



(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 I610342 B

(45) 公告日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 01 日

(21) 申請案號：104142243

(22) 申請日：中華民國 93 (2004) 年 09 月 29 日

(51) Int. Cl. : **H01L21/027 (2006.01)**

(30) 優先權：2003/09/29	日本	2003-338420
2003/10/02	日本	2003-344938
2004/02/19	日本	2004-042931

(71) 申請人：尼康股份有限公司 (日本) (JP)
日本

(72) 發明人：西永壽 NISHINAGA, HISASHI (JP)；引間郁雄 HIKIMA, IKUO (JP)；中川正弘 NAKAGAWA, MASAHIRO (JP)；荻原恒幸 HAGIWARA, TSUNEYUKI (JP)；水野恭志 MIZUNO, YASUSHI (JP)；北尚憲 KITA, NAONORI (JP)；谷津修 TANITSU, OSAMU (JP)；江村望 EMURA, NOZOMU (JP)；豐田光紀 TOYODA, MITSUNORI (JP)

(74) 代理人：桂齊恆；閻啟泰

(56) 參考文獻：

JP	04-305915A	JP	06-124873A
JP	07-220990A	JP	11-176727A
JP	2000-058436A	JP	2000-311847A
US	2002/0101574A1		

審查人員：王榮華

申請專利範圍項數：27 項 圖式數：45 共 145 頁

(54) 名稱

曝光裝置及曝光方法、以及元件製造方法

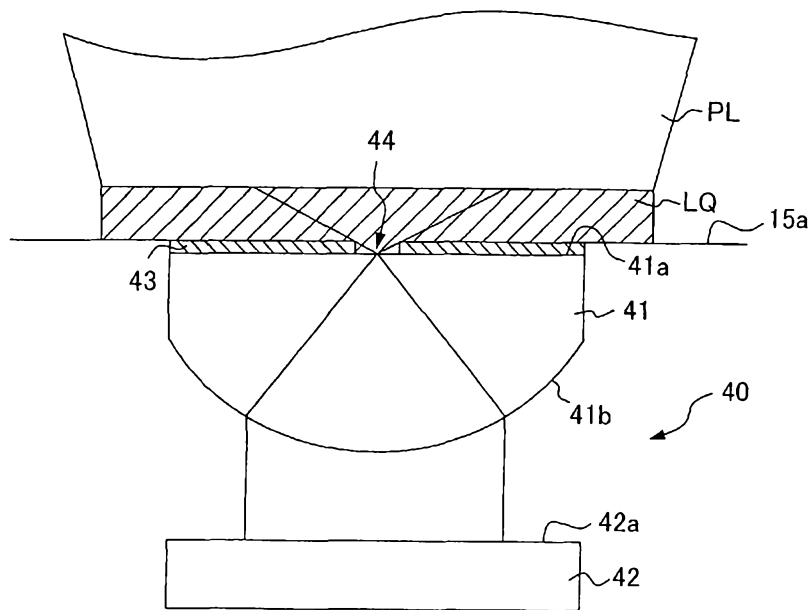
(57) 摘要

由投影光學系統 PL 射入液體 LQ 之曝光用光當中，射入光透過部 44 之曝光用光，以不通過氣體中的方式射入並會聚於光學構件 41。曝光裝置，即使投影光學系統的數值孔徑增大亦能接收來自投影光學系統之曝光用光，而能進行各種測量。

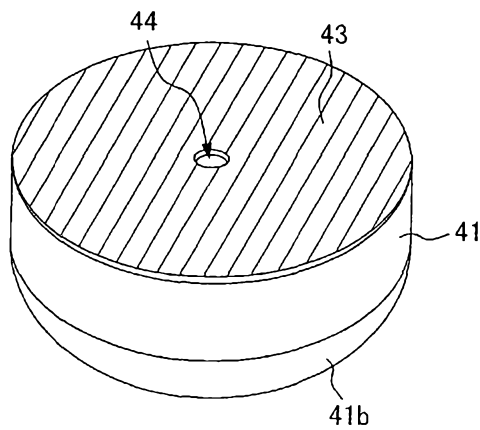
指定代表圖：

圖 5

(a)



(b)



符號簡單說明：

PL . . . 投影光學系統

LQ . . . 液體

15a . . . 載台表面
(上面)

40 . . . 照度不均感測器

41 . . . 平凸透鏡

41a . . . 平坦部

41b . . . 曲面部

42 . . . 受光元件

42a . . . 受光面

43 . . . 遮光部

44 . . . 光透過部

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

曝光裝置及曝光方法、以及元件製造方法

【技術領域】

本發明，係有關將形成於光罩之圖案轉印於基板上以使基板曝光之曝光裝置及曝光方法、以及元件製造方法。

【先前技術】

就半導體元件、液晶顯示元件、攝影裝置(CCD(Charge Coupled Device)等)、薄膜磁頭等微元件之製造步驟之一而言，一般所設的微影步驟係使用曝光裝置，將形成於光罩或標線片(以下，當將其等統稱為光罩)的圖案之縮小像投影曝光於作為曝光對象之基板(塗布有光阻之半導體晶圓或玻璃板)。近年來，大多採用步進重複方式之縮小投影曝光裝置(即所謂步進機)，或是步進掃描方式之曝光裝置。

上述步進機，係將基板載置在可作二維移動之基板載台上，以該基板載台使基板步進(steping)移動，並依序重複進行使光罩圖案之縮小像曝光於基板上之各照射(shot)區域之曝光裝置。又，步進掃描方式之曝光裝置，係在以狹縫狀之曝光用光之脈衝照射於光罩的狀態下，使載置有光罩的光罩載台與載置有基板的基板載台相對於投影光學系統而彼此同步移動，並使形成於光罩的圖案之一部份逐步轉印在基板的照射區域，待結束對 1 個照射區域之圖案轉印後，使基板步進移動，然後進行另一照射區域之圖案轉印。

又，該等曝光裝置具有複數個光感測器(受光部)，用以接收透過投影光學系統之曝光用光，根據該等光感測器的輸出，進行各種機械調整或光學

的調整等，以決定出各種動作條件，達成實際對基板曝光時之最佳化。例如，在基板載台上設置照度不均感測器，用來測量通過投影光學系統之曝光用光的照度不均(光量分布)或是積算光量不均度；以及設置照射量感測器，用以測量通過投影光學系統之曝光用光的照射量(光量)。有關上述照度不均感測器，例如日本專利特開平 08-316133 號公報所揭示者，又，有關照射量感測器，例如國際公開第 01/008205 號公報所揭示者。

近年來，為對應元件圖案朝更高集積度發展，投影光學系統亦被期望具更高解析度。投影光學系統的解析度，隨著使用的曝光波長愈短、以及投影光學系統之數值孔徑愈大而愈高。因此，曝光裝置所使用之曝光波長逐年朝更短波長進展，投影光學系統之數值孔徑亦逐漸增大。又，現在主流之曝光波長係為 KrF 準分子雷射之 248nm，然而，更短波長的 ArF 準分子雷射之 193nm 亦進入實用化階段。又，在進行曝光之際，焦點深度(DOF)與解析度同樣的重要。對解析度 R 及焦點深度 δ 分別以下式表示。

$$R=K_1 \times \lambda / NA \quad (1)$$

$$\delta = \pm K_2 \times \lambda / NA^2 \quad (2)$$

此處， λ 表示曝光波長，NA 表示投影光學系統之數值孔徑， K_1 、 K_2 表示條件係數。由(1)式、(2)式可得知，若為了提高解析度 R 而縮短曝光波長 λ 、且加大數值孔徑 NA，則焦點深度 δ 愈小。

若是焦點深度 δ 過小，基板表面不易與投影光學系統之像面一致，而會有曝光動作時之焦點裕度(margin)不足之虞。此處，例舉如國際公開第 99/49504 號公報所揭示之液浸法，乃是可實質縮短曝光波長、且使焦點深度變大的方法。該種液浸法所揭示內容，係在投影光學系統的下面與基板表面之間填滿水或有機溶劑等液體以形成液浸區域，利用曝光用光在液體中的波長為空氣中的 $1/n$ (n 為液體的折射率，通常為 1.2~1.6 左右)之現象來提高解析度，同時增大焦點深度約達 n 倍。

此外，上述的光感測器(受光部)，具有配置在投影光學系統的像面側之光透過部，透過該光透過部來接收光，因此，若因液浸法的採用等而增大投影光學系統的數值孔徑，造成曝光用光的入射角(最外的光線與光軸所構成的角度)變大，則由光透過部所射出的光之擴散亦增大，會有無法良好地接收光之虞。

【發明內容】

本發明係有鑑於上述事情而提出者，其目的在於提供：即使在投影光學系統的數值孔徑增大的情況下，亦可高精度地實施各種測量，特別是在採用液浸式曝光法之情形亦能良好地進行各種測量之曝光裝置及曝光方法、以及元件製造方法。

又，本發明之目的在於提供：具有可良好地接收透過投影光學系統的光之受光器之曝光裝置及曝光方法、以及元件製造方法。

依本發明之第 1 形態之曝光裝置，係使曝光用光透過液體而照射於基板上，藉此使該基板曝光，其具備：

投影光學系統；及

測量裝置，具有：光透過部，設置於該投影光學系統之像面側；及受光器，透過該光透過部來接收通過該投影光學系統的曝光用光；

該測量裝置之受光器，在該投影光學系統與光透過部間未存在液體的狀態下，接收通過該光透過部及投影光學系統的曝光用光。上述測量裝置可以是照度不均感測器、照射量感測器、或空間像測量裝置。

依此發明，係在未對投影光學系統的像面側供應液體的狀態下，藉由測量裝置之受光器，透過配置在投影光學系統的像面側之光透過部，接收通過投影光學系統之曝光用光。

依本發明之第 2 形態之曝光裝置，係使曝光用光照射於基板上，藉此使該基板曝光，其具備：

投影光學系統；及

測量裝置，具有：配置在該投影光學系統的像面側並供來自該投影光學系統的曝光用光之射入之光透過部、受光器、以及用以使來自該光透過部的光射入受光器之聚光構件；

該聚光構件係配置在該光透過部與受光器之間，俾使來自該投影光學系統的曝光用光以不通過氣體中的方式射入該聚光構件。

依此發明，來自投影光學系統的曝光用光當中，透過光透過部的光並不通過氣體中，而是射入並會聚於聚光構件。再者，光透過部的光不通過氣體而導向聚光構件，已揭示有諸多方法，然而亦可將光透過部與聚光構件接合，或者，亦可在光透過部與聚光構件之間介有氣體以外之光透過性介質，例如液體、超臨界流體、糊料、或是薄膜狀之固體等。

依本發明之第 3 形態之曝光裝置，係使曝光用光透過液體而照射於基板上，藉此使該基板曝光，其具備：

投影光學系統；及

測量裝置，具有：一面與該投影光學系統相對向且在另一面的一部份形成光透過部之板狀構件，以及用以接收來自該光透過部的光之受光器；

該測量裝置之受光器，係用以接收透過形成於該投影光學系統與板狀構件間的液體之曝光用光。

依此發明，來自投影光學系統的曝光用光，係透過液體而射入板狀構件，射入板狀構件的光當中通過光透過部的光，以測量裝置所具備的受光器來接收。因此，可在液浸曝光的狀態下測量曝光用光。

依本發明之第 4 形態之曝光裝置，係使曝光用光透過液體而照射於基板上，藉此使該基板曝光，其具備：

投影光學系統；及

測量裝置，具有：配置在該投影光學系統的像面側並供來自該投影光

學系統的曝光用光穿透液體後之射入的光透過部、受光器、以及用以使來自該光透過部的光射入受光器之光學系統；

該光學系統係配置在該光透過部與受光器之間，俾使來自該投影光學系統的曝光用光以不通過氣體中的方式射入該光學系統。

依此發明，來自投影光學系統的曝光用光當中，透過光透過部的光被導向測量裝置所設置的光學系統而並不通過氣體，進而射入受光器。因此，受光器能以極佳效率來接收透過光透過部的光。使通過光透過部的光被導向光學系統時不通過氣體之方式，亦可如上述般介有氣體以外的介質。再者，光學系統可為單一的光學構件，亦可由複數個光學構件所構成。

依本發明之第 5 形態之曝光裝置，係使曝光用光透過液體而照射於基板上，藉此使該基板曝光，其具備：

投影光學系統；

光學構件，具有配置在該投影光學系統的像面側之光透過部；及

受光器，透過該光學構件來接收通過該投影光學系統的光；

在該受光器與光學構件間填滿液體。

在液浸曝光中，以受光器透過配置在投影光學系統的像面側的光學構件來接收通過投影光學系統的光時，係在投影光學系統及光學構件之間填滿液體的狀態下，使光照射在受光器以進行光接收動作。依本發明，亦在該光學構件與受光器之間填滿液體，藉此，受光器能良好地接收通過投影光學系統的光。亦即，在投影光學系統與光學構件間的空間填滿液體，雖可增大投影光學系統的數值孔徑 NA ，然而，必須使受光系統的數值孔徑 NA 亦按照該投影光學系統的數值孔徑 NA 而改變。亦即，若受光器的數值孔徑 NA 未能按照投影光學系統的數值孔徑 NA 而一起變大，因而發生受光器無法良好地取入通過投影光學系統的光的情形，導致不能良好地接收光。因此，藉著在投影光學系統與光學構件間填滿液體來使投影光學系統

的數值孔徑 NA 變大時，在光學構件與受光器之間亦填滿液體，藉此使受光器的光學系統數值孔徑 NA 變大，而使受光器可良好地接收透過投影光學系統的光。此處之光學構件，包含所有具備光透過部者。

依本發明之第 6 形態之曝光裝置，係使曝光用光照射於基板上，藉此使該基板曝光，其具備：

投影光學系統；

光學構件，具有配置在該投影光學系統的像面側之光透過部；及

受光器，透過該光學構件來接收通過該投影光學系統的光；

在該受光器與光學構件間填滿液體。

依本發明，在光學構件及受光器之間填滿液體，藉以使受光器的光學系統之數值孔徑 NA 變大，俾進行良好地受光動作。本發明之光學構件與受光器間填滿液體的構成，除了可運用在液浸曝光裝置之外，亦可適用於未透過液體而進行曝光之乾式曝光裝置。

依本發明之第 7 形態之曝光裝置，係使曝光用光透過液體而照射於基板上，藉此使該基板曝光，其具備：

投影光學系統；

光學構件，具有配置在該投影光學系統的像面側之光透過部；及

受光器，具有鄰接於光學構件之受光元件，透過該光學構件來接收通過該投影光學系統的光。

依本發明，係將受光器的受光元件鄰接配置於光學構件，藉此，即使在投影光學系統與光學構件間填滿液體而實質使投影光學系統的數值孔徑 NA 變大時，受光器亦可良好地接收透過投影光學系統的光。

依本發明之第 8 形態之曝光裝置，係使曝光用光透過液體而照射於基板上，藉此使該基板曝光，其具備：

投影光學系統；

光學構件，具有配置在該投影光學系統的像面側之光透過部，並且在既定位置形成貫穿孔；及

受光器，透過該光學構件來接收通過該投影光學系統的光。

依本發明，藉著在光學構件設置貫穿孔，在投影光學系統與光學構件間的液體能透過貫穿孔而移動(釋放)，因此，不會發生投影光學系統與光學構件間的液體壓力、和光學構件與受光器間的液體壓力之差，而不會產生光學構件彎曲等不良情形。又，液體可透過貫穿孔而移動，故亦可免於投影光學系統與光學構件間液體壓力的大幅變動，而能防止因液體的壓力變動而使投影光學系統的變動(振動)等不良情形。

本發明之元件製造方法，其特徵在於，該元件係使用第 1~第 8 形態之曝光裝置來製造。依本發明，由於受光器能良好地接收透過投影光學系統的光，故根據該受光結果來設定最佳曝光條件下能進行高精度之曝光處理，而能製造具所要性能之元件。

依本發明之第 9 形態之曝光方法，係使曝光用光透過投影光學系統與液體而照射在基板上，藉此使該基板曝光，其特徵在於包含以下步驟：

設置步驟，在該投影光學系統的光射出端側，設置用以測量曝光用光之測量裝置；

測量步驟(S14、S15)，於該投影光學系統的光射出端側之光路空間未介有液體的情況下，以測量裝置來測量曝光用光；及

曝光步驟(S19)，根據該測量結果，在該投影光學系統的光射出端側之光路空間介有液體的情況下，進行基板之曝光；

由投影光學系統射入該投影光學系統的光射出端和光路空間所形成的界面之曝光用光的入射角，在該測量步驟與曝光步驟不同。依此方法，在測量步驟時，射入上述投影光學系統的光射出端與上述光路空間所形成的界面之曝光用光的入射角，被調整成小於上述曝光步驟時之入射角，藉此，

即使在投影光學系統與測量裝置間的光路空間未存在液體，測量裝置仍能良好地接收曝光用光，並能以所接收的光實施成像狀態及曝光用光的調整。

依本發明之第 10 形態之曝光方法，係使曝光用光透過投影光學系統(PL)而照射在基板(W、P)上，藉此使該基板曝光，其特徵在於包含以下步驟：

以受光器接收自該投影光學系統所射出的曝光用光；及

使曝光用光透過投影光學系統與液體而照射在基板上，藉此使該基板曝光。依此方法，由於曝光用光傳送至受光元件時並不通過氣體中，故即使投影光學系統的數值孔徑增大，仍可良好地接收通過投影光學系統的曝光用光。

依本發明之第 11 形態之曝光方法，係使曝光用光穿透投影光學系統而照射在基板上，藉此使該基板曝光，其特徵在於包含以下步驟：

透過具有光透過部(配置在該投影光學系統的像面側)之光學構件，以受光器來接收通過該投影光學系統的光；及

使曝光用光透過投影光學系統而照射在基板上，藉此使該基板曝光；

在該受光器與光學構件間填滿液體。依此方法，由於在受光器與光學構件間填滿液體，故即使投影光學系統的數值孔徑增大，仍可良好地接收來自光透過部的曝光用光。

【圖式簡單說明】

圖 1 係本發明第 1 實施形態之曝光裝置的概略構成圖。

圖 2 係開口光圈板 8 的一例之前視圖。

圖 3(a)及(b)係曝光用光感測器 27 的構成之一例。

圖 4 係本發明第 1 實施形態之曝光裝置在曝光處理開始時的動作例之流程圖。

圖 5(a)及(b)係本發明第 2 實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器之概略構成圖。

圖 6(a)及(b)係本發明第 2 實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器之變形例。

圖 7(a)及(b)係本發明第 3 實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器之概略構成圖。

圖 8 係本發明第 3 實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器具備之平凸透鏡的另一例之立體圖。

圖 9 係本發明第 4 實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器之概略構成之截面圖。

圖 10 係本發明第 5 實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器之概略構成之截面圖。

圖 11(a)及(b)係本發明第 6 實施形態之曝光裝置所設置之照射量感測器之概略構成圖。

圖 12 係相對於微透鏡陣列而形成有開口的聚光板之構成例之立體圖。

圖 13 係本發明第 7 實施形態之曝光裝置所設置之照射量感測器之概略構成圖。

圖 14 係本發明第 8 實施形態之曝光裝置所設置之照射量感測器之概略構成圖。

圖 15(a)及(b)係本發明第 9 實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器之概略構成圖。

圖 16 係本發明第 10 實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器之概略構成圖。

圖 17 係第 2 實施形態之曝光裝置所具備的照度不均感測器 40 之變形例。

圖 18 係微元件的製程之一例之流程圖。

圖 19 係半導體元件的情形之圖 18 的步驟 S23 之詳細流程之一例。

圖 20 係表示本發明之曝光裝置之一實施形態之概略構成圖。

圖 21 係表示投影光學系統的前端部附近、液體供應機構、及液體回收機構之概略構成圖。

圖 22 係投影光學系統的投影區域與液體供應機構及液體回收機構之位置關係俯視圖。

圖 23 係本發明之受光器之一實施形態之概略構成圖。

圖 24 係表示受光器在進行測量動作時之狀態示意圖。

圖 25 係表示本發明之光學構件與受光器之一實施形態之要部放大圖。

圖 26 係圖 25 的光學構件之俯視圖。

圖 27(a)及(b)係光學構件的光透過部之一例。

圖 28 係以受光器來接收光信號之一例。

圖 29 係在測量投影光學系統的成像特性時所使用的光罩之一例。

圖 30 係在測量投影光學系統的成像特性時所使用的光罩之一例。

圖 31 係在測量投影光學系統的成像特性時所使用的光罩之一例。

圖 32 係表示本發明之光學構件與受光器之另一實施形態之要部放大圖。

圖 33 係表示本發明之光學構件與受光器之另一實施形態之要部放大圖。

圖 34 係表示本發明之光學構件與受光器之另一實施形態之要部放大圖。

圖 35 係圖 34 之光學構件的俯視圖。

圖 36(a)~(c)係形成液浸區域之步驟之一例。

圖 37 係表示本發明之光學構件與受光器之另一實施形態之要部放大圖。

圖 38 係圖 37 之光學構件的俯視圖。

圖 39 係表示本發明之光學構件與受光器之另一實施形態之要部放大圖。

圖 40 係圖 39 之光學構件的俯視圖。

圖 41 係表示本發明之光學構件與受光器之另一實施形態之要部放大圖。

圖 42 係表示在基板載台上配置複數個受光器時之俯視圖。

圖 43 係表示本發明之光學構件與受光器之另一實施形態之要部放大圖。

圖 44 係表示本發明之光學構件與受光器之另一實施形態之要部放大圖。

圖 45 係以投影光學系統前端與所接觸之介質的折射率之關係，來說明在投影光學系統前端使曝光用光之局部光線未發生全反射的條件。

【實施方式】

以下參照圖式來詳述本發明實施形態之曝光裝置及元件製造方法，然而，本發明並未侷限於此。

(第 1 實施形態)

圖 1 係本發明第 1 實施形態之曝光裝置的概略構成圖。再者，圖 1 所示之曝光裝置 EX，係透過投影光學系統 PL 與晶圓 W 之間的液體(純水)LQ 來進行曝光之液浸式曝光裝置，以形成有半導體元件的電路圖案 DP 之標線片 R，利用步進重複方式，將上述電路圖案 DP 的像轉印至晶圓 W 上。

又，在以下的說明中，係在圖中設定出 XYZ 正交座標系統，並參照該 XYZ 正交座標來說明各構件之位置關係。XYZ 正交座標系統，係使 X 軸及 Y 軸係平行於晶圓 W，並使 Z 軸正交於晶圓 W 的方向。圖中的 XYZ 座標系統之實際方向，XY 平面係平行於水平面的面，Z 軸係設定在鉛直上方向。

圖 1 所示之曝光裝置 EX 中，係以能用以供應 193nm(ArF)的波長光之

ArF 準分子雷射光源，作為用以供應曝光用光之光源 1。由光源 1 射出的大致平行光束，透過光束整形光學系統 2 而整形成既定截面之光束後，射入干涉性減低部 3。干涉性減低部 3，對於被照射面(標線片 R 上以及晶圓 W 上)的干涉圖案的發生具有降低效果。

干涉性減低部 3 之詳細說明，如日本專利特開昭 59-226317 號公報所揭示者。來自干涉性減低部 3 的光束，穿透過第 1 複眼透鏡(第 1 光學積分器)4，在其後側之焦點面形成多數光源。來自上述多數光源的光，以振動反射鏡 5 偏向後，透過中繼光學系統 6 而重疊照明於第 2 複眼透鏡(第 2 光學積分器)7，藉此在第 2 複眼透鏡 7 的後側焦點面形成由多數光源所構成之二次光源。

在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ，亦即照明光學系統(照明系統)IS 的瞳面(投影光學系統 PL 的瞳面之光學共軛面)，配置可藉驅動馬達 8f 而能旋轉之開口光圈板 8。圖 2 係開口光圈板 8 的一例之前視圖。如圖 2 所示，開口光圈板 8 係由繞旋轉軸 O 而能旋轉之圓形板所構成，沿其圓周方向形成有：一般照明用之圓形開口光圈 8a、環帶照明用之開口光圈 8b、4 極變形照明(4 極照明)用之開口光圈 8c、小相干因數(小 σ)用之小圓形開口光圈 8d、以及測量曝光用光之照度不均或光量等所使用之可變開口光圈 8e。再者，圖 2 中以虛線表示之大圓，係表示一般照明用之圓形開口光圈 8a 的大小，用來與開口光圈 8b~8e 的大小作比較。

又，相干因數(照明系統的 σ)係指投影光學系統 PL 之在標線片 R 側之數值孔徑 NA_r 與照明光學系統 IS 之數值孔徑 NA_i 的比值，以下式來定義之。

$$\sigma = NA_i / NA_r$$

又，投影光學系統 PL 之數值孔徑 NA ，一般係以晶圓 W 側之數值孔徑 NA_w 來表示，標線片側之數值孔徑 NA_r 之求取，係利用投影光學系統 PL 之倍率 M_1 ，以 $NA_r = NA_w / M_1$ 來取得。

上述之開口光圈 8e 所形成之開口大小為可變，例如，以 0.05~0.50 作為 σ 值之可變範圍。該開口光圈 8e 之作用，係在投影光學系統 PL 的像面側未具有液體 LQ 的情況下，進行照度不均或光量的測量之際，用以調整(縮減)朝向投影光學系統 PL 的像面側之曝光用光之張開角(最外的光線與光軸所構成之角度)。亦即，本實施形態之曝光裝置，係透過投影光學系統 PL 及晶圓 W 間的液體 LQ 以進行曝光處理之液浸式曝光裝置，因此，若在投影光學系統 PL 的像面側未具有液體 LQ，例如，在一般照明所使用之張開角較大的曝光用光，在投影光學系統 PL 的像面側之前端部分將有部份的光發生全反射而未能通過投影光學系統 PL。上述開口光圈 8e，係用以調整朝向投影光學系統 PL 的像面側之曝光用光之張開角，以防止在投影光學系統 PL 之全反射。再者，在圖 2 之中，為了要使本發明之特徵明確化，乃在開口光圈板 8 之構成中，另行設置了不同於開口光圈 8d 之開口光圈 8e，然而，因為開口光圈 8d 之相干因數亦設定在 0.25~0.35 左右，因此亦可省略開口光圈 8e 之構成而在測量之際使用開口光圈 8d。此時，亦可使開口光圈 8d 的開口具可變性。

回到圖 1，開口光圈板 8 的旋轉軸 O 係連接於驅動馬達 8f 的旋轉軸，將驅動馬達 8f 驅動以使開口光圈板 8 繞旋轉軸 O 旋轉，藉此可切換在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 所配置的開口光圈。按照第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 所配置的開口光圈之改變，而改變在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 之曝光用光的強度分布(光束分布)。驅動馬達 8f 的驅動，係由用以統合控制曝光裝置 EX 的整體動作之主控制系統 20 所控制。

來自第 2 複眼透鏡 7 所形成的二次光源的光束當中、並通過開口光圈板 8 所形成之任一開口光圈 8a~8d 的曝光用光，透過聚光光學系統 10 及折射鏡 11 後，以均勻照度重疊照明於下側面形成有既定電路圖案 DP 之標線片 R。藉此，在標線片 R 的照明區域內之圖案像，透過兩側遠心式(telecentric)

之投影光學系統 PL，以既定之投影倍率 β (β 例如為 1/4 或 1/5 等)，投影在投影光學系統 PL 的像面所配置之基板(晶圓 W)的曝光區域(投影區域)。晶圓 W 例如係半導體(矽等)或 SOI(Silicon on insulator)等之圓板狀之基板。再者，以上所說明之光束整形光學系統 2~折射鏡 11，係構成照明光學系統(照明系統)IS。

投影光學系統 PL 係由透鏡等之複數個光學元件所構成。本實施形態中，係使用真空紫外域之 ArF 準分子雷射光源作為曝光用光，因此，構成投影光學系統 PL 之光學元件的玻璃材，可使用例如合成石英或螢石(氟化鈣：CaF₂)。投影光學系統 PL 所具有的光學元件的一部分可移動於投影光學系統 PL 的光軸 AX 方向(Z 方向)，並能繞 X 軸之平行軸或 Y 軸之平行軸微傾(tilt)，該等光學元件係由後述的透鏡控制部 14 所控制。該投影光學系統 PL，係在像面側被供應液體 LQ 之狀態下，使入射光束成像於像面側之液浸式投影光學系統，數值孔徑(NA)設定成 1 以上之值(例如為 1.00~1.40)。再者，本實施形態之投影光學系統 PL 係折射系統(dioptric)，然而，亦可使用反射折射系統(catadioptric)或反射系統。

標線片 R 係透過標線片保持具(未圖示)而載置於標線片載台 13。再者，標線片載台 13 乃根據主控制系統 20 的指令，以標線片載台控制部(未圖示)驅動。此時之標線片載台 13 的移動，係藉由標線片干涉計(未圖示)及設在標線片載台 13 的移動鏡(未圖示)之測量，並將其測量結果輸出至主控制系統 20。

投影光學系統 PL 設有透鏡控制部 14，以測量溫度及氣壓，並按照溫度、氣壓等之環境變化而將投影光學系統 PL 的成像特性等光學特性控制成一定。該透鏡控制部 14 係將測得之溫度及氣壓輸出至主控制系統 20，主控制系統 20 乃根據接收自透鏡控制部 14 的溫度及氣壓、以及後述之曝光用光感測器 27 的測量結果，透過透鏡控制部 14 來控制投影光學系統 PL 之成像

光學系統等光學特性。

晶圓 W 係被真空吸附於內設在晶圓載台 15 內之晶圓保持具 16。再者，將晶圓 W 保持在晶圓保持具 16 上時，對於晶圓保持具 16 之高度位置的設定，係其上面與晶圓載台 15 的上面一致。晶圓載台 15，係疊合著一對可分別移動於圖 1 中 X 軸方向及 Y 軸方向之 X 載台和 Y 載台，能在 XY 平面內調整位置。

又，儘管圖示中已予省略，晶圓載台 15 具有：可使晶圓 W 移動於 Z 軸方向之 Z 載台、可使晶圓在 XY 平面內微幅旋轉的載台、以及可改變對 Z 軸角度以調整晶圓 W 對 XY 平面的傾斜之載台等。因此，晶圓載台 15 具備 X 軸方向之移動功能、Y 軸方向之移動功能、Z 軸方向之移動功能、繞 Z 軸之旋轉功能、繞 X 軸之微傾功能，以及繞 Y 軸之微傾功能。

在晶圓載台 15 的上面一端安裝有移動鏡 17，在與移動鏡 17 的鏡面相對向的位置配置有雷射干涉計 18。再者，儘管圖 1 之圖示簡化，移動鏡 17 具備：具有與 X 軸垂直之反射面的移動鏡，以及具有與 Y 軸垂直之反射面之移動鏡。又，雷射干涉計 18 具有，沿 X 軸朝移動鏡 17 照射雷射光束之 2 個 X 軸用雷射干涉計，以及沿 Y 軸朝移動鏡 17 照射雷射光束之 Y 軸用雷射干涉計，藉由 X 軸用之 1 個雷射干涉計以及 Y 軸用之 1 個雷射干涉計，可測得晶圓載台 15 之 X 座標及 Y 座標。

又，藉著 X 軸用之 2 個雷射干涉計的測量值之差，可測得晶圓載台 15 在 XY 平面內之旋轉角。由雷射干涉計 18 所測得之 X 座標、Y 座標、以及旋轉角之資訊，當作載台位置資訊而供應至主控制系統 20。主控制系統 20 邊監測所接收之載台位置資訊，邊將控制信號輸出至載台驅動系統 19，以將晶圓載台 15 的定位動作控制在奈米等級。

再者，亦可取代移動鏡 17，而在晶圓載台 15 的側面設置反射面。藉此，在晶圓載台 15 的上面可到達全面而形成同一平面。

又，圖 1 所示之曝光裝置 EX，具有液體供應裝置 21 及液體回收裝置 22，用以將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 的像面側，並將所供應的液體 LQ 予以回收。液體供應裝置 21 具有供收容液體 LQ 之貯存槽、以及加壓泵等。該液體供應裝置 21 係連接於供應管 23 的一端部，供應管 23 的另一端則連接至供應嘴 24。液體 LQ 係透過該供應管 23 及供應嘴 24 而供應。再者，本實施形態中，係使用 ArF 準分子雷射光來作為曝光用光，故使用純水作為液體 LQ。

再者，液體供應裝置 21 之貯存槽與加壓泵等，並非須設於曝光裝置 EX，該等至少一部份，亦可由設置有曝光裝置 EX 的工廠等之設備來代用之。

液體回收裝置 22 具有吸引泵、以及供收容經回收之液體 LQ 之貯存槽等。液體回收裝置 22 連接於回收管 25 的一端，回收管 25 的另一端則連接於回收嘴 26。供應至投影光學系統 PL 之像面側的液體 LQ，係透過回收嘴 26 及回收管 25 而被液體回收裝置 22 所回收。該等液體供應裝置 21 及液體回收裝置 22，係由主控制系統 20 所控制。

