



(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 I434144 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 11 日

(21)申請案號：098115513

(22)申請日：中華民國 93 (2004) 年 04 月 09 日

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

(30)優先權：2003/04/09	日本	2003-105920
2003/08/25	日本	2003-299628
2003/08/29	日本	2003-307806
2003/09/19	日本	2003-329194
2003/09/22	日本	2003-329309

(71)申請人：尼康股份有限公司 (日本) NIKON CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：工藤威人 KUDO, TAKEHITO (JP)；蛭川茂 HIRUKAWA, SHIGERU (JP)

(74)代理人：桂齊恆；閻啟泰

(56)參考文獻：

JP 6-53120A

JP 2002-231619A

US 5559583

審查人員：李瑋倫

申請專利範圍項數：41 項 圖式數：23 共 0 頁

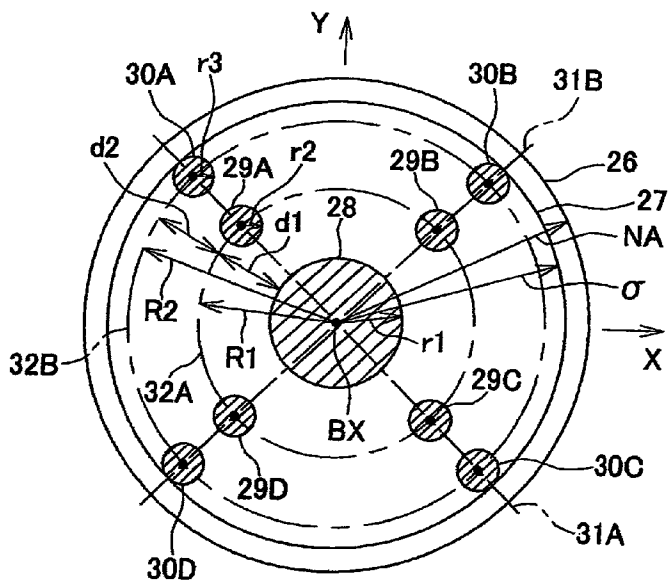
(54)名稱

曝光方法及裝置、以及元件製造方法

(57)摘要

提供一種能同時將各種間距之圖案分別以高解像度加以轉印之曝光方法及曝光裝置。其係將照明光學系統之光瞳面上之光量分佈，設定成：含光軸(BX)的第 1 區域(28)，與沿著包圍此第 1 區域(28)之第 1 圓周(32A)配置、分別小於該第 1 區域的 4 個第 2 區域(29A ~ 29D)，以及沿著包圍該第 1 圓周(32A)之第 2 圓周(32B)配置、分別小於該第 1 區域的 4 個第 3 區域(30A ~ 30D)所構成之 9 個區域中光量大致一定，除此以外之區域則較其小。此光量分佈係以繞射光學元件或孔徑光闌等來設定。

第 3 圖



26,27 . . . 圓周
28 . . . 半徑 r_1 之圓形區域
29A ~ 29D . . . 半徑 r_2 之圓形區域
30A ~ 30D . . . 半徑 r_3 之圓形區域
31A,31B . . . 第 1, 第 2 直線
32A . . . 半徑 R_1 之第 1 圓周
32B . . . 半徑 R_2 之第 2 圓周
BX . . . 光軸
 d_1, d_2 . . . 間隔
 R_1 . . . 第 1 圓周之半徑
 R_2 . . . 第 2 圓周之半徑
 r_1, r_2, r_3 . . . 圓形區域之半徑
 σ . . . 相干度

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※申請案號：9815573

※申請日期：97.4.9

※IPC 分類：G03F 7/40 (2006.01)

原申請案號：96119463

一、發明名稱：(中文/英文)

曝光方法及裝置、以及元件製造方法

二、中文發明摘要：

提供一種能同時將各種間距之圖案分別以高解像度加以轉印之曝光方法及曝光裝置。其係將照明光學系統之光瞳面上之光量分佈，設定成：含光軸(BX)的第1區域(28)，與沿著包圍此第1區域(28)之第1圓周(32A)配置、分別小於該第1區域的4個第2區域(29A~29D)，以及沿著包圍該第1圓周(32A)之第2圓周(32B)配置、分別小於該第1區域的4個第3區域(30A~30D)所構成之9個區域中光量大致一定，除此以外之區域則較其小。此光量分佈係以繞射光學元件或孔徑光闌等來設定。

三、英文發明摘要：

(無)

四、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：

26, 27	圓周
28	半徑 r_1 之圓形區域
29A ~ 29D	半徑 r_2 之圓形區域
30A ~ 30D	半徑 r_3 之圓形區域
31A, 31B	第 1, 第 2 直線
32A	半徑 R_1 之第 1 圓周
32B	半徑 R_2 之第 2 圓周
BX	光軸
d_1, d_2	間隔
R_1	第 1 圓周之半徑
R_2	第 1 圓周之半徑
r_1, r_2, r_3	圓形區域之半徑
σ	相干度

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於用以製造例如半導體元件、液晶顯示元件、或薄膜磁頭等各種元件之微影製程中，用來將光罩圖案轉印至晶圓等基板上所使用之曝光技術，進一步詳言之，係關於使用與所謂變形照明相關連之照明技術的曝光技術。又，本發明係關於使用該曝光技術之元件製造技術。

【先前技術】

用以製造半導體元件(或液晶顯示元件等)之微影製程中，為了將作為光罩之標線片(或光罩)之圖案轉印至作為被曝光基板之晶圓(或玻璃板)上，係使用如步進重複(step & repeat)方式之全面曝光方式、或如步進掃描(step & scan)方式等掃描曝光方式的投影曝光裝置。此種投影曝光裝置，被要求能將各種圖案分別以高解像度轉印至晶圓上。

轉印對象之圖案中，特別是微細、且要求高解像度之圖案即係所謂的接觸窗(contact hole)。接觸窗中，有密集接觸窗(既定形狀之複數個開口以既定之微細間距排列者)與孤立接觸窗(實質上由單獨的開口構成)。為了將密集接觸窗之圖案以高解像度轉印至晶圓上，以使用所謂的變形照明方式(變形光源方式)較為有效(例如，請參照日本特開平 5-67558 號公報(對應美國專利第 6,094,305 號)及日本特開 2001-176766 號公報(對應美國專利第 6,563,567 號))，此方式係於照明系統之光瞳面，在相對光軸偏心之 1 個或複數個區域(4 個區域)加大照明光之光量。

另一方面，為了將孤立接觸窗之圖案以高解像度轉印至晶圓上，則以使用於照明系統之光瞳面，在以光軸為中心之 1 個較小的圓形區域加大照明光之光量的照明方式，亦即使用將照明系統之相干度的 σ 值設定成較小的照明方式(以下，為方便說明，稱「小 σ 照明方式」)較為人知。

如前所述，微細間距之密集接觸窗及孤立接觸窗之圖案，能分別使用變形照明方式及小 σ 照明方式、以高解像度轉印至晶圓上。關於此點，最近，例如在半導體元件之製造時，亦日漸要求能將形成有各種間距之接觸窗圖案(包含從實質上可視為孤立圖案、以大間距排列的接觸窗，至微細間距之密集接觸窗))的 1 片標線片圖案，以 1 次的曝光轉印至晶圓上。

然而，為此而使用變形照明方式時，大間距接觸窗的解像度不夠充分，相反的，若使用小 σ 照明方式的話，則會產生微細間距之密集接觸窗的解像度不夠充分的問題。

又，最近，例如在半導體元件之製造時，亦要求能將所謂的一方向密集接觸窗之圖案(即一方向以微細間距配置、與此正交之方向則係可視為實質上孤立圖案)，以高解像度轉印至晶圓上。

然而，為此而使用先前技藝之變形照明方式時，可視為孤立圖案之方向的解像度不夠充分，相反的，若使用小 σ 照明方式的話，則會產生以微細間距排列之方向的解像度不夠充分的問題。

【發明內容】

本發明有鑑於上述問題，其第 1 目的，係提供一種能同時將各種間距之圖案，分別以高解像度加以轉印之曝光技術。

又，本發明之第 2 目的，係提供一種能將一方向係週期性排列、與此正交之方向則為實質上孤立的圖案(一方向密集圖案)，以高解像度加以轉印之曝光技術。

此外，本發明之第 3 目的，係提供一種使用該曝光技術，能以高精度且高生產率製造包含各種圖案之元件，或包含一方向密集圖案的元件製造技術。

本發明之第 1 曝光方法，係以來自照明系統(12)之光束照明光罩(R)，以該光束透過該光罩及投影系統(PL)使基板(W)曝光，其特徵在於：係將該照明系統於既定面(Q1；Q3)之該光束的光量分佈，設定為外側輪廓含該照明系統之光軸(BX)的第 1 區域(28, 28R)，與配置成包圍該第 1 區域、分別小於該第 1 區域之 8 個區域(29A~29D, 30A~30D)的共 9 個區域的光量，大於除此以外之區域。

根據本發明，係藉由通過該第 1 區域之光束，以高解像度轉印間距較大、實質上可視為孤立接觸窗的圖案，而藉由通過 8 個區域(包圍該第 1 區域者)之光束，以高解像度轉印含中程度間距之圖案、到密集接觸窗般微細間距之圖案。因此，能同時將各種間距之圖案分別以高解像度加以轉印。

此時，該第 1 區域最好是環狀的區域(28R)。藉由在第 1 區域進行環狀照明，有時能更為改善解像度及焦深。又，

亦可使該第 1 區域、與包圍該第 1 區域之周邊區域的光量(例如，每單位面積之強度)不同。

又，舉一例而言，該既定面係該照明系統之光瞳面(Q1)；於該既定面之光量大於其他區域之光量的 9 個區域，係由該第 1 區域(28)，與沿著包圍該第 1 區域之第 1 圓周(32A)配置、分別小於該第 1 區域的 4 個第 2 區域(29A~29D)，以及沿著包圍該第 1 圓周之第 2 圓周(32B)配置、分別小於該第 1 區域的 4 個第 3 區域(30A~30D)所構成。

根據此構成，係藉由通過該第 2 區域之光束，以高解像度轉印中程度間距之圖案，而藉由通該第 3 區域之光束，以高解像度轉印微細間距之圖案。

此外，宜將該第 1 區域(28)、2 個該第 2 區域(29A, 29C)及 2 個該第 3 區域(30A, 30C)，沿通過該照明系統之光軸(BX)的第 1 直線(31A)配置，而將該第 1 區域、另 2 個該第 2 區域(29B, 29D)及另 2 個該第 3 區域(30B, 30D)，沿通過該照明系統之光軸、且與該第 1 直線正交的第 2 直線(31B)配置。

一般轉印對象之圖案，係沿正交的 2 個方向(其中一方稱「圖案的配置方向」)2 維配置。因此，藉由使該第 1 直線(或該第 2 直線)之方向與該圖案之配置方向交叉(尤以 45 度交叉為佳)，即能分別以高解像度轉印該 2 維配置之各種間距的圖案。

此外，該第 1 區域為圓形時之半徑(r_1)、以及該第 2 區域與該第 3 區域為圓形時之半徑(r_2 , r_3)，最好是能以該照明系統之最大 σ 值(以此為 σ)為基準，設定在以下範圍。

又，將該第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域設定為正方形、正六角形、或圓形之 $1/4$ 形狀等不同於圓形之其他形狀時，其面積最好是能與圓形時之面積相等。再者，該第 1 區域為環狀時，其外側半徑($r1$)最好是能設定在式(1)之範圍。

$$0.2\sigma \leq r1 \leq 0.4\sigma \quad \cdots (1)$$

$$0.075\sigma \leq r2 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (2)$$

$$0.075\sigma \leq r3 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (3)$$

若各區域小於式(1)、式(2)、式(3)之下限值的話，將有可能導致各種間距之圖案中，產生解像度降低之圖案。另一方面，若各區域大於式(1)、式(2)、式(3)之上限值的話，由於接近一般的照明方式，因此有可能產品對微細圖案之解像度降低之虞。

其次，本發明之第 2 曝光方法，係以來自照明系統(12)之光束照明光罩(R)，以該光束透過該光罩及投影系統(PL)使基板(W)曝光，其特徵在於：

係將該照明系統於既定面(Q1；Q3)之該光束的光量分佈，設定為外側輪廓含該照明系統之光軸(BX)的環狀第 1 區域(33R)，與配置成包圍該第 1 區域、且分別小於該第 1 區域之 4 個區域(34A～34D)的共 5 個區域的光量，大於除此以外之區域。

根據本發明，係藉由通過該環狀第 1 區域之光束，以高解像度轉印間距較大、實質上可視為孤立接觸窗的圖案，而藉由通過 4 個區域(包圍該第 1 區域者)之光束，以高

解像度轉印如密集接觸窗般微細間距之圖案。因此，能同時將各種間距之圖案分別以高解像度加以轉印。

又，作為一例，該既定面係該照明系統之光瞳面(Q1)；於該既定面之光量大於其他區域之光量的 5 個區域，係由該第 1 區域(33R)，與沿著包圍該第 1 區域之圓周(35)以實質上 90° 間隔配置、分別小於該第 1 區域的 4 個第 2 區域(34A~34D)所構成。

根據此構成，係藉由通過該第 2 區域之光束，以高解像度轉印微細間距之圖案。一般轉印對象之圖案，係沿正交的 2 個方向(其中一方稱「圖案的配置方向」)2 維配置。因此，藉由使配置該第 2 區域之方向與該圖案之配置方向交叉(尤以 45° 交叉為佳)，即能分別以高解像度轉印該 2 維配置之各種間距的圖案。

又，該第 1 區域之輪廓為圓形之環狀時的外側半徑($r1$)、以及該第 2 區域為圓形時之半徑($r2$)，最好是能以該照明系統之最大 σ 值(以此為 σ)為基準，設定在上述式(1)及式(2)之範圍內。如此，即能以高解像度轉印各種間距的圖案。

上述本發明中，從該既定面上配置在該照明系統光軸外之該光量較大之各區域所產生的光束，可以是直線偏光。此時，在該既定面上之該光束的偏光方向，實質上可與切線方向一致(亦即，該光束可以是 S 偏光)。

本發明之第 3 曝光方法，係以來自照明系統(12)之光束照明光罩(R1)，以該光束透過該光罩及投影系統(PL)使基板

(W)曝光，其特徵在於：係將該照明系統於既定面(Q1；Q3)之該光束的光量分佈，設定為彼此分離的 3 個區域(54, 55A, 55B；62, 63A, 63B)之光量大於除此以外之區域。

根據本發明，在該光罩形成有一方向密集圖案(52, 53)時，係藉由通過該 3 個區域之中央區域的光束，以高解像度將該圖案轉印於孤立的方向，而藉由通過挾著該中央區域之 2 個區域之光束，以高解像度將該圖案轉印至週期性排列之方向。

此時，該光量較大的 3 個區域，宜包含：該照明系統光軸附近之第 1 區域(54；62)，與配置成沿著通過該光軸之直線包夾該第 1 區域之第 2 區域(55A；63A)及第 3 區域(55B；63B)。或者，該光量較大的 3 個區域，亦可包含：該照明系統光軸附近之第 1 區域(54；62)，與配置在距該光軸大致相等距離之第 2 及第 3 區域(55A, 55B；63A, 63B)。

此等構成中，藉由將該 3 個區域排列之方向，對應(平行於)該一方向密集圖案週期性排列之方向，即能將該一方向密集圖案以高解像度轉印於孤立的方向及週期性方向的 2 方向。

換言之，形成於該光罩之圖案，包含沿既定之第 1 軸(X 軸)週期性的配置、且在與該第 1 軸正交之第 2 軸(Y 軸)方向實質上孤立的一方向密集圖案時，該光量較大的 3 個區域，最好是分離配置在與該第 1 軸平行的方向。據此，能將該一方向密集圖案分別以高解像度轉印於沿該第 1 軸及第 2 軸之方向。再者，該光量較大的 3 個區域，最好是沿

著通過該照明系統之光軸、且與該第 1 軸平行之直線配置。

又，該光量較大的 3 個區域中之中央的區域，其中央部之光量最好是設定成小於其他部分之光量。如此，不僅能提高該圖案於孤立方向的解像度，焦深亦變廣。

此場合，該中央區域例如係環狀區域。又，作為該中央區域之另一例，係由彼此分離的複數個區域(54A1, 54A2)構成。該中央區域中彼此分離的複數個區域，例如係在既定面上沿通過該照明系統光軸之既定直線配置。又，作為該中央區域中彼此分離的複數個區域之另一例，係根據該中央區域之大小來決定其排列方向。

又，舉一例而言，該 3 個區域係輪廓彼此實質上相同大小之區域。此外，該光量較大之 3 個區域之大小，最好是分別相當於該照明系統之最大 σ 值的 0.1 倍至 0.2 倍。若係如此，根據發明人之模擬可得到非常深的焦深。

又，該光量較大之 3 個區域中，在與該第 1 軸平行之方向兩端配置的 2 個區域(63A, 63B)，可以是其長邊方向分別與該第 2 軸方向之平行方向大致一致的形狀。如此，不僅能提高對一方向密集圖案之解像度，亦能抑制光量降低。

再者，該光量較大之 3 個區域中之中央區域(62A)，可以是其長邊方向與該第 1 軸方向之平行方向大致一致的形狀。

又，從該光量較大之 3 個區域中之中央區域產生之光束，與從另外 2 個區域產生之光束，其偏光狀態可彼此不同。此時，從該中央區域(62A)產生之光束與從該 2 個區域

(63A, 63B)產生之光束，其偏光方向大致正交。

又，該光量較大之 3 個區域中，中央區域與另外 2 個區域之大小可彼此不同。

又，從該光量較大之 3 個區域中除中央區域外之另外 2 個區域產生之光束，可分別為直線偏光。此時，舉一例而言，在該既定面上分佈於該另外 2 個區域之光束，其偏光方向分別與切線方向大致一致(亦即，該光束為 S 偏光)。

又，該既定面例如係該照明系統之光瞳面。此外，該既定面亦可是照明系統中，該光瞳面之共軛面、或投影系統之光瞳面(或光瞳面之共軛面)。若係如此，即能得到最高的解像度。

其次，本發明之第 1 曝光裝置，具有以光束照明光罩(R)的照明系統(12)，與以來自該光罩之該光束使基板(W)曝光的投影系統(PL)，其特徵在於：具有光學構件(21；42)，其係將該照明系統於既定面(Q1；Q3)之光束的光量分佈，設定為外側輪廓含該照明系統之光軸(BX)的第 1 區域(28；28R)，與配置成包圍該第 1 區域、分別小於該第 1 區域之 8 個區域(29A~29D, 30A~30D)的共 9 個區域的光量，大於除此以外之區域。

根據本發明，能藉由該光學構件，能同時以高解像度分別轉印各種間距之圖案。

此時，為進一步改善，該第 1 區域最好是環狀區域(28R)。

又，舉一例而言，該既定面係該照明系統之光瞳面

(Q1)；於該既定面之光量大於其他區域之光量的 9 個區域，係由該第 1 區域(28)，與沿著包圍該第 1 區域之第 1 圓周(32A)配置、分別小於該第 1 區域的 4 個第 2 區域(29A～29D)，以及沿著包圍該第 1 圓周之第 2 圓周(32B)配置、分別小於該第 1 區域的 4 個第 3 區域(30A～30D)所構成。

又，該第 1 區域(28)、2 個該第 2 區域(29A, 29C)及 2 個該第 3 區域(30A, 30C)，係沿通過該照明系統之光軸(BX)的第 1 直線(31A)配置；該第 1 區域、另 2 個該第 2 區域(29B, 29D)及另 2 個該第 3 區域(30B, 30D)，則係沿通過該照明系統之光軸、且與該第 1 直線正交的第 2 直線(31B)配置者較佳。

此場合，各區域之大小亦最好是能滿足式(1)～式(3)。

其次，本發明之第 2 曝光裝置，具有以光束照明光罩(R)的照明系統(12)，與以來自該光罩之該光束使基板(W)曝光的投影系統(PL)，其特徵在於：具有光學構件(21；42)，其係將該照明系統於既定面(Q1；Q3)之該光束的光量分佈，設定為外側輪廓含該照明系統之光軸(BX)的環狀第 1 區域(33R)，與配置成包圍該第 1 區域、且分別小於該第 1 區域之 4 個區域(34A～34D)的共 5 個區域的光量，大於除此以外之區域。

根據本發明，能藉由該光學構件，同時以高解像度分別轉印各種間距之圖案。

又，舉一例而言，該既定面係該照明系統之光瞳面(Q1)；於該既定面之光量大於其他區域之光量的 5 個區域，

係由該第 1 區域(33R)，與沿著包圍該第 1 區域之圓周(35)以實質上 90° 間隔配置、分別小於該第 1 區域的 4 個第 2 區域(34A~34D)所構成。

此場合，各區域之大小亦最好是能滿足式(1)~式(2)。

又，舉一例而言，該照明系統包含光學積分器(5)，此光學積分器係使該光束所照射之該光罩上之照明區域內的照度大致均勻；該光學構件包含繞射光學元件(21)，該繞射光學元件係在該照明系統內配置在該光學積分器之入射面側、且使該光束繞射於複數方向。特別是藉由相位型繞射光學元件之使用，能對光束獲得非常高的利用效率。

又，作為另一例該照明系統包含光學積分器(5)，此光學積分器係使該光束所照射之該光罩上之照明區域內的照度大致均勻；該光學構件包含孔徑光闌(42)，該孔徑光闌係配置在該既定面或其共軛面、且規定該既定面上光量被提高的區域。孔徑光闌不僅構造簡單、且能容易設定期望之光量分佈。

又，該光學構件最好是能在複數個區域設定出彼此不同的複數個光量分佈，此光量分佈包含光量被提高之光量分佈。如此，能分別以最佳的照明條件來使各種圖案曝光。

本發明之曝光裝置中，從該既定面上配置在該照明系統光軸外之該光量較大的各區域所產生之光束，可以是直線偏光。此時，於該既定面上之該光束的偏光方向，可實質上與切線方向一致(亦即，該光束為 S 偏光)。

又，舉一例而言，該光學構件可包含偏光構件，該偏

光構件係生成分別分佈在該既定面上不同區域的光束；並進一步具備偏光設定構件，以設定該照明系統內從該偏光構件所產生之光束的偏光狀態。

作為該偏光構件，其可以是在該照明系統之光程上，於複數方向產生繞射光之繞射光學元件(21)。

又，該光學構件亦可包含可動構件(71, 72)，該可動構件係配置在該光學構件之射出側，可改變該既定面上之該光軸外各區域與該照明系統光軸之位置關係；該偏光設定構件，係配置在該偏光構件與該可動構件之間。

又，該可動構件亦可具有光束通過的斜面(71b)，並包含沿該照明系統光軸移動之至少 1 個的可動稜鏡(71)；該光束係在該既定面上，分佈於除該第 1 區域外、包含該光軸外之複數個區域的既定區域。

又，該光學構件包含至少 1 個之可動稜鏡(71, 72)，其能改變包圍該第 1 區域、光量大於其他區域之光量之複數個區域的位置。該可動稜鏡，例如，具有光束通過的斜面(71b)，且沿該照明系統之光軸移動；該光束係在該既定面上，分佈於除該第 1 區域外、包含該光軸外之複數個區域的既定區域。又，作為該可動稜鏡之另一例，係具有在既定面上分佈於該第 1 區域之光束通過、且與該照明系統之光軸大致正交的平面(71)。

其次，本發明之第 3 曝光裝置，具有以光束照明光罩(R)的照明系統(12)，與以來自該光罩之該光束使基板(W)曝光的投影系統(PL)，其特徵在於：具有光學構件，其係將該照

明系統於既定面(Q1；Q3)之該光束的光量分佈，設定為實質上包含該照明系統光軸的第1區域(28, 28R)，與配置在該第1區域外側之複數個區域之光量，大於除此以外區域之光量；該光學構件包含偏光構件(21)，與為了改變該既定面上之該光軸外各區域與該照明系統光軸之位置關係、具有平面與斜面的至少1個可動稜鏡(71)；該偏光構件係生成分別分佈在該既定面上不同區域的光束；該平面，係從該偏光構件產生而在該既定面上分佈於該第1區域之光束通過、且與該照明系統之光軸大致正交者；該斜面，係分佈於既定區域之光束通過者，該既定區域包含除該第1區域外之該光軸外的複數個區域。

根據本發明，可藉由該偏光構件，同時以高解像度分別轉印各種間距之圖案。再者，可藉由該可動稜鏡，視待轉印圖案之種類等來調整成像特性。

此發明中，舉一例而言，該照明系統包含光學積分器(5)，此光學積分器係使該光束所照射之該光罩上之照明區域內的照度大致均勻；該可動稜鏡係在該照明系統內配置在該光學積分器之入射側、沿該光軸移動。

又，從配置在該第1區域外側之複數個區域產生之光束，可以是在該既定面上之偏光方向實質上與切線方向一致的直線偏光(S偏光)。

又，該光學構件最好是能在包含該第1區域之複數個區域設定出彼此不同的複數個光量分佈，此光量分佈包含光量被提高之光量分佈。

其次，本發明之第 4 曝光裝置，具有以光束照明光罩(R)的照明系統(12)，與以來自該光罩之該光束使基板(W)曝光的投影系統(PL)，其特徵在於：具有光學構件(22A, 22B；42A, 42B)，其係將該照明系統於既定面之該光束的光量分佈，設定為彼此分離的 3 個區域(54, 55A, 55B；62, 63A, 63B)之光量大於除此以外區域之光量。

