO 2005/040927 A2專利案中。

5 取代凸指式隔片，作用於一平面中的場強度設定裝置
之其它實施例亦可被應用。其例係被揭述於EP 1291721 A1
專利案中。

該等個別隔片27可具有一結構化的端面，如在US
2006/0244941 A1專利案中被說明之例，尤其是在第10至12
圖中者。

10 【圖式簡單說明】

第1圖示出一有關一照明光學機構穿過一用於微顯影
蝕刻術之投射曝光裝置的子午線截面示意圖；

第2圖示出在一分度鏡平面附近之第1圖的放大截面圖；

15 第3圖示出該投射曝光裝置之一場強度設定裝置由第2
圖中之方向III的視圖；

第4圖示出依據第1圖的投射曝光裝置之該照明光學機
構之一場刻面鏡之一刻面排列圖；

第5圖示出依據第1圖的投射曝光裝置之該照明光學機
構之一瞳孔刻面鏡之一刻面排列圖；

20 第6圖示出一場刻面鏡之另一實施例之一類似於第4圖
的刻面排列圖；

第7圖示出被指配於各特定照明角度之三條選擇的輻
射次束穿過該照明光學機構之一瞳孔平面與一分度鏡平面
之間的光徑示意圖；

第8圖示出依據第4圖的場刻面鏡之一實施例的場刻面；

第9圖示出依據第4圖的場刻面鏡之另一實施例的場刻面；

第10圖示出依據第7圖所示被指配為不同照明角度的
5 三條輻射次束以一變更的照明設定疊合在該場強度設定裝置之一平面中；

第11至16圖示出一分度鏡之照明的照明參數成為該場
強度設定裝置在一第一照明態樣的衰減(%)之一函數的圖
表；及

第17至22圖示出相同的照明參數在另一照明態樣的圖
10 表，其係被最佳化以最小化由該場強度設定裝置之衰減所
造成的該等照明參數之變化。

【主要元件符號說明】

1...投射曝光裝置	11...瞳孔刻面
2...光源	12, 13, 14...EUV鏡
3...輻射束	15...傳輸光學機構
4...收集器	16...場平面
5...中間焦點平面	17...分度鏡平面
6...場刻面鏡	18...分度鏡
7...場刻面	19...物體場
8...場刻面組群	20...投射光學機構
8a...所擇場刻面	21...影像場
9...間隙	22...影像平面
9a...載板	23...晶圓
10...瞳孔刻面鏡	24...場強度設定裝置

25...控制裝置

26...照明光學機構

26a...光學總成

27...隔片

28, 29, 30...輻射次束

31...瞳孔平面

32...邊緣

33...場刻面

34, 35, 36...邊界

七、申請專利範圍：

1. 一種用於微顯影蝕刻術的照明光學機構，包含：

一光學總成用以將照明光導引至一物體平面中之一要被照明的物體場；

其中該照明光學機構會將一照明光輻射束分成多數的輻射次束，它們係被指配於該物體場照明的不同照明角度；

其中該照明光學機構係構製成會使至少某些該等輻射次束被重疊於一疊合平面中，其係相隔於該物體平面，且其不會顯像於該發生疊合的物體平面中，而會使該等重疊的輻射次束之外部邊緣部分全部地重合。

2. 一種用於微顯影蝕刻術的照明光學機構，包含：

一光學總成用以將照明光導引至一物體平面中之一要被照明的物體場；

其中該照明光學機構包含一場刻面鏡具有多數的場刻面等，它們會顯像於一疊合表面中，而使該等場刻面的影像邊緣至少部份地重合在該疊合平面中；

又其中該疊合平面係相隔於該物體平面，且不會顯像於該物體平面中。

3. 一種如申請專利範圍第1或2項的照明光學機構，其中一場強度設定裝置被設在該疊合平面中而作為一強度設定平面，其中該場強度設定裝置可用以調整通過該物體

場的照明光之強度分佈，其中該等重疊的輻射次束之邊緣會重合在它們可被該場強度設定裝置影響之點處。

4. 一種如申請專利範圍第3項的照明光學機構，其中該強度設定裝置包含多數個別的隔片，它們係被依次相鄰排列，且當對其曝照時至少會衰減照明光，並可沿一平行於一物體位移方向的方向插入一照明光輻射束中。

