



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202431029 A

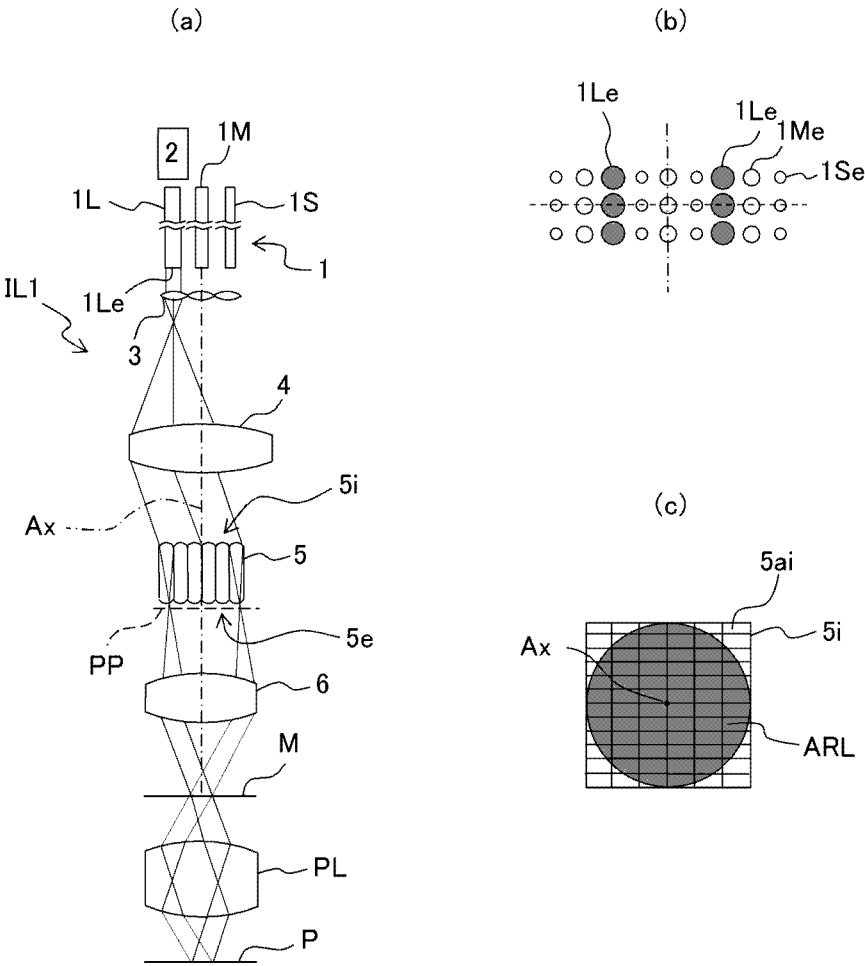
(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：112150551 (22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 12 月 25 日
(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01) G02B6/10 (2006.01)
G02B27/18 (2006.01)
(30)優先權：2022/12/27 日本 2022-210527
(71)申請人：日商尼康股份有限公司 (日本) NIKON CORPORATION (JP)
日本
(72)發明人：小松宏一郎 KOMATSU, KOICHIRO (JP)；川戶聰 KAWADO, SATOSHI (JP)；大
川智之 OHKAWA, TOMOYUKI (JP)
(74)代理人：卓俊傑；鮑亞嵐；卓孟儀
申請實體審查：無 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：18 共 77 頁

(54)名稱
照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法

(57)摘要
照明光學系統 (IL1、IL2) 對被照射面進行照明，包括光源部 (LS1、LS2)、蠅眼透鏡 (5)、以及使來自所述蠅眼透鏡的多個光束在所述被照射面重疊的聚光透鏡 (6)。所述光源部包括：第一發光部，具有第一發光面 (1Le、1Me、1Se) 及第一光學器件 (3)，且將自第一發光面射出的第一光束經由第一光學器件射出；以及第二發光部，具有第二發光面 (1Le、1Me、1Se) 及第二光學器件 (3)，且將自第二發光面射出的第二光束經由第二光學器件射出，所述光源部構成為選擇性地射出來自第一發光部的第一光束或來自第二發光部的第二光束。第二發光部構成為，所述蠅眼透鏡的入射面中的第二光束的剖面的形狀或尺寸與所述蠅眼透鏡的所述入射面中的第一光束的剖面的形狀或尺寸不同。

指定代表圖：



【圖5】

- 符號簡單說明：
- 1:光纖群組
 - 1L:大直徑光纖
 - 1Le:出射端
 - 1M:中等直徑光纖
 - 1Me:出射端
 - 1S:小直徑光纖
 - 1Se:出射端
 - 2:半導體雷射單元
 - 3:收集器透鏡
 - 4:中繼透鏡
 - 5:蠅眼透鏡
 - 5ai:入射面
 - 5e:出射面
 - 5i:入射面
 - 6:聚光透鏡
 - ARL:區域
 - Ax:光軸
 - IL1:照明光學系統
 - M:遮罩
 - P:基板
 - PL:投影光學系統
 - PP:照明光瞳

【發明摘要】

【中文發明名稱】 照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法

【中文】

照明光學系統（IL1、IL2）對被照射面進行照明，包括光源部（LS1、LS2）、蠅眼透鏡（5）、以及使來自所述蠅眼透鏡的多個光束在所述被照射面重疊的聚光透鏡（6）。所述光源部包括：第一發光部，具有第一發光面（1Le、1Me、1Se）及第一光學器件（3），且將自第一發光面射出的第一光束經由第一光學器件射出；以及第二發光部，具有第二發光面（1Le、1Me、1Se）及第二光學器件（3），且將自第二發光面射出的第二光束經由第二光學器件射出，所述光源部構成為選擇性地射出來自第一發光部的第一光束或來自第二發光部的第二光束。第二發光部構成為，所述蠅眼透鏡的入射面中的第二光束的剖面的形狀或尺寸與所述蠅眼透鏡的所述入射面中的第一光束的剖面的形狀或尺寸不同。

【指定代表圖】 圖5

【代表圖之符號簡單說明】

1:光纖群組

1L:大直徑光纖

1Le:出射端

1M:中等直徑光纖

1Me:出射端

1S:小直徑光纖

1Se:出射端

2:半導體雷射單元

3:收集器透鏡

4:中繼透鏡

5:蠅眼透鏡

5ai:入射面

5e:出射面

5i:入射面

6:聚光透鏡

ARL:區域

Ax:光軸

IL1:照明光學系統

M:遮罩

P:基板

PL:投影光學系統

PP:照明光瞳

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法。

【先前技術】

【0002】 在半導體元件等各種元件的製造中使用的曝光裝置包括：照明光學系統，對形成於遮罩的圖案照射光；以及投影光學系統，使經過了圖案的光在基板上成像，從而在基板上形成圖案的像。對於照明光學系統，隨著近年來圖案的多樣化，要求可實現與圖案的特徵對應的各種照明條件。

【0003】 在照明光學系統的光路上配置孔徑光闌（例如，專利文獻1）。作為孔徑光闌的一種，已知有能夠對照明條件進行變更的直徑可變孔徑光闌。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0004】 [專利文獻 1]日本專利特開 2016-188878 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0005】 使用了孔徑光闌的照明條件的變更是藉由利用孔徑光闌遮擋來自光源的光的一部分而進行。因此，來自光源的光的能量的

一部分被孔徑光闌吸收而產生光量損失（功率損失）。

【0006】 本發明的目的在於提供一種可在抑制光量損失的同時進行照明條件的變更的照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法。

[解決課題之手段]

【0007】 依照本發明的第一態樣，可提供一種照明光學系統，對被照射面進行照明，

所述照明光學系統包括：

光源部；

蠅眼透鏡，配置於所述光源部與所述被照射面之間的光路中；

以及

聚光透鏡，使來自所述蠅眼透鏡的多個光束在所述被照射面重疊，

所述光源部

包括：第一發光部，具有第一發光面及第一光學器件，且將自第一發光面射出的第一光束經由第一光學器件射出；以及

第二發光部，具有第二發光面及第二光學器件，且將自第二發光面射出的第二光束經由第二光學器件射出，

構成為選擇性地射出來自第一發光部的第一光束或來自第二發光部的第二光束，

第二發光部構成為，所述蠅眼透鏡的入射面中的第二光束的剖面的形狀或尺寸與所述蠅眼透鏡的所述入射面中的第一光束的剖面的形狀或尺寸不同。

【0008】 依照本發明的第二態樣，可提供一種曝光裝置，將遮罩上的圖案曝光至基板，

所述曝光裝置包括：

第一態樣的照明光學系統，對所述圖案進行照明，以及
投影光學系統，將所述圖案的像形成於所述基板上。

【0009】 依照本發明的第三態樣，可提供一種曝光裝置，將遮罩上的圖案掃描曝光至基板，

所述曝光裝置包括：

第一態樣的多個照明光學系統，對所述圖案進行照明；
多個投影光學系統，將所述圖案的像形成於所述基板上；以及

控制部，對所述掃描曝光進行控制，

所述多個照明光學系統包括對第一照明區域照射照明光的第一照明光學系統、以及對第二照明區域照射照明光的第二照明光學系統，

第一照明區域與第二照明區域在與所述曝光裝置進行掃描曝光的掃描方向正交的非掃描方向上重複，

所述控制部構成爲，基於第一照明光學系統的照度分佈而對第二照明光學系統的照度分佈進行變更。

【0010】 依照本發明的第四態樣，可提供一種元件製造方法，包括：
使用第二態樣或第三態樣的曝光裝置，將遮罩上的圖案曝光至基板；

對曝光有所述圖案的所述基板進行顯影，在所述基板的表面形成與所述圖案對應的形狀的遮罩層；以及

通過所述遮罩層對所述基板的表面進行加工。

[發明的效果]

【0011】 藉由本發明的照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法，可在抑制光量損失的同時進行照明條件的變更。

【圖式簡單說明】

【0012】

圖 1 是概略地表示本發明第一實施形態、第二實施形態的曝光裝置的結構的圖。

圖 2 是概略地表示本發明第一實施形態的照明光學系統的內部結構的圖。

圖 3 是概略地表示第一實施形態的光源部的光纖群組的結構的圖。

圖 4 是表示第一實施形態的光源部的發光區域中的多個發光面的配置的圖。

圖 5 的 (a) 是表示在本發明第一實施形態的照明光學系統中僅大直徑光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 5 的 (b) 是表示在光源部的發光區域中僅大直徑光纖的出射端發光的情形的圖，圖 5 的 (c) 示出藉由來自大直徑光纖的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 6 的 (a) 是表示在本發明第一實施形態的照明光學系統中

僅中等直徑光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 6 的 (b) 是表示在光源部的發光區域中僅中等直徑光纖的出射端發光的情形的圖，圖 6 的 (c) 示出藉由來自中等直徑光纖的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 7 的 (a) 是表示在本發明第一實施形態的照明光學系統中僅小直徑光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 7 的 (b) 是表示在光源部的發光區域中僅小直徑光纖的出射端發光的情形的圖，圖 7 的 (c) 示出藉由來自小直徑光纖的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 8 的 (a) 是表示藉由自三根大直徑光纖射出的光而在被照射面形成的照度分佈的曲線。圖 8 的 (b) 是表示對半導體雷射的輸出進行調整而對照度的傾斜成分進行補正的情形的曲線。

圖 9 是表示第一實施形態的變形例的照明光學系統的光源部中光纖端面與收集器透鏡的位置關係的圖。

圖 10 的 (a) 是表示在本發明第二實施形態的照明光學系統中僅普通照明用光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 10 的 (b) 示出藉由來自普通照明用光纖的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 11 是概略地表示第二實施形態的光源部的光纖群組的結構的圖。

圖 12 是表示第二實施形態的光源部的發光區域中多個發光面的配置的圖。

圖 13 的 (a) 是表示在本發明第二實施形態的照明光學系統

中僅環形照明用光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 13 的 (b) 示出藉由來自環形照明用光纖的出射端的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 14 的 (a) 是表示在本發明第二實施形態的照明光學系統中僅四極照明用光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 14 的 (b) 示出藉由來自四極照明用光纖的出射端的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 15 是表示變形例的照明光學系統的光源部中光纖的出射端、軸錐透鏡、收集器透鏡及兩個中繼透鏡的配置的圖。

圖 16 是概略地表示變形例的照明光學系統的內部結構的圖。在該照明光學系統中，配置於發光區域的光纖的出射端的像形成於蠅眼透鏡的出射面附近。

圖 17 是表示半導體元件的製造步驟的流程圖。

圖 18 是表示液晶顯示器件等液晶元件的製造步驟的流程圖。

【實施方式】

【0013】 <第一實施形態>

參照圖 1～圖 9 對第一實施形態的照明光學系統 IL1 及曝光裝置 EX 進行說明。

【0014】 [曝光裝置的整體結構]

曝光裝置 EX 是將形成於遮罩的圖案的像掃描曝光至基板上的步進掃描 (step-and-scan) 方式的投影曝光裝置 (所謂的掃描器 (scanner))。

【0015】 如圖 1 所示，曝光裝置 EX 主要包括照明單元 IU、遮罩載台 MST、呈交錯狀排列的 5 個投影光學系統 PL、基板載台 PST 以及控制部 CONT1。

【0016】 在以下的說明中，將 5 個投影光學系統 PL 各自的光軸 AX 的延伸方向設為 Z 軸方向。另外，在與 Z 軸方向垂直的面內，將掃描曝光時遮罩 M 及基板 P 同步移動的方向（掃描方向）設為 X 軸方向，將該面內與 X 軸方向正交的方向（非掃描方向）設為 Y 軸方向。再者，該些 X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向是為了進行說明而便宜規定者，可任意變更。例如，當在實際的裝置中決定 X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向時，亦可將本說明書的 X 軸方向設為 Y 軸方向，將本說明書的 Y 軸方向設為 X 軸方向。

【0017】 照明單元 IU 包含內部結構相互相同的 5 個照明光學系統 IL1（圖 2）。5 個照明光學系統 IL1 各自對矩形的照明區域 ILA 照射曝光用的照明光（曝光光）。5 個照明光學系統 IL1 使各自的光軸 Ax 在 Z 軸方向上一致，且與 5 個投影光學系統 PL 同樣地呈交錯狀排列。關於照明光學系統 IL1 的內部結構，將在之後敘述。

【0018】 遮罩載台 MST 以遮罩 M 的上表面位於照明光學系統 IL1 的照明區域 ILA 的方式將遮罩 M 保持為與 XY 平面大致平行。遮罩載台 MST 由遮罩載台驅動系統（未圖示）驅動而沿 X 方向、Y 方向及繞 Z 軸的旋轉方向移動。遮罩載台 MST 的位置可藉由遮罩載台測量系統（未圖示）來測量。

【0019】 各投影光學系統 PL 使在梯形的視野區域 A1 內透射了遮

罩 M 的曝光光在基板 P 上的梯形的曝光區域 A2 成像。藉此，在基板 P 上形成（曝光出）遮罩 M 的圖案的像。

【0020】 具體而言，各投影光學系統 PL 例如為形成正立正像的雙側遠心光學系統。可用作投影光學系統 PL 的光學系統例如在本申請人所作的日本專利特開平 7-57986 號公報、日本專利特開 2001-215718 號公報中進行了記載。

【0021】 基板載台 PST 在投影光學系統 PL 的像面側與 XY 平面大致平行地保持基板 P。基板載台 PST 由基板載台驅動系統（未圖示）驅動而沿 X 方向、Y 方向及繞 Z 軸的旋轉方向移動。基板載台 PST 的位置可藉由基板載台測量系統（未圖示）來測量。

【0022】 控制部 CONT1 對照明單元 IU、遮罩載台 MST、投影光學系統 PL 及基板載台 PST 的驅動進行整體控制。

【0023】 [照明光學系統 IL1]

對照明光學系統 IL1 進行說明。

【0024】 如圖 2～圖 5 所示，照明光學系統 IL1 主要包括光源部 LS1、中繼透鏡 4、蠅眼透鏡 5 以及聚光透鏡（condenser lens）6。光源部 LS1 主要包括光纖（光導）群組 1、半導體雷射單元（光源裝置）2、多個收集器透鏡（collector lens）3 以及控制部（照度分佈控制部）CONT2。

【0025】 如圖 3 所示，光纖群組 1 由包含多個大直徑光纖 1L 的大直徑光纖群組 1LG、包含多個中等直徑光纖 1M 的中等直徑光纖群組 1MG、以及包含多個小直徑光纖 1S 的小直徑光纖群組 1SG

構成。

【0026】 大直徑光纖群組 1LG 所包含的多個大直徑光纖 1L 各自具有供來自半導體雷射單元 2 的光入射的入射端 1Li、以及將所入射的光射出的出射端（發光面）1Le。各大直徑光纖 1L 在自入射端 1Li 朝向出射端 1Le 的路徑上分支成兩個，相對於一個入射端 1Li 而具有兩個出射端 1Le。大直徑光纖 1L 的芯徑在出射端 1Le 側可為 1.1 mm～1.4 mm 左右，亦可為 1.06 mm～1.33 mm 左右。

【0027】 中等直徑光纖群組 1MG 所包含的多個中等直徑光纖 1M 各自具有供來自半導體雷射單元 2 的光入射的入射端 1Mi、以及將所入射的光射出的出射端（發光面）1Me。各中等直徑光纖 1M 在自入射端 1Mi 朝向出射端 1Me 的路徑上分支成三個，相對於一個入射端 1Mi 而具有三個出射端 1Me。中等直徑光纖 1M 的芯徑在出射端 1Me 側可為 0.5 mm～0.9 mm 左右，亦可為 0.53 mm～0.8 mm 左右。

【0028】 小直徑光纖群組 1SG 所包含的多個小直徑光纖 1S 各自具有供來自半導體雷射單元 2 的光入射的入射端 1Si、以及將所入射的光射出的出射端（發光面）1Se。各小直徑光纖 1S 在自入射端 1Si 朝向出射端 1Se 的路徑上分支為四個，相對於一個入射端 1Si 而具有四個出射端 1Se。小直徑光纖 1S 的芯徑在出射端 1Se 側可為 0.2 mm～0.7 mm 左右，亦可為 0.26 mm～0.53 mm 左右。

【0029】 為了避免圖式的繁雜化，在圖 2 中僅圖示了三根大直徑光纖 1L，且在圖 5～圖 7 中僅圖示了各一根大直徑光纖 1L、中等

直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S。

【0030】 大直徑光纖 1L 各自的出射端 1Le、中等直徑光纖 1M 各自的出射端 1Me、小直徑光纖 1S 各自的出射端 1Se 均為圓形的平坦面。如圖 4 所示，出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 在與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 正交的面內配置成相互共面。此處，將共面地配置有出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的平面狀的區域稱為發光區域 EA1。

【0031】 發光區域 EA1 中的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的配置如下所述。

【0032】 大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 配置成在 X 方向上為 3 行、在 Y 方向上為 2 列的矩陣狀。在 X 方向上，出射端 1Le 等間隔地排列，且中央的出射端 1Le 的中心為與光軸 Ax 相同的位置。在 Y 方向上，沿 Y 方向排列的兩個出射端 1Le 的中間位置為與光軸 Ax 相同的位置。如此，大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 在發光區域 EA1 中以光軸 Ax 的位置為對稱點而呈點對稱地配置。

【0033】 中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 配置成在 X 方向上為 3 行、在 Y 方向上為 3 列的矩陣狀。在 X 方向上，出射端 1Me 等間隔地排列，且中央的出射端 1Me 的中心為與光軸 Ax 相同的位置。在 Y 方向上，出射端 1Me 亦等間隔地排列，且中央的出射端 1Me 的中心為與光軸 Ax 相同的位置。如此，中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 在發光區域 EA1 中以光軸 Ax 的位置為對稱點而呈點對稱地配置。

【0034】 小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 配置成在 X 方向上為 3 行、在 Y 方向上為 4 列的矩陣狀。自 Y 方向的一端側起第一列的出射端 1Se 與第二列的出射端 1Se 之間的距離、及第三列的出射端 1Se 與第四列的出射端 1Se 之間的距離相互相等，且大於第二列的出射端 1Se 與第三列的出射端 1Se 之間的距離。在 X 方向上，三個出射端 1Se 等間隔地排列，且中央的出射端 1Se 的中心與光軸 Ax 為相同位置。在 Y 方向上，自 Y 方向的一端側起第二列的出射端 1Se 與第三列的出射端 1Se 的中間位置為與光軸 Ax 相同的位置。如此，小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 在發光區域 EA1 中以光軸 Ax 的位置為對稱點而呈點對稱地配置。

【0035】 藉由將多個出射端 1Le、多個出射端 1Me、多個出射端 1Se 分別以光軸 Ax 的位置為對稱點而呈點對稱地配置，照明光學系統 IL1 的照明區域 ILA 中的照度分佈的均勻度提高（詳情將在之後敘述）。

【0036】 再者，在本實施形態中，多個出射端 1Le 以光軸 Ax 為基準而呈點對稱地配置，同時，關於通過光軸 Ax 並沿 X 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置，且關於通過光軸 Ax 並沿 Y 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置。多個出射端 1Me 及多個出射端 1Se 亦同樣如此。如此，同一種類的多個出射端亦可並非以光軸 Ax 為基準而呈點對稱地配置，而是關於通過光軸 Ax 並沿 X 軸方向延伸的基準線及/或通過光軸 Ax 並沿 Y 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置。

【0037】 在本實施形態中，X 方向為曝光裝置 EX 的掃描方向，因此，藉由將同一種類的多個出射端（例如多個出射端 1Le）關於沿掃描方向（X 軸方向）延伸並通過光軸 Ax 的基準線而呈線對稱地配置，可提高與掃描方向正交的方向（Y 軸方向）上的照度分佈的均勻度。與此相對，即便同一種類的多個出射端並非關於沿 Y 軸方向延伸並通過光軸 Ax 的基準線而呈線對稱地配置，X 軸方向上的照度分佈亦藉由掃描曝光而均勻化。

【0038】 半導體雷射單元 2 包括三台半導體雷射（雷射二極體），且構成為將來自各半導體雷射的光束自互不相同的位置相互平行地射出。

【0039】 半導體雷射單元 2 藉由移動機構 21 而移動，使來自三台半導體雷射的光束入射至大直徑光纖群組 1LG 所包含的三個入射端 1Li、中等直徑光纖群組 1MG 所包含的三個入射端 1Mi、小直徑光纖群組 1SG 所包含的三個入射端 1Si 中的任一者。

【0040】 入射至各入射端 1Li 的光在大直徑光纖 1L 的內部反復進行內表面反射後，自各出射端 1Le 以具有大致均勻的光量分佈的方式射出。入射至各入射端 1Mi 的光、入射至各入射端 1Si 的光亦同樣如此。

【0041】 大直徑光纖 1L、中等直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S 的配置為任意的，但理想的是在各個光纖的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 附近將光纖保持（配置）為直線狀。藉此，在各出射端 1Le、1Me、1Se，照度變得均勻。另外，在由於裝置結構的原因而

將光纖彎曲配置的情況下，較佳為向 X 方向（即，掃描方向）彎曲。

【0042】 作為一例，控制部 CONT2 基於曝光裝置 EX 的控制部 CONT1 的指示來進行使用了移動機構 21 的半導體雷射單元 2 的移動、或半導體雷射單元 2 的輸出調整等。

【0043】 多個收集器透鏡（第一光學器件、第二光學器件）3 相互相同，且相對於六個出射端 1Le 的各個、九個出射端 1Me 的各個、十二個出射端 1Se 的各個而設置有各一個，共計設置有二十七個。各收集器透鏡 3 以其光軸與對應的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的芯的中心一致或大致一致、且與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 平行或大致平行的方式設置。另外，各收集器透鏡 3 以其前側焦點的位置與發光區域 EA1（即，共面地配置有出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的平面）的光軸 Ax 方向上的位置一致或大致一致的方式設置。

【0044】 如此，各收集器透鏡 3 配置成僅入射來自對應的出射端的光束。由一個收集器透鏡 3 和與其對應的出射端形成一個發光部。各收集器透鏡 3 具有正功率。

【0045】 中繼透鏡 4 以中繼透鏡 4 的前側焦點位於收集器透鏡 3 各自的後側焦點所處的平面或其附近的方式配置。另外，中繼透鏡 4 以中繼透鏡 4 的光軸與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 平行或大致平行的方式配置。

【0046】 蠅眼透鏡 5 是具有並列配置的多個透鏡組件（波前分割

部件) 5a 的光學積分器 (optical integrator)。蠅眼透鏡 5 以入射面 5i 位於中繼透鏡 4 的後側焦點的附近的方式配置。另外，多個透鏡組件 5a 各自的光軸相互平行，且各自以與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 大致平行的方式配置。

【0047】 基於透鏡組件 5a 各自的與光軸正交的平面的剖面形狀為在 X 方向上短、在 Y 方向上長的矩形 (圖 5 的 (c))。另外，各透鏡組件 5a 的基於入射面 5ai (圖 2) 的焦點位置與各透鏡組件 5a 的射出面 5ae 一致或大致一致，基於射出面 5ae 的焦點位置與入射面 5ai 一致或大致一致。

【0048】 作為一例，蠅眼透鏡 5 包含在 X 方向上稠密地排列有 30 個~40 個、在 Y 方向上稠密地排列有 8 個~12 個的許多透鏡組件 5a，整體具有大體正方形的外形。在圖 2、圖 5~圖、圖 10、圖 13、圖 14、圖 16 中，為了避免繁雜化，適宜地省略透鏡組件 5a 的數量來進行圖示。

【0049】 聚光透鏡 6 以其前側焦點的位置在照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 的方向上與蠅眼透鏡 5 的射出面 5e 的位置一致或大致一致的方式配置。另外，聚光透鏡 6 以其後側焦點的位置在照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 的方向上與被照射面 (配置遮罩 M 的面) 一致或大致一致的方式配置。聚光透鏡 6 以聚光透鏡 6 的光軸與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 平行或大致平行的方式配置。

【0050】 對具有上述結構的照明光學系統 IL1 的光路進行說明。此處，以在光源部 LS1 中大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 射出光的

情況為例進行說明，但中等直徑光纖 **1M** 的出射端 **1Me** 射出光的情況、小直徑光纖 **1S** 的出射端 **1Se** 射出光的情況下的光路亦同樣如此。

【0051】 自多個出射端 **1Le** 的各個與對應的收集器透鏡 **3** 的光軸大致平行地（進而，與照明光學系統 **IL** 的光軸 **Ax** 大致平行地）射出的光在收集器透鏡 **3** 的後側焦點位置的附近聚光後，藉由中繼透鏡 **4** 的作用而重疊地入射至蠅眼透鏡 **5** 的入射面 **5i** 的同一區域（圖 2）。自多個出射端 **1Le** 各自的面上的各點射出的光經由收集器透鏡 **3**、中繼透鏡 **4** 而聚光至蠅眼透鏡 **5** 的入射面 **5i**。藉此，多個射出面 **1Le** 的多個圓形的像藉由收集器透鏡 **3** 及中繼透鏡 **4** 而放大，並以相互重疊的狀態投影至蠅眼透鏡 **5** 的入射面 **5i**。