根據此發明，可藉由該光學構件之使用，能將一方向密集圖案以高解像度分別轉印於週期性排列之方向及孤立的方向。

此場合，該光量較大的 3 個區域，宜包含：該照明系統光軸附近之第 1 區域(54, 62)，與配置成沿著通過該光軸之直線包夾該第 1 區域之第 2 區域(55A, 63A)及第 3 區域(55B, 63B)。又，該光量較大的 3 個區域，亦可包含：該照明系統光軸附近之第 1 區域(54, 62)，與配置在距該光軸大致相等距離之第 2 及第 3 區域(55A, 55B；63A, 63B)。

此等構成中，若形成於該光罩之圖案，係包含沿既定之第 1 軸(X 軸)週期性配置、且在與該第 1 軸正交之第 2 軸(Y 軸)方向係實質上孤立的一方向密集圖案(52, 53)時，該光量較大的 3 個區域，最好是分離配置在與該第 1 軸平行的方向。據此，能將該一方向密集圖案以高解像度分別轉印於沿該第 1 軸及第 2 軸之方向。此外，該光量較大的 3 個區域，最好是沿著通過該照明系統之光軸、且與該第 1 軸平行之直線配置。

又，該光量較大的 3 個區域中之中央的區域，最好是

被設定為其中央部之光量小於其他部分之光量。如此，能提高該圖案於孤立方向之解像度，焦深亦能變廣。

此時，該中央之區域例如係環狀區域(54)。又，作為該中央區域之另一例，其係由彼此分離的複數個區域(54A1, 54A2)構成。該中央區域之彼此分離的複數個區域，例如係在該既定面上沿通過該照明系統光軸之既定直線配置。此外，作為該中央區域之彼此分離的複數個區域之另一例，係根據該中央區域之大小來決定其排列方向。

又，該光量較大之 3 個區域之大小，最好是分別相當於該照明系統之最大 σ 值的 0.1 倍至 0.2 倍。如此，能獲得較深的焦深。

又，本發明中，該光量較大之 3 個區域中，在與該第 1 軸平行之方向兩端配置的 2 個區域(63A, 63B)，可以是其長邊方向分別與該第 2 軸之平行方向大致一致的形狀。

再者，該光量較大之 3 個區域中之中央區域(62A)，可以是其長邊方向與該第 1 軸之平行方向大致一致的形狀。

又，從該光量較大之 3 個區域中之中央區域產生之光束，可以是偏光方向與該第 2 軸平行之方向大致一致的直線偏光。

又，從該光量較大之 3 個區域中之中央區域產生之光束，與從另外 2 個區域產生之光束，其偏光狀態可彼此不同。此時，舉一例而言，從該中央區域產生之光束與從該 2 個區域產生之光束，其偏光方向大致正交。

又，該光量較大之 3 個區域中，中央區域與另外 2 個

區域之大小可彼此不同。

又，從該光量較大之 3 個區域中除中央區域外之另外 2 個區域產生之光束，可分別為直線偏光。此時，舉一例而言，在該既定面上分佈於該另外 2 個區域之光束，其偏光方向分別與切線方向大致一致(S 偏光)。

又，舉一例而言，該光學構件包含偏光構件(22A, 22B)，該偏光構件係生成分別分佈在該既定面上不同區域的光束；並進一步具備偏光設定構件，以設定該照明系統內從該偏光構件所產生之光束的偏光狀態。

此場合，該光學構件可進一步包含可動構件(71, 72)，該可動構件係配置在該偏光構件之射出側，可改變該光量較大之 3 個區域中、除中央區域外之另外 2 個區域與該照明系統光軸的位置關係；該偏光設定構件，可配置在該偏光構件與該可動構件之間。

又，該可動構件包含至少 1 個可動稜鏡(72)，該可動稜鏡具有光束通過的斜面、並沿該照明系統光軸移動；該光束係在該既定面上，分佈於除該中央區域外、包含該另外 2 個區域的既定區域。

又，本發明中，該光學構件可包含至少 1 個可動稜鏡(71, 72)，其能改變該光量較大之 3 個區域中除中央區域外之另外 2 個區域的位置。此時，舉一例而言，該可動稜鏡具有光束通過的斜面(71b)，且沿該照明系統之光軸移動；該光束係在該既定面上，分佈於除該中央區域外、包含該另外 2 個區域的既定區域。

又，該可動稜鏡，可具有在既定面上分佈於該中央區域之光束通過、且與該照明系統之光軸大致正交的平面(71a)。再者，舉一例而言，該照明系統包含光學積分器(4)，此光學積分器係使該光束所照射之該光罩上之照明區域內的照度大致均勻；該可動稜鏡，係在該照明系統內配置在該光學積分器之入射側。

又，該既定面例如係該照明光學系統之光瞳面(Q1)。此時，舉一例而言，該照明系統包含光學積分器(5)，此光學積分器係使該光束所照射之該光罩上之照明區域內的照度大致均勻；該光學構件(22A, 22B)，包含在該照明系統內配置在該光學積分器之入射面側的繞射光學元件。在此構成下，可獲得高的照明效率。

又，作為該既定面係該照明光學系統之光瞳面(Q)的另一例，該照明系統包含光學積分器(5)，此光學積分器係使該光束所照射之該光罩上之照明區域內的照度大致均勻；該光學構件，包含配置在該既定面或其共軛面、且用以規定該3個區域的孔徑光闌(42A, 42B)。此構成下，能容易的將在該既定面之光量分佈，設定成期望之光量分佈。

又，該光學構件最好是能在該3個區域設定出彼此不同的複數個光量分佈，此光量分佈包含光量被提高之光量分佈。如此，即能以高解像度分別轉印各種圖案。

其次，本發明之元件製造方法，係包含微影製程，其特徵在於：於該微影製程中使用本發明之曝光方法或曝光裝置，將圖案(R)轉印至感光體(W)。使用本發明之曝光方法

或曝光裝置，即能以高精度來量產包含各種間距之圖案的元件、或包含一方向密集圖案的元件。

本發明中，將照明系統於既定面之光量分佈，設定成既定 9 個或 5 個區域之光量較大時，即能同時以高解像度分別轉印各種間距之圖案。

又，將中心之第 1 區域設定成環狀，能更為改善解像度及焦深。又，藉由控制光束之偏光狀態，有時能進一步改善解像度等。

又，本發明中，將照明系統於既定面之光量分佈，設定成既定 3 個區域之光量較大時，能以高解像度轉印一方向密集圖案。

又，在形成於該光罩之圖案，包含沿既定之第 1 軸週期性配置、且在與該第 1 軸正交之第 2 軸方向係實質上孤立的一方向密集圖案時，將該光量較大的 3 個區域分離配置在與該第 1 軸平行的方向，即能將該一方向密集圖案以高解像度轉印於週期性排列方向、及孤立方向的二方向。再者，本發明中，將從該光量較大的 3 個區域產生之光束的偏光狀態，設定為既定狀態時，有時能提昇對既定圖案之解像度。

【實施方式】

[第 1 實施形態]

以下，參照圖 1～圖 9 說明本發明較佳之第 1 實施形態。本例，係在以投影曝光裝置(使用具備作為光學積分器(均質器、uniformizer 或 homogenizer)之複眼透鏡的照明系

統)進行曝光時適用本發明者。

圖 1(A)係顯示本例之掃描曝光型投影曝光裝置的構成，此圖 1(A)中，作為曝光光源 1，係使用 KrF 準分子雷射光源(波長 248nm)。又，作為曝光光源 1，亦可使用 ArF 準分子雷射光源(波長 193nm)、F₂ 雷射光源(波長 157nm)、Kr₂ 雷射光源(波長 146nm)、或 Ar₂ 雷射光源(波長 126nm)等雷射光源，以及 YAG 雷射之高諧波產生光源、固體雷射(例如半導體雷射等)之高諧波產生裝置等。

從曝光光源 1 射出、作為曝光用光束(曝光光束)之由紫外脈衝光構成之照明用光 IL，在被光束放大器 2 將光束之截面形狀轉換成期望形狀後，透過光程彎曲用反射鏡 3 射入第 1 繞射光學元件 21，如後述般，被轉換成繞射於複數方向之光束 DL，以能在既定面(例如，照明光學系統之光瞳面)獲得既定之光量分佈。作為用以設定光量分佈之光學構件之一部分的繞射光學元件 21，係安裝於旋轉器 24，於此旋轉器 24，亦安裝有具其他繞射特性之第 2 繞射光學元件 22、以及其他具不同繞射特性之繞射光學元件(未圖示)。本例係構成為：用以統籌控制裝置全體之動作的主控制系統 17，可透過驅動部 23 來控制旋轉器 24 之旋轉角，將繞射光學元件 21, 22 等之任一者設置在照明用光 IL 之光程上，據以切換照明條件。

圖 1(A)中，因繞射光學元件 21 而繞射之光束 DL，被中繼透鏡 4 聚光，經第 1 稜鏡 71 及第 2 稜鏡 72(可動稜鏡)後聚光於作為光學積分器之複眼透鏡 5 的入射面。此場合，

繞射光學元件 21 係配置在較中繼透鏡 4 之前側焦點略偏於曝光光源 1 側的位置，複眼透鏡 5 之入射面則係大致配置在中繼透鏡 4 之後側焦點的位置。此外，從繞射光學元件 21 往互異方向繞射之複數個光束，係在複眼透鏡 5 之入射面上聚光於互異之區域，於複眼透鏡 5 之射出面(射出側焦點面)Q1，形成有其分佈大致對應該入射面之光量分佈的面光源(本實施形態中，係由多數光源像所構成之 2 次光源)。藉由中繼透鏡 4 與複眼透鏡 5 所構成之合成透鏡系統，使繞射光學元件 21 之射出面與複眼透鏡 5 之射出面 Q1 大致共軛(成像關係)。

本例中，繞射光學元件 21、第 1 稜鏡 71 及第 2 稜鏡 72 係對應用來設定既定光量分佈之光學構件。如圖 1(B)所示，第 1 稜鏡 71，係在以照明光學系統之光軸 BX(後述)為中心之圓形區域為平行平板 71a、於其周邊部為凹之圓錐體 71b 的構件；第 2 稜鏡 72，則係相對第 1 稜鏡 71 其凹凸相反，且與第 1 稜鏡 71 組合時其全體為構成平行平板 72a 的構件。又，通過第 1 及第 2 稜鏡 71, 72 中心之圓形區域(亦即，沿光軸 BX 在第 1 及第 2 稜鏡 71, 72 內直線前進)的光束，係分佈於複眼透鏡 5 之射出面 Q1 上、光量分佈之中心且光量提高之區域，而通過第 1 及第 2 稜鏡 71, 72 周邊之圓錐部(斜面)的光束，則係分佈於該光量分佈之周邊且光量提高之複數個區域(或包含該複數個區域之既定區域)。

又，將第 1 及第 2 稜鏡 71, 72 之至少一方，例如，本例中係僅將第 2 稜鏡以未圖示之驅動機構支持為能沿光軸

BX 移動自如，使第 2 稜鏡 72 沿光軸 BX 位移，來改變第 1 稜鏡 71 與第 2 稜鏡 72 間之間隔，即能將在複眼透鏡 5 之射出面 Q1 之光量分佈，在不改變中心分佈(後述區域 28, 33 等之位置)的情形下，將周邊光量大之複數區域的位置於半徑方向進行調整(亦即，使 X 方向、Y 方向之複數區域的位置(與光軸 BX 之距離)為可變)。

又，亦可取代稜鏡 71 及 72，而使用圓錐體的部分為角錐體(或金字塔形)之稜鏡。又，不使用 2 個稜鏡 71, 72，而僅使用第 1 稜鏡 71 使其位置沿光軸 BX 為可變亦是可行的。此外，作為可動稜鏡，如圖 1(C)所示，使用在一方向具有折射力，而與此正交之方向沒有折射力之一對 V 字形的間隔可變稜鏡 71A, 71B 亦可。又，稜鏡 71A, 71B，係配置成各個之中心矩形區域(本例中為平行平面板)與光軸 BX 大致正交，且周邊部之 2 個斜面包含光軸 BX 在與圖 1(C)之圖面正交的面，係大致對稱。

此構成中，藉由改變稜鏡 71A, 71B 之間隔，於圖 1(C)之紙面內上下方向(例如，在顯示照明光學系統 12 之光瞳面之照明用光光量分佈的圖 3 中係對應 Y 方向)的周邊光量較大區域之位置會變化。因此，為調整在與其正交方向(與圖 1(C)之紙面垂直的方向，圖 3 中係對應 X 方向)的周邊光量較大區域之位置(與光軸 BX 之距離)，可使用將一對稜鏡 71A, 71B 繞光軸 BX 旋轉 90° 所構成之另一對稜鏡 71C, 71D。據此，即能獨立調整彼此正交之 2 方向的周邊光量較大區域之位置(與光軸 BX 之距離)。

又，前述斜面為圓錐、角錐或 V 字形的稜鏡，其分別與光軸 BX 正交之中心平面部雖是平行平板，但亦可以是其中心部的至少一部分被切除的開口部(中空部)，或者將複數個部分分別予以加工後固定成一體亦可。若為後者時，僅將周邊之斜面部(除中心之平面部外)分割為複數塊後將其固定為一體亦可。

不過，圖 1(A)中，若不需要在半徑方向改變複眼透鏡 5 之射出面 Q1 之周邊光量較大之複數個區域之位置時，省略第 1 稜鏡 71 及第 2 稜鏡 72 亦是可能的。

又，複眼透鏡 5，例如係將具有長方形截面形狀(縱橫寬度為數 mm 程度)之多數個透鏡元件束起而成，各透鏡元件之之截面形狀與標線片上之細長照明區域大致相似。不過，作為複眼透鏡 5，亦可使用將截面形狀為寬數 $10\mu\text{m}$ 程度之四角形、或直徑為數 $10\mu\text{m}$ 程度之圓形的多數個微小透鏡加以束起所構成的微型複眼透鏡(micro-flyeye lens)。

從複眼透鏡 5 射出之光束所構成的照明用光 IL，藉由聚光透鏡系統 6 而聚光在面 Q2 上。在面 Q2 之些微前方，配置有用以規定作為被照明體之標線片 R 上之照明區域在非掃描方向(與掃描方向正交之方向)之細朝形狀的固定視野光闌(固定遮簾)7，於面 Q2 上配置有可動視野光闌(可動遮簾)8。可動視野光闌 8，係使用來在掃描曝光前後控制該照明區域之掃描方向寬度以防止不必要的曝光，並規定掃描曝光中該照明區域之掃描方向寬度。舉一例而言，係由後述標線片載台驅動系統 16，透過驅動部 13 與標線片載台

之動作同步控制可動視野光闌 8。

通過視野光闌 7 及 8 之照明用光 IL，透過成像用透鏡系統 9、光程彎曲用反射鏡 10、及主聚光透鏡系統 11，以相同的照明強度來照射作為光罩之標線片 R 的圖案面(以下，稱「標線片面」)之電路圖案區域上之細長照明區域。以曝光光源 1、光束放大器 2、反射鏡 3、繞射光學元件 21(或其他繞射光學元件)、中繼透鏡 4、複眼透鏡 5、聚光透鏡系統 6、視野光闌 7, 8、成像用透鏡系統 9、反射鏡 10、及主聚光透鏡系統 11 來構成照明光學系統 12。作為照明系統之照明光學系統 12 之光軸，設為光軸 BX。此場合，複眼透鏡 5 之射出面 Q1，係與照明光學系統 12 之光瞳面、亦即相對標線片面與光學傅立葉變換面實質上一致，配置可動視野光闌 8 之面 Q2，係該標線片面之共軛面。此外，固定視野光闌 7，例如亦可配置在標線片面附近。

在照明光 IL 之照明下，標線片 R 之照明區域內之電路圖案，係透過作為投影系統之兩側遠心的投影光學系統 PL、以既定之縮小倍率 β (β 例如為 $1/4$ 、 $1/5$)，被轉印至配置在投影光學系統成像面之作為基板之晶圓 W 上之複數個曝光照射區域中之 1 個曝光照射區域的光阻層。又，標線片 R 及晶圓 W 可分別視為第 1 物體及第 2 物體。又，作為被曝光用基板之晶圓 W，例如係半導體(矽等)或 SOI(Silicon on Insulator)等直徑為 200 或 300mm 之圓板狀基板。

投影光學系統 PL 之光軸 AX，係在標線片 R 上與照明

光學系統 12 之光軸 BX 一致。又，投影光學系統 PL 之光瞳面 Q3(對標線片面之光學傅立葉變換面)，係與複眼透鏡 5 之射出面 Q1(照明光學系統 12 之光瞳面)共軛。本例之投影光學系統 PL，除折射系統外，亦可使用例如日本專利特開 2000-47114 號公報(與此對應之美國專利第 6,496,306 號)所揭示之具有複數個光學系統(具有彼此交叉之光軸)的折反射式投影光學系統，或例如國際公開(WO)01/065296 號(與此對應之美國公開 2003/0011755A1)所揭示之包含：具有從標線片朝向晶圓之光軸的光學系統、與具有大致正交於該光軸之光軸的折反射系統，在內部形成二次中間像的折反射式投影光學系統等。以下，係取平行於投影光學系統 PL 之光軸 AX 的方向為 Z 軸，在垂直於 Z 軸之平面內與標線片 R 及晶圓 W 之掃描方向正交之非掃描方向(此處，係圖 1(A)中與紙面平行的方向)為 X 軸，以該掃描方向(此處，係圖 1(A)中與紙面垂直的方向)為 Y 軸來進行說明。

首先，標線片 R 被吸附保持在標線片載台 14 上，標線片載台 14 能在標線片基座 15 上以等速度往 Y 方向移動，且能在 X 方向、Y 方向、繞 Z 軸之旋轉方向微動。標線片載台 14 之位置，係以設在標線片載台驅動系統 16 內之雷射干涉器加以測量。標線片載台驅動系統 16，根據該測量資訊及來自主控制系統 17 之控制資訊，透過未圖示之驅動機構控制標線片載台 14 之位置及速度。

另一方面，晶圓 W 係透過晶圓保持具(未圖示)吸附保持在晶圓載台 18 上，晶圓載台 18 係被裝載成能在晶圓基

座 19 上往 X 方向、Y 方向移動自如。又，在晶圓載台 18 之位置，係以晶圓載台驅動系統 20 內之雷射干涉器加以測量。圓載台驅動系統 20，根據該測量資訊及來自主控制系統 17 之控制資訊，透過未圖示之驅動機構控制晶圓載台 18 之位置及速度。又，於晶圓載台 18 組裝有對焦機構，其係根據未圖示之自動對焦感測器之測量資訊，在掃描曝光中將晶圓 W 表面對齊於投影光學系統 PL 之成像面。

在掃描曝光時，係在主控制系統 17、標線片載台驅動系統 16、及圓載台驅動系統 20 的控制下，來重複進行；透過標線片載台 14 對照明用光 IL 所照射之照明區域於 Y 方向以速度 VR 掃描標線片 R，與此同步的，透過晶圓載台 18 對細長曝光區域(與投影光學系統 PL 之照明區域共軛之照明用光 IL 的照射區域以)於對應方向(+Y 方向或-Y 方向)以速度 $\beta \cdot VR$ (β 係投影倍率)掃描晶圓 W 上之一個曝光照射區域的動作，與透過晶圓載台 18 使晶圓 W 往 X 方向、Y 方向步進移動的動作。藉由此步進掃描(step & scan)動作，將標線片 R 之電路圖案轉印至晶圓 W 上的所有曝光照射區域。

其次，詳細說明本例之照明光學系統及照明方法。

圖 2，係顯示圖 1(A)中形成於標線片 R 之轉印用圖案(原版圖案)例，此圖 2 中，在標線片 R 之圖案區域 PA 內，形成有分別在 X 方向、Y 方向以間距 P1, P2 及 P3 配置大致正方形之圖案 25A, 25B 及 25C，所構成之 3 種接觸窗的 2 維圖案。各圖案 25A, 25B 及 25C，可分別是形成在遮光膜中

之穿透圖案，相反的，亦可是形成在穿透部中之遮光圖案。又，各圖案 25A, 25B 及 25C 之寬度，分別係所對應之間距 $P1$, $P2$ 及 $P3$ 的 $1/2$ 程度、或更小之值，但亦有間距較大之圖案 25B, 25C 之寬度，與間距最微細之圖案 25A 的寬度相同之情形。此時，間距 $P1$, $P2$ 及 $P3$ ，係設定為如下之數倍遞增的關係。

$$P1 < P2 < P3 \quad \cdots (4)$$

若設圖 1(A)之投影光學系統 PL 之投影倍率 β 為 $1/4$ 時，在標線片面上之間距 $P1$, $P2$ 及 $P3$ ，例如係被分別設定為 300nm、600nm、900nm 程度。亦即，標線片 R 之原版圖案，包含微細間距之密集接觸窗用的第 1 圖案、中程度間距之密集接觸窗用的第 2 圖案、以及實質上可視為孤立接觸窗之以大間距排列之接觸窗用的第 3 圖案。為了將此種原版圖案之像以高精度一次的轉印至晶圓上，本例係如圖 1(A)所示，在照明用光 IL 之光程上配置繞射光學元件 21，來將照明用光 IL 在作為既定面之複眼透鏡 5 之射出面 $Q1$ (光瞳面)的光量分佈(強度分佈)設定為既定分佈。

圖 3 係顯示本例圖 1(A)之照明用光 IL 在複眼透鏡 5 之射出面 $Q1$ (照明光學系統 12 之光瞳面)的光量分佈，此圖 3 中，係將射出面 $Q1$ 上對應圖 2 之標線片 R 上之 X 方向及 Y 方向(即轉印用圖案的排列方向)的方向，分別設為 X 方向及 Y 方向。此處，若設圖 1(A)之投影光學系統 PL 物體側(標線片側)之孔徑數設為 NA 、將像側(晶圓側)之孔徑數設為 NA_{PL} 的話，使用投影倍率 β 時成立以下的關係。

$$NA = \beta \cdot NA_{PL} \quad \cdots (5)$$

進一步的，若設從照明光學系統 12 射入標線片 R 之照明用光 IL 之孔徑數內的最大值為 NA_{IL} ，本例中，係將該最大孔徑數 NA_{IL} 對投影光學系統 PL 之孔徑數 NA 之比值(相干係數)稱為最大 σ 值，以最大 σ 值為 σ 。亦即，最大 σ 值之照明用光，係指照明用光 IL 中以最大入射角射入標線片 R 之光，最大 σ 值(σ)可表示如下。

$$\sigma = NA_{IL} / NA = NA_{IL} / (\beta \cdot NA_{PL}) \quad \cdots (6)$$

於圖 3 所示之照明光學系統之光瞳面，最外側之圓周 26，係表示假想光束(具有與投影光學系統 PL 之入射側孔徑數 NA 相同孔徑數)所通過區域之外周，其內側的圓周 27，表示與具有最大 σ 值(σ)孔徑數之照明用光所通過區域相接的圓周，所有的照明用光皆通過圓周 27 內部。本例之照明用光 IL 的光量分佈，於圖 3 中，係在下述彼此分離的 9 個區域中具有大致一定的光量，在其他區域則為低於該一定光量之光量(本例中大致為 0)，該 9 個區域，包含：以照明光學系統 12 之光軸 BX 為中心之半徑 r1 的圓形區域 28，其中心沿著包圍該區域 28 之半徑 R1 之第 1 圓周 32A 配置的 4 個半徑 r2 的圓形區域 29A, 29B, 29C, 29D，以及其中心沿著包圍該區域 29A~29D 之半徑 R2 之第 2 圓周 32B 配置的 4 個半徑 r3 的圓形區域 30A, 30B, 30C, 30D。又，在區域 28、區域 29A~29D、及區域 30A~30D 之輪廓附近，光量可以呈往外側逐漸減少之分佈。中心區域 28 係對應第 1 區域，包圍該中心區域 28 之區域 29A~29D 係對應第 2

區域，包圍該區域 29A~29D 之區域 30A~30D 則係對應第 3 區域。以下，該半徑 $r_1 \sim r_3$ 及 R_1, R_2 ，係分別以相當於最大 σ 值(σ)之長度(最大 σ 值(σ)通過之點、與光軸 BX 間之間隔)的單位來加以顯示。

首先，中心區域 28，係被設定成大於其他 8 個區域 29A~29D 及 30A~30D($r_1 > r_2, r_1 > r_3$)。再者，由於本例中轉印對象之 2 維圖案的排列方向為 X 方向、Y 方向，因此係以在 X 方向順時鐘以 45° 交叉之直線為第 1 直線 31A、與第 1 直線 31A 正交之直線(在 X 方向反時鐘以 45° 交叉之直線)為第 2 直線 31B。然後，將中心區域 28、中間的 2 個區域 29A 及 29C、以及最外周的 2 個區域 30A 及 30C 配置在第 1 直線 31A 上，將中心區域 28、中間的另 2 個區域 29B 及 29D、以及最外周的另 2 個區域 30B 及 30D 配置在第 2 直線 31B 上。亦即，包圍中心區域 28 的 8 個區域 29A~29D 及 30A~30D，係沿著將轉印圖案之正交的 2 個排列方向旋轉 45° 的 2 個正交方向排列。