5. 一種用於微顯影蝕刻術的反射式照明光學機構，包含：

一光學總成用以將照明光導引至一物體平面中之一要被照明的物體場；

一場強度設定裝置可供以多數個別的隔片來調整通過該物體場之一強度分佈，該等隔片係被依次相鄰排列，且當對其曝照時至少會衰減照明光，並可沿一平行於一物體位移方向的方向插入一照明光輻射束中；

複數個個別隔片，包含一第一隔片與一第二隔片；

該第一隔片係用以衰減該照明光於一第一部分的強度；

該第二隔片係用以衰減該照明光於一第二部分的強度，其與該照明光於該第一部分的強度衰減無關；

該第一部分位於相對該第二部分，在於一垂直於該物體位移方向的方向；

其中該場強度設定裝置的全部個別隔片係可由一相同側插入該照明光輻射束中。

6. 一種如申請專利範圍第5項的反射式照明光學機構，其中該場強度設定裝置係設在一強度設定平面中，該強度設定平面會與該光學總成之一場平面重合。
7. 一種如申請專利範圍第6項的反射式照明光學機構，其中該物體平面係鄰近於該強度設定平面，而使其沒有該光學總成的瞳孔平面介於該強度設定平面與該物體平面之間。
8. 一種如申請專利範圍第7項的反射式照明光學機構，其中一在該強度設定平面與該物體平面之間的距離係在5mm至20mm的範圍內。
9. 一種如申請專利範圍第1至2項及5至8項之任一項的照明光學機構，其中該光學總成包含一場刻面鏡具有多數的場刻面，它們的影像會至少部份地重疊於該物體場中。
10. 一種如申請專利範圍第9項的照明光學機構，其中該等場刻面具有一比該物體場更高的縱橫比(x/y)，此意指依比例而言，當由該物體位移方向(y)視之，它們係比該物體場更狹窄。
11. 一種如申請專利範圍第9項的照明光學機構，其中該照