【0052】 在蠅眼透鏡 **5** 的入射面 **5i** 經重疊的來自多個出射端 **1Le** 的光繼而藉由蠅眼透鏡 **5** 的許多透鏡組件 **5a** 而二維地分割（波前分割）。然後，經分割的各光束自透鏡組件 **5a** 的射出面 **5ae** 射出，經由聚光透鏡 **6** 而重疊地對被照射面（配置遮罩 **M** 的面）上的照明區域 **ILA** 進行照明。蠅眼透鏡 **5** 的透鏡組件 **5a** 為在 **X** 方向上短、在 **Y** 方向上長的矩形，因此照明區域 **ILA** 亦同樣地成為在 **X** 方向上短、在 **Y** 方向上長的矩形。

【0053】 在照明光學系統 **IL1** 中，在蠅眼透鏡 **5** 的射出面 **5e** 附近，可規定作為被照射面（配置遮罩 **M** 的面）的傅立葉轉換面的平面。將該平面定義為照明光學系統 **IL1** 的照明光瞳 **PP**。照明光瞳 **PP** 與配置有用於決定投影光學系統 **PL** 的數值孔徑的孔徑光闌（未圖示）

的面為在光學上共軛的關係。另外，在照明光學系統 IL1 中，被照射面（配置遮罩 M 的面）與蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 的入射面 5ai 大致共軛。即，蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 的入射面 5ai 以由蠅眼透鏡 5 的焦距與聚光透鏡 6 的焦距決定的倍率而被放大投影至被照射面。

【0054】 [藉由曝光裝置 EX 的掃描曝光]

當使用本實施形態的曝光裝置 EX 而將形成於遮罩 M 的圖案 MP 的像掃描曝光至基板 P 上時，首先在曝光裝置 EX 的遮罩載台 MST 上載置形成有圖案 MP 的遮罩 M，並在基板載台 PST 上載置塗佈有感光性的抗蝕劑的基板 P（圖 1）。

【0055】 繼而，藉由照明單元 IU 的照明光學系統 IL1，對遮罩 M 上的五個照明區域 ILA 照射照明光。照明光中的在投影光學系統 PL 的各視野區域 A1 中透射了遮罩 M 的光經由投影光學系統 PL 而在基板 P 上的對應的曝光區域 A2 成像。藉此，位於視野區域 A1 內的圖案 MP 的像形成於位於曝光區域 A2 內的基板 P。換言之，圖案 MP 的一部分被轉印至基板 P 的抗蝕劑層。再者，視野區域 A1 及曝光區域 A2 的梯形的形狀由投影光學系統 PL 的視野光闌（未圖示）的形狀規定。

【0056】 一邊進行基於照明單元 IU 的照明光的照射，一邊使遮罩載台 MST 向 X 軸方向（掃描方向）上的其中一側移動，與此同步地使基板載台 PST 向 X 軸方向上的另一側移動，藉此，圖案 MP 的沿 X 軸方向延伸的帶狀區域被轉印至基板 P 的抗蝕劑層的沿 X

軸方向延伸的帶狀區域（掃描曝光）。在一個帶狀區域的整個區域的轉印完成後，使遮罩載台 MST 向 Y 軸方向（非掃描方向）上的其中一側步進移動，同樣地使基板載台 PST 向 Y 軸方向上的另一側步進移動。然後，使遮罩載台 MST 及基板載台 PST 在掃描方向上同步地移動，進行下一次掃描曝光。

【0057】再者，在 Y 軸方向上鄰接的兩個視野區域 A1 在 Y 軸方向上重複的區域（以下，稱為「重合區域 OR」）中，遮罩圖案 MP 分為位於一個視野區域 A1 的端部（隨著朝向 Y 軸方向正側而 X 軸方向上的寬度減少的部分）內時、與位於鄰接的視野區域 A1 的端部（隨著朝向 Y 軸方向正側而 X 軸方向上的寬度增加的部分）內時此兩次而被轉印至基板 P。為了避免圖式的繁雜化，在圖 1 中僅對多個重合區域 OR 中的一個附加影線來進行明示。

【0058】重合區域 OR 的曝光中對基板 P 上的抗蝕劑的曝光量的合計與圖案 MP 的其他部分相同。其原因在於：藉由以視野區域 A1 的梯形的邊重疊的方式配置，在視野區域 A1 的端部通過遮罩 M 的光量通過兩個投影透鏡而變得相同。如此，藉由將視野區域 A1 設為梯形並經由在非掃描方向上鄰接的兩個視野區域 A1 進行重合區域 OR 中的轉印，可遍及 Y 方向整個區域而無接縫地進行圖案 MP 的轉印。再者，在重合區域 OR 中，對兩個視野區域 A1 照射照明光的兩個照明光學系統 IL1 的照明區域 ILA 亦在 Y 軸方向上重疊。

【0059】 [照明條件的變更]

接下來，對本實施形態的照明光學系統 IL1 中的照明條件的變更、具體而言為相干因子 (coherence factor) (σ 值) 的變更及照度均勻性的變更進行說明。

【0060】 (1) 相干因子 (σ 值) 的變更

在使用曝光裝置 EX 將遮罩 M 上的圖案 MP 曝光至基板 P 時，可根據圖案 MP 的形狀對相干因子 (σ 值) 進行變更。一般而言，理想的是在細線密集的圖案的情況下增大 σ 值，在接觸孔等孤立圖案中減小 σ 值。

【0061】 σ 值被定義為「 σ 值=孔徑光闌直徑/投影光學系統的光瞳直徑」、或「 σ 值=照明光學系統的射出側數值孔徑/投影光學系統的入射側數值孔徑」。因此，藉由在照明光學系統的照明光瞳的位置設置直徑小的孔徑光闌，減小照明光學系統的射出側數值孔徑，可減小 σ 值。相反地，當在照明光瞳的位置設置直徑大的孔徑光闌時，照明光學系統的射出側數值孔徑變大， σ 值亦變大。

【0062】 首先，參照圖 5 的 (a) ~ 圖 5 的 (c)，對將照明條件設定為 σ 值=「大」(作為一例為 $\sigma=0.8 \sim 1.0$ 左右) 的情況進行說明。

【0063】 在該情況下，首先，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 2 的光入射至大直徑光纖群組 1LG，並自發光區域 EA1 的大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 射出光 (圖 5 的 (b))。自六個出射端 1Le 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 3 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0064】 自六個出射端 1Le 的各個射出的光所重複入射的蠅眼透鏡 5 的入射面 5i (透鏡組件 5a 的矩形入射面 5ai 的集合體) 上的區域 ARL 是與入射面 5i 的大體正方形的輪廓大致內接的圓形區域 (圖 5 的 (c))。

【0065】 此處，如上所述，構成蠅眼透鏡 5 的多個透鏡組件 5a 各自的光軸相互平行。因此，入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的光束的光量分佈被反映至蠅眼透鏡 5 的出射面 5e、即照明光瞳 PP 附近中的光量分佈中。

【0066】 如此，在來自六個射出面 1Le 的各個的光照射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的大區域的情況下，照明光瞳 PP 中的光量分佈成為分佈擴展至距光軸 Ax 更遠的位置的狀態，即與在照明光瞳 PP 設置有直徑大的孔徑光闌的狀態相同。因此，照明光學系統 IL1 的射出側數值孔徑變大， σ 值亦變大。

【0067】 接下來，參照圖 6 的 (a) ~ 圖 6 的 (c)，對將照明條件設定為 σ 值 = 「中」 (作為一例為 $\sigma = 0.4 \sim 0.6$ 左右) 的情況進行說明。

【0068】 在該情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 2 的光入射至中等直徑光纖群組 1MG，並自發光區域 EA1 的中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 射出光 (圖 6 的 (b))。自九個射出面 1Me 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 3 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0069】 中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 的直徑較大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 小。因此，在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中，自九個出射端 1Me 的各個射出的光所重複入射的區域 ARM 成為直徑較大直徑光纖 1L 的情況下的區域 ARL 小的圓形區域（圖 6 的（c））。

【0070】 因此，照明光瞳 PP 中的光量分佈亦成為直徑較自大直徑光纖 1L 射出光的情況小的圓形分佈，即與在照明光瞳 PP 設置有直徑為中等程度的孔徑光闌的狀態相同。因此，照明光學系統 IL1 的射出側數值孔徑成為中等程度， σ 值亦成為中等程度。

【0071】 接下來，參照圖 7 的（a）～圖 7 的（c），對將照明條件設為 σ 值=「小」（作為一例為 $\sigma=0.2\sim0.4$ 左右）的情況進行說明。

【0072】 在該情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 2 的光入射至小直徑光纖群組 1SG，並自發光區域 EA1 的小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 射出光（圖 7 的（b））。自十二個射出面 1Se 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 3 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域（圖 7 的（a））。

【0073】 小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 的直徑較中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 小。因此，在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中，自十二個出射端 1Se 的各個射出的光所重複入射的區域 ARS 成為直徑較中等直徑光纖 1M 的情況下的區域 ARM 小的圓形區域（圖 7 的（c））。

【0074】 因此，照明光瞳 PP 中的光量分佈亦成為直徑較自中等直徑光纖 1M 射出光的情況小的圓形分佈，即與在照明光瞳 PP 設置

有直徑小的孔徑光闌的狀態相同。因此，照明光學系統 IL1 的射出側數值孔徑變小， σ 值亦變小。

【0075】 如此，在本實施形態的照明光學系統 IL1 中，藉由切換在照明區域 EA1 中射出光的出射端，使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中光束的剖面形狀的尺寸不同，可進行 σ 值的變更。

【0076】 （2）照度分佈的變更

照明光學系統 IL 入射至照明區域 ILA 的照明光的照度一般而言理想的是均勻，作為一例，照度不均的範圍期望為 1% 以下。

【0077】 關於該方面，本實施形態的照明光學系統 IL 在光源部 LS1 的發光區域 EA1 中，大直徑光纖 1L 的多個出射端 1Le 的組、中等直徑光纖 1M 的多個出射端 1Me 的組及小直徑光纖 1S 的多個出射端 1Se 的組分別以光軸 Ax 為對稱點而呈點對稱地配置，因此照明區域 ILA 中的照度分佈的均勻性高。

【0078】 參照圖 2 及圖 8 的 (a) 對其理由進行說明。圖 8 的 (a) 的實線、虛線、單點劃線分別為表示自圖 2 的中央、右側、左側的出射端 1Le 射出並通過了蠅眼透鏡 5 的一個透鏡組件 5a 的光束在照明區域 ILA 中所形成的照度分佈的曲線。圖 8 的 (a) 的橫軸為像高，此處為照明區域 ILA 內的 X 軸方向或 Y 軸方向上的位置。圖 8 的 (a) 的縱軸為照度。

【0079】 根據本發明的發明者的見解，表示各光束所形成的照度分佈的曲線具有如山的形狀是由於蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 的入射面 5ai 中的球面像差的影響。另外，相對於自圖 2 的中央的出射

端 1Le 射出的光束所形成的照度分佈，自圖 2 的右側、左側的出射端 1Le 射出的光束所形成的照度分佈向左側、右側偏移的原因在於：自圖 2 的各出射端 1Le 射出的光束相對於光軸 Ax 傾斜地入射至蠅眼透鏡 5。照明區域 ILA 中的照度分佈的偏移量與形成該照度分佈的光束相對於蠅眼透鏡 5 的入射角的大小相對應。

【0080】 據此可知，若使兩個光束以光軸 Ax 為基準而相互對稱地入射至蠅眼透鏡 5，則由所述兩個光束在照明區域 ILA 形成的照度分佈相對於光軸 Ax 而向相互相反的方向偏移相同的量。另外，以光軸 Ax 為基準而相互對稱地入射至蠅眼透鏡 5 的光在沿著光軸 Ax 的任一位置均保持了以光軸 Ax 為基準而相互對稱的關係，因此可知其光源是以光軸 Ax 為對稱點的點對稱位置。

【0081】 綜上所述，可知：藉由在發光區域 EA1 中將多個出射端以光軸 Ax 為對稱點而呈點對稱地配置，可使自所述多個出射端射出的多個光束對稱地入射至蠅眼透鏡 5，可將自所述多個出射端射出的多個光束在照明區域 ILA 形成的多個照度分佈分散至以光軸 Ax 的位置為對稱點的點對稱位置。藉此，各如山的形狀的峰被較佳地分散，照度分佈可均勻化。

【0082】 在本實施形態中，基於本發明的發明者的上述見解，在光源部 LS1 的發光區域 EA1 中，將大直徑光纖 1L 的多個出射端 1Le 的組、中等直徑光纖 1M 的多個出射端 1Me 的組及小直徑光纖 1S 的多個出射端 1Se 的組分別以光軸 Ax 為對稱點而呈點對稱地配置。藉此，在將 σ 值設定為「大」、「中」、「小」的任一者的情況

下，照明區域 ILA 的照度分佈均可均勻化。

【0083】 另一方面，亦可將照度分佈作為照明條件之一而使其積極地變化。

【0084】 本實施形態的照明光學系統 IL1 藉由對半導體雷射單元 2 所包括的三台半導體雷射的輸出各別地進行調整，可使照明區域 ILA 中的照度分佈變化。例如，在以 σ = 「大」的照明條件進行照明的情況下，若對半導體雷射單元 2 所包括的三台半導體雷射的輸出各別地進行調整，則在多個出射端 1Le 之間所射出的光的光量平衡發生變化，照明區域 ILA 中的照度分佈發生變化。以 σ = 「中」、「小」的照明條件進行照明的情況亦同樣如此。再者，作為照度分佈的變更，亦可進行照度傾斜的補正、照度彎曲的補正等。關於圖 8 的 (b) 的照度分佈，實線是三台半導體雷射的輸出相等時的照度分佈，虛線是使與圖 2 的右端的出射端 1Le 對應的半導體雷射的輸出變強且使與圖 2 的左端的出射端 1Le 對應的半導體雷射的輸出變弱而對照度的傾斜成分進行了補正時的照度分佈。

【0085】 在此種變形態樣中，亦可在曝光裝置 EX 中設置膜厚感測器（未圖示），所述膜厚感測器對基板 P 上所塗佈的感光性抗蝕劑的膜厚進行測量。在該情況下，例如，控制部 CONT1 將測量出的抗蝕劑的膜厚發送至照明光學系統 IL1 的控制部 CONT2。控制部 CONT2 基於接收到的膜厚資訊而對照明光學系統 IL1 進行控制，將照明區域 ILA 的照度分佈變更為與作為曝光對象的基板 P 的抗蝕劑的膜厚對應的適當的分佈。

【0086】 具體而言，例如，控制部 CONT2 可在曝光前自曝光裝置的控制部 CONT1 接收下一要曝光的基板 P 上所塗佈的感光性的抗蝕劑的膜厚不均的資訊，並對照明區域 ILA 的照度分佈賦予照度不均，以使膜厚高的部分的曝光量變大。藉此，抗蝕劑的每單位體積的曝光量變得均勻，可獲得更良好的顯影結果（抗蝕劑像）。更具體而言，例如，可補償多個基板 P 之間的平均膜厚的差，從而在多個基板 P 之間獲得線寬穩定性。

【0087】 此外，控制部 CONT2 可根據遮罩 M 的圖案 MP 的線寬來變更照度分佈，亦可基於對進行了曝光及顯影的抗蝕劑層的線寬的均勻性進行測量而得的結果來變更照度分佈，以使線寬的均勻性變得更高。另外，藉由控制部 CONT2 的照度分佈的變更並不限於在曝光前進行，亦可在掃描曝光過程中進行。在該情況下，例如，自控制部 CONT1 獲取基板 P 內的多個（許多）點處的膜厚資訊（例如，藉由曝光裝置所包括的膜厚感測器而在曝光前測量），並在掃描曝光過程中逐次變更為與曝光對象位置的膜厚對應的照度分佈。即，照明光學系統 IL1 進行照明光的照射，並在經由投影光學系統 PL 對一張基板 P 進行圖案 MP 的曝光的期間中進行照度分佈的變更，使針對進行該轉印的基板 P 的曝光條件變化。藉此，例如可對一張基板 P 內的抗蝕劑的膜厚不均進行補償，在一張基板 P 內可獲得線寬均勻性。

【0088】 曝光裝置 EX 的控制部 CONT1（或其他任意的控制部）亦可參考照明單元 IU 所包含的規定的照明光學系統 IL1 的照度分

佈而對照明單元 IU 所包含的其他照明光學系統 IL1 的照度分佈進行調整。具體而言，例如，可參考對規定的重合區域 OR 照射照明光的其中一個照明光學系統 IL1 的照度分佈而變更對該重合區域 OR 照射照明光的另一照明光學系統 IL1 的照度分佈，以適當地進行該重合區域 OR 中的照明光的照射。

【0089】再者，抗蝕劑的感光特性有時並不與由照度×曝光時間表示的曝光量成比例。在此種情況下，當分多次進行曝光時，亦可考慮為了對照度進行補正而使照度分佈變化來予以應對。

【0090】以下總結本實施形態的照明光學系統 IL1 及曝光裝置 EX 的效果。

【0091】本實施形態的照明光學系統 IL1 可對自光源部 LS1 射出的光束自身的尺寸進行變更，因此可在不遮蔽光束的一部分的情況下進行照明條件（ σ 值）的變更。換言之，可在不產生光量損失的情況下進行照明條件的變更。

【0092】本實施形態的照明光學系統 IL1 可對自光源部 LS1 射出的光束自身的尺寸進行變更，因此無需在被照射面的附近設置如可變光闌般的包含移動機構的複雜結構體便可進行照明條件（ σ 值）的變更。該方面在構成包括許多照明光學系統 IL1 的照明單元 IU 的情況下特別有利，有助於照明單元 IU 的小型化，進而有助於曝光裝置 EX 的小型化。

【0093】本實施形態的照明光學系統 IL1 在 σ 值為任一值的情況下均將自半導體雷射單元 2 射出的光全部照射至照明區域 ILA。

因此，可在將照射至被照射面的光量保持為一定的狀態下進行 σ 值的變更。與此相對，在現有技術中，藉由利用孔徑光闌來遮擋光束而實現了小的照明 σ ，因此光量降低。

【0094】 本實施形態的照明光學系統 IL1 可對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更。因此，藉由根據遮罩圖案 MP、或基板 P 上所塗佈的抗蝕劑的狀態對照度分佈進行變更，可實現與遮罩 M 或基板 P 的狀態對應的更佳的照明條件。另外，在照明區域 EA1 中，多個出射端 1Le、多個出射端 1Me、多個出射端 1Se 分別以光軸 Ax 為對稱點而呈點對稱地配置，因此亦可實現均勻性高的照度分佈。

【0095】 本實施形態的照明光學系統 IL1 包括光纖群組 1，且將光纖群組 1 所包括的各光纖的出射端配置於發光區域 EA1 中。因此，可將亦需要比較大的冷卻機構的半導體雷射單元 2、或可形成複雜結構體的移動機構 22 設置於遠離照明區域 ILA 且空間比較充裕的場所。另外，亦可使自半導體雷射單元 2 射出的光所具有的光量分佈在光纖的內部均勻化。

【0096】 本實施形態的曝光裝置 EX 可一邊使用照明光學系統 IL1 而容易且較佳地進行照明條件的切換，一邊將遮罩 M 的各種圖案 MP 良好地轉印至基板 P。

【0097】 <第一實施形態的變形例>

在第一實施形態的照明光學系統 IL1 中，亦可使用如下的變形態樣。

【0098】 在第一實施形態的照明光學系統 IL1 的光源部 LS1 中，使用芯徑不同的三種光纖來切換蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中光束的入射區域的大小（剖面形狀的尺寸），從而切換了 σ 值，但並不限於此。

【0099】 具體而言，例如在光纖群組 1 中，將大直徑光纖 1L、小直徑光纖 1S 分別置換為中等直徑光纖 1M。該情況下，發光區域 EA1 中的沿光軸 Ax 的方向觀察到的光纖端面的配置除了端面的大小全部相同之外，設為與第一實施形態中的配置（圖 4）相同。另一方面，光纖端面的光軸 Ax 方向上的位置互不相同。

【0100】 關於如此配置的 27 個出射端 1Me 中的、位於在第一實施形態中亦配置有中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 的部位的出射端 1Me，與第一實施形態同樣地使用收集器透鏡 3（圖 9）。

【0101】 另一方面，針對位於在第一實施形態中配置有大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 的部位的出射端 1Me（圖 9 的左端），將光軸 Ax 方向上的出射端的位置設為：相對於位於在第一實施形態中亦配置有中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 的部位的出射端 1Me 而言處於中繼透鏡 4 側。而且，將收集器透鏡 3 置換為焦距較收集器透鏡 3 小（曲率半徑小）的收集器透鏡 3L。收集器透鏡 3L 以其前側焦點位於對應的出射端 1Me 上的方式配置。自收集器透鏡 3L 射出的光束的直徑在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中較自收集器透鏡 3 射出的光束的直徑大。

【0102】 同樣地，針對位於在第一實施形態中配置有小直徑光纖

1S 的出射端 1Se 的部位的出射端 1Me (圖 9 的右端)，將光軸 Ax 方向上的出射端的位置設為：相對於位於在第一實施形態中亦配置有中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 的部位的出射端 1Me 而言，處於與中繼透鏡 4 相反之側。而且，將收集器透鏡 3 置換為焦距較收集器透鏡 3 大 (曲率半徑大) 的收集器透鏡 3S。收集器透鏡 3S 以其前側焦點位於對應的出射端 1Me 上的方式配置。自收集器透鏡 3S 射出的光束的直徑在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中較自收集器透鏡 3 射出的光束的直徑小。

【0103】如圖 9 所示，在本變形例中，使收集器透鏡 3L、收集器透鏡 3、收集器透鏡 3S 各自的後側焦點與中繼透鏡 4 的前側焦點的位置一致或大致一致。藉此，可在不改變光源像的對焦位置的情況下對 σ 值進行變更。

【0104】在該變形態樣中，將光纖群組 1 所具有的光纖的芯徑設為均勻，同時使與各光纖的出射端對應的收集器透鏡的焦距及配置不同。在該變形態樣中，藉由使半導體雷射單元 2 移動，亦可切換蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中的光束的入射區域的大小 (剖面形狀的尺寸)，從而可切換 σ 值的大小。

【0105】第一實施形態的照明光學系統 IL1 是可選擇三種 σ 值的結構，但並不限於此。亦可自光纖群組 1 中去除例如小直徑光纖 1S 而設為僅可選擇兩種 σ 值的結構。或者，亦可在光纖群組 1 中追加芯徑與大直徑光纖 1L、中等直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S 不同的光纖而設為可選擇四種以上的 σ 值的結構。另外，第一實施

形態的照明光學系統 IL1 是可自三個種類中選擇 σ 值的結構，但並不限於此。亦可設為在收集器透鏡 3 與中繼透鏡 4 之間追加對光纖出射端的光的直徑進行縮放的中繼光學系統而成的結構。藉此，可使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的光束的剖面形狀的尺寸變化，從而可使 σ 值連續地變化。該情況下，亦可自光纖群組 1 的大直徑光纖 1L、中等直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S 中省略一種或兩種光纖。

【0106】 <第二實施形態>

參照圖 10～圖 14 對第二實施形態的照明光學系統 IL2 進行說明。

【0107】 第二實施形態的照明光學系統 IL2 除了光源部 LS2 的結構與第一實施形態的照明光學系統 IL1 的光源部 LS1 不同的方面以外，與第一實施形態的照明光學系統 IL1 相同。對與第一實施形態 IL1 相同的結構省略說明。

【0108】 [光源部 LS2]

如圖 10、圖 11 所示，光源部 LS2 主要包括光纖（光導）群組 7、半導體雷射單元（光源裝置）8、多個收集器透鏡 9 以及控制部（照度分佈控制部）CONT2。

【0109】 如圖 11 所示，光纖群組 7 由包含多個普通照明用光纖 7N 的普通照明用光纖群組 7NG、包含多個環形照明用光纖 7A 的環形照明用光纖群組 7AG、及包含多個四極照明用光纖 7P 的四極照明用光纖群組 7PG 構成。

【0110】 普通照明用光纖群組 7NG 所包含的多個普通照明用光纖 7N 各自具有供來自半導體雷射單元 8 的光入射的入射端 7Ni、以及將所入射的光射出的出射端 7Ne。各光纖 7N 相對於一個入射端 7Ni 而具有一個出射端 7Ne。出射端 7Ne 的剖面形狀為圓形（圖 12）。

【0111】 環形照明用光纖群組 7AG 所包含的多個環形照明用光纖 7A 各自具有供來自半導體雷射單元 8 的光入射的入射端 7Ai、以及將所入射的光射出的出射端 7Ae。各環形照明用光纖 7A 在自入射端 7Ai 朝向出射端 7Ae 的路徑上分支為許多個，在出射端 7Ae，各自為圓形的許多光纖端面呈圓環狀配置（圖 12）。

【0112】 四極照明用光纖群組 7PG 所包含的多個四極照明用光纖 7P 各自具有供來自半導體雷射單元 2 的光入射的入射端 7Pi、以及將所入射的光射出的出射端 7Pe。各四極照明用光纖 7P 在自入射端 7Pi 朝向出射端 7Pe 的中途分支為四個，在出射端 7Pe，各自為圓形的四個光纖端面沿著圓周相互等間隔地配置（圖 12）。

【0113】 為了避免圖式的繁雜化，在圖 10、圖 13、圖 14 中，僅圖示了各一根普通照明用光纖 7N、環形照明用光纖 7A、四極照明用光纖 7P。

【0114】 普通照明用光纖 7N 各自的出射端 7Ne、環形照明用光纖 7A 各自的出射端 7Ae、四極照明用光纖 7P 各自的出射端 7Pe 均構成為平面狀。如圖 12 所示，出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 在與照明光學系統 IL2 的光軸 Ax 正交的面內配置成相互共

面。此處，將共面地配置有出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 的平面狀的區域稱為發光區域 EA2。另外，在與出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 分別對應的多個收集器透鏡 9 的焦距互不相同的情況下，Z 軸方向上的出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 的位置亦可互不相同。在該情況下，焦距互不相同的多個收集器透鏡 9 的後側焦點的光軸 Ax 方向上的位置一致或大致一致，焦距互不相同的多個收集器透鏡 9 各自的前側焦點的光軸 Ax 方向上的位置與出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 的任一者的光軸 Ax 方向上的位置一致或大致一致。

【0115】 在發光區域 EA2 中，普通照明用光纖 7N 的出射端 7Ne 配置成在 X 方向上為 2 行、在 Y 方向上為 2 列的矩陣狀。在 X 方向、Y 方向的任一方向上，兩個出射端 7Ne 的中間位置均為與光軸 Ax 相同的位置。

