



(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 I661224 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：108101825

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 24 日

(51)Int. Cl. : **G02B26/08 (2006.01)****G03F7/20 (2006.01)****H01L21/027 (2006.01)**

(30)優先權：2011/06/13 美國

61/496, 234

(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：三宅範夫 MIYAKE,NORIO (JP)；加藤欣也 KATO,KINYA (JP)

(74)代理人：葉璟宗；卓俊傑

(56)參考文獻：

TW 201027266A

JP 2009-105396A

US 2010/0315616A1

審查人員：劉守禮

申請專利範圍項數：項 圖式數： 共頁

(54)名稱

照明光學系統、曝光裝置以及元件製造方法

ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE APPARATUS AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(57)摘要

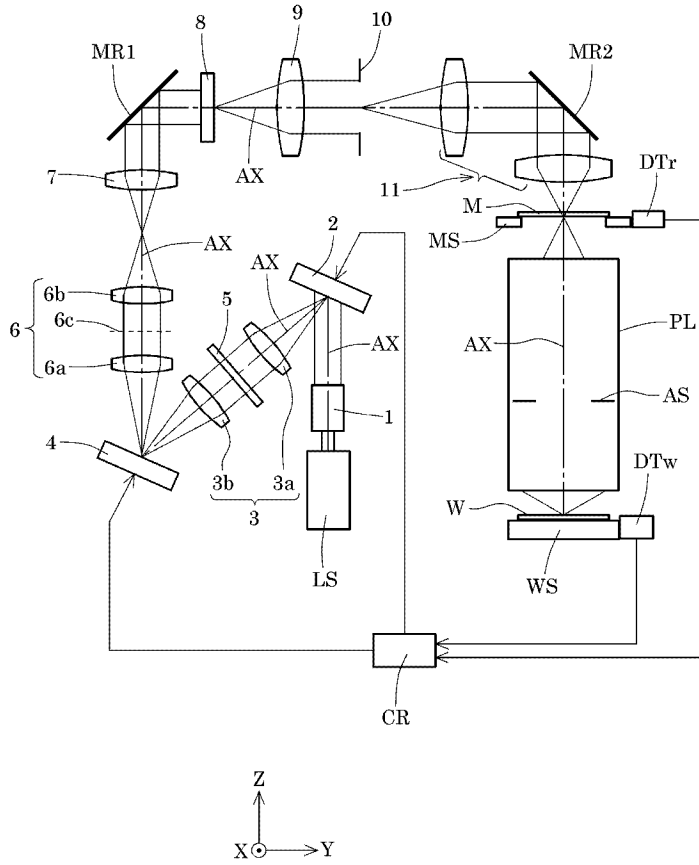
一種照明光學系統，具有與偏光狀態的變更相關的高自由度。藉由來自光源的光對被照射面進行照明的照明光學系統包括：第 1 空間光調變器，具有排列於第 1 面且個別地受到控制的多個光學要素；偏光構件，配置於比第 1 面更靠被照射面側的光徑中，將與第 2 光束不同的偏光狀態的變化賦予通過橫切照明光學系統的光軸的面內的第 1 區域的第 1 光束，第 2 光束通過與橫切的面內的第 1 區域不同的第 2 區域；以及第 2 空間光調變器，具有多個光學要素，且可變地於照明光學系統的照明光瞳中形成光強度分布。

An illumination optical system is provided, which has a high degree of freedom related to changes in polarization state. The illumination optical system which illuminates an irradiated surface by light from a light source includes: a first spatial light modulator which has a plurality of optical elements arranged on a first surface and respectively controlled; a polarizing member, disposed in a light path closer to the irradiated surface than the first surface, which gives changes in polarization state that are different from a second light beam to a first light beam passing through a first region in a plane which transects the optical axis of the illumination optical system, wherein the second light beam passes through a second region different from the first region in the transection; and a second spatial light modulator, which has a plurality of optical elements and may variably form an optical intensity distribution in an illumination pupil of the illumination optical system.

指定代表圖：

符號簡單說明：

1：光束輸送部 2、  
4：空間光調變器 3：  
再成像光學系統 3a、  
6a：前側透鏡群 3b、  
6b：後側透鏡群 5：  
偏光構件 6、7：中繼  
光學系統 6c：光瞳面  
8：微複眼透鏡 9：聚  
光器光學系統 10：單  
幕遮板 11：成像光學  
系統 AX：光軸 AS：  
孔徑光闌 CR：控制系  
統 DTr：第 1 光瞳強  
度分布測量部 DTw：  
第 2 光瞳強度分布測  
量部 LS：光源 M：單  
幕 MR1：光徑彎折面  
鏡 MR2：面鏡 MS：  
單幕平台 PL：投影光  
學系統 W：晶圓  
WS：晶圓平台 X、  
Y、Z：方向



【圖1】

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

照明光學系統、曝光裝置以及元件製造方法

### 【英文發明名稱】

ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE APPARATUS  
AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

### 【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種照明光學系統、曝光裝置以及元件製造方法。

### 【先前技術】

【0002】 於此種典型的曝光裝置中，自光源射出的光經由作為光學積分器（optical integrator）的複眼透鏡（fly eye lens），形成作為包含多個光源的實質性面光源的二次光源（一般而言為照明光瞳中規定的光強度分布）。以下，將照明光瞳中的光強度分布稱為「光瞳強度分布」。又，照明光瞳是被定義為如下的位置，即，藉由照明光瞳與被照射面（於曝光裝置的情形時，該被照射面為罩幕（mask）或晶圓（wafer））之間的光學系統的作用，使被照射面成為照明光瞳的傅里葉（Fourier）變換面。

【0003】 來自二次光源的光藉由聚光器（condenser）光學系統而彙聚之後，重疊地對形成有規定的圖案（pattern）的罩幕（mask）進行照明。透過罩幕的光經由投影光學系統而成像於晶圓上，罩幕圖案投影曝光（轉印）至晶圓上。形成於罩幕的圖案已微細化，

為了將該微細圖案正確地轉印至晶圓上，不可或缺的是於晶圓上獲得均一的照度分布。

【0004】 先前，已提出有如下的技術，即，藉由配置於複眼透鏡的正後方的附波長板的孔徑光闌（aperture diaphragm）的作用，於複眼透鏡的後側焦點面或該後側焦點面附近的照明光瞳中形成環帶狀或多極狀的二次光源（光瞳強度分布），以使通過該二次光源的光束處於直線偏光狀態（以下簡稱為「圓周方向偏光狀態」）的方式來進行設定，該直線偏光狀態是以上述光束的圓周方向為偏光方向（例如參照專利文獻 1）。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0005】 [專利文獻 1]

日本專利第 3246615 號公報

【0006】 為了實現適合於忠實地對各種形態的微細圖案進行轉印的照明條件，較為理想的是使與光瞳強度分布的形狀（包含大小的廣泛的概念）及偏光狀態的變更相關的自由度提高。然而，對於專利文獻 1 所揭示的先前技術而言，只有對附波長板的孔徑光闌進行更換，才可使光瞳強度分布的形狀或偏光狀態發生變化。

【發明內容】

【0007】 本發明是鑒於上述問題而成的發明，本發明的目的在於提供如下的照明光學系統，該照明光學系統具有與偏光狀態的變更相關的高自由度。又，本發明的目的在於提供如下的曝光裝置

以及元件製造方法，該曝光裝置可使用具有與偏光狀態的變更相關的高自由度的照明光學系統，基於適當的照明條件來正確地將微細圖案轉印至感光性基板。

**【0008】** 第 1 形態提供一種照明光學系統，藉由來自光源的光來對被照射面進行照明，該照明光學系統的特徵在於包括：

第 1 空間光調變器，具有排列於第 1 面且個別地受到控制的多個光學要素；

偏光構件，配置於比上述第 1 面更靠上述被照射面側的光徑中，將與第 2 光束不同的偏光狀態的變化賦予通過第 1 區域的第 1 光束，上述第 1 區域是橫切上述照明光學系統的光軸的面內的區域，上述第 2 光束通過與上述橫切面內的上述第 1 區域不同的第 2 區域；以及

第 2 空間光調變器，具有多個光學要素，且可變地於上述照明光學系統的照明光瞳中形成光強度分布，上述多個光學要素排列於比上述第 1 面更靠上述被照射面側的上述光徑中或比上述第 1 面更靠上述光源側的光徑中的第 2 面，且個別地受到控制。

**【0009】** 第 2 形態提供一種曝光裝置，其特徵在於：包括用以對規定的圖案進行照明的第 1 形態的照明光學系統，將上述規定的圖案曝光至感光性基板。

**【0010】** 第 3 形態提供一種元件製造方法，其特徵在於包括如下的步驟：使用第 2 形態的曝光裝置，將上述規定的圖案曝光至上述感光性基板；

對轉印有上述規定的圖案的上述感光性基板進行顯影，於上述感光性基板的表面，形成與上述規定的圖案相對應的形狀的罩幕層；以及

經由上述罩幕層來對上述感光性基板的表面進行加工。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0011】

圖 1 是概略性地表示實施形態的曝光裝置的構成的圖。

圖 2 是對光瞳形成用的空間光調變器的構成及作用進行說明的圖。

圖 3 是空間光調變器的要部的部分立體圖。

圖 4 是對偏光分類用的空間光調變器的構成及作用進行說明的圖。

圖 5 是概略性地表示實施形態的偏光構件的構成的圖。

圖 6 是表示偏光分類用的空間光調變器的有效反射區域被虛擬地分割為 5 個部分區域時的情形的圖。

圖 7 是表示光瞳形成用的空間光調變器的有效反射區域被虛擬地分割為 5 個部分區域時的情形的圖。

圖 8 是表示將中央極的面光源追加至呈 8 極狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布而成的 9 極狀的光瞳強度分布的圖。

圖 9 是表示呈環帶狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布的圖。

圖 10 是表示將中央極的面光源追加至呈 8 極狀的直徑方向偏

光狀態的光瞳強度分布而成的 9 極狀的光瞳強度分布的圖。

圖 11 是概略性地表示第 1 變形例的偏光構件的構成的圖。

圖 12 是表示 16 分割型的呈環帶狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布的圖。

圖 13 (a)、圖 13 (b) 是概略性地表示第 2 變形例的偏光構件的構成的圖。

圖 14 是概略性地表示第 3 變形例的偏光構件的構成的圖。

圖 15 (a)、圖 15 (b) 是概略性地表示第 4 變形例的偏光構件的構成的圖。

圖 16 是表示與偏光分類用的空間光調變器、偏光構件、及光瞳形成用的空間光調變器的配置關係相關的第 1 變形例的圖。

圖 17 是表示與偏光分類用的空間光調變器、偏光構件、及光瞳形成用的空間光調變器的配置關係相關的第 2 變形例的圖。

圖 18 是表示半導體元件的製造步驟的流程圖。

圖 19 是表示液晶顯示元件等的液晶元件的製造步驟的流程圖。

### 【實施方式】

【0012】 以下，基於隨附圖式來對實施形態進行說明。圖 1 是概略性地表示實施形態的曝光裝置的構成的圖。於圖 1 中，沿著感光性基板即晶圓 W 的轉印面（曝光面）的法線方向來設定 Z 軸，沿著晶圓 W 的轉印面內的與圖 1 的紙面平行的方向來設定 Y 軸，沿著晶圓 W 的轉印面內的與圖 1 的紙面垂直的方向來設定 X 軸。

【0013】 參照圖 1，於本實施形態的曝光裝置中，由光源 LS 供給曝光光束（照明光）。例如可使用供給 193 nm 的波長的光的 ArF 準分子雷射（excimer laser）光源、或供給 248 nm 的波長的光的 KrF 準分子雷射光源等作為光源 LS。自光源 LS 朝+Z 方向射出的光經由光束（beam）輸送部 1，射入至偏光分類用的空間光調變器 2。經由空間光調變器 2 朝傾斜方向射出的光是經由再成像光學系統 3 而射入至光瞳形成用的空間光調變器 4，該再成像光學系統 3 包含前側透鏡群 3a 與後側透鏡群 3b。

【0014】 於再成像光學系統 3 的光瞳位置或該光瞳位置附近配置有偏光構件 5。光束輸送部 1 具有如下的功能，即，將來自光源 LS 的入射光束轉換為具有適當的大小及形狀的剖面的光束，同時將該光束引導至空間光調變器 2、空間光調變器 4，並且主動地對射入至空間光調變器 2、空間光調變器 4 的光束的位置變動及角度變動進行修正。再者，光束輸送部 1 亦可為如下的構成，即，不將來自光源 LS 的入射光束轉換為具有適當的大小及形狀的剖面的光束。

【0015】 如下所述，空間光調變器 2、空間光調變器 4 包括：多個面鏡（mirror）要素，排列於規定面內且個別地受到控制；以及驅動部，基於來自控制系統 CR 的控制信號，個別地對多個面鏡要素的姿勢進行控制驅動。偏光構件 5 包括並排地配置且偏光作用互不相同的多個 1/2 波長板。空間光調變器 2、空間光調變器 4 以及偏光構件 5 的構成及作用於下文中敘述。



【0016】 自空間光調變器 4 朝+Z 方向射出的光經由中繼 ( relay ) 光學系統 6 的前側透鏡群 6a, 射入至中繼光學系統 6 的光瞳面 6c。以如下的方式來對前側透鏡群 6a 進行設定, 該方式是指使前側透鏡群 6a 的前側焦點位置與空間光調變器 4 的多個面鏡要素的排列面 ( 以下稱為「空間光調變器的排列面」) 的位置大致一致, 且使前側透鏡群 6a 的後側焦點位置與光瞳面 6c 的位置大致一致。如下所述, 經由空間光調變器 4 的光是可變地於光瞳面 6c 中形成與多個面鏡要素的姿勢相對應的光強度分布。於光瞳面 6c 中形成了光強度分布的光是經由中繼光學系統 6 的後側透鏡群 6b, 射入至中繼光學系統 7。

【0017】 藉由光徑彎折面鏡 MR1 來使經由中繼光學系統 7 的光朝+Y 方向反射, 接著射入至微複眼透鏡 ( micro fly eye lens ) ( 或複眼透鏡 ) 8。以使光瞳面 6c 與微複眼透鏡 8 的入射面光學共軛的方式, 對後側透鏡群 6b 以及中繼光學系統 7 進行設定。因此, 經由空間光調變器 4 的光會在與光瞳面 6c 光學共軛的位置所配置的微複眼透鏡 8 的入射面上, 形成與光瞳面 6c 上所形成的光強度分布相對應的光強度分布。

【0018】 微複眼透鏡 8 例如是包含縱橫且稠密地排列的多個具有正折射力的微小透鏡的光學元件, 對平行平板實施蝕刻 ( etching ) 處理而形成微小透鏡群, 藉此來構成該微複眼透鏡 8。微複眼透鏡與包含彼此隔絕的透鏡元件 ( lens element ) 的複眼透鏡不同, 多個微小透鏡 ( 微小折射面 ) 並不彼此隔絕而是形成為

一體。然而，由於縱橫地配置有透鏡要素，因此，微複眼透鏡是與複眼透鏡相同的波前分割(wavefront division)型的光學積分器。

【0019】 微複眼透鏡 8 中的作為單位波前分割面的矩形狀的微小折射面 (refracting surface)，呈與罩幕 M 上應形成的照野 (field) 的形狀 (進而與晶圓 W 上應形成的曝光區域的形狀) 相似的矩形狀。再者，例如亦可使用柱狀微複眼透鏡 (cylindrical micro fly eye lens) 作為微複眼透鏡 8。柱狀微複眼透鏡的構成及作用例如已揭示於美國專利第 6913373 號說明書。

【0020】 射入至微複眼透鏡 8 的光束被多個微小透鏡二維地分割，於該微複眼透鏡 8 的後側焦點面或該後側焦點面附近的照明光瞳中形成二次光源 (包含多個小光源的實質性的面光源：光瞳強度分布)，該二次光源具有與形成於入射面的光強度分布大致相同的光強度分布。來自形成於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳的二次光源的光束，經由聚光器光學系統 9 而重疊地對罩幕遮板 (mask blind) 10 進行照明。

【0021】 如此，於作為照明視場光闌的罩幕遮板 10 形成矩形狀的照野，該矩形狀的照野對應於微複眼透鏡 8 的矩形狀的微小折射面的形狀與焦點距離。再者，亦可將具有與二次光源相對應的形狀的開口部 (光透射部) 的照明孔徑光闌，配置於微複眼透鏡 8 的後側焦點面或該後側焦點面附近，即，配置於與後述的投影光學系統 PL 的入射光瞳面大致光學共軛的位置。

【0022】 經由罩幕遮板 10 的矩形狀的開口部 (光透射部) 的光

束受到成像光學系統 11 的聚光作用，且被成像光學系統 11 的光徑中所配置的面鏡 MR2 朝-Z 方向反射之後，重疊地對形成有規定的圖案的罩幕 M 進行照明。亦即，成像光學系統 11 將罩幕遮板 10 的矩形狀開口部的像形成於罩幕 M 上。

**【0023】** 透過罩幕平台 (mask stage) MS 上所保持的罩幕 M 的光束會經由投影光學系統 PL，在晶圓平台 (wafer stage) WS 上所保持的晶圓 (感光性基板) W 上形成罩幕圖案的像。如此，在與投影光學系統 PL 的光軸 AX 正交的平面 (XY 平面) 內，一面二維地對晶圓平台 WS 進行驅動控制，進而一面二維地對晶圓 W 進行驅動控制，一面進行批量曝光或掃描 (scan) 曝光，藉此，將罩幕 M 的圖案依序曝光至晶圓 W 的各曝光區域。

**【0024】** 本實施形態的曝光裝置包括：第 1 光瞳強度分布測量部 DTr，基於經由照明光學系統 (1~11) 的光，對照明光學系統的出射光瞳面中的光瞳強度分布進行測量；第 2 光瞳強度分布測量部 DTw，基於經由投影光學系統 PL 的光，對投影光學系統 PL 的光瞳面 (投影光學系統 PL 的出射光瞳面) 中的光瞳強度分布進行測量；以及控制系統 CR，基於第 1 光瞳強度分布測量部 DTr 及第 2 光瞳強度分布測量部 DTw 中的至少一個測量結果，對空間光調變器 2、空間光調變器 4 進行控制，且總括地對曝光裝置的動作進行控制。

**【0025】** 第 1 光瞳強度分布測量部 DTr 例如包括如下的攝影部，且對與照明光學系統的被照射面上的各點相關的光瞳強度分布

(射入至各點的光於照明光學系統的出射光瞳位置所形成的光瞳強度分布)進行監視,上述攝影部具有配置在與照明光學系統的出射光瞳位置光學共軛的位置的光電轉換面。又,第2光瞳強度分布測量部 DTw 例如包括如下的攝影部,且對與投影光學系統 PL 的像面的各點相關的光瞳強度分布(射入至各點的光於投影光學系統 PL 的光瞳位置所形成的光瞳強度分布)進行監視,上述攝影部具有配置在與投影光學系統 PL 的光瞳位置光學共軛的位置的光電轉換面。

【0026】關於第1光瞳強度分布測量部 DTr 及第2光瞳強度分布測量部 DTw 的詳細的構成及作用,例如可參照美國專利公開第 2008/0030707 號說明書。又,關於光瞳強度分布測量部,亦可參照美國專利公開第 2010/0020302 號公報的揭示。