明光輻射束之一朝向該等個別隔片的邊緣係被該場刻面鏡的全部場刻面照明於該場平面中。

12. 一種如申請專利範圍第9項的照明光學機構，其中該照明光輻射束之一朝向該等個別隔片的邊緣係被該場刻面鏡的全部場刻面之一次組群照明於該場平面中。

13. 一種如申請專利範圍第12項的照明光學機構，其中一所予的照明角度分佈會被指配於該次組群的場刻面。

14. 一種如申請專利範圍第12項的照明光學機構，其中該光學總成包含一瞳孔刻面鏡具有多數的瞳孔刻面，它們係被指配於該照明光之光徑中的場刻面。

15. 一種如申請專利範圍第14項的照明光學機構，其中該等瞳孔刻面係可斜傾用以調整該強度設定平面中之照明光的疊合。

16. 一種如申請專利範圍第5至8項之任一項的照明光學機構，其中該等個別的隔片係至少在某些部份是至少部份透明的。

17. 一種如申請專利範圍第1至2項及5至8項之任一項的照明光學機構，係可用於將具有一5nm至30nm之間的波長

之照明光導引至該物體場。

18. 一種用於微顯影蝕刻術的照明光學機構，包含：

一光學總成用以將具有一5nm至30nm之間的波長之照明光導引至一物體平面中之一要被照明的物體場；

一場強度設定裝置用以調整通過該物體場的照明光之一強度分佈；

其中該場強度設定裝置對一截面具有一效能，其係由垂直於一照明光輻射束的照明光所形成，而使一相反於該場強度設定裝置的射束截面邊緣會在該場強度設定裝置的下游保持不變；

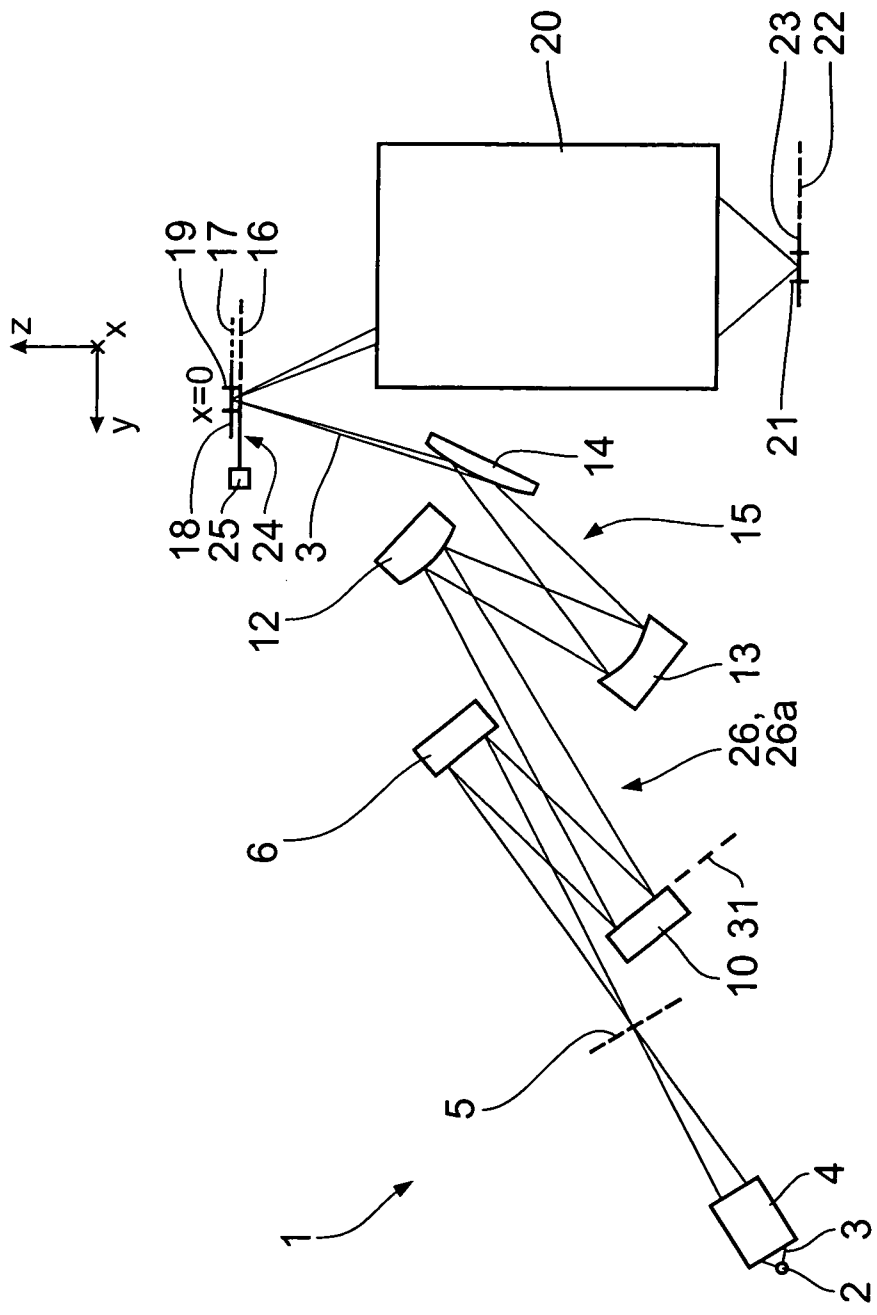
且其中該場強度設定裝置的效能係獨立無干於該物體場上的照明角度。

19. 一種如申請專利範圍第3項的照明光學機構，其中該場強度設定裝置係設在一強度設定平面中，該強度設定平面會與該光學總成之一場平面重合。

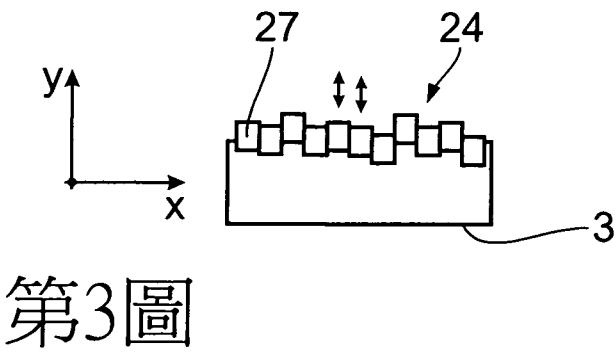
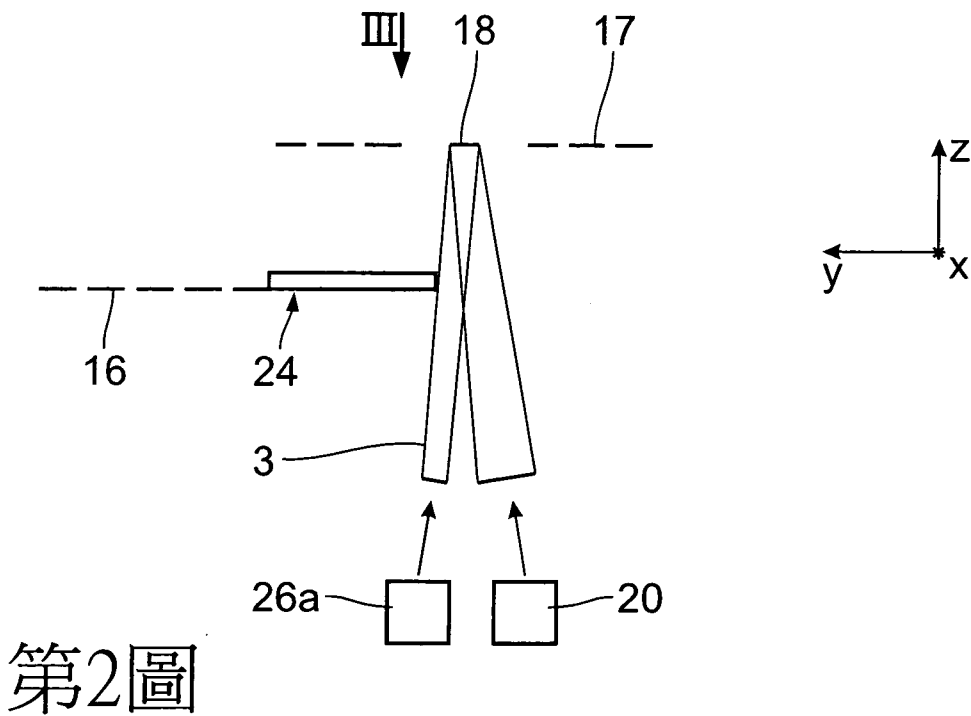
20. 一種如申請專利範圍第4項的照明光學機構，其中該等個別的隔片係至少在某些部份是至少部份透明的。