【0116】 環形照明用光纖 7A 的出射端 7Ae 配置成在 Y 方向上夾著普通照明用光纖 7N 且在 X 方向上為 2 行、在 Y 方向上為 2 列的矩陣狀。在 X 方向、Y 方向的任一方向上，兩個出射端 7Ae 的中間位置均為與光軸 Ax 相同的位置。

【0117】 四極照明用光纖 7P 的出射端 7Pe 配置成在 Y 方向上夾著環形照明用光纖 7A 且在 X 方向上為 2 行、在 Y 方向上為 2 列的矩陣狀。在 X 方向、Y 方向的任一方向上，兩個出射端 7Pe 的中間位置均為與光軸 Ax 相同的位置。

【0118】 如此，在發光區域 EA2 中，四個普通照明用光纖 7N 的

出射端 7Ne 的集合 (set)、四個環形照明用光纖 7A 的出射端 7Ae 的集合、四個四極照明用光纖 7P 的出射端 7Pe 的集合分別以光軸 Ax (中繼透鏡 4 的光軸) 的位置為對稱點而呈點對稱地配置。

【0119】再者，在本實施形態中，多個出射端 7Ne 以光軸 Ax 為基準而呈點對稱地配置，同時，關於通過光軸 Ax 並沿 X 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置，且關於通過光軸 Ax 並沿 Y 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置。多個出射端 7Ae 及多個出射端 7Pe 亦同樣如此。如此，同一種類的多個出射端亦可並非以光軸 Ax 為基準而呈點對稱地配置，而是關於通過光軸 Ax 並沿 X 軸方向延伸的基準線及/或通過光軸 Ax 並沿 Y 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置。

【0120】半導體雷射單元 8 包括四台半導體雷射 (雷射二極體)，且構成為將來自各半導體雷射的光束自互不相同的位置相互平行地射出。

【0121】半導體雷射單元 8 藉由移動機構 81 而移動，使來自四台半導體雷射的光束入射至普通照明用光纖群組 7NG 所包含的四個入射端 7Ni、環形照明用光纖群組 7AG 所包含的四個入射端 7Ai、四極照明用光纖群組 7PG 所包含的四個入射端 7Pi 中的任一者。

【0122】入射至各入射端 7Ni 的光在各普通照明用光纖 7N 的內部反復進行內表面反射，並自配置於發光區域 EA2 的各出射端 7Ne 以具有大致均勻的光量分佈的方式射出。入射至各出射端 7Ae、各出射端 7Pe 的光亦同樣如此。

【0123】 收集器透鏡 9 相對於四個出射端 7Ne 的各個、四個出射端 7Ae 的各個、四個出射端 7Pe 的各個而設置有各一個，共計設置有十二個。與出射端 7Ne 對應的收集器透鏡 9 以其光軸與出射端 7Ne 中的芯的中心一致或大致一致的方式設置。與出射端 7Ae 對應的收集器透鏡 9 以其光軸與出射端 7Ae 中的圓環形狀的中心一致或大致一致的方式設置。與出射端 7Pe 對應的收集器透鏡 9 以其光軸與出射端 7Pe 中的四個圓形出射端的中央部一致或大致一致的方式設置。在圖 12 中，雙點劃線的交叉位置表示收集器透鏡 9 的光軸的位置。

【0124】 另外，各收集器透鏡 9 以其光軸與照明光學系統 IL2 的光軸 Ax(等同於中繼透鏡 4 的光軸)平行或大致平行的方式設置。各收集器透鏡 9 以其前側焦點的位置與發光區域 EA2(即，共面地配置有出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 的平面)的光軸 Ax 方向上的位置一致或大致一致的方式設置。

【0125】 [變形照明]

接下來，對本實施形態的照明光學系統 IL2 中的照明條件的變更、具體而言對普通照明、環形照明、四極照明的切換進行說明。

【0126】 在進行普通照明的情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 8 的光入射至普通照明用光纖群組 7NG，並使其自發光區域 EA2 的普通照明用光纖 7N 的出射端 7Ne 射出(圖 10 的(a))。自四個出射端 7Ne 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 9 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透

鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0127】 自四個出射端 7Ne 的各個射出的光所重複入射的蠅眼透鏡 5 的入射面 5i (透鏡組件 5a 的矩形的入射面 5ai 的集合體) 上的區域 ARN 成為與入射面 5i 的大體正方形的輪廓大致內接的圓形區域 (圖 10 的 (b))。

【0128】 如上所述，入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的光束的光量分佈被反映至蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 中的光量分佈中，因此在蠅眼透鏡 5 的射出面 5e 附近的照明光瞳 PP 中形成圓形的光瞳強度分佈，從而進行普通照明。

【0129】 在進行環形照明的情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 8 的光入射至環形照明用光纖群組 7AG，並使其自發光區域 EA2 的環形照明用光纖 7A 的出射端 7Ae 射出 (圖 13 的 (a))。自四個出射端 7Ae 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 9 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0130】 自四個射出面 7Ae 的各個射出的光所重複入射的蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 上的區域 ARA 成為與入射面 5i 的大體正方形的輪廓大致內接的圓環區域 (圖 13 的 (b))。因此，在蠅眼透鏡 5 的射出面 5e 附近的照明光瞳 PP 中形成圓環狀的光瞳強度分佈，從而進行環形照明。

【0131】 在進行四極照明的情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 8 的光入射至四極照明用光

纖群組 7PG，並使其自發光區域 EA2 的四極照明用光纖 7P 的出射端 7Pe 射出（圖 14 的（a））。自四個射出面 7Pe 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 9 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0132】 自四個射出面 7Pe 的各個射出的光所重複入射的蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 上的區域 ARP 成為在以光軸 Ax 為中心的周向上等間隔地存在的四個圓形區域（圖 14 的（b））。因此，在蠅眼透鏡 5 的射出面 5e 附近的照明光瞳 PP 中形成四極狀的光瞳強度分佈，從而進行四極照明。

【0133】 如此，在本實施形態的照明光學系統 IL2 中，藉由在照明區域 EA2 中對射出光的出射端進行切換，使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中的光束的剖面形狀不同，可進行照明條件的變更、即普通照明、環形照明、四極照明的切換。

【0134】 本實施形態的照明光學系統 IL2 亦與第一實施形態的照明光學系統 IL1 同樣地，藉由對半導體雷射單元 8 所包括的四台半導體雷射的輸出各別地進行調整，在多個出射端 7Ne 之間、多個出射端 7Ae 之間、多個出射端 7Pe 之間的任一者中使所射出的光的光量平衡變化，可使照明區域 ILA 中的照度分佈變化。另外，本實施形態的照明光學系統 IL2 亦可與曝光裝置 EX 的膜厚感測器一起使用。在該情況下，例如，控制部 CONT1 將測量出的抗蝕劑的膜厚發送至照明光學系統 IL2 的控制部 CONT2。控制部 CONT2 基於接收到的膜厚資訊而對照明光學系統 IL2 進行控制，

將照明區域 ILA 的照度分佈變更為與作為曝光對象的基板 P 的抗蝕劑的膜厚對應的適當的分佈。

【0135】 以下總結本實施形態的照明光學系統 IL2 的效果。

【0136】 在本實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦與第一實施形態的照明光學系統 IL1 同樣地，在不產生光量損失的情況下、且無需在被照射面的附近設置包含移動機構的複雜結構體便可進行照明條件的變更。另外，可在將照射至被照射面的光量保持為一定的狀態下進行普通照明、環形照明、四極照明的切換。

【0137】 另外，與第一實施形態的照明光學系統 IL1 同樣地，可變更照度分佈而實現與遮罩 M 或基板 P 的狀態對應的更佳的照明條件，且亦可實現均勻性高的照度分佈。

【0138】 <第二實施形態的變形例>

在第二實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦可使用如下的變形態樣。

【0139】 在第二實施形態的照明光學系統 IL2 的光源部 LS2 中，使用環形照明用光纖 7A 進行了環形照明，但並不限於此。

【0140】 具體而言，例如，如圖 15 所示，將環形照明用光纖 7A 置換為與普通照明用光纖 7N 相同的不具有分支而具有單一圓形的入射端以及單一圓形的出射端的光纖 7A'。而且，在光纖 7A' 的出射端 7Ae' 與收集器透鏡 9 之後，配置第一中繼透鏡 91、第二中繼透鏡 92 及軸錐透鏡 93。

【0141】 聚光透鏡 9 以其光軸與光軸 Ax 平行或大致平行、且其前

側焦點位於出射端 7Ae' 上或其附近的方式配置。第一中繼透鏡 91、軸錐透鏡 93 及第二中繼透鏡 92 以其光軸與光軸 Ax 平行或大致平行的方式配置於大致一條直線上。進而，第一中繼透鏡 91 的前側焦點位置配置於收集器透鏡 9 的後側焦點位置附近，且在軸錐透鏡 93 附近形成纖維出射端 7Ae' 的像。

【0142】 在該結構中，自光纖 7A' 的出射端 7Ae' 射出的光經由收集器透鏡 9、第一中繼透鏡 91 以及軸錐透鏡 93 而剖面形狀變換為環狀。而且，之後經由第二中繼透鏡 92 及中繼透鏡 4 而入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的圓環狀的區域 ARA。

【0143】 第二實施形態的照明光學系統 IL2 是可在普通照明、環形照明、四極照明之間進行照明條件的切換的結構，但並不限於此。亦可自光纖群組 7 中去除例如四極照明用光纖 7P 而設為僅能夠選擇普通照明與環形照明此兩種的結構。或者，亦可在光纖群組 7 中加入雙極照明用光纖而設為亦能夠進一步選擇雙極照明的結構。即，第二實施形態的照明光學系統 IL2 可設為能夠選擇多種照明條件的各種態樣。

【0144】 <第一實施形態、第二實施形態的變形例>

在第一實施形態的照明光學系統 IL1、第二實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦可使用如下的變形態樣。

【0145】 可將第一實施形態的照明光學系統 IL1、第二實施形態的照明光學系統 IL2 任意組合而構成能夠選擇任意的照明條件的照明光學系統。具體而言，例如，可將照明光學系統 IL1 的中等直徑

光纖群組 1MG 置換為照明光學系統 IL2 的環形照明用光纖群組 7AG，製成能夠在 σ 值=「大」、 σ 值=「小」、環形照明之間切換照明條件的照明光學系統。

【0146】 第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 構成為將配置於發光區域 EA1、發光區域 EA2 的光纖的出射端的像形成於蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的附近。然而，並不限於此，亦可構成為將配置於發光區域 EA1、發光區域 EA2 的光纖的出射端的像形成於蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 的附近。此種光學系統具體而言例如可具有在收集器透鏡 3 與中繼透鏡 4 之間加入有追加的中繼透鏡 4' 的結構（圖 16）。

【0147】 在具有此種結構的照明光學系統 IL1 中，藉由在照明區域 EA1 中對射出光的出射端進行切換，使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中的光束的剖面形狀的尺寸不同，亦可進行 σ 值的變更。另外，在具有此種結構的照明光學系統 IL2 中，藉由在照明區域 EA2 中對射出光的出射端進行切換，使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中的光束的剖面形狀不同，亦可進行照明條件的變更、即普通照明、環形照明、四極照明的切換。再者，在四極照明的情況下，亦可考慮在收集器透鏡 3 與中繼透鏡 4 之間插入繞射光學器件等。

【0148】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，藉由對半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8 所包括的多個半導體雷射的輸出平衡進行變更而對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更，但並不限於此。

【0149】 具體而言，例如在光纖群組 1 所包含的大直徑光纖群組 1LG、中等直徑光纖群組 1MG、小直徑光纖群組 1SG、光纖群組 7 所包含的普通照明用光纖群組 7NG、環形照明用光纖群組 7AG、四極照明用光纖群組 7PG 中的至少一個中追加光纖，增加構成光纖群組的光纖的數量。所追加的光纖的入射端配置於藉由半導體雷射單元 2 的移動而來自半導體雷射單元 2 的光可入射的位置。所追加的光纖的出射端在照明區域 EA1、照明區域 EA2 中配置於原有出射端之間的間隙。具體而言，例如，在第一實施形態的大直徑光纖群組 1LG 中，設置追加的大直徑光纖 1L，將其出射端 1Le 配置於與圖 4 所示的出射端 1Le 不同的位置。

【0150】 藉此，光纖的數量已增加的光纖群組具有追加的光纖。該情況意味著：例如若為大直徑光纖群組 1LG，則藉由將半導體雷射單元 2 使光入射的入射端自圖 3 所示的入射端 1Li 變更為追加的大直徑光纖 1L 的入射端 1Li，可在照明區域 EA1 中將射出光的出射端自圖 3 所示的出射端 1Le 變更為追加的大直徑光纖 1L 的出射端 1Le。

【0151】 來自所追加的大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 的光在發光區域 EA1、發光區域 EA2 中自與原有出射端（即圖 4 所示的出射端 1Le）不同的位置射出，因此以與來自原有出射端的光不同的角度入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i，在照明區域 ILA 中，形成與來自原有出射端的光不同的照度分佈。因此，控制部 CONT2 在入射端 1Li 之間對半導體雷射單元 2 使光入射的入射端進行變更，在

照明區域 EA1 中對射出光的出射端 1Le 的位置進行變更，藉此可對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更。再者，由於是在大直徑光纖群組 1LG 內的切換，因此可維持 σ 值=「大」的照明條件。

【0152】 此處，以在大直徑光纖群組 1LG 中設置追加的光纖的情況為例進行了說明，但在中等直徑光纖群組 1MG 等其他光纖群組中亦可進行相同的變更。

【0153】 作為對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更的另一方法，亦可設置任意的移動機構，使配置於發光區域 EA1 的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 中的至少一個與對應的收集器透鏡 3 一體地沿 X 方向及 Y 方向移動。另外，亦可設置任意的移動機構，使配置於發光區域 EA2 的出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 中的至少一個與對應的收集器透鏡 9 一體地沿 X 方向及 Y 方向移動。

【0154】 在該結構中，藉由使與發光區域 EA1、發光區域 EA2 的出射端中的至少一個相對應的收集器透鏡對相對於照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 的光軸 Ax 而移動，使相對於蠅眼透鏡 5 的入射角變化，從而使照明區域 ILA 的照度分佈變化。

【0155】 作為對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更的另一方法，亦可使用使收集器透鏡 3 的至少一個光軸與對應的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的芯的中心錯開（偏心）的結構。在該結構中，藉由使相對於收集器透鏡 3 的光軸而偏心地配置的出射端向收集器透鏡 3 的光軸中心旋轉，可使經過了收集器透鏡 3 的

光相對於蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的入射角變化。此外，藉由設置使收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 與對應的出射端的位置關係發生變更的任意的移動機構，使與收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 對應的出射端中的至少一者沿與收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 的光軸正交的方向移動，可使經過了收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 的光相對於蠅眼透鏡 5 的入射角變化，從而可使照明區域 ILA 的照度分佈變化。

【0156】 作為對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更的另一方法，設置使光纖的曲率變化（物理上彎曲）的彎曲機構，使光纖群組 1 所包含的大直徑光纖 1L、中等直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S、或光纖群組 7 所包含的普通照明用光纖 7N、環形照明用光纖 7A、四極照明用光纖 7P 中的至少一根的曲率在出射端附近變化，藉此可使經過了對應的收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 的光相對於蠅眼透鏡 5 的入射角變化，從而可使照明區域 ILA 的照度分佈變化。

【0157】 作為對照明區域 ILA 中的入射角度分佈進行變更的方法，在現有例中是使配置於光瞳共軛面 PP 的照明系統孔徑光闌沿與光軸垂直的方向移動，但在上述實施形態中，由於不具有照明系統孔徑光闌，因此難以進行如現有例般的調整。因此，可利用任意的移動機構，使光源部 LS1、光源部 LS2 整體相對於中繼透鏡 4 而向 X 方向或 Y 方向傾斜。或者，在光源部 LS1、光源部 LS2 與中繼透鏡 4 之間配置稜鏡對（雙稜鏡對或楔形稜鏡對），使構成稜鏡對的稜鏡彼此的位置關係變化而使自光源部 LS1、光源部 LS2 出射的光的方向變化，使入射至蠅眼透鏡 5 的光束的位置錯開，藉

此亦能夠使蠅眼透鏡 5 的出射端中的光量分佈變化，從而使入射至照明區域 ILA 的入射角度分佈變化。

【0158】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，藉由移動機構 21、移動機構 81 使半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8 移動，從而對光所入射的光纖群組進行切換，但並不限於此。亦可設為如下結構：針對大直徑光纖群組 1LG 等多個光纖群組的各個，設置各一個半導體雷射單元，並對要工作的半導體雷射單元 2 進行切換，藉此使光入射至所期望的光纖群組。

【0159】 在第一實施形態的照明光學系統 IL1、第二實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦可使用包括多個發光二極體（light-emitting diode，LED）的發光二極體單元來代替半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8。發光二極體單元可為藉由移動機構 21、移動機構 81 而移動，使光入射至大直徑光纖群組 1LG 等多個光纖群組內的所期望的光纖群組的結構。或者，亦可為如下機構：對大直徑光纖群組 1LG 等多個光纖群組的各光纖的各個，各別地設置發光二極體，對發出光的發光二極體進行切換，藉此使光入射至所期望的光纖群組。

【0160】 此外，亦可使用包括光纖雷射、水銀燈等多個所期望的光源的單元來代替半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8。

【0161】 在第一實施形態的照明光學系統 IL1、第二實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦可在半導體雷射單元 2 等光源單元與光纖

群組 1 的光纖各自的入射端之間，設置使來自光源單元的光入射至各光纖的輸入透鏡（input lens）。另外，理想的是將光纖群組 1 的各光纖構成為在入射端中數值孔徑相互相同。

【0162】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，亦可省略光纖群組 1，並在發光區域 EA1、發光區域 EA2 的配置有出射端 1Le、出射端 1Ne 等的位置，如圖 4、圖 12 所示般配置具有與出射端 1Le、出射端 1Ne 等相同形狀的發光面的發光二極體（固體光源的一例）。在該結構中，藉由在發光區域 EA1、發光區域 EA2 中對發光的發光二極體進行切換，可使發光區域 EA1、發光區域 EA2 中的發光面的形狀變化，從而可使投影至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的該發光面的像的形狀變化。同樣地，亦可將半導體雷射（固體光源的一例）的發光面配置於發光區域 EA1、發光區域 EA2。在該態樣中，發光二極體、半導體雷射的發光面相當於本發明的「發光面」。

【0163】 第一實施形態的照明光學系統 IL1 包括六個用於實現 $\sigma =$ 「大」的照明條件的出射端 1Le、九個用於實現 $\sigma =$ 「中」的照明條件的出射端 1Me、十二個用於實現 $\sigma =$ 「小」的照明條件的出射端 1Se。另外，第二實施形態的照明光學系統 IL2 藉由四個出射端實現了各照明條件。然而，為了實現各照明條件而必需的發光面的數量為任意的，亦可僅為一個。

【0164】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，基於控制部 CONT2 的控制來移動半導體雷射

單元 2、半導體雷射單元 8 而進行照明條件的切換，但並不限於此。具體而言，例如亦可手動地挪動半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8 來進行照明條件的切換。

【0165】在圖 4、圖 12 中，以光軸 Ax 為中心的矩形的輪廓線 OL1、輪廓線 OL2 是藉由中繼透鏡 4 以及蠅眼透鏡 5 將蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 的出射面 5ae 的矩形輪廓投影而成。在輪廓線 OL1、輪廓線 OL2 的外側自收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 射出的光自與如下的光、即在輪廓線 OL1、輪廓線 OL2 的內側自收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 出射的光不同的（例如相鄰的）透鏡組件 5a 大幅彎曲而射出，並不到達照明區域 ILA。因此，發光區域 EA1、發光區域 EA2 的各出射端及收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 理想的是配置成使得來自收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 的光位於輪廓線 OL1、輪廓線 OL2 的內側。

【0166】再者，關於發光區域 EA1 中的多個出射端 1Le、多個出射端 1Me、多個出射端 1Se 各自的配置，在使兩個發光區域 EA1 以將輪廓線 OL1 的短邊彼此或長邊彼此重疊的方式在 Y 方向或 X 方向上鄰接的情況下，亦可設為：整體成為以該重疊的短邊或長邊的中心為對稱點的點對稱的配置及/或以該重疊的短邊或長邊為基準線的線對稱的配置。藉此，可使照明區域 ILA 中的照度分佈更均勻。關於發光區域 EA2 的多個出射端 7Ne、多個出射端 7Ae、多個出射端 7Pe 的各個，亦同樣如此。

【0167】第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明

光學系統 IL2 亦可在發光區域 EA1、發光區域 EA2 包括發出對準光的對準用 LED。對準光可用於在曝光裝置 EX 中進行遮罩 M 與基板 P 的對準時。藉由該結構，可提供適於對準的光量小的對準光。此外，在發光區域 EA1、發光區域 EA2 中，可設置發出與照射至照明區域 ILA 的曝光用的光不同的所期望的目的的光的所期望的光源。

【0168】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，收集器透鏡 3、中繼透鏡 4、聚光透鏡 6 等透鏡並不限定於單透鏡，亦可為由多個透鏡構成的透鏡群組或透鏡系統。另外，並不限定於如透鏡般的折射光學構件，亦可為對光進行繞射的繞射光學器件、或對光進行反射的反射光學器件。在本說明書及隨附的申請專利範圍中，術語「收集器透鏡」、「中繼透鏡」、「聚光透鏡」、「光學器件」是指此般各種態樣的光學器件或其組合。中繼透鏡 4 可適宜地省略。

【0169】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，蠅眼透鏡 5 設為並列地配置有多個透鏡組件 5a，但亦可一體地設置有所述多個透鏡組件 5a。

【0170】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，亦可在照明光瞳 PP 的位置設置孔徑光闌或可變孔徑光闌。可變孔徑光闌以將光量損失抑制為最小限度的態樣使用，以輔助藉由發光面的切換而進行的照明條件的切換。

【0171】 亦可不將第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統

IL1、照明光學系統 IL2 用作包括多個投影光學系統 PL 的所謂多透鏡 (multi-lens) 方式的曝光裝置 EX 的照明光學系統，而是用作僅包括單一的投影光學系統的曝光裝置的照明光學系統。另外，亦可將第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 用作逐次重複 (step and repeat) 方式的曝光裝置 (所謂的步進機 (stepper)) 的照明光學系統。

【0172】 第一實施形態、第二實施形態的曝光裝置 EX 藉由將包含隨附的申請專利範圍中所列舉的各構成部件的各種子系統以保持規定的機械精度、電氣精度、光學精度的方式加以組裝而製造。為了確保所述各種精度，在組裝的前後，對各種光學系統進行用於達成光學精度的調整，對各種機械系統進行用於達成機械精度的調整，對各種電氣系統進行用於達成電氣精度的調整。在由各種子系統組裝成曝光裝置 EX 的步驟中，包括各種子系統相互的機械連接、電路的配線連接、氣壓回路的配管連接等。在由各種子系統組裝成曝光裝置 EX 的步驟之前，當然存在各子系統各自的組裝步驟。在將各種子系統組裝成曝光裝置 EX 的步驟結束後，進行綜合調整，確保作為曝光裝置 EX 整體的各種精度。曝光裝置 EX 的製造可在溫度、潔淨度等受到了管理的潔淨室中進行。

【0173】 對使用了第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2、曝光裝置 EX 的元件的製造方法進行說明。

【0174】 如圖 17 所示，製造半導體元件或液晶顯示器件的元件的

製造方法包括：成膜步驟 S40，在作為半導體元件的基板的基板 P 形成具有規定物性的薄膜；塗佈步驟 S42，在所形成的薄膜上塗佈作為感光性材料的光致抗蝕劑（抗蝕劑）；曝光步驟 S44，使用曝光裝置 EX，將形成於遮罩 M 的圖案 MP 曝光（轉印）至塗佈有光致抗蝕劑的基板 P 上；以及顯影步驟 S46，進行曝光（轉印）結束後的基板 P 的顯影、即轉印有圖案 MP 的光致抗蝕劑的顯影。

【0175】 元件的製造方法更包括加工步驟 S48，該加工步驟 S48 將在顯影步驟 S46 中在基板 P 的表面生成的抗蝕劑圖案作為遮罩，對基板 P 的表面進行加工。此處，所謂抗蝕劑圖案，是指生成有與藉由曝光裝置 EX 而轉印的圖案對應的形狀的凹凸的光致抗蝕劑層，且其凹部貫通光致抗蝕劑層。在加工步驟 S48 中，經由抗蝕劑圖案來進行基板 P 的表面的加工。在加工中，例如包括基板 P 的表面的蝕刻、或者金屬、半導體材料或電介質等在基板 P 的表面的成膜，該步驟重複進行多次。

【0176】 如圖 18 所示，液晶顯示器件等液晶元件的製造步驟包括圖案形成步驟 S50、彩色濾光片形成步驟 S52、盒組裝步驟 S54 及模組組裝步驟 S56。在圖案形成步驟 S50 中，使用上述實施形態的曝光裝置 EX，在塗佈有光致抗蝕劑的玻璃基板上形成電路圖案、電極圖案等規定的圖案。在圖案形成步驟 S50 中，包括與所述曝光步驟 S44 相同的曝光步驟，即，使用曝光裝置 EX 將形成於遮罩的電路圖案等規定的圖案曝光（轉印）至玻璃基板上的步驟、以及與所述顯影步驟 S46、加工步驟 S48 相同的顯影步驟、加工步驟。

【0177】 在彩色濾光片形成步驟 S52 中，將許多與紅(R)、綠(G)、藍(B)對應的三個點(dot)的組排列成矩陣狀。或者形成將 R、G、B 此三根條紋(stripe)的濾光片的組在水平掃描方向上排列多個而成的彩色濾光片。在盒組裝步驟 S54 中，使用在圖案形成步驟 S50 中形成了規定圖案的玻璃基板、以及在彩色濾光片形成步驟 S52 中形成的彩色濾光片來組裝液晶面板(液晶盒)。具體而言，例如藉由在玻璃基板與彩色濾光片之間注入液晶來形成液晶面板。在模組組裝步驟 S56 中，對盒組裝步驟 S54 中組裝的液晶面板安裝用於進行顯示動作的電路及背光等各種零件。

【0178】 第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 並不限定於應用至半導體元件製造用的曝光裝置中，例如，亦可廣泛應用至形成於角型的玻璃板或片狀的可撓體的液晶顯示器件、或電致發光等的顯示裝置用的曝光裝置中、或者用於製造攝像器件(電荷耦合元件(charge coupled device, CCD)等)、微機械(micro machine)、薄膜磁頭及去氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)晶片等各種元件的曝光裝置中。進而，第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 亦可應用於使用光微影步驟來製造形成有各種元件的遮罩圖案的遮罩(光罩、標線片(reticule)等)時的曝光步驟(曝光裝置)中。

[產業上之可利用性]