【0027】於本實施形態中,將藉由微複眼透鏡 8 形成的二次光源作為光源,對配置於照明光學系統的被照射面的罩幕 M (進而對晶圓 W)進行柯勒照明(Kohler illumination)。因此,形成有二次光源的位置與投影光學系統 PL 的孔徑光闌 AS 的位置光學共軛,可將二次光源的形成面稱為照明光學系統的照明光瞳面。又,可將上述二次光源的形成面的像稱為照明光學系統的出射光瞳面。典型而言,相對於照明光瞳面,被照射面(配置有罩幕 M 的面、或考慮照明光學系統含投影光學系統 PL 時的配置有晶圓 W 的面)成為光學性的傅里葉變換面。再者,所謂光瞳強度分布,是指照明光學系統的照明光瞳面或與該照明光瞳面光學共軛的面中的光

強度分布（亮度分布）。

【0028】 當微複眼透鏡 8 的波前分割數比較大時，形成於微複眼透鏡 8 的入射面的全局性的光強度分布、與整個二次光源的全局性的光強度分布（光瞳強度分布）表現出高相關性。因此，微複眼透鏡 8 的入射面及與該入射面光學共軛的面中的光強度分布亦可稱為光瞳強度分布。於圖 1 的構成中，中繼光學系統 6、中繼光學系統 7、以及微複眼透鏡 8 構成如下的單元，該單元基於經由空間光調變器 4 的光束，於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中形成光瞳強度分布。

【0029】 如圖 2 所示，光瞳形成用的空間光調變器 4 包括：排列於規定面內的多個面鏡要素 4a、保持著多個面鏡要素 4a 的基盤 4b、以及驅動部 4c，該驅動部 4c 經由連接於基盤 4b 的電纜(cable)（未圖示）而個別地對多個面鏡要素 4a 的姿勢進行控制驅動。於空間光調變器 4 中，藉由驅動部 4c 的作用，多個面鏡要素 4a 的姿勢分別發生變化，各面鏡要素 4a 被分別設定為規定的方位，上述驅動部 4c 基於來自控制系統 CR 的指令而作動。

【0030】 如圖 3 所示，空間光調變器 4 包括二維地排列的多個微小的面鏡要素 4a，該空間光調變器 4 以可變的方式，根據入射光的入射位置來對該入射光進行空間性調變，接著使經空間性調變的入射光射出。為了使說明以及圖示簡單，於圖 2 以及圖 3 中表示了空間光調變器 4 包括  $4 \times 4 = 16$  個面鏡要素 4a 的構成例，但實際上包括遠多於 16 個的面鏡要素 4a。

【0031】 參照圖 2，射入至空間光調變器 3 的光線群中，光線 L1 射入至多個面鏡要素 4a 中的面鏡要素 SEa，光線 L2 射入至與面鏡要素 SEa 不同的面鏡要素 SEb。同樣地，光線 L3 射入至與面鏡要素 SEa、面鏡要素 SEb 不同的面鏡要素 SEc，光線 L4 射入至與面鏡要素 SEa～面鏡要素 SEc 不同的面鏡要素 SEd。面鏡要素 SEa～面鏡要素 SEd 對光 L1～光 L4 進行如下的空間性調變，該空間性調變是根據面鏡要素 SEa～面鏡要素 SEd 的位置來設定。

【0032】 空間光調變器 4 是以如下的方式構成，即，在全部的面鏡要素 4a 的反射面沿著一個平面設定的基準狀態下，沿著與空間光調變器 2 及空間光調變器 4 之間的光徑的光軸 AX 呈平行的方向射入的光線被空間光調變器 4 反射之後，朝與空間光調變器 4 及中繼光學系統 6 之間的光徑的光軸 AX 呈平行的方向前進。又，如上所述，空間光調變器 4 的排列面定位於中繼光學系統 6 的前側透鏡群 6a 的前側焦點位置或該前側焦點位置附近。

【0033】 因此，經空間光調變器 4 的多個面鏡要素 SEa～面鏡要素 SEd 反射而被賦予規定的角度分布的光，會於中繼光學系統 6 的光瞳面 6c 中形成規定的光強度分布 SP1～光強度分布 SP4，進而會於微複眼透鏡 8 的入射面中形成與光強度分布 SP1～光強度分布 SP4 相對應的光強度分布。亦即，前側透鏡群 6a 將由空間光調變器 4 的多個面鏡要素 SEa～面鏡要素 SEd 賦予出射光的角度，轉換為空間光調變器 4 的遠場（far field）（夫琅禾費（Fraunhofer）繞射區域）即光瞳面 6c 上的位置。如此，微複眼

透鏡 8 所形成的二次光源的光強度分布（光瞳強度分布）成為如下的分布，該分布對應於由空間光調變器 4 及中繼光學系統 6、中繼光學系統 7 形成於微複眼透鏡 8 的入射面的光強度分布。

【0034】 如圖 3 所示，空間光調變器 4 是包含面鏡要素 4a 的可動多面鏡（multi mirror），該面鏡要素 4a 是在以平面狀的反射面作為上表面的狀態下，沿著一個平面規則且二維地排列的多個微小的反射元件。各面鏡要素 4a 可動，藉由驅動部 4c 的作用來獨立地對各面鏡要素 4a 的反射面的斜度，即，反射面的傾斜角及傾斜方向進行控制，上述驅動部 4c 基於來自控制系統 CR 的控制信號而作動。各面鏡要素 4a 能夠以與反射面呈平行的彼此正交的兩個方向為旋轉軸，連續或離散地旋轉所期望的旋轉角度。亦即，能夠二維地對各面鏡要素 4a 的反射面的傾斜進行控制。

【0035】 當離散地使各面鏡要素 4a 的反射面旋轉時，較佳為以多個狀態（例如， $\dots$ 、 $-2.5$  度、 $-2.0$  度、 $\dots$ 、 $0$  度、 $+0.5$  度、 $\dots$ 、 $+2.5$  度、 $\dots$ ）來對旋轉角進行切換控制。圖 3 中表示了外形為正方形狀的面鏡要素 4a，但面鏡要素 4a 的外形形狀並不限定於正方形。然而，根據光利用效率的觀點，可設為能夠以使面鏡要素 4a 的間隙減少的方式來排列的形狀（可最密集地填充的形狀）。又，根據光利用效率的觀點，可將相鄰的 2 個面鏡要素 4a 的間隔抑制至必需的最小限度。

【0036】 於本實施形態中，例如使用使二維地排列的多個面鏡要素 4a 的方位分別連續地發生變化的空間光調變器作為空間光調變

器 4。例如可使用歐洲專利公開第 779530 號公報、美國專利第 5,867,302 號公報、美國專利第 6,480,320 號公報、美國專利第 6,600,591 號公報、美國專利第 6,733,144 號公報、美國專利第 6,900,915 號公報、美國專利第 7,095,546 號公報、美國專利第 7,295,726 號公報、美國專利第 7,424,330 號公報、美國專利第 7,567,375 號公報、美國專利公開第 2008/0309901 號公報、國際專利公開第 WO2010/037476 號小冊子、國際專利公開第 WO2010/040506 號小冊子以及日本專利特開 2006-113437 號公報所揭示的空間光調變器作為如上所述的空間光調變器。再者，亦可以具有多個階段的方式，離散地對二維地排列的多個面鏡要素 4a 的方位進行控制。

**【0037】** 於空間光調變器 4 中，藉由驅動部 4c 的作用，多個面鏡要素 4a 的姿勢分別發生變化，各面鏡要素 4a 被分別設定為規定的方位，上述驅動部 4c 基於來自控制系統 CR 的控制信號而作動。空間光調變器 4 的多個面鏡要素 4a 分別以規定的角度所反射的光，於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中形成所期望的光瞳強度分布。而且，在與微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳光學共軛的其他照明光瞳的位置，即，成像光學系統 11 的光瞳位置及投影光學系統 PL 的光瞳位置（配置有孔徑光闌 AS 的位置），亦形成所期望的光瞳強度分布。

**【0038】** 如此，光瞳形成用的空間光調變器 4 具有如下的功能，即，可變地於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中形成光瞳強度



分布。中繼光學系統 6 以及中繼光學系統 7 構成分布形成光學系統，該分布形成光學系統使由空間光調變器 4 的多個面鏡要素 4a 於遠場形成的遠場圖案，成像於與微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳共軛的位置（微複眼透鏡 8 的入射面或該入射面附近）。上述分布形成光學系統將來自空間光調變器 4 的出射光束的角度方向的分布，轉換為來自分布形成光學系統的出射光束的剖面中的位置分布。

**【0039】** 偏光分類用的空間光調變器 2 具有與光瞳形成用的空間光調變器 4 相同的構成，但具有與空間光調變器 4 不同的作用（功能）。以下，將與空間光調變器 4 重複的說明予以省略，著眼於與空間光調變器 4 不同之處來對空間光調變器 2 進行說明。換言之，與空間光調變器 2 的構成相關的未特別涉及的方面是與空間光調變器 4 的構成相同。

**【0040】** 如圖 4 所示，空間光調變器 2 包括：排列於規定面內的多個面鏡要素 2a、保持著多個面鏡要素 2a 的基盤 2b、以及驅動部 2c，該驅動部 2c 經由連接於基盤 2b 的電纜（未圖示）而個別地對多個面鏡要素 2a 的姿勢進行控制驅動。於圖 4 中，為了與空間光調變器 4 對比地使空間光調變器 2 的說明易於理解，以使光軸 AX 與圖 4 中的鉛垂方向一致的狀態，圖示自空間光調變器 2 至偏光構件 5 為止的構成。

**【0041】** 於空間光調變器 2 中，藉由驅動部 2c 的作用，多個面鏡要素 2a 的姿勢分別發生變化，各面鏡要素 2a 被分別設定為規

定的方位，上述驅動部 2c 基於來自控制系統 CR 的指令而作動。如圖 3 所示，空間光調變器 2 包括二維地排列的多個微小的面鏡要素 2a，該空間光調變器 2 以可變的方式，根據入射光的入射位置來對該入射光進行空間性調變，接著使經空間性調變的入射光射出。

【0042】 參照圖 4，射入至空間光調變器 2 的光線群中，光線 L11 射入至多個面鏡要素 2a 中的面鏡要素 SEe，光線 L12 射入至與面鏡要素 SEe 不同的面鏡要素 SEf。同樣地，光線 L13 射入至與面鏡要素 SEe、面鏡要素 SEf 不同的面鏡要素 SEg，光線 L14 射入至與面鏡要素 SEe～面鏡要素 SEg 不同的面鏡要素 SEh。面鏡要素 SEe～面鏡要素 SEh 對光 L11～光 L14 進行如下的空間性調變，該空間性調變是根據面鏡要素 SEe～面鏡要素 SEh 的位置來設定。

【0043】 空間光調變器 2 是以如下的方式構成，即，在全部的面鏡要素 2a 的反射面沿著一個平面設定的基準狀態下，沿著與光束輸送部 1 及空間光調變器 2 之間的光徑的光軸 AX 呈平行的方向射入的光線被空間光調變器 2 反射之後，朝與空間光調變器 2 及空間光調變器 4 之間的光徑的光軸 AX 呈平行的方向前進。如上所述，偏光構件 5 定位於如下的位置或該位置附近，該位置在光學性上與空間光調變器 2 的排列面存在傅里葉變換關係。

【0044】 因此，再成像光學系統 3 的前側透鏡群 3a 將由空間光調變器 2 的多個面鏡要素 SEe～面鏡要素 SEh 賦予出射光的角度，轉換為空間光調變器 2 的遠場即偏光構件 5 的入射面上的位

置。如此，偏光分類用的空間光調變器 2 具有如下的功能，即，將射入至入射面的任意的區域的光經由作為中繼光學系統的前側透鏡群 3a，可變地引導至偏光構件 5 的入射面上的所期望的區域。

【0045】 如圖 5 所示，偏光構件 5 包括：並排地配置於光徑中的 8 個 1/2 波長板 51a、1/2 波長板 51b、1/2 波長板 51c、1/2 波長板 51d、及一個消偏振鏡（depolarizer）（非偏光化元件）51e。作為一例，1/2 波長板 51a~1/2 波長板 51d 以及消偏振鏡 51e 是沿著與光軸 AX 正交的單一的平面來配置。於圖 5 中，為了使說明易於理解，沿著偏光構件 5 的入射面中的與 X 方向呈平行的方向來設定 x 方向，沿著偏光構件 5 的入射面中的與 x 方向正交的方向來設定 z 方向。

【0046】 於圖 5 所示的設置狀態下，對一對 1/2 波長板 51a 的光學軸的方位進行設定，使得當於 x 方向具有偏光方向的直線偏光（以下稱為「x 方向直線偏光」）的光射入時，使於 z 方向具有偏光方向的 z 方向直線偏光的光射出，該 z 方向是使 x 方向旋轉 90 度而成的方向。對一對 1/2 波長板 51b 的光學軸的方位進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使 x 方向直線偏光的光射出而不使該光的偏光方向發生變化。

【0047】 對一對 1/2 波長板 51c 的光學軸的方位進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使於+45 度傾斜方向具有偏光方向的直線偏光的光射出，該+45 度傾斜方向是使 x 方向在圖 5 中順時針地旋轉+45 度而成的方向。對一對 1/2 波長板 51d 的光學軸的方

位進行設定，使得當  $x$  方向直線偏光的光射入時，使於  $-45$  度傾斜方向具有偏光方向的直線偏光的光射出，該  $-45$  度傾斜方向是使  $x$  方向在圖 5 中順時針地旋轉  $-45$  度（或  $+135$  度）而成的方向。

【0048】 光瞳形成用的空間光調變器 4 的排列面隔著再成像光學系統 3，而位於與偏光分類用的空間光調變器 2 的排列面光學共軛的位置或該位置附近。因此，射入至空間光調變器 4 的入射光束的性狀對應於射入至空間光調變器 2 的入射光束的性狀。以下，為了使說明易於理解，設為由具有矩形狀的剖面的  $X$  方向直線偏光的平行光束射入至空間光調變器 2。亦即， $x$  方向直線偏光的光射入至偏光構件 5。具有矩形狀的剖面的平行光束射入至空間光調變器 4。

【0049】 於本實施形態中，如圖 6 所示，偏光分類用的空間光調變器 2 的有效反射區域 R2 被虛擬地分割為 5 個部分區域 R2a、部分區域 R2b、部分區域 R2c、部分區域 R2d、及部分區域 R2e。對應於 5 個部分區域 R2a~部分區域 R2e，如圖 7 所示，光瞳形成用的空間光調變器 4 的有效反射區域 R4 被虛擬地分割為 5 個部分區域 R4a、部分區域 R4b、部分區域 R4c、部分區域 R4d、及部分區域 R4e。再者，空間光調變器 2、空間光調變器 4 的有效反射區域的虛擬分割方法可採用各種形態。

【0050】 射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2a 的  $X$  方向直線偏光的光，被引導至偏光構件 5 的一對  $1/2$  波長板 51a，經由  $1/2$  波長板 51a 而成為  $z$  方向直線偏光的光，接著到達空間光調變器 4

的部分區域 R4a。射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2b 的 X 方向直線偏光的光，被引導至偏光構件 5 的一對 1/2 波長板 51b，經由 1/2 波長板 51b，偏光方向不發生變化，以 x 方向直線偏光的狀態而到達空間光調變器 4 的部分區域 R4b。

【0051】 射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2c 的 X 方向直線偏光的光，被引導至偏光構件 5 的一對 1/2 波長板 51c，經由 1/2 波長板 51c 而成為於+45 度傾斜方向具有偏光方向的+45 度傾斜方向直線偏光的光，接著到達空間光調變器 4 的部分區域 R4c。射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2d 的 X 方向直線偏光的光，被引導至偏光構件 5 的一對 1/2 波長板 51d，經由 1/2 波長板 51d 而成為於-45 度傾斜方向具有偏光方向的-45 度傾斜方向直線偏光的光，接著到達空間光調變器 4 的部分區域 R4d。

【0052】 射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2e 的 X 方向直線偏光的光，被引導至偏光構件 5 的消偏振鏡 51e，經由消偏振鏡 51e 而成為非偏光狀態的光，接著到達空間光調變器 4 的部分區域 R4e。如圖 8 所示，空間光調變器 4 的驅動部 4c 對屬於第 1 面鏡要素群 S4a 的多個面鏡要素 4a 的姿勢分別進行控制，以將經由位於部分區域 R4a 的第 1 面鏡要素群 S4a 的光引導至微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳面上的一對光瞳區域 R11a、光瞳區域 R11b。一對光瞳區域 R11a、光瞳區域 R11b 例如是隔著光軸 AX 而沿著 X 方向隔開間隔的區域。

【0053】 驅動部 4c 對屬於第 2 面鏡要素群 S4b 的多個面鏡要素

4a 的姿勢分別進行控制，以將經由位於部分區域 R4b 的第 2 面鏡要素群 S4b 的光引導至照明光瞳面上的一對光瞳區域 R12a、光瞳區域 R12b。一對光瞳區域 R12a、光瞳區域 R12b 例如是隔著光軸 AX 而沿著 Z 方向隔開間隔的區域。驅動部 4c 對屬於第 3 面鏡要素群 S4c 的多個面鏡要素 4a 的姿勢分別進行控制，以將經由位於部分區域 R4c 的第 3 面鏡要素群 S4c 的光引導至照明光瞳面上的一對光瞳區域 R13a、光瞳區域 R13b。一對光瞳區域 R13a、光瞳區域 R13b 例如是隔著光軸 AX 而沿著與+X 方向及+Z 方向成 45 度的方向隔開間隔的區域。

**【0054】** 驅動部 4c 對屬於第 4 面鏡要素群 S4d 的多個面鏡要素 4a 的姿勢分別進行控制，以將經由位於部分區域 R4d 的第 4 面鏡要素群 S4d 的光引導至照明光瞳面上的一對光瞳區域 R14a、光瞳區域 R14b。一對光瞳區域 R14a、光瞳區域 R14b 例如是隔著光軸 AX 而沿著與-X 方向及+Z 方向成 45 度的方向隔開間隔的區域。驅動部 4c 對屬於第 5 面鏡要素群 S4e 的多個面鏡要素 4a 的姿勢分別進行控制，以將經由位於部分區域 R4e 的第 5 面鏡要素群 S4e 的光引導至照明光瞳面上的單一的光瞳區域 R15。光瞳區域 R15 例如是包含光軸 AX 的區域。

**【0055】** 如此，空間光調變器 4 基於具有矩形狀的剖面的平行光束，於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中，例如形成包含 9 個圓形狀的實質性的面光源 P11a、面光源 P11b；面光源 P12a、面光源 P12b；面光源 P13a、面光源 P13b；面光源 P14a、面光源 P14b；

面光源 P15 的 9 極狀的光瞳強度分布 21。形成面光源 P11a、面光源 P11b 的光經由 1/2 波長板 51a，因此，該光為 Z 方向直線偏光（對應於圖 5 中的 z 方向直線偏光），上述面光源 P11a、面光源 P11b 佔據著光瞳區域 R11a、光瞳區域 R11b。

【0056】 形成面光源 P12a、面光源 P12b 的光經由 1/2 波長板 51b，因此，該光為 X 方向直線偏光（對應於圖 5 中的 x 方向直線偏光），上述面光源 P12a、面光源 P12b 佔據著光瞳區域 R12a、光瞳區域 R12b。形成面光源 P13a、面光源 P13b 的光經由 1/2 波長板 51c，因此，該光為於如下的方向具有偏光方向的+45 度傾斜方向直線偏光（對應於圖 5 中的+45 度傾斜方向直線偏光），上述方向是使圖 8 的紙面中的 X 方向順時針地旋轉+45 度而成的方向，上述面光源 P13a、面光源 P13b 佔據著光瞳區域 R13a、光瞳區域 R13b。