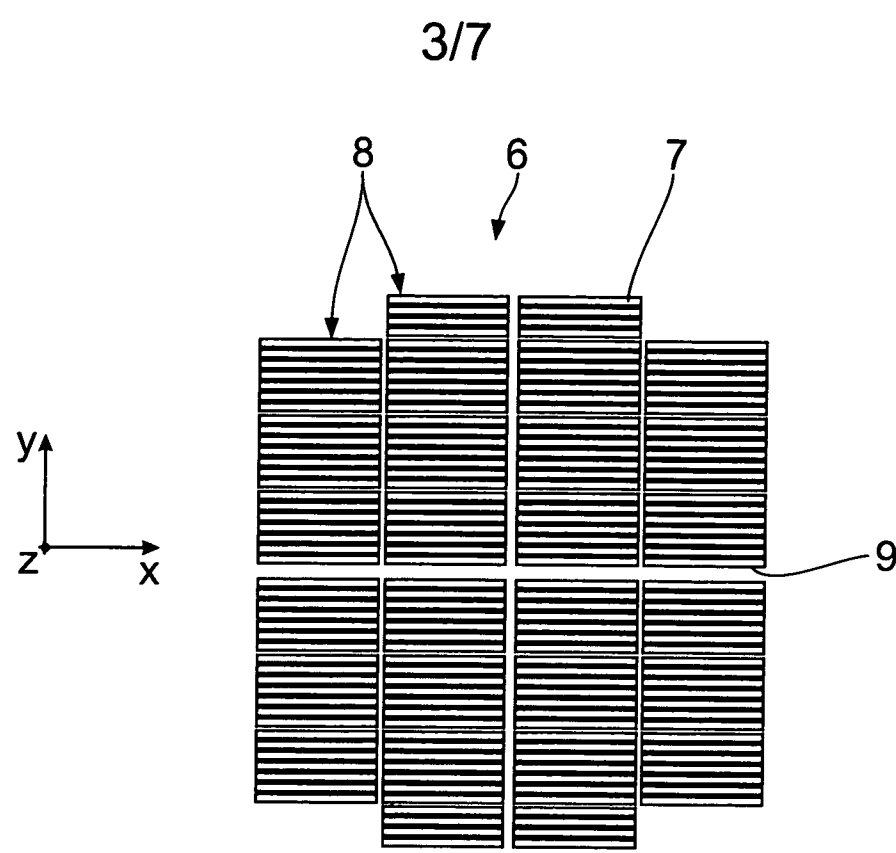
21. 一種如申請專利範圍第9項的照明光學機構，其中該等個別的隔片係至少在某些部份是至少部份透明的。

22. 一種照明系統，包含一依據申請專利範圍第1至2項，第5至8項，及第18項中之任一項的照明光學機構，及一光源。
23. 一種如申請專利範圍第19項的照明系統，其中該光源係為一EUV光源。
24. 一種投射曝光裝置，包含：
- 一依據申請專利範圍第19項的照明系統；
 - 一投射物鏡用以將該物體場顯像於一影像平面中。
25. 一種製造結構式構件的方法，包含以下步驟：
- 提供一晶圓於其上的至少一部份會被塗敷一層光敏性材料；
 - 提供一分度鏡其包含要被顯像的結構；
 - 提供一依據申請專利範圍第21項的投射曝光裝置；
 - 利用該投射曝光裝置將該分度鏡的至少一部份投影至該晶圓上的該層之一區域上。
26. 一種結構式構件，其係依據申請專利範圍第22項的方法步驟，利用該照明系統將一分度鏡的至少一部份投影至一晶圓上的膜層之區域上所製成者。