再者，液體回收裝置 22 之吸引泵與貯存槽等，並非須設於曝光裝置 EX，該等至少一部份亦可由設置有曝光裝置 EX 的工廠之設備來代用之。

亦即，當將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 的像面側之空間時，主控制系統 20 乃分別對液體供應裝置 21 及液體回收裝置 22 輸出控制信號，以控制液體 LQ 在每單位時間之供應量及回收量。藉由該控制，可僅將所需量之液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 的像面側。再者，在圖 1 之示例中，液體 LQ 係使用設在晶圓載台 15 上方之回收嘴 26、回收管 25、及吸引泵等來回收，然而其不在此限。例如，亦可在晶圓載台 15 的上面周圍設置液體 LQ 的回收部(排出口)，或者將其與上述液體回收裝置 22 併用。

又，在上述晶圓載台 15 上設置曝光用光感測器 27，以測量透過投影光

學系統 PL 而照射在晶圓載台 15 上之曝光用光的照度不均(光量不均)或積算光量不均、及光量(照射量)。圖 3 係曝光用光感測器 27 之一構成例，其中的(a)為立體圖，(b)為(a)中的 A-A 線截面圖。如圖 3(a)所示般，曝光用光感測器 27 具有大致長方體形狀之框架(chassis)30。底板 30 係由熱傳導率高的金屬(例如鋁)所形成之框體，在其上面 33 形成作為光透過部之針孔(pin hole)31 與開口 32。

在底板 30 的上面 33 所形成的針孔 31，係為了測量穿透投影光學系統 PL 所照射之曝光用光 IL 之照度不均或是積算光量不均度，徑長約十餘 μm ~數十 μm 左右。又，在底板 30 的上面 33 所形成的開口 32，設定為與曝光區域(投影光學系統 PL 之投影區域)相同程度之大小。該開口 32，例如係在其一面蒸鍍 Cr(鉻)，設置 ND 濾光器 34 以減少入射光。又，如圖 3(b)所示，在底板 30 內部設置有照度不均感測器 36 及照射量感測器 37。照度不均感測器 36 及照射量感測器 37 均具備有 PIN 光二極體等受光元件，用以檢測射入該等受光面之曝光用光的光量。又，圖 3(a)中的 35 係配線，用以將設置在照度不均感測器 36 及照射量感測器 37 [參照圖 3(b)] 的受光元件之檢測信號，取出於曝光用光感測器 27 的外部。

照度不均感測器 36 之受光面的面積，係設定為可接收透過針孔 31 之曝光用光，而照射量感測器 37 之受光面的面積，係設定為可接收透過設在開口 32 的 ND 濾光器 34 之曝光用光。照度不均感測器 36 及照射量感測器 37 分別具有之受光元件，已在其受光面形成對 ArF 準分子雷射光之抗反射層，並分別透過支持構件安裝於電氣基板 38。

電氣基板 38 連接於配線 35，並透過該配線 35 將照度不均感測器 36 及照射量感測器 37 的受光元件之檢測信號取出於外部。又，分別設置在照度不均感測器 36 及照射量感測器 37 之受光元件，舉凡是利用光生電力效應、肖特基(Schottky)效應、光電磁效應、光導電效應、光電子放出效應、及焦

電效應等光轉換元件之任一者俱可適用。再者，曝光用光感測器 27 之構成，亦可以不在其內部設置受光元件，而在其內部僅具有用來接收曝光用光之受光系統，並使用光纖或反射鏡等將受光系統所接收的光導引至底板 30 外，再使用光電子倍增管等光電檢測裝置將其作光電轉換。

若將設置在曝光用光感測器 27 的針孔配置在曝光區域內，並使曝光用光照射於曝光區域，所照射的曝光用光當中，僅通過針孔 31 的曝光用光會被設於照度不均感測器 36 的受光元件檢測出來。在曝光用光照射於曝光區域之狀態下，邊移動針孔 31 邊檢測曝光用光，則能測量在曝光區域內之曝光用光的照度不均或積算光量不均度。又，若使設置在曝光用光感測器 27 的開口 32 配置在曝光區域，在該狀態下將曝光用光照射於曝光區域，經由 ND 濾光器 34 而減光之曝光用光會被照射量感測器 37 所具有的受光元件所檢測出來。由於 ND 濾光器 34 的減光率為已知，故可根據該減光率與照射量感測器 37 的受光元件之檢測結果來測量照射在曝光區域之曝光用光的光量。

以上所說明之曝光用光感測器 27 的檢測信號，被送至主控制系統 20。又，照度不均及光量之測定可定期實施之(例如，在處理批量單位之晶圓 W 之際、或是交換標線片 R 之際)。主控制系統 20 乃根據以曝光用光感測器 27 之照度不均感測器 36 所測得的照度不均或是積算光量不均度，來改變光源 1 所射出的曝光用光之強度，或是控制照射在投影光學系統 PL 像面側的曝光用光之照度分布，以降低上述不均。又，主控制系統 20 根據曝光用光感測器 27 之照射量感測器 37 所測得的曝光用光之光量，針對肇因於曝光用光射入而造成之投影光學系統 PL 的光學特性變動，求出作為補償用的控制參數，繼而在晶圓 W 之曝光進行時使用該控制參數，透過透鏡控制部 14 來控制投影光學系統 PL 之光學特性。再者，照射於投影光學系統 PL 像面側的曝光用光之照度分布調整方法，可參考例如日本專利特開平 10-189427

號公報(對應美國專利 5,867,319 號)、特開 2002-100561 號公報(對應美國專利 6,771,350 號)、特開 2000-315648 號公報(對應美國專利 6,013,401 號、以及對應美國專利 6,292,255 號)等所揭示者。再者，只要係在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引上揭諸專利公報的揭示內容作為本文記載的一部份。

以上所說明者，係針對本發明第 1 實施形態之曝光裝置 EX 的構成，接著說明具上述構成之曝光裝置 EX 的動作。圖 4 所示，係本發明第 1 實施形態之曝光裝置在曝光處理開始時之動作例的流程圖。圖 4 所示之流程圖，例如係對一批量之晶圓 W 進行曝光處理之際所實施者。在開始之時點，標線片 R 尚未被保持於標線片載台 13 上，又，晶圓 W 尚未被保持在晶圓保持具 16 上，此外，尚未對投影光學系統 PL 的像面側供應液體 LQ。

在該狀態下，首先，主控制系統 20 驅動驅動馬達 8f，俾將開口光圈板 8 所形成的開口光圈 8a~8e 當中，具有極小 σ 值之最小圓形的開口光圈 8e，配置在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ(步驟 S11)。完成開口光圈 8e 之配置後，主控制系統邊監測雷射干涉計 18 的測量結果，邊對載台驅動系統 19 輸出控制信號，使晶圓載台 15 移動，以使在曝光用光感測器 27 的底板 30 所形成的開口 32(ND 濾光器 34)配置在曝光區域內。

藉晶圓載台 15 的移動來配置曝光用光感測器 27 之動作完成後，主控制系統 20 對光源 1 輸出控制信號以使光源 1 發光。因光源 1 的發光而自光源 1 所射出之大致平行的光束，透過光束整形光學系統 2 而被整形成具既定截面之光束，並依序透過干涉性減低部 3、第 1 複眼透鏡 4、振動反射鏡 5、以及中繼光學系統 6，繼而射入第 2 複眼透鏡 7，藉此，在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 形成多數之二次光源。

來自該等二次光源的光束當中，通過配置在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 的開口光圈 8e 之曝光用光，繼而通過聚光光學系統 10 後，以折射鏡 11

將其偏向。在此，在標線片載台 13 並未保持標線片 R，因此，被折射鏡 11 所偏向之曝光用光，並未透過標線片 R 而是直接射入投影光學系統 PL。

此處，為實現高解析度而將投影光學系統 PL 設計成具有大數值孔徑 NA，當投影光學系統 PL 的像面側供應有液體 LQ 的狀態下，即使朝向投影光學系統 PL 像面側之曝光用光具有大張開角，亦可將圖案像成像於像面側。然而，在此由於尚未將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 的像面側，因此假使在第 2 複眼透鏡 7 的射出面配置 σ 值較大之開口光圈 8a，則包含最外的光線之曝光用光的一部份，會在投影光學系統 PL 的前端部分全反射而不能通過投影光學系統 PL。

此情形可參照圖 45 來說明。在圖 45 中，設在投影光學系統 PL 的前端之光學元件 LS 與載台表面 15a 之間，業已供應著液體 LQ。欲使光通過投影光學系統 PL 而從光學元件 LS 的光射出側端部 PLE 射向液體側之條件，係在光學元件 LS 與載台表面 15a 間的空間所存在之介質和光學元件 LS 的界面，亦即在光學元件 LS 的光射出側端部 PLE，必須能避免曝光用光(最外的光線)EL 發生全反射。全反射條件在於，若以 θ_i 作為曝光用光 EL 朝向光射出側端部 PLE 之入射角，以 n_p 作為光學元件 LS 的光射出側端部 PLE 之折射率，並以 n_L 作為液體 LQ(介質)之折射率時，能滿足 $n_p \times \sin \theta_i = n_L$ 之條件者。因此，若使入射角 θ_i 滿足於 $n_p \times \sin \theta_i < n_L$ ，則曝光用光 EL 會由光射出側端部 PLE 朝液體側折射後，以射出角 θ_o 射出。然而，當投影光學系統 PL 與載台表面 15a 間的空間未存有液體 LQ 時，在該空間則存在折射率為 n_G 之氣體。因此，即使不發生全反射之條件為 $n_p \times \sin \theta_i < n_G$ ，卻因氣體的折射率 n_G 低於一般液體之折射率 n_L ，故滿足該條件之 θ_i 較存有液體時要小。結果，即使是同樣的入射角 θ_i ，在未存在液體 LQ 之際，可能如圖 45 之虛線所示般地發生全反射(表示全反射臨界角的狀況)。因此，為了要在測量曝光用光時不使液體介於上述空間，而必須將入射角調整成較液浸曝光時為

小。

在本實施形態中的步驟 S11，係將具有極小 σ 值(例如 0.25)的開口光圈 8e 配置在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ，藉以調整朝向投影光學系統 PL 像面側的曝光用光張開角(縮小張開角)，因此，射入投影光學系統 PL 的曝光用光能通過投影光學系統 PL。通過投影光學系統 PL 之曝光用光，射入配置於曝光區域之 ND 濾光器 34(圖 3)，經既定量之減光後，由設置在照射量感測器 37 的受光元件予以檢測。該檢測信號被輸出至主控制系統 20，使用 ND 濾光器 34 的減光率，算出照射在曝光區域之曝光用光的光量。藉此測量在標線片載台 13 未保持著標線片 R 的狀態下，照射在曝光區域之曝光用光的光量(步驟 S12)。

接著，主控制系統 20 使光源 1 的發光停止，繼而朝未圖示之標線片載置系統輸出控制信號，從未圖示之標線片儲放區(reticle library)搬出既定標線片 R，並將上述之標線片 R 保持於標線片載台 13 上(步驟 S13)。待標線片 R 被保持於標線片載台 13 上，主控制系統 20 使光源 1 再度發光，使用照射量感測器 37，對於透過標線片 R 之曝光用光的光量進行測量(步驟 S14)。藉此，可求得標線片 R 被保持於標線片載台 13 時照射在曝光區域之曝光用光之光量、與標線片 R 未被保持於標線片載台 13 時照射在曝光區域之曝光用光之光量之差值，根據上述差值，可求得標線片 R 之透過率(進入投影光學系統 PL 之入射光量)。

繼而，主控制系統 20 朝著未圖示之標線片載置系統輸出控制信號，由標線片載台 13 搬出標線片後成待機狀態，並且，邊監測雷射干涉計 18 的測量結果，邊朝載台驅動系統 19 輸出控制信號，移動晶圓載台 15，以使曝光用光感測器 27 的底板 30 所形成之針孔 31，進入曝光區域內之既定位置。藉晶圓 15 的移動來配置曝光用光感測器 27 之動作完成後，主控制系統 20 朝著光源 1 輸出控制信號使光源 1 發光，邊移動晶圓載台 15 邊使用照度不

均感測器 36 來測量照射在曝光區域之曝光用光的照度不均(步驟 S15)。

當結束以上的處理後，主控制系統 20 根據步驟 S14、S15 之測量結果，對光源 1 輸出控制信號以改變曝光用光強度或強度分布，並且，透過透鏡控制部 14 來變更改用以調整投影光學系統 PL 的光學性能之控制參數(步驟 S16)。接著，主控制系統 20 朝著未圖示之標線片載置系統輸出控制信號，以使標線片 R 保持在標線片載台 13 上，並驅動著驅動馬達 8f，以將配置在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 之開口光圈 8e，變更為開口光圈 8a~8d 的任一種，以供晶圓 W 曝光之用。例如，在進行環帶照明時，將開口光圈 8b 配置在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ(步驟 S17)。

接著，主控制系統 20 朝未圖示之晶圓載置系統輸出控制信號，以將晶圓 W 搬送至曝光裝置 EX 之未圖示室(chamber)內並保持在晶圓保持具 16 上。當晶圓 W 被保持在晶圓保持具 16 上，主控制系統 20 則對液體供應裝置 21 及液體回收裝置 22 輸出控制信號。藉此，將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 之像面側的空間(步驟 S18)，以進行使形成在標線片 R 的圖案透過投影光學系統 PL 及液體 LQ 而轉印在晶圓 W 上之曝光處理(步驟 S19)。上述之曝光處理，係對 1 批量之所有晶圓 W 進行。以上所述之示於圖 4 的處理，係對新的批量實施曝光處理時進行。又，1 批量的晶圓 W 進行曝光中，使用步驟 S16 所求得之控制參數，按照進入投影光學系統 PL 的曝光用光之照射量來調整投影光學系統 PL 之光學性能。

再者，圖 4 所示之流程圖中，為了方便說明起見，係在未供應液體 LQ、並將極小 σ 值之開口光圈 8e 配置在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 之狀態下，連續進行以照射量感測器 37 對於光量之測量(步驟 S14)，以及以照度不均感測器 36 對照度不均之測量(步驟 S15)，然而，其中任一者的測量，均可在投影光學系統 PL 的像面側中介有液體 LQ 之狀態下進行。特別是，當與實際之曝光條件不同於不同時(極小 σ 值 0.25 的條件)，會有無法測得正確的照度

不均情形，因此，可對照度不均感測器 36 施以液浸對應，例如對於針孔 31 施以防水處理，故能在對於投影光學系統 PL 的像面側供應著液體 LQ 之狀態下(亦即步驟 S18 及步驟 S19 之間)，進行步驟 S15 之測量。

又，在上述實施形態當中，係以照射量感測器 37 來進行光量之測量後，繼而以照度不均感測器 36 來進行照度不均之測量，然而，由於標線片 R 的搬出、搬入步驟會使產能降低，故較佳係先以照度不均感測器 36 來進行照度不均測量後，繼而以照射量感測器 37 來進行光量之測量。又，以照度不均感測器 36 來測量照度不均之際，係使標線片 R 自曝光用光的光路上退開，然而亦可配置未形成有圖案之標線片(測量用之原玻璃)。

又，在上述實施形態中，係藉改變配置在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 之開口光圈，以變更相干因數(照明系統的 σ)，以調整朝向投影光學系統 PL 像面側之曝光用光的張開角，然而，曝光用光的張開角調整並不侷限於上揭方法。例如，亦可在第 2 複眼透鏡 7 的前段(光源 1 側)配置變焦(zoom)光學系統，以變更射入第 2 複眼透鏡 7 之光束分布，並變更在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ 之曝光用光的光束分布來調整。又，上述之實施形態中，相干因數(照明系統的 σ)的值係設定為 0.25，惟其不在此限，只要已考慮液體 LQ 的折射率及投影光學系統 PL 的數值孔徑，在投影光學系統 PL 的像面側無液體 LQ 的狀態下，亦不致在投影光學系統 PL 的前端面使曝光用光局部發生全反射者，即可適用。

又，在上述之實施形態中，係在投影光學系統 PL 的像面側無液體 LQ 的狀態下，進行以照度不均感測器 36 進行之測量，或是以照射量感測器 37 所進行之測量，然而，就算將曝光用光的張開角進行調整，在投影光學系統 PL 的像面側有否液體 LQ 的存在，也可能在投影光學系統 PL 的下面之反射率發生差異。此時，可將具有既定反射率之反射板配置在投影光學系統 PL 的像面側，在該狀態下實施曝光用光之照射，使用例如日本專利特開

2001-144004 號公報(對應美國專利 6,730,925 號)所揭示之反射量監測器，分別在有液體 LQ 之狀態及無液體 LQ 之狀態，測量自投影光學系統 PL 返回的光量。又，將其差值預先保持以作為補償資訊，對於照度不均感測器 36 及照射量感測器 37 之無液體 LQ 時之測量結果，以上述之補償資訊來加以補償。再者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，本文援引上述特開 2001-144004 號公報(對應美國專利 6,730,925)內容，作為本文記載的一部份。

又，在第 1 實施形態中的說明，係在沒有液體 LQ 的情況下，進行照度不均感測器 36 或照射量感測器 37 之測量，然而，後述的空間像測量裝置或波面像差測量裝置等各種測量裝置，亦同樣可適用無液體 LQ 時之測量。此時，亦可在投影光學系統 PL 的像面側空間，配置相當於液體 LQ 的光學(玻璃)構件。藉由該光學構件之配置，即使在測量時沒有液體 LQ，仍可以接近於在投影光學系統 PL 的像面側空間填滿液體 LQ 之條件來測量。再者，波面像差測量裝置之內容，例如美國專利 6,650,399 號或美國專利公開 2004/0090606 號所揭示者，在此援引上述揭示內容作為本文記載的一部份。

如以上所示，在第 1 實施形態中，即使因採用液浸法而增大投影光學系統的數值孔徑，射入投影光學系統 PL 之曝光用光，仍能透過各種感測器之光透過部來良好地接收之。又，由於曝光用光之接收並未透過液體 LQ，故能免於受液體 LQ 的狀態(溫度變化、搖動、透過率變化等)的影響來進行各種感測器之測量。

(第 2 實施形態)

接著說明本發明第 2 實施形態之曝光裝置。本實施形態的曝光裝置之整體構成，與圖 1 所示之曝光裝置大致相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，第 1 實施形態中的曝光用光感測器 27，在進行測量動作時(曝光用光之接收)，並未將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 的像面側，但在以

下所說明之曝光用光感測器 27，係透過投影光學系統 PL 像面側之液體 LQ 來實施測量動作。又，如圖 3 所示般，在第 1 實施形態說明之曝光用光感測器 27，係具有照度不均感測器 36 及照射量感測器 37。以下說明所舉之示例，為利於說明起見，主要以設在曝光用光感測器 27 的照度不均感測器應用於本發明時為例作說明，當然亦可用後述的照射量感測器或空間像測量裝置。

圖 5 係本發明第 2 實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器的概略構成，其中(a)係截面圖，(b)係設置在照度不均感測器之平凸透鏡的立體圖。如圖 5(a)所示，本實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器 40 包含平凸透鏡 41 及受光元件 42。

如圖 5(a)、(b)所示般，平凸透鏡 41 係包含平坦部 41a 與具有既定曲率之曲面部 41b。本實施形態中，所使用之曝光用光與第 1 實施形態同樣，使用真空紫外域之 ArF 準分子雷射光源，因此，平凸透鏡 41 所使用的玻璃材料，例如為合成石英或螢石。在平凸透鏡 41 的平坦部 41a 形成有遮光部 43，其係在中央部除外之全面蒸鍍 Cr(鉻)等金屬。在平坦部 41a 的中央部則並未蒸鍍 Cr(鉻)等金屬，而形成徑長為十數 μm ~數十 μm 之光透過部 44。

上述構成之平凸透鏡 41，係以將形成有遮光部 43 的平坦部 41a 朝向投影光學系統 PL、並使其上面(遮光部 43 的上面)與晶圓載台 15 的上面 15a 一致的方式安裝於晶圓載台 15。又，受光元件 42，係以受光面 42a 朝向平凸透鏡 41 的曲面部 41b、並將受光面 42a 的大致中心配置在平凸透鏡 41 的光軸上的方式安裝於晶圓載台 15。上述受光元件 42 係在受光面 42a 形成對 ArF 準分子雷射光之抗反射層。

此處，為利於說明起見，乃將平凸透鏡 41 及受光元件 42 安裝在晶圓載台 15，然而，最好將該等元件安裝在如圖 3 之底板 30 般的底板內，再將底板設置於晶圓載台 15 上。在上述之構成中，平凸透鏡 41 係以使平凸透鏡

41 的上面(遮光部 43 的上面)與底板上面一致的方式安裝於底板，底板係以使其上面與晶圓載台 15 的上面 15a 一致的方式安裝於晶圓載台 15。

平凸透鏡 41 無論是安裝於晶圓載台 15，或者是安裝在與圖 3 所示之底板 30 的同樣底板內，均是以密封材料等來施以防水(防液)措施，避免晶圓載台 15 上的液體 LQ 滲入照度不均感測器 40 內。因此，如圖 5(a)所示，在投影光學系統 PL 的下方(-Z 方向)配置照度不均感測器 40 時，即使將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 與晶圓載台 15 之間，液體 LQ 不會滲入照度不均感測器 40 內。

因此，以本實施形態之照度不均感測器 40 來測量曝光用光之照度不均或積算光量不均度時，對照明光學系統 IS 所設定之照明條件，係對晶圓 W 進行曝光處理時所設定之條件，並且可以在液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 與晶圓載台 15 的上面 15a(平凸透鏡 41)間的狀態下進行測量。當液體 LQ 被供應至投影光學系統 PL 及晶圓載台 15 的上面 15a 間的狀態下，射入投影光學系統 PL 的曝光用光，在投影光學系統 PL 的前端部無全反射，並通過投影光學系統 PL 而射入液體 LQ。

如圖 5(a)所示，於射入液體 LQ 的曝光用光當中，射入遮光部 43 的曝光用光被遮光，僅射入針孔狀的光透過部 44 之曝光用光，能由平坦部 41a 射入平凸透鏡 41 內。此處的平凸透鏡 41 的折射率，相等於液體 LQ 的折射率，或較液體 LQ 的折射率為高，因此，就算射入光透過部 44 的曝光用具較大的入射角，射入光透過部 44 的曝光用光，在光透過部 44 內露出的平凸透鏡 41 之平坦部 41a 並不會發生全反射，而能射入平凸透鏡 41 內。又，射入平凸透鏡 41 的曝光用光，藉由形成於平凸透鏡 41 的曲面部 41b 之聚光，進而射入受光面 42a 而以受光元件 42 接收。

如此，本實施形態係在平凸透鏡 41 的平坦部 41a 形成遮光部 43 及光透過部 44，以使通過光透過部 44 的曝光用光並不通過氣體而直接射入折射率

高的平凸透鏡 41。因此，即使是大入射角的曝光用光射入光透過部 44，亦不會發生全反射，而可進入平凸透鏡 41 內。又，射入平凸透鏡 41 的曝光用光經由曲面部 41b 的聚光後，被導入受光元件 42 的受光面 42a，因此，即使射入光透過部 44 的曝光用光具有大的入射角仍可被受光元件 42 接收。

再者，圖 5 所示之照度不均感測器 40，係在平凸透鏡 41 的平坦部 41a 上之中心部位除外之處，蒸鍍 Cr(鉻)等金屬而形成遮光部 43，並形成光透過部 44。因此，如圖 5(a)所示般，形成了凹部之光透過部 44。供應至投影光學系統 PL 的液體 LQ 因液體供應裝置 21 及液體回收裝置 22 而常時循環時，亦有可能因光透過部 44 的存在而擾亂液體 LQ 的流動。又，開始對平凸透鏡 41 上供應液體 LQ 時，亦可能在光透過部 44 殘留氣泡。以下所說明之圖 6 所示的照度不均感測器，係本實施形態對於此點施加改善之例。

圖 6 所示，係設置於本發明第 2 實施形態之曝光裝置的照度不均感測器之變形例，其中(a)係截面圖，(b)係照度不均感測器所設置的平凸透鏡之立體圖。圖 6 所示之照度不均感測器 40，係取代圖 5 之照度不均感測器 40 所設置的平凸透鏡 41，而使用平凸透鏡 45。如圖 6 所示，與平凸透鏡 41 所形成的平坦部 41a 及曲面部 41b 同樣，平凸透鏡 45 亦形成平坦部 45a 及曲面部 45b。然而，平坦部 45a 並非全面皆呈平坦狀，在平坦部 45a 的中央附近，形成上部平坦之凸部 46，此點乃不同於前例之處。

在平坦部 45a 上除凸部 46 外，蒸鍍 Cr(鉻)等金屬以形成遮光部 43，形成於平坦部 45a 的中央部之凸部 46，其高度與遮光部 43 的厚度大致相同。亦即，在圖 6 所示的照度不均感測器 40 中，係以所形成之凸部 46 作為針孔狀的光透過部 44。因此，如圖 6 所示，投影光學系統 PL 的下方(-Z 方向)配置照度不均感測器 40 的狀態下，即使將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 與晶圓載台 15(平凸透鏡 45)之間，液體 LQ 不會流入光透過部 44 內，不會擾亂液體 LQ 的流動。又，亦不會在光透過部 44 殘留氣泡。因此，藉使用

圖 6 所示之構成的照度不均感測器 40，能更提昇測量的準確度。

再者，第 2 實施形態中，凸部 46 及平凸透鏡 45 係一體形成，然而，即使個別形成者亦可。又，若以不同物質來形成凸部 46 及平凸透鏡 45 亦可。在此情形，供形成凸部 46 的物質係能使曝光用光透過之物質，且其折射率與平凸透鏡 45 的材料折射率同程度，或其折射率較液體 LQ 的折射率為高、且低於平凸透鏡 45 的材料折射率。

(第 3 實施形態)

接著說明本發明第 3 實施形態之曝光裝置。本實施形態的曝光裝置之整體構成，與上述第 2 實施形態同樣地，與圖 1 所示之曝光裝置大致相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，本實施形態主要以設在曝光用光感測器 27 的照度不均感測器來說明。

圖 7 所示，係本發明第 3 實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器的概略構成圖，其中(a)係截面圖，(b)係設於照度不均感測器之開口板及平凸透鏡的立體圖。如圖 7(a)所示，本實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器 50，其構成包含上板 51、平凸透鏡 52、以及受光元件 53。

如圖 7(a)、(b)所示，上板 51 所具備之平行平板 54，係由對真空紫外域的 ArF 準分子雷射光源具有高透過率之合成石英或螢石所構成。在上述平行平板 54 的一面，係除中央部位外全面蒸鍍 Cr(鉻)等金屬而形成遮光部 55，未蒸鍍 Cr(鉻)等金屬之中央部位，則成為圓形之光透過部 56。又，與圖 5 所示之平凸透鏡 41 同樣，平凸透鏡 52 亦由合成石英或螢石所構成，並形成平坦部 52a 與既定曲率之曲面部 52b。

上板 51，係將形成遮光部 55 的面置於下側，並抵接於晶圓載台 15 的上面 15a。又，平凸透鏡 52，係將平坦部 52a 朝向投影光學系統 PL 而抵接(緊密接合)於上板 51 的遮光部 55。又，受光元件 53 與圖 5 所示之受光元件 42 同樣，以使其受光面 53a 朝向平凸透鏡 52 的曲面部 52b、並將受光面 53a

的大致中心配置在平凸透鏡 52 的光軸上的方式安裝於晶圓載台 15。

再者，亦可與第 2 實施形態同樣地，將上板 51、平凸透鏡 52、以及受光元件 53 與圖 3 所示之底板 30 同樣安裝在底板內，繼而將底板設置於晶圓載台 15。如上構成之情形，安裝上板 51 時以其遮光部 55 抵接於底板上，並以使底板的上面與晶圓載台 15 的上面 15a 一致的方式將底板安裝於晶圓載。在上板 51 與晶圓載台 15 的上面或與底板的上面之間，藉密封材料等來實施防水措施。

在此構成之照度不均感測器 50 中，上板 51 能發揮防止液體 LQ 滲入照度不均感測器 50 之功能。使用本實施形態之照度不均感測器 50，對照明光學系統 IS 所設定之照明條件，同樣設定為對晶圓 W 進行曝光處理時之照明條件，亦能在投影光學系統 PL 與晶圓載台 15 的上面 15a 間供應著液體 LQ 的狀態下，實施照明不均等之測量。

在投影光學系統 PL 與晶圓載台 15 的上面 15a 之間供應著液體 LQ 的狀態下，射入投影光學系統 PL 的曝光用光在投影光學系統 PL 的前端部未發生全反射，並在通過投影光學系統 PL 後射入液體 LQ。設置於上板 51 之平行平板 54 的折射率，與液體 LQ 的折射率同程度或者高於液體 LQ 之折射率，因此，透過液體 LQ 的曝光用光會射入上板 51，由上板 51 所形成的光透過部 56 通過的光束接著射入平凸透鏡 52。射入平凸透鏡 52 的曝光用光，以形成於平凸透鏡 52 的曲面部 52b 聚光且導向受光面 53a 後，以受光元件 53 接收。

再者，本實施形態中，係使平凸透鏡 52 的平坦部 52a 抵接於上板 51 之遮光部 55 形成面，因此，來自光透過部 56 的光束並不通過氣體中，而以平凸透鏡 52 導向受光元件 53。又，圖 7 中，若是因為形成於平行平板 54 的一面之遮光部(膜)的厚度所致，而在光透過部 56 當中造成平行平板 54 的下面與平凸透鏡 52 的上面間形成空間時，於該光透過部 56 的空間中，可以將

氣體以外之光透過性介質，例如以液體、超臨界流體、糊料、固體等之薄膜狀，介於光透過部與聚光構件之間。或者，使用可供曝光用光透過之接著劑，作為平行平板 54 與平凸透鏡 52 接合之用，俾利用上述接著劑來介於光透過部 56 之空間。此時，介在於光透過部 56 的物質對曝光用光之折射率，較佳係相當於平凸透鏡 52 及平行平板 54 的折射率。又，亦可取代平凸透鏡 52 而使用圖 8 所示之平凸透鏡 57。圖 8 所示，係本發明之第 3 實施形態中，設於該曝光裝置之照度不均感測器所具有之平凸透鏡之另一例之立體圖。圖 8 所示之平凸透鏡 57，雖與圖 7 所示平凸透鏡 52 同樣形成有平坦部 57a 及曲面部 57b，然而，平坦部 57a 的全面並非皆平坦面，在平坦部 57a 的中央附近形成上部平坦之凸部 58，是其不同之處。

對於上述凸部 58 之高度設定，係與上板 51 所形成的遮光部 55 的厚度大致相等，其徑長係與上板 51 所形成的光透過部 56 之徑長大致相等。當將上述構成之平凸透鏡 57 之平坦部 57a 抵接於上板 51 的遮光部 55 形成面時，凸部 58 會嵌合於上板 51 所形成的光透過部 56。藉此，射入上板 51 之平行平板 54 之曝光用光當中、射入光透過部 56 的曝光用光，係以自凸部 58 之上面射入平凸透鏡 57 的方式而通過光透過部 56。再者，圖 8 中之凸部 58 及平凸透鏡 57 係一體形成，亦可為個別形成者。又，凸部 58 及平凸透鏡 57 為不同物質所形成者亦可。此時，凸部 58 之形成物質，較佳係可供曝光用光透過之物質，且與平行平板 54 的材料及平凸透鏡 57 的材料對曝光用光之折射率為同程度者。又，在本實施形態中，係在平行平板 54 的底面側形成遮光部 55 並抵接於平凸透鏡 52(57)，然而，亦可在平凸透鏡 52(57)之平坦部 52a(57a)形成遮光部 55 並使其抵接於平行平板 54。

(第 4 實施形態)

接著說明本發明第 4 實施形態之曝光裝置。本實施形態之曝光裝置之整體構成，係與上述第 2、第 3 實施形態同樣，與圖 1 所示之曝光裝置大致

相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，本實施形態主要以設在曝光用光感測器 27 的照度不均感測器來說明。圖 9 所示，係本發明第 4 實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器的概略構成圖。如圖 9 所示，本實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器 60，其構成包含平行平板 61、平凸透鏡 62、以及受光元件 63。

平行平板 61，係由對真空紫外域的 ArF 準分子雷射光源具有高透過率之合成石英或螢石所構成，並以覆蓋底板 30 所形成的針孔 31(如圖 3 所示)的方式安裝在底板 30 的上面 33。為了防止供應至投影光學系統 PL 像面側之液體 LQ 透過針孔 31 而滲入照度不均感測器 60 內，故上述平行平板 61 與底板 30 的上面 33 之間，係藉密封材料等來施以防水措施。