【0057】 形成面光源 P14a、面光源 P14b 的光經由 1/2 波長板 51d，因此，該光為於如下的方向具有偏光方向的-45 度傾斜方向直線偏光（對應於圖 5 中的-45 度傾斜方向直線偏光），上述方向是使圖 8 的紙面中的 X 方向順時針地旋轉-45 度而成的方向，上述面光源 P14a、面光源 P14b 佔據著光瞳區域 R14a、光瞳區域 R14b。形成面光源 P15 的光經由消偏振鏡 51e，因此，該光處於非偏光狀態，上述面光源 P15 佔據著光瞳區域 R15。

【0058】 如此，藉由偏光分類用的空間光調變器 2、偏光構件 5、以及光瞳形成用的空間光調變器 4 的協同作用，於微複眼透鏡 8

的正後方的照明光瞳中形成 9 極狀的光瞳強度分布 21，該 9 極狀的光瞳強度分布 21 是將中央極的面光源 P15 追加至呈 8 極狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布而成。而且，在與微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳光學共軛的其他照明光瞳的位置，即，在成像光學系統 11 的光瞳位置及投影光學系統 PL 的光瞳位置（配置有孔徑光闌 AS 的位置），亦形成與光瞳強度分布 21 相對應的 9 極狀的光瞳強度分布。

【0059】再者，雖將圖示予以省略，但不將射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2e 的光引導至消偏振鏡 51e，而是將該光引導至 1/2 波長板 51a~1/2 波長板 51d，並且將射入至空間光調變器 4 的部分區域 R4e 的光引導至光瞳區域 R11a、光瞳區域 R11b；光瞳區域 R12a、光瞳區域 R12b；光瞳區域 R13a、光瞳區域 R13b；光瞳區域 R14a、光瞳區域 R14b，藉此，可形成呈 8 極狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布，該 8 極狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布是自圖 8 的 9 極狀的光瞳強度分布 21 中，將中央極的面光源 P15 予以除去而獲得的分布。或者，以不使經由消偏振鏡 51e 及空間光調變器 4 的第 5 面鏡要素群 S4e 的光有助於形成照明光瞳的方式，將該光例如引導至照明光徑的外部，藉此，亦同樣可形成呈 8 極狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布。

【0060】一般而言，在基於圓周方向偏光狀態的環帶狀或多極狀（4 極狀、8 極狀等）的光瞳強度分布的圓周方向偏光照明中，照射至作為最終的被照射面的晶圓 W 的光是處於以 s 偏光為主成分



的偏光狀態。此處，所謂 s 偏光，是指於與入射面垂直的方向具有偏光方向的直線偏光（電向量（electric vector）沿著與入射面垂直的方向發生振動的偏光）。入射面被定義為如下的面，當光到達媒質的邊界面（被照射面：晶圓 W 的表面）時，該面包含此時的邊界面的法線與光的入射方向。結果，在圓周方向偏光照明中，可使投影光學系統的光學性能（焦點深度等）提高，從而可於晶圓（感光性基板）上獲得高對比度（contrast）的單幕圖案像。

【0061】於本實施形態中，由於使用有包括多個面鏡要素 4a 的光瞳形成用的空間光調變器 4，上述多個面鏡要素 4a 的姿勢個別地受到控制，因此，與光瞳強度分布的形狀（包含大小的廣泛的概念）的變更相關的自由度高。作為一例，只要根據來自控制系統 CR 的指令來對空間光調變器 4 進行控制，則如圖 9 所示，可於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中，形成呈環帶狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布 22。

【0062】於圖 9 所示的例子中，經由 1/2 波長板 51a 以及第 1 面鏡要素群 S4a 的光被引導至一對圓弧狀的光瞳區域 R21a、光瞳區域 R21b，從而形成實質性的面光源 P21a、面光源 P21b，上述一對圓弧狀的光瞳區域 R21a、光瞳區域 R21b 於照明光瞳面中，隔著光軸 AX 而沿著 X 方向隔開間隔。經由 1/2 波長板 51b 以及第 2 面鏡要素群 S4b 的光被引導至一對圓弧狀的光瞳區域 R22a、光瞳區域 R22b，從而形成實質性的面光源 P22a、面光源 P22b，上述一對圓弧狀的光瞳區域 R22a、光瞳區域 R22b 隔著光軸 AX 而沿

著 Z 方向隔開間隔。經由 1/2 波長板 51c 以及第 3 面鏡要素群 S4c 的光被引導至一對圓弧狀的光瞳區域 R23a、R23b，從而形成實質性的面光源 P23a、面光源 P23b，上述一對圓弧狀的光瞳區域 R23a、光瞳區域 R23b 隔著光軸 AX 而沿著與 +X 方向及 +Z 方向成 45 度的方向隔開間隔。

【0063】 經由 1/2 波長板 51d 以及第 4 面鏡要素群 S4d 的光被引導至一對圓弧狀的光瞳區域 R24a、光瞳區域 R24b，從而形成實質性的面光源 P24a、面光源 P24b，上述一對圓弧狀的光瞳區域 R24a、光瞳區域 R24b 隔著光軸 AX 而沿著與 -X 方向及 +Z 方向成 45 度的方向隔開間隔。經由消偏振鏡 51e 以及第 5 面鏡要素群 S4e 的光例如被引導至照明光徑的外部，該光並不有助於形成照明光瞳。如此，例如形成包含 8 個圓弧狀的實質性的面光源 P21a、面光源 P21b；面光源 P22a、面光源 P22b；面光源 P23a、面光源 P23b；面光源 P24a、面光源 P24b 的呈環帶狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布 22。

【0064】 再者，不將射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2e 的光引導至消偏振鏡 51e，而是將該光引導至 1/2 波長板 51a~1/2 波長板 51d，並且將射入至空間光調變器 4 的部分區域 R4e 的光引導至光瞳區域 R21a、光瞳區域 R21b；光瞳區域 R22a、光瞳區域 R22b；光瞳區域 R23a、光瞳區域 R23b；光瞳區域 R24a、光瞳區域 R24b，藉此，亦可使上述光有助於形成照明光瞳。又，雖將圖示予以省略，但將射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2e 的光經

由消偏振鏡 51e，引導至照明光瞳中的包含光軸 AX 的中央光瞳區域，藉此，亦可形成變形環帶狀的光瞳強度分布，該形成變形環帶狀的光瞳強度分布是將圖 8 的中央極的面光源 P15 追加至呈環帶狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布 22 而獲得。

【0065】 又，於本實施形態中，由於使用有包括多個面鏡要素 2a 的偏光分類用的空間光調變器 2，上述多個面鏡要素 2a 的姿勢個別地受到控制，因此，與光瞳強度分布的偏光狀態的變更相關的自由度高。作為一例，只要根據來自控制系統 CR 的指令來對空間光調變器 2 進行控制，則如圖 10 所示，可於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中形成 9 極狀的光瞳強度分布 23，該 9 極狀的光瞳強度分布 23 是將中央極的面光源 P35 追加至呈 8 極狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布而獲得。

【0066】 於圖 10 所示的例子中，來自空間光調變器 2 的部分區域 R2a 的光經由偏光構件 5 的 1/2 波長板 51b 以及空間光調變器 4 的第 1 面鏡要素群 S4a，被引導至一對光瞳區域 R31a、光瞳區域 R31b，從而形成實質性的面光源 P31a、面光源 P31b，上述一對光瞳區域 R31a、光瞳區域 R31b 隔著照明光瞳面中的光軸 AX 而沿著 X 方向隔開間隔。來自空間光調變器 2 的部分區域 R2b 的光經由 1/2 波長板 51a 以及第 2 面鏡要素群 S4b，被引導至一對光瞳區域 R32a、光瞳區域 R32b，從而形成實質性的面光源 P32a、面光源 P32b，上述一對光瞳區域 R32a、光瞳區域 R32b 隔著照明光瞳面中的光軸 AX 而沿著 Z 方向隔開間隔。

【0067】 來自空間光調變器 2 的部分區域 R2c 的光經由 1/2 波長板 51d 以及第 3 面鏡要素群 S4c，被引導至一對光瞳區域 R33a、光瞳區域 R33b，從而形成實質性的面光源 P33a、面光源 P33b，上述一對光瞳區域 R33a、光瞳區域 R33b 隔著照明光瞳面中的光軸 AX 而沿著與-X 方向及+Z 方向成 45 度的方向隔開間隔。來自空間光調變器 2 的部分區域 R2d 的光經由 1/2 波長板 51c 以及第 4 面鏡要素群 S4d，被引導至一對光瞳區域 R34a、光瞳區域 R34b，從而形成實質性的面光源 P34a、面光源 P34b，上述一對光瞳區域 R34a、光瞳區域 R34b 隔著照明光瞳面中的光軸 AX 而沿著與+X 方向及+Z 方向成 45 度的方向隔開間隔。

【0068】 來自空間光調變器 2 的部分區域 R2e 的光經由消偏振鏡 51e 以及第 5 面鏡要素群 S4e，被引導至照明光瞳面中的包含光軸 AX 的中央光瞳區域 R35，從而形成實質性的面光源 P35。如此，例如形成 9 極狀的光瞳強度分布 23，該 9 極狀的光瞳強度分布 23 是將中央極的面光源 P35 追加至包含 8 個圓形狀的實質性的面光源 P31a、面光源 P31b；面光源 P32a、面光源 P32b；面光源 P33a、面光源 P33b；面光源 P34a、面光源 P34b 的呈 8 極狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布而成。

【0069】 再者，雖將圖示予以省略，但不將射入至空間光調變器 2 的部分區域 R2e 的光引導至消偏振鏡 51e，而是將該光引導至 1/2 波長板 51a~1/2 波長板 51d，並且將射入至空間光調變器 4 的部分區域 R4e 的光引導至光瞳區域 R31a、光瞳區域 R31b；光瞳區域

R32a、光瞳區域 R32b；光瞳區域 R33a、光瞳區域 R33b；光瞳區域 R34a、光瞳區域 R34b，藉此，可形成呈 8 極狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布，該呈 8 極狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布是自圖 10 的 9 極狀的光瞳強度分布 23 中，將中央極的面光源 P35 予以除去而獲得的分布。或者，以不使經由消偏振鏡 51e 及空間光調變器 4 的第 5 面鏡要素群 S4e 的光有助於形成照明光瞳的方式，將該光例如引導至照明光徑的外部，藉此，同樣可形成呈 8 極狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布。

**【0070】** 又，雖將圖示予以省略，但根據來自控制系統 CR 的指令來對空間光調變器 4 進行控制，藉此，可於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中，形成呈環帶狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布，或可形成如下的變形環帶狀的光瞳強度分布，該變形環帶狀的光瞳強度分布是將中央極的面光源追加至呈環帶狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布而獲得。

**【0071】** 一般而言，在基於直徑方向偏光狀態的環帶狀或多極狀的光瞳強度分布的直徑方向偏光照明中，照射至作為最終的被照射面的晶圓 W 的光是處於以 p 偏光為主成分的偏光狀態。此處，所謂 p 偏光，是指於與以上述方式定義的入射面呈平行的方向具有偏光方向的直線偏光（電向量沿著與入射面呈平行的方向發生振動的偏光）。結果，在直徑方向偏光照明中，可將塗佈於晶圓 W 的光阻劑（resist）中的光的反射率抑制為小反射率，從而可於晶圓（感光性基板）上獲得良好的罩幕圖案像。

**【0072】** 如上所述，於本實施形態中，由於使用有包括多個面鏡要素 4a 的光瞳形成用的空間光調變器 4，上述多個面鏡要素 4a 的姿勢個別地受到控制，因此，與光瞳強度分布的形狀（包含大小的廣泛的概念）的變更相關的自由度高，可形成具有各種形態的環帶狀或多極狀的光瞳強度分布。又，由於使用有偏光分類用的空間光調變器 2、與包括多個波長板 51a～波長板 51e 的偏光構件 5，上述偏光分類用的空間光調變器 2 包括姿勢個別地受到控制的多個面鏡要素 2a，且配置於與空間光調變器 4 光學共軛的位置，上述多個波長板 51a～波長板 51e 並排地配置於在光學性上與空間光調變器 2 存在傅里葉變換關係的位置，且偏光轉換特性互不相同，因此，與構成光瞳強度分布的各光瞳區域的偏光狀態的變更相關的自由度高，可形成各種偏光狀態的光瞳強度分布。

**【0073】** 亦即，於本實施形態的照明光學系統（1～11）中，可不對光學構件進行更換，而實現與微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中所形成的光瞳強度分布的形狀及偏光狀態的變更相關的高自由度。於本實施形態的曝光裝置（1～WS）中，可使用具有與光瞳強度分布的形狀及偏光狀態的變更相關的高自由度的照明光學系統（1～11），基於適當的照明條件來正確地將微細圖案轉印至晶圓 W，上述適當的照明條件是根據應轉印的罩幕 M 的圖案的特性而實現的照明條件。

**【0074】** 於上述實施形態中，控制系統 CR 例如可包含所謂的工作站（workstation）（或微電腦（microcomputer））等，從而可總

括地對整個裝置進行控制，上述所謂的工作站（workstation）（或微電腦（microcomputer））包含中央處理單元（Central Processing Unit，CPU）（中央運算處理裝置）、唯讀記憶體（Read Only Memory，ROM）、以及隨機存取記憶體（Random Access Memory，RAM）等。又，例如亦可將包含硬碟（hard disk）的記憶裝置、包含鍵盤（key board）、滑鼠（mouse）等的指向（pointing）元件等的輸入裝置、陰極射線管（Cathode Ray Tube，CRT）顯示器（display）（或液晶顯示器）等的顯示裝置、以及光碟（Compact Disc，CD）、數位多功能光碟（Digital Versatile Disc，DVD）、磁光碟（Magneto-Optical disc，MO）或軟碟（Flexible Disc，FD）等的資訊記憶媒體的驅動裝置外置地連接於控制系統 CR。

【0075】於本實施形態中，亦可將與光瞳強度分布（照明光源形狀）相關的資訊、以及與該資訊相對應的照明光學系統尤其是空間光調變器 2、空間光調變器 4 的面鏡要素的控制資訊等儲存於記憶裝置，上述光瞳強度分布（照明光源形狀）是使藉由投影光學系統 PL 投影至晶圓 W 上的投影像的成像狀態最佳（例如像差或線寬處於允許範圍內）的光瞳強度分布。亦可將資訊記憶媒體（於以下的說明中，方便起見而設為 CD-ROM）設置於驅動裝置，該資訊記憶媒體儲存有後述的用以對光瞳強度分布進行設定的程式（program）等。再者，亦可將上述程式安裝（install）於記憶裝置。控制系統 CR 適當地將上述程式讀出至記憶體（memory）上。

【0076】控制系統 CR 例如可按照以下的順序來對空間光調變器

2、空間光調變器 4 進行控制。再者，當進行以下的說明時，實施形態的曝光裝置形成圖 8 所示的光瞳強度分布 21。光瞳強度分布例如能夠以如下的形式（廣義的位圖（**bitmap**）形式）來表現，該形式（廣義的位圖形式）是將光瞳面呈格子狀地分割為多個區塊，將各個區塊的光強度及偏光狀態表現為數值。此處，若將空間光調變器 4 的面鏡要素數設為  $N$  個，且將光瞳強度分布的經分割的區塊數設為  $M$  個，則適當地將各個面鏡要素所反射的  $N$  條光線加以組合且引導至  $M$  個區塊，換言之，於包含  $M$  個區塊的  $M$  個亮點上，使  $N$  條光線適當地重合，藉此來形成（設定）光瞳強度分布（二次光源）。

**【0077】** 首先，控制部 CR 自記憶裝置，將成為目標的與光瞳強度分布 21 相關的資訊予以讀出。接著，根據已讀出的與光瞳強度分布 21 相關的資訊，計算出分別需要幾條光線來形成各偏光狀態的強度分布。接著，控制部 CR 將空間光調變器 4 的多個面鏡要素 4a，分別虛擬地分割為包含所需數量的面鏡要素的 5 個面鏡要素群 S4a、面鏡要素群 S4b、面鏡要素群 S4c、面鏡要素群 S4d、及面鏡要素群 S4e，對各個面鏡要素群 S4a～面鏡要素群 S4e 所處的部分區域 R4a～部分區域 R4e 進行設定。結果，於空間光調變器 2 中，設定有與空間光調變器 4 的部分區域 R4a～部分區域 R4e 相對應的部分區域 R2a～部分區域 R2e。

**【0078】** 控制部 CR 將位於空間光調變器 2 的部分區域 R2a 的面鏡要素 2a 予以驅動，以使來自部分區域 R2a 的光方位偏光構件 5



的一對 1/2 波長板 51a 的方式來進行設定。同樣地，將位於部分區域 R2b、部分區域 R2c、及部分區域 R2d 的面鏡要素 2a 予以驅動，以使來自部分區域 R2b、部分區域 R2c、及部分區域 R2d 的光朝向一對 1/2 波長板 51b、51c、及 51d 的方式來進行設定。而且，將位於部分區域 R2e 的面鏡要素 2a 予以驅動，以使來自部分區域 R2e 的光朝向消偏振鏡 51e 的方式來進行設定。

【0079】 又，控制部 CR 將空間光調變器 4 的第 1 面鏡要素群 S4a 的面鏡要素 4a 予以驅動，以使來自第 1 面鏡要素群 S4a 的光朝向面光源 P11a、面光源 P11b 的方式來進行設定。同樣地，將空間光調變器 4 的面鏡要素群 S4b、面鏡要素群 S4c、面鏡要素群 S4d、及面鏡要素群 S4e 的面鏡要素 4a 予以驅動，以使來自面鏡要素群 S4b、面鏡要素群 S4c、面鏡要素群 S4d、及面鏡要素群 S4e 的光朝向面光源 P12a、面光源 P12b；面光源 P13a、面光源 P13b；面光源 P14a、面光源 P14b；面光源 P15 的方式來進行設定。

【0080】 再者，於上述實施形態中，偏光構件 5 包含 8 個（4 種）1/2 波長板 51a~1/2 波長板 51d 與消偏振鏡 51e，且並排地配置於再成像光學系統 3 的光瞳位置或該光瞳位置附近。然而，並不限定於此，偏光構件的具體構成可有各種變形例，即，構成偏光構件的一個或多個偏光要素的種類、偏光轉換特性、數量、外形、以及配置等可有各種變形例。

【0081】 作為一例，如圖 11 所示，亦可藉由並排地配置於光徑中且偏光轉換特性互不相同的 8 個 1/2 波長板 52a、1/2 波長板

52b、1/2 波長板 52c、1/2 波長板 52d、1/2 波長板 52e、1/2 波長板 52f、1/2 波長板 52g、及 1/2 波長板 52h 來構成偏光構件 5A。偏光構件 5A 於圖 11 所示的設置狀態下，例如具有以光軸 AX 為中心的圓形狀的外形，對應於自光軸 AX 沿著圓的直徑方向延伸的線段所分割的 8 個扇形狀的區域，配置有光學軸的方位互不相同的 8 個 1/2 波長板 52a~1/2 波長板 52h。