此外，舉一例而言，區域 28 之半徑 r_1 、區域 29A~29D 之半徑 r_2 、區域 30A~30D 之半徑 r_3 ，係如下式般，分別設定為最大 σ 值(σ)(此處，係圓周 27 之半徑)的 0.3 倍、0.1 倍、及 0.1 倍。

$$r_1 = 0.3 \sigma \quad \cdots (7)$$

$$r_2 = r_3 = 0.1 \sigma \quad \cdots (8)$$

進一步的，第 1 圓周 32A 之半徑 R_1 及第 2 圓周 32B，係如下式般，分別設定為最大 σ 值的 0.55 倍及 0.9 倍。

$$R1 = 0.55 \sigma \quad \cdots (9)$$

$$R2 = 0.9 \sigma \quad \cdots (10)$$

此時，區域 28 之外周與第 1 圓周 32A 在半徑方向之間隔 $d1$ 、及第 1 圓周 32A 與第 2 圓周 32B 在半徑方向之間隔 $d2$ 如下。

$$d1 = 0.25 \sigma, d2 = 0.35 \sigma \quad \cdots (11)$$

此時，圖 1(A)之繞射光學元件 21 之繞射特性，係被設定為能在滿足式(7)～式(10)條件之圖 3 之光瞳面上的區域 28、區域 29A～29D、及區域 30A～30D 之光量大致一定，而其他區域之光量大致為 0 的光量分佈。因此，繞射光學元件 21，例如，可藉由在光穿透性之基板上形成大致沿圖 3 之直線 31A 方向具有規則性的凹凸光柵、與大致沿直線 31B 方向具有規則性的凹凸光柵來加以製造。此外，繞射光學元件 21，亦可以是組合複數片相位型繞射光柵所得者。此情形下，由於繞射光學元件 21 為相位型，因此其優點為光的利用效率高。再者，作為繞射光學元件 21，亦可使用以繞射光柵狀分佈來變化折射率分佈之光學元件。關於具有特定繞射特性之繞射光學元件的構造及製造方法，例如已詳細揭露在本申請人之日本專利特開 2001-176766 號公報(對應美國專利第 6,563,567 號)中。

又，將使用繞射光學元件 21 所得之光量分佈，在包含區域 28、區域 29A～29D 及區域 30A～30D 之區域中形成為大致一定的光量，將對應區域 28、區域 29A～29D 及區域 30A～30D 之部分形成有開口之孔徑光闌，配置在圖 1(A)

之複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)或其共軛面亦可。此時，亦能獲得照明用光 IL 之利用效率高的優點。

關於本例，發明人係在滿足式(7)～式(10)條件之圖 3 之光瞳面上的區域 28、區域 29A～29D、及區域 30A～30D 之光量大致一定，而其他區域之光量大致為 0 的光量分佈的情形下，以電腦模擬進行了在標線片面配置各種間距之接觸窗圖案，將該圖案之縮小像透過投影光學系統 PL 轉印至晶圓 W 上時所得之 CD(臨界尺寸、critical dimension)評價。本例之 CD，係被轉印圖案之線寬。又，在進行此模擬時，係如下述般，設圖 1(A)之投影光學系統 PL 之像側(晶圓側)的孔徑光闌為 0.82、投影倍率 β 為 1/4 倍、最大 σ 值(σ)為 0.9。

$$NA = 0.82, \beta = 1/4, \sigma = 0.9 \quad \cdots (12)$$

圖 5 之曲線 36，係顯示在該光瞳面上之 9 個區域光量一定時的模擬結果，圖 5 之橫軸為標線片面上待轉印圖案之間距(nm)、縱軸係對應該間距之 CD 值(nm)。圖 5 之間距 280～1120nm，在晶圓側係相當於 70～280nm。由曲線 36 可知，藉由本例光量分佈之使用，即能對標線片上間距為 280～1120nm 之廣範圍的接觸窗圖案，獲得大致一定之良好的 CD 值。

承上所述，藉由使用本例圖 3 之光瞳面上之光量分佈，即能將包含圖 2 中 3 種間距圖案之標線片 R 的圖案，以高精度一次的轉印至晶圓 W 上。

又，圖 3 之光瞳面上之光量分佈，並不一定須要滿足

式(7)～式(11)，只要區域 28 之半徑 r_1 、區域 29A～29D 之半徑 r_2 、區域 30A～30D 之半徑 r_3 ，分別在下述範圍即可。

$$0.2\sigma \leq r_1 \leq 0.4\sigma \quad \cdots (13)$$

$$0.075\sigma \leq r_2 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (14)$$

$$0.075\sigma \leq r_3 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (15)$$

再者，第 1 圓周 32A 之半徑 R_1 及第 2 圓周 32B 之半徑 R_2 ，可分別在式(9)及式(10)之 $\pm 10\%$ 範圍內變化。又，投影光學系統 PL 像側之孔徑數 NA_{PL} 、投影倍率 β 、及最大 σ 值(σ)，不限於上述而可為任意之值。例如，欲控制最大 σ 值(σ)時，只要改變圖 1(A)之稜鏡 71 及 72 的間隔，來使圖 3 之光量分佈中周邊光量較大區域 29A～29D 及區域 30A～30D 之半徑方向位置(在 X 方向、Y 方向與光軸 BX 間之距離)變化即可。此外，如圖 1(C)所示，使用二對稜鏡 71A, 71B 及 71C, 71D，在 X 方向及 Y 方向分別獨立控制圖 3 之光量分佈中、周邊光量較大區域 29A～29D 及區域 30A～30D 之位置(與光軸 BX 間之距離)亦可。

又，在圖 3 之光量分佈中，亦可使中心區域 28 之光量(例如每單位面積之強度)、與周邊 8 個區域 29A～29D、30A～30D 之光量相異。再者，亦可使周邊沿第 1 圓周 32A 之 4 個區域 29A～29D 的光量、與沿第 2 圓周 32B 之 4 個區域 30A～30D 的光量相異。此等光量之相對大小，例如係調整為對每一待轉印之圖案皆能獲得最佳的解像度。

進一步的，取代圖 3 之光量分佈，而使用如圖 6(B)所示之光量分佈亦可，亦即，在包含將圖 3 之周邊半徑方向

各 2 個的區域 39A, 30A, 29B, 30B, 29C, 30C 及 29D, 30D, 分別實質上連結於半徑方向的 4 個細長區域 130A, 130B, 130C, 130D, 與中心區域 28 之 5 個區域使光量較大的光量分佈。此情形下, 亦能大致同樣的對各種間距之圖案獲得高解像度。又, 圖 6(B)之光量分佈中, 分別排列於半徑方向之 2 個區域之連結部之光量, 可與該 2 個區域之光量相同, 或亦可與該 2 個區域之光量不同、例如小於該 2 個區域之光量。

又, 若欲進一步改善使用圖 3 之光量分佈時的解像度及焦深的話, 取代作為第 1 區域之中央圓形區域 28, 而使用環狀區域即可。

圖 6(A), 係顯示第 1 區域為環狀區域時在圖 1(A)之複眼透鏡 5 之射出面 Q1(照明光學系統 12 之光瞳面)的照明用光 IL 之光量分佈。圖 6(A)中(對應圖 3 之部分係使用同一符號), 包含以光軸 BX 為中心之外半徑 $r1$ 內半徑 $r1R$ 之環狀區域 28R、與包圍環狀區域 28R 之 8 個區域 29A~29D 及區域 30A~30D 的共 9 個區域之光量大致一定, 而其他區域之照明用光光量大致為 0。又, 環狀區域 28R 之外半徑 $r1$ 與內半徑 $r1R$ 之比($=r1/r1R$)可以是 0 與 1 之間的任意值, 舉一例而言, 可使用 $1/3$ 環($r1/r1R=1/3$)、 $1/2$ 環($r1/r1R=1/2$)、或 $2/3$ 環($r1/r1R=2/3$)等。其他條件則與使用圖 3 之光量分佈時相同。

使用圖 6(A)之光量分佈時, 能獲得較圖 5 之曲線 36 所示 CD 值之模擬結果更為安定的 CD 值分佈。再者, 能以更

廣的焦深獲得安定的 CD 值。

又，本例中，分佈在圖 6(A)之周邊區域 29A~29D 及 30A~30D 之光線，可以是直線偏光。此時，舉一例而言，可以是如箭頭 AR 所示，使分佈於該周邊區域之光線，是偏光方向為切線方向(垂直於入射面之方向)的 S 偏光。據此，有時可提高對特定圖案之解像度等。關於此點，在使用圖 3 或圖 6(B)之光量分佈時亦相同。

又，若從光源 1 產生、分別分佈於前述周邊之光量較大的 8 個或 4 個區域之光為非偏光，或其偏光方向與切線方向不一致時，例如，最好是能在繞射光學元件 21(偏光構件)與複眼透鏡 5 之間、分佈於各區域之光所通過的光程上設置 $1/2$ 波長板或 $1/4$ 波長板等之偏光設定構件，以將其轉換成偏光方向與切線方向大致一致之直線偏光的光束。此時，最好是能在前述複數個稜鏡中，可沿光軸 BX 移動且配置在最上游側(光源側)的一個可動稜鏡(可動構件)之入射側，例如與透鏡 4 之間、或繞射光學元件 21 與透鏡 4 之間設置偏光設定構件。此場合，不需要根據繞射光學元件之更換或複數個稜鏡之間隔變化所造成之光束行進方向(光程)之變化，來移動偏光設定構件，或因應該變化而將偏光設定構件形成的較大。

又，圖 6(B)之光量分佈的中心圓形區域 28，亦可是與圖 6(A)同樣的環狀區域。

又，本例之繞射光學元件 21 係將照明光學系統 12 在光瞳面(作為既定面)上的光量分佈設定為既定狀態，但亦可

以圖 1(A)之投影光學系統 PL 之光瞳面 Q3 來作為既定面。此時，藉由該繞射光學元件 21，在不存在標線片 R 之情形下，於投影光學系統 PL 之光瞳面 Q3，設定出在包含光軸 AX 之第 1 區域及包含其之 8 個區域中大致一定，在其他區域則光量較低的光量分佈。

又，本例之圖 3 及圖 6(A)之例中，在光瞳面上光量大致一定的區域 28(或 28R)、區域 29A~29D 及區域 30A~30D 雖分別為圓形(或環狀)，但各圓形(或環狀)區域亦可分別為橢圓形(或橢圓形之環狀)。此外，亦可將各圓形(或環狀)區域形成為如下之多角形(或多角形之框狀)區域，或亦可是圓形(或橢圓形)區域與多角形區域之組合。

圖 9 係顯示該光瞳面上可能之其他的光量分佈，如圖 9 所示，該光量分佈，在中央之方形(除正方形外，六角形等亦可)區域 28、圍著該區域之 4 個方形區域 29E~29H、及圍著該區域之 4 個方形區域 30E~30H 為大致一定，其他區域則較低。此時，該方形區域之位置及面積，分別與圖 3 之區域 28、區域 29A~29D、及區域 30A~30D 之位置及面積大致相同即可。又，若使其對應圖 6(A)的話，取代圖 9 之中央區域 28A 而使用框形區域即可。

其次，於圖 1(A)之旋轉器 24 設有具不同繞射特性之第 2 繞射光學元件 22。將此第 2 繞射光學元件 22 設置在照明用光 IL 之光程上時，即能得到在複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)之 5 個區域光量大致一定，其他區域光量較低(本例中大致為 0)的光量分佈。

圖 7(A)，係顯示使用第 2 繞射光學元件 22 時，照明用光 IL 在圖 1(A)之複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)的光量分佈，圖 7(A)之光量分佈(對應圖 3 之部分係賦予相同符號)，在包含以照明光學系統 12 之光軸 BX 為中心之外半徑 r_4 內半徑 r_{4R} 之圓形環狀區域 33R(第 1 區域)、與其中心沿著包圍該區域 33R 之半徑 R_3 之圓周 35 以 90° 間隔配置之 4 個半徑 r_5 之圓形區域 34A, 34B, 34C, 34D(第 2 區域)之彼此分離的共 5 個區域其光量大致一定，其他區域之光量則低於該一定光量(本例中大致為 0)。在此場合中，中心區域 33R 之外側輪廓亦係被設定為大於其他的 4 個區域 34A~34D($r_4 > r_5$)。

又，環狀區域 33R 之外半徑 r_4 與內半徑 r_{4R} 之比($= r_{4R} / r_4$)可以是 0 與 1 之間的任意值，舉一例而言，可使用 $1/3$ 環($r_{4R} / r_4 = 1/3$)、 $1/2$ 環($r_{4R} / r_4 = 1/2$)、或 $2/3$ 環($r_{4R} / r_4 = 2/3$)等。此外，半徑 r_4 之較佳範圍與式(13)之半徑 r_1 的範圍相同，半徑 R_3 與半徑 r_5 之較佳範圍分別與式(10)之半徑 R_2 、及式(14)之半徑 r_2 相同。

又，由於本例中轉印對象之 2 維圖案的排列方向為 X 方向、Y 方向，因此，外周部的 4 個區域 34A~34D，係分別沿著通過光軸 BX、在 X 方向(或 Y 方向)以 45° 交叉的直線配置。

此外，舉一例而言，區域 33R 之半徑 r_4 、區域 34A~34D 之半徑 r_5 、及圓周 35 之半徑 R_3 ，係如下式般，分別設定為最大 σ 值(σ)的 0.2 倍、0.1 倍、及 0.9 倍。

$$r4 = 0.2 \sigma, r5 = 0.1 \sigma \quad \cdots (16)$$

$$R3 = 0.9 \sigma \quad \cdots (17)$$

本發明人，在滿足式(16)、式(17)條件之圖 4 之光瞳面上的區域 33、及區域 34A~34D 所構之 5 個區域的光量大致一定，而其他區域之光量大致為 0 的光量分佈的情形下，以電腦模擬進行了在標線片面配置各種間距之接觸窗圖案，將該圖案之縮小像透過投影光學系統 PL 轉印至晶圓 W 上時所得之 CD(臨界尺寸、critical dimension)評價。又，在進行此模擬時，曝光波長為 ArF 雷射光、圖 1(A)之投影光學系統 PL 之像側(晶圓側)的孔徑數 NA_{PL} 為 0.78、投影倍率 β 為 1/4 倍、最大 σ 值(σ)為 0.9。

圖 8 之彎折曲線 F1, F2, 係顯示在該光瞳面上之 5 個區域光量一定時之 CD 值的模擬結果，圖 8 之橫軸為晶圓之散焦量(μm)、縱軸係顯示作為 CD 值能良好轉印之圖案的線寬(μm)(在晶圓上之線寬)。又，圖 8 之大致平坦的曲線 F1, 係顯示對線寬為 140nm、間距 220nm 之接觸窗圖案的模擬結果，山形之曲線 F2 係顯示對線寬 140nm 之孤立圖案的模擬結果。由曲線 F1, F2 可知，對於兩圖案，在散焦量 F 為 $-0.2\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$ 程度之範圍內得到大致一定的 CD 值。因此，能以高解像度且廣的焦深，對從孤立圖案到微細間距之接觸窗圖案的各種圖案進行轉印。

又，在使用此圖 7(A)之光量分佈時，例如，欲控制最大 σ 值(σ)時，亦可改變圖 1(A)之稜鏡 71 及 72 的間隔，來使圖 7(A)中周邊光量較大區域 34A~34D 之半徑方向位置

(在 X 方向、Y 方向與光軸 BX 間之距離)變化即可。此外，如圖 1(C)所示，使用二對稜鏡 71A, 71B 及 71C, 71D，在 X 方向及 Y 方向分別獨立控制圖(A)之光量分佈中、周邊光量較大區域 34A~34D 之位置(與光軸 BX 間之距離)亦可。

又，在圖 7(A)之光量分佈中，亦可使中心區域 33R 之光量(例如每單位面積之強度)、與周邊 4 個區域 34A~34D 之光量相異。此等光量之相對大小，例如係調整為對每一待轉印之圖案皆能獲得最佳的解像度。

進一步的，取代圖 7(A)之光量分佈，而使用如圖 7(B)所示之光量分佈亦可，亦即，將圖 7(A)之周邊 4 個區域 34A~34D 與中心環狀區域 33R 實質上連結於半徑方向、中心具有開口之海星(starfish)狀或星形區域 134 使光量較大的光量分佈。此情形下，亦能大致同樣的對各種間距之圖案獲得高解像度。

又，將圖 7(A)之周邊區域 34A~34D 與中心區域 33R 加以連結、以圖 7(B)之光量分佈延伸於半徑方向之連結部的光量，可與該周邊區域或中心區域之光量相同，或亦可與該周圍區域或中心區域之光量不同、例如小於該等區域之光量。

又，本例中，分佈在圖 7(A)之周邊區域 34A~34D 之光線可以是直線偏光。此時，舉一例而言，可以是如箭頭 AR 所示，使分佈於該周邊區域之光線，是偏光方向為切線方向(垂直於入射面之方向)的 S 偏光。據此，有時可提高對特定圖案之解像度等。關於此點，在使用圖 7(B)之光量分

佈時亦相同，分佈於區域 134 中延伸於半徑方向之周邊區域、特別是分佈於對應圖 7(A)之周邊區域 34A~34D 之該部分的光線，可以是偏光方向為切線方向之直線偏光。又，若圖 7(A)、圖 7(B)之光量分佈中分佈於周邊區域之光為非偏光，或其偏光方向與切線方向不一致時，例如，與上述同樣的，最好是能在例如繞射光學元件 21 與複眼透鏡 5 之間設置偏光設定構件。

接著，為進行比較，顯示取代圖 7(A)中央之環狀區域 33R 而在圓形區域使光量一定時的模擬結果。

圖 4，係顯示取代圖 7(A)中央之環狀區域 33R，而在半徑 r 之圓形區域 33 使光量一定，並使包圍其之 4 個區域 34A~34D 與圖 7(A)之情形同樣的光量為一定時的光量分佈。

圖 4 中，與一例而言，區域 33 之半徑 r_4 、區域 34A~34D 之半徑 r_5 、及圓周 35 之半徑 R_3 ，係如下式般，分別設定為最大 σ 值(σ)的 0.2 倍、0.1 倍、及 0.9 倍。

$$r_4 = 0.2 \sigma, r_5 = 0.1 \sigma \quad \cdots (18)$$

$$R_3 = 0.9 \sigma \quad \cdots (19)$$

本發明人，在滿足式(18)、式(19)條件之圖 4 之光瞳面上的區域 33、及區域 34A~34D 所構之 5 個區域的光量大致一定，而其他區域之光量大致為 0 的光量分佈的情形下，以電腦模擬進行了在標線片面配置各種間距之接觸窗圖案，將該圖案之縮小像透過投影光學系統 PL 轉印至晶圓 W 上時所得之 CD(臨界尺寸、critical dimension)評價。又，在進行此模擬時，曝光波長為 ArF 雷射光、圖 1(A)之投影光

學系統 PL 之像側(晶圓側)的孔徑數 NA_{PL} 、投影倍率 β 、最大 σ 值(σ)之值，與圖 3 之情形的式(12)相同。

圖 5 之曲線 37，係顯示在該光瞳面上之 5 個區域光量一定時之 CD 值的模擬結果，由曲線 37 可知，在間距 500 ~ 700nm 左右 CD 值變低。

因此可知，使用圖 3 之光瞳面上 9 個區域之光量大致一定的光量分佈時，較使用圖 4 之包含中央圓形區域之 5 個區域之光量大致一定的光量分佈，更能在較廣的間距範圍以高精度轉印圖案。

[第 2 實施形態]

接著，參照圖 10~圖 17 說明本發明之第 2 實施形態。本例中，基本上亦使用圖 1(A)之掃描曝光型的投影曝光裝置來進行曝光。不過，本例係取代圖 1(A)之繞射光學元件 21，而使用特性相異之繞射光學元件 22A(詳情後敘)。因此，繞射光學元件 22A、第 1 稜鏡 71 及第 2 稜鏡 72 係對應用來設定既定光量分佈的光學構件。作為可動稜鏡，亦係與第 1 實施形態同樣的使用稜鏡 71, 72(或僅使用第 1 稜鏡 71 亦可)。

再者，作為可動稜鏡，亦可如圖 10 所示，使用在一方向具有折射力、而與此正交之方向沒有折射力之一對 V 字形的間隔可變稜鏡 71A, 72A 亦可。又，稜鏡 71A, 71B，係配置成各個之中心矩形區域(本例中為平行平面板)與光軸 BX 大致正交，且周邊部之 2 個斜面包含光軸 BX 在與圖 1(A)之圖面正交的面，大致對稱。

此構成中，藉由改變稜鏡 71A, 72A 之間隔，於圖 10(C) 之紙面內上下方向(例如，在顯示照明光學系統 12 之光瞳面之照明用光光量分佈的圖 12 中係對應 Y 方向)的周邊光量較大區域之位置會變化。

以下，詳細說明本例之照明光學系統及照明方法。本例中，係取代圖 1(A)之標線片 R，而將標線片 RA 裝載於標線片載台 14 上。

圖 11(A)，係顯裝載於標線片載台 14 上之標線片 RA 上所形成之轉印用圖案(原版圖案)例，此圖 11(A)中，在標線片 R 之圖案區域 PA 內，形成有一方向密集接窗用的圖案 52，其係將 X 方向寬度 a、Y 方向寬度 b 之四方形開口圖案 51，以間距 P 週期性的排列於 X 方向(本例中為非掃描方向)而構成。間距 P，係大致接近本例之投影曝光裝置之解析限度的微細間距(例如，換算成在晶圓 W 上之投影像長度時，為 150nm 左右)，而 X 方向寬度 a 為間距 P 之 $1/2$ 程度、Y 方向寬度 b 則係從與寬度 a 相同長度至其 10 倍左右($a \sim 10a$ 程度)的長度。圖案 52，在 Y 方向(本例中為掃描方向)係可視為孤立圖案之一方向密集圖案。此外，圖案 52 雖係將 4 個開口圖案 51 排列於 X 方向之週期圖案，但開口圖案 51 之數量只要是 2 個以上的任意數量即可。再者，開口圖案 51 雖係形成在遮光膜中之穿透圖案，但亦可是設在穿透部中之遮光圖案。

又，在 Y 方向與圖案 52 分離之位置，亦形成有其他的一方向密集接窗用的圖案 53，其係將口圖案 51 以大於間距

P 之間距 Q 排列於 X 方向。圖案 52 及 53，實際上係 X 方向長度在數 μm 程度以下之小圖案，在標線片 RA 之圖案區域 PA 可形成除此以外的各種圖案(未圖示)。此外，如圖 11(B)所示，若分別將開口圖案 51 以間距 P 排列於 X 方向之圖案 52A, 52B, 52C，係在 Y 方向以相當程度大於間距 P 之間距形成在標線片 RA 上時，可將各圖案 52A, 52B, 52C 分別視為一方向密集圖案，而作為本例之轉印對象。又，複數個週期性圖案，只要是以能分別在與週期方向正交之方向視為孤立之間隔配置即可，其數量任意皆可。

為了將此種標線片 RA 上之一方向密集圖案之像以高精度轉印至晶圓上，本例係如圖 1(A)所示，在照明用光 IL 之光程上配置繞射光學元件 22A，來將照明用光 IL 在作為既定面之複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)的光量分佈(強度分佈)設定為既定分佈。

圖 12 係顯示本例圖 1(A)之照明用光 IL 在複眼透鏡 5 之射出面 Q1(照明光學系統 12 之光瞳面)的光量分佈，此圖 12 中，係將射出面 Q1 上對應圖 11(A)之標線片 RA 上之 X 方向(週期性排列之方向)及 Y 方向(能視為孤立圖案之方向)的方向，分別設為 X 方向及 Y 方向。此處，若設圖 1(A)之投影光學系統 PL 物體側(標線片側)之孔徑數設為 NA 、將像側(晶圓側)之孔徑數設為 NA_{PL} 的話，使用投影倍率 β 時成立以下的關係。

$$NA = \beta \cdot NA_{PL} \quad \cdots (5) \text{(與第 1 實施形態相同)}$$

進一步的，若設從照明光學系統 12 射入標線片 RA 之

照明用光 IL 之孔徑數內的最大值為 NA_{IL} ，本例中，係將該最大孔徑數 NA_{IL} 對投影光學系統 PL 之孔徑數 NA 之比值 (相干係數) 稱為最大 σ 值，以最大 σ 值為 σ_{IL} 。亦即，最大 σ 值之照明用光，係指照明用光 IL 中以最大入射角射入標線片 RA 之光，最大 σ 值 (σ_{IL}) 可表示如下。

$$\sigma_{IL} = NA_{IL} / NA = NA_{IL} / (\beta \cdot NA_{PL}) \quad \cdots (6A)$$

於圖 12 所示之照明光學系統之光瞳面，最外側之圓周 26，係表示假想光束 (具有與投影光學系統 PL 之入射側孔徑數 NA 相同孔徑數) 所通過區域之外周，其內側的圓周 27，表示與具有最大 σ 值 (σ_{IL}) 之孔徑數之照明用光所通過區域相接之半徑為 σ 的圓周，所有的照明用光皆通過圓周 27 內部。圓周 27 之半徑 σ ，如下所述，係相等於 $\sigma_{IL} \cdot NA_{PL}$ 。

$$\sigma = NA_{IL} = \sigma_{IL} \cdot NA = \sigma_{IL} \cdot \beta \cdot NA_{PL} \quad \cdots (6B)$$

又，圖 12 中，係將 X 軸及 Y 軸之原點取在光軸 BX 上。本例之照明用光 IL 的光量分佈，於圖 12 中，係在包含以照明光學系統 12 之光軸 BX 為中心之半徑 r_4 的環狀區域 54、與 X 方向挾著該區域 54 之 2 個半徑 r_5 的圓形區域 55A, 55B 的共 3 個區域 (繪有斜線之區域) 具有大致一定的光量，在其他區域則為低於該一定光量之光量 (本例中大致為 0) 的光量分佈。亦即，3 個區域 54, 55A, 55B 之中心，係沿著通過照明光學系統 12 之光軸 BX 而與 X 軸 (轉印對象之一方向密集圖案之週期性排列的方向) 平行之直線配置，兩端的區域 55A 及 55B 之中心與光軸 BX 之間隔皆為 R_3 。