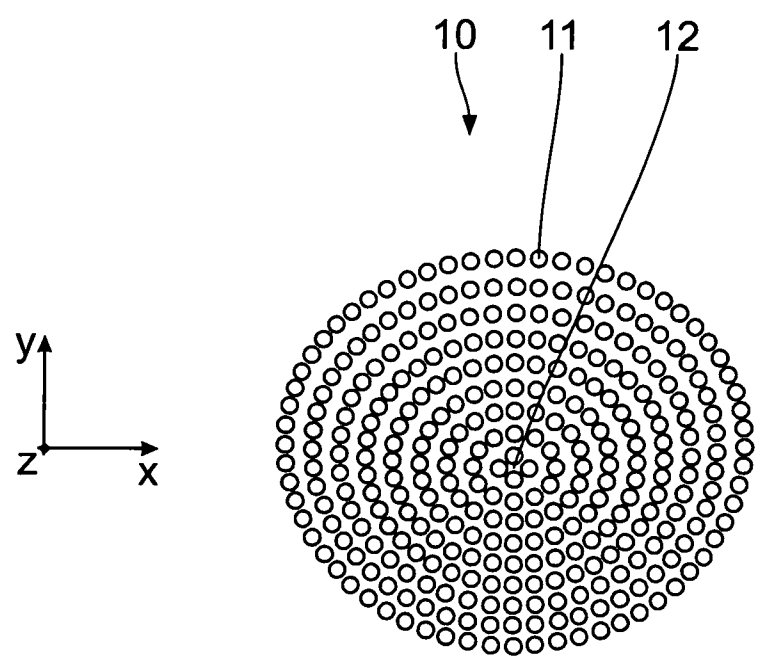


第1圖

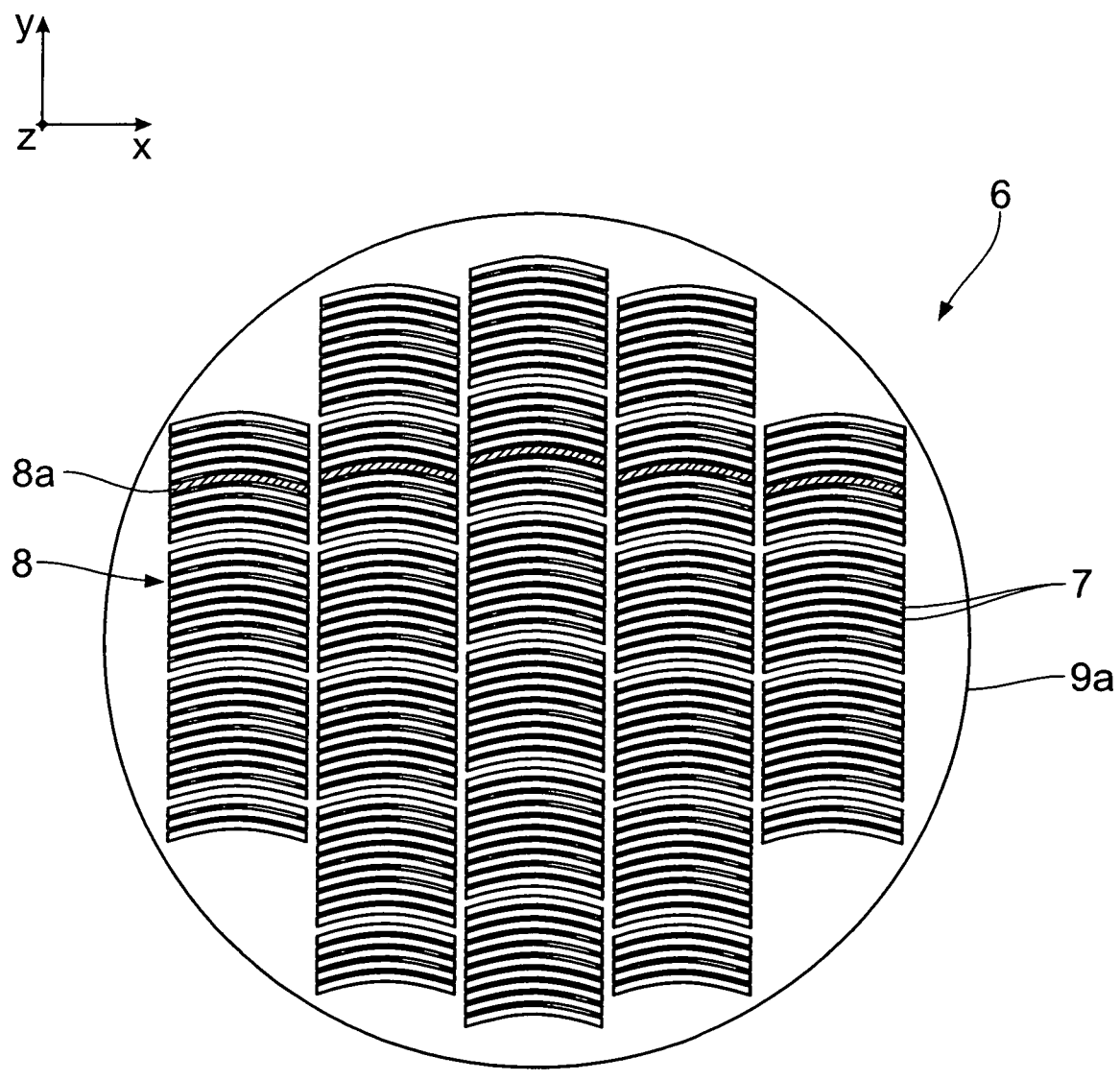




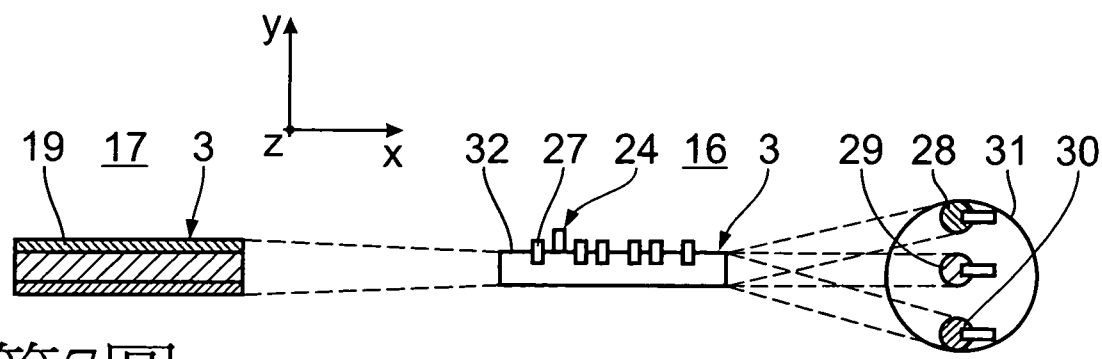
第4圖



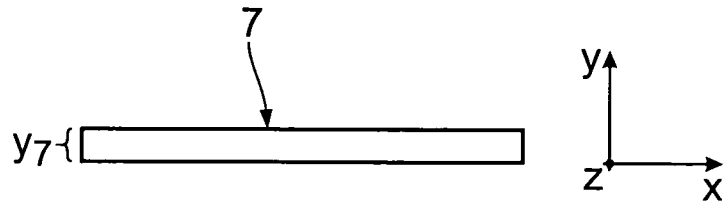
第5圖



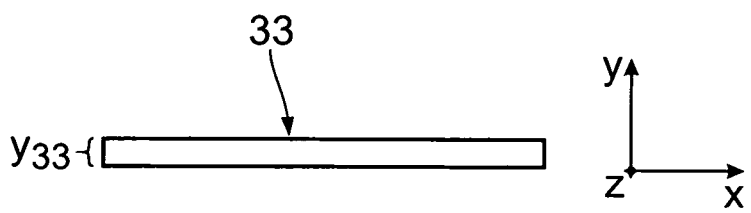
第6圖