【0082】 於圖 11 中，1/2 波長板 52a、1/2 波長板 52b 佔據著整體的 1/4 的面積，1/2 波長板 52c、1/2 波長板 52d 佔據著整體的 1/8 的面積，1/2 波長板 52e~1/2 波長板 52h 佔據著整體的 1/16 的面積。對 1/2 波長板 52a 的光學軸的方位進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使 z 方向直線偏光的光射出。對 1/2 波長板 52b 的光學軸的方位進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使 x 方向直線偏光的光射出而不使該光的偏光方向發生變化。

【0083】 對 1/2 波長板 52c 的光學軸的方位進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使於+45 度傾斜方向具有偏光方向的+45 度傾斜方向直線偏光的光射出，該+45 度傾斜方向是使 x 方向在圖 11 中順時針地旋轉+45 度而成的方向。對 1/2 波長板 52d 的光學軸的方位進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使-45 度（或+135 度）傾斜方向直線偏光的光射出。

【0084】 對 1/2 波長板 52e 的光學軸的方位進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使+22.5 度傾斜方向直線偏光的光射出。對 1/2 波長板 52f 的光學軸的方位進行設定，使得當 x 方向直

線偏光的光射入時，使+67.5 度傾斜方向直線偏光的光射出。對 1/2 波長板 52g 的光學軸的方位進行設定，以使-22.5 度(或+112.5 度) 傾斜方向直線偏光的光射出。對 1/2 波長板 52h 的光學軸的方位進行設定，以使-67.5 度(或+157.5 度) 傾斜方向直線偏光的光射出。

【0085】 於圖 11 所示的變形例中，空間光調變器 2、空間光調變器 4 的有效反射區域被虛擬地分割為 8 個部分區域，藉由空間光調變器 2、空間光調變器 4 與偏光構件 5A 的協同作用，形成如圖 12 所示的環帶狀的光瞳強度分布 24。亦即，來自空間光調變器 2 的第 1 部分區域的光經由 1/2 波長板 52a 以及空間光調變器 4 的第 1 部分區域，被引導至一對圓弧狀的光瞳區域 R41a、光瞳區域 R41b，從而形成實質性的面光源 P41a、面光源 P41b，上述一對圓弧狀的光瞳區域 R41a、光瞳區域 R41b 於照明光瞳面中，隔著光軸 AX 而沿著 X 方向隔開間隔。

【0086】 來自空間光調變器 2 的第 2 部分區域的光經由 1/2 波長板 52b 以及空間光調變器 4 的第 2 部分區域，被引導至一對圓弧狀的光瞳區域 R42a、光瞳區域 R42b，從而形成實質性的面光源 P42a、面光源 P42b，上述一對圓弧狀的光瞳區域 R42a、光瞳區域 R42b 於照明光瞳面中，隔著光軸 AX 而沿著 Z 方向隔開間隔。來自空間光調變器 2 的第 3 部分區域的光經由 1/2 波長板 52c 以及空間光調變器 4 的第 3 部分區域，被引導至一對圓弧狀的光瞳區域 R43a、光瞳區域 R43b，從而形成實質性的面光源 P43a、面光源 P43b，上述一對圓弧狀的光瞳區域 R43a、光瞳區域 R43b 於照明

光瞳面中，隔著光軸 AX 而沿著與+X 方向及+Z 方向成 45 度的方向隔開間隔。

【0087】 來自空間光調變器 2 的第 4 部分區域的光經由 1/2 波長板 52d 以及空間光調變器 4 的第 4 部分區域，被引導至一對圓弧狀的光瞳區域 R44a、光瞳區域 R44b，從而形成實質性的面光源 P44a、面光源 P44b，上述一對圓弧狀的光瞳區域 R44a、光瞳區域 R44b 於照明光瞳面中，隔著光軸 AX 而沿著與-X 方向及+Z 方向成 45 度的方向隔開間隔。來自空間光調變器 2 的第 5 部分區域的光經由 1/2 波長板 52e 以及空間光調變器 4 的第 5 部分區域，被引導至照明光瞳面中的光瞳區域 R42a 與光瞳區域 R43a 之間的圓弧狀的光瞳區域 R45a、以及光瞳區域 R42b 與光瞳區域 R43b 之間的圓弧狀的光瞳區域 R45b，從而形成實質性的面光源 P45a 以及面光源 P45b。

【0088】 來自空間光調變器 2 的第 6 部分區域的光經由 1/2 波長板 52f 以及空間光調變器 4 的第 6 部分區域，被引導至照明光瞳面中的光瞳區域 R41a 與光瞳區域 R43a 之間的圓弧狀的光瞳區域 R46a、以及光瞳區域 R41b 與光瞳區域 R43b 之間的圓弧狀的光瞳區域 R46b，從而形成實質性的面光源 P46a 以及面光源 P46b。來自空間光調變器 2 的第 7 部分區域的光經由 1/2 波長板 52g 以及空間光調變器 4 的第 7 部分區域，被引導至照明光瞳面中的光瞳區域 R42a 與光瞳區域 R44a 之間的圓弧狀的光瞳區域 R47a、以及光瞳區域 R42b 與光瞳區域 R44b 之間的圓弧狀的光瞳區域 R47b，從

而形成實質性的面光源 P47a 以及面光源 P47b。

【0089】 來自空間光調變器 2 的第 8 部分區域的光經由 1/2 波長板 52h 以及空間光調變器 4 的第 8 部分區域，被引導至照明光瞳面中的光瞳區域 R41a 與光瞳區域 R44a 之間的圓弧狀的光瞳區域 R48a、以及光瞳區域 R41b 與光瞳區域 R44b 之間的圓弧狀的光瞳區域 R48b，從而形成實質性的面光源 P48a 以及面光源 P48b。如此，形成 16 分割型的呈環帶狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布 24。

【0090】 於使用偏光構件 5A 的變形例中，只要對空間光調變器 4 進行控制，便可於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳形成呈 16 極狀的圓周方向偏光狀態的光瞳強度分布。又，對空間光調變器 2 進行控制，藉此，可於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳形成呈環帶狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布，或可形成呈 16 極狀的直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布。

【0091】 具體而言，當形成直徑方向偏光狀態的光瞳強度分布時，將來自空間光調變器 2 的第 1 部分區域的光引導至 1/2 波長板 52b，將來自第 2 部分區域的光引導至 1/2 波長板 52a，將來自第 3 部分區域的光引導至 1/2 波長板 52d，將來自第 4 部分區域的光引導至 1/2 波長板 52c。同樣地，將來自空間光調變器 2 的第 5 部分區域的光引導至 1/2 波長板 52h，將來自第 6 部分區域的光引導至 1/2 波長板 52g，將來自第 7 部分區域的光引導至 1/2 波長板 52f，將來自第 8 部分區域的光引導至 1/2 波長板 52e。

【0092】 又，於使用偏光構件 5A 的變形例中，對空間光調變器 2、空間光調變器 4 進行控制，藉此，亦可實質性地將非偏光狀態的中央極的面光源追加至環帶狀或 16 極狀的光瞳強度分布。當形成中央極的面光源時，來自空間光調變器 4 的第 1 部分區域～第 8 部分區域的光的一部分於微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳中，重疊於包含光軸 AX 的中央光瞳區域。結果，中央極的面光源處於包含各種直線偏光成分的實質性的非偏光狀態。

【0093】 然而，於偏光構件 5A 中，使產生縱偏光及橫偏光且使用頻率比較高的 1/2 波長板 52a、1/2 波長板 52b 具有比較大的入射面積，使產生 45 度的傾斜偏光且使用頻率平均的 1/2 波長板 52c、1/2 波長板 52d 具有平均的入射面積，使其他的使用頻率比較低的 1/2 波長板 52e～1/2 波長板 52h 具有比較小的入射面積。結果，於偏光構件 5A 中，可抑制由光照射引起的局部性損傷的產生，進而可使偏光構件 5A 的耐久性提高。

【0094】 又，作為其他例子，如圖 13 (a)、圖 13 (b) 所示，例如亦可藉由波長板 53a 與修正板 53b 來構成偏光構件 5B，上述波長板 53a 具有厚度沿著 x 方向連續地（呈線形狀、曲線狀、或階梯狀地）發生變化的楔狀的形態，上述修正板 53b 具有與波長板 53a 互補的楔狀的形態，且用以對由波長板 53a 產生的光的偏向作用進行補償。於使用圖 13 (a)、圖 13 (b) 的偏光構件 5B 的變形例中，例如可將環帶狀或多極狀的光瞳強度分布中的各光瞳區域的偏光狀態，設定為所期望的直線偏光狀態、所期望的橢圓偏光

狀態（包含圓偏光狀態）、或實質性的非偏光狀態。

【0095】 再者，於圖 5 的實施形態、圖 11 的變形例、圖 13 (a)、以及圖 13 (b) 的變形例中，使用波長板來構成偏光構件 5、偏光構件 5A、偏光構件 5B。然而，並不限定於波長板，例如亦可使用旋光元件來構成偏光構件。作為一例，如圖 14 所示，可藉由 8 個旋光元件 54a、旋光元件 54b、旋光元件 54c、旋光元件 54d 與一個消偏振鏡 54e 來構成偏光構件 5C，該偏光構件 5C 具有與圖 5 的實施形態的偏光構件 5 相同的功能。

【0096】 旋光元件 54a~旋光元件 54d 具有平行平板的形態，且由具有旋光性的光學材料即結晶材料例如水晶形成。旋光元件 54a~旋光元件 54d 的入射面（進而出射面）與光軸 AX 正交，且結晶光學軸與光軸 AX 的方向大致一致（即與入射光的前進方向大致一致）。旋光元件 54a~旋光元件 54d 具有互不相同的厚度，進而具有互不相同的偏光轉換特性。具體而言，旋光元件 54a~旋光元件 54d 具有與圖 5 的偏光構件 5 中的 1/2 波長板 51a~1/2 波長板 51d 相同的偏光轉換特性。

【0097】 亦即，對旋光元件 54a 的光軸方向的厚度進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光輸入時，使 z 方向直線偏光的光射出。對旋光元件 54b 的厚度進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使 x 方向直線偏光的光射出而不使該光的偏光方向發生變化。對旋光元件 54c 的厚度進行設定，使得當 x 方向直線偏光的光射入時，使+45 度傾斜方向直線偏光的光射出。對旋光元件 54d

的厚度進行設定，使得當  $x$  方向直線偏光的光射入時，使  $-45$  度傾斜方向直線偏光的光射出。

**【0098】** 同樣地，雖將圖示予以省略，但可使用偏光轉換特性互不相同的 8 個旋光元件，來構成具有與圖 11 的變形例的偏光構件 5A 相同的功能的偏光構件。又，如圖 15 (a)、圖 15 (b) 所示，例如可利用相同形態的旋光元件 55a 來替換圖 13 (a)、圖 13 (b) 的偏光構件 5B 中的波長板 53a，藉此來構成偏光構件 5D。於使用圖 15 (a)、圖 15 (b) 所示的偏光構件 5D 的變形例中，例如可將環帶狀或多極狀的光瞳強度分布中的各光瞳區域的偏光狀態，設定為所期望的直線偏光狀態或實質性的非偏光狀態。

**【0099】** 一般而言，重要的是偏光構件將與第 2 光束不同的偏光狀態的變化賦予通過第 1 區域的第 1 光束，上述第 1 區域是橫切照明光學系統的光軸的面內的區域，上述第 2 光束通過與第 1 區域不同的第 2 區域。因此，於偏光構件中，可將偏光轉換特性互不相同的多個楔狀的波長板並排地配置於光徑中，亦可將偏光轉換特性互不相同的多個楔狀的旋光元件並排地配置於光徑中。亦可使波長板與旋光元件混雜而構成偏光構件。亦可沿著光徑來串列地配置選自上述各種偏光構件的多種偏光構件。可將各偏光構件固定地配置於光徑中，可以可移動或可旋轉的方式來構成各偏光構件，亦可以可更換的方式來構成各偏光構件。

**【0100】** 再者，於上述說明中，光瞳形成用的空間光調變器 4 的排列面是配置於與偏光分類用的空間光調變器 2 的排列面光學共



軛的位置或該位置附近。偏光構件 5 配置於再成像光學系統 3 的光瞳位置或該光瞳位置附近，即，配置於在光學性上與偏光分類用的空間光調變器 2 的排列面存在傅里葉變換關係的位置或該位置附近。然而，並不限定於此，可將光瞳形成用的空間光調變器的排列面，配置於與偏光分類用的空間光調變器的排列面光學共軛的空間、或在光學性上與偏光分類用的空間光調變器的排列面存在傅里葉變換關係的空間。可將偏光構件配置於再成像光學系統的光瞳空間。可將偏光構件配置於在光學性上與偏光分類用的空間光調變器的排列面存在傅里葉變換關係的空間。

**【0101】** 所謂與偏光分類用的空間光調變器的排列面「光學共軛的空間」，是指鄰接於與偏光分類用的空間光調變器的排列面光學共軛的共軛位置的前側且具有倍率（power）的光學元件、與鄰接於該共軛位置的後側且具有倍率的光學元件之間的空間。所謂再成像光學系統的「光瞳空間」，是指鄰接於再成像光學系統的光瞳位置的前側且具有倍率的光學元件、與鄰接於該光瞳位置的後側且具有倍率的光學元件之間的空間。

**【0102】** 所謂在光學性上與偏光分類用的空間光調變器的排列面「存在傅里葉變換關係的空間」，是指鄰接於在光學性上與偏光分類用的空間光調變器的排列面存在傅里葉變換關係的傅里葉變換面的前側且具有倍率的光學元件、與鄰接於該傅里葉變換面的後側且具有倍率的光學元件之間的空間。於「光學共軛的空間」、「光瞳空間」以及「在光學性上存在傅里葉變換關係的空間」內，

亦可存在不具有倍率的平行平板或平面鏡。

**【0103】** 因此，偏光分類用的空間光調變器、偏光構件、以及光瞳形成用的空間光調變器的配置關係可有各種變形例。作為一例，亦可採用如下的構成，即，將偏光構件以及光瞳形成用的空間光調變器，配置於比偏光分類用的空間光調變器更靠被照射面側的在光學性上與偏光分類用的空間光調變器的排列面存在傅里葉變換關係的空間。

**【0104】** 具體而言，於圖 16 所示的變形例中，在比偏光分類用的空間光調變器 2 更靠罩幕側（被照射面側）的光徑中配置有中繼光學系統 3c，該中繼光學系統 3c 形成了在光學性上與空間光調變器 2 的排列面存在傅里葉變換關係的位置。於中繼光學系統 3c 與光瞳形成用的空間光調變器 4 之間的光徑中配置有偏光構件 5（5A~5D）。空間光調變器 4 的排列面是設定於中繼光學系統 3c 所形成的在光學性上與空間光調變器 2 的排列面存在傅里葉變換關係的位置或該位置附近。

**【0105】** 圖 16 中表示有自偏光分類用的空間光調變器 2 至微複眼透鏡 8 為止的光徑，但除此以外的構成與圖 1 相同。換言之，僅圖 16 中的空間光調變器 2 與空間光調變器 4 之間的構成不同於圖 1 的構成。對於圖 16 的構成而言，亦與圖 1 的構成同樣地，中繼光學系統 6 以及中繼光學系統 7 構成分布形成光學系統，該分布形成光學系統使由空間光調變器 4 的多個面鏡要素 4a 於遠場形成的遠場圖案，成像於與微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳共軛

的位置（微複眼透鏡 8 的入射面或該入射面附近）。

【0106】 於圖 16 的變形例中，中繼光學系統 3c 將由空間光調變器 2 的多個面鏡要素 2a 賦予出射光的角度，轉換為空間光調變器 2 的遠場即偏光構件 5（5A~5D）的入射面上的位置、以及空間光調變器 4 的排列面（多個面鏡要素 4a 的入射面）上的位置。結果，於圖 16 的變形例中，亦可藉由偏光分類用的空間光調變器 2、偏光構件 5（5A~5D）、以及光瞳形成用的空間光調變器 4 的協同作用，形成具有所期望的形狀及偏光狀態的光瞳強度分布。

【0107】 又，作為其他例子，亦可採用如下的構成，即，將光瞳形成用的空間光調變器，配置於比偏光分類用的空間光調變器更靠光源側的空間，上述空間在光學性上與偏光分類用的空間光調變器的排列面存在傅里葉變換關係，且將偏光構件配置於比偏光分類用的空間光調變器更靠被照射面側的空間，上述空間在光學性上與偏光分類用的空間光調變器的排列面存在傅里葉變換關係。

【0108】 具體而言，於圖 17 所示的變形例中，在比光瞳形成用的空間光調變器 4 更靠罩幕側（被照射面側）的光徑中配置有中繼光學系統 3d，該中繼光學系統 3d 形成了在光學性上與空間光調變器 4 的排列面存在傅里葉變換關係的位置。偏光分類用的空間光調變器 2 的排列面是設定於中繼光學系統 3d 所形成的在光學性上與空間光調變器 4 的排列面存在傅里葉變換關係的位置或該位置附近。於空間光調變器 2 與微複眼透鏡 8 之間的光徑中，配置

有一對成像光學系統 12 以及成像光學系統 13。

【0109】 第 1 成像光學系統 12 包含前側透鏡群 12a 與後側透鏡群 12b，且形成了與空間光調變器 2 的排列面光學共軛的面 14。第 2 成像光學系統 13 包含前側透鏡群 13a 與後側透鏡群 13b，且於微複眼透鏡 8 的入射面或該入射面附近，形成與共軛面 14 光學共軛的面。於第 1 成像光學系統 12 的光瞳空間，例如前側透鏡群 12a 與後側透鏡群 12b 之間的光瞳位置或該光瞳位置附近，配置有偏光構件 5 (5A~5D)。

【0110】 圖 17 中表示了自光瞳形成用的空間光調變器 4 至微複眼透鏡 8 為止的光徑，但除此以外的構成與圖 1 相同。若著眼於與微複眼透鏡 8 之間的關係，則圖 17 中的第 2 成像光學系統 13 的後側透鏡群 13b 對應於圖 1 中的中繼光學系統 7，圖 17 中的第 2 成像光學系統 13 的前側透鏡群 13a 及第 1 成像光學系統 12 的後側透鏡群 12b 對應於圖 1 中的中繼光學系統 6 的後側透鏡群 6b 及前側透鏡群 6a，圖 17 中的光瞳面 6c 對應於共軛面 14。

【0111】 於圖 17 的構成中，中繼光學系統 3d、第 1 成像光學系統 12 以及第 2 成像光學系統 13 構成分布形成光學系統，該分布形成光學系統使由空間光調變器 4 的多個面鏡要素 4a 於遠場形成的遠場圖案，成像於與微複眼透鏡 8 的正後方的照明光瞳共軛的位置（微複眼透鏡 8 的入射面或該入射面附近）。

【0112】 於圖 17 的變形例中，第 1 成像光學系統 12 的前側透鏡群 12a 將由空間光調變器 2 的多個面鏡要素 2a 賦予出射光的角

度，轉換為空間光調變器 2 的遠場，即偏光構件 5（5A~5D）的入射面上的位置。又，中繼光學系統 3d 將由空間光調變器 4 的多個面鏡要素 4a 賦予出射光的角度，轉換為空間光調變器 4 的遠場即空間光調變器 2 的排列面（多個面鏡要素 2a 的入射面）上的位置。結果，於圖 17 的變形例中，亦可藉由偏光分類用的空間光調變器 2、偏光構件 5（5A~5D）、以及光瞳形成用的空間光調變器 4 的協同作用，形成具有所期望的形狀及偏光狀態的光瞳強度分布。