此外，環狀區域 54，係內側半徑為外側半徑 r_4 之 $1/2$

的 $1/2$ 環狀、或內側半徑為外側半徑 r_4 之 $1/3$ 或 $2/3$ 的 $1/3$ 或 $2/3$ 環狀等。又，亦可如圖 15(A)所示，取代環狀區域 54 而使用半徑 r_4 之圓形區域 54A。又，亦可取代環狀區域 54 而使用實質上被分割為複數的區域。具體而言，如圖 15(C)所示，可取代環狀區域 54 而使用在 Y 方向(或 X 方向)分離的 2 個半圓形(或圓形)區域 54A1 及 54A2 中光量較大的光量分佈。此時，取代環狀區域 54，而使用在 X 方向及 Y 方向(或與該等軸 45 度交叉的方向)被分割為 4 區域中光量較大的光量分佈。此外，在圖 12 之區域 54, 55A, 55B 之輪廓附近，光量可以呈往外側逐漸減少之分佈。中心區域 54 係對應第 1 區域，挾著該中心區域 54 的 2 個區域 55A 及 55B 係分別對應第 2 區域及第 3 區域。以下，該半徑 r_4 , r_5 及距離 R_3 ，係分別以相當於最大 σ 值(σ_{1L})之式(6B)的半徑 σ (最大 σ 值之光束通過之點、與光軸 BX 間之間隔)的單位來加以顯示。

本例中，半徑 r_4 及 r_5 最好是能如下式般，分別設定在 $0.1\sigma \sim 0.2\sigma$ 程度之範圍內。

$$0.1\sigma \leq r_4 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (21)$$

$$0.1\sigma \leq r_5 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (22)$$

若半徑 r_4 , r_5 之值小於式(21)、式(22)之下限值的話，將因一方向密集圖案之孤立方向的光束而導致投影光學系統 PL 之焦深變淺，若半徑 r_4 , r_5 之值大於式(21)、式(22)之上限值的話，將因一方向密集圖案之週期方向的光束而導致投影光學系統 PL 之焦深變淺。又，半徑 r_4 及 r_5 最好

是能如下式般大致相等(詳情後敘)。

$$r_4 \doteq r_5 \quad \cdots (23)$$

此外，圖 12 之兩端的區域 55A 及 55B，係與最大 σ 值之圓周 27 內接。因此，成立如下之關係。

$$R_3 = \sigma - r_5 \quad \cdots (24)$$

此時，圖 1(A)之繞射光學元件 22A 之繞射特性，係被設定為能在滿足式(21)～式(24)條件之圖 12 之光瞳面上的區域 54, 55A, 55B 之光量大致一定，而其他區域之光量大致為 0 的光量分佈。因此，繞射光學元件 21，例如，可藉由在光穿透性之基板上形成大致沿圖 12 之 X 軸方向具有規則性的凹凸光柵來加以製造。此外，繞射光學元件 21A，亦可以是組合複數片相位型繞射光柵所得者。此情形下，由於繞射光學元件 22A 為相位型，因此其優點為光的利用效率高。再者，作為繞射光學元件 22A，亦可使用以繞射光柵狀分佈來變化折射率分佈之光學元件。關於具有特定繞射特性之繞射光學元件的構造及製造方法，例如已詳細揭露在本申請人之日本專利特開 2001-176766 號公報(對應美國專利第 6,563,567 號)中。

又，將使用繞射光學元件 22A 所得之光量分佈，在包含圖 12 之區域 54, 55A, 55B 之區域中形成為大致一定的光量，將對應區域 54, 55A, 55B 部分形成有開口之孔徑光闌，配置在圖 1(A)之複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)亦可。此時，亦能獲得照明用光 IL 之利用效率高的優點。

以下，參照圖 13 來說明以圖 12 之照明用光之光量分

佈，照射圖 11(A)之標線片 RA 之一方向密集接觸窗之圖案 52(一方向密集圖案)時的成像光束。

圖 13(A)係顯示從圖案 52 而繞射於孤立之 Y 方向的繞射光(成像光束)，13(B)係顯示從圖案 52 而繞射於週期性之 X 方向的繞射光(成像光束)，於圖 13(A)、圖 13(B)中，光束 58, 59 及 60 係分別表示通過圖 12 之照明光學系統光瞳面上之區域 54, 55A 及 55B 的照明用光 IL。藉由光束 58, 59 及 60 而從圖案 52(開口圖案 51)產生之繞射光，在 Y 方向係如圖 13(A)所示，以中心最強、傾斜角越大強度越低之分佈產生。

另一方面，如圖 13(B)所示，因來自圖 12 之區域 54(以光軸 BX 為中心)之光束 58 的照射而從圖案 52 產生於 X 方向之繞射光中，除 0 次光外亦有 +1 次光 58P 及 -1 次光 58M。此時，由於圖案 52 已大致達解析限度，因此 +1 次光 58P 及 -1 次光 58M 無法通過圖 1(A)之投影光學系統 PL。又，因來自圖 12 之兩端區域 55A 及 55B 之光束 59 及 60 之照射而從圖案 52 產生於 X 方向之 0 次光，係如圖 13(B)所示，分別設為 0 次光 59 及 0 次光 60。由於本例之圖案 52 大致達解析限度，故因一光束 59 而產生自圖案 52 之 +1 次光 59P 係與另一 0 次光 60 平行的射入圖 1(A)之投影光學系統 PL，因另一光束 60 而產生自圖案 52 之 -1 次光 60M 係與另一 0 次光 59 平行的射入圖 1(A)之投影光學系統 PL。

又，設入射之光束 58, 59, 60 的波長為 λ 、0 次光 59 對圖案 52 之法線的 X 方向射出角為 θ 、0 次光 60 對圖案

52 之法線的 X 方向射出角為 $-\theta$ ，在一光束 59 內，以 X 方向間隔 P 通過圖 13(B) 中相鄰之開口圖案 51 的光束為光 59A, 59B。此時，光束 59A 之 +1 次光 59AP 與光束 59B 之 +1 次光 59BP 的光程長之差 ΔA ，係如下式般等於波長 λ 。

$$\Delta A = 2 \cdot P \cdot \sin \theta = \lambda \quad \cdots (25)$$

又，圖 12 之區域 55A, 55B 與光軸 BX 的 X 方向間隔 R3，係如下式般對應圖 13(B) 之光束 59, 60 之 0 次光射出角 θ 的正弦 $\sin \theta$ 。

$$R3 = \sigma - r5 = \sin \theta \quad \cdots (26)$$

又，式(26)，係對應圖 1(A) 之照明光學系統 12 中之射出面 Q1(光瞳面)與標線片面之間的部分光學系統之射出面 Q1 側之焦距 f_{Q1} 為 1 的情形。根據式(25)及式(26)成立以下關係。由於式(26)之間隔 R3 無單位，因此下式兩邊之單位皆為長度。

$$P = \lambda / (2 \cdot R3) = \lambda / \{2(\sigma - r5)\} \quad \cdots (27A)$$

換言之，式(27A)顯示本例之投影曝光裝置在物體面(標線片面)之 X 方向(週期方向)解析限度，加大 σ 或縮小半徑 $r5$ 來增大間隔 R3，即能縮小作為解析限度之間距 P。將間距 P 如下式般換算成在晶圓上之長度的間距 $\beta \cdot P$ ，即為投影光學系統 PL 在像面(晶圓面)之 X 方向解析限度。

$$\beta \cdot P = \beta \cdot \lambda / \{2(\sigma - r5)\} \quad \cdots (27B)$$

本例中，設波長 λ 為 193.306nm，例如投影光學系統 PL 之晶圓側孔徑數 NA_{PL} 為 0.85、投影光學系統 PL 之投影倍率 β 為 $1/4$ 、照明學系統 12 之 σ_{IL} (σ 值)為 0.90、圖 12

之區域 55A, 55B 之半徑 r_5 為 0.14σ 時，稱此為「第 1 照明條件」。此條件下在像面側之解析限度 $\beta \cdot P$ ，根據式(6B)、式(27B)，約為 147nm。

$$\beta \cdot P = 146.7(\text{nm}) \quad \cdots (28)$$

圖 12，亦可視為顯示圖 1(A)之投影光學系統 PL 之光瞳面 Q3 之 X 方向光量分佈的圖。此時，圖 12 之區域 54, 55A, 55B 係對應照明用光 IL 之 0 次光通過的位置，圖 11(A)之圖案 52 所造成之照明用光 IL 之 X 方向的 +1 次光，則係將圓周 27 內之光量分佈平行移動至圓周 57A 內區域的分佈，該圓周 57A 係以從光軸 BX(投影光學系統之光軸 AX)往 +X 方向相距間隔 $2 \cdot R_3$ 之點 56 為中心。同樣的，圖案 52 所造成之照明用光 IL 之 X 方向的 -1 次光，則係將圓周 27 內之光量分佈平行移動至圓周 57B 內區域的分佈，該圓周 57A 係以從光軸 BX(光軸 AX)往 -X 方向相距間隔 $2 \cdot R_3$ 之點 56 為中心。此時，由於通過區域 55B(或 55A)之光束(0 次光)的 +1 次光(或 -1 次光)會通過區域 55A(或 55B)，因此能以高解像度將圖案 52 之像投影至晶圓上。

此外，通過 55B(55A)之光束的 +1 次光(-1 次光)只要有一部分在圓周 26 內的話，即會成像出圖案 52 之像，因此在此在像面側之實際的解析限度 $\beta \cdot P$ 係較式(28)小的值。

關於本例，發明人為求出圖 12 之中央區域 54 之半徑 r_4 、與兩端部區域 55A, 55B 之半徑 r_5 間的最佳平衡，因此在一邊變更半徑 r_4 的情形下，一邊以電腦模擬計算了投影光學系統 PL 所形成之像的焦深(DOF)。此時，除半徑 r_4 以

外之條件皆與第 1 照明條件相同，半徑 r_5 為 0.14σ 。又，圖 11(A)之圖案 52 之間距 P 設為大致解析限度之 145nm 、開口圖案 51 之 X 方向寬度 a 設為 70nm 、 Y 方向寬度 b 則設為 500nm 。又，間距 P 及寬度 a 、 b 係分別換算至投影光學系統 PL 之像面上的長度。

圖 14 之曲線 61，係顯示該模擬結果，圖 14 之橫軸為圖 12 之中心區域(中心 σ)之半徑 r_4 (單位為 σ)、縱軸為對應半徑 r_4 值之焦深(DOF)(nm)的計算結果。由該曲線 61 可知，在半徑 r_4 為 $0.1\sigma \sim 0.2\sigma$ 的範圍內大致獲得了 100nm 以上之焦深。此外，半徑 r_4 為 $\sigma_1 (= 0.14\sigma)$ 時，亦即大致在半徑 $r_4 = r_5$ 成立時，獲得最深的焦深。此時，即使在作為基板之晶圓上存在若干程度之凹凸、或因投影光學系統 PL 之像差等而在前述曝光區域內產生像面之彎曲等，亦或是例如在以掃描曝光方式進行曝光時殘留某種程度之焦點位置之循跡誤差，以能以高解像度轉印一方向密集圖案。此外，若半徑 r_4 小於 0.1σ 的話，圖 11(A)之圖案 52 之孤立方向之成像光束焦深將會變窄。另一方面，若半徑 r_4 大於 0.2σ 的話，會因來自圖 12 之中心區域 54 之光束的光斑效果，而使圖 11(A)之圖案 52 之週期方向之成像光束焦深變窄。

又，位於離開圖 11(A)之圖案 52 處的一方向密集接觸窗之圖案 53，由於其排列方向與圖案 52 相同、且間距 Q 大於間距 P ，因此能在上述照明條件下以高解像度轉印至晶圓上。

如前所述，藉由本例圖 12 之光瞳面上之光量分佈的使用，能將包含圖 11(A)之一方向密集接觸窗圖案 52 的標線片 RA 之圖案，於 X 方向及 Y 方向以高解像度轉印至晶圓 W 上。

又，例如在圖 11(A)之標線片 RA 上，形成有以 X 方向為週期方向之一方向密集圖案、與以 Y 方向為週期方向之一方向密集圖案時，與其中間距最小之圖案之週期方向平行的，設定圖 12 之照明用光所通過之 3 個區域 54, 55A, 55B 之排列方向即可。此時，雖然可將 3 個區域 54, 55A, 55B 配置在照明光學系統 12 之光瞳面上通過光軸 BX、且與間距最小之一圖案之週期方向平行的直線上，但除中央區域 54 外之 2 個區域 55A, 55B 之至少一方，其在平行於另一圖案之週期方向的方向與光軸 BX 之間的距離可以是 0，例如，可視該另一圖案之間距等來調整該距離。

又，上述實施形態之投影光學系統 PL 像側之孔徑數 NA_{PL} 、投影倍率 β 、及照明光學系統 12 之最大 σ 值 (σ_{IL})，不限於上述而可為任意之值。例如，欲控制最大 σ 值 (σ_{IL}) 或圖 12 之間隔 R3 時，只要改變圖 1(A)之稜鏡 71 及 72 的間隔，來使圖 12 之光量分佈中周邊光量較大區域 55A 及 55B 之半徑方向位置 (X 方向與光軸 BX 間之距離) 變化即可。此外，即使取代稜鏡 71, 72 而使用圖 10 之 V 字形稜鏡 71A, 72A，同樣的亦能控制最大 σ 值。

此外，圖 12 之光量分佈中，亦可使中心區域 54 之光量 (例如每單位面積之強度)、與周邊 2 個區域 55A, 55B 之

光量相異。此等光量之相對大小，例如係調整為對每一待轉印之圖案皆能獲得最佳的解像度。再者，亦可使分佈於圖 12 之周邊區域 55A 及 55B 之光為直線偏光。此時，舉一例而言，可以使分佈於該周邊區域 55A, 55B 之光線，是偏光方向為切線方向(垂直於入射面之方向)的 S 偏光。據此，有時可提高對特定圖案之解像度等。

又，若從光源 1 產生、分別分佈於前述周邊之光量較大的 3 個區域之光為非偏光，或其偏光方向與切線方向不一致時，例如，最好是能在繞射光學元件 21(偏光構件)與複眼透鏡 5 之間、分佈於各區域之光所通過的光程上設置 $1/2$ 波長板或 $1/4$ 波長板等之偏光設定構件，以將其轉換成偏光方向與切線方向大致一致之直線偏光的光束。此時，最好是能在前述一對稜鏡中，可沿光軸 BX 移動且配置在最上游側(光源側)的一個稜鏡(可動構件)之入射側，例如與透鏡 4 之間、或前述繞射光學元件與透鏡 4 之間設置偏光設定構件。此場合，不需要根據繞射光學元件之更換或複數個稜鏡之間隔變化所造成之光束行進方向(光程)之變化，來移動偏光設定構件，或因應該變化而將偏光設定構件形成的較大。

又，本例之繞射光學元件 22A 係將照明光學系統 12 在光瞳面(作為既定面)上的光量分佈設定為既定狀態，但亦可以圖 1(A)之投影光學系統 PL 之光瞳面 Q3 來作為既定面。此時，藉由該繞射光學元件 22A，在不存在標線片 R 之情形下，於投影光學系統 PL 之光瞳面 Q3，設定出在包含光

軸 AX 之第 1 區域及挾著該第 1 區域之 2 個區域中大致一定，在其他區域則光量較低的光量分佈。

又，本例中，在光瞳面上光量大致一定的區域 54, 55A, 55B 雖分別為圓形(或環狀)，但亦可使各該區域分別為橢圓形外形之區域。此外，亦可將各區域之外形形成為如下之角形區域，或亦可是圓形(或橢圓形)區域與角形區域之組合。

圖 15(B)係顯示該光瞳面上可能之其他的光量分佈，如圖 15(B)所示，該光量分佈，在中央之方形(除正方形外，六角形等亦可)框狀區域 54B、以及在 X 方向挾著該區域之 2 個方形區域 55C, 55D 為大致一定，其他區域則較低。此時，該方形(框狀)區域之位置及面積，分別與圖 12 之區域 54, 55A, 55B 之位置及面積大致相同即可。

其他，根據上述式(27A)或(27B)可知，於圖 12 之光瞳面上之照明用光的光量分佈中，若 σ (圓周 27 之半徑 σ) 越大、且兩端區域 55A, 55B 之半徑 r_5 越小，則可使解析限度 P (或 βP) 越小。然後，若半徑 r_5 小於 0.1σ 的話，焦深會變淺。因此，以下即說明能實質上縮小半徑 r_5 來提昇解像度、且將焦深維持的較深的方法。為此，於圖 1(A)之旋轉器 24 設有繞射特性些微不同之第 2 繞射光學元件 22B。將此第 2 繞射光學元件 22B 設置在照明用光 IL 之光程上時，於複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)，圖 16(A)之 3 個區域 62, 63A, 63B 光量大致一定，其他區域光量較低(本例中大致為 0)的光量分佈。

圖 16(A)，係顯示使用第 2 繞射光學元件 22B 時，照明用光 IL 在圖 1(A)之複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)的光量分佈，圖 16(A)之光量分佈(對應圖 12 之部分係賦予相同符號)中，設定有以圖 1(A 之)照明光學系統 12 之光軸 BX 為中心之半徑 r_6 之圓形區域 62(第 1 區域)，以及於 X 方向挾著此第 1 區域、從光軸 BX 至各中心之間隔為 R_4 的 2 個於 Y 方向細長、X 方向寬度為 t 且 y 方向長度為 $h(h > t)$ 的橢圓形區域 63A, 63B(第 2 區域及第 3 區域)。此例中，中央區域 62 亦可以是環狀。2 個細長的橢圓形區域 63A 及 63B，分別係半徑 σ 之圓周 27 內的區域、與半徑為 NA (亦可是 σ) 之圓周 65A 及 65B 內的區域重疊的區域，該圓周 65A 及 65B 係以間隔 R_5 (距光軸 BX)之位置 64A 及 64B 為中心。此時，間隔 R_4 係設定為較間隔 R_3 (從圖 12 之光軸 BX 至區域 55A, 55B 之中心的間隔)長，間隔 R_4 及 R_5 可以下式表示。

$$R_4 = (\sigma - t/2) > R_3 \quad \cdots (29A)$$

$$R_5 = RA + NA - t/2 \quad \cdots (29B)$$

為了使 $R_4 > R_3$ 之關係成立，設式(22)成立，則橢圓形區域 63A, 63B 之 X 方向寬度 t 的 $1/2$ ，例如係設定在以下範圍。同樣的，中央之圓形區域 62 之半徑 r_6 ，係設定為大致 $t/2$ 之 2 倍左右的範圍內。

$$0.025\sigma \leq t \leq 0.047\sigma \quad \cdots (30)$$

$$0.05\sigma \leq r_6 \leq 0.16\sigma \quad \cdots (31)$$

再者， $t/2$ 宜設定為 0.05σ 左右。在此等情形下，對應式(27A)之投影光學系統 PL 在物體面之 X 方向的解析限

度 P ，如下式般，係小於式(27A)之值。

$$P = \lambda / (2 \cdot R4) < \lambda / (2 \cdot R3) \quad \cdots (32)$$

關於圖 16(A)之照明條件，發明人為求出中央區域 62 之半徑 $r6$ 、與兩端部之橢圓形區域 63A, 63B 之半寬($t/2$)間的最佳平衡，因此在一邊變更半徑 r 的情形下，一邊以電腦模擬計算了投影光學系統 PL 所形成之像的焦深(DOF)。此時之照明條件(第 2 照明條件)，波長 λ 為 193.306nm、投影光學系統 PL 之晶圓側孔徑數 NA_{PL} 為 0.85、投影倍率 β 為 $1/4$ 、照明光學系統 12 之 σ_{IL} (σ 值)為 0.93、橢圓形區域 63A, 63B 之半寬($t/2$)為 0.05σ 。又，轉印對象之圖 11(A)之圖案 52 之間距 P 設為大致解析限度之 140nm、開口圖案 51 之 X 方向寬度 a 設為 70nm。又，間距 P 及寬度 a 係分別換算至投影光學系統 PL 之像面上的長度。

圖 17 之曲線 66，係顯示該模擬結果，圖 17 之橫軸為圖 16(A)之中心區域 62(中心 σ)之半徑 $r6$ (單位為 σ)、縱軸為對應半徑 $r6$ 值之焦深(DOF)(nm)的計算結果。由該曲線 66 可知，在半徑 $r6$ 為 $0.05\sigma \sim 0.16\sigma$ 的範圍內大致獲得了 250nm 以上之焦深。此外，半徑 $r6$ 為 $\sigma/2 (= 0.11\sigma)$ 時，亦即大致在半徑 $r6 = t$ 成立時，獲得最深的焦深(約 350nm)。因此，藉由圖 16(A)之照明條件的使用，對一方向密集圖案獲得了更高的解像度，且獲得深的焦深。本例中，即使圖 16(A)之兩端區域 63A, 63B 之 X 方向(週期方向)的寬度變窄，由於區域 63A, 63B 之面積與圖 12 之區域 55A, 55B 之面積大致相同，因此得到了較深的焦深。

又，取代圖 16(A)之中央區域 62，如圖 16(B)所示，使用以 X 方向(與周邊之橢圓形區域 63A, 63B 之長邊方向正交之方向)為長邊方向之橢圓形區域 62A 之光量變大的光量分佈亦可。圖 16(B)之光量分佈中，挾住橢圓形區域 62A 的 2 個橢圓形區域 63A, 63B，其光量亦較大。如前所述，將中央區域 62A 作成橢圓形，有時能在不使光量減少的情形下，對一方向密集圖案改善孤立方向之解像度。

又，在圖 16(A)、圖 16(B)之光量分佈中，亦可使中央區域 62, 62A 之光量(例如每單位面積之強度)、與周邊區域 63A, 63B 之光量相異。

再者，本例中，分佈在圖 16(A)、圖 16(B)之周邊區域 63A, 63B 之光線，可以是直線偏光(例如，長邊方向為偏光方向)。特別是圖 16(B)之光量分佈中，舉一例而言，分佈於該周邊區域 63A, 63B 之光，最好是偏光方向如箭頭 PC, PB 所示為其長邊方向(即對應圖 11(A)之標線片圖案之孤立方向的方向)的直線偏光(S 偏光)。此時，進一步的，分佈於該中央橢圓形區域 62A 之光，最好是偏光方向如箭頭 PA 所示為其長邊方向(即對應圖 11(A)之標線片圖案之週期方向的方向)的直線偏光。據此，有時可提高對特定圖案之解像度等。

又，若圖 16(A)、圖 16(B)之光量分佈中分佈於周邊區域 63A, 63B 之光為非偏光，或其偏光方向與長邊方向(切線方向)不一致時，與上述同樣的，最好是能在例如繞射光學元件與複眼透鏡 5 之間設置偏光設定構件。同樣的，在圖

16(B)之光量分佈中分佈於中央區域 62A 之光為非偏光，或其偏光方向與長邊方向不一致時，亦最好是能藉由前述偏光設定構件來調整其偏光狀態。

[第 3 實施形態]

接著，參照圖 18～圖 21 說明本發明之第 3 實施形態。第 1 實施形態係使用包含繞射光學元件 21, 22 之構件來作為用以設定既定光量分佈的光學構件，相對於此，本例則係使用孔徑光闌來作為該光學構件，圖 18 中，對應圖 1(A)之部分係賦予相同符號並省略詳細說明。

圖 18 係顯示本例之投影曝光裝置之構成，此圖 18 中，來自曝光光源 1 之照明用光 IL，經光束放大器 2 及反射鏡 3 而射入複眼透鏡 5。於本例之複眼透鏡 5 的射出面 Q1(照明光學系統 12 之光瞳面)，設有用以在射出面 Q1(既定面)獲得既定光量分佈、作為光學構件的孔徑光闌(σ 光闌)42。孔徑光闌 42 係安裝於旋轉器 41，於此旋轉器 41，亦安裝有另外的孔徑光闌 44、以及其他未圖示之孔徑光闌。本例係構成為：用以統籌控制裝置全體之動作的主控制系統 17，可透過驅動部 43 來控制旋轉器 41 之旋轉角，將孔徑光闌 42, 44 等之任一者設置在射出面 Q1(光瞳面)，據以切換照明條件。

通過孔徑光闌 42 之照明用光 IL，透過聚光透鏡系統 6、視野光闌 7, 8、成像用透鏡系統 9、反射鏡 10、及主聚光透鏡系統 11，以相同的照明強度來照射作為光罩之標線片 R 的圖案面(標線片面)之細長照明區域。以曝光光源 1、光束

放大器 2、反射鏡 3、複眼透鏡 5、孔徑光闌 42(或其他孔徑光闌)、聚光透鏡系統 6、視野光闌 7, 8、成像用透鏡系統 9、反射鏡 10、及主聚光透鏡系統 11 來構成本例之照明光學系統 12。除此以外之構成，與圖 1(A)之實施形態相同。

本例中，轉印對象之標線片 R 上之圖案，亦係包含如圖 2 所示之 3 種不同間距之接觸窗的圖案。因應於此，圖 18 之孔徑光闌 42，為獲得與圖 3 之光量分佈相同的光量分佈，係遮光板中形成有 9 個開口者。