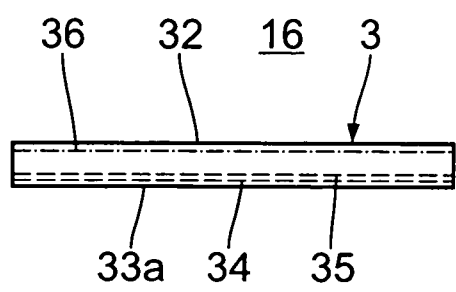
第7圖



第8圖

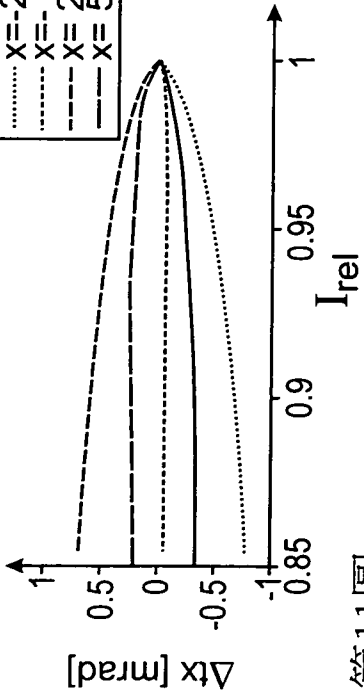


第9圖

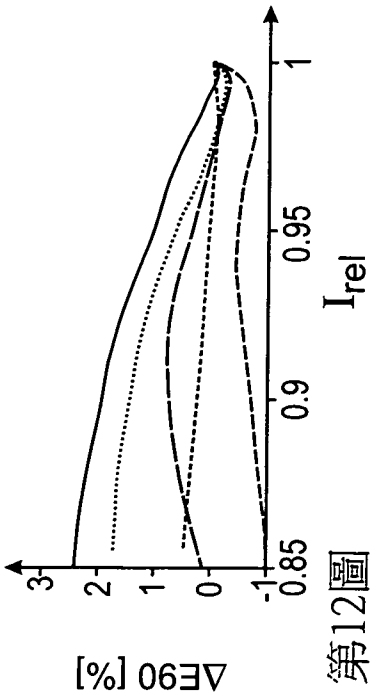


第10圖

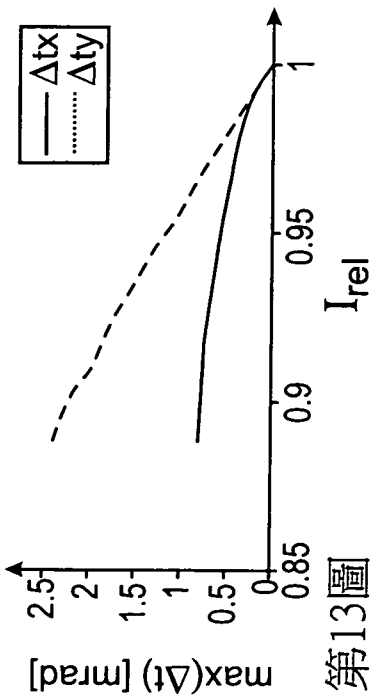
— $x = -51.8$
..... $x = -26.936$
- - - $x = -2.072$