**【0113】** 於上述實施形態中，使用可個別地對二維地排列的多個反射面的方位（角度：斜度）進行控制的空間光調變器作為空間光調變器 2、空間光調變器 4，該空間光調變器 2、空間光調變器 4 包括二維地排列且個別地受到控制的多個面鏡要素。然而，並不限定於此，例如亦可使用可個別地對二維地排列的多個反射面的高度（位置）進行控制的空間光調變器。例如可使用美國專利第 5,312,513 號公報、以及美國專利第 6,885,493 號公報的圖 1d 所揭示的空間光調變器作為如上所述的空間光調變器。對於上述空間光調變器而言，可藉由形成二維的高度分布來將與繞射面相同的作用賦予入射光。再者，例如亦可根據美國專利第 6,891,655 號公報、或美國專利公開第 2005/0095749 號公報的揭示，對上述包括二維地排列的多個反射面的空間光調變器進行變形。

**【0114】** 於上述實施形態中，空間光調變器 2、空間光調變器 4 包括二維地排列於規定面內的多個面鏡要素 2a、面鏡要素 4a，但

並不限定於此，亦可使用透射型的空間光調變器，該透射型的空間光調變器包括排列於規定面內且個別地受到控制的多個透射光學要素。

**【0115】** 於上述實施形態中，可使用可變圖案形成裝置來代替罩幕，該可變圖案形成裝置基於規定的電子資料（data）來形成規定圖案。再者，例如可使用空間光調變元件作為可變圖案形成裝置，該空間光調變元件包含基於規定的電子資料而被驅動的多個反射元件。使用有空間光調變元件的曝光裝置例如已揭示於美國專利公開第 2007/0296936 號公報。又，除了如上所述的非發光型的反射型空間光調變器以外，可使用透射型空間光調變器，亦可使用自發光型的影像顯示元件。

**【0116】** 以保持規定的機械精度、電氣精度、以及光學精度的方式，對包含本申請案的申請專利範圍所列舉的各構成要素的各種子系統（subsystem）進行組裝，藉此來製造上述實施形態的曝光裝置。為了確保上述各種精度，於進行上述組裝之前或之後，進行用以實現與各種光學系統相關的光學精度的調整、用以實現與各種機械系統相關的機械精度的調整、以及用以實現與各種電氣系統相關的電氣精度的調整。將各種子系統組裝為曝光裝置的組裝步驟包含：各種子系統相互的機械連接、電氣電路的配線連接、以及氣壓迴路的配管連接等。於上述將各種子系統組裝為曝光裝置的組裝步驟之前，當然有各子系統各自的組裝步驟。將各種子系統組裝為曝光裝置的組裝步驟結束之後，進行綜合調整，從而

確保整個曝光裝置的各種精度。再者，亦可在溫度及潔淨度等受到管理的無塵室（clean room）中製造曝光裝置。

【0117】 接著，對使用有上述實施形態的曝光裝置的元件製造方法進行說明。圖 18 是表示半導體元件的製造步驟的流程圖。如圖 18 所示，於半導體元件的製造步驟中，將金屬膜蒸鍍至成為半導體元件的基板的晶圓 W（步驟（step）S40），將作為感光性材料的光阻劑（photoresist）塗佈於上述已蒸鍍的金屬膜上（步驟 S42）。接著，使用上述實施形態的投影曝光裝置，將形成於罩幕（光柵（reticle））M 的圖案轉印至晶圓 W 上的各攝影（shot）區域（步驟 S44：曝光步驟），對該轉印已結束的晶圓 W 進行顯影，即，對轉印有圖案的光阻劑進行顯影（步驟 S46：顯影步驟）。

【0118】 然後，將藉由步驟 S46 而於晶圓 W 的表面產生的光阻劑圖案作為罩幕，對晶圓 W 的表面進行蝕刻等的加工（步驟 S48：加工步驟）。此處，所謂光阻劑圖案，是指產生有凹凸的光阻劑層，該凹凸的形狀對應於上述實施形態的投影曝光裝置所轉印的圖案，上述凹凸的凹部將光阻劑層予以貫通。於步驟 S48 中，經由上述光阻劑圖案來對晶圓 W 的表面進行加工。在步驟 S48 中所進行的加工中，例如包含晶圓 W 的表面的蝕刻或金屬膜等的成膜中的至少一個加工。再者，於步驟 S44 中，上述實施形態的投影曝光裝置將塗佈有光阻劑的晶圓 W 作為感光性基板，將圖案轉印至該晶圓 W。

【0119】 圖 19 是表示液晶顯示元件等的液晶元件的製造步驟的

流程圖。如圖 19 所示，於液晶元件的製造步驟中，依序進行圖案形成步驟（步驟 S50）、彩色濾光片（color filter）形成步驟（步驟 S52）、組件（cell）組裝步驟（步驟 S54）以及模組（module）組裝步驟（步驟 S56）。於步驟 S50 的圖案形成步驟中，於作為板（plate）P 的塗佈有光阻劑的玻璃（glass）基板上，使用上述實施形態的投影曝光裝置來形成電路圖案以及電極圖案等的規定的圖案。上述圖案形成步驟中包含：曝光步驟，使用上述實施形態的投影曝光裝置來將圖案轉印至光阻劑層；顯影步驟，對轉印有圖案的板 P 進行顯影，即，對玻璃基板上的光阻劑層進行顯影，產生與圖案相對應的形狀的光阻劑層；以及加工步驟，經由上述經顯影的光阻劑層來對玻璃基板的表面進行加工。

**【0120】** 於步驟 S52 的彩色濾光片形成步驟中，形成彩色濾光片，該彩色濾光片呈矩陣（matrix）狀地排列有與紅（Red，R）、綠（Green，G）、藍（Blue，B）相對應的 3 個點的多個組，或沿著水平掃描方向排列有 R、G、B 的 3 根條狀濾光片的多個組。於步驟 S54 的組件組裝步驟中，使用因步驟 S50 而形成有規定圖案的玻璃基板、與步驟 S52 所形成的彩色濾光片來組裝液晶面板（panel）（液晶組件）。具體而言，例如將液晶注入至玻璃基板與彩色濾光片之間，藉此來形成液晶面板。於步驟 S56 的模組組裝步驟中，將使步驟 S54 所組裝的液晶面板進行顯示動作的電氣電路及背光源（back light）等的各種零件，安裝於該液晶面板。

**【0121】** 又，本發明並不限定於適用於半導體元件製造用的曝光



裝置，例如亦可廣泛地適用於形成於角型的玻璃板的液晶顯示元件、或者電漿顯示器（plasma display）等的顯示裝置用的曝光裝置、或用以製造攝影元件（電荷耦合器件（Charge Coupled Device，CCD）等）、微機械（micromachine）、薄膜磁頭（thin film magnetic head）、及去氧核糖核酸（Deoxyribonucleic Acid，DNA）晶片（chip）等的各種元件的曝光裝置。而且，本發明亦可適用於如下的曝光步驟（曝光裝置），該曝光步驟（曝光裝置）是使用光微影（photolithography）步驟來製造形成有各種元件的罩幕圖案的罩幕（光罩（photo mask）、光柵等）時的曝光步驟（曝光裝置）。

【0122】 再者，於上述實施形態中，使用 ArF 準分子雷射光（波長：193 nm）或 KrF 準分子雷射光（波長：248 nm）作為曝光光束，但並不限定於此，亦可將本發明適用於其他適當的雷射（laser）光源，例如供給波長為 157 nm 的雷射光的 F2 雷射光源；Ar2 雷射（輸出波長為 126 nm）、Kr2 雷射（輸出波長為 146 nm）等的脈衝雷射（pulse laser）光源；g 射線（波長為 436 nm）、鈮鋁石榴石（Yttrium Aluminum Garnet，YAG）雷射的高諧波產生裝置；或發出 i 射線（波長為 365 nm）等的亮線的超高壓水銀燈等。

【0123】 又，例如，如美國專利第 7,023,610 號說明書所揭示，使用如下的高諧波作為真空紫外光，該高諧波是例如利用摻雜有鉕（或摻雜有鉕與鎵）的光纖放大器（fiber amplifier），對由分散式回饋（Distributed FeedBack，DFB）半導體雷射或光纖雷射（fiber laser）振盪產生的紅外區域或可見光區域的單一波長雷射光進行

放大，且使用非線性光學結晶，將波長轉換為紫外光的波長而成。

**【0124】** 又，於上述實施形態中，亦可應用如下的方法即所謂的液浸法，該方法是利用具有大於 1.1 的折射率的媒體（典型而言為液體），對投影光學系統與感光性基板之間的光徑進行填充。於該情形時，作為將液體填充至投影光學系統與感光性基板之間的光徑中的方法，可採用：如國際專利公開第 WO99/49504 號小冊子所揭示的局部地填充液體的方法；如日本專利特開平 6-124873 號公報所揭示的使保持著曝光對象的基板的平台於液槽中移動的方法；或如日本專利特開平 10-303114 號公報所揭示的於平台上形成規定深度的液體槽，將基板保持於該液體槽中的方法等。此處，援用國際專利公開第 WO99/49504 號小冊子、日本專利特開平 6-124873 號公報以及日本專利特開平 10-303114 號公報的說明作為參照。

**【0125】** 又，於上述實施形態中，曝光裝置的投影光學系統不僅可為縮小系統，亦可為等倍系統及放大系統中的任一個系統，投影光學系統不僅可為折射系統，亦可為反射系統及反射折射系統中的任一個系統，上述投影像亦可為倒立像及正立像中的任一個像。

**【0126】** 又，例如可適用於如下的曝光裝置（微影系統（lithography system）），該曝光裝置（微影系統）如國際專利公開第 2001/035168 號所揭示，於晶圓 W 上形成干涉條紋，藉此來於晶圓 W 上形成線與空間（line and space）圖案。

【0127】 此外，例如可適用於如下的曝光裝置，該曝光裝置如美國專利第 6,611,316 號說明書所揭示，經由投影光學系統，將 2 個光柵圖案於晶圓上予以合成，藉由一次的掃描曝光來大致同時地對晶圓上的一個攝影區域進行雙重曝光。

【0128】 再者，於上述實施形態中，應形成圖案的物體（照射有能量光束（energy beam）的曝光對象的物體）不限於晶圓，亦可為玻璃板、陶瓷（ceramic）基板、膜構件、或罩幕基底（mask blanks）等的其他物體。

【0129】 又，於上述實施形態中，將本發明適用於曝光裝置中的對罩幕（或晶圓）進行照明的照明光學系統，但並不限定於此，亦可將本發明適用於對罩幕（或晶圓）以外的被照射面進行照明的一般的照明光學系統。

【0130】 在滿足「35U.S.C.§112」所必需的詳細內容中，本專利申請案中所說明且例示的「主題標的」的實施形態的特定型態可完全實現上述實施形態的型態的全部的上述目的，及可根據上述實施形態的型態或根據其目的的全部的其他理由，或為了該目的而完全解決應解決的問題，但本領域技術人員應理解：請求內容的上述實施形態的此處所說明的型態，僅例示且代表了根據請求內容而廣泛研究的內容。實施形態中此處所說明且主張的型態的範圍完全包含：本領域技術人員基於本說明書的說明內容而已明白的實施形態，或將會明白的其他實施形態。本發明的「主題標的」的範圍僅單獨且完全地由申請專利範圍來限定，且完全不超

出申請專利範圍的詳細說明。當以單數形式提及請求項中的要素時，在解釋上只要未明確地進行說明，則並非打算表示且並非表示此種要素為「一個及僅為一個」的意思，而是打算表示且表示此種要素為「一個或多個」的意思。對於本領域技術人員所眾所周知或將會眾所周知的實施形態的上述型態的要素中的任一個要素的全部的構造性及功能性均等物，藉由引用而明確地編入至本說明書，並且包含於申請專利範圍。使用於本說明書及/或本申請案的請求項且被本說明書及/或本申請案的請求項明確地賦予了含義的全部用語具有其含義，而並不遵照與此種用語相關的全部的辭典上的含義或其他被一般使用的含義。作為實施形態的任一個型態的本說明書中所說明的裝置或方法並不應對各個及全部問題，且亦無必要，上述各個及全部問題是希望以包含於申請專利範圍的方式，由本申請案中所揭示的實施形態的型態來解決的各個及全部問題。本發明的揭示內容中的任何要素、構成要素、或方法階段亦與該要素、構成要素、或方法階段是否明確且詳細地被申請專利範圍說明有關，而並非一般地列舉。對於申請專利範圍中的任何請求項的要素，只有當使用「用以～的手段」之類的語句來明確地列舉該要素，或於方法的請求項的情形下，列舉該要素為「階段」而非「作用」時，才基於「35U.S.C.§112」第6項的規定來進行解釋。

**【0131】** 依照美國專利法的基準，本領域技術人員應當理解：本申請人揭示了本申請案的說明書中所附的全部的各個請求項中，

有時是僅一個請求項中所說明的各發明的至少一個授予權利且起作用的實施形態。當本申請人對揭示內容的實施形態的型態/特徵/要素、揭示內容的實施形態的作用、或揭示內容的實施形態的功能進行定義，及/或對揭示內容的實施形態的型態/特徵/要素的全部的其他定義進行說明時，隨時或經由本申請案來使用定義性動詞（例如「is」、「are」、「does」、「has」、或「include」等）、及/或其他定義性動詞（例如「產生」、「引起」、「取樣」、「讀取」、或「通知」等）、及/或動名詞（例如「產生」、「使用」、「取得」、「保持」、「製造」、「判斷」、「測定」、或「計算」等）。當全部的此種定義性詞或語句等，被用以對本說明書中揭示的一個或多個實施形態中的任一個型態/特徵/要素，即，全部特徵、要素、系統、子系統、處理、或演算法（algorithm）的階段、及特定的材料等進行說明時，應解讀為經常為了對與本申請人所發明且請求的發明相關的本發明的範圍進行解釋，先使用以下的限制性語句，即，「例示性地」、「例如，」、「作為一例」、「例示性地單獨」、「僅例示性地」等的一個或多個或全部的限制性語句，及/或包含「能夠」、「有可能性」、「或許」、及「應當能夠」等的任一個或多個或全部的語句。對於全部的此種特徵、要素、階段、以及材料等，即便依照專利的要件基準，本申請人僅揭示了專利申請的內容的實施形態或任一個實施形態的全部的此種型態/特徵/要素的單一的授予權利的實例，亦應認為說明了一個或多個已揭示的實施形態的單獨可能的型態，而未說明任一個實施形態的任一個或多個型態/特徵/

要素的唯一可能的實施形態、及/或專利申請的內容的唯一可能的實施形態。於本申請案或本申請案的實施形態中，只有當明確且具體地特別表示本申請人認為：全部的申請專利範圍所揭示的實施形態或全部的特定的本發明所揭示的實施形態的特定型態/特徵/要素，是執行申請專利範圍的內容或全部的此種申請專利範圍所說明的全部型態/特徵/要素的一個及唯一的方法時，本申請人才是打算以如下的方式進行解釋，即，本專利申請案的申請專利範圍的全部內容所揭示的實施形態的全部揭示型態/特徵/要素或整個實施形態的全部說明，是執行申請專利範圍的內容或其全部型態/特徵/要素的此種一個及唯一的方法，因此，將足以包含申請專利範圍的內容的其他的可能實例及全部的此種已揭示的實例的大範圍的全部申請專利範圍，限定於此種已揭示的實施形態的此種型態/特徵/要素或此種已揭示的實施形態。本申請人打算具體、明確且清楚地說明：對於包括一個或多個獨立項所說明的申請專利範圍的內容或者如直接或間接地附屬的請求項的全部型態/特徵/要素、階段之類的全部詳細內容以及附屬於任一個請求項的附屬項的全部請求項，並非是受限於在任何方面均對如下的範圍進行限制的任一個附屬項所說明的任一個此種型態/特徵/要素的更詳細的內容的唯一方法，上述範圍是因獨立項的說明事項涉及足以包含其他實例與附屬項內的更詳細的內容的大範圍，以及因更詳細的內容執行全部的此種獨立項所請求的型態/特徵/要素，因而將附屬項的更詳細的內容併入至獨立項而包含的全部的此種獨立項的

範圍更大的型態/特徵/要素的範圍。

## 【符號說明】

### 【0132】

1：光束輸送部

2、4：空間光調變器

2a、4a、SEa、SEb、SEc、SEd、SEe、SEf、SEg、SEh：面

鏡要素

2b、4b：基盤

2c、4c：驅動部

3：再成像光學系統

3a、6a、12a、13a：前側透鏡群

3b、6b、12b、13b：後側透鏡群

3c、3d、6、7：中繼光學系統

5、5A、5B、5C、5D：偏光構件

6c：光瞳面

8：微複眼透鏡

9：聚光器光學系統

10：罩幕遮板

11：成像光學系統

12：第 1 成像光學系統

13：第 2 成像光學系統

14：共軛面

21、22、23、24：光瞳強度分布

51a、51b、51c、51d、52a、52b、52c、52d、52e、52f、52g、

52h：1/2 波長板

51e、54e：消偏振鏡

53a：波長板

53b：修正板

54a、54b、54c、54d、55a：旋光元件

AX：光軸

AS：孔徑光闌

CR：控制系統

DTr：第 1 光瞳強度分布測量部

DTw：第 2 光瞳強度分布測量部

L1、L2、L3、L4、L11、L12、L13、L14：光線

LS：光源

M：罩幕

MR1：光徑彎折面鏡

MR2：面鏡

MS：罩幕平台

P11a、P11b、P12a、P12b、P13a、P13b、P14a、P14b、P15、

P21a、P21b、P22a、P22b、P23a、P23b、P24a、P24b、P31a、P31b、

P32a、P32b、P33a、P33b、P34a、P34b、P35、P41a、P41b、P42a、

P42b、P43a、P43b、P44a、P44b、P45a、P45b、P46a、P46b、P47a、



P47b、P48a、P48b：面光源

PL：投影光學系統

R2、R4：有效反射區域

R2a、R2b、R2c、R2d、R2e、R4a、R4b、R4c、R4d、R4e：

部分區域

R11a、R11b、R12a、R12b、R13a、R13b、R14a、R14b、R15、

R21a、R21b、R22a、R22b、R23a、R23b、R24a、R24b、R31a、

R31b、R32a、R32b、R33a、R33b、R34a、R34b、R41a、R41b、

R42a、R42b、R43a、R43b、R44a、R44b、R45a、R45b、R46a、

R46b、R47a、R47b、R48a、R48b：光瞳區域

R35：中央光瞳區域

S4a：第 1 面鏡要素群

S4b：第 2 面鏡要素群

S4c：第 3 面鏡要素群

S4d：第 4 面鏡要素群

S4e：第 5 面鏡要素群

S40、S42、S44、S46、S48、S50、S52、S54、S56：步驟

SP1、SP2、SP3、SP4：光強度分布

W：晶圓

WS：晶圓平台

X、Y、Z：方向



I661224

【發明摘要】

【中文發明名稱】

照明光學系統、曝光裝置以及元件製造方法

【英文發明名稱】

ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE APPARATUS  
AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

【中文】

一種照明光學系統，具有與偏光狀態的變更相關的高自由度。藉由來自光源的光對被照射面進行照明的照明光學系統包括：第 1 空間光調變器，具有排列於第 1 面且個別地受到控制的多個光學要素；偏光構件，配置於比第 1 面更靠被照射面側的光徑中，將與第 2 光束不同的偏光狀態的變化賦予通過橫切照明光學系統的光軸的面內的第 1 區域的第 1 光束，第 2 光束通過與橫切的面內的第 1 區域不同的第 2 區域；以及第 2 空間光調變器，具有多個光學要素，且可變地於照明光學系統的照明光瞳中形成光強度分布。

【英文】

An illumination optical system is provided, which has a high degree of freedom related to changes in polarization state. The illumination optical system which illuminates an irradiated surface by light from a light source includes: a first spatial light modulator which has a plurality of optical elements arranged on a first surface

and respectively controlled; a polarizing member, disposed in a light path closer to the irradiated surface than the first surface, which gives changes in polarization state that are different from a second light beam to a first light beam passing through a first region in a plane which transects the optical axis of the illumination optical system, wherein the second light beam passes through a second region different from the first region in the transection; and a second spatial light modulator, which has a plurality of optical elements and may variably form an optical intensity distribution in an illumination pupil of the illumination optical system.