圖 19 係顯示該孔徑光闌 42 之形狀，圖 19 中，在以遮光板構成之孔徑光闌 42 上，形成有以照明光學系統 12 之光軸 BX 為中心的圓形開口 45、其中心延著包圍該開口 45 之第 1 圓周配置的 4 個圓形開口 46A, 46B, 46C, 46D、其中心延著包圍該開口 46A~46D 之第 2 圓周配置的 4 個圓形開口 47A, 47B, 47C, 47D 等共 9 個彼此分離的開口。此外，開口 45、開口 46A~46D、及開口 47A~47D 之位置及形狀，分別與圖 3 之光量分佈上光量大致一定之區域 28、區域 29A~29D、及 30A~30D 相同。

因此，藉由孔徑光闌 42 之使用，在複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)上之光量分佈，與第 1 實施形態同樣的，於圖 3 所示之 9 個區域大致一定，除此以外區域則較低，因此能將包含圖 2 中各種間距圖案之標線片的圖案，以高精度一次的轉印至晶圓 W 上。如本例般使用孔徑光闌 42 時，照明用光 IL 之利用效率雖然不高，但其優點在於能以簡單的構成將既定面(照明光學系統 12 之光瞳面)之光量分佈正

確的設定成期望狀態。

又，亦可如圖 20 所示，取代圖 19 之孔徑光闌 42、或與其組合，而使用中央開口為環狀之開口 45R 的孔徑光闌（此光闌亦設為 42）。此場合，由於能正確的、且容易的獲得與圖 6(A)相同的光量分佈，因此能更為改善解像度及焦深。此外，以圖 20 之孔徑光闌 42 連結分別排列於半徑方向的 2 個開口，即能形成與圖 6(B)相同的光量分佈。

又，圖 18 之孔徑光闌 44，如圖 21 所示，係對應圖 7(A)之環狀區域 33R 及區域 34A~34D 的部分分別為環狀開口 48R、及圓形開口 49A~49D 的光闌。因此，藉由將孔徑光闌 44 配置在複眼透鏡 58 之射出面 Q1(光瞳面)，光瞳面上之光量分佈，即與圖 7(A)同樣的在 5 個區域為大致一定，而其他區域大致為 0，因此對各種間距之圖案，能以廣的焦深獲得高解像度。

此外，以圖 12 之孔徑光闌 44 連結環狀開口 48R 與圓形開口 49A~49D，即能形成與圖 7(B)相同的光量分佈。

又，本實施形態中孔徑光闌 42, 44 之開口以外部分雖係遮光部，但開口以外的部分亦可以是減光部(光透射率小的部分)。此時，照明系統之光瞳面上之光量分佈，與圖 3、圖 6(A)、圖 7(A)同樣的，在 5 個或 9 個區域以外部分的光量不為 0。再者，本實施形態中，雖將孔徑光闌配置在照明光學系統 12 之光瞳面或其共軛面，但例如亦可接近複眼透鏡 5 之入射面配置。

[第 4 實施形態]

接著，參照圖 22 說明本發明之第 4 實施形態。第 2 實施形態係使用包含圖 1(A)之繞射光學元件 22A, 22B 之構件來作為用以設定既定光量分佈的光學構件，相對於此，本例則係使用孔徑光闌來作為該光學構件。因此，本例中，基本上係與第 3 實施形態同樣的使用圖 18 之掃描曝光型的投影曝光裝置來進行曝光。不過，取代圖 18 之孔徑光闌 42 及 44，本例係分別使用後述之孔徑光闌 42A 及 44B，在標線片載台 14 上則係取代標線片 R 而裝載圖 11(A)之標線片 RA。

本例中，轉印對象之標線片 RA 上之轉印圖案，亦係包含圖 11(A)所示之於 X 方向以間距 P 排列之一方向密集接觸窗的圖案 52。因應於此，為了獲得與圖 12 相同的光量分佈，圖 18 之孔徑光闌 42A 係遮光板中形成有 3 個開口者。

圖 22(A)，係顯示該孔徑光闌 42A 之形狀，於圖 22(A)中，在以遮光板構成之孔徑光闌 42A 上，形成有以圖 18 之照明光學系統 12 之光軸 BX 為中心的環狀開口 66，以及在 X 方向隔著該開口 66 之方式配置的 2 個圓形開口 67A, 67B 等共 3 個彼此分離的開口。此外，開口 66, 67A, 67B 之位置及形狀，分別與圖 12 之光量分佈上光量大致一定之區域 54, 55A, 55B 相同。

因此，藉由孔徑光闌 42A 之使用，在複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)上之光量分佈，與第 2 實施形態同樣的，於圖 12 所示之 3 個區域大致一定，除此以外區域則較低，因此能將包含圖 11(A)之一方向密集接觸窗的圖案 52 之標

線片圖案的像，在 X 方向及 Y 方向以高精度轉印至晶圓 W 上。如本例般使用孔徑光闌 42A 時，照明用光 IL 之利用效率雖會降低，但其優點在於能以簡單的構成將既定面(照明光學系統 12 之光瞳面)之光量分佈正確的設定成期望狀態。

又，圖 18 之第 2 孔徑光闌 42B，如圖 22(B)所示，係對應圖 16(A)之圓形區域 62 及細長橢圓形區域 63A, 63B，而分別形成開口 68 及細長橢圓形區域 69A, 69B 的光闌。因此，將孔徑光闌 42B 設置在圖 18 之複眼透鏡 5 之射出面 Q1(光瞳面)，即能與使用圖 16(A)之照明條件時同樣的，以更高的解像度且更深的焦深將一方向密集接觸窗的圖案轉印至晶圓上。又，本實施形態中，不僅是圖 22(A)、圖 22(B)所示之孔徑光闌 42A, 42B，例如亦可使用形成圖 15(A)～圖 15(C)及圖 16(B)所示光量分佈的孔徑光闌。

又，本實施形態，雖將孔徑光闌配置在照明光學系統 12 之光瞳面或其共軛面，但例如亦可接近複眼透鏡 5 之入射面配置。再者，本實施形態中孔徑光闌 42A, 42B 之開口以外部分雖係遮光部，但開口以外的部分亦可以是減光部(光透射率小的部分)。此時，在照明光學系統 12 之光瞳面上的光量分佈，在前述 3 個域以外部分的光量不為 0。

[第 5 實施形態]

接著，參照圖 23 說明本發明之第 5 實施形態。上述第 1～第 4 實施形態中係使用複眼透鏡來作為光學積分器(均質器、或均一器)，相對於此，本例則係使用內面反射型積分器、例如使用棒狀積分器來作為光學積分器。

圖 23 係顯示本例之投影曝光裝置之照明光學系統的主要部位，此圖 23 之光學系統，例如係配置在圖 1(A)之照明光學系統 12 之反射鏡 3 與固定視野光闌之間。圖 23 中，來自未圖示之曝光光源的照明用光 IL，射入與第 1 實施形態相同構成之繞射光學元件 21、或與第 2 實施形態相同構成之繞射光學元件 22A。來自繞射光學元件 21(或 22A)之繞射光，透過中繼透鏡 152 而聚光於作為既定面之面 Q4 上的 9 個(或 3 個)區域。又，通過面 Q4 之照明用光 IL，係透過聚光透鏡 153 而聚光於棒狀積分器 151 之入射面。此場合，面 Q4 大致係位於聚光透鏡 153 之前側焦點面，棒狀積分器 151 之入射面大致位於聚光透鏡 153 之後側焦點面。

此外，棒狀積分器 151 之射出面 Q5 係與標線片面之共軛面，於此射出面 Q45 附近配置固定視野光闌 154，在此附近亦配置可動視野光闌(未圖示)。從棒狀積分器 151 之射出之照明用光 IL，經過與圖 1(A)之成像透鏡系統 9 及主聚光透鏡系統 11 相同的光學系統，而照明未圖示之標線片之圖案。

本例中，亦係藉由繞射光學元件 21(或 22A)之使用，在面 Q4 上設定出如圖 3(或圖 12)般的光量分佈，因此能將包含各種間距圖案之標線片的圖案(或含一方向密集接觸窗的圖案)，以高精度一次的轉印至晶圓 W 上。

又，本例中，亦可取代繞射光學元件 21，而在面 Q4 上配置具有與圖 19、圖 20 之孔徑光闌 42 相同之 9 個開口的孔徑光闌，或配置具有與圖 21 之孔徑光闌 44 相同之 5

個開口的孔徑光闌。此外，如前所述，本例如必須調整照明光學系統之光瞳面上之光量分佈中光量較高之複數個區域、例如調整在 9 個、5 個、或 3 個區域中至少 1 個之光束的偏光狀態時，例如可在面 Q4 上設置前述偏光設定構件。

再者，圖 23 中，亦可取代繞射光學元件 22A，而配置用以設定圖 16(A)之光量分佈之圖 1(A)的繞射光學元件 22B。此外，亦可取代繞射光學元件 22A(或 22B)之使用，而在面 Q4 上配置具有與圖 22(A)、圖 22(B)之孔徑光闌 42A 或 42B 相同的孔徑光闌。此外，如前所述，本例如必須調整照明光學系統 12 之光瞳面上之光量分佈中光量較高之 3 個區域中至少 1 個之光束的偏光狀態時，例如可在面 Q4 上設置前述偏光設定構件。

又，例如在圖 23 之透鏡 152 與面 Q4 之間配置圖 1(A)之一對間隔可變的稜鏡 71, 72(可動稜鏡)，來使用周邊之光量較大區域之半徑方向的位置為可變。

又，作為棒狀積分器 151，可使用四角形、六角形等的多角柱狀、或圓柱狀等光穿透性的光學構件，或該等多角柱狀或圓柱狀等中空金屬等的反射構件。

又，以聚光透鏡 153 形成之照明用光(繞射光)IL 之聚光點，最好是能偏離棒狀積分器 151 之入射面。

再者，本實施形態中雖係以面 Q4 來作為既定面(相當於照明系統之光瞳面或其共軛面)，但既定面並不限於此，例如可以是在棒狀積分器 151 與標線片 R(或標線片 RA)之間。又，當取代繞射光學元件 21(或 22A 等)、或與其組合，

例如使用孔徑光闌 42, 44(或 42A, 42B)之任一者時，可將該孔徑光闌配置在棒狀積分器 151 之下游側(標線片側)。

又，上述第 1 及第 5 實施形態中，使用前述繞射光學元件與孔徑光闌雙方來設定照明用光 IL 在照明光學系統之光瞳面之光量分佈的場合，在從繞射光學元件產生之繞射光於孔徑光闌上形成圖 3 或圖 7(A)所示之分佈時，照明用光之利用效率最高(照明用光之光量損失最少)，但該繞射光不正確的形成圖 3 或圖 7(A)所示之分佈亦可。亦即，照明用光之利用效率雖低，但可使用不同於前述繞射光學元件(21, 22)之繞射光學元件，來使該繞射光分佈於包含 9 個或 5 個區域以外的既定區域。

又，與前述繞射光學元件並用之孔徑光闌，不一定須為圖 19～圖 21 所示般具有 5 個或 9 個開口，只要具有能將從繞射光學元件產生、分佈於照明系統之光瞳面或其共軛面之繞射光(照明用光 IL)的光量分佈，設定成例如圖 3、圖 6(A)、圖 7(A)所示之光量分佈的遮光部或減光部即可。例如，可並用圖 3 或圖 4 之光量分佈設定所使用的繞射光學元件，與將該光量分佈之中心區域 28 或 33 之中央部予以部分遮光或減光的孔徑光闌，來設定圖 6(A)或圖 7(A)之光量分佈，而不須要在此孔徑光闌形成對應待設定光量分佈(光量高的 5 個或 9 個區域)的開口。

又，上述第 1 及第 5 實施形態中，以可使用可變焦距透鏡(無焦系)來作為配置在照明光學系統內之繞射光學元件與光學積分器(5; 151)之間所設之光學系統(4; 152, 153)

的至少一部分，俾使照明用光 IL 分佈在照明光學系統之光瞳面的 9 個或 5 個區域的大小為可變。進一步的，在該光學系統(4; 152, 153)之前，至少組裝一對前述間隔可變之稜鏡亦可。此時，為了使照明用光 IL 分佈於中心區域(28; 33)，係將一對稜鏡之頂角附近加以切除，使部分照明用光 IL(分佈於中心區域)通過的部分，形成為與照明光學系統之光軸 BX 大致垂直的平面。

又，上述第 1 及第 5 實施形態中，係藉由僅在照明光學系統內交換設置之複數個繞射光學元件所構成的成形光學系統，或藉由組合該複數個繞射光學元件、與光學系統(裝有前述可變焦距透鏡與一對稜鏡之至少一者)而構成的成形光學系統(相當於光學構件)，在光學積分器係複眼透鏡 5 時變化照明用光 IL 在該入射面上之強度分佈；若光學積分器係內面反射型積分器 151 時，則變化照明用光 IL 射入該入射面之入射角度範圍，俾能任意變化照明用光 IL 在照明光學系統之光瞳面上的光量分佈(2 次光源的大小及形狀)、亦即能任意變化標線片之照明條件。此時，保持在旋轉器 24 之複數個繞射光學元件，不限於前述繞射光學元件 21, 22，可包含例如在小 σ 照明、環狀照明、2 極照明、及 4 極照明中分別使用之 4 個繞射光學元件的至少 1 個。又，亦可於該成形光學系統中組合前述孔徑光闌。此時，例如可將成形光學系統中除孔徑光闌以外(含前述繞射光學元件等)的部分配置在光學積分器之上游側(與光源 1 之間)，而將該孔徑光闌配置在光學積分器之下游側。

又，上述第 1、第 3、第 5 實施形態中，由於圖 2 所示之 3 個圖案 25A~25C 之各間距於 X 方向及 Y 方向皆相等，因此如圖 3 所示，照明用光 IL 在照明光學系統之光瞳面上分佈之 9 個區域所配置之直線 31A, 31B 與照明光學系統之光軸正交，但若 3 個圖案 25A~25C 之間距於 X 方向及 Y 方向不相同時，直線 31A, 31B 即不會與照明光學系統之光軸正交，亦即在 4 個中間區域 29A~29D 分別與照明光學系統光軸之距離在 X 方向及 Y 方向互異，且在最外周的 4 個區域 30A~30D 分別與照明光學系統光軸之距離在 X 方向及 Y 方向互異。此外，形成在標線片之圖案數(種類)不限於 3 個，可以是 2 個或 4 個以上，圖案之排列方向在 X 方向及 Y 方向亦不須一致。

又，上述第 1、第 3、第 5 實施形態中，係藉由前述間隔可變之複數個稜鏡，來使照明光學系統 12 之光瞳面上光量高、除中心區域以外之 4 個或 8 個區域的各位置(與照明光學系統之光軸 BX 的距離)為可變，但該周邊區域並不限於 4 個或 8 個，例如亦可以是 2 個。

又，上述第 2 及第 5 實施形態中，在使用該繞射光學元件與孔徑光闌之雙方來設定照明用光 IL 在照明光學系統之光瞳面上之光量分佈的場合，在從繞射光學元件產生之繞射光於孔徑光闌上形成圖 12 或圖 16(A)所示之分佈時，照明用光之利用效率最高(照明用光之光量損失最少)，但該繞射光不正確的 formed 圖 12 或圖 16(A)所示之分佈亦可。亦即，照明用光之利用效率雖低，但可使用不同於前述繞射

光學元件 22A, 22B 之繞射光學元件，來使該繞射光分佈於包含 3 個區域以外的既定區域。

又，與前述繞射光學元件並用之孔徑光闌，不一定須為圖 22 所示般具有 3 個開口，只要具有能將從繞射光學元件產生、分佈於照明系統之光瞳面或其共軛面之繞射光(照明用光 IL)的光量分佈，設定成例如圖 12、圖 15、圖 16(A)所示之光量分佈的遮光部或減光部即可。例如，可並用圖 15(A)之光量分佈設定所使用的繞射光學元件，與將該光量分佈之中心區域 54A 之中央部予以部分遮光或減光的孔徑光闌，來設定圖 12 之光量分佈，而不須要在此孔徑光闌形成對應待設定光量分佈(光量高的 3 個區域)的開口。

又，上述第 2 及第 5 實施形態中，以可使用可變焦距透鏡(無焦系)來作為配置在照明光學系統內之繞射光學元件與光學積分器(5; 151)之間所設之光學系統(4; 152, 153)的至少一部分，俾使照明用光 IL 分佈在照明光學系統之光瞳面的 3 個區域的大小為可變。進一步的，在該光學系統(4; 152, 153)中，組裝一對前述間隔可變之稜鏡亦可。

又，上述第 2 及第 5 實施形態中，係藉由僅在照明光學系統內交換設置之複數個繞射光學元件所構成的成形光學系統，或藉由組合該複數個繞射光學元件、與光學系統(裝有前述可變焦距透鏡與一對稜鏡之至少一者)而構成的成形光學系統(相當於光學構件)，在光學積分器係複眼透鏡 5 時變化照明用光 IL 在該入射面上之強度分佈；若光學積分器係內面反射型積分器 151 時，則變化照明用光 IL 射入該入

射面之入射角度範圍，俾能任意變化照明用光 IL 在照明光學系統之光瞳面上的光量分佈(2 次光源的大小及形狀)、亦即能任意變化標線片之照明條件。此時，保持在旋轉器 24 之複數個繞射光學元件，不限於前述繞射光學元件 22A, 22B，可包含例如在小 σ 照明、環狀照明、2 極照明、及 4 極照明中分別使用之 4 個繞射光學元件的至少 1 個。又，亦可於該成形光學系統中組合前述孔徑光闌。

此時，例如可將成形光學系統中除孔徑光闌以外(含前述繞射光學元件等)的部分配置在光學積分器之上游側(與光源 1 之間)，而將該孔徑光闌配置在光學積分器之下游側。

又，上述第 2、第 4、第 5 實施形態中，轉印對象圖案雖係一方向密集接觸窗的圖案(一方向密集圖案)，但轉印對象之圖案，可視為實質上一方向之孤立圖案，只要是包含在與其交叉(例如正交)方向週期性形成之圖案的圖案的話，無論何種圖案皆可。

此外，上述第 2、第 4、第 5 實施形態及其變形例中，係將照明用光 IL 在與投影光學系統 PL 之光瞳面 Q3 實質上共軛之照明光學系統 12 之光瞳面或其共軛面(既定面)上的光量分佈中光量高的 3 個區域，於該既定面上沿著與前述一方向密集圖案之週期方向平行、通過照明光學系統 12 之光軸的直線配置，但不一定須將該 3 個區域配置在同一直線上。例如，可將 3 個區域中除中央區域外的其他 2 個區域之至少一方，配置在於 Y 方向偏離該直線處，或者亦可使該 2 個區域在 Y 方向與照明光學系統 12 之光軸的距離不

同。

又，上述第 2、第 4、第 5 實施形態及其變形例中，前述 3 個區域中的中央區域，除圓形外亦可以是環狀或矩形框狀者，但其形狀(光量分佈)並不限於此，亦即，該中央之區域，只要是與環狀等同樣的，中央部之光量被設定成小於其他部分之光量即可，例如可以是由彼此分離的複數個區域(其形狀任意)構成。此時，該複數個區域之數量及位置等，只要是設定成中央區域之光量重心與照明光學系統之光軸大致一致即可，例如最好是設定成中心(重心)在光軸外、與光軸之距離大致相等的 n 個(n 為自然數)區域，以及相對此 n 個區域與光軸、大致對稱配置之 n 個區域的共 $2n$ 個區域。此外，該中央區域中彼此分離之複數個區域，可在前述既定面上沿通過照明光學系統 12 之光軸的既定直線配置，例如可沿同一直線配置，亦可例如沿同一直線配置 2 個。再者，該中央區域中彼此分離之複數個區域，可視該中央區域之大小(相當於 σ 值)來決定其排列方向，例如在中央區域之大小相對較小時，使其排列方向與前述 3 個區域之排列方向(X 方向)一致較佳，相反的，其大小相對較大時，則使其排列方向與前述 3 個區域之排列方向(X 方向)大致正交(亦即為 Y 方向)較佳。

又，上述第 2、第 4、第 5 實施形態及其變形例中，亦可使前述 3 個區域中除中央區域以外的 2 個區域之位置，亦即一邊在與前述一方向密集圖案之週期方向平行的方向(X 方向)將與照明光學系統之光軸的距離維持大致相等的

情形下，一邊視其間距使其(該 2 個區域之位置)為可變。

又，上述各實施形態中，用於標線片照明條件之變更的成形光學系統雖包含複數個繞射光學元件，但亦可取代此繞射光學元件，例如更換使用像差不同之複數個透鏡元件。進一步的，在使用底邊為圓錐之第 1 及第 2 稜鏡 71, 72 時，若變更稜鏡 71, 72 之間隔，亦即變更照明光學系統 12 之光瞳面上強度高的各區域與光軸 BX 之距離的話，隨著該變更各區域之形狀亦可變化。因此，在該變化量超過既定之容許值時，例如可使用前述焦距可變透鏡或柱面透鏡等來抑制其形狀變化(使變少)。

又，圖 1(A)之投影曝光裝置可採用雙積分器方式(於照明光學系統 12 內沿光軸 BX 配置 2 個光學積分器)，該 2 個光學積分器可以是種類互異者。又，上述實施形態中，雖然照明用光在照明光學系統之光瞳面上的光量分佈於複數個區域較高，但例如在各區域光量慢慢減少時，前述光量高的區域，係指光量在既定值以上之區域。

又，上述各實施形態中，例如在使用波長 180nm 以下之真空紫外線來作為照明用光 IL 時，圖 1(A)之繞射光學元件 21, 22, 22A, 22B 之基板、構成標線片 R, RA 之玻璃基板、以及構成投影光學系統 PL 之透鏡等折射構件之光學材料，最好是能以選自螢石(CaF_2)、氟化鎂或氟化鋰等氟化物結晶、摻雜氟及氫之石英玻璃、構造決定溫度 1200K 以下且羥基濃度在 1000ppm 以上之石英玻璃(例如本申請人之日本專利第 2770224 公報之揭示)、構造決定溫度 1200K 以下且

氫分子濃度在 $1 \times 10^{17} \text{ molecules/cm}^3$ 以上之石英玻璃、構造決定溫度 1200K 以下且鹼濃度在 50ppm 以下之石英玻璃、以及構造決定溫度 1200K 以下且氫分子濃度在 $1 \times 10^{17} \text{ molecules/cm}^3$ 以上而鹼濃度在 50ppm 以下之石英玻璃(例如本申請人之日本專利第 2936138 公報(對應美國專利第 5,908,482 號)之揭示)之群組中的材料來形成。另一方面，使用 ArF 準分子雷射光或 KrF 準分雷射光等來作為照明用光 IL 時，除了上述各物質外，亦可使用合成石英來作為該光學材料。

接著，參照圖 24 說明使用上述實施形態之投影曝光裝置之半導體元件的製程例。

圖 24 係顯示半導體元件之一製程例，此圖 24 中，首先從矽半導體等製作出晶圓 W。之後，在晶圓 W 上塗佈光阻(步驟 S10)，於下一步驟 S12 中，將標線片 R1 裝載於上述實施形態(圖 1(A)或圖 18)之投影曝光裝置之標線片載台上，以掃描曝光方式將標線片 R1(例圖 2 之標線片 R)之圖案(以符號 A 表示)轉印(曝光)至晶圓 W 上之所有曝光照射區域 SE。又，晶圓 W 係例如直徑為 300mm 之晶圓(12 吋晶圓)，曝光照射區域 SE 之大小，例如係非掃描方向之寬為 25mm、掃描方向之寬為 33mm 之矩形區域。接著，於步驟 S14 中，藉進行蝕刻及顯影、離子植入等，在晶圓 W 之各曝光照射區域 SE 形成既定圖案。

其次，於步驟 S16 中，於晶圓 W 上塗佈光阻，之後於步驟 S18 中，將標線片 R2 裝載於上述實施形態(圖 1(A)或

圖 18)之投影曝光裝置之標線片載台上，以掃描曝光方式將標線片 R2 之圖案(以符號 B 表示)轉印(曝光)至晶圓 W 上之所有曝光照射區域 SE。然後，於步驟 S20 中，藉進行蝕刻及顯影、離子植入等，在晶圓 W 之各曝光照射區域 SE 形成既定圖案。

為製造期望之半導體元件，以上之曝光製程～圖案形成製程(步驟 S16～步驟 S20)係視需要重複進行若干次。然後，經將晶圓 W 上各晶片 CP 一個個切離之切割製程(步驟 S22)、結合製程、及封裝製程等(步驟 S24)，來製造作為成品之半導體元件 SP。

又，上述實施形態之曝光裝置，可將由複數個透鏡構成之照明光學系統、投影光學系統裝入曝光裝置本體並進行光學調整，將由多數機械零件組成之標線片載台、晶圓載台安裝於曝光裝置本體後進行各種線路及管線之連接，進一步進行綜合調整(電氣調整、動作確認)來加以製造。又，曝光裝置的製造以在溫度及潔淨度等受到管理的無塵室中進行較佳。

又，本發明不僅能應用於以掃描曝光型之投影曝光裝置進行曝光之情形，當然亦同樣能應用於以步進器等之一次曝光型之投影曝光裝置進行曝光之情形。此等情形時投影光學系統之倍率可以是等倍、亦可是放大倍率。進一步的，本發明亦能應用於例如國際公開(WO)第 99/494504 號等中所揭示之浸沒型曝光裝置來進行曝光之情形。浸沒型曝光裝置，可以是使用折反射型投影光學系統之掃描曝光