平凸透鏡 62 係由合成石英或螢石所構成之光學透鏡，其徑長係與針孔 31 的徑長同程度或略小。該平凸透鏡 62 係以其平坦部平貼於平行平板 61 而配置在針孔 31 的內部。又，受光元件 63 與圖 5 所示之受光元件 42 同樣，以使其受光面 63a 朝平凸透鏡 62 的曲面部、並將受光面 63a 的大致中心配置在平凸透鏡 62 的光軸上的方式安裝於底板 30 內部。再者，受光元件 63 的受光面 63a 之面積，可按照射入的曝光用光之光束寬度來適時變更。

在以上構成之照度不均感測器 60 中，對照明光學系統 IS 所設定之照明條件，同樣設定為對晶圓 W 進行曝光處理時之照明條件，亦能在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 間供應著液體 LQ 的狀態下，實施照明不均等之測量。在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 之間供應著液體 LQ 的狀態下，射入投影光學系統 PL 的曝光用光，在投影光學系統 PL 的前端部未發生全反射，並在通過投影光學系統 PL 後射入液體 LQ。

平行平板 61 及平凸透鏡 62 的折射率與液體 LQ 的折射率同程度或較液體 LQ 的折射率為高，因此，在透過液體而射入平行平板 61 之曝光用光當中，朝向針孔 31 的曝光用光在射入平凸透鏡 62 並聚光後，繼而被導向受光

面 63a 再以受光元件 63 接收。如此，本實施形態中，由投影光學系統 PL 射入液體 LQ 的曝光用光，在從平凸透鏡 62 射出前亦同樣不通過氣體。因此，即使具有大入射角的曝光用光射入針孔 31，亦不會發生全反射而可取入於平凸透鏡 62 內，進而以受光元件 63 接收。又，欲防止液體 LQ 由平凸透鏡 62 的周圍滲入，即使不具有平行平板 61 亦可達成。

又，在圖 9 所示之例，係使平凸透鏡 62 配置在針孔 31 內，並貼合在安裝於底板 30 上之平行平板 61。然而，因為平凸透鏡 62 的徑長係與針孔 31 同程度之十數 μm ~數十 μm ，故難以處理平凸透鏡 62。在此情形，較佳係在平行平板 61 上一體形成與平凸透鏡 62 同樣的凸透鏡，並以使上述凸透鏡配置在針孔 31 內的方式將平行平板 61 安裝於底板 30 上。又，在使底板 30 的上板厚度儘可能薄型化時，亦可在底板 30 的下面配置大的平凸透鏡。此時亦與圖 7(a)同樣，可以使來自針孔 31 的光會聚在受光元件。

(第 5 實施形態)

接著說明本發明第 5 實施形態之曝光裝置。本實施形態的曝光裝置之整體構成，係與上述第 2 至第 4 實施形態同樣，與圖 1 所示之曝光裝置大致相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，本實施形態主要以設在曝光用光感測器 27 的照度不均感測器來說明。圖 10 所示，係本發明第 5 實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器的概略構成圖。如圖 10 所示，本實施形態之曝光裝置所設置之照度不均感測器 70，其構成包含平凸透鏡 71、以及受光元件 72。

平凸透鏡 71 係由對真空紫外域的 ArF 準分子雷射光源具有高透過率之合成石英或螢石所構成，其徑長係較圖 3 所示之形成於底板 30 的針孔 31 為大。該平凸透鏡 71 在針孔 31 的形成位置係以其平坦部 71a 貼合於底板 30 內側。藉此，以使針孔 31 被平凸透鏡 71 塞住，可防止液體 LQ 透過針孔 31 而滲入照度不均感測器 70 內。再者，使平凸透鏡 71 貼合於底板 30 內側

時，較佳係以密封材料等來施以防水措施。

受光元件 72 與圖 5 所示之受光元件 42 同樣，以其受光面 72a 朝平凸透鏡 72 的曲面部 71b、並將受光面 72a 的大致中心配置在平凸透鏡 71 的光軸上的方式安裝於底板 30 的內部。在本實施形態之照度不均感測器 70 中，對照明光學系統 IS 所設定之照明條件，同樣設定為對晶圓 W 進行曝光處理時之照明條件，能在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 間供應著液體 LQ 的狀態下，實施照明不均等之測量。

在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 間供應著液體 LQ 的狀態下，射入投影光學系統 PL 的曝光用光，在投影光學系統 PL 的前端部未發生全反射，並在通過投影光學系統 PL 後射入液體 LQ。平凸透鏡 71 的折射率與液體 LQ 的折射率同程度或是高於液體 LQ 的折射率，因此，在射入液體 LQ 的曝光用光當中，射入針孔 31 的曝光用光係射入平凸透鏡 71 且被聚光，進而導向受光面 72a 而以受光元件 72 接收。

如此，本實施形態中，由投影光學系統 PL 射入液體 LQ 的曝光用光當中，通過針孔 31 的曝光用光並不通過氣體中而是直接射入高折射率的平凸透鏡 71。因此，即使具有大入射角的曝光用光射入針孔 31，並不會發生全反射而取入於平凸透鏡 71 內，接著以受光元件 72 接收。

又，在本實施形態中，與第 2 實施形態同樣，有可能因針孔 31 的存在而擾亂液體 LQ 的流動，甚至可能因渦流的發生而使液體 LQ 沸騰以致在液體 LQ 內產生氣泡。為了防止該問題，可使用圖 8 所示之平凸透鏡 57 來代替此處之平凸透鏡 71，以使形成於平坦部 57a 的凸部 58 嵌合於針孔 31 的方式將平凸透鏡 57 貼合在底板 30 內側。或者，亦可將供曝光用光透過的物質介在於針孔 31。

以上所述之第 2~第 5 實施形態，其中的平凸透鏡 41、45、52、57、62、71 與受光元件 42、53、63、72 係隔著間隔配置，然而，為了儘量避免氧氣

等對曝光用光的吸收，亦可以使平凸透鏡 41、45、52、57、62、71 與受光元件 42、53、63、72 相接觸。又，上述實施形態，係以平凸透鏡 41、45、52、57、62、71 作為聚光構件之用，除此之外亦可使用 DOE(繞射光學元件)、小透鏡陣列、佛氏透鏡(Fresnel lens)或是反射鏡等。

(第 6 實施形態)

接著說明本發明第 6 實施形態之曝光裝置。本實施形態的曝光裝置之整體構成，係與圖 1 所示之曝光裝置大致相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，本實施形態之曝光裝置所具有之曝光用光感測器 27，係與上述第 2 至第 5 實施形態同樣，透過投影光學系統 PL 之像面側的液體 LQ 來進行測量動作。但，在本實施形態中，主要以設在曝光用光感測器 27 的照度測量感測器為例來說明，當然，亦可運用於前述之照度不均感測器或是後述之空間像測量裝置。

圖 11 所示，係本發明第 6 實施形態之曝光裝置所設置的照射量感測器之概略構成圖。如圖 11(a)所示，本實施形態之曝光裝置所設置的照射量感測器 80，其構成包含聚光板 81 及受光元件 82。聚光板 81 係由對真空紫外域的 ArF 準分子雷射光源具有高透過率的合成石英或螢石所構成，如圖 11(a)、(b)所示，在其一面(未與液體 LQ 接觸的面)81a 形成微透鏡陣列 83。

微透鏡陣列 83，例如係由沿正交的 2 個方向排列、且具有正折射率之多數個圓形之微小透鏡而形成者。再者，圖 11 所示之微透鏡陣列 83 僅是其中一例，微小透鏡的形狀並不侷限為圓形，亦可為正方形狀，其排列不限於沿正交的 2 方向排列，亦可為稠密的排列方式。微透鏡陣列 83，例如係在平行平面玻璃板的一面施以蝕刻處理而形成微小透鏡群組來構成。

聚光板 81，係以與微透鏡陣列 83 的形成面 81a 呈相對向之平坦面 81b 朝向投影光學系統 PL 側(+Z 方向)，並且在面 81b 與圖 3 所示之底板 30 的上面 33 一致的方式，將其設置在底板 30 所形成的開口 32 內。再者，本實

施形態中並未設置圖 3 所示之 ND 濾光器 34。又，其構成亦可將微透鏡陣列 83 貼合於 ND 濾光器 34，或者是在微透鏡陣列 83 與受光元件 82 間設置 ND 濾光器。在聚光板 81 與底板 30 之間，係以密封材料等來施以防水措施，以防止供應至投影光學系統 PL 像面側的液體 LQ 滲入底板 30 內。

又，受光元件 82 係配置成，以受光面 82a 朝向聚光板 81，並且使受光面 82a 的大致中心配置在聚光板 81 的中央部大致中心的正下方(-Z 方向)位置。該受光元件 82，係以使聚光板 81 所聚光的光束大多被受光面 82a 接收的方式安裝成近接於聚光板 81。又，在受光元件 82 的受光面 82a 形成對 ArF 準分子雷射光之抗反射層。

在以本實施形態之照射量感測器 80 來測量照射於曝光區域之曝光用光的光量時，與第 1 實施形態中以照射量感測器 37 來進行測量時不同，對照明光學系統 IS 之照明條件的設定，乃是對晶圓 W 進行曝光處理時所設定之照明條件，可在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 間供應液體 LQ 的狀態下進行。投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 間供應著液體 LQ 之狀態下，射入投影光學系統 PL 的曝光用光，在投影光學系統 PL 的前端部，即使位於最外側的光線亦不會發生全反射，可通過投影光學系統 PL 而射入液體 LQ。

聚光板 81 的折射率與液體 LQ 的折射率同程度，或較液體 LQ 的折射率為高，因此，射入液體 LQ 的曝光用光乃射入聚光板 81。聚光板 81 的面 81a 所形成之微透鏡陣列 83 所構成之多數個微小陣列，將曝光用光的波面作二維分割，並利用微小透鏡的折射作用而會聚，其後將所分割的各波面射入受光元件 82 的受光面 82a 而被接收。

如此，在本實施形態中，自投影光學系統 PL 射入液體 LQ 的曝光用光，在聚光板 81 射出前並不通過氣體中。因此，即使具有大入射角的曝光用光射入聚光板 81，亦不會發生全反射而被取入聚光板 81 內，繼而以受光元件

82 接收。又，由於照射量感測器之開口 32 的面積較大，若是在開口 32 設置如上述第 2、第 3、第 5 實施形態所說明之照度不均感測器所使用的平凸透鏡 41、52、71 之類的單透鏡以會聚入射光，則會使照射量感測器大型化，裝載於圖 1 所示之晶圓載台 15 上時會造成不適當。本實施形態中則是不使用該單透鏡而使用微透鏡陣列 83，而能使照射量感測器 80 小型化及輕量化。

再者，在以上的說明，係在聚光板 81 的一面 81a 形成微透鏡陣列 83 的情形，然而，亦可在聚光板的兩面(面 81a、81b)形成微透鏡陣列。又，亦可使用複眼透鏡來代替微透鏡陣列。又，僅在聚光板 81 的一面 81a 形成微透鏡陣列 83 時，亦可如圖 12 所示，在聚光板 81 之朝向投影光學系統 PL 的面 81b，分別對應於微透鏡透鏡 83 所構成之多數個微小透鏡而形成開口 84。圖 12 所示，係形成對應於微透鏡陣列之開口的聚光板構成圖(立體圖)。

圖 12 所示之開口 84，例如，係在面 81b 的全面蒸鍍 Cr(鉻)等金屬，在對應於微小透鏡之各位置施以蝕刻。開口 84 具有光圈的功能，用以限制射入各微小透鏡之光束量，故與 ND 濾光器具有同樣功能。本實施形態中，照明光學系統 IS 之照明條件設定，乃是對晶圓 W 進行曝光處理時所設定之照明條件，因此，就保護聚光板 81 及受光元件 82 的觀點而言，較佳係形成開口 84。又，本實施形態，雖已說明在曝光用光感測器 27 所設置之照射量感測器 80，不過，例如亦可用來取代圖 5 所示之平凸透鏡 41，以形成微透鏡陣列之聚光板運用在照度不均感測器。

(第 7 實施形態)

接著說明本發明第 7 實施形態之曝光裝置。本實施形態的曝光裝置之整體構成，係與圖 1 所示之曝光裝置大致相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，本實施形態之曝光裝置所具有之曝光用光感測器 27，係與上述第 2 至第 5 實施形態同樣，測量動作之進行係透過投影光學系統 PL 之像面側的液體 LQ。但，在本實施形態中，主要以設在曝光用光感測器 27

的照射量感測器來說明。

圖 13 所示，係本發明第 7 實施形態之曝光裝置所設置之照射量感測器之概略構成圖。如圖 13 所示，本實施形態之曝光裝置所設置的照射量感測器 85，包含擴散板 86 及受光元件 87，擴散板 86 係設置在底板 30 所形成的開口 32 內。擴散板 86 係由合成石英或螢石所構成，其具備：形成微細凹凸的面 86a、以及平坦的面 86b，以面 86b 朝向投影光學系統 PL 側(+Z 方向)、並且使面 86b 與圖 3 所示之底板 30 的上面 33 一致的方式設置於開口 32 內。再者，藉由密封材料等在擴散板 86 與底板 30 之間施以防水措施。受光元件 87，係使受光面 87a 朝向擴散板 86，並且使受光面 87a 的大致中心位在擴散板 86 的大致中央部中心之正下方(-Z 方向)。又，受光元件 87，係配置成使受光面 87a 近接於擴散板 86。在該受光元件 87 的受光面 87a 形成對 ArF 準分子雷射光之抗反射層。

以本實施形態之照射量感測器 85 來測量照射於曝光區域之曝光用光光量時，係與第 6 實施形態同樣，對照明光學系統 IS 所設定之照明條件，係對晶圓 W 進行曝光處理時所設定之照明條件，並且是在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 間供應著液體 LQ 之狀態下，進行上述測量。在該狀態下，當曝光用光射入投影光學系統 PL，在投影光學系統 PL 的前端部，即使曝光用光最外側的光線亦不會發生全反射，而在通過投影光學系統 PL 後射入液體 LQ，進而射入折射率與液體 LQ 同程度或高於液體 LQ 之擴散板 86。射入擴散板 86 的曝光用光，由擴散板 86 射出時，會在微細凹凸的形成面 86a 發生擴散，繼而射入受光元件 87 的受光面 87a 而被接收。

如此，在本實施形態中，由投影光學系統 PL 射入液體 LQ 之曝光用光，在由擴散板 86 射出之前，同樣不通過氣體，因此，即使具有大入射角的曝光用光射入擴散板 86 時亦不會發生全反射。又，曝光用光係在由擴散板 86 射出時被擴散。藉此，具有大入射角的曝光用光能被更多受光元件 87 接收。

又，與第 6 實施形態同樣，能使照射量感測器 85 小型化。

再者，在以上的說明，雖以僅在一面 86a 形成微細凹凸之擴散板 86 為例而作說明，然而，亦可使用兩面(86a、86b)形成微細凹凸之擴散板 86。又，亦可取代上述擴散板 86，而使用形成有 DOE(繞射光學元件)之繞射板，以使射入之曝光用光藉繞射作用繞射後射入受光元件。此處，DOE 較佳係設計成，對入射角較小的光束具有小繞射角，而對入射角較大的光束具有大繞射角。使用繞射板時，可以在單面形成有 DOE，亦可形成於兩面。又，上述之擴散板及繞射板，亦可運用於照度不均感測器。

(第 8 實施形態)

接著說明本發明第 8 實施形態之曝光裝置。本實施形態的曝光裝置之整體構成，係與圖 1 所示之曝光裝置大致相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，本實施形態之曝光裝置所具有之曝光用光感測器 27，係與上述第 2 至第 5 實施形態同樣，測量動作之進行係透過投影光學系統 PL 之像面側的液體 LQ。但，在本實施形態中，主要以設在曝光用光感測器 27 的照射量感測器來說明。

圖 14 所示，係本發明第 8 實施形態之曝光裝置所設置之照射量感測器之概略構成圖。如圖 14 所示，本實施形態之曝光裝置所設置的照射量感測器 90，包含螢光板 91 及受光元件 92。螢光板 91 係設置在底板 30 所形成的開口 32 內並與其上面一致，用以發出受射入之曝光用光所激發、波長不同於曝光用光之螢光或磷光。亦即，螢光板 91 可將具有真空紫外域波長的曝光用光波長轉換成例如可見光區域的光。螢光板 91 可使用含有機色素材料之光穿透板、或是在表面塗上有機色素之光穿透板，能在吸收曝光用光後，發出波長更長的螢光或磷光。此時，可按照螢光波長的感度來選擇適合之受光元件。

又，在螢光板 91 及底板 30 之間，以密封材料等來施以防水措施。受光

元件 92 能接收波長不同於曝光用光之波長區域(例如可見光區域)。該受光元件 92 係配置成,使受光面 92a 的大致中心位在螢光板 91 的大致中央部中心之正下方(-Z 方向)位置、且近接於螢光板 91。對受光元件 92 的受光面 92a,形成對包含螢光及磷光之可見域光的抗反射層。

以本實施形態之照射量感測器 90 來測量照射於曝光區域之曝光用光光量時,係與第 6、第 7 實施形態同樣,對照明光學系統 IS 所設定之照明條件,係對晶圓 W 進行曝光處理時所設定之照明條件,並且是在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 間供應著液體 LQ 之狀態下,進行上述測量。在測量曝光用光的光量之前,預先求出射入螢光板 91 的光量、與自螢光板 91 經波長轉換後射出的光之光量的關係。

照明光學系統 IS 的照明條件在設定為曝光時的照明條件的狀態下,當曝光用光射入投影光學系統 PL 時,曝光用光在投影光學系統 PL 的前端部不會發生全反射,而通過投影光學系統 PL 且透過液體 LQ 而射入螢光板 91。當曝光用光射入螢光板 91,其光量的一部分或全部被螢光板 91 吸收,而發出對應於所吸收光量之螢光或磷光。上述螢光或磷光具有不同於曝光用光之波長,並從與曝光用光入射角無依存性的方向由螢光板 91 射出後,射入受光元件 92 的受光面 92a 而被接收。

如此,本實施形態中,由投影光學系統 PL 射入液體 LQ 之曝光用光,在由螢光板 91 射出之前同樣不通過氣體,因此,即使具有大入射角的曝光用光射入螢光板 91,亦不會發生全反射。又,對於大入射角的曝光用光,亦能將其轉換成波長不同於上述曝光用光之螢光或磷光,而由不同於入射角的方向射出,因此,使受光元件 92 的受光容易。又,與第 6、第 7 實施形態同樣,可使照射量感測器 90 小型化。

再者,射入螢光板 91 的曝光用光並未全部被轉換成不同波長之螢光或磷光的情形,曝光用光的一部分將透過螢光板 91 而射入受光元件 92。如以

上所述，受光元件 92 之受光特性，能接收不同於曝光用光之波長區域的光，因此，即使曝光用光射入受光元件 92 亦無大礙。然而，當因透過螢光板 91 的曝光用光射入受光元件 92，而造成例如發熱等而產生測量誤差的情形，較佳係在螢光板 91 與受光元件 92 之間設置濾光器，以使含螢光板 91 產生的螢光或磷光的波長區域的光透過，而將含曝光用光之波長區域的光予以遮光。

(第 9 實施形態)

接著說明本發明第 9 實施形態之曝光裝置。本實施形態的曝光裝置之整體構成，係與圖 1 所示之曝光裝置大致相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，本實施形態之曝光裝置所具有之曝光用光感測器 27，係與上述第 2 至第 5 實施形態同樣，測量動作之進行係透過投影光學系統 PL 之像面側的液體 LQ，在本實施形態主要以設在曝光用光感測器 27 的照度不均感測器來說明。當然，本實施形態亦可運用於前述之照射量感測器或是後述之空間像測量裝置。

圖 15 係本發明第 9 實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器的概略圖。如圖 15(a)所示，本實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器 100，包含導波構件 101 及受光元件 102。導波構件 101 係圓柱狀，其徑長較圖 3 之底板 30 所形成的針孔 31 要大，以使其中心軸與針孔 31 的中心位置大致一致，並使一端 101a 抵接於針孔 31 的下方(-Z 方向)。

此導波構件 101 係由合成石英或螢石所構成，用以使自一端 101a 射入內部的曝光用光在外緣(與空氣之邊界)邊進行全反射邊予以導波後，而由另一端 101b 射出。可使用之導波構件 101，例如為光學積分器的一種之桿狀積分器或是光纖。再者，導波構件 101 與底板 30 抵接的部分，係以密封材料等來施以防水措施。受光元件 102 具有可接收包含曝光用光的波長區域的光之特性，並配置成使其受光面 102a 抵接於導波構件 101 的另一端 101b。

在受光元件 102 的受光面 102a，係形成對 ArF 準分子雷射光之抗反射層。

此處，使受光元件 102 的受光面 102a 抵接於導波構件 101 的另一端 101b，其原因在於，欲使另一端 101b 所射出的大射出角之曝光用光，能順利射入受光元件 102 的受光面 102a 而被其接收。亦即，由導波構件 101 的另一端 101b 由於係射出具有各角度之曝光用光，故若導波構件 101 的另一端 101b 與受光元件 102 的受光面 102a 彼此分離，邊擴張邊射出的曝光用光將無法全部射入受光面 102a，特別是，具有大射出角的曝光用光將無法順利的被接收。

以本實施形態之照度不均感測器 100 來測量照射於曝光區域之曝光用光光量時，係與第 6 至第 8 實施形態同樣，對照明光學系統 IS 所設定之照明條件，係對晶圓 W 進行曝光處理時所設定之照明條件，並且是在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 之間供應著液體 LQ 之狀態下，進行上述測量。在該狀態下，當曝光用光射入投影光學系統 PL，曝光用光在投影光學系統 PL 的前端部不會發生全反射，而通過投影光學系統 PL 並透過液體 LQ 及針孔 31，由一端 101a 射入導波構件 101 內。射入導波構件 101 的曝光用光，邊反射於導波構件 101 的外緣並在導波構件 101 內持續前進，並以抵接於導波構件 101 的另一端 101b 之受光元件 102 接收之。

如此，本實施形態中，由投影光學系統 PL 射入液體 LQ 並通過針孔 31 的曝光用光，係不通過氣體而射入導波構件 101。因此，能接收照射在曝光區域之曝光用光(包含大入射角之曝光用光)之大部分。再者，於上述之說明，雖已說明利用導波構件 101 與空氣之折射率差，使曝光用光在外緣邊進行全反射邊進行導波的情形，然而，若是曝光用光對外緣的入射角較小，有可能使曝光用光自外緣向外部。因此，較佳係在導波構件 101 的外緣蒸鍍 Cr(鉻)等金屬。

又，在照度不均感測器 100 的構成方面，導波構件 101 及受光構件 102

亦有可能須分離配置的情形。該種情形下，較佳如圖 15(b)所示般，使另一端 101b 的形狀為曲面形狀(透鏡形狀)，以儘量減小行進於導波構件 101 內之曝光用光的射出角。再者，上述實施形態，係說明圓柱形狀之導波構件 101，然而，其適用形狀可為四角柱形狀或者是其他形狀。

(第 10 實施形態)

接著說明本發明第 10 實施形態之曝光裝置。本實施形態的曝光裝置之整體構成，係與圖 1 所示之曝光裝置大致相同，惟曝光用光感測器 27 的構成不同。再者，本實施形態之曝光裝置所具有之曝光用光感測器 27，係與上述第 2 至第 5 實施形態同樣，測量動作之進行係透過投影光學系統 PL 之像面側的液體 LQ，在本實施形態主要以設在曝光用光感測器 27 的照度不均感測器來說明。

圖 16 係本發明第 10 實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器的概略圖。如圖 16 所示，本實施形態之曝光裝置所設置的照度不均感測器 110 包含：光學積分器的一種之積分球 111，以及受光元件 112。積分球 111 係由合成石英或螢石所構成，包含將其一部份平坦挖空所形成之射入部 111a 與射出部 111b。

射入部 111a 之徑長設定，係較圖 3 之底板 30 所形成的針孔 31 之徑長為大。積分球 111，係配置成使射入部 111a 的中心位置與針孔 31 的中心位置大致一致，並在針孔 31 的周圍部抵接射入部 111a 的外緣部之狀態下，配置在針孔 31 的下方(-Z 方向)。再者，射入部 111a 抵接底板 30 的部分，係以密封材料等施以防水措施。

射出部 111b 係以既定大小之徑長，形成在相對於射入部 111a 的既定位置。射出部 111b 之形成位置，例如係通過射入部 111a 的中心之垂直於射入部 111a 的直線、與通過射出部 111b 的中心之垂直於射出部 111b 的直線之正交位置。又，在圖 16 之示例中，射出部 111b 設有波導部 111c，以使大

射出角的曝光用光反射後導入受光元件 112。

受光元件 112 具有可接收包含曝光用光之波長區域的光的特性，並使其受光面 112a 朝向射出部 111b。在受光元件 112 的受光面 112a，形成對 ArF 準分子雷射光之抗反射層。再者，上述之構成中，係在積分球 111 的射出部 111b 設置波導部 111c 並使積分球 111 與受光元件 112 分離，然而，亦可省略波導部 111c 而將受光元件 112 的受光面 112a 抵接於積分球 111 的射出部 111b。

以本實施形態之照度不均感測器 110 來測量照射於曝光區域之曝光用光光量時，係與上述第 6 至第 9 實施形態同樣，對照明光學系統 IS 所設定之照明條件，係對晶圓 W 進行曝光處理時所設定之照明條件，並且在投影光學系統 PL 與底板 30 的上面 33 之間供應著液體 LQ 之狀態下，進行上述測量。在該狀態下，當曝光用光射入投影光學系統 PL 時，曝光用光在投影光學系統 PL 的前端部不會發生全反射，而通過投影光學系統 PL 並透過液體 LQ 及針孔 31，在不通過氣體中的情況下由射入端 111a 射入積分球 111 內。射入積分球 111 的曝光用光，在積分球 111 的外緣經多重反射，最後由射出端 111b 射出。由射出端 111b 所射出的曝光用光當中，射出角較小者係直接射入受光面 112a，射出角較大者則由導波部 111c 反射後射入受光面 112a 而被接收。

如此，在本實施形態中，由投影光學系統 PL 射入液體 LQ 並通過針孔 31 的曝光用光，並不通過氣體中而射入積分球 111。因此，即使具有大入射角的曝光用光，射入於射入端 111a 時亦不會發生全反射，最後能以受光元件 112 接收。再者，與上述第 9 實施形態同樣，較佳將 Cr(鉻)等之金屬，蒸鍍在積分球 111 全體之除了射入部 111a 及射出部 111b 以外的部分。

(另一實施形態)

又，上述第 2~第 5 實施形態中，係以具備一個平凸透鏡 41、45、52、

57、62、71 來作為會聚曝光用光之聚光構件的情形為例來說明，而在上述第 6~第 10 實施形態中，係以聚光板 81、擴散板 86、螢光板 91、導波構件 101、以及積分球 111，作為使曝光用光射入受光元件之光學系統。然而，較佳係在平凸透鏡 41、45、52、57、62、71 與受光元件之間，以及在聚光板 81、擴散板 86、螢光板 91、導波構件 101、積分球 111 與受光元件之間，配置複數個透鏡，以將曝光用光等導入受光元件。

圖 17 所示，係第 2 實施形態之曝光裝置所具有的照度不均感測器 40 之變形例。在圖 17 的示例中，係在平凸透鏡 41 及受光元件 42 之間設置 2 個透鏡 121、122，以使來自平凸透鏡 41 的曝光用光，特別是大人射角的曝光用光，能輕易的轉換成平行光。藉由在平凸透鏡 41 與受光元件 42 間設置透鏡 121、122，能將已轉換成平行光的曝光用光導入受光元件 42。該種透鏡亦可用在第 3~第 10 實施形態。又，透鏡的數量可為任意之數量。

又，在上述第 2~第 10 實施形態所舉之示例中，對照明光學系統 IS 之照明條件的設定，乃是對晶圓 W 進行曝光處理時所設定之照明條件，並且在將液體 LQ 供應於投影光學系統 PL 像面側之狀態下，進行照度不均之測量。然而，上述諸實施形態亦可與第 1 實施形態同樣，在未將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 像面側之狀態下，使具有極小 σ 之開口光圈 8e 配置在第 2 複眼透鏡 7 的射出面 CJ，用以調整射出面 CJ 之曝光用光的光束分布，而能調整曝光用光之張開角以測量照度不均或光量等。

又，在圖 1 所示之曝光裝置中，係將照度不均感測器及照射量感測器設置在一個底板 30 內，然而，亦可分別配置在晶圓載台 15 上。又，為了要利於液體 LQ 的回收，故而在曝光用光感測器 27 的液體接觸面(上面)具有撥水性的情形，會有因曝光用光(紫外線)的照射而使其撥水性劣化之虞。因此，在使用撥水性的感測器來測量與液體 LQ 之接觸面的情形，可使用例如日本專利特開 2001-144044 號(對應美國專利 6,730,925 號)所揭示般、具有複

數個 ND 濾光器之能量(光量)調整器，俾將曝光用光的光量衰減至最大光量的 50%以下，較佳是 20%以下。

再者，上述實施形態所說明之示例，係用以測量照度不均或積算光量不均度之照度不均感測器，或者是以用以測量照射於投影光學系統 PL 像面側之曝光用光光量(照射量)之照射量感測器，然而，本發明亦可適於例如美國專利 6,650,399 號所揭示之波面像差測量器、日本專利特開 2002-14005 號公報(對應美國專利公開 2002/0041377 號)所揭示之用以測量成像特性等之空間像測量器、日本專利特開平 11-238680 號公報或國際公開第 02/063664 號公報(對應美國專利公開 2004/0090606 號)所揭示之可從基板載台拆卸之感測器等，即使投影光學系統的數值孔徑大的情形，亦能接收通過投影光學系統的曝光用光，能以所要的精度來進行各項測量。再者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引上揭諸專利公報的揭示內容作為本文記載的一部份。

(第 11 實施形態)

以下邊參照圖式，以說明本發明第 11 實施形態之曝光裝置。圖 20 係表示本發明之曝光裝置的一實施形態之概略構成圖。

圖 20 中的曝光裝置 EX 具備：光罩載台 MST，用以支持光罩 M；基板載台 PST，用以支持基板 P；照明光學系統 IL，用以將曝光用光 EL 照明於光罩載台 MST 所支持的光罩 M；投影光學系統 PL，用以將被曝光用光 EL 所照明的光罩 M 之圖案像投影曝光於基板載台 PST 所支持的基板 P；控制裝置 CONT，用以統合控制曝光裝置 EX 之整體動作；以及記憶裝置 MRY，係連接於控制裝置 CONT，用以記憶曝光處理之各種相關資訊。又，曝光裝置 EX 具備，用以測量投影光學系統 PL 的成像特性(光學特性)之空間像測量裝置 270。空間像測量裝置 270 所具備之受光器 290，用以接收透過狹縫板 275(具有配置於投影光學系統 PL 像面側之狹縫部 271)並通過投影光學系

統 PL 的光(曝光用光 EL)。

本實施形態之曝光裝置 EX，為了實質縮短曝光波長以提高解析度並使焦點深度擴大，而使用液浸法之液浸曝光裝置，其具備：液體供應機構 210，用以將液體 LQ 供應至基板 P 上；以及液體回收機構 220，用以自基板 P 上回收液體 LQ。在曝光裝置 EX 內，至少在將光罩 M 的圖案像轉印至基板 P 上之期間，由液體供應機構 210 所供應的液體 LQ，在基板 P(包含投影光學系統 PL 之投影區域 AR1)上局部形成液浸區域 AR2。具體而言，曝光裝置 EX 中，在投影光學系統 PL 的前端側(像面側)之光學元件 260 與基板 P 表面(曝光面)間填滿液體 LQ，透過位於投影光學系統 PL 與基板 P 間的液體 LQ 和投影光學系統 PL 照射曝光用光 EL，使光罩 M 的圖案像投影於基板 P 上，藉此使基板 P 曝光。

本實施形態的曝光裝置 EX，係以使用掃描型曝光裝置(即掃描步進機)為例的情形來說明，其係使光罩 M 與基板 P 於掃描方向朝不同方向(逆向)進行同步移動，並將光罩 M 所形成的圖案曝光於基板 P。在以下的說明當中，與投影光學系統 PL 的光軸 AX 一致的方向係設為 Z 軸方向，在垂直於 Z 軸方向之水平面內之光罩 M 與基板 P 進行同步移動的方向(掃描方向)係設為 X 軸方向，垂直於 Z 軸方向與 X 軸方向(非掃描方向)係設為 Y 軸方向。又，繞 X 軸、Y 軸及 Z 軸旋轉(傾斜)的方向，分別設為 θX 、 θY 、及 θZ 方向。再者，此處所謂之「基板」，包含在半導體晶圓上塗有感光性材料之光阻者；此處所謂之「光罩」，包含標線片，其形成有待縮小投影於基板上之元件圖案。