【0179】 藉由本發明的一態樣的照明光學系統，可在抑制光量損

失的同時進行照明條件的切換，從而較佳地進行各種元件的製造中的曝光。

【符號說明】

【0180】

1、7:光纖群組

1L:大直徑光纖

1Le:出射端

1LG:大直徑光纖群組

1Li:入射端

1M:中等直徑光纖

1Me:出射端

1MG:中等直徑光纖群組

1Mi:入射端

1S:小直徑光纖

1Se:出射端

1SG:小直徑光纖群組

1Si:入射端

2、8:半導體雷射單元

3、3L、3S、9:收集器透鏡

4、4':中繼透鏡

5:蠅眼透鏡

5a:透鏡組件

5ae:出射面

5ai:入射面

5e:出射面

5i:入射面

6:聚光透鏡

7A:環形照明用光纖

7A':光纖

7Ae、7Pe:出射端

7Ae'、7Ne:出射端

7AG:環形照明用光纖群組

7Ai、7Ni、7Pi:入射端

7N:普通照明用光纖

7NG:普通照明用光纖群組

7P:四極照明用光纖

7PG:四極照明用光纖群組

21、81:移動機構

91:第一中繼透鏡

92:第二中繼透鏡

93:軸錐透鏡

A1:視野區域

A2:曝光區域

ARA、ARL、ARM、ARN、ARP、ARS:區域

Ax、AX:光軸

CONT1、CONT2:控制部

EA1、EA2:發光區域

EX:曝光裝置

IL1、IL2:照明光學系統

ILA:照明區域

IU:照明單元

LS1、LS2:光源部

M:遮罩

MP:圖案

MST:遮罩載台

OL1、OL2:輪廓線

OR:重合區域

P:基板

PL:投影光學系統

PP:照明光瞳

PST:基板載台

S40:成膜步驟

S42:塗佈步驟

S44:曝光步驟

S46:顯影步驟

S48:加工步驟

S50:圖案形成步驟

S52:彩色濾光片形成步驟

S54:盒組裝步驟

S56:模組組裝步驟

X、Y、Z:方向

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種照明光學系統，對被照射面進行照明，

所述照明光學系統包括：光源部；

蠅眼透鏡，配置於所述光源部與所述被照射面之間的光路中；

以及

聚光透鏡，使來自所述蠅眼透鏡的多個光束在所述被照射面重疊，

所述光源部包括：

第一發光部，具有第一發光面及第一光學器件，且將自第一發光面射出的第一光束經由第一光學器件射出；以及

第二發光部，具有第二發光面及第二光學器件，且將自第二發光面射出的第二光束經由第二光學器件射出，

構成為選擇性地射出來自第一發光部的第一光束或來自第二發光部的第二光束，

第二發光部構成為，所述蠅眼透鏡的入射面中的第二光束的剖面的形狀或尺寸與所述蠅眼透鏡的所述入射面中的第一光束的剖面的形狀或尺寸不同。

【請求項2】 如請求項 1 所述的照明光學系統，其中，第二發光部構成為，所述蠅眼透鏡的入射面中的第二光束的剖面的形狀與所述蠅眼透鏡的所述入射面中的第一光束的剖面的形狀不同。

【請求項3】 如請求項 2 所述的照明光學系統，其中，第二發光面的形狀與第一發光面的形狀不同。

【請求項4】 如請求項 2 所述的照明光學系統，其中，第二發光部具有配置於第二發光面與第二光學器件之間的光路中的軸錐透鏡。

【請求項5】 如請求項 1 所述的照明光學系統，其中，第二發光部構成爲，所述蠅眼透鏡的入射面中的第二光束的剖面具有與所述蠅眼透鏡的所述入射面中的第一光束的剖面相同的形狀，且具有不同的尺寸。

【請求項6】 如請求項 5 所述的照明光學系統，其中，第二發光面具有與第一發光面相同的形狀且具有不同的尺寸。

【請求項7】 如請求項 5 所述的照明光學系統，其中，第一光學器件是具有第一焦距的聚光光學器件，且以第一光學器件的前側焦點位於第一發光面上的方式配置，第二光學器件是具有與第一焦距不同的第二焦距的聚光光學器件，且以第二光學器件的前側焦點位於第二發光面上的方式配置。

【請求項8】 如請求項 1 至 7 中任一項所述的照明光學系統，其中，第一發光部是具有多個包括第一發光面與第一光學器件的組且自各組射出第一光束的多個發光部，

所述照明光學系統更包括中繼透鏡，所述中繼透鏡使來自所述多個發光部的多個第一光束在所述蠅眼透鏡的所述入射面上重疊。

【請求項9】 如請求項 8 所述的照明光學系統，其中，第二發光部是具有多個包括第二發光面與第二光學器件的多個組且自各組

射出第二光束的多個發光部，

所述中繼透鏡使來自所述多個發光部的多個第二光束在所述蠅眼透鏡的所述入射面上重疊。

【請求項10】 如請求項 8 或 9 所述的照明光學系統，其中，所述光源部更包括對所述被照射部中的照度分佈進行變更的照度分佈控制部，

所述照度分佈控制部藉由使自所述多個發光部中的至少一個射出的第一光束的光量變化、及/或藉由在所述多個發光部之間對射出第一光束的發光部進行切換，而對所述被照射部中的照度分佈進行變更。

【請求項11】 如請求項 8 至 10 中任一項所述的照明光學系統，其中，第一發光部的多個發光部在與所述照明光學系統的光軸正交的面內，以所述光軸的位置為對稱點而呈點對稱地配置，及/或在與所述光軸正交的面內通過所述光軸的位置的直線為基準線而呈線對稱地配置。

【請求項12】 如請求項 8 至 10 中任一項所述的照明光學系統，其中，第一發光部的多個發光部配置於與所述照明光學系統的光軸正交的面內，

所述多個發光部配置成：關於自所述多個發光部射出並入射至所述蠅眼透鏡的所述入射面的多個第一光束所包含的任意光束，存在隔著所述照明光學系統的光軸、及/或在與所述光軸正交的面內通過所述光軸的位置的直線而與所述光束相向的相向光束，且

所述光束相對於所述蠅眼透鏡的所述入射面的入射角與所述相向光束相對於所述蠅眼透鏡的所述入射面的入射角相等。

【請求項13】 如請求項 1 至 12 中任一項所述的照明光學系統，其中，所述光源部更具有

光源裝置、以及供自所述光源裝置射出的光傳播的第一光導及第二光導，

第一發光面為第一光導的出射端，第二發光面為第二光導的出射端。

【請求項14】 如請求項 13 所述的照明光學系統，更包括移動機構，所述移動機構使所述光源裝置在對第一光導的入射端射出光的第一位置與對第二光導的入射端射出光的第二位置之間移動。

【請求項15】 如請求項 1 至 12 中任一項所述的照明光學系統，其中，所述光源部包括第一固體光源及第二固體光源，

第一發光面為第一固體光源的發光面，第二發光面為第二固體光源的發光面。

【請求項16】 一種曝光裝置，將遮罩上的圖案曝光至基板，所述曝光裝置包括：

如請求項 1 至 15 中任一項所述的照明光學系統，對所述圖案進行照明，以及

投影光學系統，將所述圖案的像形成於所述基板上。

【請求項17】 一種曝光裝置，將遮罩上的圖案掃描曝光至基板，所述曝光裝置包括：

如請求項 8 至 12 中任一項所述的多個照明光學系統，對所述圖案進行照明；

多個投影光學系統，將所述圖案的像形成於所述基板上；以及

控制部，對所述掃描曝光進行控制，

所述多個照明光學系統包括對第一照明區域照射照明光的第一照明光學系統、以及對第二照明區域照射照明光的第二照明光學系統，

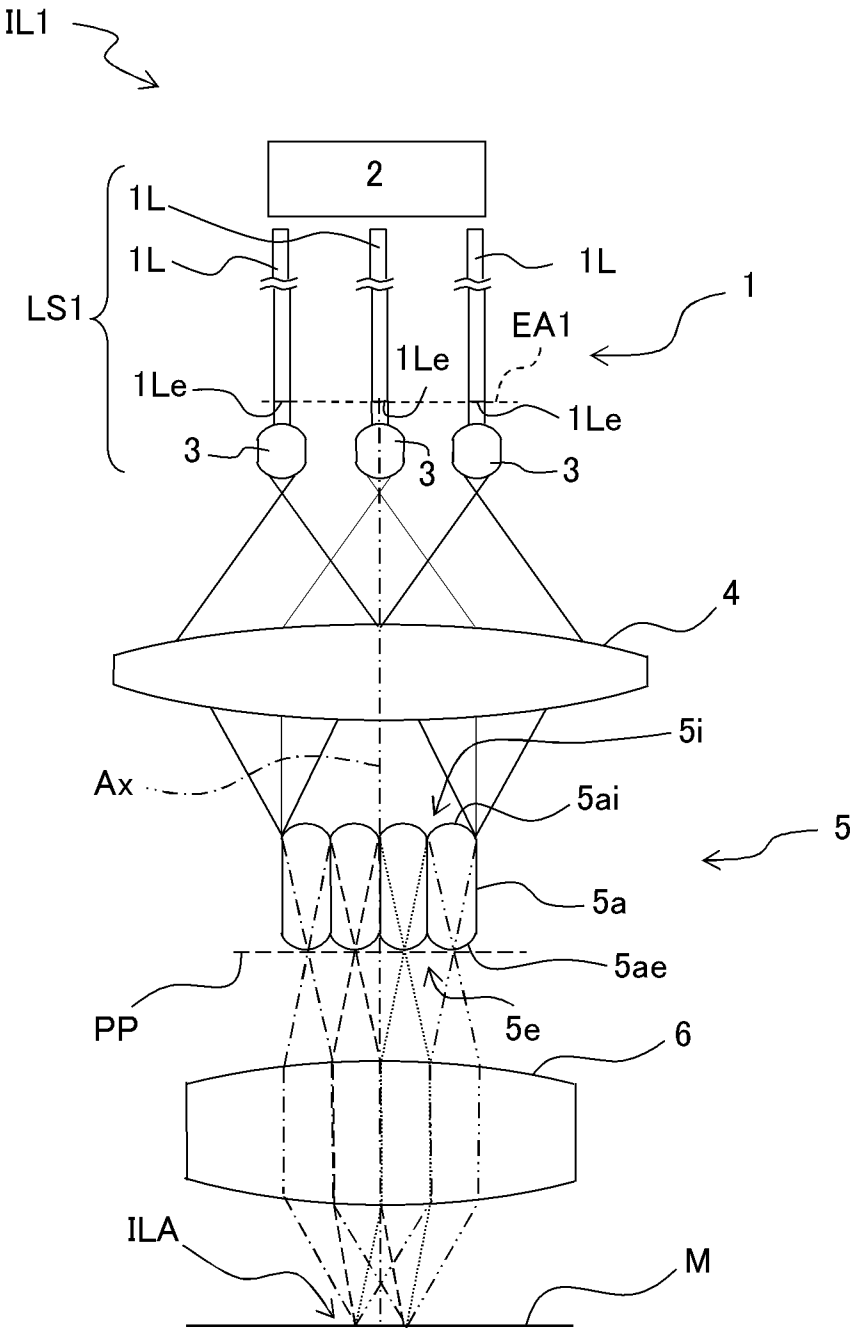
第一照明區域與第二照明區域在與所述曝光裝置進行掃描曝光的掃描方向正交的非掃描方向上重複，

所述控制部構成為，基於第一照明光學系統的照度分佈而對第二照明光學系統的照度分佈進行變更。

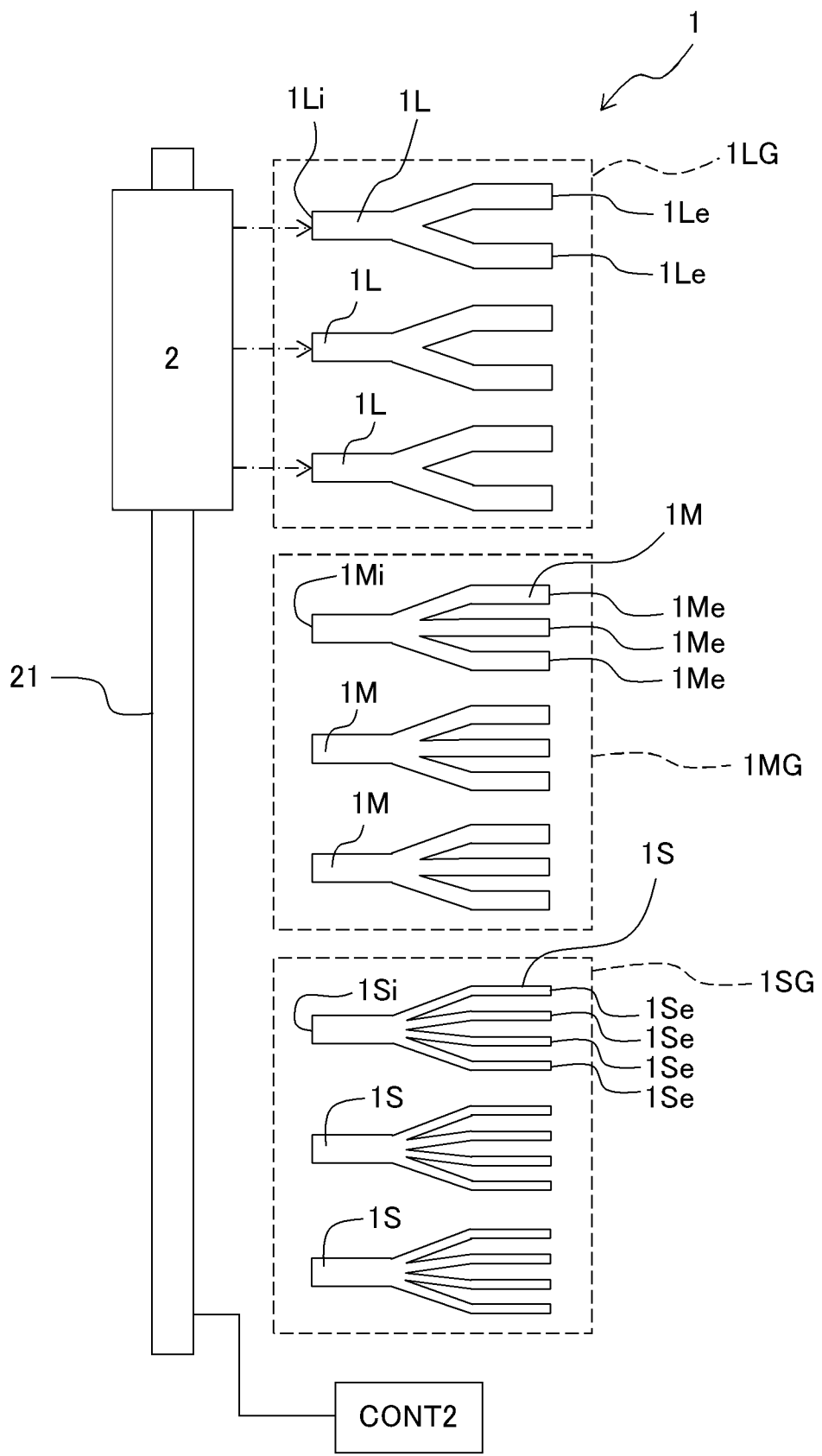
【請求項18】 一種元件的製造方法，包括：使用如請求項 16 或 17 所述的曝光裝置，將遮罩上的圖案曝光至基板；

對曝光有所述圖案的所述基板進行顯影，在所述基板的表面形成與所述圖案對應的形狀的遮罩層；以及

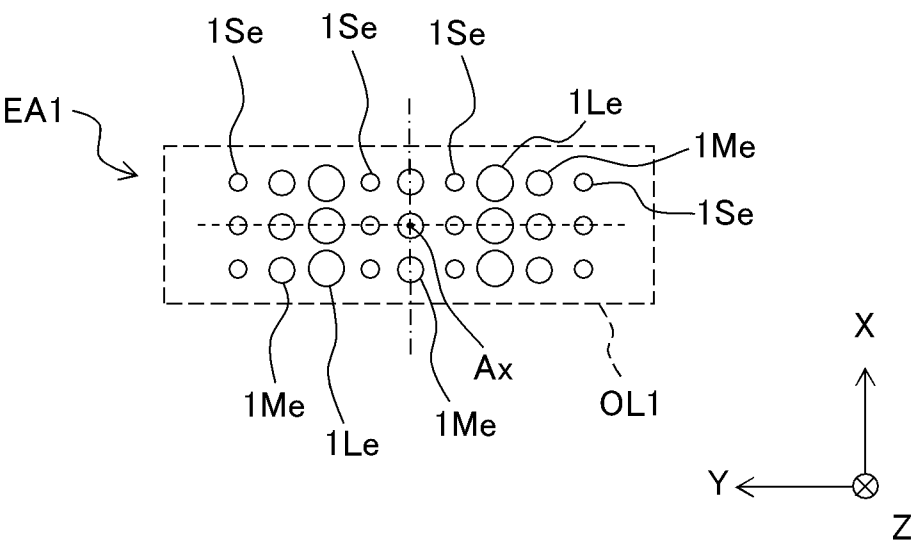
通過所述遮罩層對所述基板的表面進行加工。



【圖2】



【圖3】



【圖4】

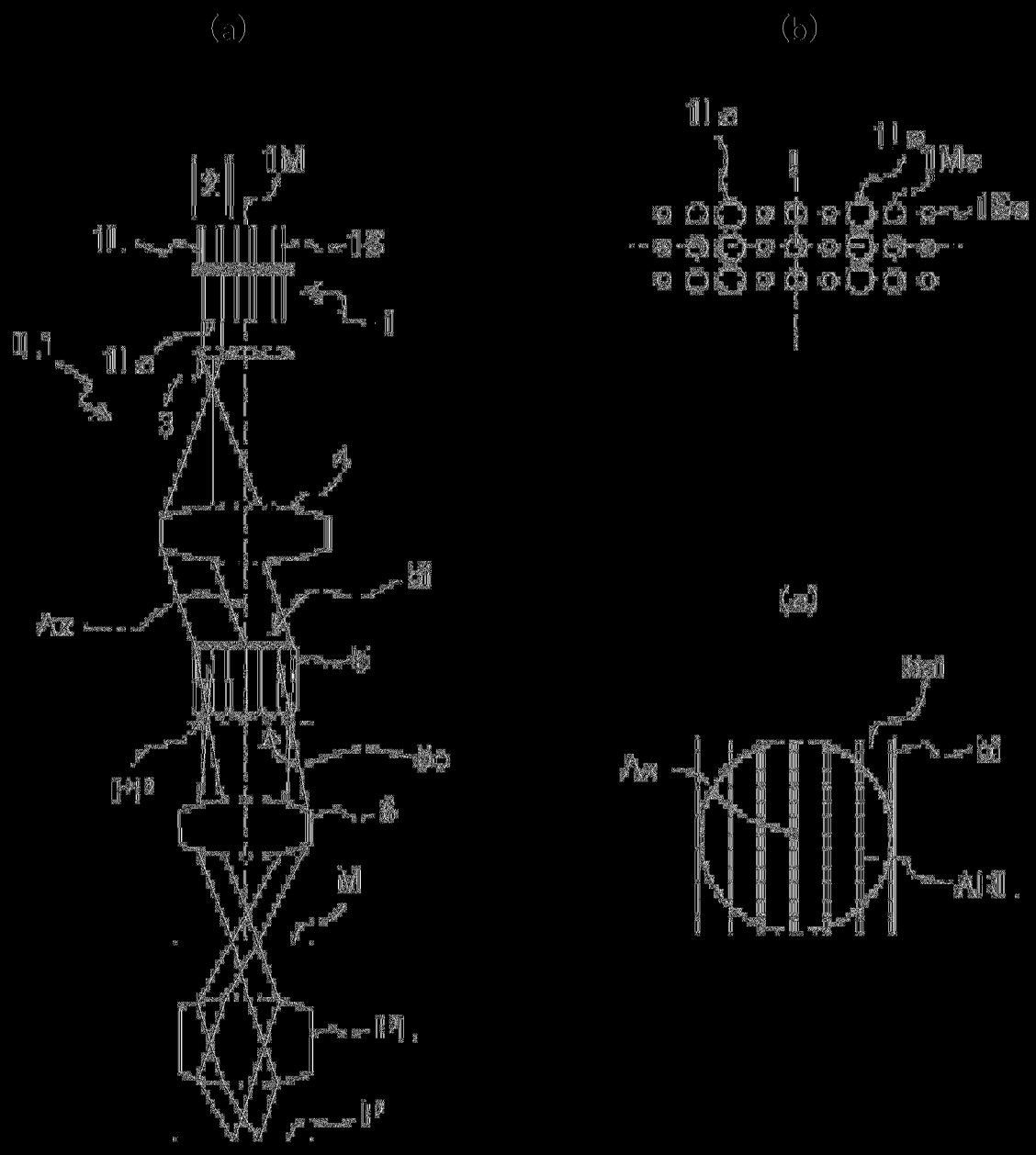
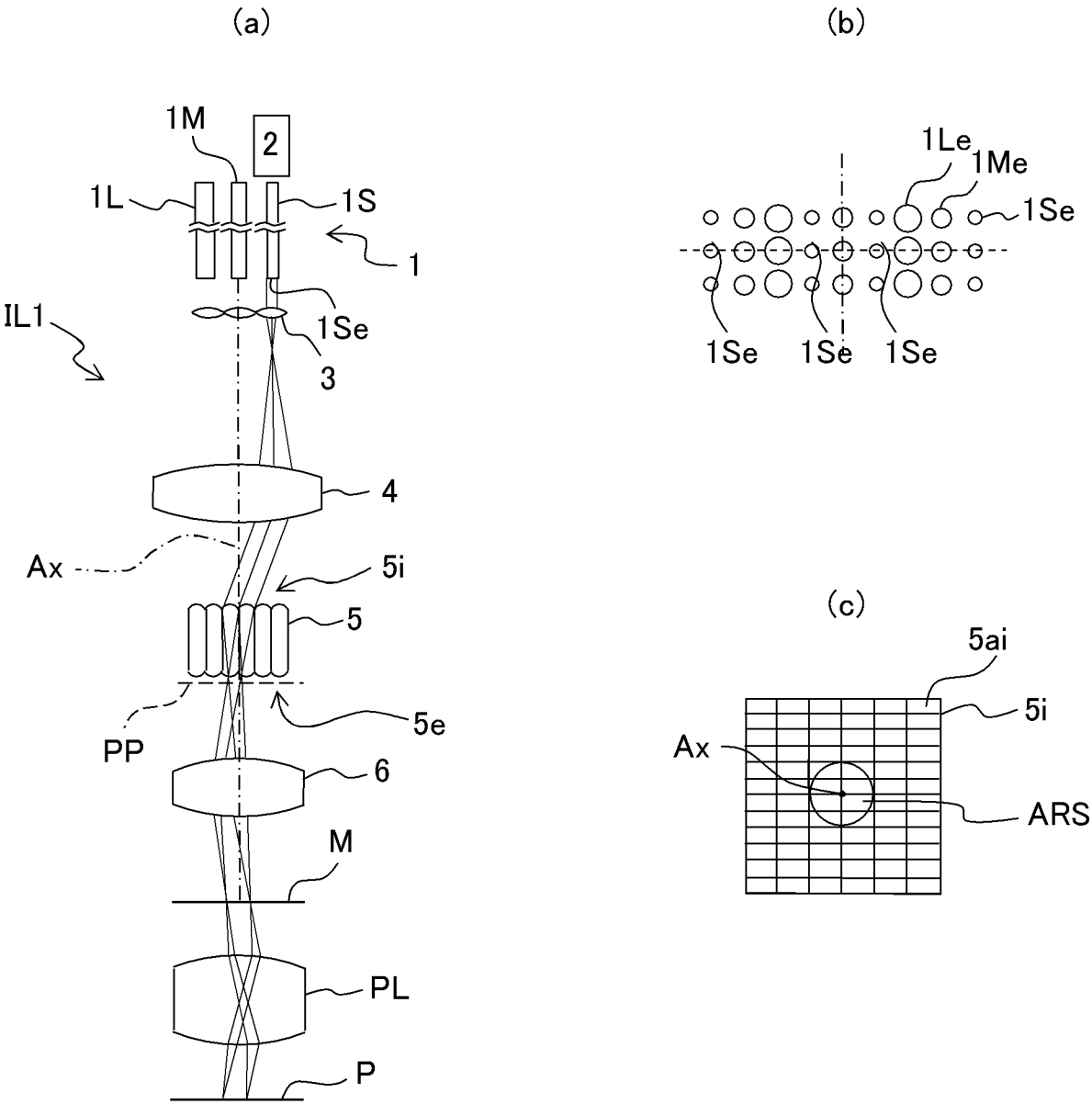
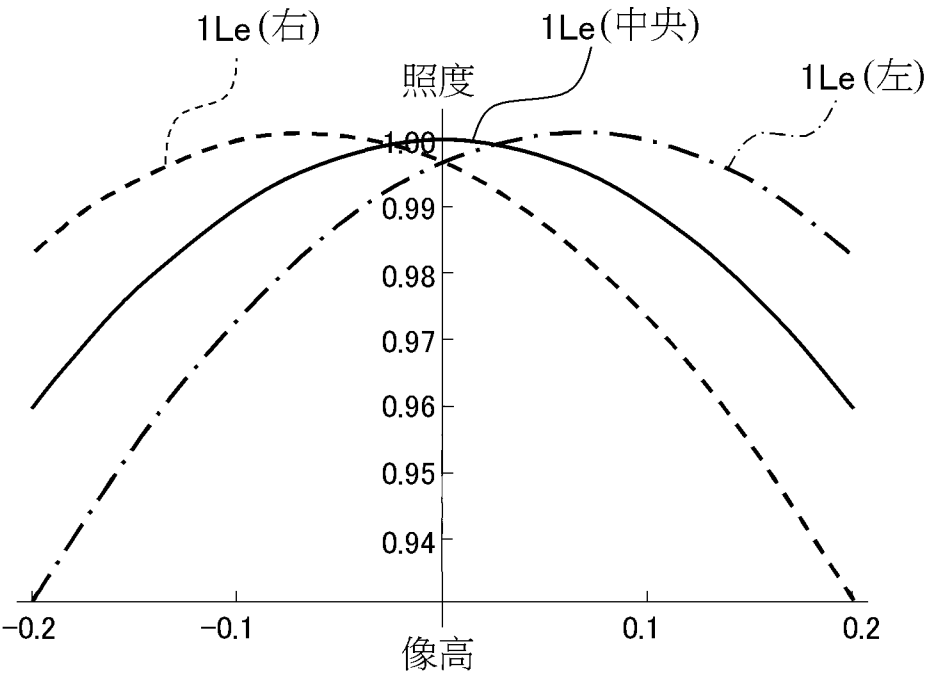