方式，亦可以是使用投影倍率為 $1/8$ 之投影光學系統的靜止曝光方式。靜止曝光方式之浸沒型曝光裝置，為了在基板上形成大的圖案，最好是能採用上述實施形態所說明之步進掃描(step & scan)方式。

又，上述實施形態之投影曝光裝置之用途，並不限於半導體製造用之曝光裝置，例如，亦能廣泛適用於形成為方型玻璃板之液晶顯示元件，或電漿顯示器等之顯示裝置用的曝光裝置，或用以製造攝影元件(CCD等)、微機器、薄膜磁頭及DNA晶片等各種元件之曝光裝置。此外，本發亦能適用於使用微影製程來製造形成有各種元件之光罩圖案的光罩(光罩、標線片等)之曝光步驟(曝光裝置)。

又，在本國際申請所指定國家、或所選擇之選擇國國內法令許可範圍內，援用前述所有美國專利等之揭示內容作為本說明書記載的一部分。

又，本發明並不限於上述實施形態，在不脫離本發明之要旨範圍內，當然是可以獲得各種構成。此外，含說明書、申請專利範圍、圖式、及摘要之2003年4月9日提出申請日本國專利申請第2003-105920、2003年8月25日提出申請日本國專利申請第2003-299628、2003年8月29日提出申請日本國專利申請第2003-307806、2003年9月19日提出申請日本國專利申請第2003-329194、以及2003年9月22日提出申請日本國專利申請第2003-329309之所有揭示內容，皆原封不動的引用於本說明書中。

根據本發明之元件製造方法，能以高精度且高產能製

造包含各種圖案的元件。

又，本發明之元件製造方法，在將照明系統在既定面之光量分佈，設定成在既定的 3 個區域光量較大時，能以高精度製造包含一方向密集圖案之元件。

【圖式簡單說明】

第 1(A)~1(C)圖，1(A)係顯示本發明第 1 實施形態之投影曝光裝置的構成圖，1(B)係顯示 1(A)中之稜鏡 71, 72 的放大立體圖，1(C)係顯示稜鏡 71, 72 之其他構成例的圖。

第 2 圖，係顯示第 1 圖之標線片 R 之圖案例的俯視圖。

第 3 圖，係顯示包含使用第 1 圖繞射光學元件 21 設定於複眼透鏡 5 之射出面(光瞳面)之 9 個區域的光量分佈圖。

第 4 圖，係顯示在複眼透鏡 5 之射出面(光瞳面)上之 5 個區域中光量變大之光量分佈的圖。

第 5 圖，係顯示以第 3 圖及第 4 圖之光量分佈進行曝光時，根據轉印像之模擬所作之評鑑結果的圖。

第 6(A)、6(B)圖，6(A)係第 3 圖之光量分佈中，顯示將中心區域設為環狀之變形例的圖，6(B)係顯示光量分佈之其他變形例的圖。

第 7(A)、7(B)圖，7(A)係顯示使用第 1 圖之繞射光學元件 21 設定於複眼透鏡 5 之射出面(光瞳面)、包含中心環狀之 5 個區域中光量變大之光量分佈的圖，7(B)係顯示 7(A)之光量分佈之變形例的圖。

第 8 圖，係顯示以第 7(A)圖之光量分佈進行曝光時，根據轉印像之模擬所作之評鑑結果的圖。

第 9 圖，係顯示對第 3 圖之光量分佈之變形例的圖。

第 10 圖，係顯示第 1(A)圖中之稜鏡 71, 72 之變形例的圖。

第 11(A)、11(B)圖，11(A)係顯示本發明第 2 實施形態中作為曝光對象之標線片 R1 之圖案例的俯視圖，11(B)係顯示標線片 R1 之圖案之其他例的圖。

第 12 圖，係顯示本發明第 2 實施形態中，使用第 1(A)圖之繞射光學元件 22A 設定於複眼透鏡 5 之射出面(光瞳面)之光量分佈的圖。

第 13(A)、13(B)圖，13(A)係顯示因第 11(A)圖之圖案 52 而繞射於 Y 方向之光束的圖，13(B)係顯示因第 11(A)圖之圖案 52 而繞射於 X 方向之光束的圖。

第 14 圖，係顯示以第 12 圖之光量分佈進行曝光時，根據轉印像之模擬所作之焦深(DOF)評鑑結果的圖。

第 15(A)~15(C)圖，係分別顯示對第 12 圖之光量分佈之變形例的圖。

第 16(A)、16(B)圖，16(A)係顯示使用第 1(A)圖之繞射光學元件 22B 設定於複眼透鏡 5 之射出面(光瞳面)之光量分佈的圖，16(B)係顯示 16(A)之光量分佈之變形例的圖。

第 17 圖，係顯示以第 16(A)圖之光量分佈進行曝光時，根據轉印像之模擬所作之焦深(DOF)評鑑結果的圖。

第 18 圖，係顯示本發明第 3 實施形態之投影曝光裝置的構成圖。

第 19 圖，係顯示第 18 圖中之孔徑光闌 42 之圖案的圖。

第 20 圖，係顯示對應第 6 圖之光量分佈之孔徑光闌之圖案的圖。

第 21 圖，係顯示對應第 7(A)圖之光量分佈之孔徑光闌之圖案的圖。

第 22(A)、22(B)圖，係分別顯示本發明第 4 實施形態中，第 18 圖中之孔徑光闌 42A 及 42B 之圖案的圖。

第 23 圖，係顯示本發明第 5 實施形態之照明光學系統之主要部位的圖。

第 24 圖，係顯示使用本發明之實施形態之投影曝光裝置來製造半導體元件之製程例的圖。

【主要元件符號說明】

1	曝光光源
2	光束放大器
3, 10	光程彎曲用反射鏡
4, 152	中繼透鏡
5	複眼透鏡(光學積分器)
6, 11	聚光透鏡系統
7, 154	固定視野光闌(固定遮簾)
8	可動視野光闌(可動遮簾)
9	成像用透鏡系統
12	照明光學系統
14	標線片載台
15	標線片基座
16	標線片載台驅動系統

17	主 控 制 系 統
18	晶 圓 載 台
19	晶 圓 基 座
20	晶 圓 載 台 驅 動 系 統
21	第 1 繞 射 光 學 元 件
22	第 2 繞 射 光 學 元 件
22A	繞 射 光 學 元 件
23	驅 動 部
24, 41	旋 轉 器
25A, 25B, 25C, 52	圖 案
26, 27	圓 周
28	半 徑 $r1$ 之 圓 形 區 域
	28R 外 半 徑 $r1$ 、內 半 徑 $r1R$
	之 環 狀 區 域
29A, 29B, 29C, 29D	半 徑 $r2$ 之 圓 形 區 域
30A, 30B, 30C, 30D	半 徑 $r3$ 之 圓 形 區 域
31A	第 1 直 線
31B	第 2 直 線
32A	半 徑 $R1$ 之 第 1 圓 周
32B	半 徑 $R2$ 之 第 2 圓 周
	33R 外 半 徑 $r4$ 、內 半 徑 $r4R$
	之 圓 形 環 狀 區 域
34A, 34B, 34C, 34D	半 徑 $r5$ 之 圓 形 區 域
35	半 徑 $R3$ 之 圓 周

42, 44	孔徑光闌
45R, 48R	環狀開口
46A ~ 46D	開口
47A ~ 47D, 49A ~ 49D	圓形開口
54	外半徑 r_4 之環狀區域
55A, 55B	半徑 r_5 之圓形區域
58, 59, 60	光束
71	第 1 稜鏡
71A, 71B, 71C, 71D	稜鏡
71a	平行平面板
71b	圓錐體
72	第 2 稜鏡
151	棒狀積分器
152	透鏡
153	聚光透鏡
AX	投影光學系統之光軸
BX	照明光學系統之光軸
DL	光束
d1, d2	間隔
IL	照明用光
PA	標線片之圖案區域
P1, P2, P3	圖案間距
PL	投影光學系統
Q1	複眼透鏡之射出面

-
-
-

Q2, Q4	面
Q3	投影光學系統之光瞳面
Q5	棒狀積分器之射出面
R, RA	標線片



七、申請專利範圍：

1. 一種曝光裝置，具有以照明光照明第 1 物體之照明系統，與用以將該第 1 物體投影在第 2 物體上之投影系統，其特徵在於，具備：

光學系統，包含在與該投影系統之光瞳面共軛之該照明系統內之既定面產生分別分布在中心配置於光軸外之複數個區域之光束的偏光構件、配置在該偏光構件與該既定面之間之光路之光學積分器、及配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路之透鏡系統，在該既定面在該複數個區域生成該照明光之光量大於其他區域的光量分布；以及

偏光設定構件，配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路，設定來自該偏光構件之該光束的偏光狀態；

該偏光構件配置在該透鏡系統之大致前側焦點之位置；

該光學積分器之入射面配置在該透鏡系統之大致後側焦點之位置；

該照明系統以包含藉由該偏光設定構件設定偏光狀態後之該光束之該照明光照明該第 1 物體。

2. 一種曝光裝置，具有以照明光照明第 1 物體之照明系統，與用以將該第 1 物體投影在第 2 物體上之投影系統，其特徵在於：

具備沿著該照明光之行進方向依序配置之偏光構件、透鏡系統及光學積分器、與配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路之偏光設定構件；

該偏光構件配置在該透鏡系統之大致前側焦點之位置；

該光學積分器之入射面配置在該透鏡系統之大致後側焦點之位置；

包含該偏光構件、該透鏡系統及該光學積分器之光學系統將該照明光限制成在該照明系統之光瞳面分布在中心配置於光軸外之複數個區域的光束；

該偏光設定構件設定藉由該光學系統分布在該複數個區域之該光束的偏光狀態；

該照明系統以包含藉由該偏光設定構件設定偏光狀態後之該光束之該照明光照明該第 1 物體。

3．如申請專利範圍第 1 或 2 項之曝光裝置，其中，該透鏡系統使該偏光構件與該光學積分器之出射面大致共軛。

4．如申請專利範圍第 1 或 2 項之曝光裝置，其中，該照明系統進行之該第 1 物體之照明條件可藉由該偏光構件之更換及與該偏光構件不同之光學元件的移動中之至少一者改變。

5．如申請專利範圍第 1 或 2 項之曝光裝置，其中，該照明系統，包含可沿著該光軸移動的可動構件，該偏光設定構件係配置於該偏光構件與該可動構件之間。

6．如申請專利範圍第 5 項之曝光裝置，其中，該可動構件，包含可改變該複數個區域與該光軸之位置關係的至少一個稜鏡。

7. 如申請專利範圍第 5 項之曝光裝置，其中，該透鏡系統包含可改變該複數個區域之大小之可變焦距透鏡；

該可動構件包含設置在該可變焦距透鏡內之可移動之透鏡。

8. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之曝光裝置，其中，該偏光設定構件，使來自該偏光構件之該光束成為直線偏光。

9. 如申請專利範圍第 8 項之曝光裝置，其中，該偏光設定構件，以在該複數個區域之該光束之偏光方向與切線方向或圓周方向大致一致之方式，設定來自該偏光構件之該光束之偏光狀態。

10. 如申請專利範圍第 8 項之曝光裝置，其中，該偏光設定構件，以在該複數個區域之該光束成為 S 偏光之方式，設定來自該偏光構件之該光束之偏光狀態。

11. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之曝光裝置，其中，該複數個區域係設定成與該光軸的距離大致相等。

12. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之曝光裝置，其中，該透鏡系統，包含配置在該偏光構件與該偏光設定構件之間之光路之至少一片透鏡。

13. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之曝光裝置，其中，該偏光構件，包含在彼此不同之方向產生光束的繞射光學元件。

14. 一種元件製造方法，其包含：

使用申請專利範圍第 1 至 13 項中任一項之曝光裝置使基板曝光的動作；以及

使用該曝光裝置將所曝光之該基板顯影的動作。

15．一種照明光學裝置，係設於透過第 1 物體與投影系統以照明光使第 2 物體曝光之曝光裝置，以該照明光照明該第 1 物體，其特徵在於，具備：

光學系統，包含在與該投影系統之光瞳面共軛之既定面產生分別分布在中心配置於光軸外之複數個區域之光束的偏光構件、配置在該偏光構件與該既定面之間之光路之光學積分器、及配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路之透鏡系統，在該既定面在該複數個區域生成該照明光之光量大於其他區域的光量分布；以及

偏光設定構件，配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路，設定來自該偏光構件之該光束的偏光狀態；

該偏光構件配置在該透鏡系統之大致前側焦點之位置；

該光學積分器之入射面配置在該透鏡系統之大致後側焦點之位置；

以包含藉由該偏光設定構件設定偏光狀態後之該光束之該照明光照明該第 1 物體。

16．一種照明光學裝置，係設於透過第 1 物體與投影系統以照明光使第 2 物體曝光之曝光裝置，以該照明光照明該第 1 物體，其特徵在於：

具備沿著該照明光之行進方向依序配置之偏光構件、透鏡系統及光學積分器、與配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路之偏光設定構件；

該偏光構件配置在該透鏡系統之大致前側焦點之位置；

該光學積分器之入射面配置在該透鏡系統之大致後側焦點之位置；

包含該偏光構件、該透鏡系統及該光學積分器之光學系統將該照明光限制成在該照明光學裝置之光瞳面分布在中心配置於光軸外之複數個區域的光束；

該偏光設定構件設定藉由該光學系統分布在該複數個區域之該光束的偏光狀態；

以包含藉由該偏光設定構件設定偏光狀態後之該光束之該照明光照明該第 1 物體。

17．如申請專利範圍第 15 或 16 項之照明光學裝置，其中，該透鏡系統使該偏光構件與該光學積分器之出射面大致共軛。

18．如申請專利範圍第 15 或 16 項之照明光學裝置，其中，該第 1 物體之照明條件可藉由該偏光構件之更換及與該偏光構件不同之光學元件的移動中之至少一者改變。

19．如申請專利範圍第 15 或 16 項之照明光學裝置，其具備可沿著該光軸移動的可動構件，該偏光設定構件係配置於該偏光構件與該可動構件之間。

20．如申請專利範圍第 19 項之照明光學裝置，其中，該可動構件，包含可改變該複數個區域與該光軸之位置關係的至少一個稜鏡。

21．如申請專利範圍第 19 項之照明光學裝置，其中，

該透鏡系統包含可改變該複數個區域之大小之可變焦距透鏡；

該可動構件包含設置在該可變焦距透鏡內之可移動之透鏡。

22．如申請專利範圍第 15 或 16 項之照明光學裝置，其中，該偏光設定構件，使來自該偏光構件之該光束成為直線偏光。

23．如申請專利範圍第 22 項之照明光學裝置，其中，該偏光設定構件，以在該複數個區域之該光束之偏光方向與切線方向或圓周方向大致一致之方式，設定來自該偏光構件之該光束之偏光狀態。

24．如申請專利範圍第 22 項之照明光學裝置，其中，該偏光設定構件，以在該複數個區域之該光束成為 S 偏光之方式，設定來自該偏光構件之該光束之偏光狀態。

25．如申請專利範圍第 15 或 16 項之照明光學裝置，其中，該複數個區域係設定成與該光軸的距離大致相等。

26．如申請專利範圍第 15 或 16 項之照明光學裝置，其中，該透鏡系統包含配置在該偏光構件與該偏光設定構件之間之光路之至少一片透鏡。

27．如申請專利範圍第 15 或 16 項之照明光學裝置，其中，該偏光構件，包含在彼此不同之方向產生光束的繞射光學元件。

28．一種曝光方法，係藉由照明系統以照明光照明第 1 物體，透過該第 1 物體與投影系統以該照明光使第 2 物體

曝光，其特徵在於，包含：

在與該投影系統之光瞳面共軛之該照明系統內之既定面藉由偏光構件產生分別分布在中心配置於光軸外之複數個區域的光束，藉由包含該偏光構件、配置在該偏光構件與該既定面之間之光路之光學積分器、及配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路之透鏡系統之光學系統在該既定面在該複數個區域生成該照明光之光量大於其他區域的光量分布；

藉由配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路之偏光設定構件設定來自該偏光構件之該光束的偏光狀態；

以包含藉由該偏光設定構件設定偏光狀態後之該光束之該照明光照明該第 1 物體；

該偏光構件配置在該透鏡系統之大致前側焦點之位置；

該光學積分器之入射面配置在該透鏡系統之大致後側焦點之位置。

29. 一種曝光方法，係藉由照明系統以照明光照明第 1 物體，透過該第 1 物體與投影系統以該照明光使第 2 物體曝光，其特徵在於，包含：

藉由包含沿著該照明光之行進方向依序配置之偏光構件、透鏡系統及光學積分器之光學系統，將該照明光限制成在該照明系統之光瞳面分布在中心配置於光軸外之複數個區域的光束；

藉由配置在該偏光構件與該光學積分器之間之光路之

偏光設定構件設定藉由該光學系統分布在該複數個區域之該光束的偏光狀態；

以包含藉由該偏光設定構件設定偏光狀態後之該光束之該照明光照明該第 1 物體；

該偏光構件配置在該透鏡系統之大致前側焦點之位置；

該光學積分器之入射面配置在該透鏡系統之大致後側焦點之位置。

30．如申請專利範圍第 28 或 29 項之曝光方法，其中，該透鏡系統使該偏光構件與該光學積分器之出射面大致共軛。

31．如申請專利範圍第 28 或 29 項之曝光方法，其中，可藉由該偏光構件之更換及與該偏光構件不同之光學元件的移動之至少一者改變該照明系統進行之該第 1 物體之照明條件。

32．如申請專利範圍第 28 或 29 項之曝光方法，其中，該照明光係透過可沿著該光軸移動之可動構件照射至該第 1 物體；

該偏光狀態之設定係在該可動構件之上游側進行。

33．如申請專利範圍第 32 項之曝光方法，其中，可藉由該可動構件之至少一個稜鏡，改變該複數個區域與該光軸之位置關係。

34．如申請專利範圍第 32 項之曝光方法，其中，可藉由該透鏡系統具有之設置在可變焦距透鏡內之可移動之透

鏡改變該複數個區域之大小。

35．如申請專利範圍第 28 或 29 項之曝光方法，其中，藉由該偏光設定構件使來自該偏光構件之該光束成為直線偏光。

36．如申請專利範圍第 35 項之曝光方法，其中，以在該複數個區域之該光束之偏光方向與切線方向或圓周方向大致一致之方式，設定來自該偏光構件之該光束之偏光狀態。

37．如申請專利範圍第 35 項之曝光方法，其中，以在該複數個區域之該光束成為 S 偏光之方式，設定來自該偏光構件之該光束之偏光狀態。

38．如申請專利範圍第 28 或 29 項之曝光方法，其中，該複數個區域係設定成與該光軸的距離大致相等。

39．如申請專利範圍第 28 或 29 項之曝光方法，其中，該透鏡系統，包含配置在該偏光構件與該偏光設定構件之間之光路之至少一片透鏡。

40．如申請專利範圍第 28 或 29 項之曝光方法，其中，該偏光構件，包含在彼此不同之方向產生光束的繞射光學元件。

41．一種元件製造方法，其包含：

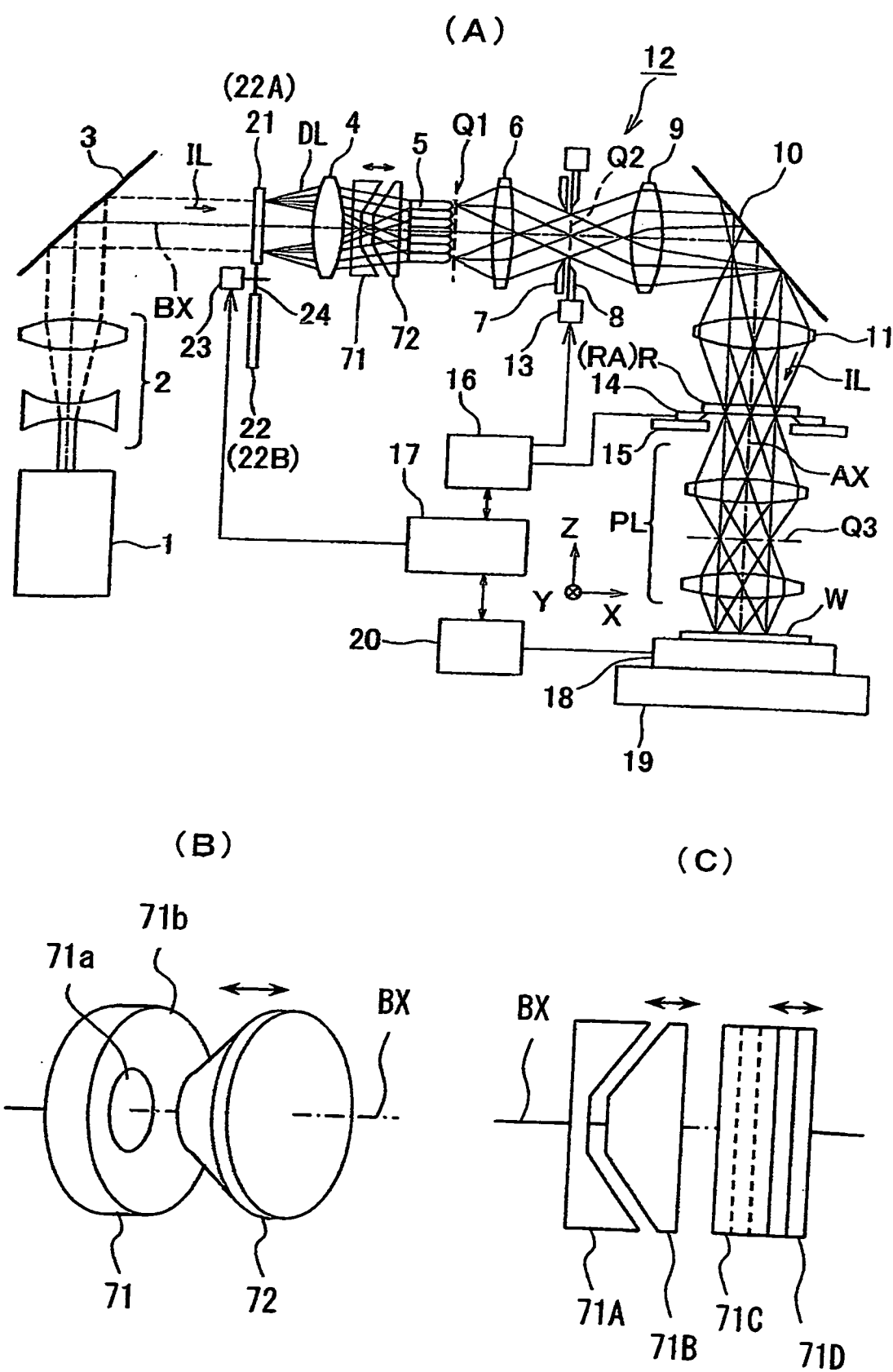
使用申請專利範圍第 28 至 40 項中任一項之曝光方法使基板曝光的動作；以及

使用該曝光方法將所曝光之該基板顯影的動作。

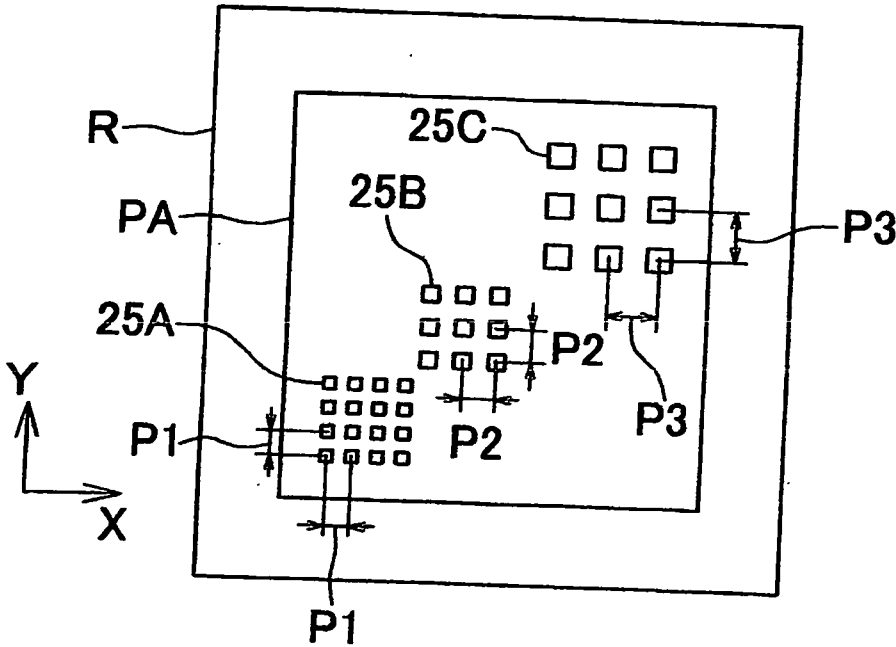
八、圖式：

(如次頁)