【指定代表圖】圖1。

【代表圖之符號簡單說明】

- 1：光束輸送部
- 2、4：空間光調變器
- 3：再成像光學系統
- 3a、6a：前側透鏡群
- 3b、6b：後側透鏡群
- 5：偏光構件
- 6、7：中繼光學系統
- 6c：光瞳面
- 8：微複眼透鏡
- 9：聚光器光學系統

10：罩幕遮板

11：成像光學系統

AX：光軸

AS：孔徑光闌

CR：控制系統

DTr：第 1 光瞳強度分布測量部

DTw：第 2 光瞳強度分布測量部

LS：光源

M：罩幕

MR1：光徑彎折面鏡

MR2：面鏡

MS：罩幕平台

PL：投影光學系統

W：晶圓

WS：晶圓平台

X、Y、Z：方向

## 【特徵化學式】

無

## 【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種照明光學系統，其藉由光而對被照射面進行照明，其特徵在於包括：

第 1 空間光調變器，具有排列於第 1 面且個別地受到控制的多個第 1 光學要素，且配置於上述光的光徑；

偏光構件，配置於來自上述第 1 空間光調變器的上述光的光徑中，使通過橫切上述照明光學系統的光軸的面內的第 1 區域的第 1 光束，與通過上述橫切面內的與上述第 1 區域不同的第 2 區域的第 2 光束為互相不同的偏光狀態；

光學積分器，配置於來自上述偏光構件的上述光的光徑中的上述偏光構件與上述照明光學系統的照明光瞳之間的光徑；以及

第 2 空間光調變器，具有排列於第 2 面且個別地受到控制的多個第 2 光學要素，配置於來自上述偏光構件的上述光的光徑中的上述偏光構件與上述光學積分器之間的光徑，能夠變更上述照明光瞳的上述光的光強度分布。

【第 2 項】如申請專利範圍第 1 項所述的照明光學系統，其中上述多個第 2 光學要素相對於上述多個第 1 光學要素成為光學共軛的關係。

【第 3 項】如申請專利範圍第 2 項所述的照明光學系統，其中上述偏光構件以在光學上相對於上述多個第 1 光學要素成為傅里葉變換關係的方式而配置。

【第 4 項】如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明

光學系統，其中更具備再成像光學系統，以使上述多個第 1 光學要素與上述多個第 2 光學要素成為光學共軛的關係的方式而配置於上述第 1 空間光調變器與上述第 2 空間光調變器之間的上述光的光徑，

上述偏光構件配置於上述再成像光學系統的光瞳空間。

**【第 5 項】**如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明光學系統，其中更具備中繼光學系統，其配置於來自上述第 1 空間光調變器的上述光的光徑中，且形成在光學性上相對於上述多個第 1 光學要素存在傅里葉變換關係的位置，

上述偏光構件配置於來自上述第 1 空間光調變器的上述光的光徑中的上述中繼光學系統與上述第 2 空間光調變器之間的光徑中。

**【第 6 項】**如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明光學系統，其中上述偏光構件具有使上述第 1 光束變化為第 1 偏光狀態的光的第 1 波長板，以及與上述第 1 波長板並排地配置且使上述第 2 光束變化為第 2 偏光狀態的光的第 2 波長板。

**【第 7 項】**如申請專利範圍第 6 項所述的照明光學系統，其中更具有消偏振鏡，與上述第 1 波長板以及上述第 2 波長板並排地配置，並將入射光非偏光化且射出。

**【第 8 項】**如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明光學系統，其中上述偏光構件具有厚度沿著規定方向連續地發生變化的形態的波長板。

【第 9 項】如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明光學系統，其中上述偏光構件具有使上述第 1 光束變化為第 1 偏光狀態的光的第 1 旋光元件，以及與上述第 1 旋光元件並排地配置且使上述第 2 光束變化為第 2 偏光狀態的光的第 2 旋光元件。

【第 10 項】如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明光學系統，其中上述偏光構件具有由具有旋光性的光學材料形成且厚度沿著規定方向連續地發生變化的形態的旋光元件。

【第 11 項】如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明光學系統，其中上述偏光構件構成為可更換。

【第 12 項】如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明光學系統，其中更具備分布形成光學系統，配置於來自上述第 2 空間光調變器的上述光的光徑中的上述第 2 空間光調變器與上述光學積分器之間的光徑中，使上述第 2 空間光調變器的上述多個第 2 光學要素於上述第 2 空間光調變器的遠場形成的遠場圖案成像於上述光學積分器的入射面或其附近。

【第 13 項】如申請專利範圍第 12 項所述的照明光學系統，其中上述分布形成光學系統將來自上述第 2 空間光調變器的出射光束的角度方向的分布，轉換為來自上述分布形成光學系統的出射光束的剖面中的位置分布。

【第 14 項】如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的照明光學系統，其中上述多個第 2 光學要素包含二維地排列的多個面鏡要素，上述第 2 空間光調變器具有個別地對上述多個面鏡要素

的姿勢進行控制驅動的驅動部。

【第 15 項】如申請專利範圍第 14 項所述的照明光學系統，其中上述驅動部使上述多個面鏡要素的方位連續地或離散地變化。

【第 16 項】如申請專利範圍第 14 項所述的照明光學系統，其中將上述多個面鏡要素中的位於上述第 2 面上的第 1 區域的面鏡要素的群設為第 1 面鏡要素群，將上述多個面鏡要素中的與上述第 1 區域相異的位於上述第 2 面上的第 2 區域的面鏡要素的群設為第 2 面鏡要素群時，上述驅動部以將經由上述第 1 面鏡要素群的光引導至上述第 2 面的光學傅里葉變換面上的第 1 光瞳區域的方式來控制驅動上述第 1 面鏡要素群，並以將經由上述第 2 面鏡要素群的光引導至上述第 2 面的光學傅里葉變換面上的第 2 光瞳區域的方式來控制驅動上述第 2 面鏡要素群。

【第 17 項】一種曝光裝置，其將規定圖案曝光至感光性基板上，其特徵在於包括：

用於對上述規定圖案進行照明的如申請專利範圍第 1 項至第 16 項中任一項所述的照明光學系統。

【第 18 項】如申請專利範圍第 17 項所述的曝光裝置，其中包括投影光學系統，其將上述規定圖案的像形成於上述感光性基板上，上述照明光瞳為與上述投影光學系統的孔徑光闌光學共軛的位置。