圖5

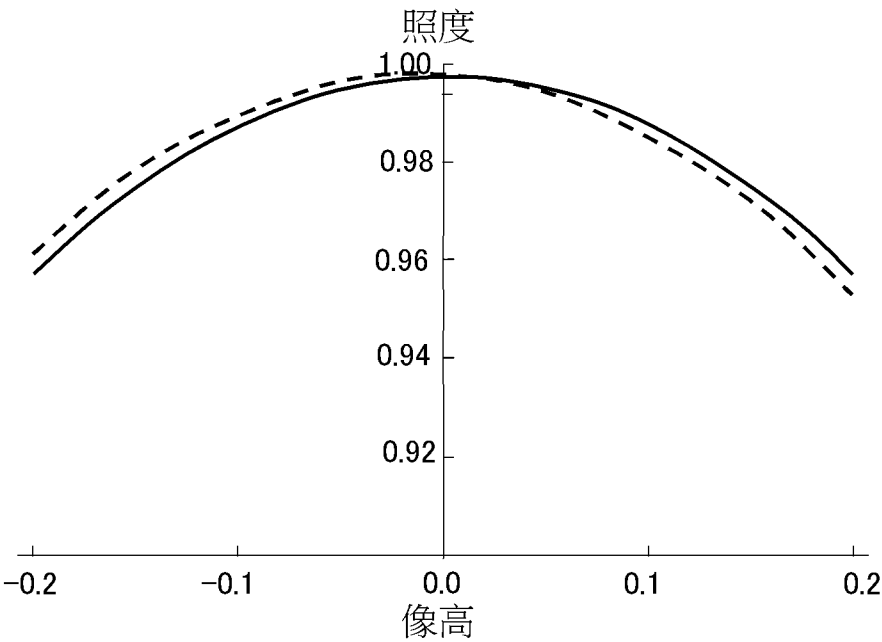


【圖7】

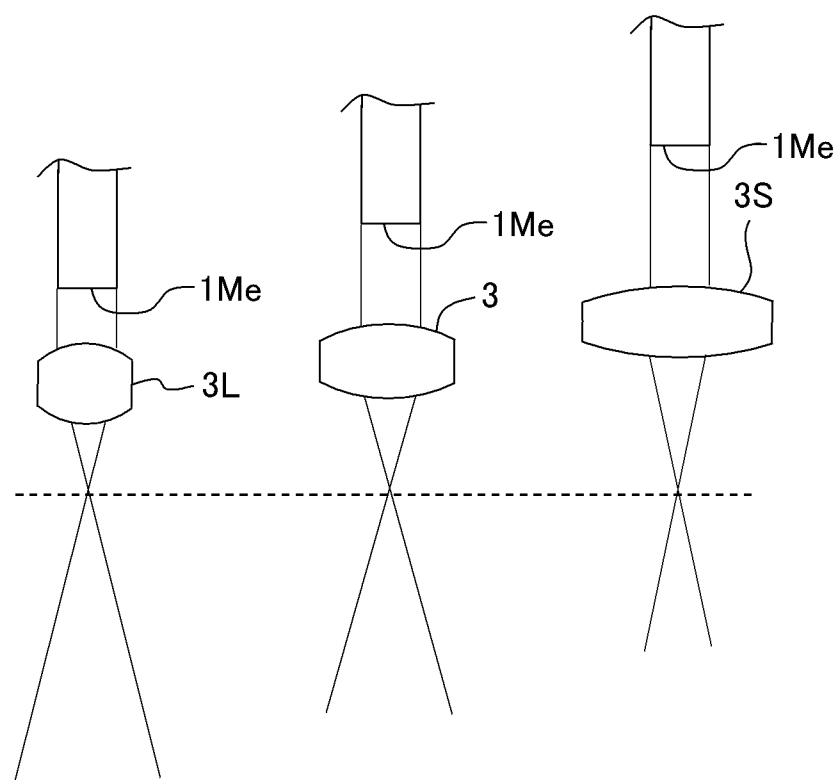
(a)



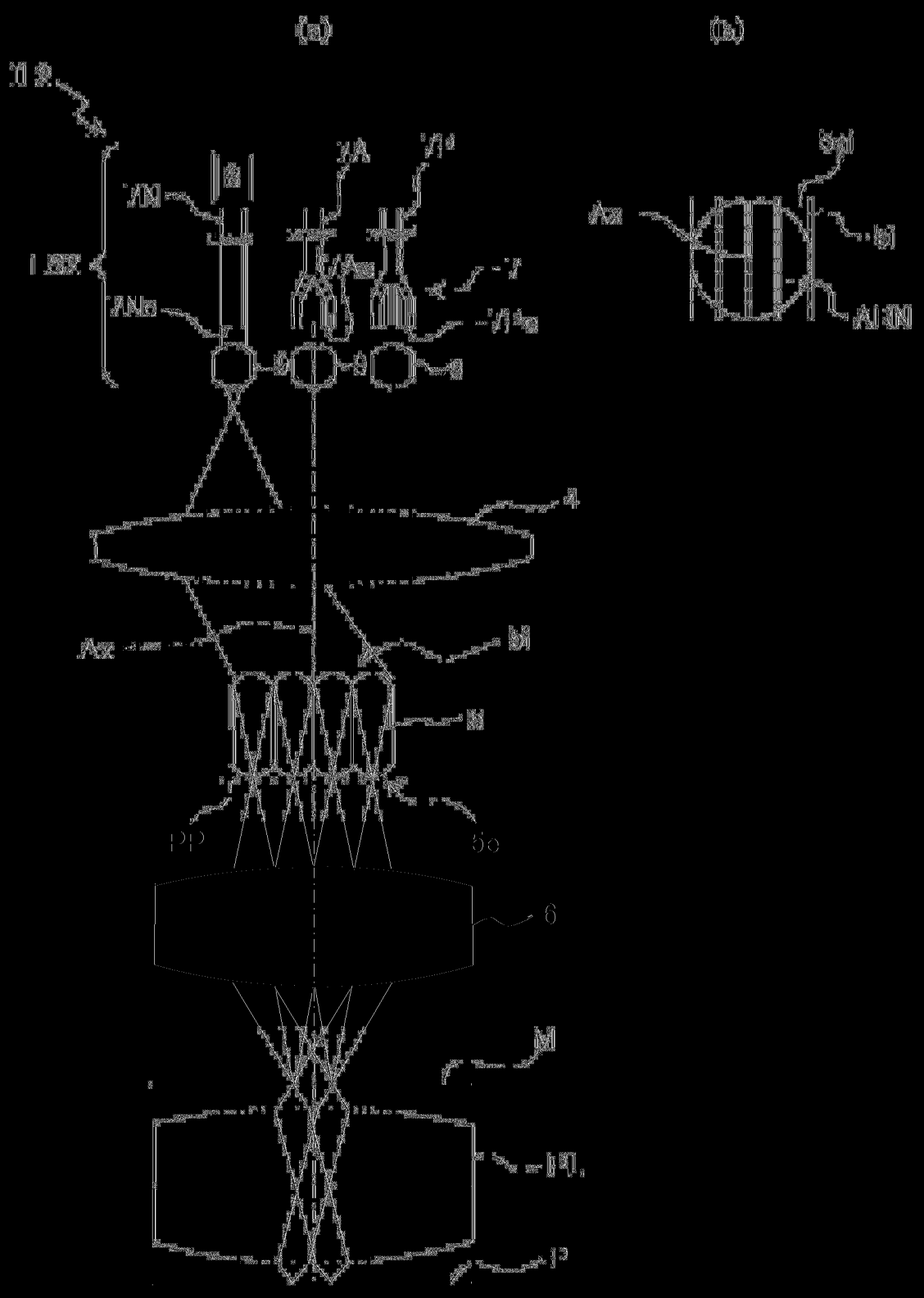
(b)



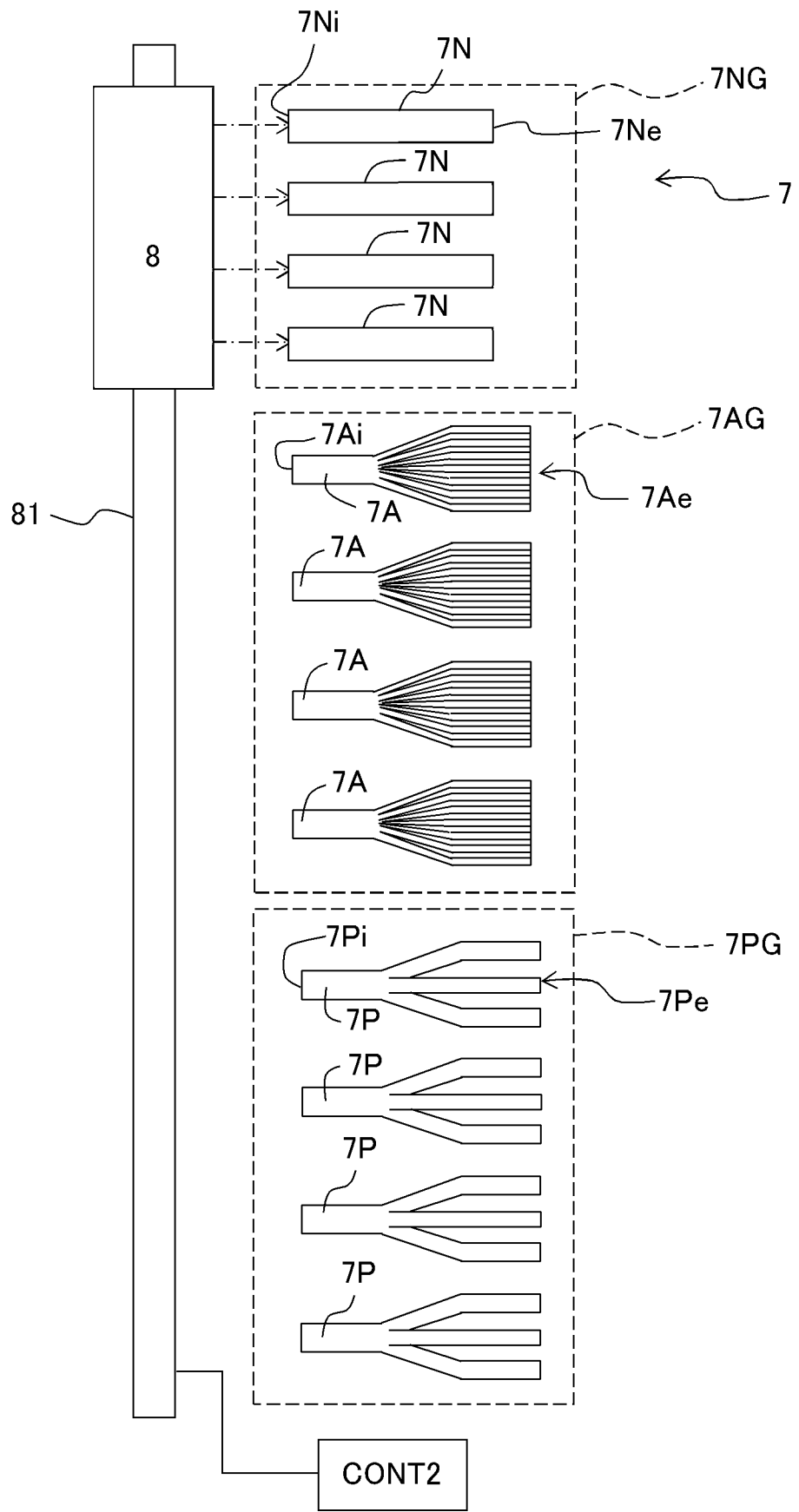
【圖8】



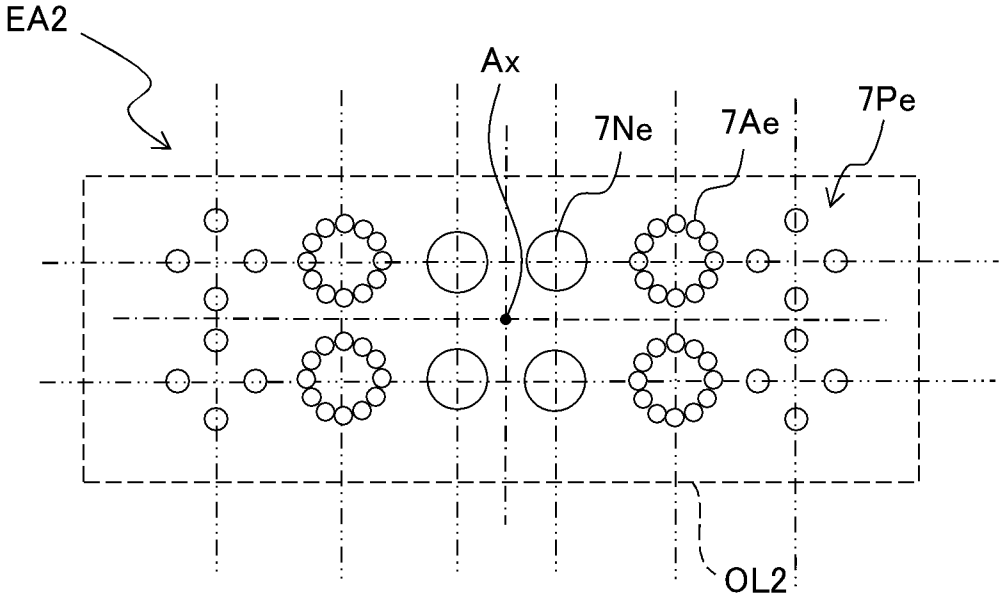
【圖9】



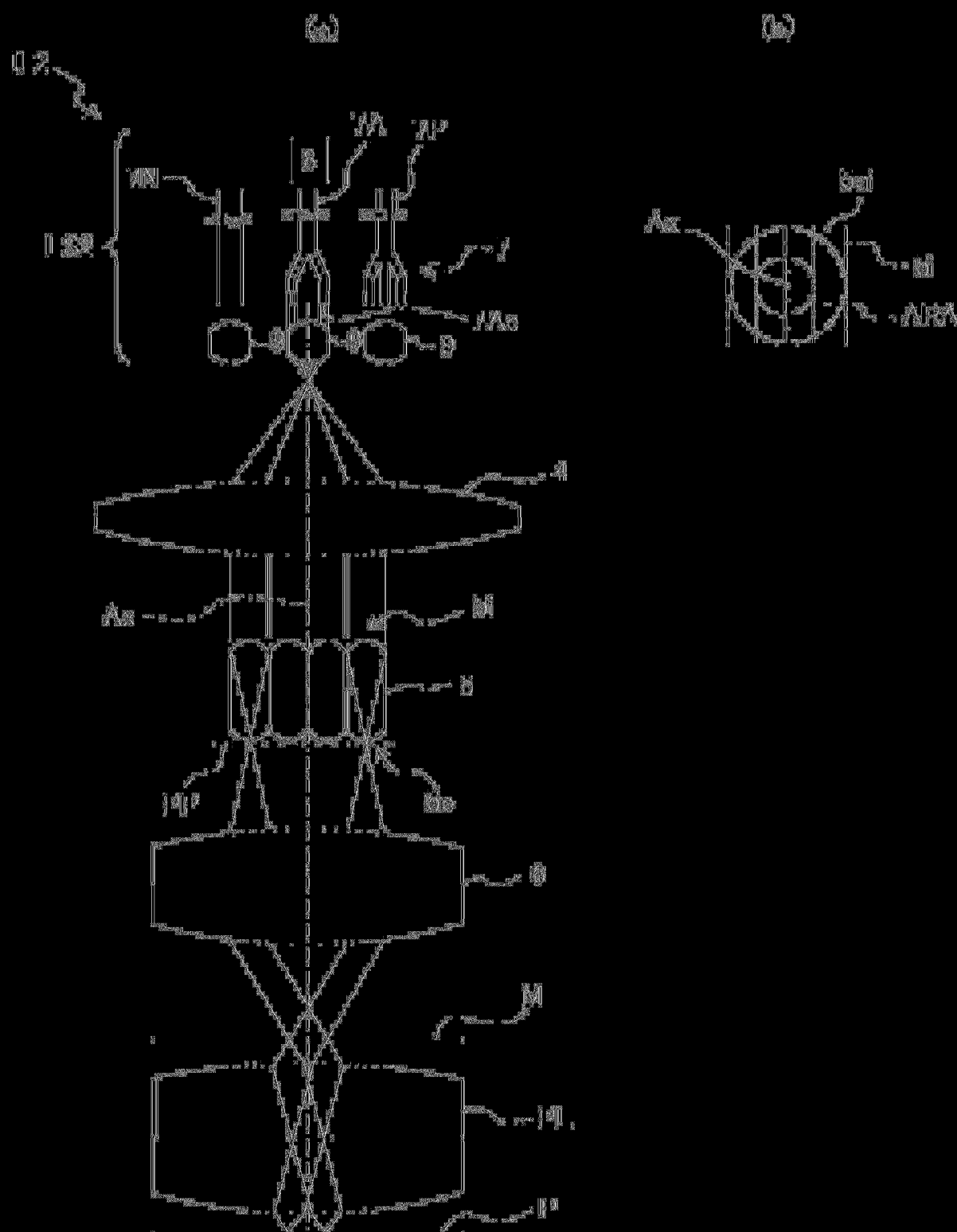
[(圖10)]

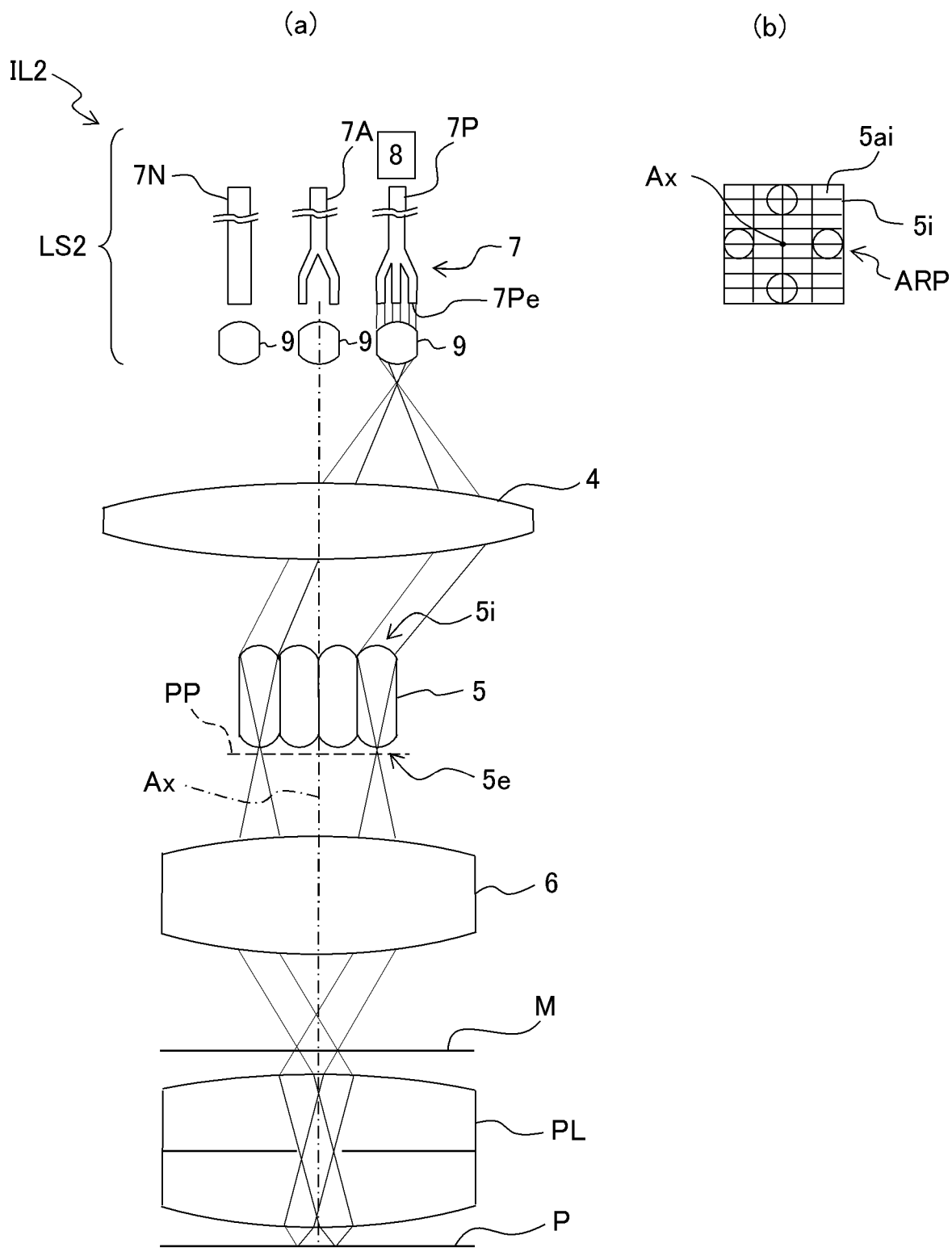


【圖11】

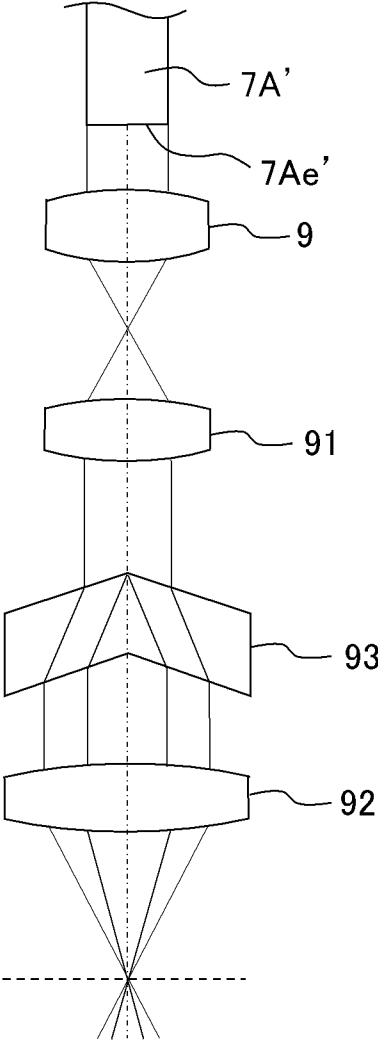


【圖12】

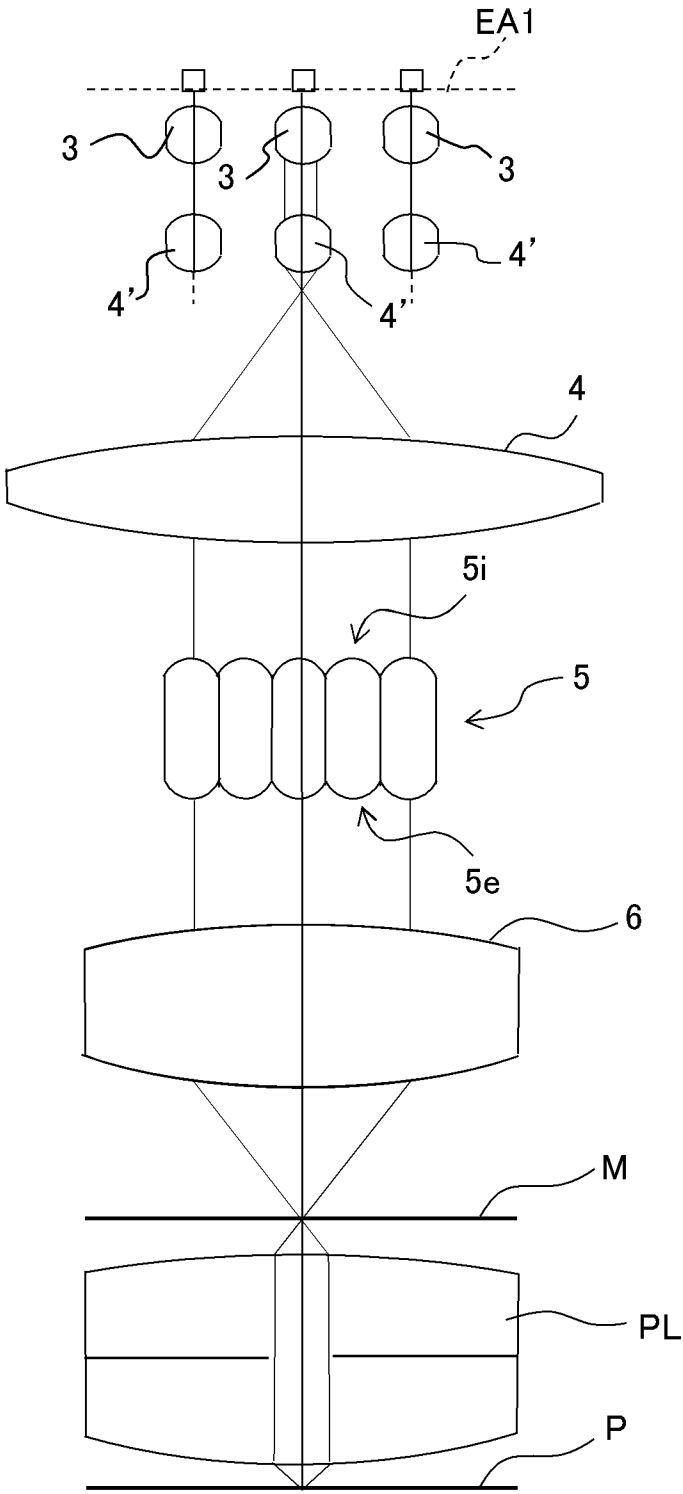

$$|(H_{13})|$$



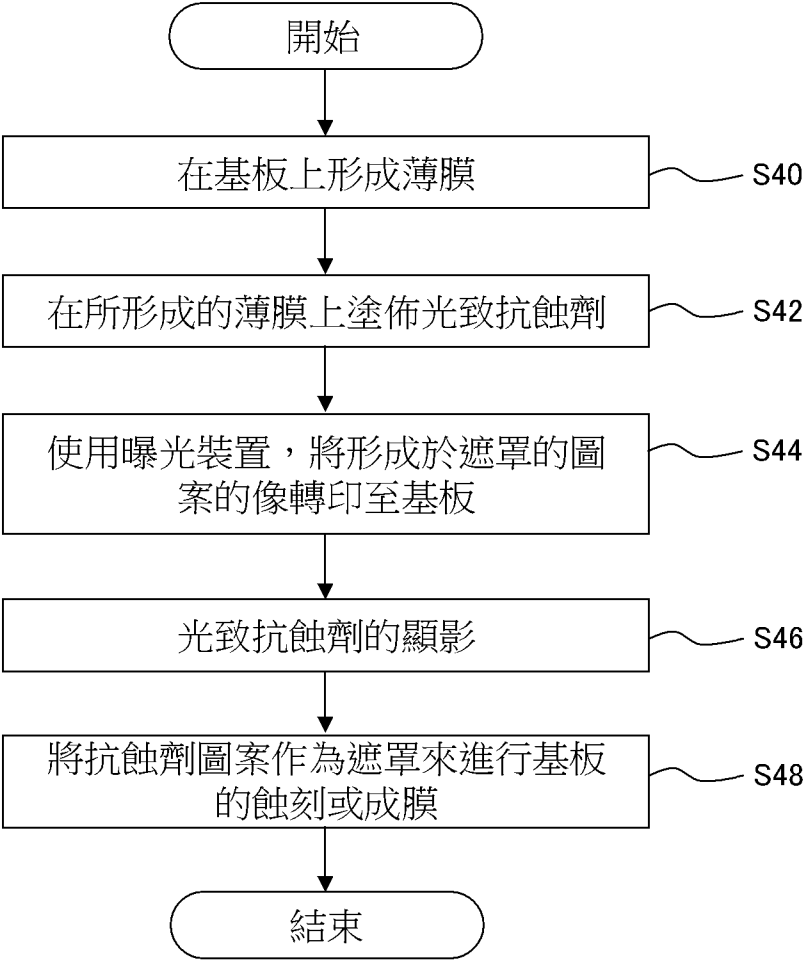
【圖14】



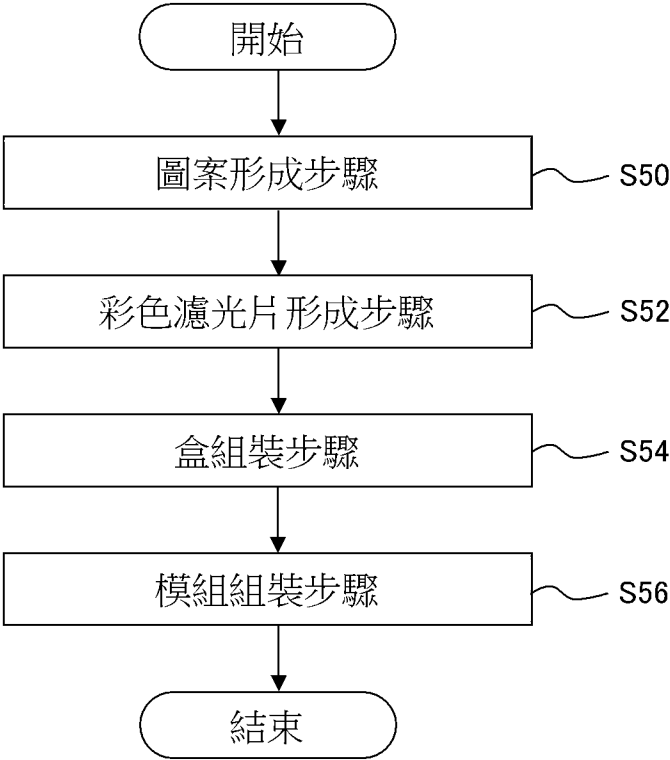
【圖15】



【圖16】



【圖17】



【圖18】



【發明摘要】

【中文發明名稱】 照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法

【中文】

一種照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法。照明光學系統對被照射面進行照明，包括光源部、蠅眼透鏡、以及使來自蠅眼透鏡的多個光束在被照射面重疊的聚光透鏡。光源部包括：第一發光部，具有第一發光面及第一光學器件，且將自第一發光面射出的第一光束經由第一光學器件射出；以及第二發光部，具有第二發光面及第二光學器件，且將自第二發光面射出的第二光束經由第二光學器件射出。第二發光部構成為，蠅眼透鏡的入射面中的第二光束的剖面的形狀或尺寸與蠅眼透鏡的入射面中的第一光束的剖面的形狀或尺寸不同。