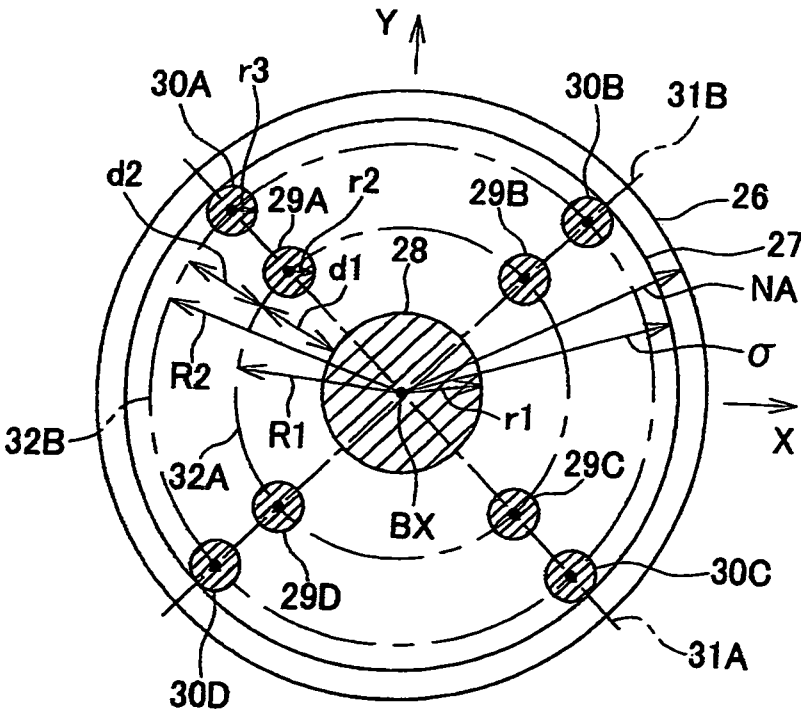
第 1 圖



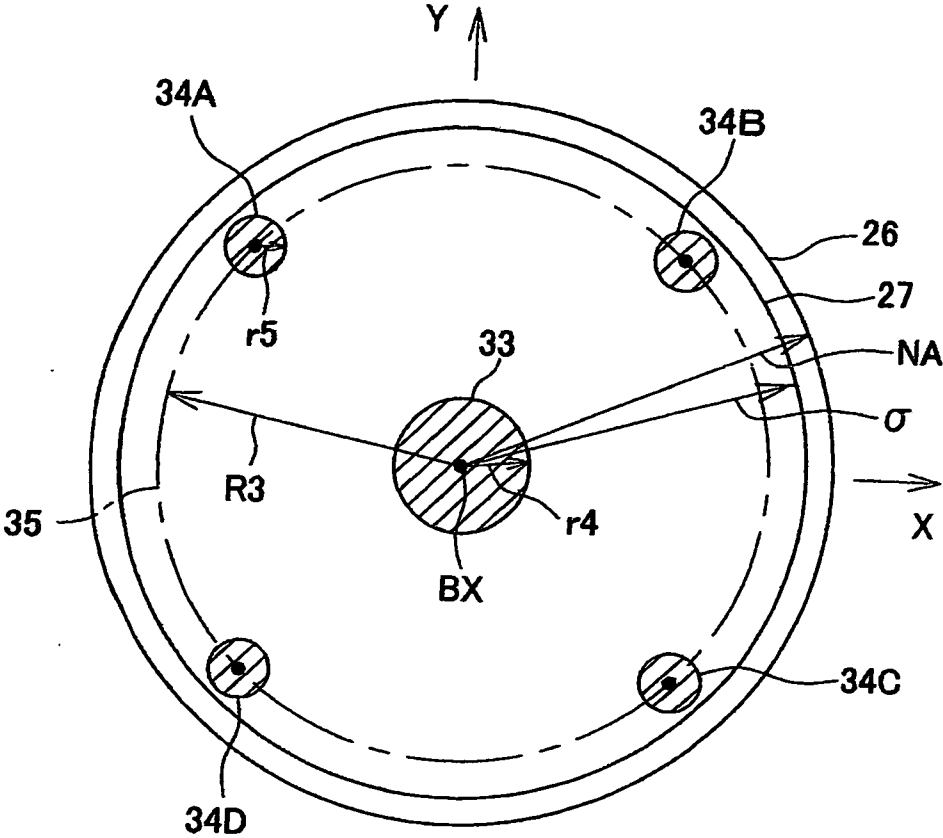
第 2 圖



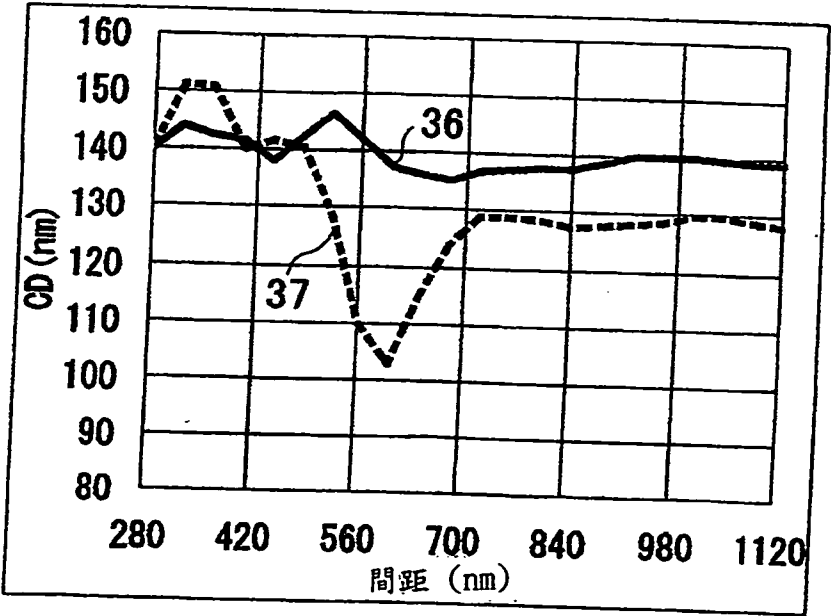
第 3 圖



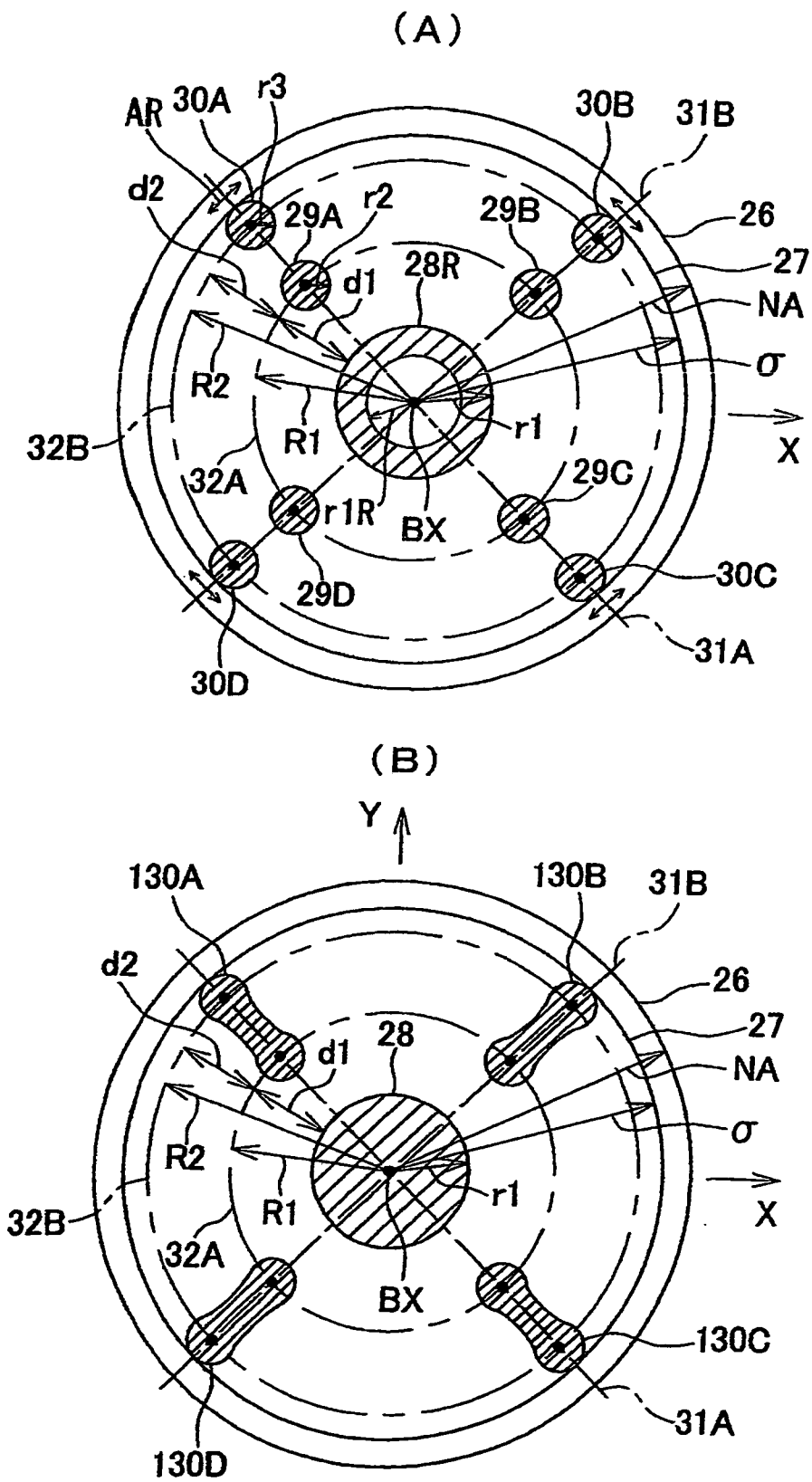
第 4 圖



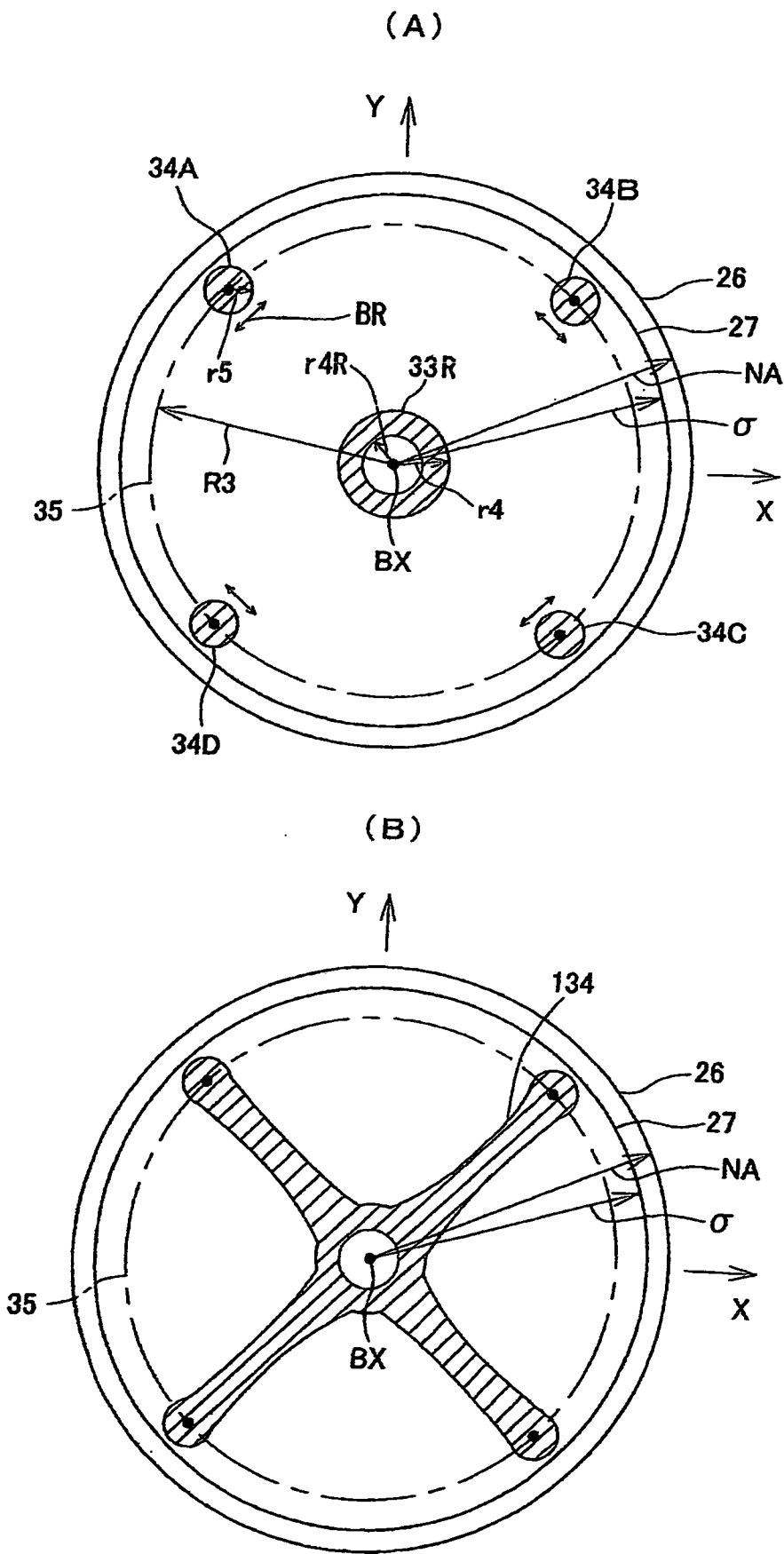
第 5 圖



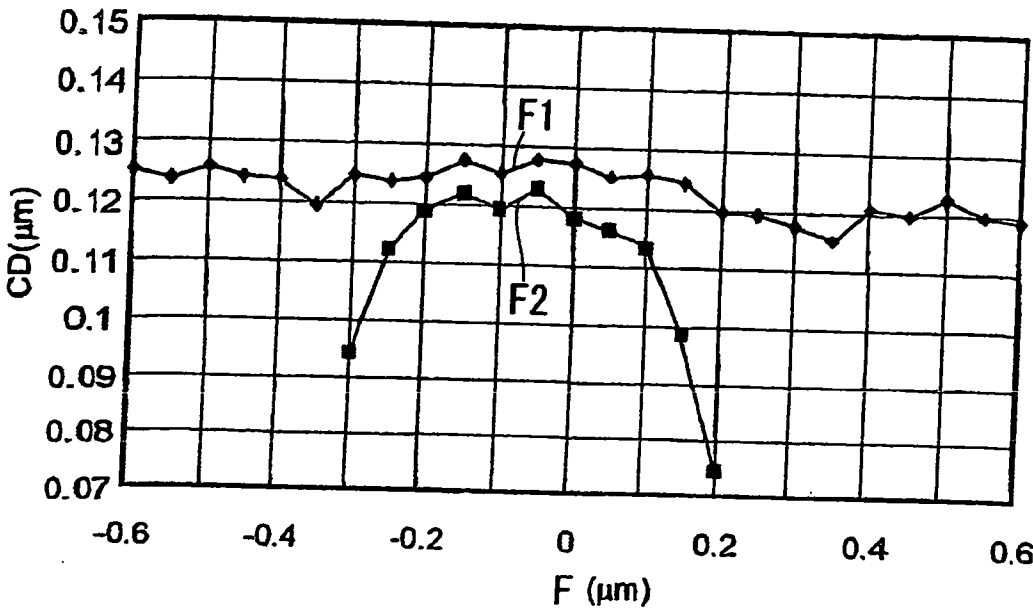
第 6 圖



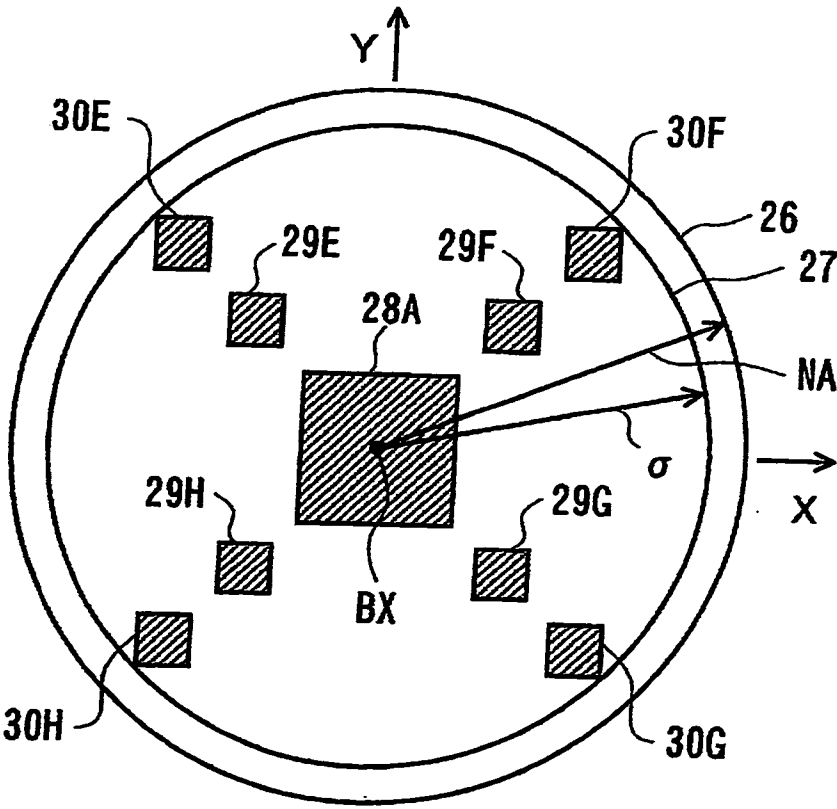
第 7 圖



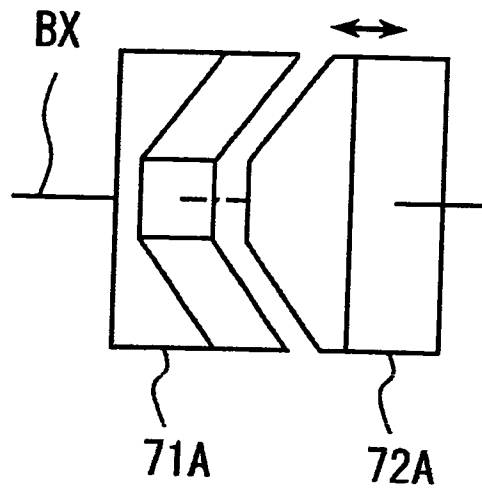
第 8 圖



第 9 圖

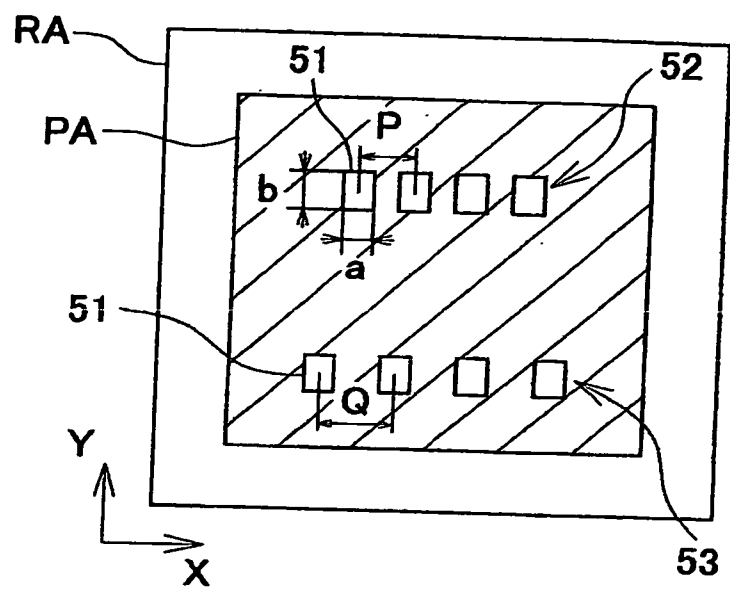


第 1 0 圖

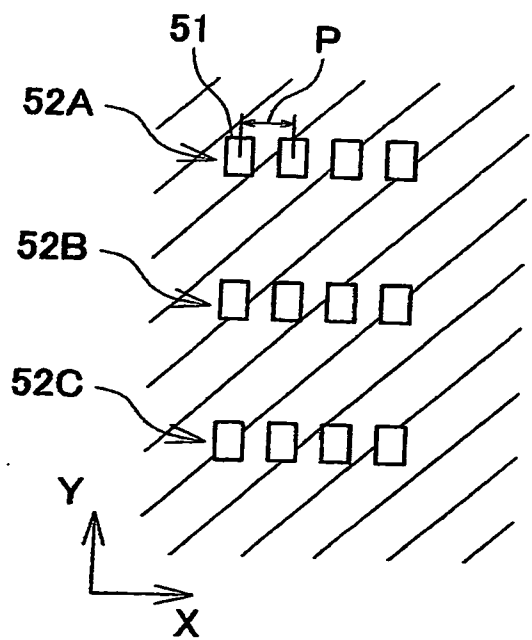


第 1 1 圖

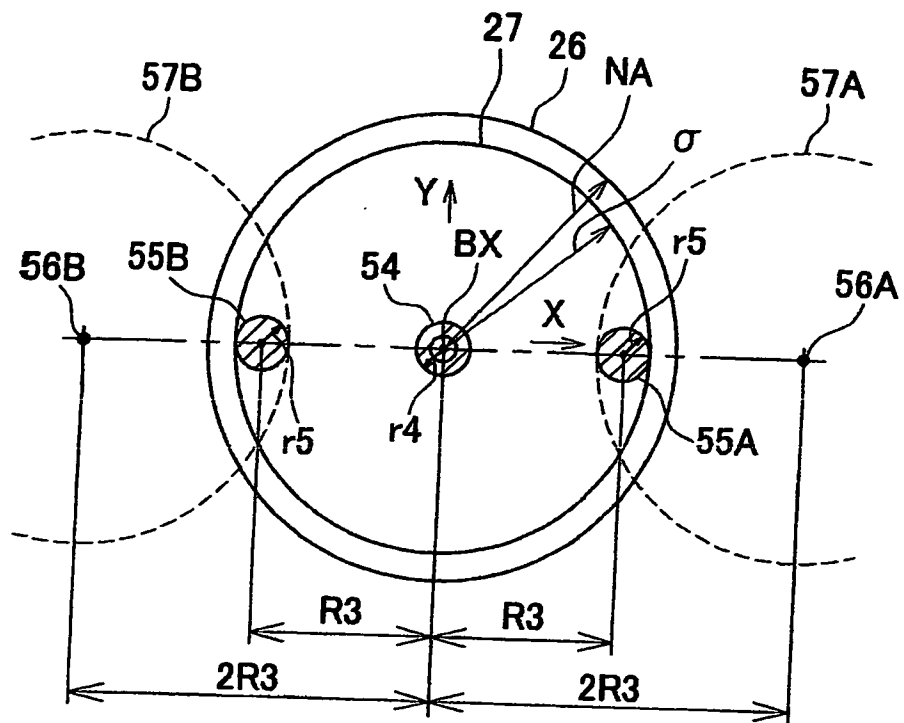
(A)



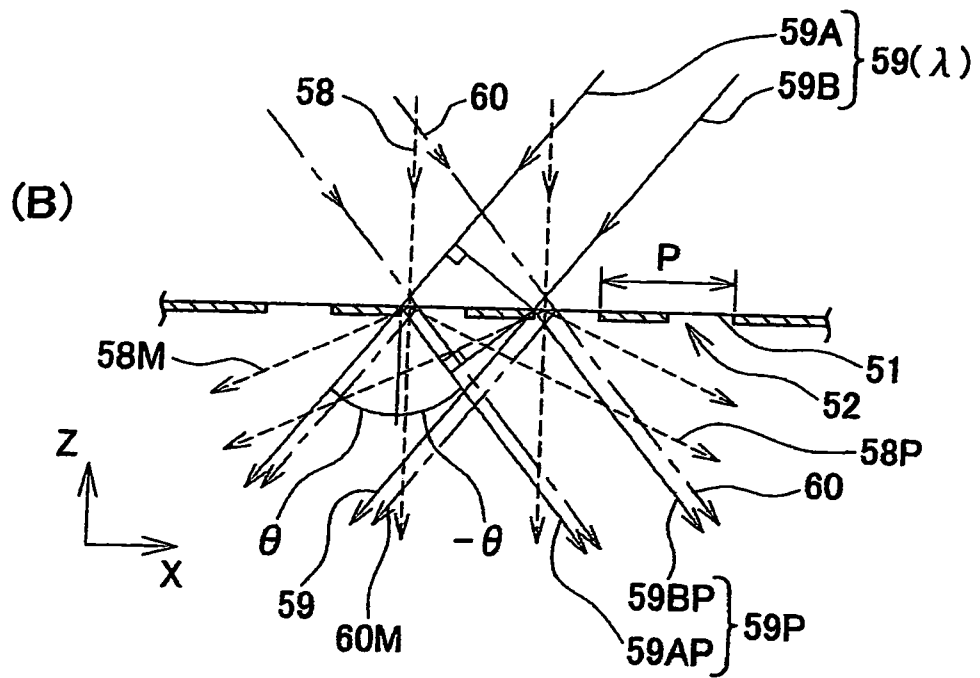
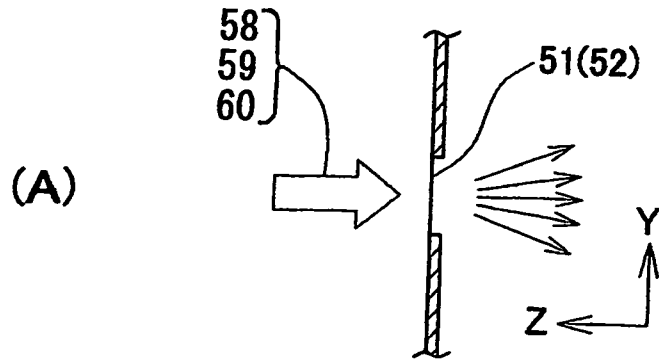
(B)