照明光學系統 IL 係用以將光源 201 所射出之光束(雷射光束)LB 轉換成曝光用光 EL，以曝光用光 EL 對光罩載台 MST 所支持的光罩 M 照明者。自照明光學系統 IL 射出之曝光用光 EL，可例舉為，由水銀燈所射出之紫外域的光線(g 線、h 線、i 線)及 KrF 準分子雷射光(波長 248nm)等遠紫外光(DUV

光)、ArF 準分子雷射光(波長 193nm)及 F₂ 雷射光(波長 157nm)等真空紫外光(VUV 光)。本實施形態係使用 ArF 準分子雷射光。

本實施形態的液體 LQ 係使用純水。純水不僅可供 ArF 準分子雷射光透過，例如，由水銀燈所射出之紫外域的光線(g 線、h 線、i 線)，以及 KrF 準分子雷射光(波長 248nm)等遠紫外光(DUV 光)亦可透過。

本實施形態之光源 201，乃是可射出 ArF 準分子雷射光(波長 193nm)之準分子雷射光源，藉由控制裝置 CONT 來控制雷射發光之 ON/OFF、中心波長、半頻譜寬度、以及重複頻率等。

照明光學系統 IL 具備：光束整形光學系統 202、光學積分器 203、照明系統開口光圈板 204、中繼光學系統 206 與 208、固定式光罩遮簾 207A、可動式光罩遮簾 207B、反射鏡 209、以及聚光透鏡 230 等。本實施形態雖以複眼透鏡作為光學積分器 203，亦可使用桿型(內面反射型)積分器、或是繞射光學元件等。在光束整形光學系統 202 內，包含有例如圓筒形(cylindrical)透鏡或光束擴散器等，以將光源 201 脈衝發光之雷射光束 LB 的截面形狀整形，俾能效率良好地射入設在該雷射光束 LB 的光路後方之光學積分器 203。光學積分器 203(複眼透鏡)203 係配置在光束整形光學系統 202 所射出的雷射光束 LB 之光路上，用以形成由多數個點光源(光源像)所構成之面光源、亦即 2 次光源，俾以均勻之照度分布來照明於光罩 M。

在光學積分器 203 的射出側焦點面附近，配置圓板狀構件所構成的照明系統開口光圈板 204。在上述照明系統開口光圈板 204 中，係以大致等角度間隔，配置例如由一般的圓形開口所構成的開口光圈(一般光圈)、由小的圓形開口所構成且用以縮小 σ 值(即相干因數)之開口光圈(小 σ 光圈)、環帶照明用之環帶狀開口光圈(環帶光圈)、以及供變形光源法用之使複數個開口偏心配置之變形開口光圈(亦被稱為 SHRINC 之四重極照明光圈)等。上述之照明系統開口光圈板 204，係藉控制裝置 CONT 所控制的馬達等驅動裝置

231 使其旋轉，藉此而選擇任一開口光圈來配置於曝光用光 EL 之光路上。

再者，本例中，係以照明系統開口光圈 204 來調整照明光學系統 IL 在瞳面之光強度分布，然而亦可使用如美國專利 6,563,567 號所揭示之其他光學系統。再者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引該等專利公報的揭示內容作為本文記載的一部份。

在通過照明系統開口光圈板 204 之曝光用光 EL 的光路上，配置反射率小、透過率大之分束器 205，進而在其後方的光路上，介有光罩遮簾 207A、207B 而配置中繼光學系統(206、208)。固定式光罩遮簾 207A 形成有矩形開口，其配置於與光罩 M 的圖案面之共軛面微幅離焦之面，以限定光罩 M 上之照明區域 IA。又，在該固定式光罩遮簾 207A 附近配置可動式光罩遮簾 207B，其係具有分別對應於掃描方向(X 軸方向)以及與其正交之非掃描方向(Y 軸方向)之方向位置及幅寬可變之開口部，俾在掃描曝光開始及結束時透過上述可動式遮簾 207B 來進一步限制照明區域 IA，藉以防止非必要部分的曝光。又，本實施形態中的可動式光罩遮簾 207B，亦可用於後述之空間像測量之際的照明區域之設定。另一方面，被照明光學系統 IL 的分束器 205 所反射之曝光用光 EL，在其光路上配置聚光透鏡 232 以及積分感測器 233，該積分感測器 233 係由具有高響應頻率的 PIN 型光二極體等受光元件所構成，其在遠紫外域具有高感度且供檢測光源 201 之脈衝發光。

當簡要說明具上述構成之照明光學系統 IL 的作用，光源 201 所發出的脈衝發光之雷射光束 LB，入射光束整形光學系統 202，為了要以較佳效率射入後方的光學積分器 203，經整形其截面形狀後，射入後方之光學積分器 203。藉此，在光學積分器 203 的射出側焦點面(照明光學系統 IL 的瞳面)形成 2 次光源。由上述 2 次光源所射出的曝光用光 EL，通過照明系統開口光圈板 204 上的任一個開口光圈之後，射入透過率大、反射率小之分束器 205。透過該分束器 205 的曝光用光 EL，經由第 1 中繼透鏡 206 並通過固定式光

罩遮簾 207A 的矩形開口部與可動式光罩遮簾 207B 後，通過第 2 中繼透鏡 208，再以反射鏡 209 將光路朝垂直下方彎曲。被反射鏡 209 彎曲光路之曝光用光 EL，經過聚光鏡 230，以均勻之照度分布對光罩載台 MST 所保持的光罩 M 上之照明區域 IA 照明。

另一方面，以分束器 205 反射的曝光用光 EL，透過聚光鏡 232 而由積分感測器 233 接收，積分感測器 233 的光電轉換信號，透過具有峰值保持電路及 A/D 轉換器之信號處理裝置(未圖示)，被傳送至控制裝置 CONT。本實施形態中的積分感測器 233 的測量值，除了用於曝光量控制之外，亦能用在對投影光學系統 PL 之照射量計算，上述照射量與基板反射率(可根據積分感測器的輸出與未圖示之反射率監視器的輸出來求得)能用來算出投影光學系統 PL 的照明光吸收所導致之成像特性的變化量。又，本實施形態係以既定間隔，並藉控制裝置 CONT，根據積分感測器 233 的輸出來計算照射量，並將上述計算結果作為照射經歷而記憶在記憶裝置 MRV 內。

光罩載台 MST 以能移動的方式保持光罩 M。例如，以真空吸附(或靜電吸附)的方式來固定光罩 M。光罩載台 MST 係透過非接觸式軸承之空氣軸承 (air bearing) 非接觸支持於光罩基座 255 上，藉著設置有線性馬達等光罩載台驅動裝置 MSTD，能 2 維移動於投影光學系統 PL 的光軸 AX 之垂直平面內、即 XY 平面內，並可微幅旋轉於 θZ 方向。又，晶圓載台 MST 能在晶圓基座 255 上朝 X 軸方向以指定的掃描速度移動，光罩 M 的全面至少具有能僅橫切於投影光學系統 PL 的光軸 AX 之 X 軸方向的移動衝程(stroke)。

在光罩載台 MST 上設置有移動鏡 241。又，在對向於移動鏡 241 的位置設有雷射干涉計 242。在光罩載台 MST 上的光罩 M，其在 2 維方向的位置以及 θZ 方向之旋轉角度(依情況亦包含 θX 方向和 θY 方向的旋轉角度)，係藉由雷射干涉計 242 作即時的測量，將其測量結果輸出至控制裝置 CONT。控制裝置 CONT 係根據雷射干涉計 242 的測量結果來驅動光罩載台

驅動裝置 MSTD，以控制光罩載台 MST 所支持的光罩 M 之位置。

投影光學系統 PL 係以既定之投影倍率 β 將光罩 M 的圖案投影曝光至基板 P，其具有包含設置在基板 P 側之前端部的光學元件(透鏡)260 之複數個光學元件，該等光學元件係以鏡筒 PK 支持。本實施形態中的投影光學系統 PL，係投影倍率 β 例如為 1/4 或 1/5 之縮小系統。再者，投影光學系統 PL 亦可為等倍系統或擴大系統之任一種。又，投影光學系統 PL 可為折射系統、反射系統、或反射折射系統之任一種。

本實施形態之投影光學系統 PL 前端部之光學元件 260 係以透鏡單元 (lens cell)62 保持，保持有上述光學元件 260 的透鏡單元 262 與鏡筒 PK 的前端部係由連結機構 261 所連結。光學元件 260 接觸於液浸區域 AR2 的液體 LQ。光學元件 260 由螢石所形成。由於螢石與水的親和性高，故能使液體 LQ 密合於光學元件 260 的液體接觸面 260a 的大致全面。亦即，在本實施形態，由於係供應與光學元件 260 的液體接觸面 260a 具有高親和性的液體(水)LQ，故在光學元件 260 的液體接觸面 260a 與液體 LQ 具高密合度，因此能使液體 LQ 確實的填滿於光學元件 260 與基板 P 之間的光路。再者，光學元件 260 亦可使用與水的親和性佳的石英。又，亦可在光學元件 260 的液體接觸面 260a 施以親水化(親液化)處理，以進一步提高與液體 LQ 之親和性。

基板載台 PST 以能移動的方式保持基板 P，其包含：XY 載台 253，以及裝載於 XY 載台 253 上之 Z 傾斜載台 252。XY 載台 253 係透過未圖示之非接觸軸承之空氣軸承被非接觸支持在載台基座 254 的上面之上方。XY 載台 253(基板載台 PST)係以非接觸方式被支持於載台基座 254 的上面，藉由設置有線性馬達等基板載台驅動裝置 PSTD 的驅動，可在投影光學系統 PL 的光軸 AX 之垂直平面內(即 XY 平面內)進行 2 維移動，並可微幅旋轉於 θ Z 方向。在該 XY 載台 253 上裝載著 Z 傾斜載台 252，在 Z 傾斜載台 252 上裝載著基板保持具 251。藉上述基板保持具 251 以真空吸附等來保持基板 P。

Z 傾斜載台 252 藉由後述之致動器，可移動於 Z 軸方向、 θX 方向、及 θY 方向。包含上述致動器的基板載台驅動裝置 PSTD 係由控制裝置 CONT 所控制。基板載台 PST 控制基板 P 的對焦位置(Z 位置)以及傾斜角，以自動對焦方式及自動調平(leveling)方式，使基板 P 的表面對準進入投影光學系統 PL 的像面，並進行基板 P 在 X 軸方向及 Y 軸方向之定位。

又，在基板載台 PST(基板保持具 251)上，設有環繞基板 P 的輔助平板 257。輔助平板 257，具有與基板保持具 251 所保持之基板 P 的表面大致同高度的平面。即使在對基板 P 的邊緣區域曝光時，亦能藉輔助平板 257 而將液體 LQ 保持於投影光學系統 PL 之下。

再者，輔助平板 257 雖然僅形成於基板保持具 251 的周圍，亦可以使基板載台 PST 的上面大致形成同一平面的方式配置在空間像測量裝置 270 的周圍，或是基板保持具 251 與空間像測量裝置 270 之間。藉此，即使空間像測量裝置 270 的上面較液浸區域 AR2 為小，仍可藉輔助平板 257，將液體 LQ 保持在投影光學系統 PL 之下。

在基板載台 PST(Z 傾斜載台 252)上設置移動鏡 243。又，在移動鏡 243 的對向位置則設有雷射干涉計 244。基板載台 PST 上之基板 P，其在 2 維方向的位置以及旋轉角，可藉由雷射干涉計 244 來即時測量，將測量結果輸出至控制裝置 CONT。控制裝置 CONT 乃根據雷射干涉計 244 的測量結果來驅動著設置有線性馬達等之基板載台驅動裝置 PSTD，以進行基板載台 PST 所支持的基板 P 之定位。

又，曝光裝置 EX 具有焦點檢測系統 245，用以檢測出基板載台 PST(基板保持具 251)所支持的基板 P 之表面位置。焦點檢測系統 245 具備：投射部 245A，係以斜向朝著基板 P 上投射透過液體 LQ 之檢測用光束；以及受光部 245B，用以接收反射自基板 P 之上述檢測用光束的反射光。焦點檢測系統 245(受光部 245B)的受光結果被輸出至控制裝置 CONT。控制裝置 CONT

乃根據焦點檢測系統 245 的檢測結果，檢測出基板 P 表面在 Z 軸方向之位置資訊。又，藉由投射部 245A 所投射之複數條檢測用光束，可檢測出基板 P 在 θX 方向及 θY 方向之傾斜資訊。再者，焦點檢測系統 245 之構成，可使用例如日本專利特開平 6-283403 號公報(對應美國專利 5,448,332 號)等所揭示者。再者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引上述諸專利公報的揭示內容作為本文記載的一部份。再者，焦點檢測系統 245，亦可在液浸區域 AR2 外側不透過液體 LQ 而將檢測用光束投射在基板 P 表面，進而接收其反射光。

控制裝置 CONT 在掃描曝光時等，為了使來自受光部 245B 的焦點偏差信號(離焦信號)，例如根據 S 曲線信號而使焦點偏差為零，乃透過包含後述 Z 位置驅動部 256A~256C(參照圖 21)之基板載台驅動裝置 PSTD，控制 Z 傾斜載台 252 朝 Z 軸方向的移動，及其在 2 維面的傾斜(θX 、 θY 方向的旋轉)。亦即，控制裝置 CONT 係以多焦點檢測系統 245 來控制 Z 載台 252 的移動，以實施自動對焦及自動調平而使投影光學系統 PL 的成像面與基板 P 表面實質一致。

又，在投影光學系統 PL 的前端附近，設置有離軸方式之基板對準系統 246，以檢測出基板 P 上之對準標記，或是檢測出設在基板載台 PST 上之基準構件(未圖示)上的基準標記。又，在光罩載台 MST 附近設置光罩對準系統 247，以透過光罩 M 及投影光學系統 PL 檢測出上述基準構件所設置的基準標記。本實施形態中所使用的對準系統，係影像處理方式之對準感測器，亦即所謂 FIA(Field Image Alignment)系統。再者，基板對準系統 246 之構成，可使用例如日本專利特開平 4-65603 號公報(對應美國專利 5,493,403 號)所揭示者；光罩對準系統 247 之構成，可使用日本專利特開平 7-176468 號公報(對應美國專利 5,646,313 號)所揭示者。

圖 21 係表示液體供應機構 210、液體回收機構 220、以及投影光學系統

PL 之放大圖。投影光學系統 PL 具備：鏡筒 PK 所保持的複數枚(此處為 10 枚)光學元件 264a~264j，以及投影光學系統 PL 像面側(基板 P 側)的透鏡單元 262 所保持的光學元件 260。構成投影光學系統 PL 之光學元件 264a~264j 當中的一部份，例如光學元件 264a、264b，分別可藉著複數個驅動元件(例如壓電元件等)263 來微幅驅動於光軸 AX 方向與微傾於 XY 面。又，在光學元件 264d、264e 之間，以及光學元件 264f、264g 之間，分別形成了密閉狀態之第 1 及第 2 密閉室 265A、265B。對於上述之第 1、第 2 密閉室 265A、265B，係以未圖示之氣體供應機構透過壓力調整機構 266 來供應潔淨氣體，例如乾燥空氣(dry air)。

本實施形態中，施加於各驅動元件 263 之驅動電壓(驅動元件之驅動量)、以及用以調整第 1、第 2 密閉室 265A、265B 內部氣壓(內部壓力)之壓力調整機構 266，係以成像特性控制裝置 267 根據按照控制裝置 CONT 的指令來施以控制，藉此，可以補償投影光學系統 PL 之成像特性，例如像面彎曲、應變、以及倍率等。再者，用以調整成像特性之成像特性調整機構，可以僅由光學元件 264a 般的可動光學元件來構成，其可動光學元件的數目可為任意個。但，在此情形，可動光學元件的數目，由於係對應於除對焦外之投影光學系統 PL 的成像特性之可補償種類，因此，可按照必須補償成像特性的種類來決定可動光學元件的數目。

Z 傾斜載台 252 藉著 3 個 Z 位置驅動部 256A、256B、256C(其中，紙面內側的 Z 位置驅動部 256C 未圖示)，在 XY 載台 253 上以 3 個點支持。上述 Z 位置驅動部 256A~256C 具備 3 個致動器(例如音圈馬達等)259A、259B、259C(其中，圖 21 之紙面內側的致動器 259C 未圖示)，其係分別獨立驅動 Z 微傾平面 252 下面之各支持點，使其分別移動於投影光學系統 PL 之光軸方向(Z 方向)；並且具有編碼器 258A、258B、258C(其中，圖 21 之紙面內側的編碼器 258C 未圖示)，用以檢測 Z 傾斜載台 252 的 Z 位置驅動部 256A、256B、

256C 在 Z 軸方向之驅動量(自基準位置起之移位)。此處所使用之編碼器 258A~258C，例如係光學式或靜電電容式等之線性編碼器。本實施形態中係以上述致動器 256A、256B、256C 構成驅動裝置，以將 Z 傾斜載台 252 驅動於光軸 AX 方向(Z 軸方向)，以及對與光軸正交之面(XY 面)之傾斜方向、亦即 θX 、 θY 方向。又，編碼器 258A~258C 所測量之 Z 傾斜載台 252 的 Z 位置驅動部 256A、256B、256C 在各支持點之 Z 軸方向的驅動量(自基準點起之移位量)，被輸出至控制裝置 CONT，控制裝置 CONT 則根據該編碼器 258A~258C 之測量結果，來求得 Z 傾斜載台 252 在 Z 軸方向的位置以及調平量(θX 旋轉量、 θY 旋轉量)。

液體供應機構 210，係用以在包含曝光處理時之既定時間，將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 與基板 P 之間者，其具備：液體供應部 211，用以送出液體 LQ；以及供應嘴 213，係透過供應管 212 連接於液體供應部 211，用以將液體供應部 211 送來的液體 LQ 供應至基板 P 上。供應嘴 213 係近接配置於基板 P 的表面。液體供應部 211 具有用來存放液體之貯存槽、以及加壓泵等，透過供應管 212 及供應嘴 213 將液體 LQ 供應至基板 P 上。液體供應部 211 的液體供應動作由控制裝置 CONT 所控制，控制裝置 CONT 可控制由液體供應部 211 對基板 P 上之每單位時間之液體供應量。

再者，液體供應機構 210 的貯存槽、加壓泵等，不見得非得設於曝光裝置 EX，上述之至少一部份，可以用曝光裝置 EX 所設置的工廠之設備來代用之。

液體回收機構 220，係在包含曝光處理時之既定時間，回收投影光學系統 PL 和基板 P 間的液體 LQ，其具備：回收嘴 223，係近接配置在基板 P 的表面；以及液體回收部 221，係透過回收管 222 連接於回收嘴 223。液體回收部 221 包含，具有真空泵等真空系統(吸引裝置)，與用來存放回收液體 LQ 之貯存槽等，其動作由控制裝置 CONT 所控制。藉著驅動液體回收部 221

的真空系統，使基板 P 上的液體 LQ 經由回收嘴 223 而被回收。再者，可使用之真空系統，可以不在曝光裝置設置真空泵，而使用曝光裝置 EX 所配置的工廠之真空系統來代用之。又，液體回收機構 220 之貯存槽亦不必非得設於曝光裝置 EX，上述之至少一部份，亦可由曝光裝置 EX 所設置的工廠設備來代用之。

再者，於回收管 222 的途中，具體而言，較佳是在回收嘴與真空系統之間，設置氣液分離器以使從回收嘴 223 所吸入的液體能與氣體分離。對基板 P 上的液體 LQ 進行吸引回收之際，在液體回收部(真空系統)221 有可能發生將液體與其周圍的氣體(空氣)一併回收之狀況，故藉由氣液分離器將自回收嘴 223 所回收的液體與氣體分離，藉此，可防止因液體 LQ 流入真空系統而造成上述真空系統的故障等。回收至液體回收部 221 的液體 LQ，例如可予以廢棄或經淨化後再回到液體供應部 211 等而重複使用之。

再者，液體供應機構 210 及液體回收機構 220，係與投影光學系統 PL 被分離支持著。藉此，由液體供應機構 210 及液體回收機構 220 所產生的振動不會傳達至投影光學系統 PL。

圖 22 係表示液體供應機構 210 及液體回收機構 220 與投影光學系統 PL 的投影區域 AR1 之位置關係的俯視圖。投影光學系統 PL 的投影區域 AR1，乃是延伸於 Y 軸方向之細長矩形狀(狹縫狀)，由 X 軸方向隔著上述投影區域 AR1，在 +X 側配置 3 個供應嘴 213A~213C，在 -X 側則是配置 2 個回收嘴 223A、223B。又，供應嘴 213A~213C 係透過供應管 212 連接至液體供應部 211，回收嘴 223A、223B 係透過回收管 222 連接至液體回收部 221。又，在與供應嘴 213A~213C 及回收嘴 223A、223B 保持大致 180°旋轉的位置關係下，配置供應嘴 216A~216C 與回收嘴 226A、226B。供應嘴 213A~213C 及回收嘴 226A、226B 係交互的排列在 Y 軸方向；供應嘴 216A~216C 及回收嘴 223A、223B 係交互的排列在 Y 軸方向；供應嘴 216A~216C 係透過供應管

215 連接至液體供應部 211；回收嘴 226A、226B 係透過回收管 225 連接至液體回收部 221。

圖 23 係表示用於測量投影光學系統 PL 的成像特性(光學特性)之空間像測量裝置 270 之概略構成圖。空間像測量裝置 270 具有受光器 290，透過狹縫板 275(具有配置在投影光學系統 PL 像面側之狹縫部 271)，來接收通過投影光學系統 PL 的光。狹縫板 275 係設置在投影光學系統 PL 的像面側之 Z 傾斜載台 252。受光器 290 具備：光學元件 276，其係配置在 Z 傾斜載台 252 內部靠近狹縫板 275 的位置；折射鏡 277，係用以彎曲通過光學元件 276 的光之光路；光學元件 278，供透過反射鏡 277 的光之射入；送光透鏡 279，用以將通過光學元件 278 的光傳送至 Z 傾斜載台 252 外部；折射鏡 280，係設置在 Z 傾斜載台 252 外部，用以彎曲來自送光透鏡 279 的光之光路；受光透鏡 281，用以接收通過反射鏡 280 的光；以及光感測器(受光元件)282，其係由光電轉換元件所構成，用以接收透過受光透鏡 281 的光。

狹縫板 275 具備：俯視呈長方形狀之玻璃板構件 274；由鉻等金屬所構成的遮光膜 272，係設置在玻璃板構件 274 的上面中央部位；由鋁等所構成的反射膜 273，係設置在該遮光膜 272 的周圍，亦即玻璃板構件 274 的上面除遮光膜 272 以外的部分；以及狹縫部 271，其係在遮光膜 272 的一部份所形成之開口模型。在狹縫部 271 露出透明構件之玻璃板構件 274，以使光能透過狹縫部 271。

在 Z 傾斜載台 252 的上面，相鄰於基板保持具 251 的位置設置有凸部 283，在該凸部 283 的上部設置開口部 284。狹縫板 275 可從凸部 283 的開口部 284 拆卸，在塞住上述開口部 284 的狀態下由上方嵌入。

玻璃板構件 274 的形成材料，可使用對 ArF 準分子雷射光或 KrF 準分子雷射光具有高透過性之合成石英或螢石。合成石英對 ArF 準分子雷射光的折射率為 1.56，對 KrF 準分子雷射光的折射率為 1.51 左右。

光學元件 276 配置在 Z 傾斜載台 252 內部之狹縫部 271 的下方，由保持構件 285 所保持。保持著光學元件 276 之保持構件 285，被安裝在凸部 283 的內壁面 283A。自配置於 Z 傾斜載台 252 內部之光學元件 276 通過的光，由反射鏡 277 彎曲其光路後通過光學元件 278。通過光學元件 278 的光，藉由固定在 Z 傾斜載台 252 的 +X 側壁之送光透鏡 279，被送至 Z 傾斜載台 252 的外部。由送光透鏡 279 送至 Z 傾斜載台 252 外部的的光，以反射鏡 280 導向受光透鏡 281。受光透鏡 281 與配置在上述受光透鏡 281 上方之光感測器 282，係保有既定之位置關係而收納在箱體 286 內。箱體 286 係透過安裝構件 287，將其固定在載台基座 254 的上面所設置的支柱 288 之上端附近。

再者，反射鏡 277、光學元件 278、以及送光透鏡 279 等，可從 Z 傾斜載台 252 拆卸。又，收納有受光透鏡 281 及光感測器 282 之箱體 286 的支撐用支柱 288，可從載台基座 254 拆卸。

所使用之光感測器 282，係能以高精度檢測出微弱光之光電轉換元件(受光元件)，例如光電子倍增管(PMT：Photo Multiplier Tube)等。來自光感測器 282 的光電轉換信號，透過信號處理裝置而被送至控制裝置 CONT。

圖 24 係表示以空間像測量裝置 270 來測量投影光學系統 PL 的成像特性之狀態圖。如圖 24 所示，在測量投影光學系統 PL 的成像特性時，係在使投影光學系統 PL 與狹縫板 275 相對向狀態下，使用液體供應機構 210 及液體回收機構 220，使液體 LQ 流向投影光學系統 PL 前端側(像面側)的光學元件 260 與狹縫板 275 之間。又，在投影光學系統 PL 的光學元件 260 與狹縫板 275 之間填滿液體 LQ 的狀態下，透過投影光學系統 PL 及液體 LQ 的光(曝光用光 EL)乃照射在構成空間像測量裝置 270 之狹縫板 275。又，在此時的狹縫板 275 的上面 275A 之面位置資訊，可使用焦點檢測系統 245 來檢測。

圖 25 係表示在空間像測量裝置 270 中，配置在凸部 283 內部的狹縫板

275 與光學元件 276 附近之要部放大截面圖。圖 26 係從狹縫板 275 上方觀看時之俯視圖。再者，於圖 25 中的受光器 290 已予簡化，構成受光器 290 之複數個光學元件及構件之中，僅圖示在光路上配置在最靠近狹縫板 275 之光學元件 276、與用以接收通過上述光學元件 276 之光之光感測器 282。在圖 25 所示之空間像測量裝置 270 中，在狹縫板 275 與受光器 290 之間填滿液體 LQ。本實施形態中的液體 LQ 係填滿於，嵌合於凸部 283 的開口部 284 之狹縫板 275 的下面、與配置在受光器 290 的光路上之複數個光學元件(光學構件)中最靠近狹縫板 275 之光學元件 276 之間。光學元件 276 係位在狹縫板 275 之下方位置，以安裝在凸部 283 的內壁面 283A 之保持構件 285 保持，液體 LQ 係填滿於由狹縫板 275、保持構件 285、及光學元件 276 所圍成的空間 SP。本實施形態中，光學元件 276 係由平凸透鏡所構成，其平坦面朝向上方。又，保持構件 285 的內底面 285A，與光學元件 276 的上面(平坦面)276A 大致同一平面。又，保持構件 285 係形成截面呈朝上 C 字形，在上述保持構件 285 外側面 285B 與凸部 283 的內壁面 283A 密合，在保持構件 285 的上端面(與狹縫板 275 之接合面)285C 與狹縫板 275 之間設置有 O 型環等密封構件 291。藉此，可防止填滿在空間 SP 的液體 LQ 洩漏至外部。

保持有狹縫板 275 及光學元件 276 之保持構件 285，可從凸部 283 的內壁面 283A 拆卸。在安裝保持構件 285 時，係從凸部 283 的開口部 284 將保持有光學元件 276 之保持構件 285 插入凸部 283 內部(此時尚未安裝狹縫板 275)，再以未圖示之固定構件來固定住保持構件 285 與凸部 283 內壁面 283A。接著，將狹縫板 275 嵌入開口板 284。另一方面，欲取出保持構件 285 時，可先由開口部 284 取出狹縫板 275 後，透過開口板 284 來抽出保持構件 285。

又，曝光裝置 EX 具備：液體供應裝置 300，用以將液體 LQ 供應至狹縫板 275 與受光器 290 之光學元件 276 間之空間 SP；及液體回收裝置 304，

以回收在上述空間 SP 的液體 LQ。在凸部 283 及保持構件 285 的 +X 側之壁部，形成有連接於空間 SP 之供應流路 302；在 -X 側之壁部，形成有連接於空間 SP 之回收流路 306。又，供應管 301 的一端部連接於液體供應裝置 300，供應管 301 的另一端部則透過接頭 303 連接至供應流路 302。回收管 305 的一端部連接於液體回收裝置 304，回收管 305 的另一端部則透過接頭 307 連接於回收流路 306。又，在供應管 301 及回收管 305 的途中分別設有閥門 301A、305A，用以控制該流路的開閉。液體供應裝置 300、液體回收裝置 304、以及閥門 301A、305A 的動作，係由控制裝置 CONT 所控制，控制裝置 CONT 藉由控制該等構件而對空間 SP 進行液體 LQ 的供應及回收，以將液體 LQ 填滿於空間 SP。

如圖 26 所示，狹縫板 275 具備：由鉻等所構成之遮光膜 272，係形成於俯視呈長方形之玻璃板構件 274 的上面中央部；由鋁等所構成之反射膜 273，其係設置在上述遮光膜 272 的周圍，亦即玻璃板構件 274 的上面之遮光膜 272 除外部分；以及狹縫部 271，係在遮光膜 272 的一部分所形成之開口形。在狹縫部 271 使透明構件之玻璃板構件 274 露出，以使光能透過狹縫部 271。狹縫部 271 是以 Y 軸方向為長邊方向之矩形狀(長方形狀)的狹縫，具有既定寬度 2D。

接著所欲說明者，係以上述空間像測量裝置 270 來測量投影光學系統 PL 之成像特性時的步驟。

在測量空間像(投影像)之際，控制裝置 CONT 係移動基板載台 PST，使投影光學系統 PL 與狹縫板 275 形成對向關係(亦即圖 24 所示狀態)。又，使用液體供應機構 210 及液體回收機構 220，以在投影光學系統 PL 前端部之光學元件 260 與狹縫板 275 間填滿液體 LQ。與其並行地(在之前或之後亦可)，如圖 25 所示般，控制裝置 CONT 亦以液體供應裝置 300 及液體回收裝置 304，將液體 LQ 填滿於受光器 290 的光學元件 276 與狹縫板 275 之間。

在以下的說明中，由填滿在投影光學系統 PL 與狹縫板之間的液體 LQ 所形成之液浸區域，稱為「第 1 液浸區域 LA1」；由填滿在狹縫板 275 與受光器 290(光學元件 276)間的液體 LQ 所形成之液浸區域，稱為「第 2 液浸區域 LA2」。

在測量空間像時，光罩載台 MST 支持著具有後述測量標記之光罩 M。控制裝置 CONT 係藉照明光學系統 IL 以曝光用光 EL 對光罩 M 照明。透過上述測量標記、投影光學系統 PL、及第 1 液浸區域 LA1 之液體 LQ 的光(曝光用光 EL)，照射在狹縫板 275。通過上述狹縫板 275 之狹縫部 271 的光，透過第 2 液浸區域 LA2 的液體 LQ 後，射入光學元件 276。

在投影光學系統 PL 與狹縫板 275 間的第 1 液浸區域 LA1 之液體 LQ，能擴大投影光學系統的數值孔徑 NA，故而，若未能對應投影光學系統 PL 的數值孔徑來擴大受光器 290 的光學元件 276 之數值孔徑 NA，則光學元件 276 可能無法良好地(全部)取入通過投影光學系統 PL 的光，導致受光效果不佳。本實施形態之示例中，在投影光學系統 PL 與狹縫板之間充滿液體 LQ 以擴大投影光學系統 PL 的數值孔徑 NA 時，亦在狹縫板 275 與受光器 290 的光學元件 276 間填滿液體，用以擴大受光器 290 的光學元件 276 之數值孔徑 NA，藉此，受光器 290 的光學元件 276，能良好地接收透過投影光學系統 PL 的光。

光學元件 276 對透過第 2 液浸區域 LA2 的光予以會聚。由光學元件 276 所會聚的光，經過反射鏡 277、光學元件 278、以及送光元件 279，被導向基板載台 PST 的外部(圖 23)。又，被導向該基板載台 PST 的外部之光束，經反射鏡 280 彎曲其光路，透過受光透鏡 281 而以光感測器 282 接收，按照來自上述光感測器 282 的受光量之光電轉換信號(光量信號)，透過信號處理裝置而被輸出至控制裝置 CONT。