【指定代表圖】 圖5

【代表圖之符號簡單說明】

1:光纖群組

1L:大直徑光纖

1Le:出射端

1M:中等直徑光纖

1Me:出射端

1S:小直徑光纖

1Se:出射端

2:半導體雷射單元

3:收集器透鏡

4:中繼透鏡

5:蠅眼透鏡

5ai:入射面

5e:出射面

5i:入射面

6:聚光透鏡

ARL:區域

Ax:光軸

IL1:照明光學系統

M:遮罩

P:基板

PL:投影光學系統

PP:照明光瞳

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法。

【先前技術】

【0002】 在半導體元件等各種元件的製造中使用的曝光裝置包括：照明光學系統，對形成於遮罩的圖案照射光；以及投影光學系統，使經過了圖案的光在基板上成像，從而在基板上形成圖案的像。對於照明光學系統，隨著近年來圖案的多樣化，要求可實現與圖案的特徵對應的各種照明條件。

【0003】 在照明光學系統的光路上配置孔徑光闌（例如，專利文獻1）。作為孔徑光闌的一種，已知有能夠對照明條件進行變更的直徑可變孔徑光闌。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0004】 [專利文獻 1]日本專利特開 2016-188878 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0005】 使用了孔徑光闌的照明條件的變更是藉由利用孔徑光闌遮擋來自光源的光的一部分而進行。因此，來自光源的光的能量的

一部分被孔徑光闌吸收而產生光量損失（功率損失）。

【0006】 本發明的目的在於提供一種可在抑制光量損失的同時進行照明條件的變更的照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法。

[解決課題之手段]

【0007】 依照本發明的第一態樣，可提供一種照明光學系統，對被照射面進行照明，

所述照明光學系統包括：

光源部；

蠅眼透鏡，配置於所述光源部與所述被照射面之間的光路中；

以及

聚光透鏡，使來自所述蠅眼透鏡的多個光束在所述被照射面重疊，

所述光源部

包括：第一發光部，具有第一發光面及第一光學器件，且將自第一發光面射出的第一光束經由第一光學器件射出；以及

第二發光部，具有第二發光面及第二光學器件，且將自第二發光面射出的第二光束經由第二光學器件射出，

構成為選擇性地射出來自第一發光部的第一光束或來自第二發光部的第二光束，

第二發光部構成為，所述蠅眼透鏡的入射面中的第二光束的剖面的形狀或尺寸與所述蠅眼透鏡的所述入射面中的第一光束的剖面的形狀或尺寸不同。

【0008】 依照本發明的第二態樣，可提供一種曝光裝置，將遮罩上的圖案曝光至基板，

所述曝光裝置包括：

第一態樣的照明光學系統，對所述圖案進行照明，以及
投影光學系統，將所述圖案的像形成於所述基板上。

【0009】 依照本發明的第三態樣，可提供一種曝光裝置，將遮罩上的圖案掃描曝光至基板，

所述曝光裝置包括：

第一態樣的多個照明光學系統，對所述圖案進行照明；
多個投影光學系統，將所述圖案的像形成於所述基板上；以及

控制部，對所述掃描曝光進行控制，

所述多個照明光學系統包括對第一照明區域照射照明光的第一照明光學系統、以及對第二照明區域照射照明光的第二照明光學系統，

第一照明區域與第二照明區域在與所述曝光裝置進行掃描曝光的掃描方向正交的非掃描方向上重複，

所述控制部構成為，基於第一照明光學系統的照度分佈而對第二照明光學系統的照度分佈進行變更。

【0010】 依照本發明的第四態樣，可提供一種元件製造方法，包括：
使用第二態樣或第三態樣的曝光裝置，將遮罩上的圖案曝光至基板；

對曝光有所述圖案的所述基板進行顯影，在所述基板的表面形成與所述圖案對應的形狀的遮罩層；以及

通過所述遮罩層對所述基板的表面進行加工。

[發明的效果]

【0011】 藉由本發明的照明光學系統、曝光裝置及元件的製造方法，可在抑制光量損失的同時進行照明條件的變更。

【圖式簡單說明】

【0012】

圖 1 是概略地表示本發明第一實施形態、第二實施形態的曝光裝置的結構的圖。

圖 2 是概略地表示本發明第一實施形態的照明光學系統的內部結構的圖。

圖 3 是概略地表示第一實施形態的光源部的光纖群組的結構的圖。

圖 4 是表示第一實施形態的光源部的發光區域中的多個發光面的配置的圖。

圖 5 的 (a) 是表示在本發明第一實施形態的照明光學系統中僅大直徑光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 5 的 (b) 是表示在光源部的發光區域中僅大直徑光纖的出射端發光的情形的圖，圖 5 的 (c) 示出藉由來自大直徑光纖的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 6 的 (a) 是表示在本發明第一實施形態的照明光學系統中

僅中等直徑光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 6 的 (b) 是表示在光源部的發光區域中僅中等直徑光纖的出射端發光的情形的圖，圖 6 的 (c) 示出藉由來自中等直徑光纖的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 7 的 (a) 是表示在本發明第一實施形態的照明光學系統中僅小直徑光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 7 的 (b) 是表示在光源部的發光區域中僅小直徑光纖的出射端發光的情形的圖，圖 7 的 (c) 示出藉由來自小直徑光纖的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 8 的 (a) 是表示藉由自三根大直徑光纖射出的光而在被照射面形成的照度分佈的曲線。圖 8 的 (b) 是表示對半導體雷射的輸出進行調整而對照度的傾斜成分進行補正的情形的曲線。

圖 9 是表示第一實施形態的變形例的照明光學系統的光源部中光纖端面與收集器透鏡的位置關係的圖。

圖 10 的 (a) 是表示在本發明第二實施形態的照明光學系統中僅普通照明用光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 10 的 (b) 示出藉由來自普通照明用光纖的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 11 是概略地表示第二實施形態的光源部的光纖群組的結構的圖。

圖 12 是表示第二實施形態的光源部的發光區域中多個發光面的配置的圖。

圖 13 的 (a) 是表示在本發明第二實施形態的照明光學系統

中僅環形照明用光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 13 的 (b) 示出藉由來自環形照明用光纖的出射端的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 14 的 (a) 是表示在本發明第二實施形態的照明光學系統中僅四極照明用光纖的出射端發光時的光路的圖，圖 14 的 (b) 示出藉由來自四極照明用光纖的出射端的光而在蠅眼透鏡的入射面形成的像。

圖 15 是表示變形例的照明光學系統的光源部中光纖的出射端、軸錐透鏡、收集器透鏡及兩個中繼透鏡的配置的圖。

圖 16 是概略地表示變形例的照明光學系統的內部結構的圖。在該照明光學系統中，配置於發光區域的光纖的出射端的像形成於蠅眼透鏡的出射面附近。

圖 17 是表示半導體元件的製造步驟的流程圖。

圖 18 是表示液晶顯示器件等液晶元件的製造步驟的流程圖。

【實施方式】

【0013】 <第一實施形態>

參照圖 1～圖 9 對第一實施形態的照明光學系統 IL1 及曝光裝置 EX 進行說明。

【0014】 [曝光裝置的整體結構]

曝光裝置 EX 是將形成於遮罩的圖案的像掃描曝光至基板上的步進掃描 (step-and-scan) 方式的投影曝光裝置 (所謂的掃描器 (scanner))。

【0015】 如圖 1 所示，曝光裝置 EX 主要包括照明單元 IU、遮罩載台 MST、呈交錯狀排列的 5 個投影光學系統 PL、基板載台 PST 以及控制部 CONT1。

【0016】 在以下的說明中，將 5 個投影光學系統 PL 各自的光軸 AX 的延伸方向設為 Z 軸方向。另外，在與 Z 軸方向垂直的面內，將掃描曝光時遮罩 M 及基板 P 同步移動的方向（掃描方向）設為 X 軸方向，將該面內與 X 軸方向正交的方向（非掃描方向）設為 Y 軸方向。再者，該些 X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向是為了進行說明而便宜規定者，可任意變更。例如，當在實際的裝置中決定 X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向時，亦可將本說明書的 X 軸方向設為 Y 軸方向，將本說明書的 Y 軸方向設為 X 軸方向。

【0017】 照明單元 IU 包含內部結構相互相同的 5 個照明光學系統 IL1（圖 2）。5 個照明光學系統 IL1 各自對矩形的照明區域 ILA 照射曝光用的照明光（曝光光）。5 個照明光學系統 IL1 使各自的光軸 Ax 在 Z 軸方向上一致，且與 5 個投影光學系統 PL 同樣地呈交錯狀排列。關於照明光學系統 IL1 的內部結構，將在之後敘述。

【0018】 遮罩載台 MST 以遮罩 M 的上表面位於照明光學系統 IL1 的照明區域 ILA 的方式將遮罩 M 保持為與 XY 平面大致平行。遮罩載台 MST 由遮罩載台驅動系統（未圖示）驅動而沿 X 方向、Y 方向及繞 Z 軸的旋轉方向移動。遮罩載台 MST 的位置可藉由遮罩載台測量系統（未圖示）來測量。

【0019】 各投影光學系統 PL 使在梯形的視野區域 A1 內透射了遮

罩 M 的曝光光在基板 P 上的梯形的曝光區域 A2 成像。藉此，在基板 P 上形成（曝光出）遮罩 M 的圖案的像。

【0020】 具體而言，各投影光學系統 PL 例如為形成正立正像的雙側遠心光學系統。可用作投影光學系統 PL 的光學系統例如在本申請人所作的日本專利特開平 7-57986 號公報、日本專利特開 2001-215718 號公報中進行了記載。

【0021】 基板載台 PST 在投影光學系統 PL 的像面側與 XY 平面大致平行地保持基板 P。基板載台 PST 由基板載台驅動系統（未圖示）驅動而沿 X 方向、Y 方向及繞 Z 軸的旋轉方向移動。基板載台 PST 的位置可藉由基板載台測量系統（未圖示）來測量。

【0022】 控制部 CONT1 對照明單元 IU、遮罩載台 MST、投影光學系統 PL 及基板載台 PST 的驅動進行整體控制。

【0023】 [照明光學系統 IL1]

對照明光學系統 IL1 進行說明。

【0024】 如圖 2～圖 5 所示，照明光學系統 IL1 主要包括光源部 LS1、中繼透鏡 4、蠅眼透鏡 5 以及聚光透鏡（condenser lens）6。光源部 LS1 主要包括光纖（光導）群組 1、半導體雷射單元（光源裝置）2、多個收集器透鏡（collector lens）3 以及控制部（照度分佈控制部）CONT2。

【0025】 如圖 3 所示，光纖群組 1 由包含多個大直徑光纖 1L 的大直徑光纖群組 1LG、包含多個中等直徑光纖 1M 的中等直徑光纖群組 1MG、以及包含多個小直徑光纖 1S 的小直徑光纖群組 1SG

構成。

【0026】大直徑光纖群組 1LG 所包含的多個大直徑光纖 1L 各自具有供來自半導體雷射單元 2 的光入射的入射端 1Li、以及將所入射的光射出的出射端（發光面）1Le。各大直徑光纖 1L 在自入射端 1Li 朝向出射端 1Le 的路徑上分支成兩個，相對於一個入射端 1Li 而具有兩個出射端 1Le。大直徑光纖 1L 的芯徑在出射端 1Le 側可為 1.1 mm～1.4 mm 左右，亦可為 1.06 mm～1.33 mm 左右。

【0027】中等直徑光纖群組 1MG 所包含的多個中等直徑光纖 1M 各自具有供來自半導體雷射單元 2 的光入射的入射端 1Mi、以及將所入射的光射出的出射端（發光面）1Me。各中等直徑光纖 1M 在自入射端 1Mi 朝向出射端 1Me 的路徑上分支成三個，相對於一個入射端 1Mi 而具有三個出射端 1Me。中等直徑光纖 1M 的芯徑在出射端 1Me 側可為 0.5 mm～0.9 mm 左右，亦可為 0.53 mm～0.8 mm 左右。

【0028】小直徑光纖群組 1SG 所包含的多個小直徑光纖 1S 各自具有供來自半導體雷射單元 2 的光入射的入射端 1Si、以及將所入射的光射出的出射端（發光面）1Se。各小直徑光纖 1S 在自入射端 1Si 朝向出射端 1Se 的路徑上分支為四個，相對於一個入射端 1Si 而具有四個出射端 1Se。小直徑光纖 1S 的芯徑在出射端 1Se 側可為 0.2 mm～0.7 mm 左右，亦可為 0.26 mm～0.53 mm 左右。

【0029】為了避免圖式的繁雜化，在圖 2 中僅圖示了三根大直徑光纖 1L，且在圖 5～圖 7 中僅圖示了各一根大直徑光纖 1L、中等

直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S。

【0030】 大直徑光纖 1L 各自的出射端 1Le、中等直徑光纖 1M 各自的出射端 1Me、小直徑光纖 1S 各自的出射端 1Se 均為圓形的平坦面。如圖 4 所示，出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 在與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 正交的面內配置成相互共面。此處，將共面地配置有出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的平面狀的區域稱為發光區域 EA1。

【0031】 發光區域 EA1 中的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的配置如下所述。

【0032】 大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 配置成在 X 方向上為 3 行、在 Y 方向上為 2 列的矩陣狀。在 X 方向上，出射端 1Le 等間隔地排列，且中央的出射端 1Le 的中心為與光軸 Ax 相同的位置。在 Y 方向上，沿 Y 方向排列的兩個出射端 1Le 的中間位置為與光軸 Ax 相同的位置。如此，大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 在發光區域 EA1 中以光軸 Ax 的位置為對稱點而呈點對稱地配置。

【0033】 中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 配置成在 X 方向上為 3 行、在 Y 方向上為 3 列的矩陣狀。在 X 方向上，出射端 1Me 等間隔地排列，且中央的出射端 1Me 的中心為與光軸 Ax 相同的位置。在 Y 方向上，出射端 1Me 亦等間隔地排列，且中央的出射端 1Me 的中心為與光軸 Ax 相同的位置。如此，中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 在發光區域 EA1 中以光軸 Ax 的位置為對稱點而呈點對稱地配置。

【0034】 小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 配置成在 X 方向上為 3 行、在 Y 方向上為 4 列的矩陣狀。自 Y 方向的一端側起第一列的出射端 1Se 與第二列的出射端 1Se 之間的距離、及第三列的出射端 1Se 與第四列的出射端 1Se 之間的距離相互相等，且大於第二列的出射端 1Se 與第三列的出射端 1Se 之間的距離。在 X 方向上，三個出射端 1Se 等間隔地排列，且中央的出射端 1Se 的中心與光軸 Ax 為相同位置。在 Y 方向上，自 Y 方向的一端側起第二列的出射端 1Se 與第三列的出射端 1Se 的中間位置為與光軸 Ax 相同的位置。如此，小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 在發光區域 EA1 中以光軸 Ax 的位置為對稱點而呈點對稱地配置。

【0035】 藉由將多個出射端 1Le、多個出射端 1Me、多個出射端 1Se 分別以光軸 Ax 的位置為對稱點而呈點對稱地配置，照明光學系統 IL1 的照明區域 ILA 中的照度分佈的均勻度提高（詳情將在之後敘述）。

【0036】 再者，在本實施形態中，多個出射端 1Le 以光軸 Ax 為基準而呈點對稱地配置，同時，關於通過光軸 Ax 並沿 X 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置，且關於通過光軸 Ax 並沿 Y 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置。多個出射端 1Me 及多個出射端 1Se 亦同樣如此。如此，同一種類的多個出射端亦可並非以光軸 Ax 為基準而呈點對稱地配置，而是關於通過光軸 Ax 並沿 X 軸方向延伸的基準線及/或通過光軸 Ax 並沿 Y 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置。

【0037】 在本實施形態中，X 方向為曝光裝置 EX 的掃描方向，因此，藉由將同一種類的多個出射端（例如多個出射端 1Le）關於沿掃描方向（X 軸方向）延伸並通過光軸 Ax 的基準線而呈線對稱地配置，可提高與掃描方向正交的方向（Y 軸方向）上的照度分佈的均勻度。與此相對，即便同一種類的多個出射端並非關於沿 Y 軸方向延伸並通過光軸 Ax 的基準線而呈線對稱地配置，X 軸方向上的照度分佈亦藉由掃描曝光而均勻化。

【0038】 半導體雷射單元 2 包括三台半導體雷射（雷射二極體），且構成為將來自各半導體雷射的光束自互不相同的位置相互平行地射出。

【0039】 半導體雷射單元 2 藉由移動機構 21 而移動，使來自三台半導體雷射的光束入射至大直徑光纖群組 1LG 所包含的三個入射端 1Li、中等直徑光纖群組 1MG 所包含的三個入射端 1Mi、小直徑光纖群組 1SG 所包含的三個入射端 1Si 中的任一者。

【0040】 入射至各入射端 1Li 的光在大直徑光纖 1L 的內部反復進行內表面反射後，自各出射端 1Le 以具有大致均勻的光量分佈的方式射出。入射至各入射端 1Mi 的光、入射至各入射端 1Si 的光亦同樣如此。

【0041】 大直徑光纖 1L、中等直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S 的配置為任意的，但理想的是在各個光纖的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 附近將光纖保持（配置）為直線狀。藉此，在各出射端 1Le、1Me、1Se，照度變得均勻。另外，在由於裝置結構的原因而

將光纖彎曲配置的情況下，較佳為向 X 方向（即，掃描方向）彎曲。

【0042】 作為一例，控制部 CONT2 基於曝光裝置 EX 的控制部 CONT1 的指示來進行使用了移動機構 21 的半導體雷射單元 2 的移動、或半導體雷射單元 2 的輸出調整等。

【0043】 多個收集器透鏡（第一光學器件、第二光學器件）3 相互相同，且相對於六個出射端 1Le 的各個、九個出射端 1Me 的各個、十二個出射端 1Se 的各個而設置有各一個，共計設置有二十七個。各收集器透鏡 3 以其光軸與對應的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的芯的中心一致或大致一致、且與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 平行或大致平行的方式設置。另外，各收集器透鏡 3 以其前側焦點的位置與發光區域 EA1（即，共面地配置有出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的平面）的光軸 Ax 方向上的位置一致或大致一致的方式設置。

【0044】 如此，各收集器透鏡 3 配置成僅入射來自對應的出射端的光束。由一個收集器透鏡 3 和與其對應的出射端形成一個發光部。各收集器透鏡 3 具有正功率。

【0045】 中繼透鏡 4 以中繼透鏡 4 的前側焦點位於收集器透鏡 3 各自的後側焦點所處的平面或其附近的方式配置。另外，中繼透鏡 4 以中繼透鏡 4 的光軸與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 平行或大致平行的方式配置。

【0046】 蠅眼透鏡 5 是具有並列配置的多個透鏡組件（波前分割

部件) 5a 的光學積分器 (optical integrator)。蠅眼透鏡 5 以入射面 5i 位於中繼透鏡 4 的後側焦點的附近的方式配置。另外，多個透鏡組件 5a 各自的光軸相互平行，且各自以與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 大致平行的方式配置。

【0047】基於透鏡組件 5a 各自的與光軸正交的平面的剖面形狀為在 X 方向上短、在 Y 方向上長的矩形 (圖 5 的 (c))。另外，各透鏡組件 5a 的基於入射面 5ai (圖 2) 的焦點位置與各透鏡組件 5a 的出射面 5ae 一致或大致一致，基於出射面 5ae 的焦點位置與入射面 5ai 一致或大致一致。

【0048】作為一例，蠅眼透鏡 5 包含在 X 方向上稠密地排列有 30 個~40 個、在 Y 方向上稠密地排列有 8 個~12 個的許多透鏡組件 5a，整體具有大體正方形的外形。在圖 2、圖 5~圖、圖 10、圖 13、圖 14、圖 16 中，為了避免繁雜化，適宜地省略透鏡組件 5a 的數量來進行圖示。

【0049】聚光透鏡 6 以其前側焦點的位置在照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 的方向上與蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 的位置一致或大致一致的方式配置。另外，聚光透鏡 6 以其後側焦點的位置在照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 的方向上與被照射面 (配置遮罩 M 的面) 一致或大致一致的方式配置。聚光透鏡 6 以聚光透鏡 6 的光軸與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 平行或大致平行的方式配置。

【0050】對具有上述結構的照明光學系統 IL1 的光路進行說明。此處，以在光源部 LS1 中大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 射出光的

情況為例進行說明，但中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 射出光的情況、小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 射出光的情況下的光路亦同樣如此。

【0051】 自多個出射端 1Le 的各個與對應的收集器透鏡 3 的光軸大致平行地（進而，與照明光學系統 IL1 的光軸 Ax 大致平行地）射出的光在收集器透鏡 3 的後側焦點位置的附近聚光後，藉由中繼透鏡 4 的作用而重疊地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域（圖 2）。自多個出射端 1Le 各自的面上的各點射出的光經由收集器透鏡 3、中繼透鏡 4 而聚光至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i。藉此，多個出射端 1Le 的多個圓形的像藉由收集器透鏡 3 及中繼透鏡 4 而放大，並以相互重疊的狀態投影至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i。

【0052】 在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 經重疊的來自多個出射端 1Le 的光繼而藉由蠅眼透鏡 5 的許多透鏡組件 5a 而二維地分割（波前分割）。然後，經分割的各光束自透鏡組件 5a 的出射面 5ae 射出，經由聚光透鏡 6 而重疊地對被照射面（配置遮罩 M 的面）上的照明區域 ILA 進行照明。蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 為在 X 方向上短、在 Y 方向上長的矩形，因此照明區域 ILA 亦同樣地成為在 X 方向上短、在 Y 方向上長的矩形。

【0053】 在照明光學系統 IL1 中，在蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 附近，可規定作為被照射面（配置遮罩 M 的面）的傅立葉轉換面的平面。將該平面定義為照明光學系統 IL1 的照明光瞳 PP。照明光瞳 PP 與配置有用於決定投影光學系統 PL 的數值孔徑的孔徑光闌（未圖示）

的面為在光學上共軛的關係。另外，在照明光學系統 IL1 中，被照射面（配置遮罩 M 的面）與蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 的入射面 5ai 大致共軛。即，蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 的入射面 5ai 以由蠅眼透鏡 5 的焦距與聚光透鏡 6 的焦距決定的倍率而被放大投影至被照射面。

【0054】 [藉由曝光裝置 EX 的掃描曝光]

當使用本實施形態的曝光裝置 EX 而將形成於遮罩 M 的圖案 MP 的像掃描曝光至基板 P 上時，首先在曝光裝置 EX 的遮罩載台 MST 上載置形成有圖案 MP 的遮罩 M，並在基板載台 PST 上載置塗佈有感光性的抗蝕劑的基板 P（圖 1）。

【0055】 繼而，藉由照明單元 IU 的照明光學系統 IL1，對遮罩 M 上的五個照明區域 ILA 照射照明光。照明光中的在投影光學系統 PL 的各視野區域 A1 中透射了遮罩 M 的光經由投影光學系統 PL 而在基板 P 上的對應的曝光區域 A2 成像。藉此，位於視野區域 A1 內的圖案 MP 的像形成於位於曝光區域 A2 內的基板 P。換言之，圖案 MP 的一部分被轉印至基板 P 的抗蝕劑層。再者，視野區域 A1 及曝光區域 A2 的梯形的形狀由投影光學系統 PL 的視野光闌（未圖示）的形狀規定。