【第 19 項】一種元件製造方法，其特徵在於包括：

使用如申請專利範圍第 17 項或第 18 項所述的曝光裝置，而



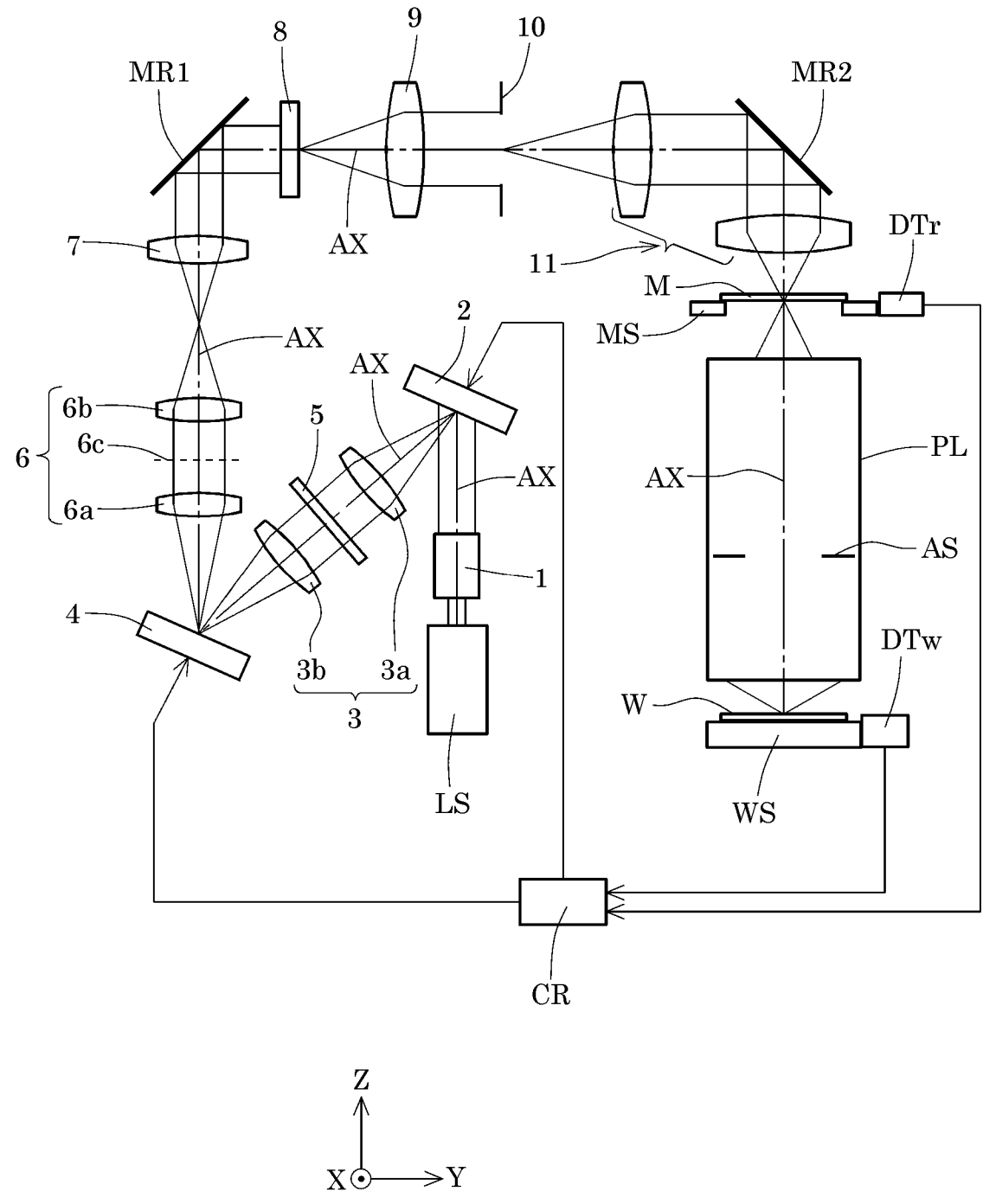
將上述規定圖案曝光至上述感光性基板；

對轉印有上述規定圖案的上述感光性基板進行顯影，於上述感光性基板的表面形成與上述規定圖案相對應的形狀的罩幕層；

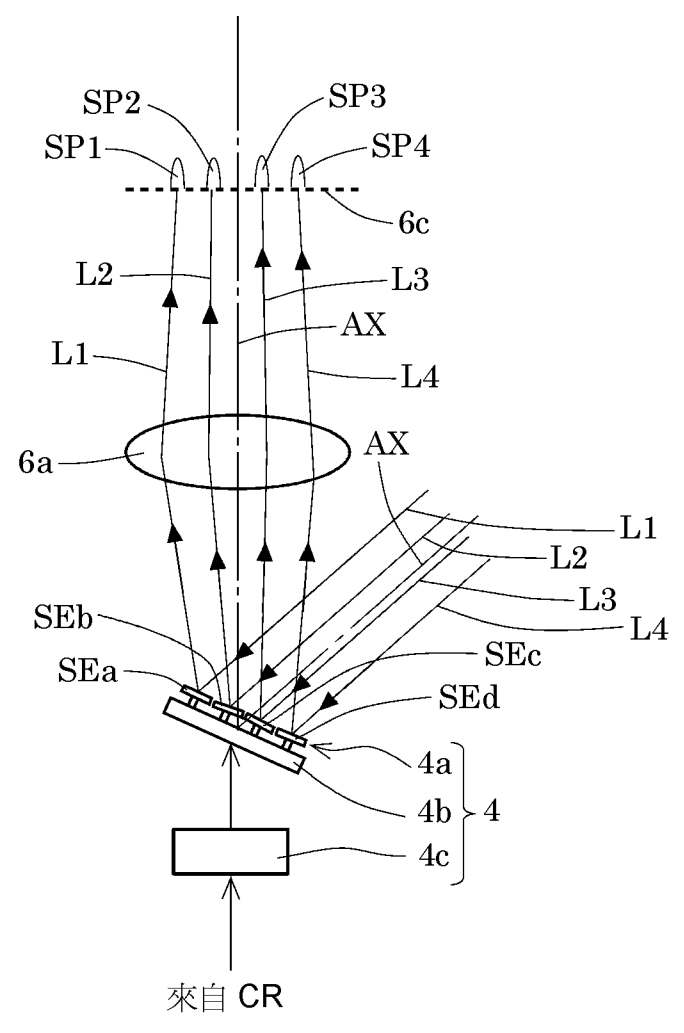
以及

經由上述罩幕層來對上述感光性基板的表面進行加工。

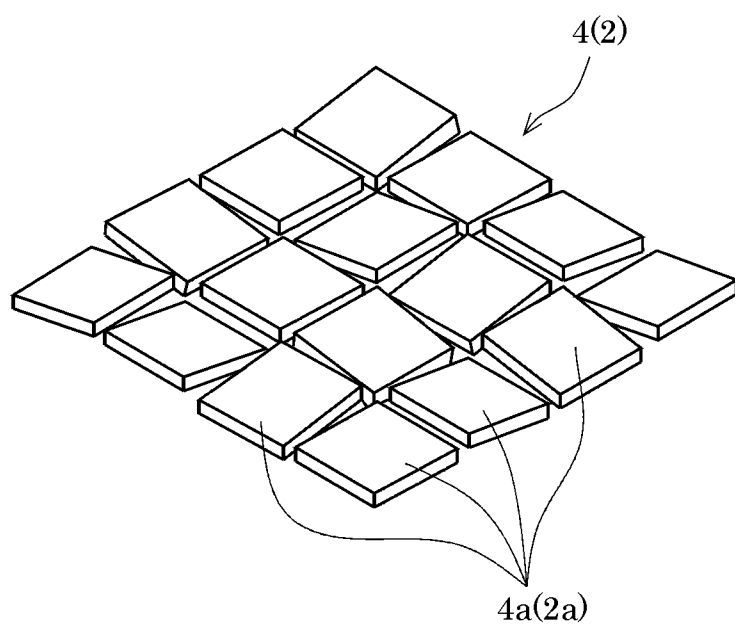
【發明圖式】



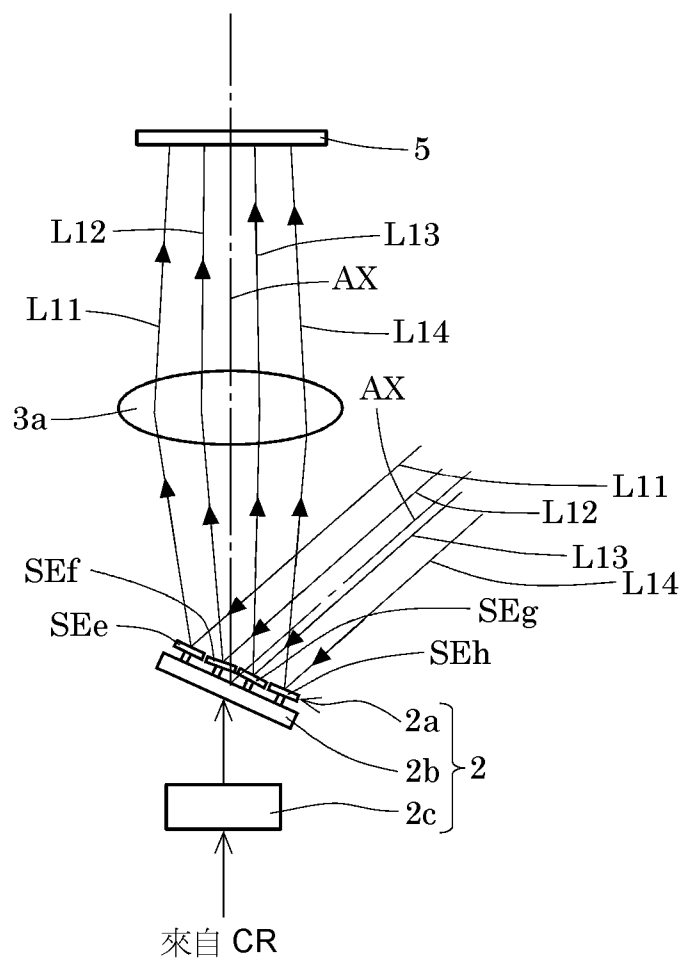
【圖1】



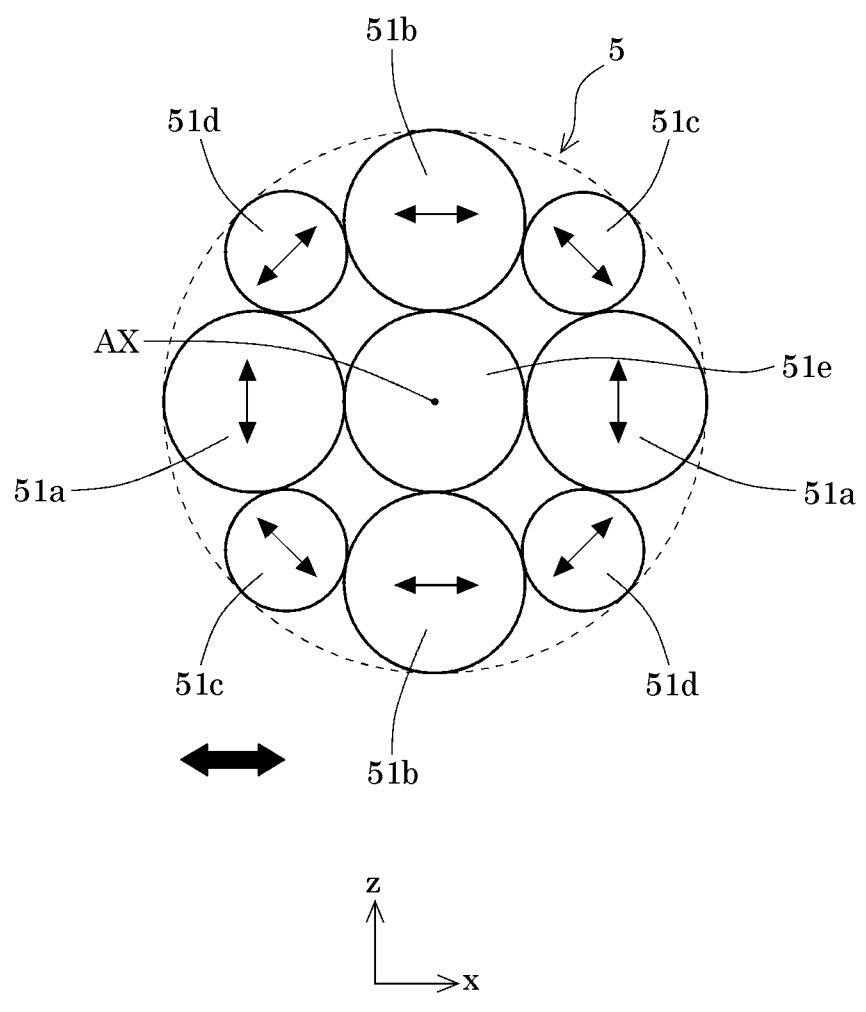
【圖2】



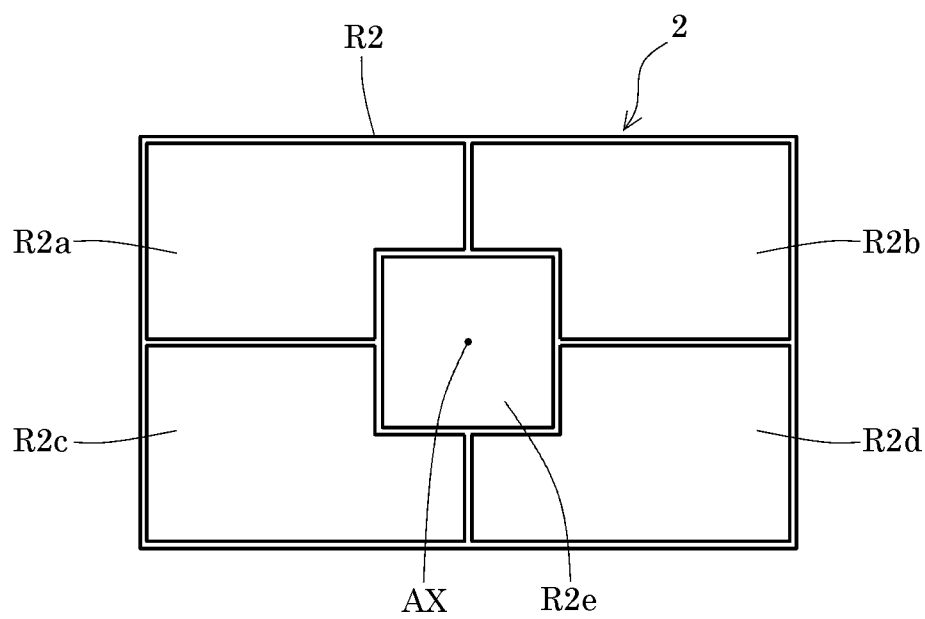
【圖3】



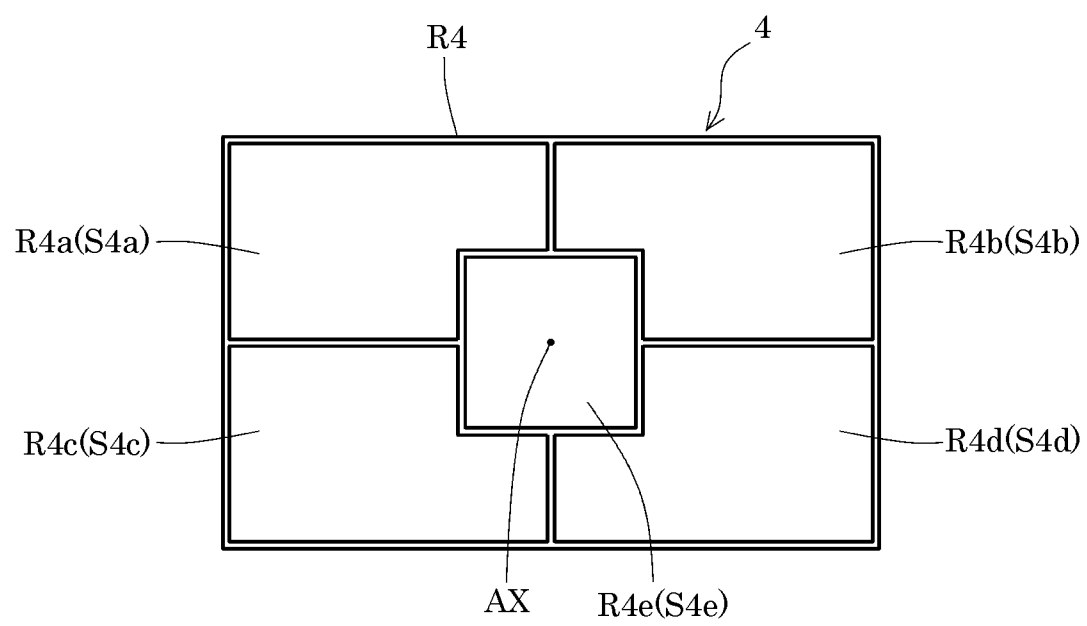
【圖4】



【圖5】

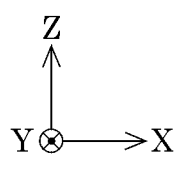
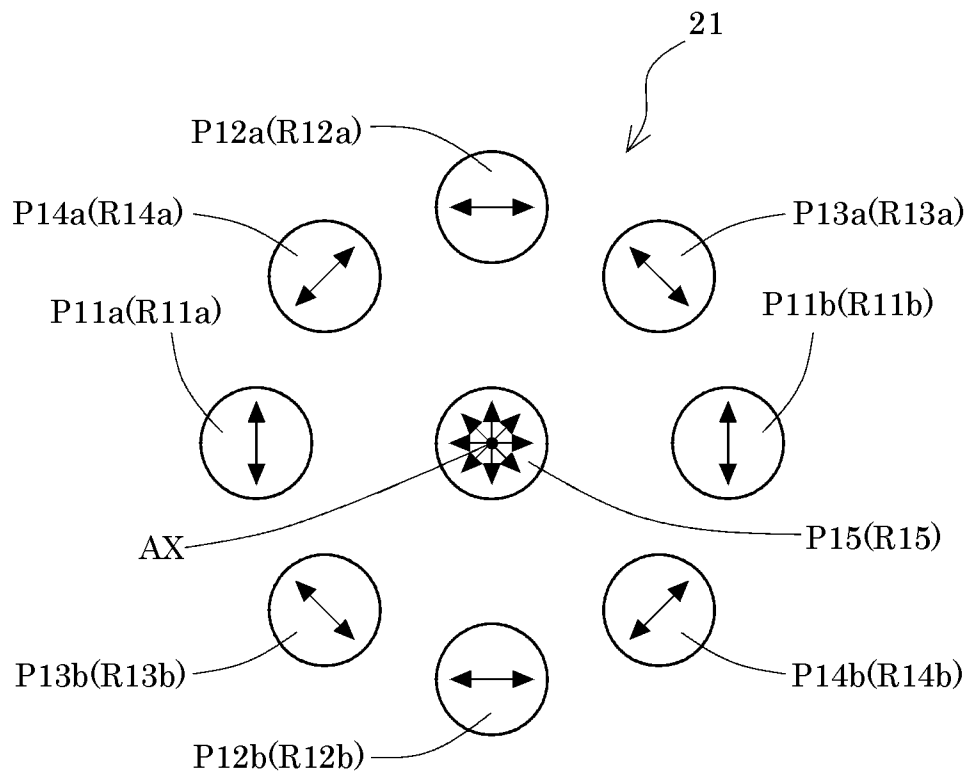