如後述，本實施形態中，由於對測量標記之投影像(空間像)之測量係以

狹縫掃描(slit scan)方式來進行，因此，此時之送光透鏡 279 係相對移動於受光透鏡 281 及光感測器 282。此處，在空間像測量裝置 270，係以在既定範圍內移動之透過送光透鏡 279 的光能完全射入受光透鏡 281 的方式，來設定各透鏡及反射鏡 280 之大小。

在空間裝置 270，光感測器 282 係設置在基板載台 PST 的外部之既定位置，因此，光感測器 282 的發熱對雷射干涉計 244 的測量精度等所造成的影響，能被控制在可接受的程度。又，由於基板載台 PST 的外部與內部並未以光導件等來連接，因此不會如在基板載台 PST 的外部與內部有光導件連接的情況般受到基板載台 PST 的驅動精度的影響。當然，若是可以無視或排除熱的影響等，亦可將光感測器 282 設置在基板載台 PST 的內部。亦即，構成受光器 290 的複數個光學元件或受光元件當中，可以將其中一部份設置在基板載台 PST，亦可將全部設置在基板載台 PST。

本實施形態中，「第 1 液浸區域 LA1」及「第 2 液浸區域 LA2」所使用的液體 LQ，可以使用同一種液體，或者是不同液體，特別是，對曝光用光折射率不同之液體亦可。尤其是在選用「第 1 液浸區域 LA1」所使用的液體時，宜考量設置在投影光學系統前端之光學元件的 NA 或折射率；另一方面，在選用「第 2 液浸區域 LA2」所使用之液體時，考慮玻璃板構件 274 的折射率、或光學元件 276 的尺寸或折射率。

再者，本實施形態中，雖以在狹縫板 275 及受光器 290(光學元件 276)間填滿液體 LQ 之空間像測量裝置 270 運用在液浸曝光裝置為例來說明，然而，即使對於乾式曝光裝置(一般曝光裝置)，亦即並未在投影光學系統 PL 與基板間填滿液體 LQ 的條件下進行曝光者，亦可運用本發明之空間像測量裝置 270(受光器 290)。在乾式曝光裝置，於測量空間像時，係在投影光學系統 PL 與狹縫板 275 彼此對向的狀態下，未在投影光學系統 PL 與狹縫板間 275 填滿液體 LQ，但仍在狹縫板 275 與受光器 290 的光學元件 276 間填

滿液體 LQ(即，未形成第 1 液浸區域 LA1，僅形成第 2 液浸區域 LA2 之狀態)，以使透過投影光學系統 PL 的曝光用光 EL 照射在狹縫板 275。受光器 290 的光學元件 276，由於藉填滿於狹縫板 275 與光學元件 276 間的液體 LQ 而擴大數值孔徑 NA，因此，即使具有大數值孔徑 NA(例如 $NA > 0.9$)之投影光學系統的乾式曝光裝置，亦可良好地接收光。又例如，就算使受光器 290 的光學元件 276 密合於狹縫板 275，亦可良好地接收通過投影光學系統 PL 的光，並可獲得使受光器 290 整體的小型化的效果。

再者，本實施形態中，係以液體供應裝置 300 及液體回收裝置 304 來進行液體 LQ 的供應與回收，藉使液體 LQ 填滿於狹縫板 275 與光學元件 276 間的空間 SP，然而，亦可以不使用液體供應裝置 300 及液體回收裝置 304，例如在製造曝光裝置 EX 時即預將液體 LQ 填滿於空間 SP。此時，可以定期的將狹縫板 275 由凸部 283(Z 傾斜載台 252)取出，以定期交換空間 SP 的液體 LQ，亦可使用保存性佳無須交換的液體來作為液體 LQ。另一方面，使用液體供應裝置 300 及液體回收裝置 304 來進行液體 LQ 的供應與回收，能常時將新鮮(清淨)的液體 LQ 填滿於空間 SP。再者，在空間像測量裝置 270 的測量中，亦可停止液體供應裝置 300 之液體供應動作與液體回收裝置 304 之液體回收動作。又例如，將保持有狹縫板 275 或光學元件 276 之保持構件 285 由凸部 283(Z 傾斜載台 252)取出時，可以先以液體回收裝置 304 來回收空間 SP 的液體 LQ，之後才取出保持有狹縫板 275 或光學元件 276 之保持構件 285，故在卸下時免於外漏液體 LQ。

再者，若是在狹縫板 275 與受光器 290(光學元件 276)間未填滿液體 LQ，而是在狹縫板 275 與受光器 290(光學元件 276)間配置折射率與液體 LQ 大致相同之光透過性構件(光學構件、玻璃構件)亦可。該種光透過性構件可例舉為石英或螢石等。本實施形態中以純水為液體 LQ，純水對 ArF 準分子雷射光的折射率約為 1.44。另一方面，石英對 ArF 準分子雷射光的折射率約為

1.56。因此，亦可取代以液體(純水)LQ 來形成第 2 液浸區域 LA2，而在狹縫板 275 與光學元件 276 間配置石英所構成之光穿透構件。

以下，邊參照圖 24 等，來詳述使用空間像測量裝置 270 來進行空間像測量動作之一例。如以上所述，圖 24 係測量空間像時之狀態圖。在測量空間像時所使用的光罩 M，可為空間像測量專用者，或是在元件製造所使用之元件製造用光罩形成有專用之測量標記者。又，亦可取代上述光罩，而在光罩載台 MST 設置與光罩同材質之玻璃材料所構成之固定標記板(基準標記板)，並在該標記板形成測量標記。

在光罩 M，測量用標記 PM_x(圖 24)與測量用標記 PM_y(圖 24)係相互鄰接而形成於既定位置，其中測量標記 PM_x，乃是沿 X 軸方向形成具週期性之線寬與空白寬的比(負載比)為 1:1 之 L/S(Line and Space)標記所構成；其中測量標記 PM_y，乃是沿 Y 軸方向形成具週期性之負載比為 1:1 之 L/S 標記所構成。上述測量標記 PM_x、PM_y 係由具同一線寬之線圖案所構成。又，在構成空間像測量裝置 270 之狹縫板 275，係如圖 27(a)所示般，延伸於 Y 軸方向之具有既定寬度 2D 之狹縫部 271_x，與延伸於 X 軸方向之具有既定寬度 2D 之狹縫部 271_y，係具有圖 27(a)所示之既定位置關係。實際之狹縫板 275 雖如上述般形成複數個狹縫部 271_x、271_y 等，然而，在圖 20~圖 26 等圖示中，係以狹縫部 271 來代表狹縫部。

例如，測量標記 PM_x 之空間像的測量時，乃是藉控制裝置 CONT，透過未圖示之遮簾驅動裝置來驅動圖 20 所示之可動式光罩遮簾 207B，以將曝光用光 EL 之照明區域限定於包含測量標記 PM_x 部分之既定區域。在該狀態下，控制裝置 CONT 使光源 201 開始發光，當曝光用光 EL 照射在測量標記 PM_x 時，則由測量標記 PM_x 所繞射、散射的光(曝光用光 EL)，藉由投影光學系統 PL 折射，然後在投影光學系統 PL 的像面形成測量標記 PM_x 之空間像(投影像)。此時的基板載台 PST，係如圖 27(a)所示般，設於，狹縫板

275 上的狹縫部 271x 之 +X 側(或 - X 側)的測量標記 PM_x 之空間像 PM_x' 形成位置。

又，根據控制裝置 CONT 的指令，由基板載台驅動裝置 PSTD 將基板載台 PST 驅動於圖 27(a)中箭頭 F_x 所示之 +X 方向，使狹縫 271x 相對於空間像 PM_x' 而掃描於 X 軸方向。在掃描進行中，通過狹縫部 271x 的光(曝光用光 EL)，透過基板載台 PST(Z 傾斜載台 252)內的受光光學系統、基板載台 PST 外部的反射鏡 280、以及受光透鏡 281 後，以光感測器 282 接收，其光電轉換信號則供應至信號處理裝置。在信號處理裝置中，對上述光電轉換信號施以既定之處理，將對應於空間像 PM_x' 之光強度信號供應至控制裝置 CONT。且在此時，為了要抑制發自光源 201 的曝光用光 EL 之發光強度的不一致所產生的影響，信號處理裝置所供應至控制裝置 CONT 者，係以圖 20 所示之積分感測器 233 的信號將光感測器 282 的信號予以規格化後之信號。圖 27(b)所示，係進行上述空間像測量之際所得到之光電轉換信號(光強度信號)的一例。

在對測量標記 PM_y 之空間像進行測量時，基板載台 PST 的設置位置，係在狹縫板 275 上的狹縫部 271y 之 +Y 側(或 - Y 側)之測量標記 PM_y 的空間像形成位置，與上述同樣藉由狹縫掃描方式來進行測量，藉此，可取得對應於測量標記 PM_y 的空間像之光電轉換信號(光強度信號)。

再者，測量標記不侷限於上述之標記，可按照測量對象的成像特性或測量精度等適宜設定。

若測量目的係為了取得成像特性調整資訊等時，係如圖 21 所示般，首先在初始調整之際逐一驅動投影光學系統 PL 的光學元件 264a、264b，或是逐一變更第 1、第 2 密閉室 265A、265B 的壓力，邊使用後述之空間像測量裝置 270(圖 20)，以測定投影光學系統 PL 的焦點，及其他既定之成像特性(例如像面彎曲、倍率、應變、彗形像差、球面像差等諸項像差中的至少一種)，

以求得對應於光學元件 264a、264b 的驅動量，以及第 1、第 2 密閉室 265A、265B 之壓力變化的成像特性變化量。

以下，就成像特性之測量動作之一例，係以投影光學系統 PL 之最佳對焦位置檢測方法來說明。此時之前提條件為，選取照明系統開口光圈板 204 之一般光圈，且將照明條件設定成為一般照明條件。在檢測最佳對焦位置時，例如，所使用的光罩 M 形成有線寬 $1\ \mu\text{m}$ 、負載比 50% 之 L/S 圖案所構成之測量標記 PMx(或 PMy)。首先，由未圖示之載置裝置將光罩 M 載置於光罩載台 MST。接著，控制裝置 CONT 透過光罩載台驅動裝置 MSTD 來移動光罩載台 MST，以使光罩 M 上的測量標記 PMx 大致一致於投影光學系統 PL 的光軸上。繼而，控制裝置 CONT 驅動控制可動式光罩遮簾 207B 以限制照明區域，以使曝光用光 EL 僅照射在測量標記 PMx。在上述狀態下，控制裝置 CONT 使曝光用光 EL 照射在光罩 M，採用與上述同樣之狹縫掃描方式，邊使基板載台 PST 掃描於 X 軸方向，邊以空間像測量裝置 270 來進行測量標記 PMx 之空間像測量。此時，控制裝置 CONT 透過基板載台驅動裝置 PSTD，以既定之移動步距(step pitch)，逐步改變狹縫板 275 在 Z 軸方向的位置(亦即 Z 傾斜載台 252 的位置)，並重複進行測量標記 PMx 之空間像測量，將各次的光強度信號(光電轉換信號)記憶在記憶裝置 MRY。再者，上述狹縫板 275 在 Z 軸方向之位置變化，係根據 Z 傾斜載台 252 的編碼器 258A、258B、258C 的測量值，藉控制致動器 259A、259B、259C 來進行。又，控制裝置 CONT 對於各經由上述重複計算所取得之複數個光強度信號(光電轉換信號)分別施以傅立葉(Fourier)轉換，以求得各 1 次頻率成分與 0 次頻率成分之振幅比、亦即對比(contrast)。又，控制裝置 CONT 檢測 Z 傾斜載台 252 對應於該對比為最大之光強度信號的 Z 位置(亦即狹縫板 275 在 Z 軸方向的位置)，並將上述位置當作投影光學系統 PL 之最佳對焦位置。由於對比係按照焦點位置(離焦量)而敏感地變化，因此，能高精度且易於測量

(決定)投影光學系統 PL 的焦點位置。控制裝置 CONT 根據所求出的最佳對焦位置，以進行焦點檢測系統 245 之檢測原點(檢測基準點)的再設定、亦即焦點校正(focus calibration)。藉此，之後可藉由焦點檢測系統 245 將基板載台 PST 上的既定面(例如基板 P 的表面或狹縫板 275 的表面)，定位在與光罩 M 的基準面成光學共軛的位置。

再者，2 次以上的高次項實數的頻率成分的振幅通常較小，會有對電氣雜訊、光學雜訊之振幅無法充分取得的情形，然而，在 S/N 比(信號/雜訊比)不構成問題時，即使觀測高次項之頻率的振幅比之改變，亦可求得最佳對焦位置。再者，並不侷限於上述使用對比之方法，亦可藉由檢測出光強度信號的微分值為最大時之 Z 位置(焦點位置)的方法，來進行最佳對焦位置之檢測。

又，在測量投影光學系統 PL 的最佳對焦位置之際，此例所使用的方法，係使狹縫部 271(狹縫板 275)掃描於 XY 平面內之既定方向(即狹縫掃描方式)，然而，亦可將孤立線標記等之測量標記的空間像形成於投影光學系統 PL 的像面上，使狹縫板 275(Z 傾斜載台 252)沿著 Z 軸方向掃描(scan)，並且使其行走範圍係以最佳對焦位置為中心之既定衝程範圍，俾使狹縫部 271(狹縫板 275)在光軸 AX 方向朝上述空間像進行相對掃描。接著，根據此時之光強度信號(峰值)求得最佳對焦位置。此時，使用的測量標記的尺寸、形狀，較佳係在像面上之測量標記的空間像與狹縫部 271(271x 或 271y)的形狀大致一致者。若進行該種空間像測量，可得到圖 28 所示之光強度信號。此時，可以藉著直接觀察上述光強度信號的信號波形之峰值位置，以該點之 Z 位置來作為最佳對焦位置 Z；或者，亦可藉著既定之限幅位準線(slice level line)SL 來限制(slice)光強度信號，以光強度信號與限幅位準 SL 的 2 個交點的中點之 Z 位置，作為最佳對焦位置 Z。藉由其中的任一種方法，僅須使狹縫板 275 在 Z 軸方向掃描一次即可檢測出最佳對焦位置，故能提昇產能。

接著，就成像特性之測量動作之一例，以投影光學系統 PL 的像面形狀 (像面彎曲) 之檢測方法來說明。在檢測該像面彎曲之際，所舉之示例，係使用圖 29 所示之光罩 M1，亦即在圖案區域 PA 內具有與上述測量標記 PM_x 同一尺寸、同一週期之測量標記 $PM_1 \sim PM_n$ 。將光罩 M1 載置於光罩載台 MST 後，控制裝置 CONT 透過光罩載台驅動裝置 MSTD 來移動光罩載台 MST，以使位在光罩 M1 中央之測量標記 PM_k ，大致與投影光學系統 PL 的光軸一致。亦即，進行對光罩 M1 的基準點定位。在進行上述基準點之定位時，測量標記 $PM_1 \sim PM_n$ 皆位在投影光學系統 PL 之視野內。接著，控制裝置 CONT 驅動控制著可動式光罩遮簾 207B，用以限制照明區域以使曝光用光 EL 僅能照射在測量標記 PM_1 。在該狀態下，控制裝置 CONT 以曝光用光 EL 照射於光罩 M1，藉著與上述相同之狹縫掃描方式，以空間像測量裝置 270 來進行測量標記 PM_1 的空間像測量，並檢測出投影光學系統 PL 之最佳對焦位置，將其結果記憶於記憶裝置 MRY。當使用測量標記 PM_1 來檢測最佳對焦位置結束後，控制裝置 CONT 驅動控制可動式光罩遮簾 207B，以限定照明區域使曝光用光 EL 僅能照射在測量標記 PM_2 。在該狀態下，藉著與上述相同之狹縫掃描方式，進行測量標記 PM_2 之空間像測量、與投影光學系統 PL 之最佳對焦位置的檢測，將其結果記憶於記憶裝置 MRY。此後，控制裝置 CONT 反覆進行著上述之步驟，邊改變照明區域，邊對測量標記 $PM_3 \sim PM_n$ 進行空間像測量、與投影光學系統 PL 之最佳對焦位置的檢測。接著，控制裝置 CONT 根據以上所得之各最佳對焦位置 Z_1 、 Z_2 、……、 Z_n ，進行既定之統計處理，來算出投影光學系統 PL 的像面彎曲。

又，在檢測投影光學系統 PL 的球面像差之際，係使用圖 30 所示之光罩 M2。在圖 30 所示光罩 M2 的圖案區域 PA 內，在 Y 軸方向的大致中央位置，形成在 X 軸方向隔著既定距離的 2 個測量標記 PM_1 、 PM_2 。測量標記 PM_1 乃是與上述測量標記 PM_x 為同一尺寸、同一週期之 L/S 圖案。又，測

量標記 PM2 乃是與測量標記 PMx 同一尺寸之線圖案，但以不同週期〔例如測量標記 PM₁ 的週期(標記間距)的 1.5~2 倍〕並排於 X 軸方向之 L/S 圖案。將光罩 M2 載置於光罩載台 MST 後，控制裝置 CONT 透過光罩載台驅動裝置 MSTD 來移動光罩載台 MST，以使位在光罩 M2 上之測量標記 PM1，大致與投影光學系統 PL 的光軸一致。接著，控制裝置 CONT 驅動控制可動式光罩遮簾 207B，以限制照明區域使曝光用光 EL 僅能照射在測量標記 PM1。在該狀態下，控制裝置 CONT 以曝光用光 EL 照射於光罩 M2，藉著與上述相同之狹縫掃描方式，以空間像測量裝置 270 來進行測量標記 PM1 的空間像測量，並檢測出投影光學系統 PL 之最佳對焦位置，將其結果記憶於記憶裝置 MRY。使用測量標記 PM1 來檢測最佳對焦位置結束後，控制裝置 CONT 透過光罩載台驅動裝置 MSTD 來驅動光罩載台 MST 朝 -X 方向移動既定距離，以使曝光用光 EL 照射在測量標記 PM2。在該狀態下，藉著與上述相同之狹縫掃描方式，進行測量標記 PM2 之空間像測量，與投影光學系統 PL 之最佳對焦位置的檢測，將其結果記憶於記憶裝置 MRY。根據所取得之各最佳對焦位置 Z₁ 與 Z₂ 的差值，控制裝置 CONT 可據以算出投影光學系統 PL 之球面像差。

又，在檢測投影光學系統 PL 的倍率及應變之際，係使用圖 31 所示之光罩 M3。在圖 31 所示之光罩 M3 的圖案區域 PA 之中心部與其 4 隅，形成了合計 5 個 120 μm 角(投影倍率 1/4 倍時在狹縫板 275 上係 30 μm 角)之正方形標記部所構成之測量標記 BM₁~BM₅。將光罩 M3 載置於光罩載台 MST 後，控制裝置 CONT 透過光罩載台驅動裝置 MSTD 來移動光罩載台 MST，以使位在光罩 M3 中央之測量標記 BM₁ 的中心，大致與投影光學系統 PL 的光軸一致。亦即，進行對光罩 M3 的基準點之定位。在進行上述基準點之定位時，測量標記 BM₁~BM₅ 皆位在投影光學系統 PL 之視野內。接著，控制裝置 CONT 驅動控制可動式光罩遮簾 207B，以限定照明區域使曝光用光 EL

僅照射在一包含測量標記 BM_1 並較測量標記 BM_1 稍大之矩形區域。在該狀態下，控制裝置 CONT 將曝光用光 EL 照射於光罩 M3。藉此，形成測量標記 BM_1 之空間像，亦即大致呈 $30\ \mu\text{m}$ 角之正方形狀之標記像。在該狀態下，控制裝置 CONT 透過基板載台驅動裝置 PSTD 使基板載台 PST 掃描於 X 軸方向，並且邊以空間像測量裝置 270 來進行測量標記 BM_1 之空間像測量，由上述測量所取得之光強度信號被記憶於記憶裝置 MRY。繼而，控制裝置 CONT 根據所取得之光強度信號，藉著例如公知的相位檢測方法或邊緣檢測方法，求得測量標記 BM_1 之成像位置。此處舉相位檢測方法之一例，例如，取得光強度信號經傅立葉轉換之 1 次頻率成分(將其視為正弦波)與同一頻率基準之正弦波的積之例如 1 週期分的和，同時亦求取上述 1 次頻率成分與同一週期基準之餘弦波之積之例如 1 週期分之和。又，對取得之和進行除算以求得商之反正切(arc tangent)，藉此而得到對 1 次頻率成分之基準信號的相位差，繼而根據上述相位差來求得測量標記 BM_1 之 X 位置 x_1 ，此乃一般常用方法。又，舉邊緣檢測方法之一例，可以藉限幅(slice)法，即根據光強度信號與既定之限幅位準的交點，分別算出對應各光電轉換信號之空間像的邊緣位置。接著，控制裝置 CONT 邊使基板載台 PST 掃描於 Y 軸方向，邊以空間像測量裝置 270 來進行測量標記 BM_1 之空間像測量，將取自上述測量之光強度信號記憶於記憶裝置 MRY。又，以相同於上述之相位檢測等方法來求取測量標記 BM_1 之 Y 位置 y_1 。接著，控制裝置 CONT 根據所取得之測量標記 BM_1 的座標位置(x_1 、 y_1)，對於光罩 M3 位置偏離於光軸中心之程度進行補償。結束上述光罩 M3 的位置偏離補償後，控制裝置 CONT 驅動控制可動式光罩遮簾 207B，以限定照明區域使曝光用光 EL 僅照射在一包含測量標記 BM_2 且稍大於測量標記 BM_2 之矩形區域。在該狀態下，與上述同樣藉由狹縫掃描方式，進行測量標記 BM_2 之空間像測量與 XY 位置之測量，將其結果記憶在記憶裝置 MRY。之後，控制裝置 CONT 邊改變照明區

域，邊重複地對 BM₃~BM₅ 實施空間像測量與 XY 位置測量。根據上述所取得之測量標記 BM₂~BM₅ 的座標值(x₂、y₂)、(x₃、y₃)、(x₄、y₄)、(x₅、y₅)，控制裝置 CONT 可藉由既定之運算，算出投影光學系統 PL 的倍率和應變之至少其中一者。

以上各以一例，說明以空間像測量裝置 270 來測量投影光學系統 PL 之最佳對焦位置位置、像面彎曲、球面像差、倍率、與應變之進行步驟。再者，空間像測量裝置 270 之運用，亦可使用既定之測量標記來測量彗形像差等其他成像特性。

如以上所述，以狹縫掃描方式來測量投影光學系統 PL 的成像特性之際，係邊使狹縫板 275(狹縫部 271)相對移動於穿透投影光學系統 PL 的光(曝光用光 EL)，邊使光透過液體 LQ 而射入受光器 290(光學元件 276)。

控制裝置 CONT 根據上述測量所得之投影光學系統 PL 的成像特性資訊，求得期望的成像特性所須的補償量，具體而言，係指投影光學系統 PL 之光學元件 264a、264b 的驅動量，以及第 1、第 2 密閉室 265A、265B 內部壓力的調整量。此處，在記憶裝置 MRY 中記憶有，利用實驗或模擬所取得之投影光學系統 PL 的光學元件 264a、264b 的驅動量及第 1、第 2 密閉室 265A、265B 的內部壓力調整量等，和投影光學系統 PL 之各種成像特性的變化量(變動量)之關係(亦即成像特性調整資訊)。控制裝置 CONT 參照記憶於記憶裝置 MRY 之上述關係，求取欲使投影光學系統 PL 的成像特性達期望狀態所須要的補償量，其包含投影光學系統 PL 的光學元件 264a、264b 之驅動量、與第 1、第 2 密閉室 265A、265B 的內部壓力之調整量。再者，空間像測量之詳細內容，例如日本專利特開 2002-14005 號公報(對應美國專利公開 2002/0041377 號)所揭示者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引上揭專利公報的揭示內容作為本文記載的一部份。

以下，說明以曝光裝置 EX 將元件製造用圖案曝光於基板 P 時之步驟。

以圖 20 所示之空間像測量裝置 270，測量透過投影光學系統 PL 及液體 LQ 後之成像特性，並且導出用以補償上述成像特性所須之補償量後，控制裝置 CONT 透過基板載台驅動裝置 PSTD 來驅動基板載台 PST，使投影光學系統 PL 與載置於基板 PST 上的基板 P 相對向。並且在此時，將形成有元件製造用圖案之光罩 M 載置於光罩載台 MST。又，控制裝置 CONT 驅動液體供應機構 210 的液體供應部 211，透過供應管 212 及供應嘴 213，將每單位時間既定量之液體 LQ 供應至基板 P 上。又，以液體供應機構 210 來進行液體 LQ 的供應之同時，控制裝置 CONT 亦驅動液體回收機構 220 的液體回收部(真空系統)221，俾透過回收嘴 223 及回收管 222，回收每單位時間既定量之液體 LQ。藉此，在投影光學系統 PL 前端部之光學元件 260 與基板 P 間，形成液體 LQ 之液浸區域 AR2。

接著，控制裝置 CONT 藉照明光學系統 IL 以曝光用光 EL 照明於光罩 M，以使光罩 M 的圖案像透過投影光學系統 PL 與液體 LQ 投影至基板 P。此處，對基板 P 進行曝光處理之際，控制裝置 CONT 根據上述求得之補償量，以驅動投影光學系統 PL 的光學元件 264a、264b，或是調整第 1、第 2 密閉室 265A、265B 之內部壓力，以邊調整透過投影光學系統 PL 與液體 LQ 之成像特性邊進行曝光處理(圖 21)。

在掃描曝光時，將光罩 M 的一部份之圖案像投影在投影區域 AR1，光罩 M 以速度 V 相對於投影光學系統 PL 朝 - X 方向(或 +X 方向)同步移動，基板 P 則以 $\beta \times V$ (β 為投影倍率)之速度透過基板載台 PST 而朝 +X 方向(或 - X 方向)移動。又，結束對 1 個照射區域之曝光後，基板 P 以步進方式移動至下一個照射區域之掃描開始位置，之後再以步進掃描方式依序對各照射區域進行曝光處理。本實施形態中，對液體 LQ 之流向設定，係平行且一致於基板 P 的移動方向。亦即，在掃描曝光時係使基板 P 朝箭頭 Xa(參照圖 22)所示之掃描方向(- X 方向)移動時，係使用供應管 212、供應嘴

213A~213C、回收管 222、與回收嘴 223A、223B，藉由液體供應機構 210 及液體回收裝置 220 來實施液體 LQ 的供應與回收。亦即，當基板 P 移動於 - X 方向之際，係以供應嘴 213(213A~213C)將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 與基板 P 之間，與此同步，係以回收嘴 223(223A、223B)來回收基板 P 上的液體 LQ，使液體 LQ 流向 - X 方向，從而填滿在投影光學系統 PL 前端部之光學元件 260 與基板 P 間。另一方面，使基板 P 沿箭頭 Xb(參照圖 22)所示之掃描方向(+X 方向)移動以進行掃描曝光時，係使用供應管 215、供應嘴 16A~216C、回收管 225、與回收嘴 226A、226B，由液體供應機構 210 及液體回收機構 220 來進行液體 LQ 的供應與回收。亦即，基板 P 移動於 +X 方向之際，係藉由供應嘴 216(216A~216C)將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 與基板 P 間，並且在此同時，藉由回收嘴 226(226A、226B)來回收基板 P 上的液體 LQ，使液體 LQ 流向 +X 方向，從而填滿於投影光學系統 PL 前端部之光學元件 260 與基板 P 間。在此情形，例如由於透過供應嘴 213 供應液體 LQ，會因其移動於基板 P 的 - X 方向而被吸入光學元件 260 與基板 P 之間，因此，即使液體供應機構 210(液體供應部 211)之供應能量較小，亦能輕易地將液體 LQ 供應至光學元件 260 與基板 P 之間。又，可按照掃描方向來切換液體 LQ 的流向，無論使基板 P 掃描於 +X 方向或 - X 方向，皆能使液體 LQ 填滿於光學元件 260 與基板 P 之間，而可得到高解析度與更大的焦點深度。

又，在上述實施形態中，以空間像測量裝置 270 進行測量時，係以液體供應機構 210 來供應液體並且以液體回收機構 220 來回收液體，藉使液體 LQ 流動於投影光學系統 PL 的光學元件 260 與狹縫板 275 間，然而，光的照射所造成液體 LQ 的溫度變化或液體 LQ 的劣化較少的情形，亦可在測量前先由液體供應機構 210 供應液體 LQ；在測量動作中，液體供應機構 210 之液體供應與液體回收機構 220 之液體回收皆予停止，而在測量動作結束

後，由液體回收機構 220 進行液體 LQ 之回收。

(第 12 實施形態)

以下說明本發明之第 12 實施形態。在以下的說明中，對於與上述第 11 實施形態具相同或相等之構成部份，係賦與同一符號，以簡化或省略其說明。

圖 32 係表示空間像測量裝置 270 之另一實施形態。在圖 32 中，空間像測量裝置 270 的受光器 290 內之光感測器 282，係配置在最靠近狹縫板 275 的位置。在上述光感測器 282 與狹縫板 275 間的空間 SP 填滿液體 LQ。光感測器 282 由保持構件 285 所保持。光感測器 282 的受光面 282A 與保持構件 285 的內底面 285A 為同一平面。藉上述構成，光感測器 282 亦能良好地接收通過投影光學系統 PL、第 1 液浸區域 LA1、狹縫板 275、及第 2 液浸區域 LA2 的光。

(第 13 實施形態)

圖 33 係表示空間像測量裝置 270 之另一實施形態。圖 33 所示之光感測器 282 的受光面 282A，係密合於狹縫板 275 的下面。亦即，在圖 33 之示例中並未形成第 2 液浸區域 LA2。如此，藉由使受光器 290 的光感測器 282 密合於狹縫板 275，即使在投影光學系統 PL 與狹縫板 275 間填滿液體 LQ 而實質擴大投影光學系統 PL 之數值孔徑 NA 時，受光器 290(受光元件 282) 亦能良好地接收透過投影光學系統 PL 的光。

再者，使光感測器 282 與狹縫板 275 接觸時，狹縫板 275(玻璃板構件 274)較佳係儘量薄型化但又不致因第 1 液浸區域 LA 的液體 LQ 重量而彎曲。再者，亦可使受光感測器 282 的受光面 282A 外露於較玻璃板構件 274 更上方。另一方面，若受光面 282A 並未外露，在該狀態下，於光感測器 282 的受光面 282A 之上設置狹縫板 275(玻璃板構件 274)，藉此能增加平坦區域，可良好地形成第 1 液浸區域 LA1。

再者，可使用接著劑將光感測器 282 接合於狹縫板 275 的下面。此時所使用的接著劑，較佳係對曝光用光具有高透過率，並且，所具有的折射率能使通過狹縫部(光透過部)271 的曝光用光入射光感測器 282 的受光面 282A。

又，在圖 33 之實施形態，係使光感測器 282 密合於狹縫板 275 的下面，然而，亦可在狹縫板 275(玻璃板構件 274)的下面施以受光元件之圖案化。

(第 14 實施形態)

如以上所述，以狹縫掃描方式來測量投影光學系統 PL 的成像特性之際，係使狹縫板 275(狹縫部 271)邊相對移動於穿透投影光學系統 PL 的光(曝光用光 EL)，邊使光透過液體 LQ 後照射於受光器 290(受光元件 276)。此時，有可能因為狹縫板 275 的移動，在受光器 290 的受光動作中，透過投影光學系統 PL 與狹縫板 275 間的第 1 液浸區域 LA1 之液體 LQ 而引起投影光學系統 PL(前端部的光學元件 260)的振動，或是因上述液體 LQ 的力量而使狹縫板 275 發生彎曲，以致降低空間像測量精度。

在本實施形態中，係如圖 34 所示般，在狹縫板 275 的既定位置設置貫穿孔 320。藉此，即使狹縫板 275 相對移動於投影光學系統 PL，在投影光學系統 PL 與狹縫板 275 間的第 1 液浸區域 LA1 之液體 LQ，可以透過貫穿孔 320 而流向空間 SP，因此，即使處於狹縫板 275 的移動狀態，在投影光學系統 PL 與狹縫板 275 間之第 1 液浸區域 LA1 之液體 LQ，以及狹縫板 275 與受光器 290(光學元件 276)間的第 2 液浸區域 LA2 之液體 LQ，兩者間不會有壓力差產生，也不會發生狹縫板 275 的彎曲等不良情形。在狹縫板 275 移動時，雖然第 1 液浸區域 LA1 之液體 LQ 亦朝橫向(狹縫板 275 的平面方向)移動，然而，藉著貫穿孔 320 亦能移動於上下方向，故能進一步防止狹縫板 275 發生彎曲等不良情形。又，液體 LQ 可透過貫穿孔 320 移動於第 1 液浸區域 LA1 與第 2 液浸區域 LA2 間，因此，在投影光學系統 PL 與狹縫