【0056】 一邊進行基於照明單元 IU 的照明光的照射，一邊使遮罩載台 MST 向 X 軸方向（掃描方向）上的其中一側移動，與此同步地使基板載台 PST 向 X 軸方向上的另一側移動，藉此，圖案 MP 的沿 X 軸方向延伸的帶狀區域被轉印至基板 P 的抗蝕劑層的沿 X

軸方向延伸的帶狀區域（掃描曝光）。在一個帶狀區域的整個區域的轉印完成後，使遮罩載台 MST 向 Y 軸方向（非掃描方向）上的其中一側步進移動，同樣地使基板載台 PST 向 Y 軸方向上的另一側步進移動。然後，使遮罩載台 MST 及基板載台 PST 在掃描方向上同步地移動，進行下一次掃描曝光。

【0057】再者，在 Y 軸方向上鄰接的兩個視野區域 A1 在 Y 軸方向上重複的區域（以下，稱為「重合區域 OR」）中，遮罩圖案 MP 分為位於一個視野區域 A1 的端部（隨著朝向 Y 軸方向正側而 X 軸方向上的寬度減少的部分）內時、與位於鄰接的視野區域 A1 的端部（隨著朝向 Y 軸方向正側而 X 軸方向上的寬度增加的部分）內時此兩次而被轉印至基板 P。為了避免圖式的繁雜化，在圖 1 中僅對多個重合區域 OR 中的一個附加影線來進行明示。

【0058】重合區域 OR 的曝光中對基板 P 上的抗蝕劑的曝光量的合計與圖案 MP 的其他部分相同。其原因在於：藉由以視野區域 A1 的梯形的邊重疊的方式配置，在視野區域 A1 的端部通過遮罩 M 的光量通過兩個投影透鏡而變得相同。如此，藉由將視野區域 A1 設為梯形並經由在非掃描方向上鄰接的兩個視野區域 A1 進行重合區域 OR 中的轉印，可遍及 Y 方向整個區域而無接縫地進行圖案 MP 的轉印。再者，在重合區域 OR 中，對兩個視野區域 A1 照射照明光的兩個照明光學系統 IL1 的照明區域 ILA 亦在 Y 軸方向上重疊。

【0059】 [照明條件的變更]

接下來，對本實施形態的照明光學系統 IL1 中的照明條件的變更、具體而言為相干因子 (coherence factor) (σ 值) 的變更及照度均勻性的變更進行說明。

【0060】 (1) 相干因子 (σ 值) 的變更

在使用曝光裝置 EX 將遮罩 M 上的圖案 MP 曝光至基板 P 時，可根據圖案 MP 的形狀對相干因子 (σ 值) 進行變更。一般而言，理想的是在細線密集的圖案的情況下增大 σ 值，在接觸孔等孤立圖案中減小 σ 值。

【0061】 σ 值被定義為「 σ 值=孔徑光闌直徑/投影光學系統的光瞳直徑」、或「 σ 值=照明光學系統的射出側數值孔徑/投影光學系統的入射側數值孔徑」。因此，藉由在照明光學系統的照明光瞳的位置設置直徑小的孔徑光闌，減小照明光學系統的射出側數值孔徑，可減小 σ 值。相反地，當在照明光瞳的位置設置直徑大的孔徑光闌時，照明光學系統的射出側數值孔徑變大， σ 值亦變大。

【0062】 首先，參照圖 5 的 (a) ~ 圖 5 的 (c)，對將照明條件設定為 σ 值=「大」(作為一例為 $\sigma=0.8 \sim 1.0$ 左右) 的情況進行說明。

【0063】 在該情況下，首先，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 2 的光入射至大直徑光纖群組 1LG，並自發光區域 EA1 的大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 射出光 (圖 5 的 (b))。自六個出射端 1Le 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 3 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0064】 自六個出射端 1Le 的各個射出的光所重複入射的蠅眼透鏡 5 的入射面 5i (透鏡組件 5a 的矩形的入射面 5ai 的集合體) 上的區域 ARL 是與入射面 5i 的大體正方形的輪廓大致內接的圓形區域 (圖 5 的 (c))。

【0065】 此處，如上所述，構成蠅眼透鏡 5 的多個透鏡組件 5a 各自的光軸相互平行。因此，入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的光束的光量分佈被反映至蠅眼透鏡 5 的出射面 5e、即照明光瞳 PP 附近中的光量分佈中。

【0066】 如此，在來自六個出射端 1Le 的各個的光照射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的大區域的情況下，照明光瞳 PP 中的光量分佈成為分佈擴展至距光軸 Ax 更遠的位置的狀態，即與在照明光瞳 PP 設置有直徑大的孔徑光闌的狀態相同。因此，照明光學系統 IL1 的射出側數值孔徑變大， σ 值亦變大。

【0067】 接下來，參照圖 6 的 (a) ~ 圖 6 的 (c)，對將照明條件設定為 σ 值 = 「中」 (作為一例為 $\sigma = 0.4 \sim 0.6$ 左右) 的情況進行說明。

【0068】 在該情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 2 的光入射至中等直徑光纖群組 1MG，並自發光區域 EA1 的中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 射出光 (圖 6 的 (b))。自九個出射端 1Me 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 3 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0069】 中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 的直徑較大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 小。因此，在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中，自九個出射端 1Me 的各個射出的光所重複入射的區域 ARM 成為直徑較大直徑光纖 1L 的情況下的區域 ARL 小的圓形區域（圖 6 的（c））。

【0070】 因此，照明光瞳 PP 中的光量分佈亦成為直徑較自大直徑光纖 1L 射出光的情況小的圓形分佈，即與在照明光瞳 PP 設置有直徑為中等程度的孔徑光闌的狀態相同。因此，照明光學系統 IL1 的射出側數值孔徑成為中等程度， σ 值亦成為中等程度。

【0071】 接下來，參照圖 7 的（a）～圖 7 的（c），對將照明條件設為 σ 值=「小」（作為一例為 $\sigma=0.2\sim0.4$ 左右）的情況進行說明。

【0072】 在該情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 2 移動，使來自半導體雷射單元 2 的光入射至小直徑光纖群組 1SG，並自發光區域 EA1 的小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 射出光（圖 7 的（b））。自十二個出射端 1Se 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 3 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域（圖 7 的（a））。

【0073】 小直徑光纖 1S 的出射端 1Se 的直徑較中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 小。因此，在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中，自十二個出射端 1Se 的各個射出的光所重複入射的區域 ARS 成為直徑較中等直徑光纖 1M 的情況下的區域 ARM 小的圓形區域（圖 7 的（c））。

【0074】 因此，照明光瞳 PP 中的光量分佈亦成為直徑較自中等直徑光纖 1M 射出光的情況小的圓形分佈，即與在照明光瞳 PP 設置

有直徑小的孔徑光闌的狀態相同。因此，照明光學系統 IL1 的射出側數值孔徑變小， σ 值亦變小。

【0075】 如此，在本實施形態的照明光學系統 IL1 中，藉由切換在發光區域 EA1 中射出光的出射端，使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中光束的剖面形狀的尺寸不同，可進行 σ 值的變更。

【0076】 （2）照度分佈的變更

照明光學系統 IL 入射至照明區域 ILA 的照明光的照度一般而言理想的是均勻，作為一例，照度不均的範圍期望為 1% 以下。

【0077】 關於該方面，本實施形態的照明光學系統 IL 在光源部 LS1 的發光區域 EA1 中，大直徑光纖 1L 的多個出射端 1Le 的組、中等直徑光纖 1M 的多個出射端 1Me 的組及小直徑光纖 1S 的多個出射端 1Se 的組分別以光軸 Ax 為對稱點而呈點對稱地配置，因此照明區域 ILA 中的照度分佈的均勻性高。

【0078】 參照圖 2 及圖 8 的 (a) 對其理由進行說明。圖 8 的 (a) 的實線、虛線、單點劃線分別為表示自圖 2 的中央、右側、左側的出射端 1Le 射出並通過了蠅眼透鏡 5 的一個透鏡組件 5a 的光束在照明區域 ILA 中所形成的照度分佈的曲線。圖 8 的 (a) 的橫軸為像高，此處為照明區域 ILA 內的 X 軸方向或 Y 軸方向上的位置。圖 8 的 (a) 的縱軸為照度。

【0079】 根據本發明的發明者的見解，表示各光束所形成的照度分佈的曲線具有如山的形狀是由於蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 的入射面 5ai 中的球面像差的影響。另外，相對於自圖 2 的中央的出射

端 1Le 射出的光束所形成的照度分佈，自圖 2 的右側、左側的出射端 1Le 射出的光束所形成的照度分佈向左側、右側偏移的原因在於：自圖 2 的各出射端 1Le 射出的光束相對於光軸 Ax 傾斜地入射至蠅眼透鏡 5。照明區域 ILA 中的照度分佈的偏移量與形成該照度分佈的光束相對於蠅眼透鏡 5 的入射角的大小相對應。

【0080】 據此可知，若使兩個光束以光軸 Ax 為基準而相互對稱地入射至蠅眼透鏡 5，則由所述兩個光束在照明區域 ILA 形成的照度分佈相對於光軸 Ax 而向相互相反的方向偏移相同的量。另外，以光軸 Ax 為基準而相互對稱地入射至蠅眼透鏡 5 的光在沿著光軸 Ax 的任一位置均保持了以光軸 Ax 為基準而相互對稱的關係，因此可知其光源是以光軸 Ax 為對稱點的點對稱位置。

【0081】 綜上所述，可知：藉由在發光區域 EA1 中將多個出射端以光軸 Ax 為對稱點而呈點對稱地配置，可使自所述多個出射端射出的多個光束對稱地入射至蠅眼透鏡 5，可將自所述多個出射端射出的多個光束在照明區域 ILA 形成的多個照度分佈分散至以光軸 Ax 的位置為對稱點的點對稱位置。藉此，各如山的形狀的峰被較佳地分散，照度分佈可均勻化。

【0082】 在本實施形態中，基於本發明的發明者的上述見解，在光源部 LS1 的發光區域 EA1 中，將大直徑光纖 1L 的多個出射端 1Le 的組、中等直徑光纖 1M 的多個出射端 1Me 的組及小直徑光纖 1S 的多個出射端 1Se 的組分別以光軸 Ax 為對稱點而呈點對稱地配置。藉此，在將 σ 值設定為「大」、「中」、「小」的任一者的情況

下，照明區域 ILA 的照度分佈均可均勻化。

【0083】 另一方面，亦可將照度分佈作為照明條件之一而使其積極地變化。

【0084】 本實施形態的照明光學系統 IL1 藉由對半導體雷射單元 2 所包括的三台半導體雷射的輸出各別地進行調整，可使照明區域 ILA 中的照度分佈變化。例如，在以 σ = 「大」的照明條件進行照明的情況下，若對半導體雷射單元 2 所包括的三台半導體雷射的輸出各別地進行調整，則在多個出射端 1Le 之間所射出的光的光量平衡發生變化，照明區域 ILA 中的照度分佈發生變化。以 σ = 「中」、「小」的照明條件進行照明的情況亦同樣如此。再者，作為照度分佈的變更，亦可進行照度傾斜的補正、照度彎曲的補正等。關於圖 8 的 (b) 的照度分佈，實線是三台半導體雷射的輸出相等時的照度分佈，虛線是使與圖 2 的右端的出射端 1Le 對應的半導體雷射的輸出變強且使與圖 2 的左端的出射端 1Le 對應的半導體雷射的輸出變弱而對照度的傾斜成分進行了補正時的照度分佈。

【0085】 在此種變形態樣中，亦可在曝光裝置 EX 中設置膜厚感測器（未圖示），所述膜厚感測器對基板 P 上所塗佈的感光性抗蝕劑的膜厚進行測量。在該情況下，例如，控制部 CONT1 將測量出的抗蝕劑的膜厚發送至照明光學系統 IL1 的控制部 CONT2。控制部 CONT2 基於接收到的膜厚資訊而對照明光學系統 IL1 進行控制，將照明區域 ILA 的照度分佈變更為與作為曝光對象的基板 P 的抗蝕劑的膜厚對應的適當的分佈。

【0086】 具體而言，例如，控制部 CONT2 可在曝光前自曝光裝置的控制部 CONT1 接收下一要曝光的基板 P 上所塗佈的感光性的抗蝕劑的膜厚不均的資訊，並對照明區域 ILA 的照度分佈賦予照度不均，以使膜厚高的部分的曝光量變大。藉此，抗蝕劑的每單位體積的曝光量變得均勻，可獲得更良好的顯影結果（抗蝕劑像）。更具體而言，例如，可補償多個基板 P 之間的平均膜厚的差，從而在多個基板 P 之間獲得線寬穩定性。

【0087】 此外，控制部 CONT2 可根據遮罩 M 的圖案 MP 的線寬來變更照度分佈，亦可基於對進行了曝光及顯影的抗蝕劑層的線寬的均勻性進行測量而得的結果來變更照度分佈，以使線寬的均勻性變得更高。另外，藉由控制部 CONT2 的照度分佈的變更並不限於在曝光前進行，亦可在掃描曝光過程中進行。在該情況下，例如，自控制部 CONT1 獲取基板 P 內的多個（許多）點處的膜厚資訊（例如，藉由曝光裝置所包括的膜厚感測器而在曝光前測量），並在掃描曝光過程中逐次變更為與曝光對象位置的膜厚對應的照度分佈。即，照明光學系統 IL1 進行照明光的照射，並在經由投影光學系統 PL 對一張基板 P 進行圖案 MP 的曝光的期間中進行照度分佈的變更，使針對進行該轉印的基板 P 的曝光條件變化。藉此，例如可對一張基板 P 內的抗蝕劑的膜厚不均進行補償，在一張基板 P 內可獲得線寬均勻性。

【0088】 曝光裝置 EX 的控制部 CONT1（或其他任意的控制部）亦可參考照明單元 IU 所包含的規定的照明光學系統 IL1 的照度分

佈而對照明單元 IU 所包含的其他照明光學系統 IL1 的照度分佈進行調整。具體而言，例如，可參考對規定的重合區域 OR 照射照明光的其中一個照明光學系統 IL1 的照度分佈而變更對該重合區域 OR 照射照明光的另一照明光學系統 IL1 的照度分佈，以適當地進行該重合區域 OR 中的照明光的照射。

【0089】再者，抗蝕劑的感光特性有時並不與由照度×曝光時間表示的曝光量成比例。在此種情況下，當分多次進行曝光時，亦可考慮為了對照度進行補正而使照度分佈變化來予以應對。

【0090】以下總結本實施形態的照明光學系統 IL1 及曝光裝置 EX 的效果。

【0091】本實施形態的照明光學系統 IL1 可對自光源部 LS1 射出的光束自身的尺寸進行變更，因此可在不遮蔽光束的一部分的情況下進行照明條件（ σ 值）的變更。換言之，可在不產生光量損失的情況下進行照明條件的變更。

【0092】本實施形態的照明光學系統 IL1 可對自光源部 LS1 射出的光束自身的尺寸進行變更，因此無需在被照射面的附近設置如可變光闌般的包含移動機構的複雜結構體便可進行照明條件（ σ 值）的變更。該方面在構成包括許多照明光學系統 IL1 的照明單元 IU 的情況下特別有利，有助於照明單元 IU 的小型化，進而有助於曝光裝置 EX 的小型化。

【0093】本實施形態的照明光學系統 IL1 在 σ 值為任一值的情況下均將自半導體雷射單元 2 射出的光全部照射至照明區域 ILA。

因此，可在將照射至被照射面的光量保持為一定的狀態下進行 σ 值的變更。與此相對，在現有技術中，藉由利用孔徑光闌來遮擋光束而實現了小的照明 σ ，因此光量降低。

【0094】 本實施形態的照明光學系統 IL1 可對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更。因此，藉由根據遮罩圖案 MP、或基板 P 上所塗佈的抗蝕劑的狀態對照度分佈進行變更，可實現與遮罩 M 或基板 P 的狀態對應的更佳的照明條件。另外，在發光區域 EA1 中，多個出射端 1Le、多個出射端 1Me、多個出射端 1Se 分別以光軸 Ax 為對稱點而呈點對稱地配置，因此亦可實現均勻性高的照度分佈。

【0095】 本實施形態的照明光學系統 IL1 包括光纖群組 1，且將光纖群組 1 所包括的各光纖的出射端配置於發光區域 EA1 中。因此，可將亦需要比較大的冷卻機構的半導體雷射單元 2、或可形成複雜結構體的移動機構 21 設置於遠離照明區域 ILA 且空間比較充裕的場所。另外，亦可使自半導體雷射單元 2 射出的光所具有的光量分佈在光纖的內部均勻化。

【0096】 本實施形態的曝光裝置 EX 可一邊使用照明光學系統 IL1 而容易且較佳地進行照明條件的切換，一邊將遮罩 M 的各種圖案 MP 良好地轉印至基板 P。

【0097】 <第一實施形態的變形例>

在第一實施形態的照明光學系統 IL1 中，亦可使用如下的變形態樣。

【0098】 在第一實施形態的照明光學系統 IL1 的光源部 LS1 中，使用芯徑不同的三種光纖來切換蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中光束的入射區域的大小（剖面形狀的尺寸），從而切換了 σ 值，但並不限於此。

【0099】 具體而言，例如在光纖群組 1 中，將大直徑光纖 1L、小直徑光纖 1S 分別置換為中等直徑光纖 1M。該情況下，發光區域 EA1 中的沿光軸 Ax 的方向觀察到的光纖端面的配置除了端面的大小全部相同之外，設為與第一實施形態中的配置（圖 4）相同。另一方面，光纖端面的光軸 Ax 方向上的位置互不相同。

【0100】 關於如此配置的 27 個出射端 1Me 中的、位於在第一實施形態中亦配置有中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 的部位的出射端 1Me，與第一實施形態同樣地使用收集器透鏡 3（圖 9）。

【0101】 另一方面，針對位於在第一實施形態中配置有大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 的部位的出射端 1Me（圖 9 的左端），將光軸 Ax 方向上的出射端的位置設為：相對於位於在第一實施形態中亦配置有中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 的部位的出射端 1Me 而言處於中繼透鏡 4 側。而且，將收集器透鏡 3 置換為焦距較收集器透鏡 3 小（曲率半徑小）的收集器透鏡 3L。收集器透鏡 3L 以其前側焦點位於對應的出射端 1Me 上的方式配置。自收集器透鏡 3L 射出的光束的直徑在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中較自收集器透鏡 3 射出的光束的直徑大。

【0102】 同樣地，針對位於在第一實施形態中配置有小直徑光纖

1S 的出射端 1Se 的部位的出射端 1Me (圖 9 的右端)，將光軸 Ax 方向上的出射端的位置設為：相對於位於在第一實施形態中亦配置有中等直徑光纖 1M 的出射端 1Me 的部位的出射端 1Me 而言，處於與中繼透鏡 4 相反之側。而且，將收集器透鏡 3 置換為焦距較收集器透鏡 3 大 (曲率半徑大) 的收集器透鏡 3S。收集器透鏡 3S 以其前側焦點位於對應的出射端 1Me 上的方式配置。自收集器透鏡 3S 射出的光束的直徑在蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中較自收集器透鏡 3 射出的光束的直徑小。

【0103】如圖 9 所示，在本變形例中，使收集器透鏡 3L、收集器透鏡 3、收集器透鏡 3S 各自的後側焦點與中繼透鏡 4 的前側焦點的位置一致或大致一致。藉此，可在不改變光源像的對焦位置的情況下對 σ 值進行變更。

【0104】在該變形態樣中，將光纖群組 1 所具有的光纖的芯徑設為均勻，同時使與各光纖的出射端對應的收集器透鏡的焦距及配置不同。在該變形態樣中，藉由使半導體雷射單元 2 移動，亦可切換蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中的光束的入射區域的大小 (剖面形狀的尺寸)，從而可切換 σ 值的大小。

【0105】第一實施形態的照明光學系統 IL1 是可選擇三種 σ 值的結構，但並不限於此。亦可自光纖群組 1 中去除例如小直徑光纖 1S 而設為僅可選擇兩種 σ 值的結構。或者，亦可在光纖群組 1 中追加芯徑與大直徑光纖 1L、中等直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S 不同的光纖而設為可選擇四種以上的 σ 值的結構。另外，第一實施

形態的照明光學系統 IL1 是可自三個種類中選擇 σ 值的結構，但並不限於此。亦可設為在收集器透鏡 3 與中繼透鏡 4 之間追加對光纖出射端的光的直徑進行縮放的中繼光學系統而成的結構。藉此，可使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的光束的剖面形狀的尺寸變化，從而可使 σ 值連續地變化。該情況下，亦可自光纖群組 1 的大直徑光纖 1L、中等直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S 中省略一種或兩種光纖。

【0106】 <第二實施形態>

參照圖 10～圖 14 對第二實施形態的照明光學系統 IL2 進行說明。

【0107】 第二實施形態的照明光學系統 IL2 除了光源部 LS2 的結構與第一實施形態的照明光學系統 IL1 的光源部 LS1 不同的方面以外，與第一實施形態的照明光學系統 IL1 相同。對與第一實施形態 IL1 相同的結構省略說明。

【0108】 [光源部 LS2]

如圖 10、圖 11 所示，光源部 LS2 主要包括光纖（光導）群組 7、半導體雷射單元（光源裝置）8、多個收集器透鏡 9 以及控制部（照度分佈控制部）CONT2。

【0109】 如圖 11 所示，光纖群組 7 由包含多個普通照明用光纖 7N 的普通照明用光纖群組 7NG、包含多個環形照明用光纖 7A 的環形照明用光纖群組 7AG、及包含多個四極照明用光纖 7P 的四極照明用光纖群組 7PG 構成。

【0110】 普通照明用光纖群組 7NG 所包含的多個普通照明用光纖 7N 各自具有供來自半導體雷射單元 8 的光入射的入射端 7Ni、以及將所入射的光射出的出射端 7Ne。各光纖 7N 相對於一個入射端 7Ni 而具有一個出射端 7Ne。出射端 7Ne 的剖面形狀為圓形（圖 12）。

【0111】 環形照明用光纖群組 7AG 所包含的多個環形照明用光纖 7A 各自具有供來自半導體雷射單元 8 的光入射的入射端 7Ai、以及將所入射的光射出的出射端 7Ae。各環形照明用光纖 7A 在自入射端 7Ai 朝向出射端 7Ae 的路徑上分支為許多個，在出射端 7Ae，各自為圓形的許多光纖端面呈圓環狀配置（圖 12）。

【0112】 四極照明用光纖群組 7PG 所包含的多個四極照明用光纖 7P 各自具有供來自半導體雷射單元 8 的光入射的入射端 7Pi、以及將所入射的光射出的出射端 7Pe。各四極照明用光纖 7P 在自入射端 7Pi 朝向出射端 7Pe 的中途分支為四個，在出射端 7Pe，各自為圓形的四個光纖端面沿著圓周相互等間隔地配置（圖 12）。

【0113】 為了避免圖式的繁雜化，在圖 10、圖 13、圖 14 中，僅圖示了各一根普通照明用光纖 7N、環形照明用光纖 7A、四極照明用光纖 7P。

【0114】 普通照明用光纖 7N 各自的出射端 7Ne、環形照明用光纖 7A 各自的出射端 7Ae、四極照明用光纖 7P 各自的出射端 7Pe 均構成為平面狀。如圖 12 所示，出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 在與照明光學系統 IL2 的光軸 Ax 正交的面內配置成相互共

面。此處，將共面地配置有出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 的平面狀的區域稱為發光區域 EA2。另外，在與出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 分別對應的多個收集器透鏡 9 的焦距互不相同的情況下，Z 軸方向上的出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 的位置亦可互不相同。在該情況下，焦距互不相同的多個收集器透鏡 9 的後側焦點的光軸 Ax 方向上的位置一致或大致一致，焦距互不相同的多個收集器透鏡 9 各自的前側焦點的光軸 Ax 方向上的位置與出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 的任一者的光軸 Ax 方向上的位置一致或大致一致。

【0115】 在發光區域 EA2 中，普通照明用光纖 7N 的出射端 7Ne 配置成在 X 方向上為 2 行、在 Y 方向上為 2 列的矩陣狀。在 X 方向、Y 方向的任一方向上，兩個出射端 7Ne 的中間位置均為與光軸 Ax 相同的位置。

【0116】 環形照明用光纖 7A 的出射端 7Ae 配置成在 Y 方向上夾著普通照明用光纖 7N 且在 X 方向上為 2 行、在 Y 方向上為 2 列的矩陣狀。在 X 方向、Y 方向的任一方向上，兩個出射端 7Ae 的中間位置均為與光軸 Ax 相同的位置。

【0117】 四極照明用光纖 7P 的出射端 7Pe 配置成在 Y 方向上夾著環形照明用光纖 7A 且在 X 方向上為 2 行、在 Y 方向上為 2 列的矩陣狀。在 X 方向、Y 方向的任一方向上，兩個出射端 7Pe 的中間位置均為與光軸 Ax 相同的位置。

【0118】 如此，在發光區域 EA2 中，四個普通照明用光纖 7N 的

出射端 7Ne 的集合 (set)、四個環形照明用光纖 7A 的出射端 7Ae 的集合、四個四極照明用光纖 7P 的出射端 7Pe 的集合分別以光軸 Ax (中繼透鏡 4 的光軸) 的位置為對稱點而呈點對稱地配置。

【0119】再者，在本實施形態中，多個出射端 7Ne 以光軸 Ax 為基準而呈點對稱地配置，同時，關於通過光軸 Ax 並沿 X 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置，且關於通過光軸 Ax 並沿 Y 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置。多個出射端 7Ae 及多個出射端 7Pe 亦同樣如此。如此，同一種類的多個出射端亦可並非以光軸 Ax 為基準而呈點對稱地配置，而是關於通過光軸 Ax 並沿 X 軸方向延伸的基準線及/或通過光軸 Ax 並沿 Y 軸方向延伸的基準線而呈線對稱地配置。

【0120】半導體雷射單元 8 包括四台半導體雷射 (雷射二極體)，且構成為將來自各半導體雷射的光束自互不相同的位置相互平行地射出。

【0121】半導體雷射單元 8 藉由移動機構 81 而移動，使來自四台半導體雷射的光束入射至普通照明用光纖群組 7NG 所包含的四個入射端 7Ni、環形照明用光纖群組 7AG 所包含的四個入射端 7Ai、四極照明用光纖群組 7PG 所包含的四個入射端 7Pi 中的任一者。

【0122】入射至各入射端 7Ni 的光在各普通照明用光纖 7N 的內部反復進行內表面反射，並自配置於發光區域 EA2 的各出射端 7Ne 以具有大致均勻的光量分佈的方式射出。入射至各入射端 7Ai、各入射端 7Pi 的光亦同樣如此。