【圖6】

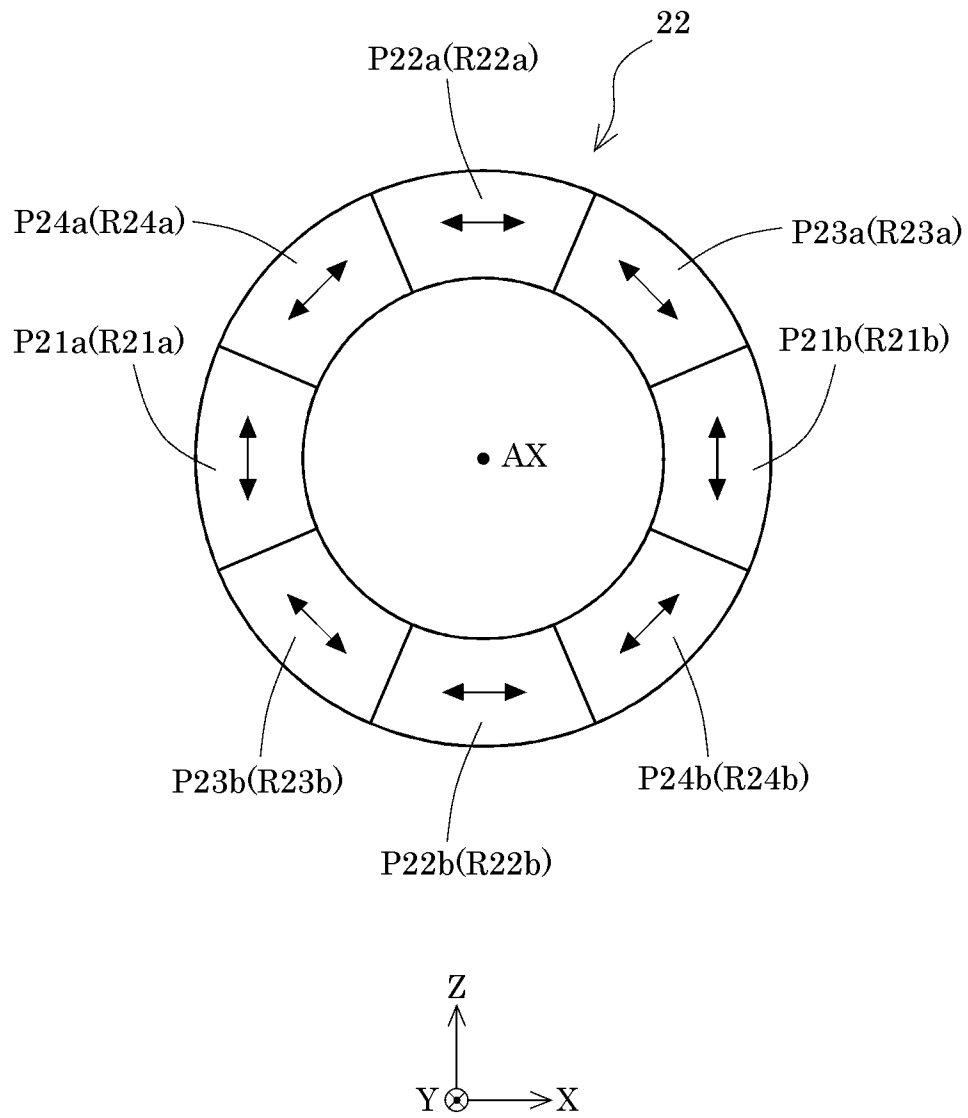


【圖7】

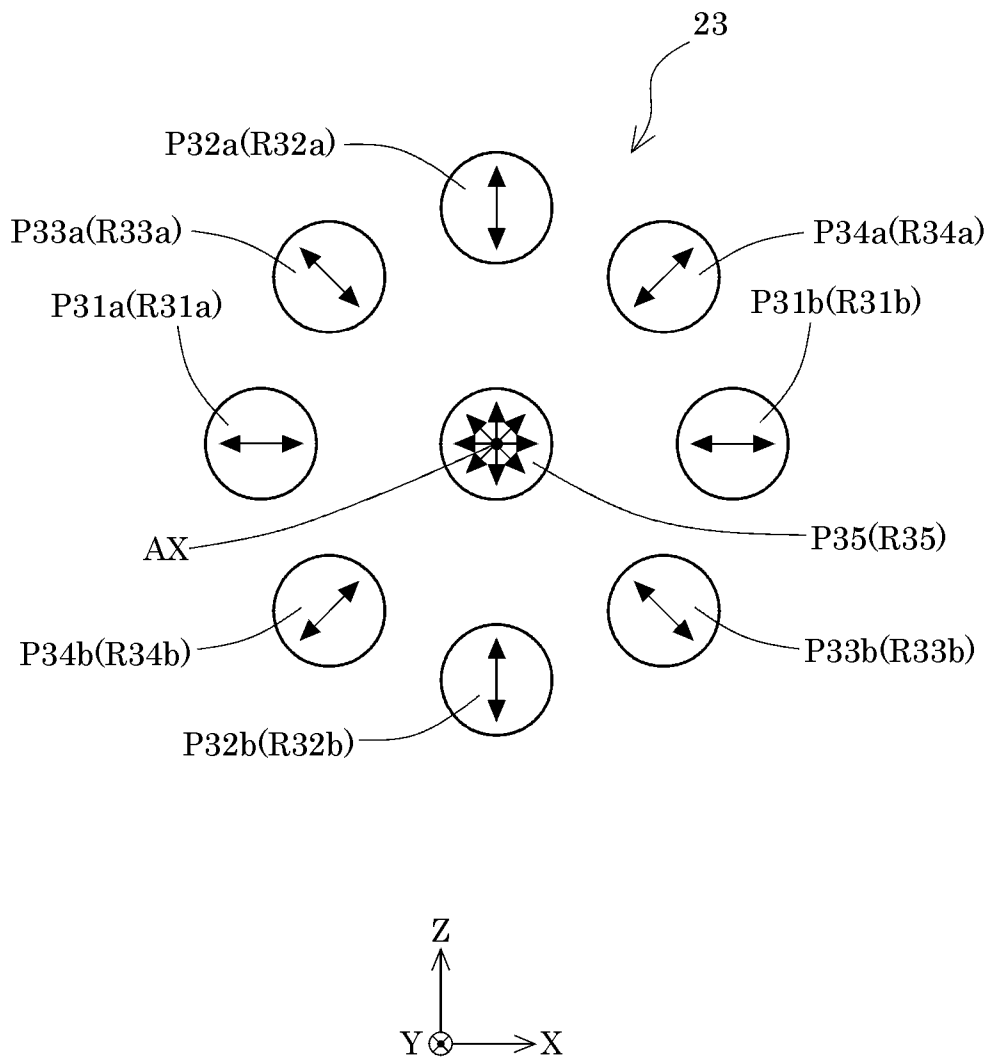




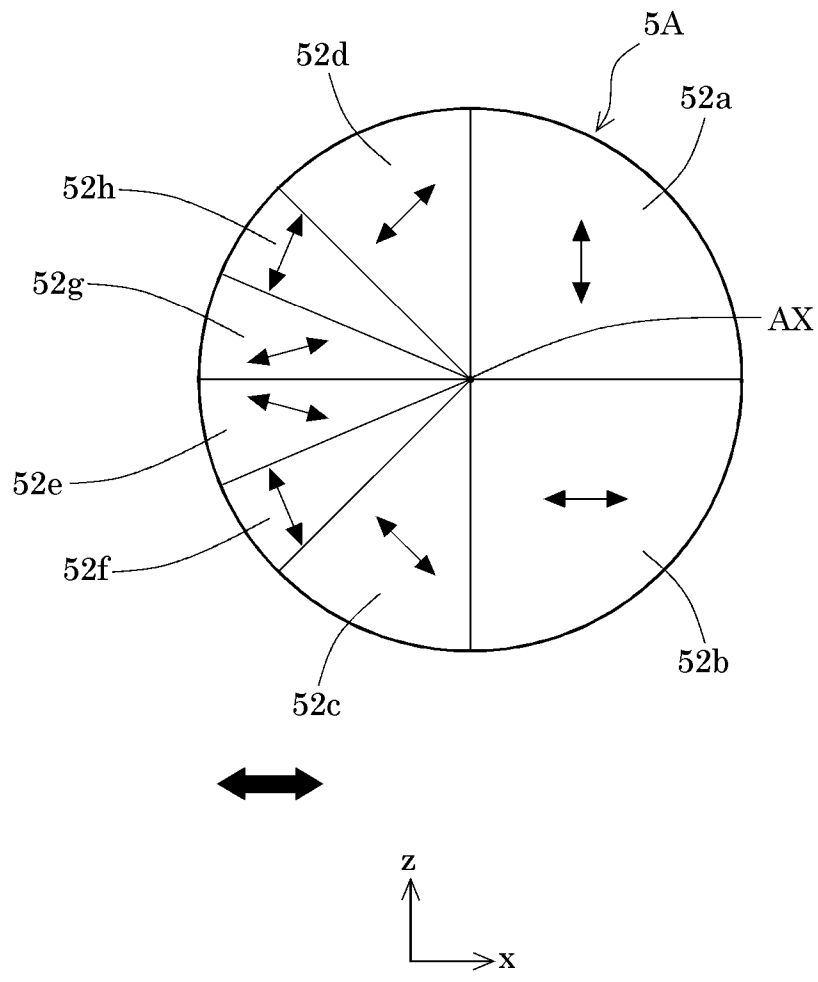
【圖8】



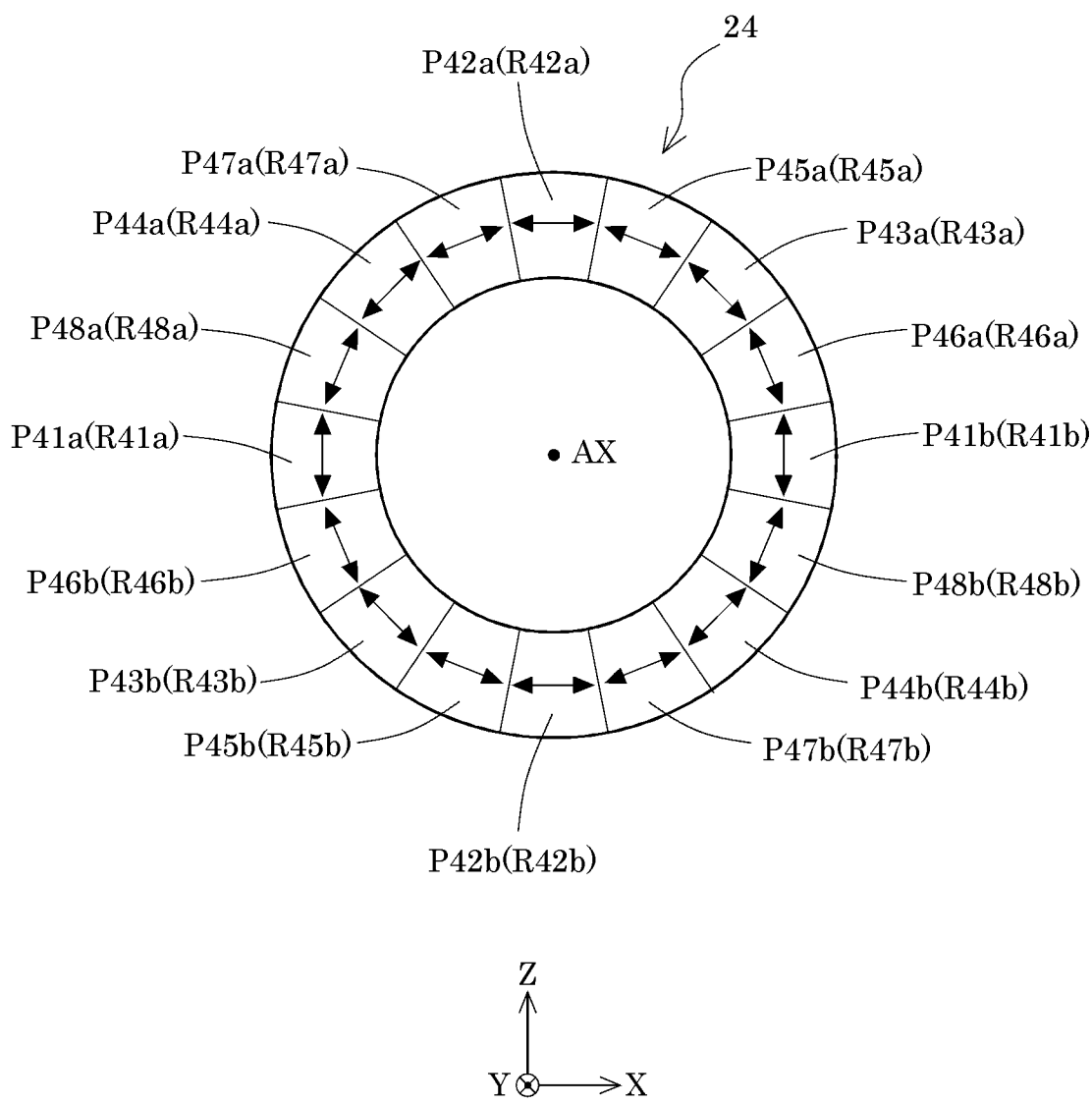
【圖9】



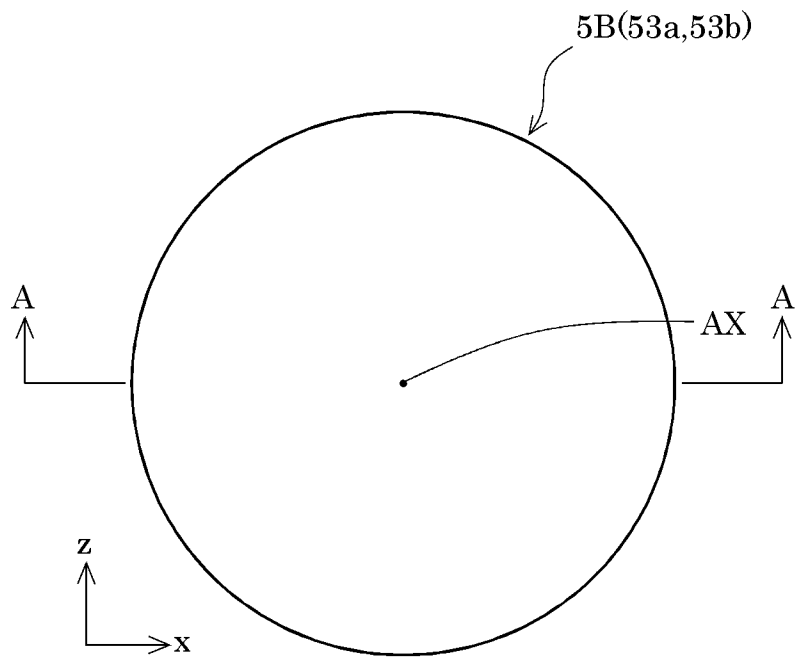
【圖10】



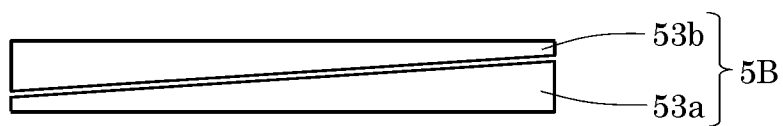
【圖11】



【圖12】

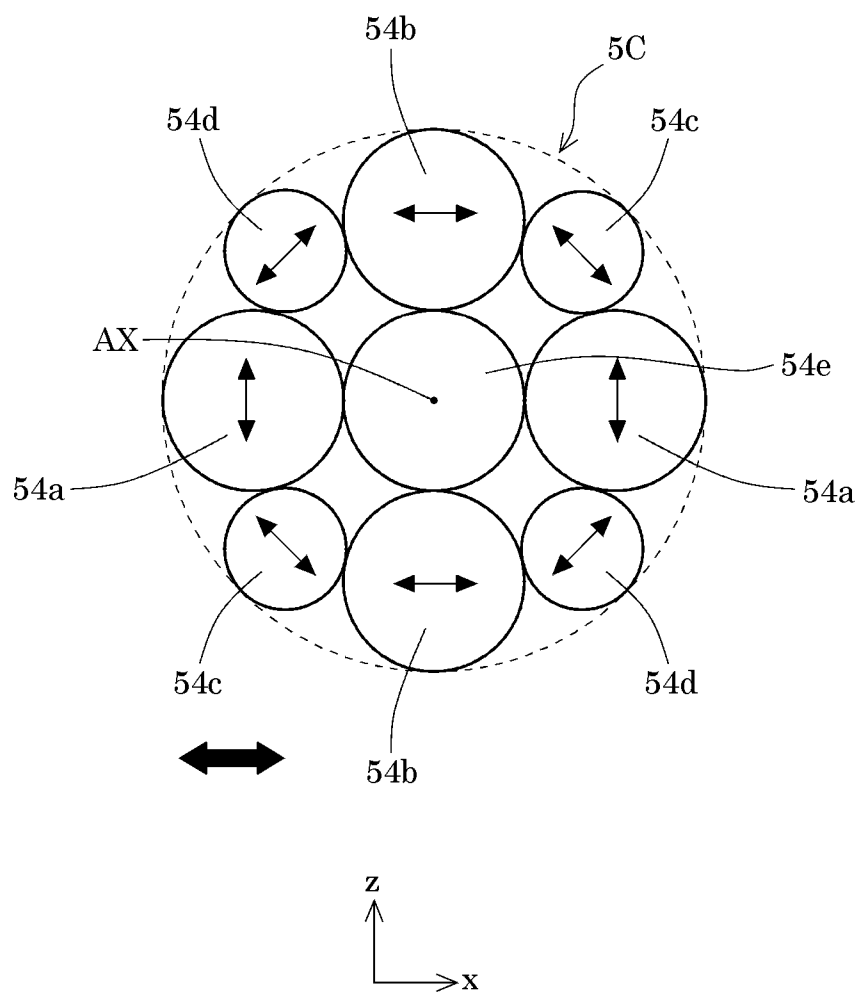


【圖13(a)】

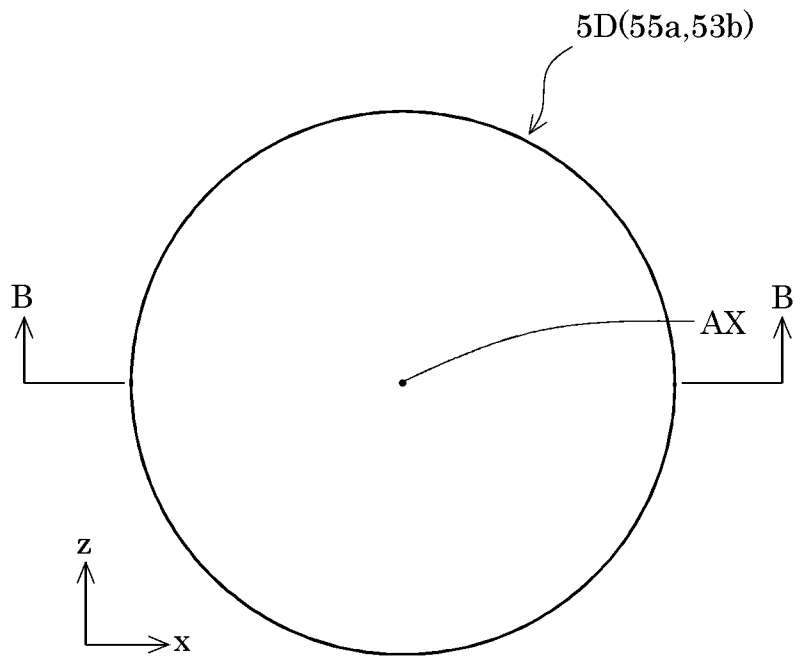


A-A 剖面

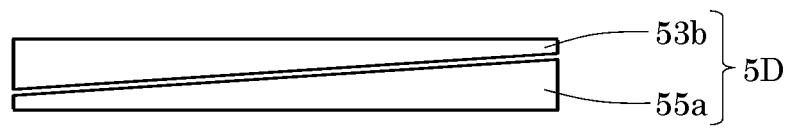
【圖13(b)】



【圖14】



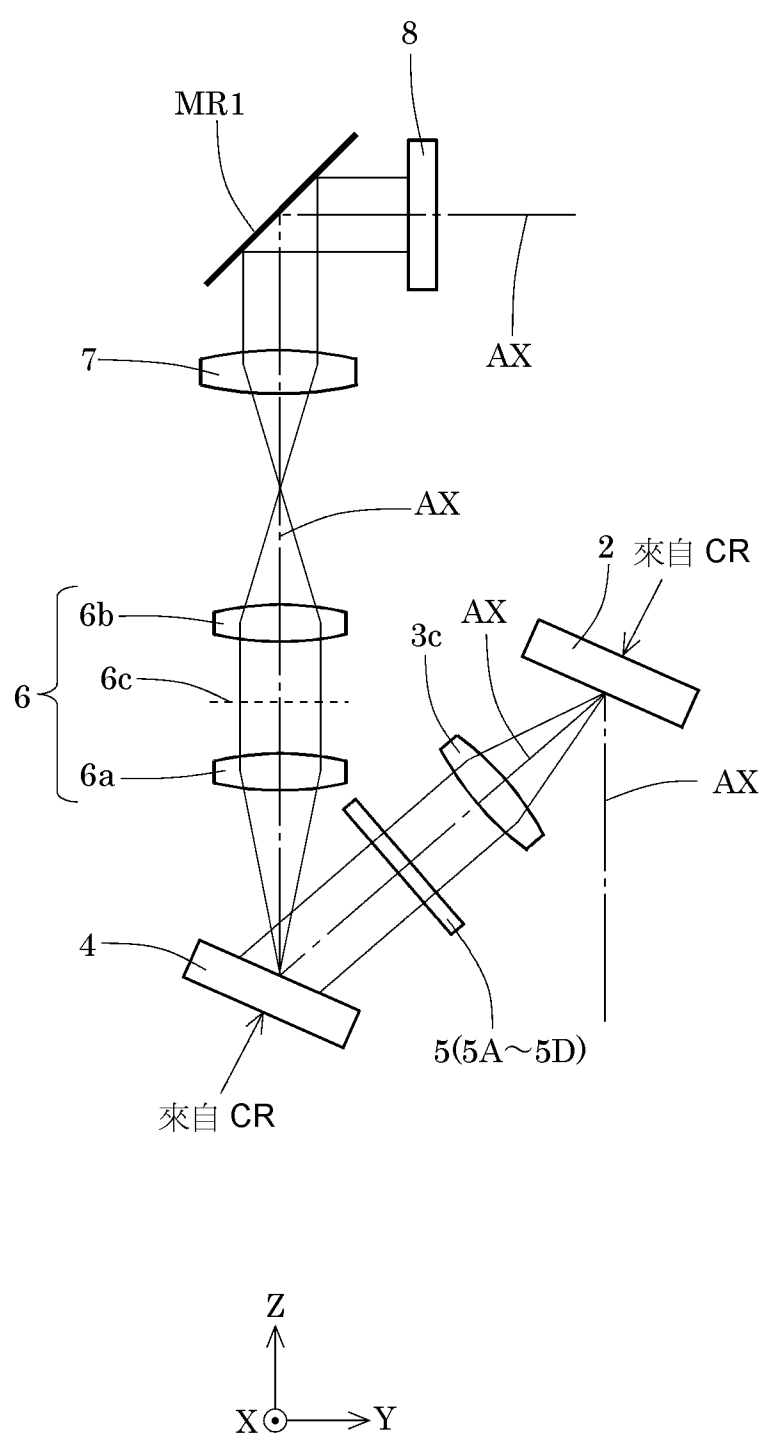
【圖15(a)】



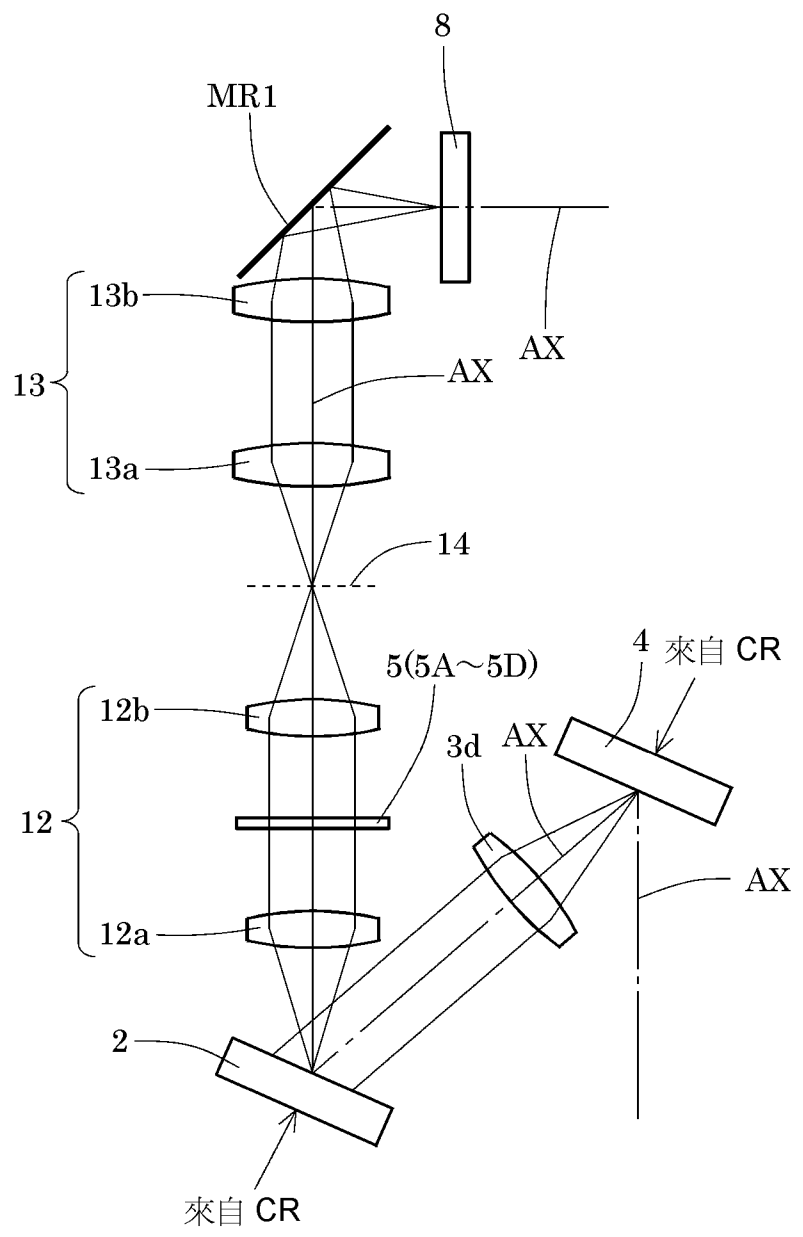
B-B 剖面

【圖15(b)】

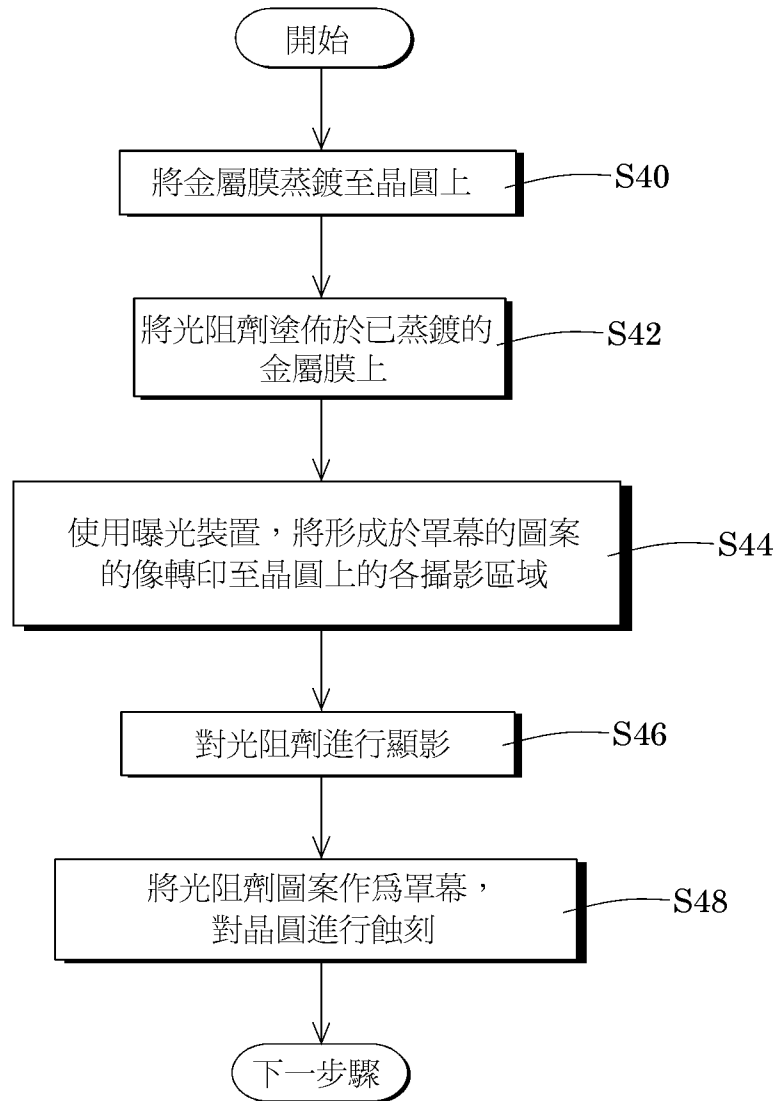




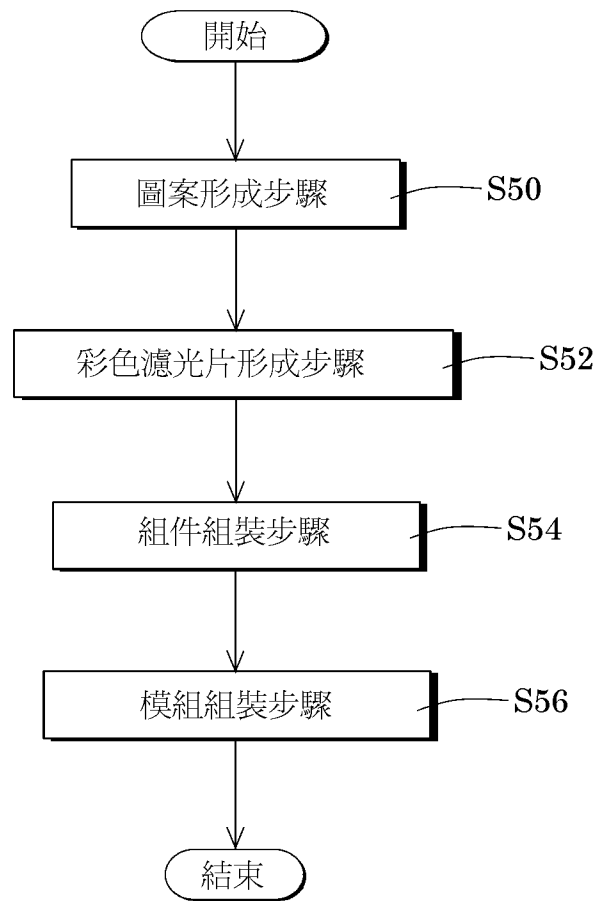
【圖16】



【圖17】



【圖18】



【圖19】