板 275 間的第 1 液浸區域 LA1 之液體 LQ，亦不會發生大的壓力變動，因此，亦能防止該狹縫板 275 的移動所產生之液體 LQ 的壓力變動而造成投影光學系統 PL 變動(振動)。

圖 35 係圖 34 之狹縫板 275 的俯視圖。如圖 35 所示，可設置複數個(本實施形態中有 4 個)貫穿孔 320。該等複數個(4 個)貫穿孔 320，係分別設置在隔著狹縫板 275 的狹縫部 271 且相對向之位置。貫穿孔 320 係設置在，投影光學系統 PL 與狹縫板 275 間填滿液體 LQ 之第 1 液浸區域 LA1 內側。藉此，即使在狹縫板 275 移動時，第 1 液浸區域 LA1 的液體 LQ 可透過貫穿孔 320 流向空間 SP。又，貫穿孔 320 係隔著狹縫板 275 的大致中央部之狹縫部 271 而對向配置，並分別位在相對於狹縫板 275 中心之點對稱的位置，因此可維持狹縫板 275 的面精度(平面度)。

再者，貫穿孔 320 不侷限於 4 個，可設置任意之複數個，即使 1 個亦可。又，在圖 35 所示之本實施形態中，貫穿孔 320 係以等間隔圍繞於狹縫部 271，然而即使不相等之間隔者亦可。又，狹縫部 271(的中心)與複數個貫穿孔 320 的距離，可以皆保有相同之距離，亦可為不同之距離。

此外，在狹縫板 275 設置有貫穿孔 320 的情況下，為了形成第 2 液浸區域 LA2 而在空間 SP 填滿液體 LQ 時，除了係以圖 25 等所說明之液體供應裝置 300 與液體回收裝置 304 之外，亦可使用液體供應機構 210，透過貫穿孔 320 將液體 LQ 供應至狹縫板 275 與受光器 290(光學元件 276)間之空間 SP。又，亦可使用液體回收機構 220，透過貫穿孔 320 來回收狹縫板 275 與受光器 290(光學元件 276)間之空間 SP 之液體 LQ。亦即，在曝光處理時，亦可使用將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 與基板 P 間之液體供應機構 210，以及回收投影光學系統 PL 與基板 P 間的液體 LQ 之液體回收機構 220，藉以在狹縫板 275 與受光器 290(光學元件 276)間形成第 2 液浸區域 LA2。

使用液體供應機構 210 以形成第 2 液浸區域 LA2 之際，係如圖 36(a)所

示般，液體供應機構 210 由供應嘴 213 將液體 LQ 透由貫穿孔 320 而供應至空間 SP。又，在狹縫板 275 上的液體 LQ(亦包含由空間 SP 透過貫穿孔 320 而溢出的液體 LQ)，係由液體回收機構 220 的回收嘴 223 所回收。藉此，如圖 36(b)所示般，使用液體供應機構 210 與液體回收機構 220，能分別形成第 1 液浸區域 LA1 與第 2 液浸區域 LA2。

受光器 290 在接收透過液體 LQ 與狹縫板 275 之投影光學系統 PL 的透光(曝光用光 EL)後，液體回收機構 220 則回收狹縫板 275 上之第 1 液浸區域 LA1 的液體 LQ。在此之後，移動基板載台 PST 以進行曝光處理，使投影光學系統 PL 與基板 P 對向，此時係如圖 36(c)所示般，狹縫板 275 由投影光學系統 PL 之下退開。又，由投影光學系統 PL 之下所退開的狹縫板 275 的貫穿孔 320，係由蓋構件 322 所覆蓋。本實施形態中，蓋構件 322 係覆蓋狹縫板 275 全體，藉以關閉貫穿孔 320。再者，上述之蓋構件 322，係藉由構成蓋構件之旋臂 322A 來覆蓋於狹縫板 275 上。接著，蓋構件 322 關閉著貫穿孔 320 之狀態下，對基板 P 進行曝光處理。對基板 P 進行曝光處理中係移動著基板載台 PST，有可能隨著上述基板載台 PST 的移動，造成空間 SP 的液體 LQ 透過貫穿孔 320 而洩漏(飛散)至外部。但在此例，至少在對基板 P 之曝光處理中，係以上蓋機構 322 來塞住貫穿孔 320，藉以防止空間 SP 的液體 LQ 透過貫穿孔 320 而洩漏至外部。又，亦可防止空間 SP 的液體 LQ 因氣化而使曝光裝置 EX 所處環境產生變化之不良情形。再者，使用受光器 290 以檢測出透過液體 LQ 的光之際，係以旋臂 322A 將蓋構件 322 自狹縫板 275 上挪開後，如圖 36(a)、(b)所示般，以液體供應機構 210 與液體回收機構 220 來形成第 1、第 2 液浸區域 LA1、LA2。再者，上蓋機構不侷限於上述所說明形態，例如亦可透過鉸鏈部將蓋構件安裝在狹縫板 275 或凸部 283 之既定位置，在受光器 290 之測量處理中以致動器來打開蓋構件，並在對基板 P 之曝光處理中關閉蓋構件。

(第 15 實施形態)

用以連通狹縫板 275 與受光器 290 間之空間 SP 的內部與外部之孔部(連通路徑)，除了設置於狹縫板 275 之貫穿孔 320，亦可使用如圖 37 所示般，在第 1 液浸區域 LA1 之外側設置第 2 貫穿孔。圖 37 係設置有第 2 貫穿孔 330 之截面圖；圖 38 係俯視圖。在圖 37 與圖 38 中，在 Z 傾斜載台 252 的上面之凸部 283 的周圍，設置圍繞於上述凸部 283 之側壁部 332。又，在側壁部 332 的上部設置蓋構件 334，藉由凸部 283、側壁部 332、與蓋構件 334，形成緩衝空間 336。又，在凸部 283 及保持構件 285 的壁部之既定位置形成第 2 貫穿孔 330，以連接著空間 SP 與緩衝空間 336。本實施形態中的第 2 貫穿孔 330，係如圖 40 所示般，以既定間隔在空間 SP 周圍形成複數個(此處為 8 個)孔。再者，第 2 貫穿孔 330 的數目及配置可任意設定。藉著第 2 貫穿孔 330 的設置，即使因狹縫板 275 的移動而改變第 1 液浸區域 AR1 的體積，透過貫穿孔 320 連接至第 1 液浸區域 LA1 之第 2 液浸區域 LA2 的液體 LQ，可透過第 2 貫穿孔 330 而流向緩衝空間 336。因此，能進一步的防止第 1 液浸區域 LA1 的壓力變動等不良情形發生。

就圖 37 及圖 38 所示之實施形態的變形例而言，如圖 39 所示般，將第 2 貫穿孔 330 設置在狹縫板 275 亦可。第 2 貫穿孔 330 設置在第 1 液浸區域 LA1 外側。圖 40 係圖 39 的狹縫板 275 之俯視圖。如圖 40 所示，設置複數個(本實施形態為 8 個)第 2 貫穿孔 330。又，該等複數個(8 個)第 2 貫穿孔 330，係設於隔著狹縫板 275 的狹縫部 271 且彼此對向的位置。藉此，在移動狹縫板 275 之際，第 1 液浸區域 LA1 的液體 LQ 可透過貫穿孔 320 而流向空間 SP，而在上述空間 SP 的液體 LQ 則可透過第 2 貫穿孔 330 而流向外側。

液體 LQ 從狹縫部 275 所形成的第 2 貫穿孔 330 溢出時，上述液體 LQ 會流向狹縫板 275(凸部 283)外側，但在 Z 傾斜載台 252 上之設置狹縫板 275 的凸部 283 周圍，設置有回收機構 340，俾回收自第 2 貫穿孔 330 流出的液

體 LQ。回收機構 340 具備有：槽部 341，係設置在 Z 傾斜載台 252 上之凸部 283 的周圍；多孔質構件 342，係由多孔質陶瓷或海棉狀構件所構成，用以保持存於槽部 341 的液體 LQ；貯存槽 344，係作為液體之存放部，透過流路 343 連接於槽部 341；以及由真空泵等所構成之真空系統 345，係透過流路 346 而連接於貯存槽 344。又，在流路 346 設置用以開閉上述流路 346 之閥門 346A，貯存槽 344 則連接於排放流路 344A。由第 2 貫穿孔 330 流向凸部 283 周圍的液體 LQ，由配置於槽部 341 之多孔質構件 342 所保持。回收機構 340 係在打開閥門 346A 以開放流路 346 的狀態下驅動真空系統 345，藉此，將槽部 341(多孔質構件 342)的液體 LQ 連同其周圍氣體一併吸入而回收之。將回收之液體 LQ 聚集在貯存槽 344。在貯存槽 344 積存液體 LQ 時，由排放流路 344A 予以排出。因為此時的液體 LQ 係聚集在貯存槽 344 的下方，液體 LQ 不會流入真空系統 345。亦即，在貯存槽 344 中，將回收自槽部 341 的液體 LQ 與其周圍氣體作出氣液分離。藉由回收機構 340 的設置，可防止在 Z 傾斜載台 252 上殘存有自第 2 貫穿孔 330 或第 1 液浸區域 LA1 所流出的液體 LQ。

再者，亦可在貫穿孔 320(或者是第 2 貫穿孔 330)設置用以改變上述貫穿孔 320 的大小之可調整機構。例如，在空間像測量中，藉由增大貫穿孔 320(或是第 2 貫穿孔 330)，以降低通過貫穿孔 320 時液體 LQ 的黏性阻力，有助液體 LQ 的平順移動。又，藉著貫穿孔 320 的增大，如參照圖 36 時已說明者，液體 LQ 較易透過貫穿孔 320 而注入空間 SP。又，在空間像測量以外時(具體而言係曝光動作時)，能藉可調整機構來縮小貫穿孔 320(或第 2 貫穿孔 330)或將其塞住，可防止因空間 SP 的液體 LQ 氣化而使曝光裝置 EX 的環境變化，或者是避免液體 LQ 隨著基板載台 PST 的移動而由空間 SP 流向外外部。

(第 16 實施形態)

此外，在上述第 11~15 實施形態之各實施形態中，係在狹縫板 275 上的一部份區域，局部形成第 1 液浸區域 LA1，然而，亦可如圖 41 所示般，將狹縫板 275 整體浸於液體 LQ。在圖 41 中，在 Z 傾斜載台 252 上設置桶型構件 350，狹縫板 275 係由安裝在桶型構件 350 的底部 350B 上之支持構件 351 所支持。又，在狹縫板 275 的下方(光路下游側)，配置由保持構件 285 所保持之光學元件 276。保持構件 285 亦被安裝在桶型構件 350 的底部 350B。在支持構件 351 設置第 2 貫穿孔 330，用以連通狹縫板 275 與光學元件 276 間之空間 SP 的內部與外部。桶型構件 350 的開口部 350A 上端，其位置係較狹縫板 275、液體供應嘴 213 的供應口 213A、與液體回收嘴 223 的回收口 223A 為高。

形成第 1 液浸區域 LA1 及第 2 液浸區域 LA2 之際，係使投影光學系統 PL 與桶型構件 350 內部的狹縫板 275 相對向後，驅動液體供應機構 210，由供應嘴 213 將液體 LQ 供應至桶型構件 350 內部。供應至桶型構件 350 內部之液體 LQ，填滿於投影光學系統 PL 前端部之光學元件 260 與狹縫板 275 之間而形成第 1 液浸區域 LA1，並且透過貫穿孔 320 或第 2 貫穿孔 330 將液體填滿於狹縫板 275 與光學元件 276 間之空間 SP 而形成第 2 液浸區域 LA2。又，與上述動作並行，驅動液體回收機構 220，以利用回收嘴 223 來回收桶型構件 350 內部的液體 LQ，藉以在桶型構件 350 內部填滿既定量之液體 LQ。

上述第 11~16 實施形態，係將光學構件(狹縫板)275 與受光器 290，運用在用以測量投影光學系統 PL 成像特性之空間像測量裝置 270，然而，亦可如圖 42 所示般，在基板載台 PST 上除了空間像測量裝置 270 外，尚具有例如日本專利特開平 11-16816 號公報(對應美國專利公開 2002/0061469 號)所揭示之照射量感測器(照度感測器)360，俾用來測量穿透投影光學系統 PL 的光照射量資訊；或者亦可設置例如日本專利特開昭 57-117238 號公報(對應美國專利 4,465,368 號)與 USP 6,002,467 所揭示之照度不均感測器 370。本發明亦

可適用在上述照射量感測器 360 與照度不均感測器 370。再者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引上揭諸專利公報的揭示內容作為本文記載的一部份。

圖 43 係照射量感測器 360 之示意圖。照射量感測器 360 係用以測量照射在投影光學系統 PL 的像面側之曝光用光照射量(照度)，其具備：設置在 Z 傾斜載台 252 上之上板 263，以及用以接收通過該上板 363 之光之光感測器 364。上板 363 則包含玻璃板構件 362，及設置在該玻璃板構件 362 的上面之光穿透量調整膜 361。光穿透量調整膜 361 係由例如鉻膜所構成，具有既定之光透過率，並設置在玻璃板構件 362 的上面全域。藉設置光穿透量調整膜 361 以降低入射光感測器 364 的光量，藉此，可防止因過多的光量照射所導致之對光感測器 364 的損害或是飽和等不良情況。再者，照射量感測器 360，例如係在交換光罩 M 等既定之時點來進行測量動作。

又，以照射量感測器 360 來測量通過投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 的照射量之際，與上述實施形態同樣，係在投影光學系統 PL 與上板 363 對向的狀態下，將液體 LQ 供應至投影光學系統 PL 與上板 363 之間，以形成第 1 液浸區域 LA1，並且將液體 LQ 供應至上板 363 與光感測器 364 之間，以形成第 2 液浸區域 LA2，以使曝光用光 EL 透過投影光學系統 PL 與第 1 液浸區域 LA1 的液體 LQ 而照射在上板 363。再者，亦可在上板 363 與光感測器 364 之間配置光學系統(光學元件)，在此情形，第 2 液浸區域 LA2，係形成於在上板 363 與配置在最靠近該上板 363 之光學元件之間。又，亦可使光感測器 364 密合於上板 363。

如本實施形態所說明般，在照射量感測器設置第 2 液浸區域 LA2，亦可運用在上述第 6~第 8 實施形態所示之照射量感測器。

圖 44 係照度不均感測器 370 之示意圖。照度不均感測器 370 係利用複數個位置來測量透過投影光學系統 PL 照射在像面側之曝光用光的照度(強

度)，藉以了解照射在投影光學系統 PL 像面側之曝光用光的照度不均(照度分布)，其具備：上板 374，係設置在 Z 傾斜載台 252 上；以及光感測器 375，係用以接收通過設在該上板 374 的針孔部 371 的光。上板 374 設有包含玻璃板構件 373 表面之銻等遮光性材料之薄膜 372，亦可對上述薄膜 372 施以圖案化，而在其中央部位設置針孔部 371。

以照度不均感測器 370 來測量照度分布之際，係在使投影光學系統 PL 與照度不均感測器 370 的上板 374 相對向之狀態下，在上述投影光學系統 PL 與上板 374 間填滿液體 LQ，並在上板 374 與光感測器 375 間填滿液體 LQ。又使針孔部 371 依序移動於曝光用光 EL 所照射的投影區域(投影區域)內之複數個位置。再者，亦可在上板 374 與光感測器 375 間配置光學系統(光學元件)，在此情形，第 2 液浸區域 LA2，係形成在上板 374 與配置位置最靠近該上板 374 之光學元件之間。又，亦可使上板 374 與光感測器 375 密合。

如本實施形態所說明般，在照度不均感測器設置第 2 液浸區域 LA2，亦可運用在上述第 2~第 5 實施形態與第 9~第 10 實施形態所示之照度不均感測器。再者，亦可將第 1~第 10 實施形態的感測器所採用之構造，用來取代第 11~第 16 實施形態所說明之空間像測量裝置的內部構造，或者與其併用。又，可將圖 42 所示之空間像測量裝置 270、照射量感測器 360、照度不均感測器 370 之任一者，或者是其中二者甚至是全部採用上述實施形態所說明的構造。

再者，本發明亦可適用於，例如日本專利特開平 11-238680 號公報或特開 2000-97616 號公報、美國專利公開 2004/0090606 所揭示之對基板載台 PST(Z 軸載台 51)可拆卸的感測器。又，亦可適用在美國專利 6,650,399 號所揭示之用以測量波面像差的感測器。再者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引上揭諸專利公報的揭示內容作為本文記載的一部份。

上述第 11~16 之各實施形態中，上述嘴的形狀無特別限制，例如，可在投影區域 AR1 的長邊 AR1 以 2 對嘴來進行液體 LQ 的供應或回收。再者，在此情形，亦可藉上下並排的方式來配置供應嘴與回收嘴，以使液體 LQ 的供應與回收可於 +X 方向或 -X 方向進行。亦即，只要能使充分的液體 LQ 持續填滿在投影光學系統 PL 的光學元件 260 與基板 P 之間，各種形態皆可採用。又，液體 LQ 的供應位置或回收位置，不見得非得按照基板 P 的移動方向而變更，亦可在既定的位置持續進行液體 LQ 的供應與回收。

本發明之實施形態中係以 ArF 準分子雷射光源作為光源 1，故以純水作為液體 LQ。使用純水的優點在於，在半導體製造工廠易大量取得，並且，對於晶圓 W(基板 P)上的光阻或光學元件(透鏡)等無不良影響。又，純水不僅對環境無不良影響，其雜質之含量亦極低，對於晶圓 W(基板 P)的表面，以及設在投影光學系統 PL 的前端面之光學元件表面，亦有洗淨作用。又，工廠的純水可能潔淨度過低，此時可在曝光裝置本身設置超純水化機構。

純水(水)對於波長 193nm 之曝光用光 EL 的折射率 n ，大致為 1.44 左右，若使用 ArF 準分子雷射光(波長 193nm)作為曝光用光 EL 時，在晶圓 W(基板 P)上，能短波長化為 $1/n$ 、即 134nm 左右而獲得高解析度。再者，與空氣中相較，其焦點深度為 n 倍，亦即擴大為約 1.44 倍，當其焦點深度與空氣中使用的情形同程度即可時，可更增加投影光學系統 PL 之數值孔徑，此點亦可提高解析度。

再者，液浸曝光所使用的光源 1，可為 ArF 準分子雷射光源或 F₂ 準分子雷射光源。使用 F₂ 準分子雷射光源時，液浸曝光所使用的液體(亦包含第 2 液浸區域所使用之液體)，可使用能使 F₂ 雷射光透過者，例如，氟素系油料或過氟化聚醚(PFPE)等氟素系之液體。又，亦可使用其他對曝光用光具有透過性且折射率儘可能地高、並對投影光學系統 PL 或晶圓 W(基板 P)表面所塗布的光阻具穩定性者(例如杉木油)。如前所述，亦可按照使用目的來區分

用於第 1 液浸區域之液體與第 2 液浸區域之液體。

又，適用上述液浸法之露光裝置，係以液體(純水)填滿於投影光學系統 PL 之終端光學構件的射出側之光路空間來使晶圓 W(基板 P)曝光，然而，亦可如國際公開第 2004/019128 號所揭示般，使液體(純水)填滿在投影光學系統的終端光學構件之射入側的光路空間。在此情形，即使投影光學系統 PL 具有 1.0 以上之大數值孔徑，在終端光學構件，可以使用無折射率之平行平板或折射率極小之透鏡。

再者，使用液浸法時，投影光學系統的數值孔徑 NA 會有在 0.9~1.7 的情形。當投影光學系統之數值孔徑 NA 如此大的情形，習知作為曝光用光的隨機偏光光源，會因偏光效應而使成像特性惡化，因此，較佳為使用偏光照明。在此情形，可進行對準光罩(標線片)的 L/S 圖案之線圖案的長邊方向之直線偏光照明，以使光罩(標線片)圖案射出較多的 S 偏光成分(沿線圖案之長邊方向的偏光方向成分)之繞射光。

在投影光學系統與塗布於基板表面的光阻間填滿液體時，相較於在投影光學系統與塗布於基板表面的光阻間係填滿空氣(氣體)時，由於有助於提昇對比的 S 偏光成分之繞射光在光阻表面具有高透過率，故即使投影光學系統的數值孔徑 NA 超過 1.0，亦可得到高成像性能。又，若是適當組合相移光罩或日本專利特開平 6-188169 號公報所揭示之沿著線圖案之長邊方向的斜入射照明法(特別是雙極照明法)等將更具效果。

再者，所能適用者，並不侷限於對準光罩(標線片)的線圖案之長邊方向的直線偏光照明(S 偏光照明)，若組合日本專利特開平 6-53120 號公報所揭示般，朝以光軸為中心之圓的接線(圓周)方向直線偏光之偏光照明法與斜入射照明法，其效果亦佳。特別是，當光罩(標線片)的圖案並不僅沿一既定方向之線圖案，而是混有沿複數個不同方向之線圖案，此時，若同樣併用特開平 6-53120 號公報所揭示般，朝以光軸為中心之圓的接線方向直線偏光於

之偏光照明法與環帶照明法，藉此，即使投影光學系統的數值孔徑 NA 較大的情形，仍能獲得高成像性能。

又，上述實施形態中所採用的曝光裝置，係在投影光學系統 PL 與晶圓 W(基板 P)間局部充滿液體，然而，本發明亦可應用於，將保持有曝光對象之基板之保持載台移動於液槽中之液浸曝光裝置，或者於載台上形成既定深度之液體槽且將基板保持於其中之液浸曝光裝置。使保持有曝光對象之基板之保持載台移動於液槽中之液浸曝光裝置之構造及曝光動作，例如日本專利特開平 6-124873 號公報所揭示者，又，在基板載台上形成液體槽並將基板保持於其中之液浸曝光裝置之構造及曝光動作，例如日本專利特開平 10-303114 號公報或美國專利 5,825,043 號所揭示者，本案之國際申請在指定(選擇)國的法令允許範圍內，分別援引上述文獻之記載內容作為本文記載的一部分。

又，本發明亦適用於，具備分別載置晶圓(被處理基板)而可朝 XY 方向獨立移動之 2 個載台之雙載台型之曝光裝置。雙載台型曝光裝置之結構及曝光動作，例如日本專利特開平 10-163099 號及特開平 10-214783 號(對應美國專利號 6,341,007；6,400,441；6,549,269；以及 6,590,634)；日本專利特表 2000-505958 號(對應美國專利號 5,969,441)、或是美國專利 6,208,407 號等專利內容中所揭示者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引該等揭示內容作為本文記載的一部分。

又，本發明對於例如日本專利特開平 11-135400 號所揭示般之曝光裝置，即，具備以移動的方式保持晶圓(被處理基板)的曝光載台，以及設置有各種測量構件或感測器之測量載台者亦可適用。此時，可將上述第 1~16 之實施形態所說明之複數個感測器(測量裝置)中之至少一部份裝載在測量載台。

又，上述實施形態之曝光用光 1，係以 ArF 準分子雷射光源為其示例，

然而，可適用之其他曝光用光 1，例如射出 g 線(波長 436nm)、i 線(波長 365nm) 之超高壓水銀燈、或是 KrF 準分子雷射(波長 248nm)、F₂ 雷射(波長 157nm)、Kr₂ 雷射(波長 146nm)、YAG 雷射之高頻產生裝置、或半導體雷射之高頻產生裝置。

再者，上述之光源，亦可使用 DFB 半導體雷射、或是由雷射光纖所振盪出的紅外域、或可見域之單一波長雷射光，例如，以摻雜鉕(Er)(或鉕與鐿兩者)的光纖放大器進行放大，使用非線性光學結晶而波長轉換為高諧次波之紫外光亦可。例如，若單一波長雷射的振盪波長在 1.51~1.59 μm 的範圍內，則輸出產生波長為 189~199nm 範圍內之 8 倍高諧次波、或產生波長為 151~159nm 範圍內之 10 倍高諧次波。

又，當振盪波長為 1.03~1.12 μm 範圍內時，可輸出波長為 147~160nm 範圍內之 7 倍高諧次波，特別是，當振盪波長為 1.099~1.106 μm 的範圍內時，可得到波長為 157~158 μm 範圍內之 7 倍高諧次波，亦即與 F₂ 雷射光大致為同一波長之紫外光。此時，單一波長振盪雷射光可採用例如摻雜鐿之光纖雷射。

又，在上述實施形態中，設置在照明光學系統 IS 內之光學元件的玻璃材、構成投影光學系統 PL 之折射構件的玻璃材、與平凸透鏡 41、45、52、57、62、71 等之玻璃材，係以螢石(氟化鈣：CaF₂)為例來說明。然而，該等可按照曝光用光的波長，來選擇氟化錳(MgF₂)等氟化物結晶或混晶、或摻雜氟或氫等物質之石英玻璃等可使真空紫外光透過之光學材料。再者，摻雜既定物質之石英玻璃，在曝光用光的波長低於 150nm 時會降低透過率，因此，以波長 150nm 以下之真空紫外光為曝光用光時，光學元件所使用之光學材料，係使用螢石(氟化鈣)、氟化錳等氟化物結晶或其混晶。

又，上述第 1~第 10 實施形態所舉之示例，係步進重複式之曝光裝置；又，第 16~第 10 實施形態所舉之示例，則是步進掃描式之曝光裝置，然而，

本發明可適用於任一種之曝光裝置。又，本發明亦適用於，在基板(晶圓)上將至少 2 個圖案局部疊合以進行轉印、即步進縫合(step and stitch)式之曝光裝置。又，本發明並非僅適用在半導體元件製造所使用之曝光裝置，亦可用於含液晶顯示元件(LCD)等顯示器之製造，以將元件圖案轉印至玻璃基板上之曝光裝置；用於製造薄膜磁頭之製造，以將元件圖案轉印至陶瓷晶圓上之曝光裝置；以及用於 CCD 等攝影元件之製造之曝光裝置。再者，本發明亦可適用於，為了製造在 EUV 曝光裝置、X 線曝光裝置、以及電子線曝光裝置等所使用之標線片或光罩，而將電路圖案轉印至玻璃基板或矽晶圓等之曝光裝置。此處，使用 DUV(遠紫外)光或 VUV(真空紫外)光等之曝光裝置，一般係使用透過型標線片，標線片基板係使用石英玻璃、摻氟之石英玻璃、螢石、氟化錳、或水晶等。又，在近接方式之 X 線曝光裝置或電子線曝光裝置等，係使用透過型光罩(stencil mask、membrane mask)、光罩基板係使用矽晶圓等。再者，該等曝光裝置係揭示於 WO99/34255 號、WO99/50712 號、日本專利特開平 11-194474 號、特開 2000-12453 號、特開 2000-29202 號等。

又，上述各實施形態之基板 P，並不侷限於半導體元件製造用之半導體晶圓，舉凡顯示元件用之玻璃基板、薄膜磁頭用之陶瓷晶圓、或曝光裝置所使用的光罩或標線片之原版(合成石英、矽晶圓)等皆可適用。

又，基板載台 PST(晶圓載台 15)或光罩載台 MST(標線片載台 13)使用線性馬達的情形，可使用空氣軸承之氣浮型、或是使用勞倫茲力或電抗(reactance)之磁浮型者。又，各載台 PST(15)、MST(13)，可以是沿著導軌移動的方式，或者是未設有導軌(無軌式)者亦可。於載台使用線性馬達之例，如美國專利 5,623,853 及 5,528,118 號中所揭示者，在本案之國際申請所指定(選擇)的國家之法令允許範圍內，援引上揭內容作為本文記載的一部分。

各載台 PST(15)、MST(13)之驅動機構可使用平面馬達，其使具有二維

配置磁鐵之磁鐵單元與二維配置線圈之電樞單元相對向，以電磁力來驅動各載台 PST(15)、MST(13)之平面馬達。此時，可使磁鐵單元或電樞單元的任一方連接於 PST(15)、MST(13)，使磁鐵單元或電樞單元的另一方設於 PST(15)、MST(13)的移動面側。

為了避免基板載台 PST(晶圓載台 15)因移動而形成之反作用力傳達至投影光學系統 PL，可使用框架(frame)構件以機械性地釋放至地板(地面)。此種反作用力的處理方法，例如美國專利 5,528,118(日本專利特開平 8-166475 號公報)中所詳述者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引該等揭示內容作為本文記載的一部分。

為了避免光罩載台 MST(標線片載台 13)因移動而形成之反作用力傳達至投影光學系統 PL，可使用框架構件機械性地釋放至地板。此反作用力的處理方法，例如美國專利 5,874,820(日本專利特開平 8-330224 號公報)中所詳述者，在本案之國際申請所指定(或選擇)國家的法令允許範圍內，援引該等揭示內容作為本文記載的一部分。

上揭實施形態中之曝光裝置 EX，係將各種包含本案申請專利範圍所舉之各構成要素之子系統以保持既定之機械精度、電氣精度、光學精度予以組裝來製造。為了確保上述各種精度，在該組裝前後，尚進行各種調整，例如，對各種光學系統施以供達成光學精度之調整、對各種機械系統施以供達成機械精度之調整、對各種電氣系統施以供達成電氣精度之調整。由各種子系統對曝光裝置之組裝步驟，亦包含各種子系統彼此間的機械連接、電路接線、及氣壓迴路之配管連接等。由各種子系統對曝光裝置之組裝步驟前，當然有各子系統之組裝步驟。一旦完成由各子系統對曝光裝置之組裝步驟，即進行綜合調整，以確保曝光裝置整體之各種精度。再者，曝光裝置之製造，較佳係在溫度及潔淨度等經嚴格管控之無塵室內進行。

其次，以在微影步驟中使用本發明之曝光裝置及曝光方法之微元件製

造方法的實施形態來說明。圖 18 所示，係微元件(IC 或 LSI 等半導體晶片、液晶面板、CCD、薄膜磁頭、微機器等)之製程之一例。如圖 18 所示般，首先，在步驟 S20(設計步驟)中，進行微元件之功能及性能設計(例如半導體元件的電路設計等)，以及為實現上述功能之圖案的設計。接著，在步驟 S21(光罩製作步驟)中，製作形成有經設計之電路圖案的光罩(標線片)。另一方面，在步驟 S22(晶圓製造步驟)中，使用矽等材料以製造晶圓。

繼而，在步驟 S23(晶圓處理步驟)中，使用在步驟 S20~步驟 S22 所準備之光罩及晶圓，如後述般地藉微影技術等在晶圓上形成實際電路等。接著，在步驟 S24(元件組裝步驟)中，使用經步驟 S23 處理的晶圓，進行元件的組裝。該步驟 S24 中，依實際需要，可包含切割、接合、及封裝(封入晶片)等製程。最後，在步驟 S25(檢查步驟)中，對於步驟 S24 所製成的微元件，進行動作確認測試、及耐久性測試等檢查。經以上步驟後完成微元件而出貨。

圖 19 係表示對半導體元件的情形，圖 18 之步驟 S23 之詳細流程圖之一例。在圖 19 中，步驟 S31(氧化步驟)係使晶圓表面氧化。步驟 S32(CVD 步驟)係在晶圓表面形成絕緣膜。步驟 S33(形成電極步驟)中，係在晶圓上藉蒸鍍形成電極。步驟 S34(離子植入步驟)中，係將離子植入晶圓。以上各步驟 S31~S34，構成晶圓處理之各階段的前處理步驟，在各階段中依需要而選擇實施。

在晶圓處理的各階段中，一旦完成上述之前處理步驟，即如下述般地實施後處理步驟。該後處理步驟，首先在步驟 S35(光阻形成步驟)將感光劑塗布於晶圓上。接著在步驟 S36(曝光步驟)中，藉由上述之微影系統(曝光裝置)及曝光方法，將光罩的電路圖案轉印於晶圓上。繼而，在步驟 S37(顯影步驟)中使經曝光的晶圓顯影，在步驟 S38(蝕刻步驟)中，以蝕刻將殘存光阻以外的部分(露出構件)予以去除。接著，在步驟 S39(光阻去除步驟)，將完

成蝕刻且不要的光阻去除。藉重複進行該等前處理步驟及後處理步驟，而在晶圓上形成多重電路圖案。

依本發明，由於係在未對投影光學系統的像面側供應液體的狀態下，接收透過液浸用之投影光學系統的光(藉將液體供應於像面側而具有所要性能)，故能不受水的狀態的影響而實施高精度之測量。

例如，藉由將射入投影光學系統端面的曝光光束的角度(最外的光線與光軸構成之角度)予以調整(使變小)，即使在沒有液體的狀態下，亦可接收通過投影光學系統的曝光用光。

又，依本發明，來自投影光學系統的曝光用光當中，透過光透過部的光射入聚光構件而會聚時並不通過氣體中，因此，即使因投影光學系統的數值孔徑增大而具有大入射角的曝光用光射入光透過部，亦能確實地接收通過光透過部的曝光用光。