【0123】 收集器透鏡 9 相對於四個出射端 7Ne 的各個、四個出射端 7Ae 的各個、四個出射端 7Pe 的各個而設置有各一個，共計設置有十二個。與出射端 7Ne 對應的收集器透鏡 9 以其光軸與出射端 7Ne 中的芯的中心一致或大致一致的方式設置。與出射端 7Ae 對應的收集器透鏡 9 以其光軸與出射端 7Ae 中的圓環形狀的中心一致或大致一致的方式設置。與出射端 7Pe 對應的收集器透鏡 9 以其光軸與出射端 7Pe 中的四個圓形出射端的中央部一致或大致一致的方式設置。在圖 12 中，雙點劃線的交叉位置表示收集器透鏡 9 的光軸的位置。

【0124】 另外，各收集器透鏡 9 以其光軸與照明光學系統 IL2 的光軸 Ax(等同於中繼透鏡 4 的光軸)平行或大致平行的方式設置。各收集器透鏡 9 以其前側焦點的位置與發光區域 EA2(即，共面地配置有出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 的平面)的光軸 Ax 方向上的位置一致或大致一致的方式設置。

【0125】 [變形照明]

接下來，對本實施形態的照明光學系統 IL2 中的照明條件的變更、具體而言對普通照明、環形照明、四極照明的切換進行說明。

【0126】 在進行普通照明的情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 8 移動，使來自半導體雷射單元 8 的光入射至普通照明用光纖群組 7NG，並使其自發光區域 EA2 的普通照明用光纖 7N 的出射端 7Ne 射出(圖 10 的(a))。自四個出射端 7Ne 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 9 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透

鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0127】 自四個出射端 7Ne 的各個射出的光所重複入射的蠅眼透鏡 5 的入射面 5i (透鏡組件 5a 的矩形的入射面 5ai 的集合體) 上的區域 ARN 成為與入射面 5i 的大體正方形的輪廓大致內接的圓形區域 (圖 10 的 (b))。

【0128】 如上所述，入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的光束的光量分佈被反映至蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 中的光量分佈中，因此在蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 附近的照明光瞳 PP 中形成圓形的光瞳強度分佈，從而進行普通照明。

【0129】 在進行環形照明的情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 8 移動，使來自半導體雷射單元 8 的光入射至環形照明用光纖群組 7AG，並使其自發光區域 EA2 的環形照明用光纖 7A 的出射端 7Ae 射出 (圖 13 的 (a))。自四個出射端 7Ae 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 9 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0130】 自四個出射端 7Ae 的各個射出的光所重複入射的蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 上的區域 ARA 成為與入射面 5i 的大體正方形的輪廓大致內接的圓環區域 (圖 13 的 (b))。因此，在蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 附近的照明光瞳 PP 中形成圓環狀的光瞳強度分佈，從而進行環形照明。

【0131】 在進行四極照明的情況下，控制部 CONT2 使半導體雷射單元 8 移動，使來自半導體雷射單元 8 的光入射至四極照明用光

纖群組 7PG，並使其自發光區域 EA2 的四極照明用光纖 7P 的出射端 7Pe 射出（圖 14 的（a））。自四個出射端 7Pe 的各個射出的光經由對應的收集器透鏡 9 及中繼透鏡 4 而重複地入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的同一區域。

【0132】 自四個出射端 7Pe 的各個射出的光所重複入射的蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 上的區域 ARP 成為在以光軸 Ax 為中心的周向上等間隔地存在的四個圓形區域（圖 14 的（b））。因此，在蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 附近的照明光瞳 PP 中形成四極狀的光瞳強度分佈，從而進行四極照明。

【0133】 如此，在本實施形態的照明光學系統 IL2 中，藉由在發光區域 EA2 中對射出光的出射端進行切換，使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中的光束的剖面形狀不同，可進行照明條件的變更、即普通照明、環形照明、四極照明的切換。

【0134】 本實施形態的照明光學系統 IL2 亦與第一實施形態的照明光學系統 IL1 同樣地，藉由對半導體雷射單元 8 所包括的四台半導體雷射的輸出各別地進行調整，在多個出射端 7Ne 之間、多個出射端 7Ae 之間、多個出射端 7Pe 之間的任一者中使所射出的光的光量平衡變化，可使照明區域 ILA 中的照度分佈變化。另外，本實施形態的照明光學系統 IL2 亦可與曝光裝置 EX 的膜厚感測器一起使用。在該情況下，例如，控制部 CONT1 將測量出的抗蝕劑的膜厚發送至照明光學系統 IL2 的控制部 CONT2。控制部 CONT2 基於接收到的膜厚資訊而對照明光學系統 IL2 進行控制，

將照明區域 ILA 的照度分佈變更為與作為曝光對象的基板 P 的抗蝕劑的膜厚對應的適當的分佈。

【0135】 以下總結本實施形態的照明光學系統 IL2 的效果。

【0136】 在本實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦與第一實施形態的照明光學系統 IL1 同樣地，在不產生光量損失的情況下、且無需在被照射面的附近設置包含移動機構的複雜結構體便可進行照明條件的變更。另外，可在將照射至被照射面的光量保持為一定的狀態下進行普通照明、環形照明、四極照明的切換。

【0137】 另外，與第一實施形態的照明光學系統 IL1 同樣地，可變更照度分佈而實現與遮罩 M 或基板 P 的狀態對應的最佳的照明條件，且亦可實現均勻性高的照度分佈。

【0138】 <第二實施形態的變形例>

在第二實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦可使用如下的變形態樣。

【0139】 在第二實施形態的照明光學系統 IL2 的光源部 LS2 中，使用環形照明用光纖 7A 進行了環形照明，但並不限於此。

【0140】 具體而言，例如，如圖 15 所示，將環形照明用光纖 7A 置換為與普通照明用光纖 7N 相同的不具有分支而具有單一圓形的入射端以及單一圓形的出射端的光纖 7A'。而且，在光纖 7A' 的出射端 7Ae' 與收集器透鏡 9 之後，配置第一中繼透鏡 91、第二中繼透鏡 92 及軸錐透鏡 93。

【0141】 聚光透鏡 9 以其光軸與光軸 Ax 平行或大致平行、且其前

側焦點位於出射端 7Ae' 上或其附近的方式配置。第一中繼透鏡 91、軸錐透鏡 93 及第二中繼透鏡 92 以其光軸與光軸 Ax 平行或大致平行的方式配置於大致一條直線上。進而，第一中繼透鏡 91 的前側焦點位置配置於收集器透鏡 9 的後側焦點位置附近，且在軸錐透鏡 93 附近形成纖維出射端 7Ae' 的像。

【0142】 在該結構中，自光纖 7A' 的出射端 7Ae' 射出的光經由收集器透鏡 9、第一中繼透鏡 91 以及軸錐透鏡 93 而剖面形狀變換為環狀。而且，之後經由第二中繼透鏡 92 及中繼透鏡 4 而入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的圓環狀的區域 ARA。

【0143】 第二實施形態的照明光學系統 IL2 是可在普通照明、環形照明、四極照明之間進行照明條件的切換的結構，但並不限於此。亦可自光纖群組 7 中去除例如四極照明用光纖 7P 而設為僅能夠選擇普通照明與環形照明此兩種的結構。或者，亦可在光纖群組 7 中加入雙極照明用光纖而設為亦能夠進一步選擇雙極照明的結構。即，第二實施形態的照明光學系統 IL2 可設為能夠選擇多種照明條件的各種態樣。

【0144】 <第一實施形態、第二實施形態的變形例>

在第一實施形態的照明光學系統 IL1、第二實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦可使用如下的變形態樣。

【0145】 可將第一實施形態的照明光學系統 IL1、第二實施形態的照明光學系統 IL2 任意組合而構成能夠選擇任意的照明條件的照明光學系統。具體而言，例如，可將照明光學系統 IL1 的中等直徑

光纖群組 1MG 置換為照明光學系統 IL2 的環形照明用光纖群組 7AG，製成能夠在 σ 值=「大」、 σ 值=「小」、環形照明之間切換照明條件的照明光學系統。

【0146】 第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 構成為將配置於發光區域 EA1、發光區域 EA2 的光纖的出射端的像形成於蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的附近。然而，並不限於此，亦可構成為將配置於發光區域 EA1、發光區域 EA2 的光纖的出射端的像形成於蠅眼透鏡 5 的出射面 5e 的附近。此種光學系統具體而言例如可具有在收集器透鏡 3 與中繼透鏡 4 之間加入有追加的中繼透鏡 4' 的結構（圖 16）。

【0147】 在具有此種結構的照明光學系統 IL1 中，藉由在發光區域 EA1 中對射出光的出射端進行切換，使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中的光束的剖面形狀的尺寸不同，亦可進行 σ 值的變更。另外，在具有此種結構的照明光學系統 IL2 中，藉由在發光區域 EA2 中對射出光的出射端進行切換，使蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 中的光束的剖面形狀不同，亦可進行照明條件的變更、即普通照明、環形照明、四極照明的切換。再者，在四極照明的情況下，亦可考慮在收集器透鏡 3 與中繼透鏡 4 之間插入繞射光學器件等。

【0148】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，藉由對半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8 所包括的多個半導體雷射的輸出平衡進行變更而對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更，但並不限於此。

【0149】 具體而言，例如在光纖群組 1 所包含的大直徑光纖群組 1LG、中等直徑光纖群組 1MG、小直徑光纖群組 1SG、光纖群組 7 所包含的普通照明用光纖群組 7NG、環形照明用光纖群組 7AG、四極照明用光纖群組 7PG 中的至少一個中追加光纖，增加構成光纖群組的光纖的數量。所追加的光纖的入射端配置於藉由半導體雷射單元 2 的移動而來自半導體雷射單元 2 的光可入射的位置。所追加的光纖的出射端在發光區域 EA1、發光區域 EA2 中配置於原有出射端之間的間隙。具體而言，例如，在第一實施形態的大直徑光纖群組 1LG 中，設置追加的大直徑光纖 1L，將其出射端 1Le 配置於與圖 4 所示的出射端 1Le 不同的位置。

【0150】 藉此，光纖的數量已增加的光纖群組具有追加的光纖。該情況意味著：例如若為大直徑光纖群組 1LG，則藉由將半導體雷射單元 2 使光入射的入射端自圖 3 所示的入射端 1Li 變更為追加的大直徑光纖 1L 的入射端 1Li，可在發光區域 EA1 中將射出光的出射端自圖 3 所示的出射端 1Le 變更為追加的大直徑光纖 1L 的出射端 1Le。

【0151】 來自所追加的大直徑光纖 1L 的出射端 1Le 的光在發光區域 EA1、發光區域 EA2 中自與原有出射端（即圖 4 所示的出射端 1Le）不同的位置射出，因此以與來自原有出射端的光不同的角度入射至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i，在照明區域 ILA 中，形成與來自原有出射端的光不同的照度分佈。因此，控制部 CONT2 在入射端 1Li 之間對半導體雷射單元 2 使光入射的入射端進行變更，在

發光區域 EA1 中對射出光的出射端 1Le 的位置進行變更，藉此可對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更。再者，由於是在大直徑光纖群組 1LG 內的切換，因此可維持 σ 值=「大」的照明條件。

【0152】 此處，以在大直徑光纖群組 1LG 中設置追加的光纖的情況為例進行了說明，但在中等直徑光纖群組 1MG 等其他光纖群組中亦可進行相同的變更。

【0153】 作為對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更的另一方法，亦可設置任意的移動機構，使配置於發光區域 EA1 的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 中的至少一個與對應的收集器透鏡 3 一體地沿 X 方向及 Y 方向移動。另外，亦可設置任意的移動機構，使配置於發光區域 EA2 的出射端 7Ne、出射端 7Ae、出射端 7Pe 中的至少一個與對應的收集器透鏡 9 一體地沿 X 方向及 Y 方向移動。

【0154】 在該結構中，藉由使與發光區域 EA1、發光區域 EA2 的出射端中的至少一個相對應的收集器透鏡對相對於照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 的光軸 Ax 而移動，使相對於蠅眼透鏡 5 的入射角變化，從而使照明區域 ILA 的照度分佈變化。

【0155】 作為對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更的另一方法，亦可使用使收集器透鏡 3 的至少一個光軸與對應的出射端 1Le、出射端 1Me、出射端 1Se 的芯的中心錯開（偏心）的結構。在該結構中，藉由使相對於收集器透鏡 3 的光軸而偏心地配置的出射端向收集器透鏡 3 的光軸中心旋轉，可使經過了收集器透鏡 3 的

光相對於蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的入射角變化。此外，藉由設置使收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 與對應的出射端的位置關係發生變更的任意的移動機構，使與收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 對應的出射端中的至少一者沿與收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 的光軸正交的方向移動，可使經過了收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 的光相對於蠅眼透鏡 5 的入射角變化，從而可使照明區域 ILA 的照度分佈變化。

【0156】 作為對照明區域 ILA 中的照度分佈進行變更的另一方法，設置使光纖的曲率變化（物理上彎曲）的彎曲機構，使光纖群組 1 所包含的大直徑光纖 1L、中等直徑光纖 1M、小直徑光纖 1S、或光纖群組 7 所包含的普通照明用光纖 7N、環形照明用光纖 7A、四極照明用光纖 7P 中的至少一根的曲率在出射端附近變化，藉此可使經過了對應的收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 的光相對於蠅眼透鏡 5 的入射角變化，從而可使照明區域 ILA 的照度分佈變化。

【0157】 作為對照明區域 ILA 中的入射角度分佈進行變更的方法，在現有例中是使配置於光瞳共軛面的照明系統孔徑光闌沿與光軸垂直的方向移動，但在上述實施形態中，由於不具有照明系統孔徑光闌，因此難以進行如現有例般的調整。因此，可利用任意的移動機構，使光源部 LS1、光源部 LS2 整體相對於中繼透鏡 4 而向 X 方向或 Y 方向傾斜。或者，在光源部 LS1、光源部 LS2 與中繼透鏡 4 之間配置稜鏡對（雙稜鏡對或楔形稜鏡對），使構成稜鏡對的稜鏡彼此的位置關係變化而使自光源部 LS1、光源部 LS2 出射的光的方向變化，使入射至蠅眼透鏡 5 的光束的位置錯開，藉此亦

能夠使蠅眼透鏡 5 的出射端中的光量分佈變化，從而使入射至照明區域 ILA 的入射角度分佈變化。

【0158】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，藉由移動機構 21、移動機構 81 使半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8 移動，從而對光所入射的光纖群組進行切換，但並不限於此。亦可設為如下結構：針對大直徑光纖群組 1LG 等多個光纖群組的各個，設置各一個半導體雷射單元，並對要工作的半導體雷射單元 2 進行切換，藉此使光入射至所期望的光纖群組。

【0159】 在第一實施形態的照明光學系統 IL1、第二實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦可使用包括多個發光二極體（light-emitting diode，LED）的發光二極體單元來代替半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8。發光二極體單元可為藉由移動機構 21、移動機構 81 而移動，使光入射至大直徑光纖群組 1LG 等多個光纖群組內的所期望的光纖群組的結構。或者，亦可為如下機構：對大直徑光纖群組 1LG 等多個光纖群組的各光纖的各個，各別地設置發光二極體，對發出光的發光二極體進行切換，藉此使光入射至所期望的光纖群組。

【0160】 此外，亦可使用包括光纖雷射、水銀燈等多個所期望的光源的單元來代替半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8。

【0161】 在第一實施形態的照明光學系統 IL1、第二實施形態的照明光學系統 IL2 中，亦可在半導體雷射單元 2 等光源單元與光纖

群組 1 的光纖各自的入射端之間，設置使來自光源單元的光入射至各光纖的輸入透鏡（input lens）。另外，理想的是將光纖群組 1 的各光纖構成為在入射端中數值孔徑相互相同。

【0162】在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，亦可省略光纖群組 1，並在發光區域 EA1、發光區域 EA2 的配置有出射端 1Le、出射端 7Ne 等的位置，如圖 4、圖 12 所示般配置具有與出射端 1Le、出射端 7Ne 等相同形狀的發光面的發光二極體（固體光源的一例）。在該結構中，藉由在發光區域 EA1、發光區域 EA2 中對發光的發光二極體進行切換，可使發光區域 EA1、發光區域 EA2 中的發光面的形狀變化，從而可使投影至蠅眼透鏡 5 的入射面 5i 的該發光面的像的形狀變化。同樣地，亦可將半導體雷射（固體光源的一例）的發光面配置於發光區域 EA1、發光區域 EA2。在該態樣中，發光二極體、半導體雷射的發光面相當於本發明的「發光面」。

【0163】第一實施形態的照明光學系統 IL1 包括六個用於實現 $\sigma =$ 「大」的照明條件的出射端 1Le、九個用於實現 $\sigma =$ 「中」的照明條件的出射端 1Me、十二個用於實現 $\sigma =$ 「小」的照明條件的出射端 1Se。另外，第二實施形態的照明光學系統 IL2 藉由四個出射端實現了各照明條件。然而，為了實現各照明條件而必需的發光面的數量為任意的，亦可僅為一個。

【0164】在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，基於控制部 CONT2 的控制來移動半導體雷射

單元 2、半導體雷射單元 8 而進行照明條件的切換，但並不限於此。具體而言，例如亦可手動地挪動半導體雷射單元 2、半導體雷射單元 8 來進行照明條件的切換。

【0165】在圖 4、圖 12 中，以光軸 Ax 為中心的矩形的輪廓線 OL1、輪廓線 OL2 是藉由中繼透鏡 4 以及蠅眼透鏡 5 將蠅眼透鏡 5 的透鏡組件 5a 的出射面 5ae 的矩形輪廓投影而成。在輪廓線 OL1、輪廓線 OL2 的外側自收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 射出的光自與如下的光、即在輪廓線 OL1、輪廓線 OL2 的內側自收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 出射的光不同的（例如相鄰的）透鏡組件 5a 大幅彎曲而射出，並不到達照明區域 ILA。因此，發光區域 EA1、發光區域 EA2 的各出射端及收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 理想的是配置成使得來自收集器透鏡 3、收集器透鏡 9 的光位於輪廓線 OL1、輪廓線 OL2 的內側。

【0166】再者，關於發光區域 EA1 中的多個出射端 1Le、多個出射端 1Me、多個出射端 1Se 各自的配置，在使兩個發光區域 EA1 以將輪廓線 OL1 的短邊彼此或長邊彼此重疊的方式在 Y 方向或 X 方向上鄰接的情況下，亦可設為：整體成為以該重疊的短邊或長邊的中心為對稱點的點對稱的配置及/或以該重疊的短邊或長邊為基準線的線對稱的配置。藉此，可使照明區域 ILA 中的照度分佈更均勻。關於發光區域 EA2 的多個出射端 7Ne、多個出射端 7Ae、多個出射端 7Pe 的各個，亦同樣如此。

【0167】第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明

光學系統 IL2 亦可在發光區域 EA1、發光區域 EA2 包括發出對準光的對準用 LED。對準光可用於在曝光裝置 EX 中進行遮罩 M 與基板 P 的對準時。藉由該結構，可提供適於對準的光量小的對準光。此外，在發光區域 EA1、發光區域 EA2 中，可設置發出與照射至照明區域 ILA 的曝光用的光不同的所期望的目的的光的所期望的光源。

【0168】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，收集器透鏡 3、中繼透鏡 4、聚光透鏡 6 等透鏡並不限定於單透鏡，亦可為由多個透鏡構成的透鏡群組或透鏡系統。另外，並不限定於如透鏡般的折射光學構件，亦可為對光進行繞射的繞射光學器件、或對光進行反射的反射光學器件。在本說明書及隨附的申請專利範圍中，術語「收集器透鏡」、「中繼透鏡」、「聚光透鏡」、「光學器件」是指此般各種態樣的光學器件或其組合。中繼透鏡 4 可適宜地省略。

【0169】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，蠅眼透鏡 5 設為並列地配置有多個透鏡組件 5a，但亦可一體地設置有所述多個透鏡組件 5a。

【0170】 在第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 中，亦可在照明光瞳 PP 的位置設置孔徑光闌或可變孔徑光闌。可變孔徑光闌以將光量損失抑制為最小限度的態樣使用，以輔助藉由發光面的切換而進行的照明條件的切換。

【0171】 亦可不將第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統

IL1、照明光學系統 IL2 用作包括多個投影光學系統 PL 的所謂多透鏡 (multi-lens) 方式的曝光裝置 EX 的照明光學系統，而是用作僅包括單一的投影光學系統的曝光裝置的照明光學系統。另外，亦可將第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 用作逐次重複 (step and repeat) 方式的曝光裝置 (所謂的步進機 (stepper)) 的照明光學系統。

【0172】 第一實施形態、第二實施形態的曝光裝置 EX 藉由將包含隨附的申請專利範圍中所列舉的各構成部件的各種子系統以保持規定的機械精度、電氣精度、光學精度的方式加以組裝而製造。為了確保所述各種精度，在組裝的前後，對各種光學系統進行用於達成光學精度的調整，對各種機械系統進行用於達成機械精度的調整，對各種電氣系統進行用於達成電氣精度的調整。在由各種子系統組裝成曝光裝置 EX 的步驟中，包括各種子系統相互的機械連接、電路的配線連接、氣壓回路的配管連接等。在由各種子系統組裝成曝光裝置 EX 的步驟之前，當然存在各子系統各自的組裝步驟。在將各種子系統組裝成曝光裝置 EX 的步驟結束後，進行綜合調整，確保作為曝光裝置 EX 整體的各種精度。曝光裝置 EX 的製造可在溫度、潔淨度等受到了管理的潔淨室中進行。

【0173】 對使用了第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2、曝光裝置 EX 的元件的製造方法進行說明。

【0174】 如圖 17 所示，製造半導體元件或液晶顯示器件的元件的

製造方法包括：成膜步驟 S40，在作為半導體元件的基板的基板 P 形成具有規定物性的薄膜；塗佈步驟 S42，在所形成的薄膜上塗佈作為感光性材料的光致抗蝕劑（抗蝕劑）；曝光步驟 S44，使用曝光裝置 EX，將形成於遮罩 M 的圖案 MP 曝光（轉印）至塗佈有光致抗蝕劑的基板 P 上；以及顯影步驟 S46，進行曝光（轉印）結束後的基板 P 的顯影、即轉印有圖案 MP 的光致抗蝕劑的顯影。

【0175】 元件的製造方法更包括加工步驟 S48，該加工步驟 S48 將在顯影步驟 S46 中在基板 P 的表面生成的抗蝕劑圖案作為遮罩，對基板 P 的表面進行加工。此處，所謂抗蝕劑圖案，是指生成有與藉由曝光裝置 EX 而轉印的圖案對應的形狀的凹凸的光致抗蝕劑層，且其凹部貫通光致抗蝕劑層。在加工步驟 S48 中，經由抗蝕劑圖案來進行基板 P 的表面的加工。在加工中，例如包括基板 P 的表面的蝕刻、或者金屬、半導體材料或電介質等在基板 P 的表面的成膜，該步驟重複進行多次。

【0176】 如圖 18 所示，液晶顯示器件等液晶元件的製造步驟包括圖案形成步驟 S50、彩色濾光片形成步驟 S52、盒組裝步驟 S54 及模組組裝步驟 S56。在圖案形成步驟 S50 中，使用上述實施形態的曝光裝置 EX，在塗佈有光致抗蝕劑的玻璃基板上形成電路圖案、電極圖案等規定的圖案。在圖案形成步驟 S50 中，包括與所述曝光步驟 S44 相同的曝光步驟，即，使用曝光裝置 EX 將形成於遮罩的電路圖案等規定的圖案曝光（轉印）至玻璃基板上的步驟、以及與所述顯影步驟 S46、加工步驟 S48 相同的顯影步驟、加工步驟。

【0177】 在彩色濾光片形成步驟 S52 中，將許多與紅(R)、綠(G)、藍(B)對應的三個點(dot)的組排列成矩陣狀。或者形成將 R、G、B 此三根條紋(stripe)的濾光片的組在水平掃描方向上排列多個而成的彩色濾光片。在盒組裝步驟 S54 中，使用在圖案形成步驟 S50 中形成了規定圖案的玻璃基板、以及在彩色濾光片形成步驟 S52 中形成的彩色濾光片來組裝液晶面板(液晶盒)。具體而言，例如藉由在玻璃基板與彩色濾光片之間注入液晶來形成液晶面板。在模組組裝步驟 S56 中，對盒組裝步驟 S54 中組裝的液晶面板安裝用於進行顯示動作的電路及背光等各種零件。

【0178】 第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 並不限定於應用至半導體元件製造用的曝光裝置中，例如，亦可廣泛應用至形成於角型的玻璃板或片狀的可撓體的液晶顯示器件、或電致發光等的顯示裝置用的曝光裝置中、或者用於製造攝像器件(電荷耦合元件(charge coupled device, CCD)等)、微機械(micro machine)、薄膜磁頭及去氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)晶片等各種元件的曝光裝置中。進而，第一實施形態、第二實施形態的照明光學系統 IL1、照明光學系統 IL2 亦可應用於使用光微影步驟來製造形成有各種元件的遮罩圖案的遮罩(光罩、標線片(reticule)等)時的曝光步驟(曝光裝置)中。

[產業上之可利用性]

【0179】 藉由本發明的一態樣的照明光學系統，可在抑制光量損

失的同時進行照明條件的切換，從而較佳地進行各種元件的製造中的曝光。

【符號說明】

【0180】

1、7:光纖群組

1L:大直徑光纖

1Le:出射端

1LG:大直徑光纖群組

1Li:入射端

1M:中等直徑光纖

1Me:出射端

1MG:中等直徑光纖群組

1Mi:入射端

1S:小直徑光纖

1Se:出射端

1SG:小直徑光纖群組

1Si:入射端

2、8:半導體雷射單元

3、3L、3S、9:收集器透鏡

4、4':中繼透鏡

5:蠅眼透鏡

5a:透鏡組件

5ae:出射面

5ai:入射面

5e:出射面

5i:入射面

6:聚光透鏡

7A:環形照明用光纖

7A':光纖

7Ae、7Pe:出射端

7Ae'、7Ne:出射端

7AG:環形照明用光纖群組

7Ai、7Ni、7Pi:入射端

7N:普通照明用光纖

7NG:普通照明用光纖群組

7P:四極照明用光纖

7PG:四極照明用光纖群組

21、81:移動機構

91:第一中繼透鏡

92:第二中繼透鏡

93:軸錐透鏡

A1:視野區域

A2:曝光區域

ARA、ARL、ARM、ARN、ARP、ARS:區域

- Ax、AX:光軸
- CONT1、CONT2:控制部
- EA1、EA2:發光區域
- EX:曝光裝置
- IL1、IL2:照明光學系統
- ILA:照明區域
- IU:照明單元
- LS1、LS2:光源部
- M:遮罩
- MP:圖案
- MST:遮罩載台
- OL1、OL2:輪廓線
- OR:重合區域
- P:基板
- PL:投影光學系統
- PP:照明光瞳
- PST:基板載台
- S40:成膜步驟
- S42:塗佈步驟
- S44:曝光步驟
- S46:顯影步驟
- S48:加工步驟

S50:圖案形成步驟

S52:彩色濾光片形成步驟

S54:盒組裝步驟

S56:模組組裝步驟

X、Y、Z:方向