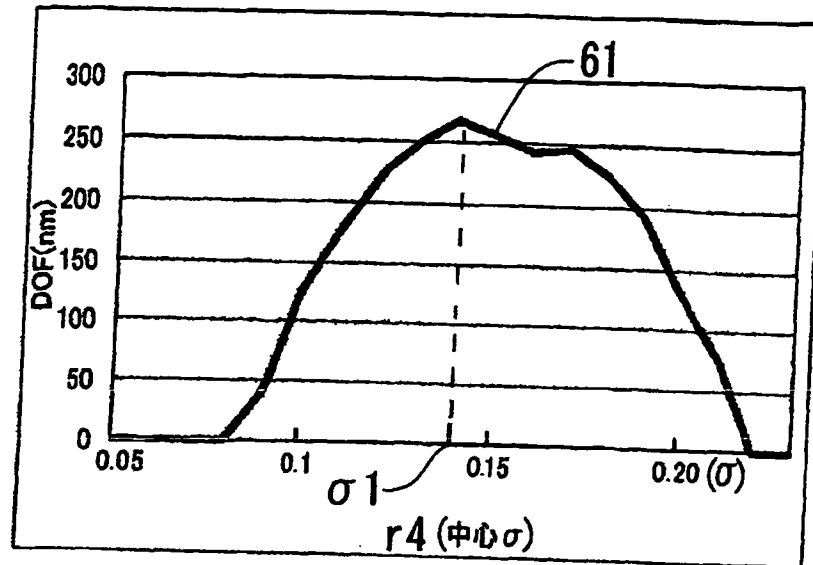
第 1 2 圖



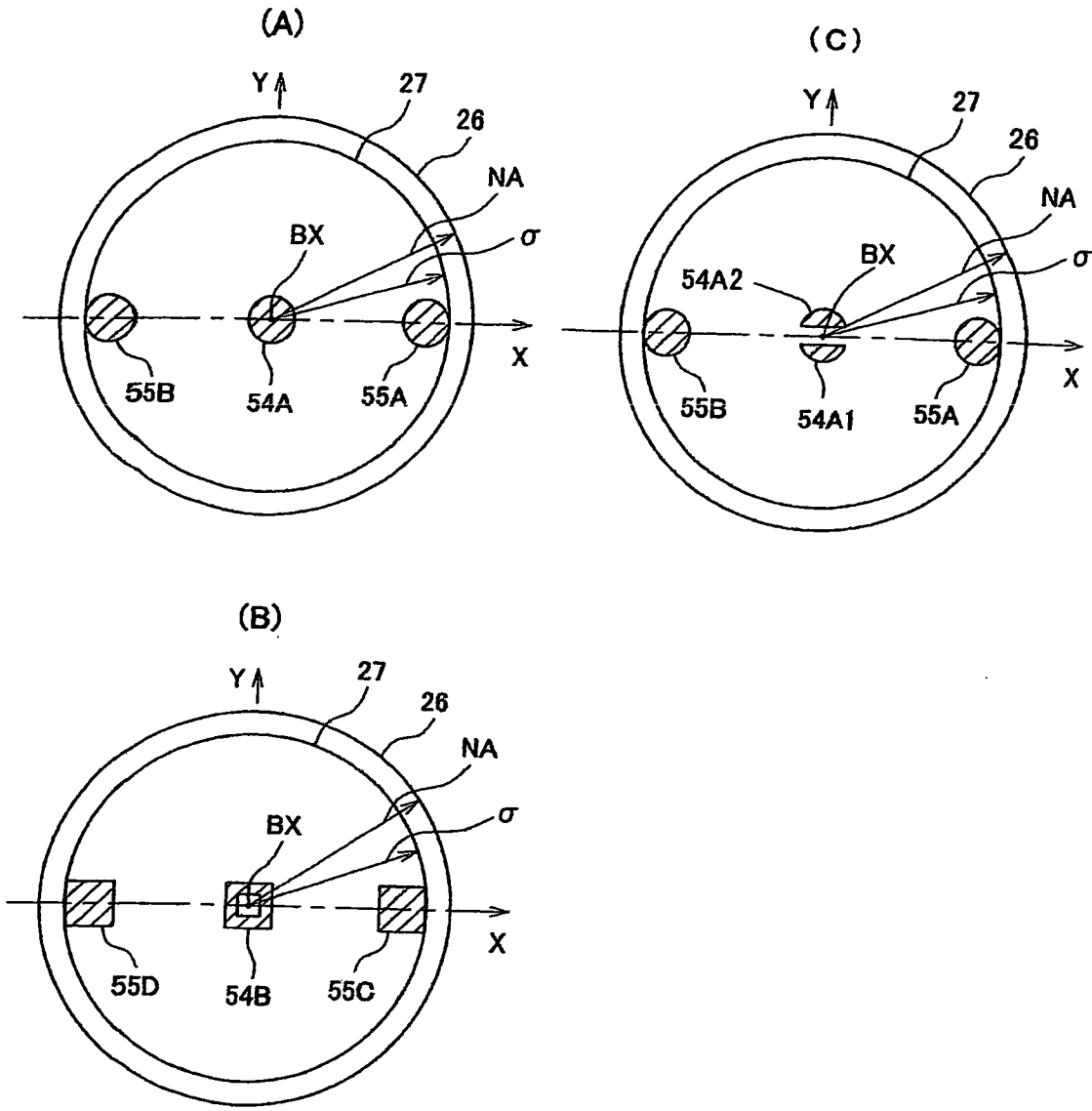
第 1 3 圖



第 1 4 圖

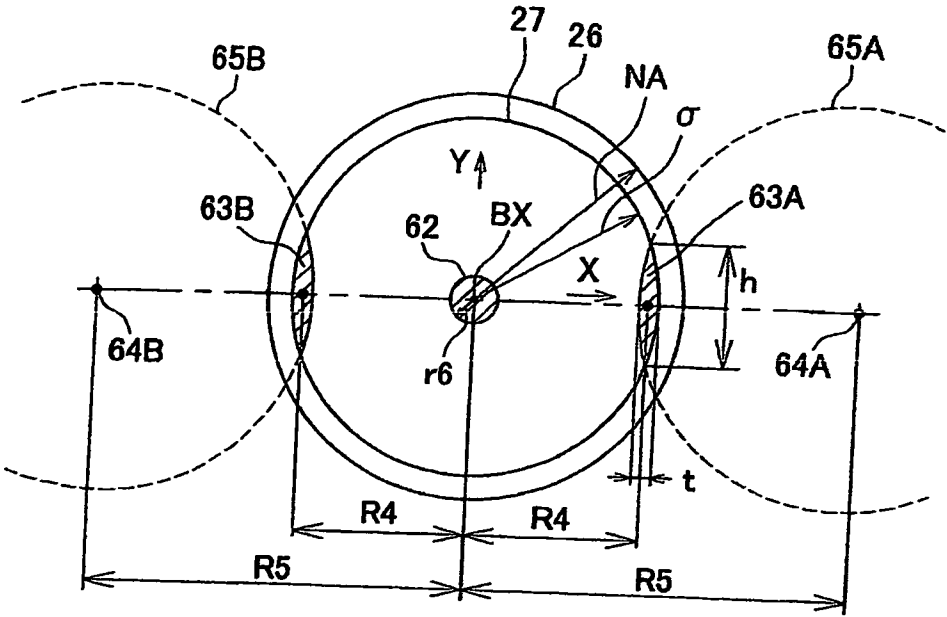


第 1 5 圖

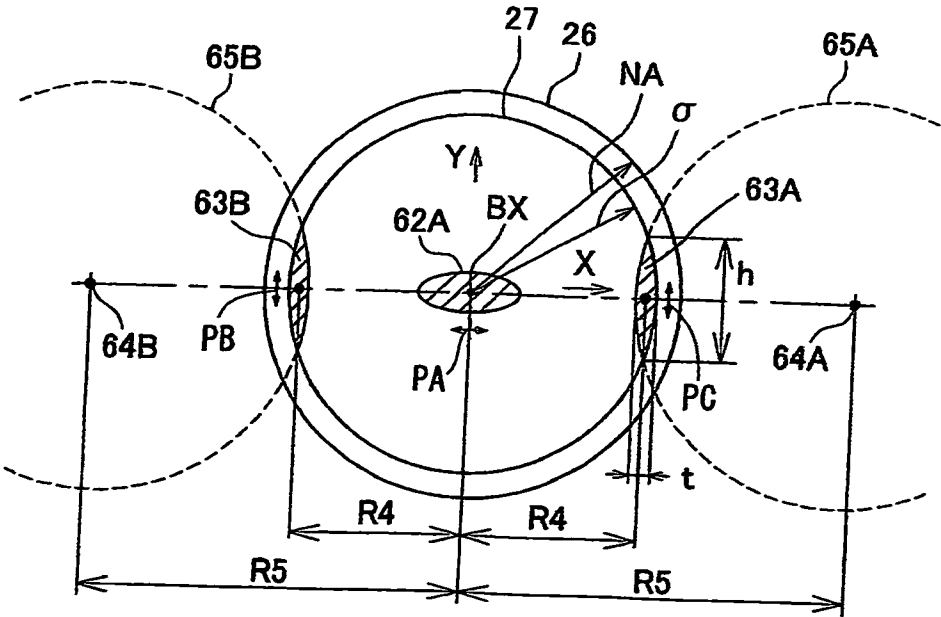


第 1 6 圖

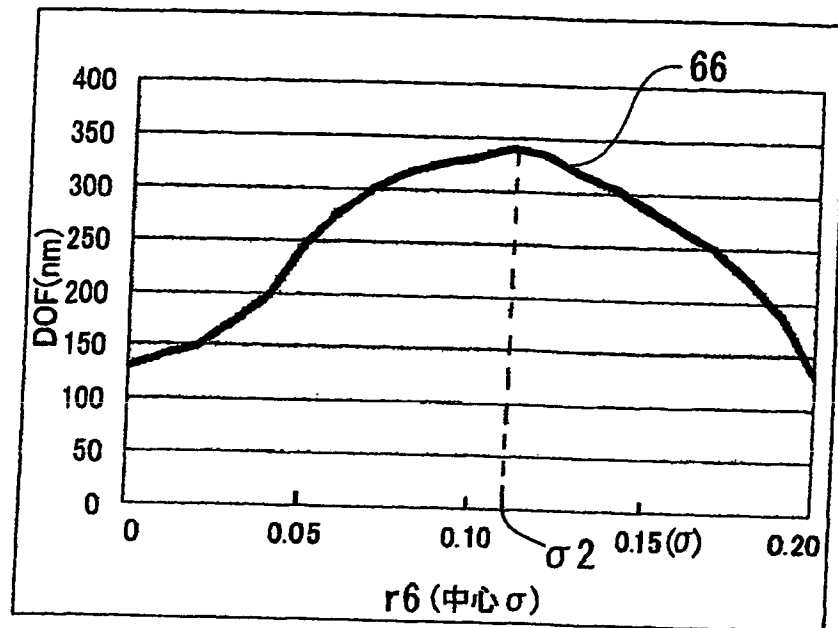
(A)



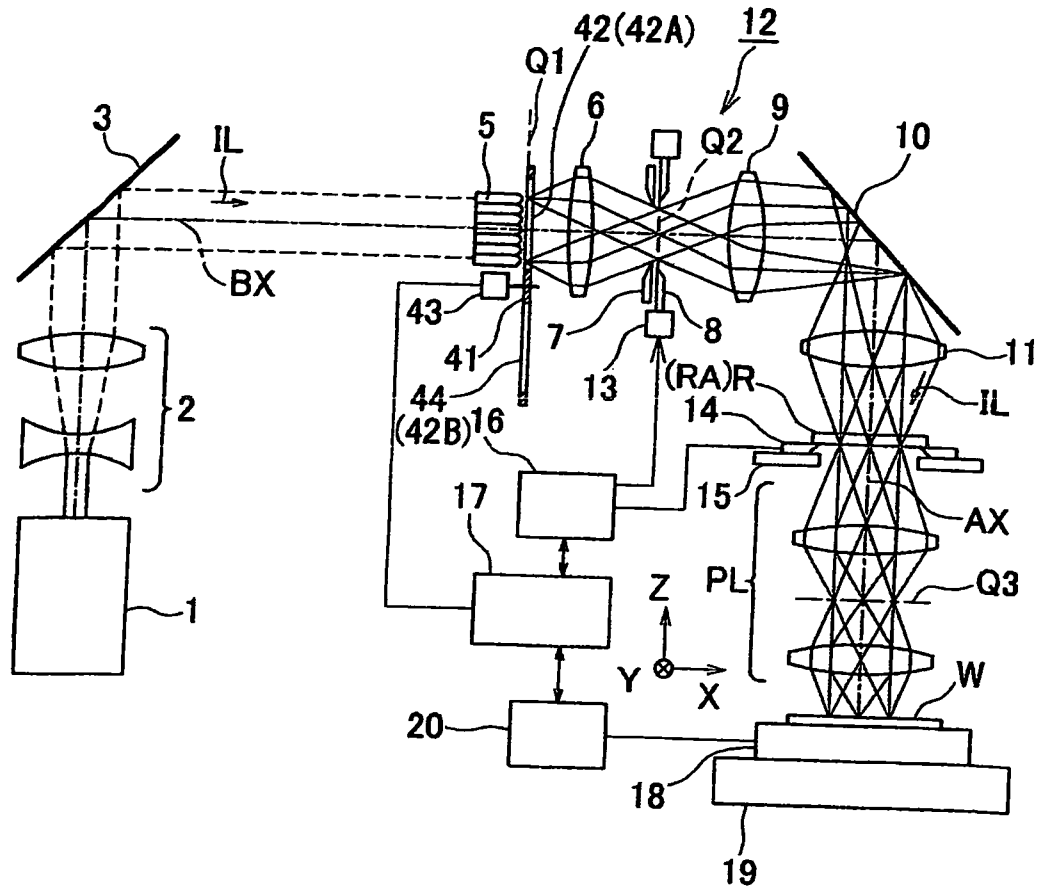
(B)



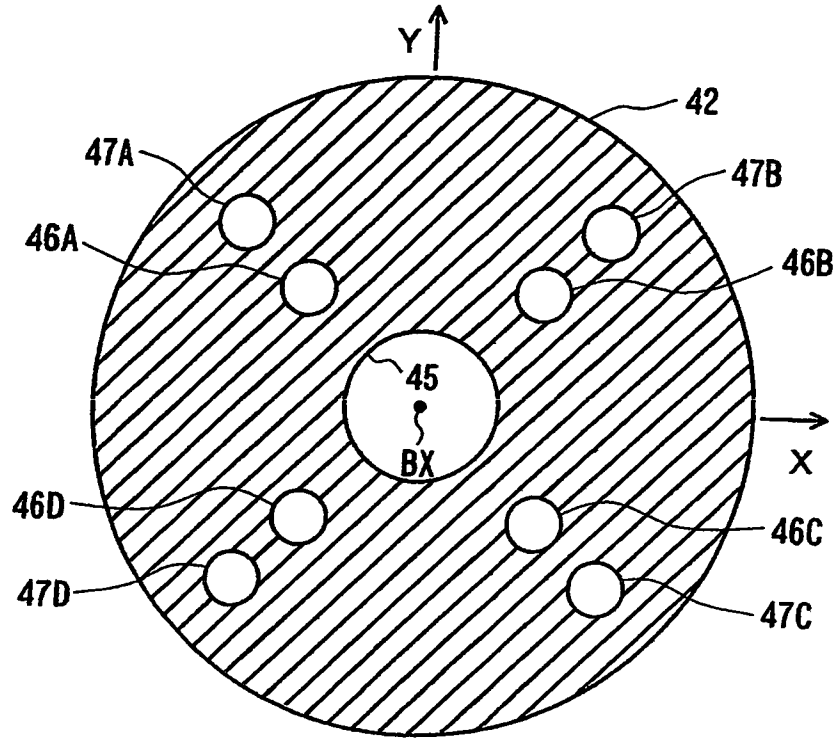
第 1 7 圖



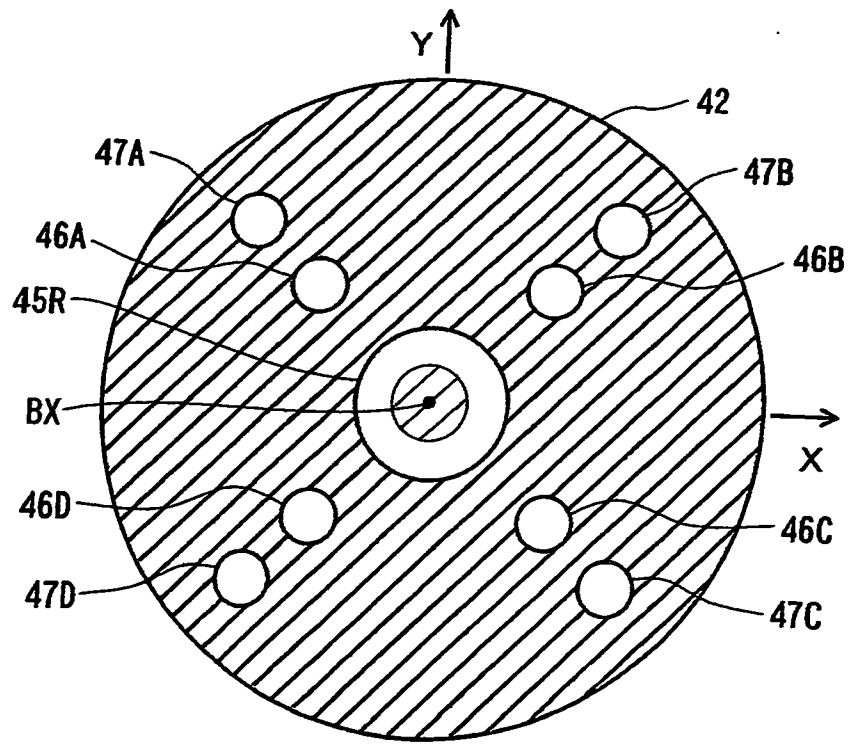
第 1 8 圖



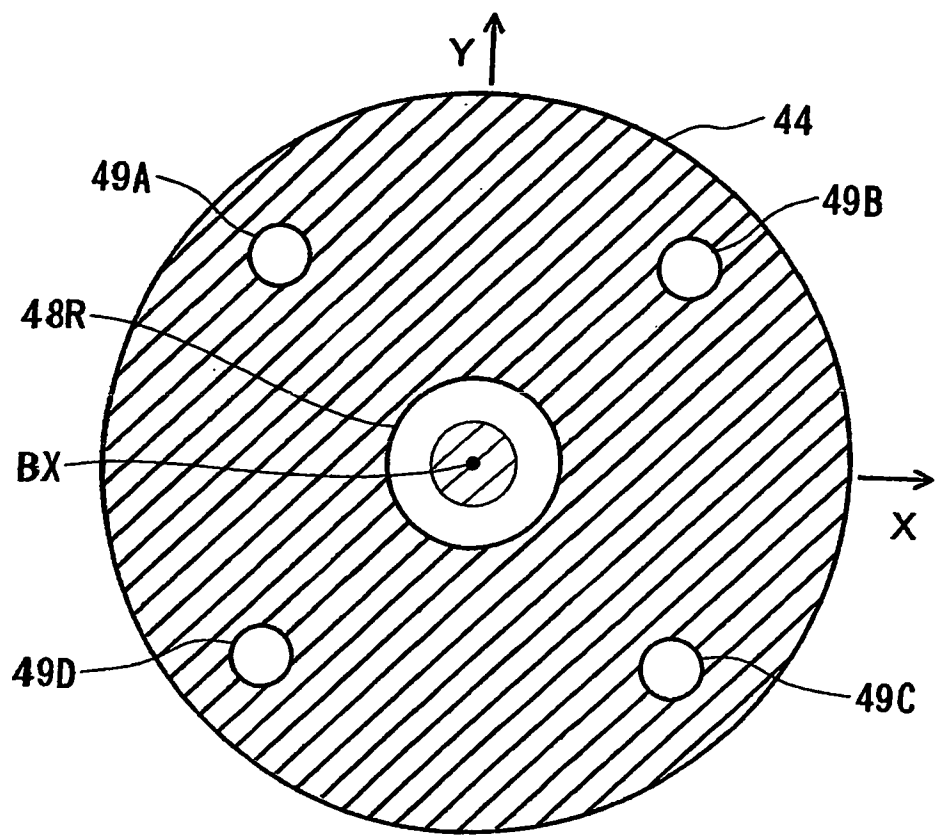
第 1 9 圖



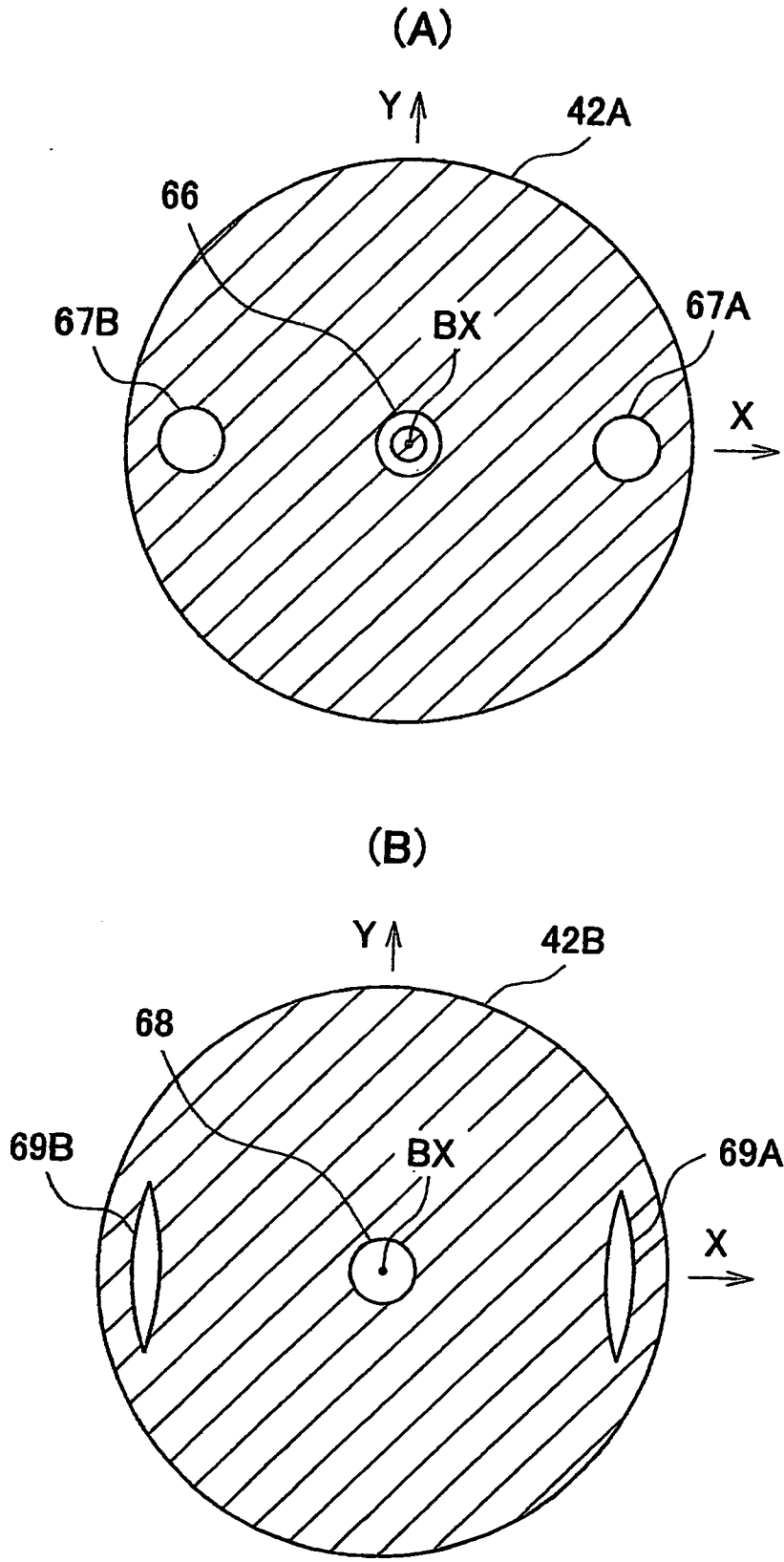
第 2 0 圖



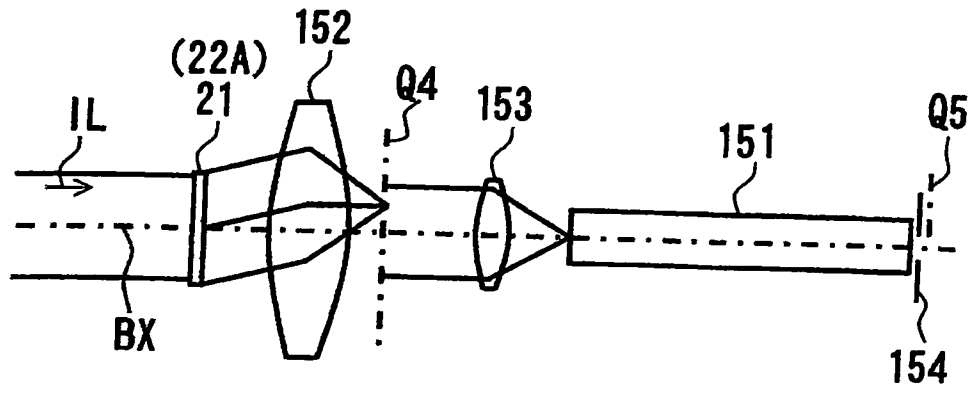
第 2 1 圖



第 2 2 圖



第 2 3 圖



第 2 4 圖