再者，依本發明，由於來自投影光學系統的曝光用光透過液體射入板狀構件，射入板狀構件的光之中通過光透過部的光則被接收，將光透過部形成於未與投影光學系統對向之另一面，因此，與投影光學系統對向的一面則可施以平坦化，俾防止在該板狀構件的上述同一面附著有水泡，或是造成投影光學系統與板狀構件間的液體之混亂等。又，在板狀構件並未形成作為光透過部之開口(孔)，故亦能防止液體滲入。

又，依本發明，係按照測量結果而設成最佳條件下將光罩圖案曝光轉印於基板上，藉此能精確地將形成於光罩的微細圖案轉印在基板上。其結果，能以高良率來生產高集積度之元件。

又，依本發明，通過投影光學系統與液體之曝光用光當中，透過光透過部的光，藉由測量機構所設置之光學系統，以不通過氣體中的方式導引射入受光器，因此，即使因投影光學系統的數值孔徑增大而具有大入射角之曝光用光射入光透過部，亦能確實地接收通過光透過部之曝光用光。

依本發明，由於能以受光器良好地接收通過投影光學系統的光，因此，能根據該受光結果來設定最佳曝光條件狀態下，進行高精度之曝光處理。

【符號說明】

PL：投影光學系統

IL：曝光用光

LS：光學元件

LQ：液體

R：標線片

W：晶圓

MST：光罩載台

PST：基板載台

CONT：控制裝置

MRY：記憶裝置

EX：曝光裝置

AR1、AR2：投影區域

IA：照明區域

MSTD：光罩載台驅動裝置

PSTD：基板載台驅動裝置

AX：光軸

DP：半導體元件電路圖案

CJ：射出面

1：光源

2：光束整形光學系統

3：干涉性減低部

4：第1複眼透鏡

- 5：振動反射鏡
- 6：中繼光學系統
- 7：第 2 複眼透鏡
- 8：開口光圈板
- 8a：一般照明用圓形開口光圈
- 8b：環帶照明用開口光圈
- 8c：4 極變形照明用開口光圈
- 8d：小圓形開口光圈
- 8e：可變開口光圈
- 8f：驅動馬達
- 10：聚光光學系統
- 11：折射鏡
- 13：標線片載台
- 14：透鏡控制部
- 15：晶圓載台
- 16：晶圓保持具
- 17：移動鏡
- 18：雷射干涉計
- 19：載台驅動系統
- 20：主控制系統
- 21：液體供應裝置
- 22：液體回收裝置
- 23：供應管
- 24：供應嘴
- 25：回收管

- 26：回收嘴
- 27：曝光用光感測器
- 30：底板
- 31：針孔
- 32：開口
- 33：底板上面
- 34：ND 濾光器
- 35：配線
- 36：照度不均感測器
- 37：照射量感測器
- 38：電氣基板
- 40：照度不均感測器
- 41：平凸透鏡
- 41a：平坦部
- 41b：曲面部
- 42：受光元件
- 42a：受光面
- 43：遮光部
- 44：光透過部
- 45：平凸透鏡
- 45a：平坦部
- 45b：曲面部
- 46：凸部
- 50：照度不均感測器
- 51：上板

- 52：平凸透鏡
- 52a：平坦部
- 52b：曲面部
- 53：受光元件
- 53a：受光面
- 54：平行平板
- 55：遮光部
- 56：光透過部
- 57：平凸透鏡
- 57a：平坦部
- 57b：曲面部
- 58：凸部
- 60：照度不均感測器
- 61：平行平板
- 62：平凸透鏡
- 63：受光元件
- 63a：受光面
- 70：照度不均感測器
- 71：平凸透鏡
- 71b：曲面部
- 71a：平坦部
- 72：受光元件
- 72a：受光面
- 80：照射量感測器
- 81：聚光板

81a：微透鏡陣列之形成面

81b：平坦面

82：受光元件

82a：受光面

83：微透鏡陣列

84：開口

85：照射量感測器

86：擴散板

86a：凹凸形成面

86b：平坦面

87：受光元件

87a：受光面

90：照射量感測器

91：螢光板

92：受光元件

92a：受光面

100：照度不均感測器

101：導波構件

102：受光元件

102a：受光面

110：照度不均感測器

111：積分球

111a：射入部

111b：射出部

111c：波導部

- 112：受光元件
- 112a：受光面
- 121、122：透鏡
- 201：光源
- 202：光束整形光學系統
- 203：光學積分器
- 204：照明系統開口光圈板
- 205：分束器
- 206：中繼光學系統
- 207A：固定式遮簾
- 207B：可動式遮簾
- 208：中繼光學系統
- 209：反射鏡
- 210：液體供應機構
- 211：液體供應部
- 212：供應管
- 213：供應嘴
- 213A~213C：供應嘴
- 215：供應管
- 216A~216C：供應嘴
- 220：液體回收機構
- 222：回收管
- 223：回收嘴
- 225:回收管
- 226A、226B：回收嘴

- 230：聚光鏡
- 231：驅動裝置
- 232：聚光鏡
- 233：積分感測器
- 241：移動鏡
- 242：干涉計
- 243：移動鏡
- 244：雷射干涉計
- 245：焦點檢測系統
- 245A：投射部
- 245B：受光部
- 246：基板對準系統
- 247：光罩對準系統
- 251：基板保持具
- 252：Z 傾斜載台
- 253：XY 載台
- 254：載台基座
- 255：光罩基座
- 256A~256C：Z 位置驅動部
- 257：輔助平板
- 258A~258C：編碼器
- 259A~259C：致動器
- 260：光學元件
- 260a：液體接觸面
- 261：連接機構

- 262：透鏡單元
- 263：驅動元件
- 264a~264j：光學元件
- 265A、265B：密閉室
- 266：壓力調整機構
- 267：成像特性控制裝置
- 270：空間像測量裝置
- 271：狹縫部
- 275：狹縫板
- 276：光學元件
- 277：反射鏡
- 278：光學元件
- 279：送光透鏡
- 280：折射鏡
- 281：受光透鏡
- 282：光感測器
- 283：凸部
- 284：開口
- 285：保持構件
- 286：箱體
- 287：安裝構件
- 288：支柱
- 290：受光器
- 291：密封構件
- 300：液體供應裝置

- 301：供應管
- 301A、305A：閥門
- 302：供應流路
- 303：接頭
- 304：液體回收裝置
- 305：回收管
- 306：回收流路
- 320：貫穿孔
- 322：蓋構件
- 322A：旋臂
- 330：第 2 貫穿孔
- 332：側臂部
- 334：蓋構件
- 336：緩衝空間
- 340：回收機構
- 341：槽部
- 342：多孔質構件
- 343：流路
- 344：貯存槽
- 345：真空系統
- 346：流路
- 346A：閥門
- 350：桶型構件
- 350A：開口部
- 350B：底部

- 351：支持構件
- 360：照射量感測器
- 361：光穿透量調整膜
- 362：玻璃板構件
- 363：上板
- 364：光感測器
- 370：照度不均感測器
- 371：針孔
- 372：薄膜
- 373：玻璃板構件
- 374：上板
- 375：光感測器

發明摘要

※ 申請案號：104142243(由100136698分割) 分割案

※ 申請日：093/09/29

※IPC 分類：H01L 21/027 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

曝光裝置及曝光方法、以及元件製造方法

【中文】

由投影光學系統 PL 射入液體 LQ 之曝光用光當中，射入光透過部 44 之曝光用光，以不通過氣體中的方式射入並會聚於光學構件 41。曝光裝置，即使投影光學系統的數值孔徑增大亦能接收來自投影光學系統之曝光用光，而能進行各種測量。

【英文】

圖式

1

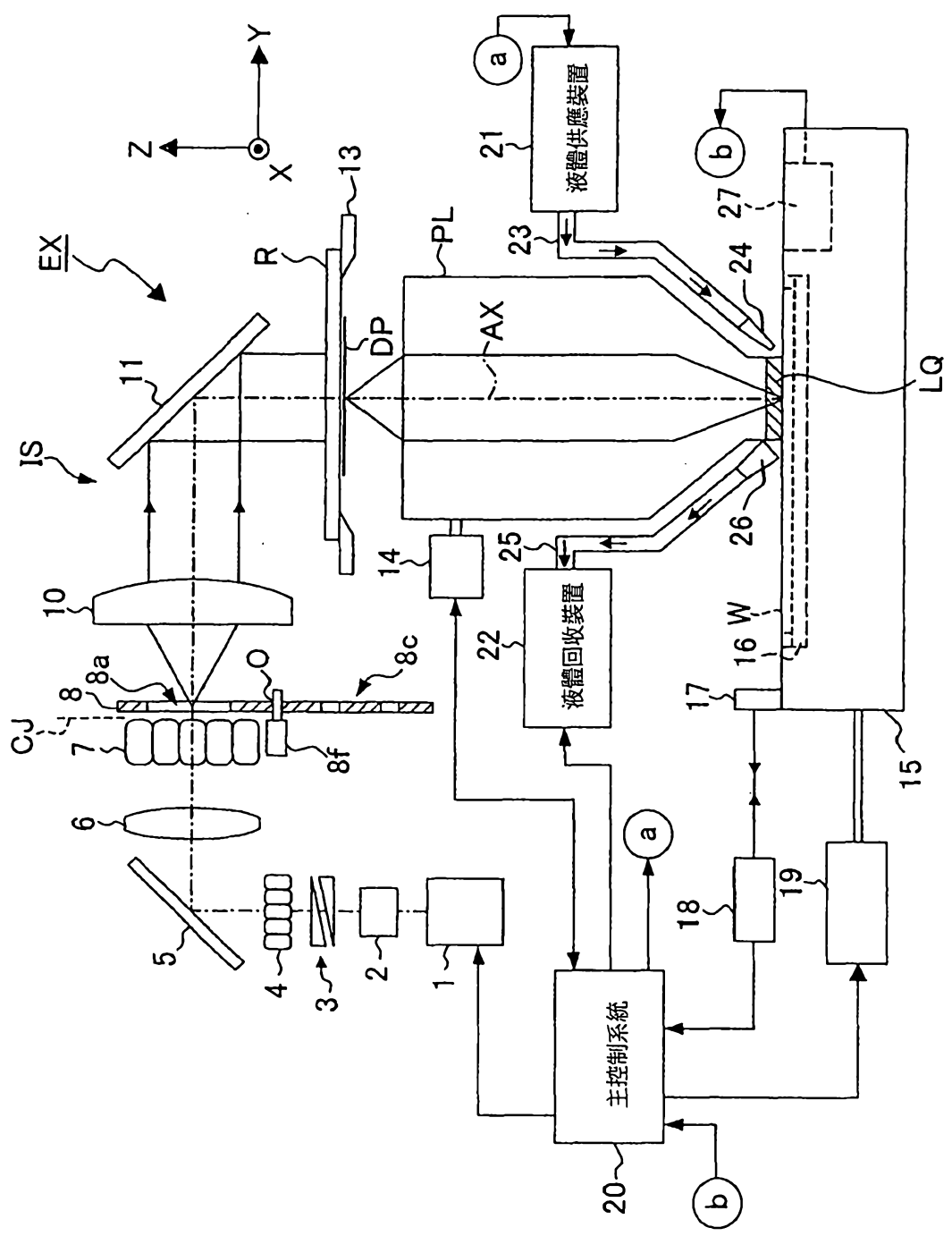


圖 2

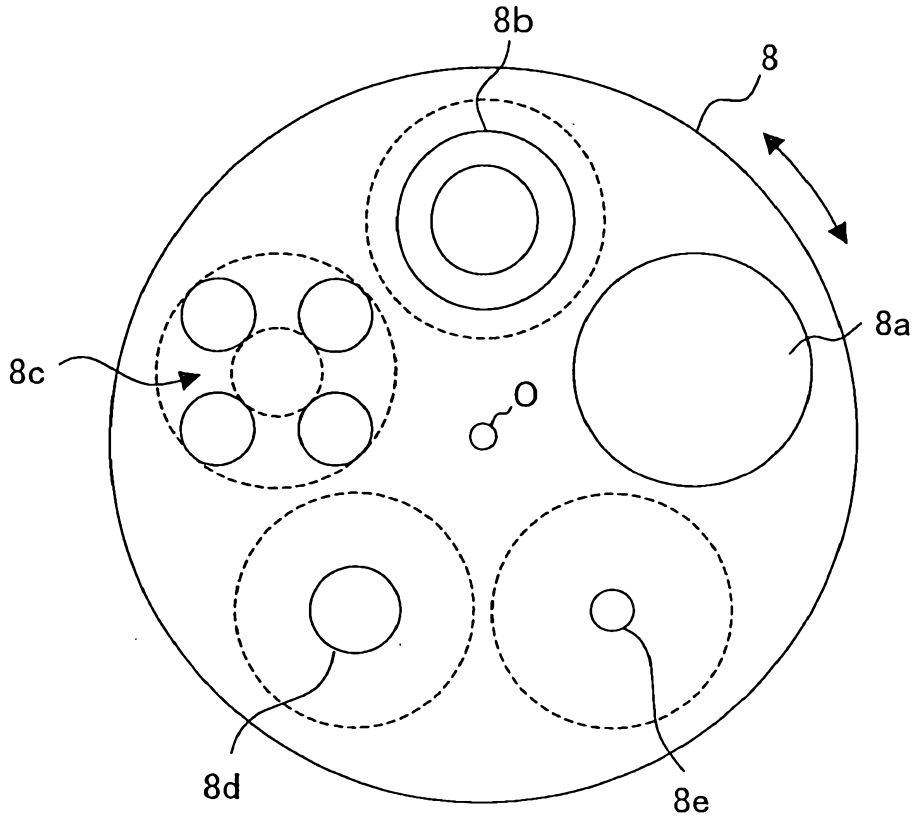
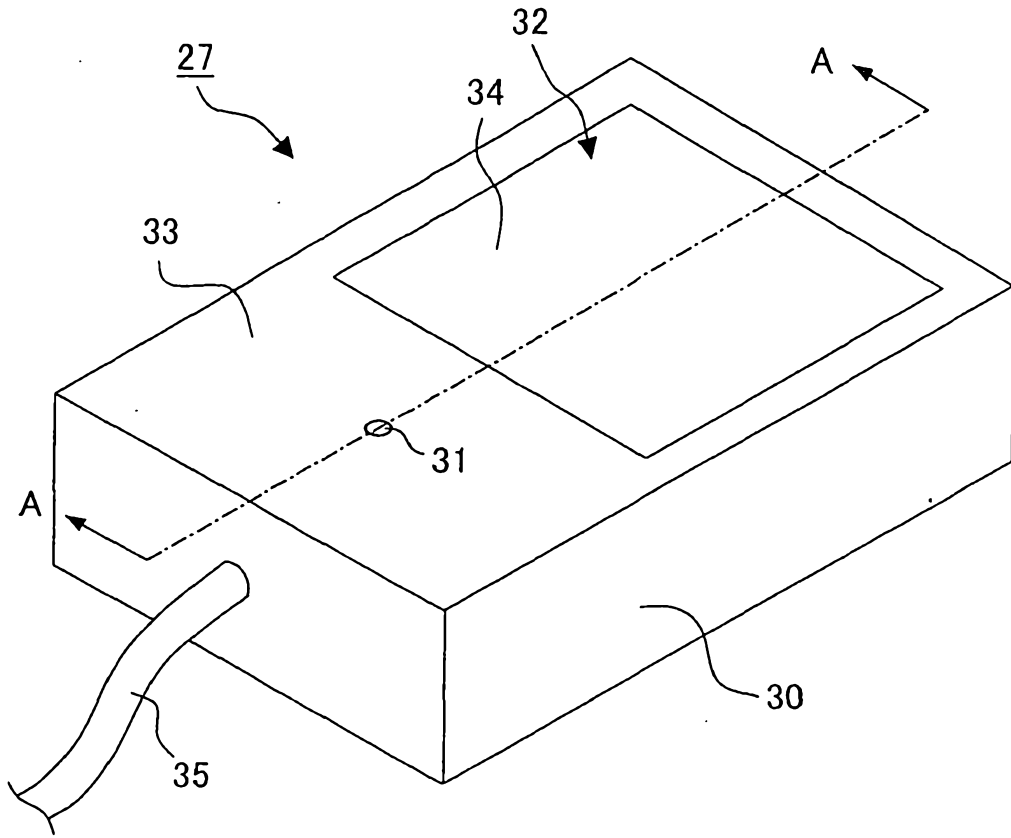


圖 3

(a)



(b)

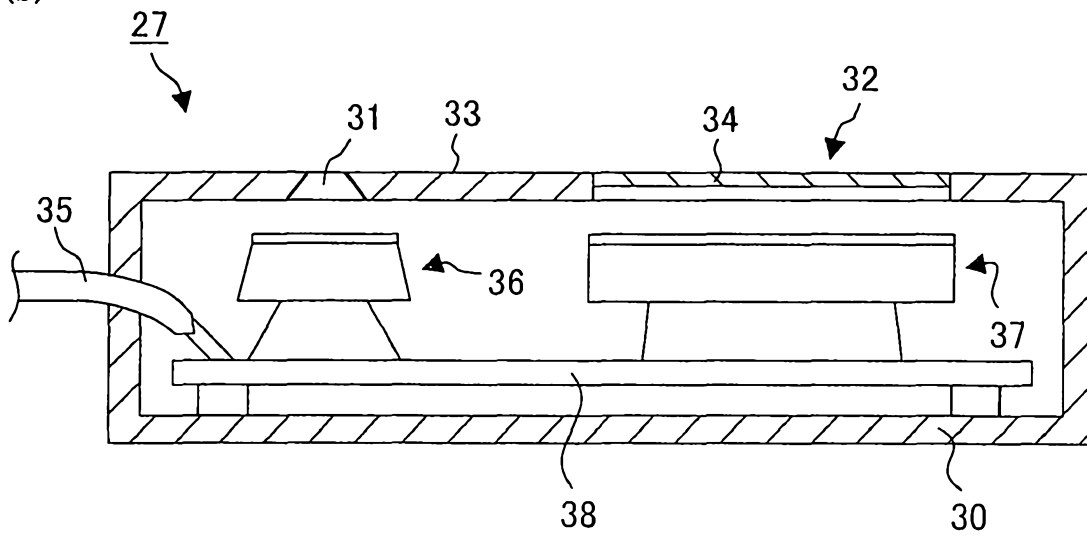


圖 4

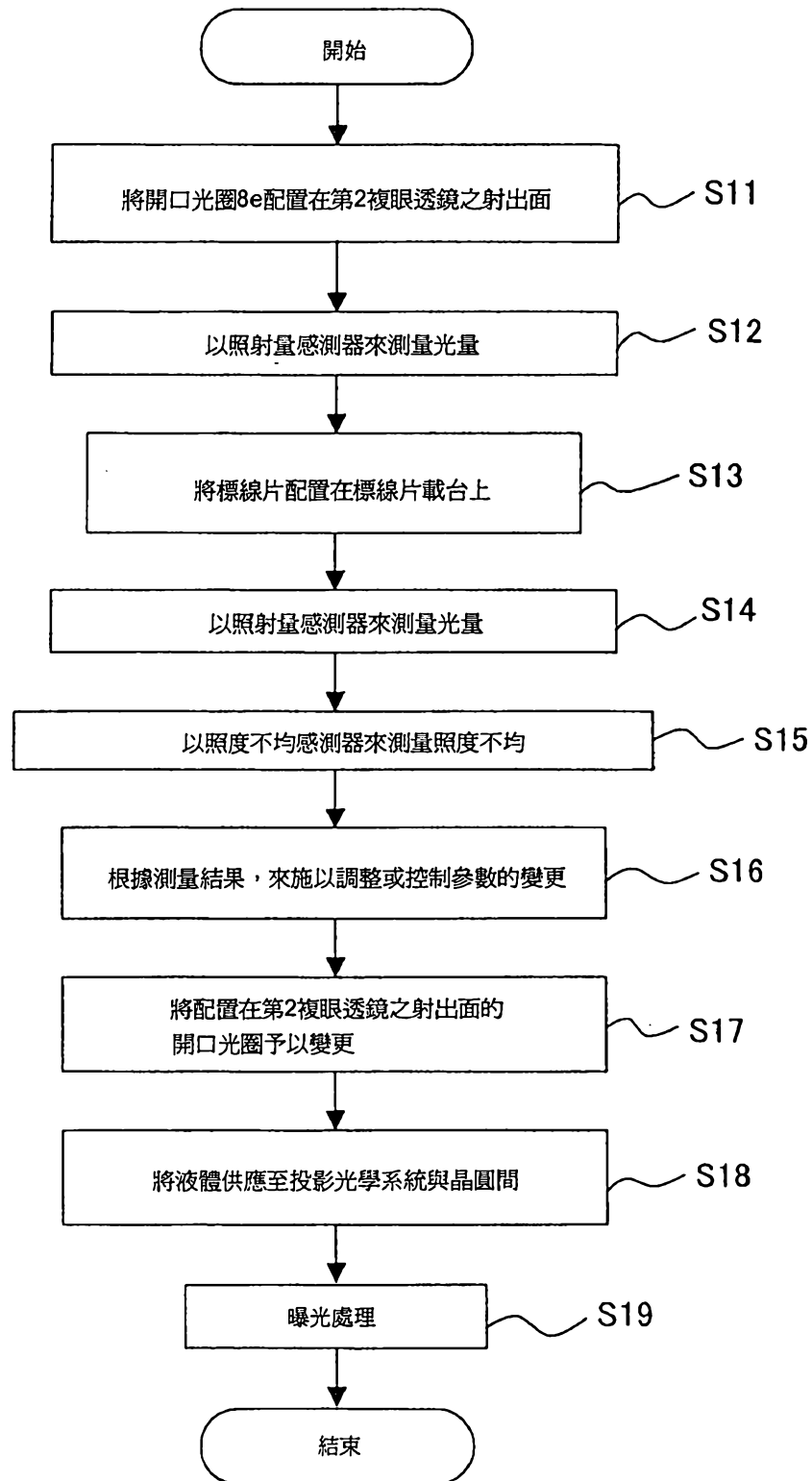
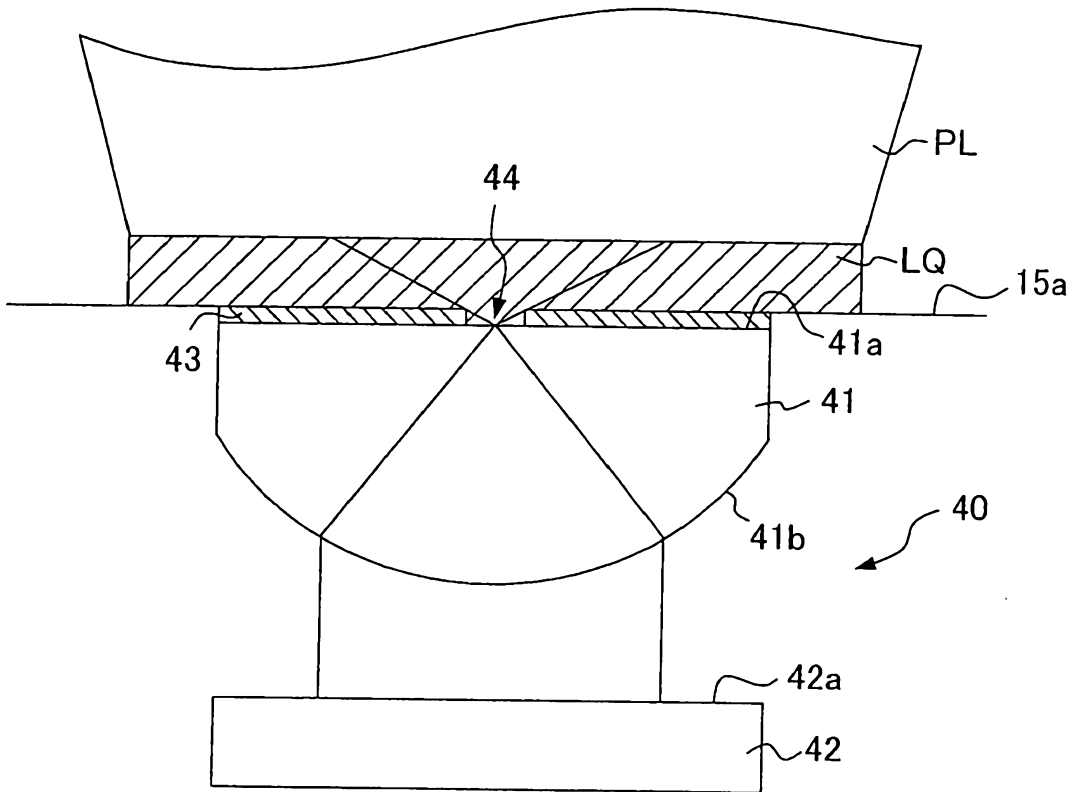


圖 5

(a)



(b)

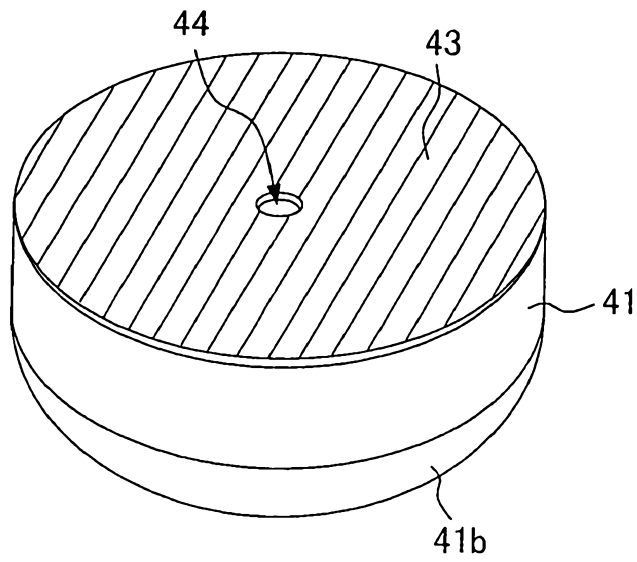
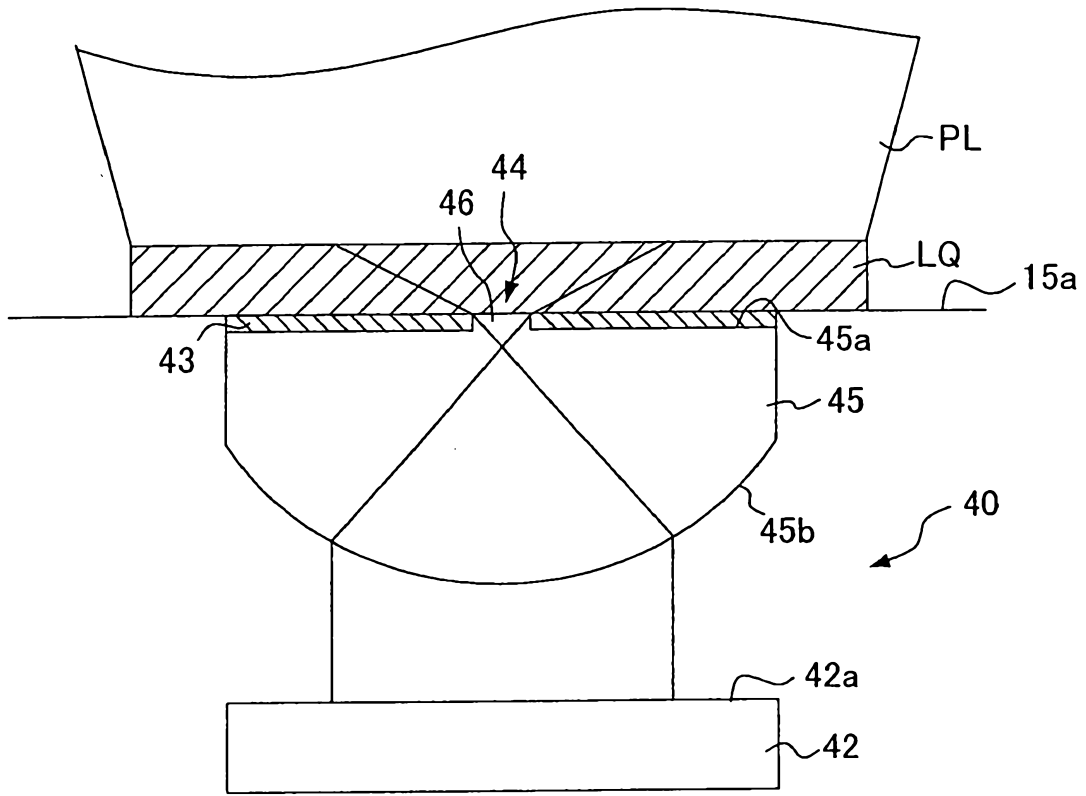


圖 6

(a)



(b)

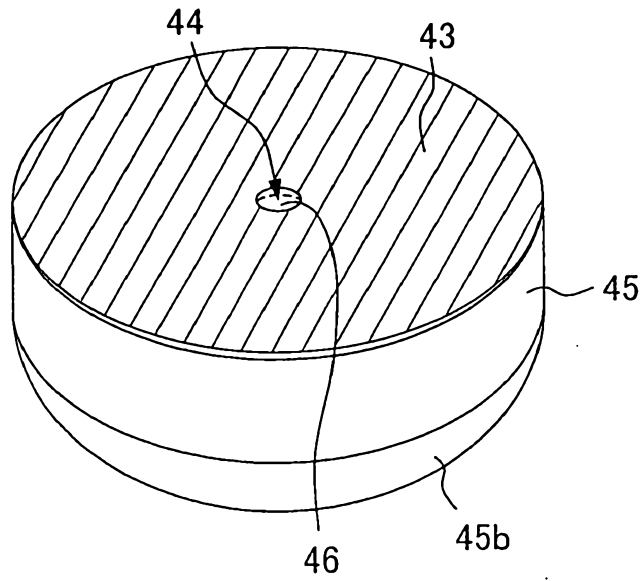
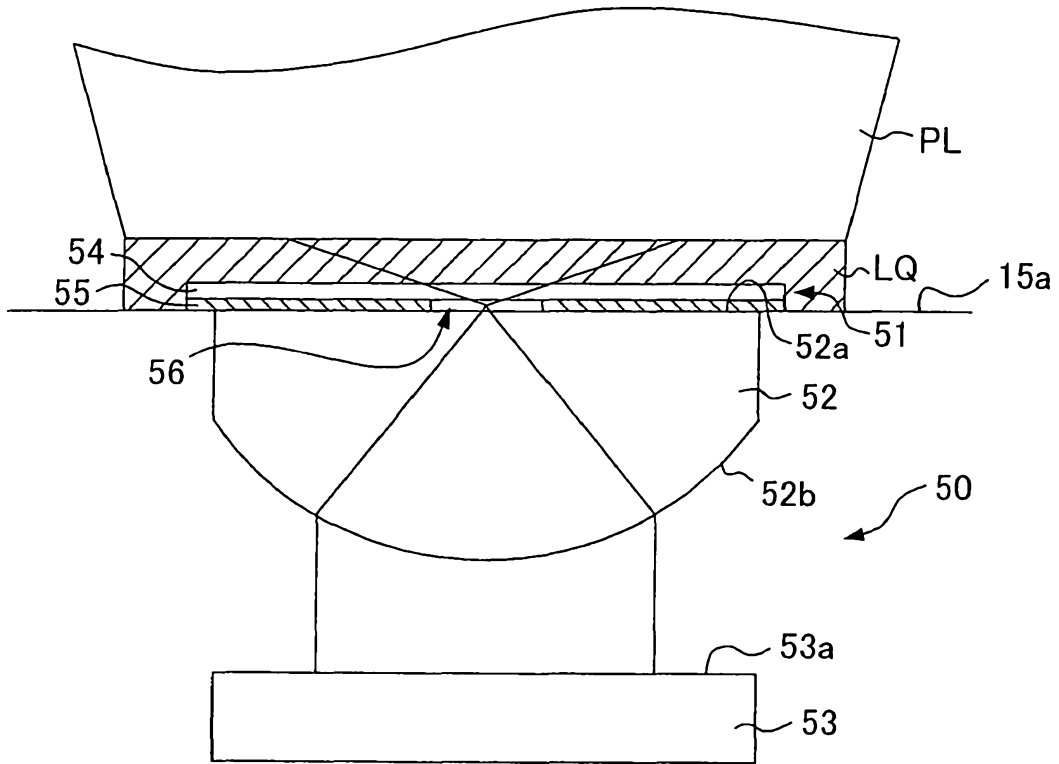


圖 7

(a)



(b)