- - - $x = 26.936$
— $x = 51.8$



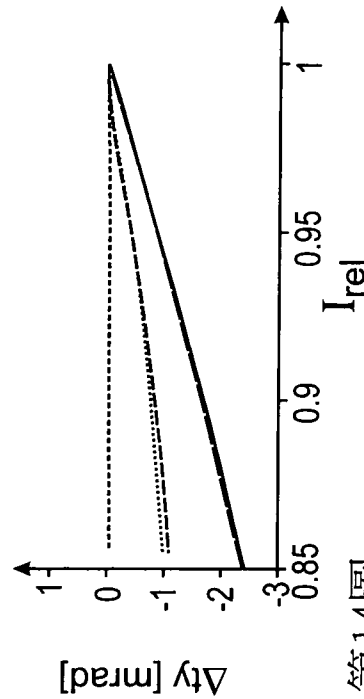
第11圖



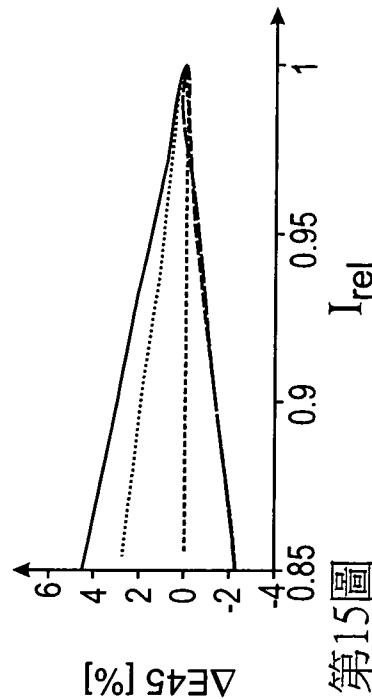
第12圖



第13圖

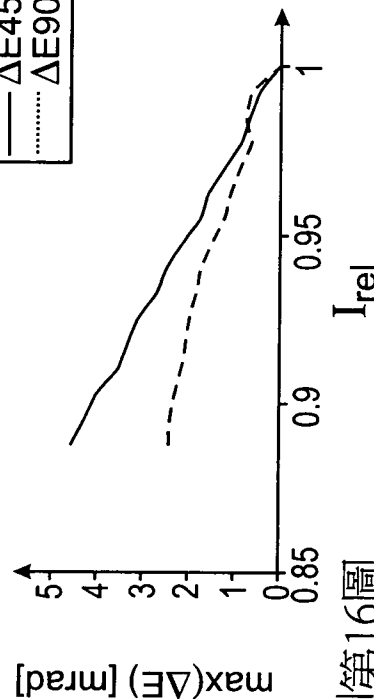


第14圖



第15圖

— $\Delta E45$
..... $\Delta E90$



第16圖