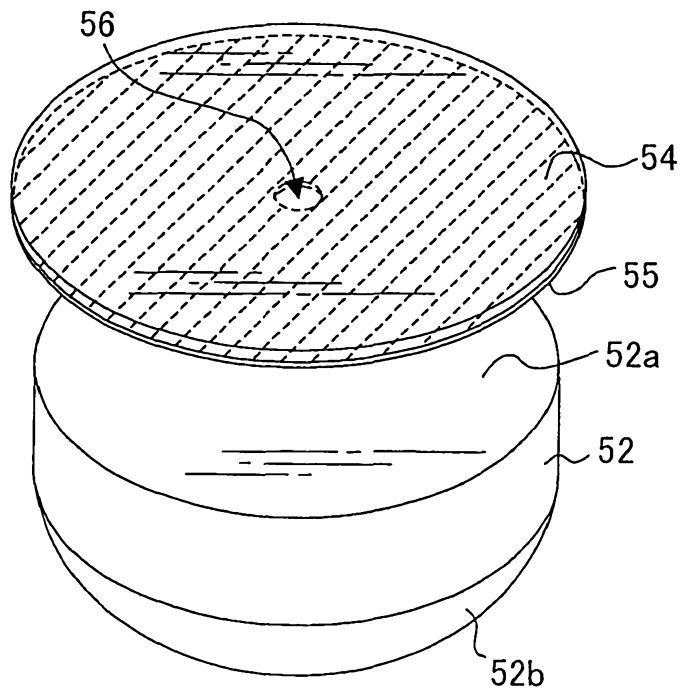


圖 8

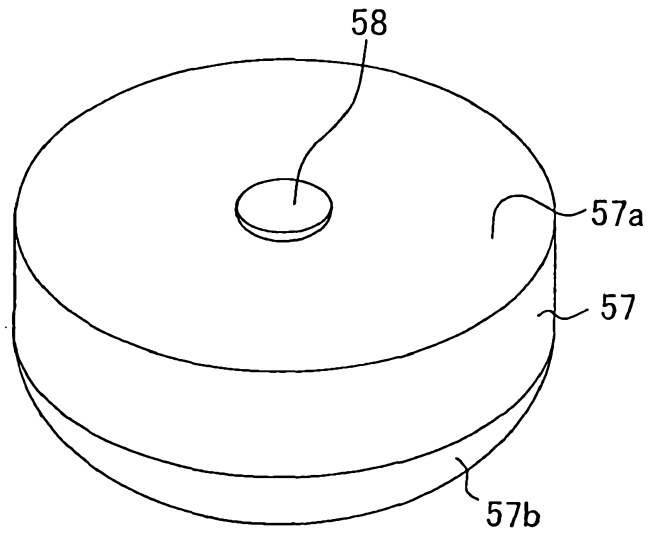


圖 9

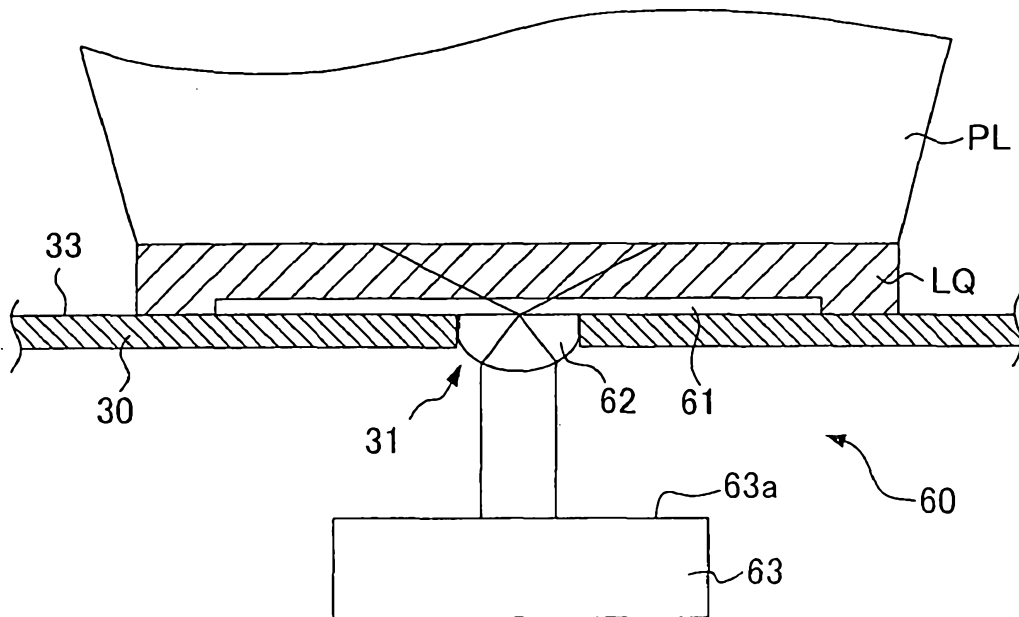


圖 10

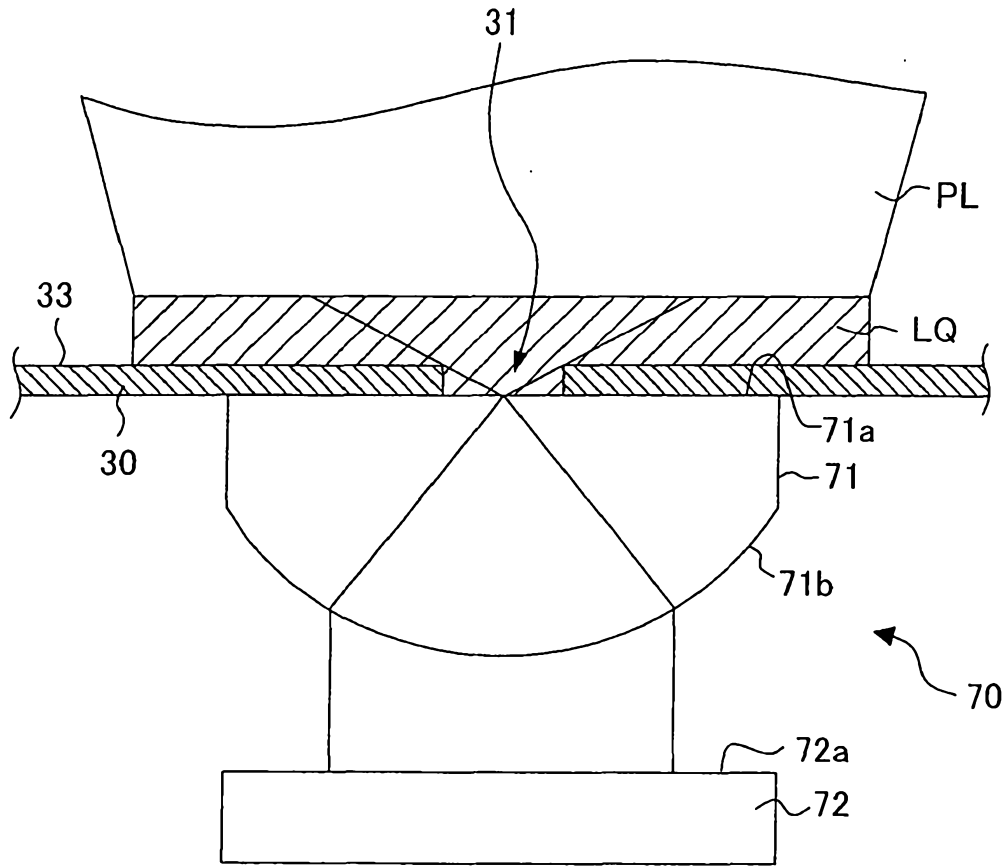
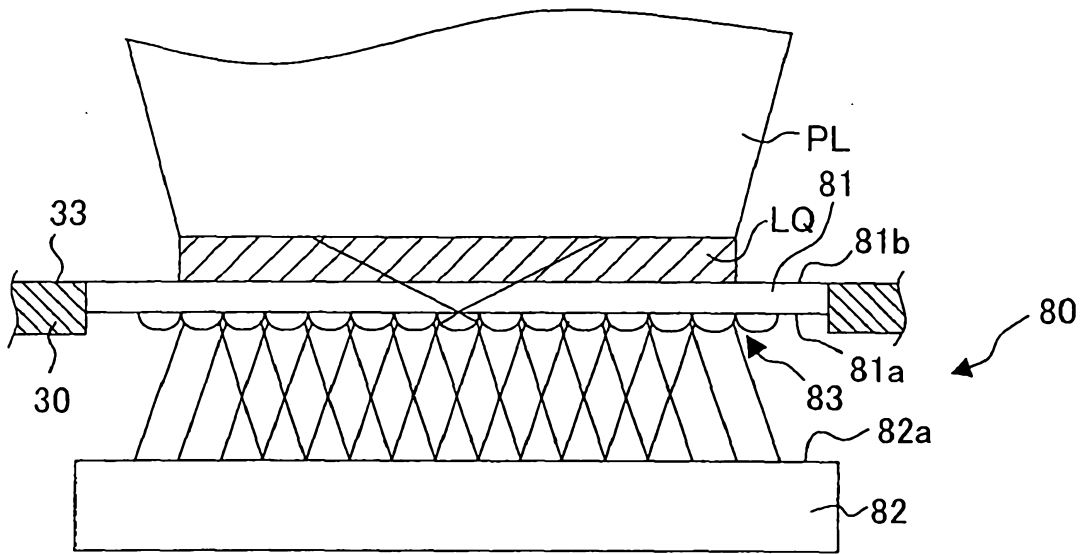


圖 11

(a)



(b)

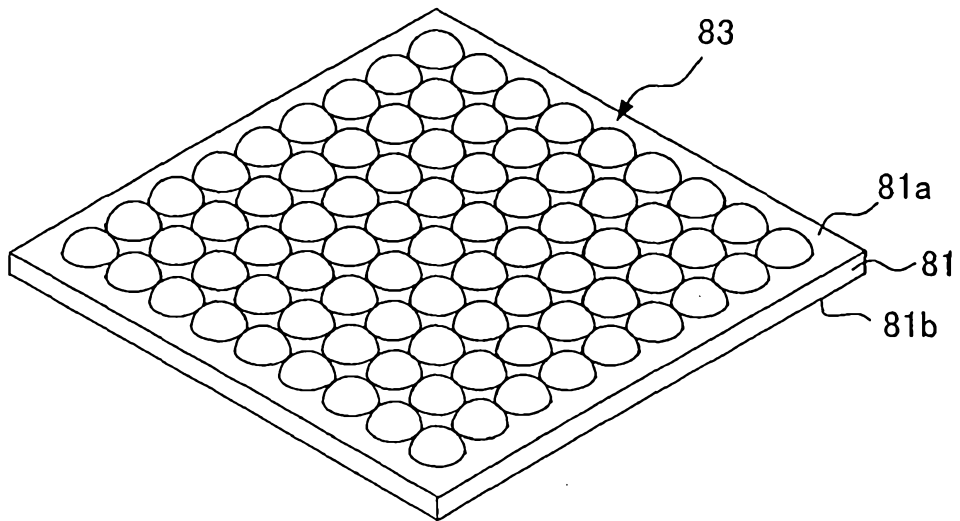


圖 12

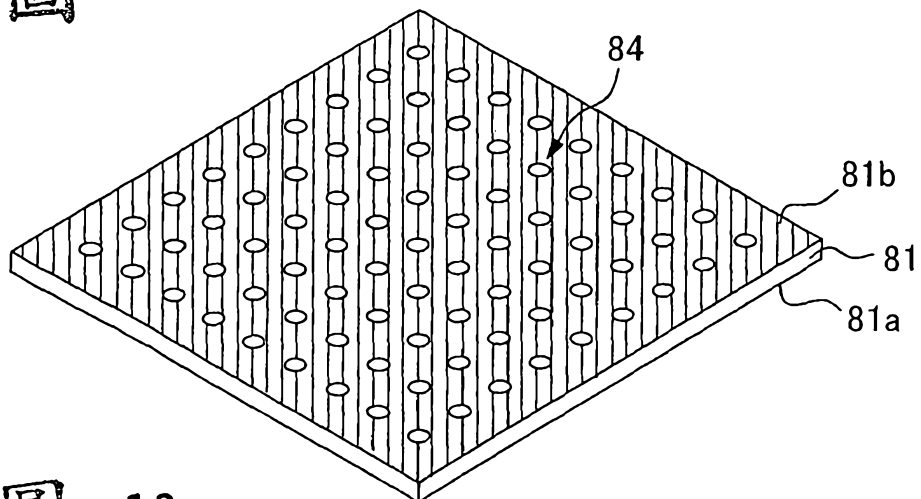


圖 13

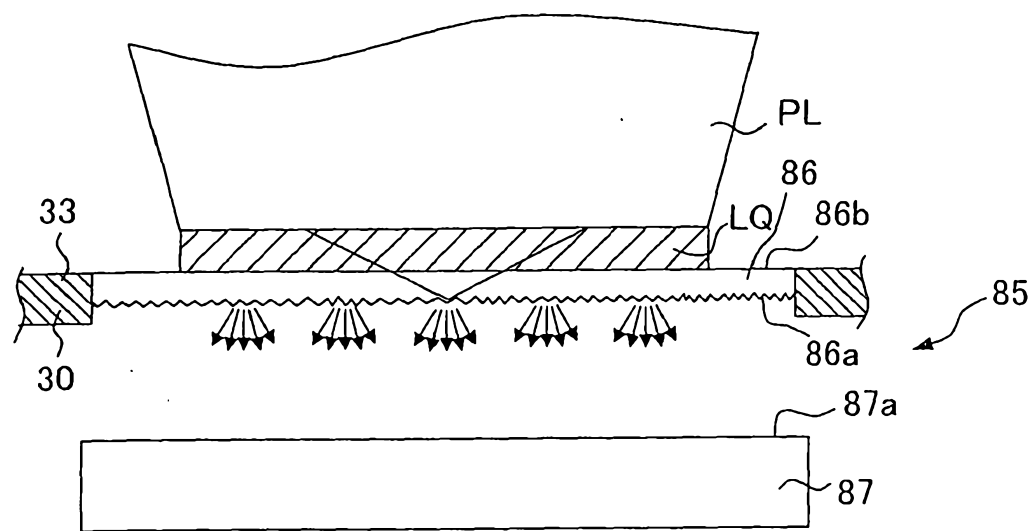
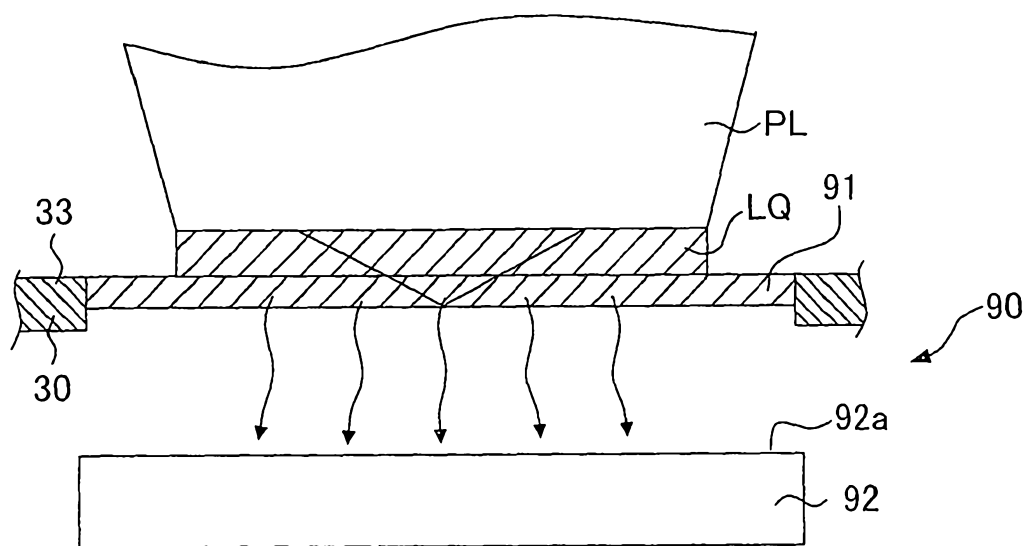
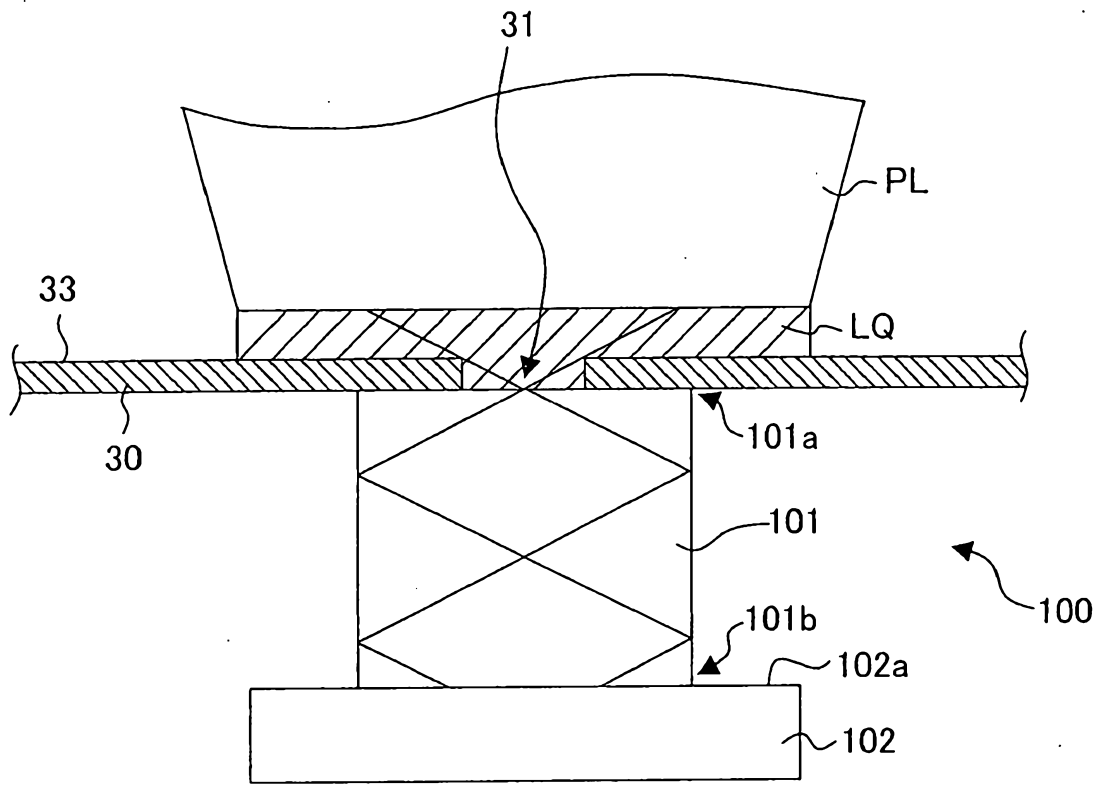


圖 14



15

(a)



(b)

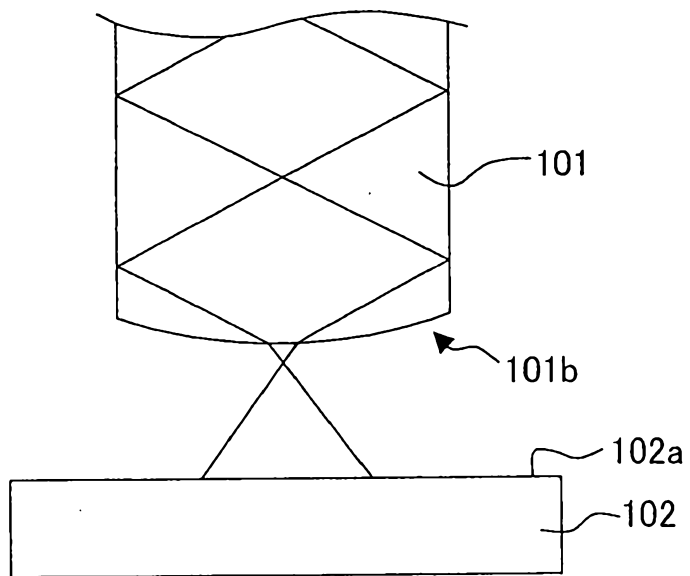


圖 16

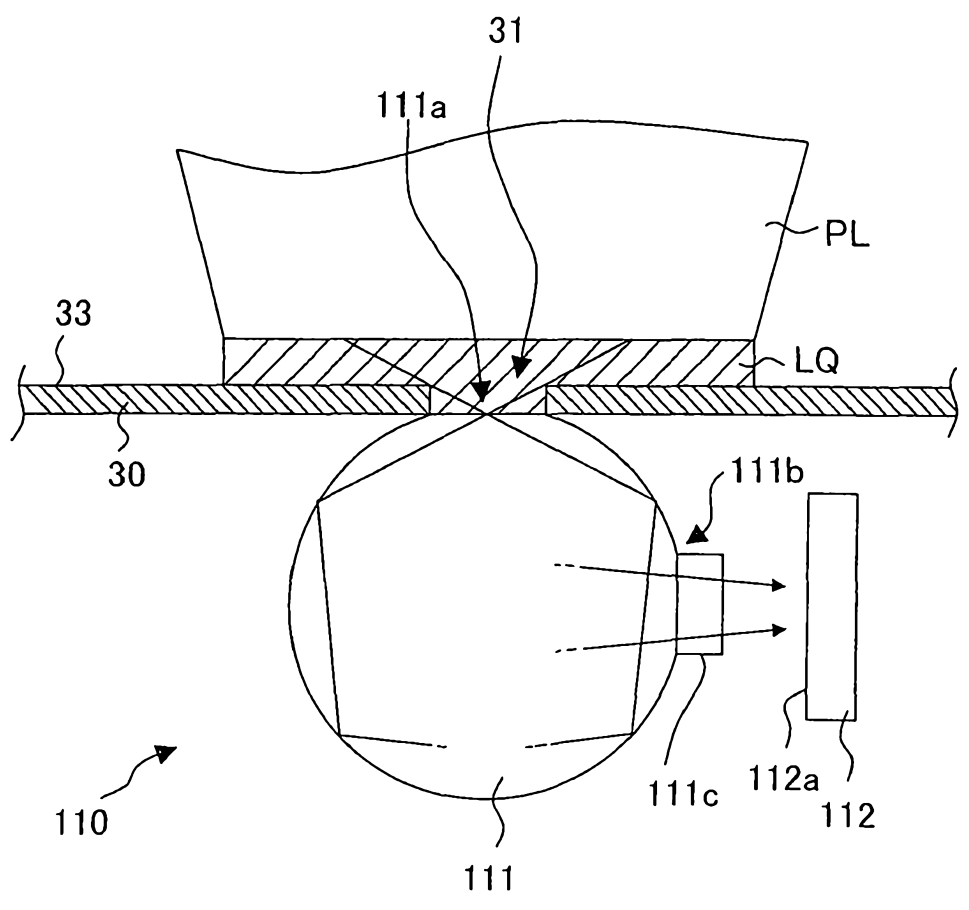


圖 17

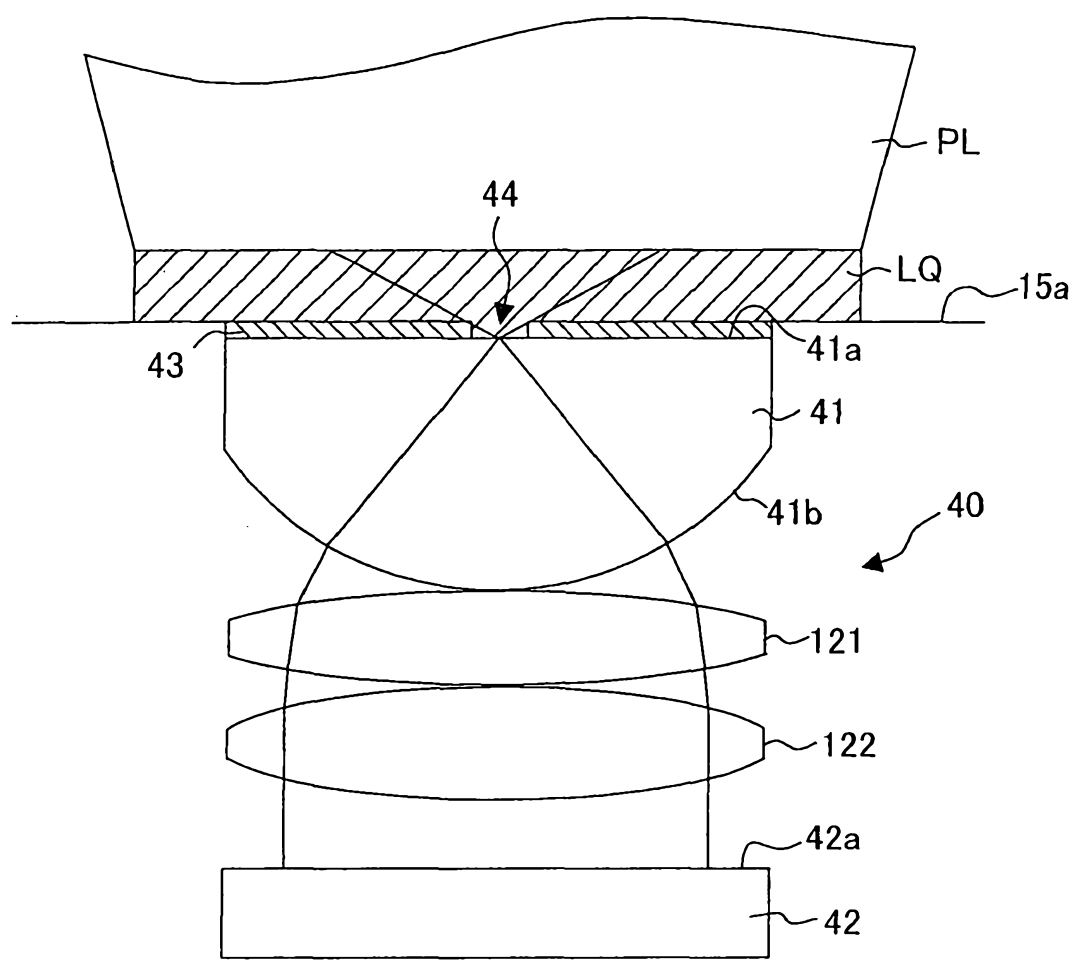


圖 18

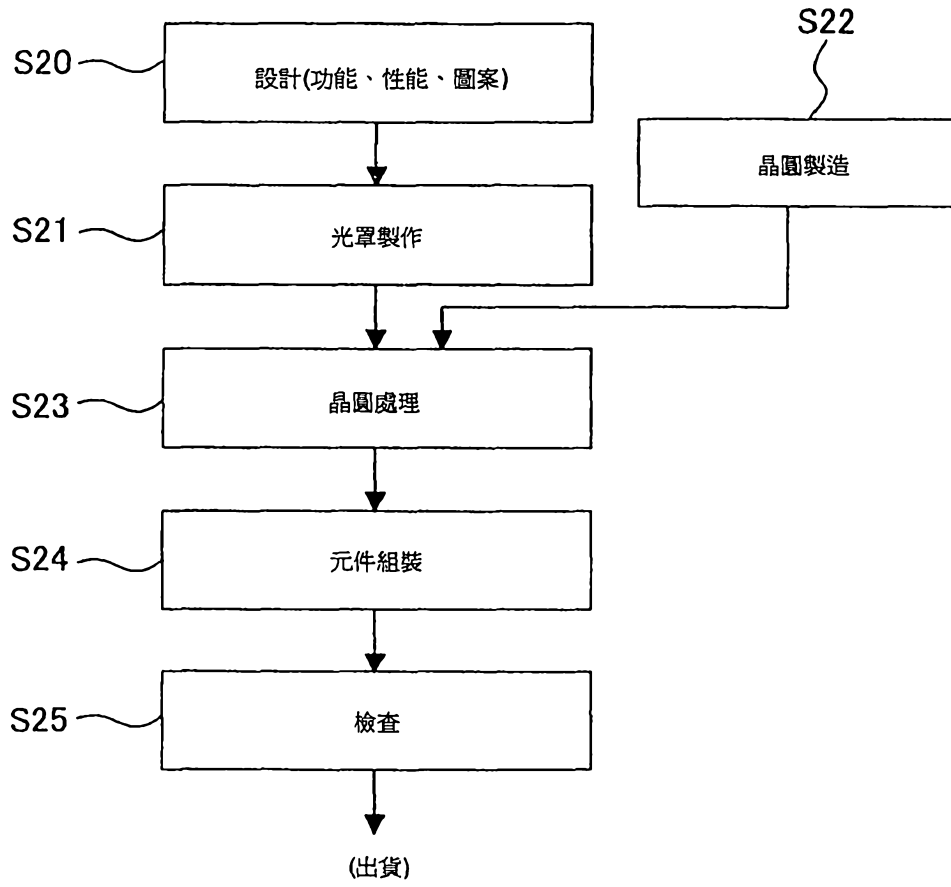


圖 19

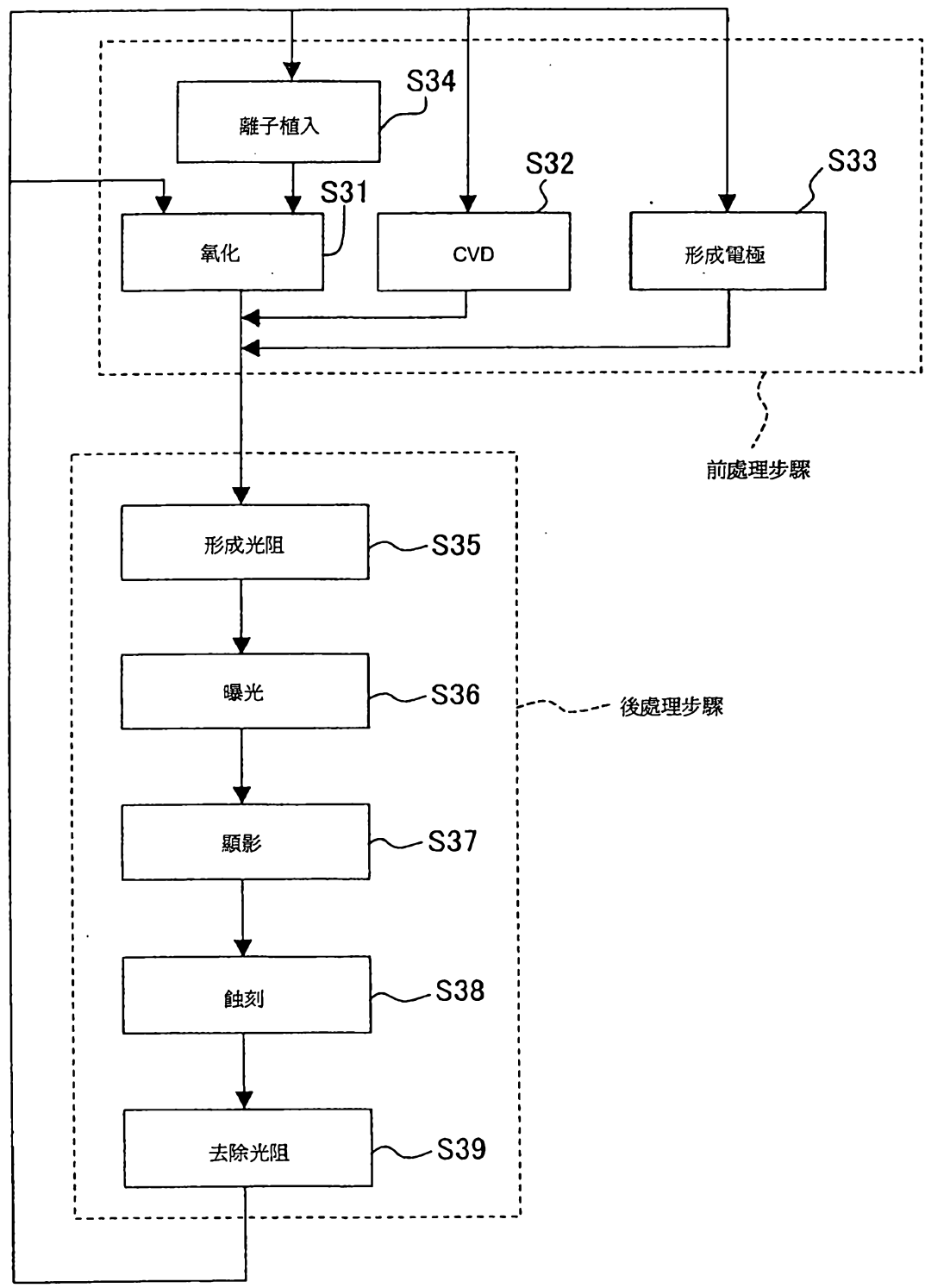


圖 20

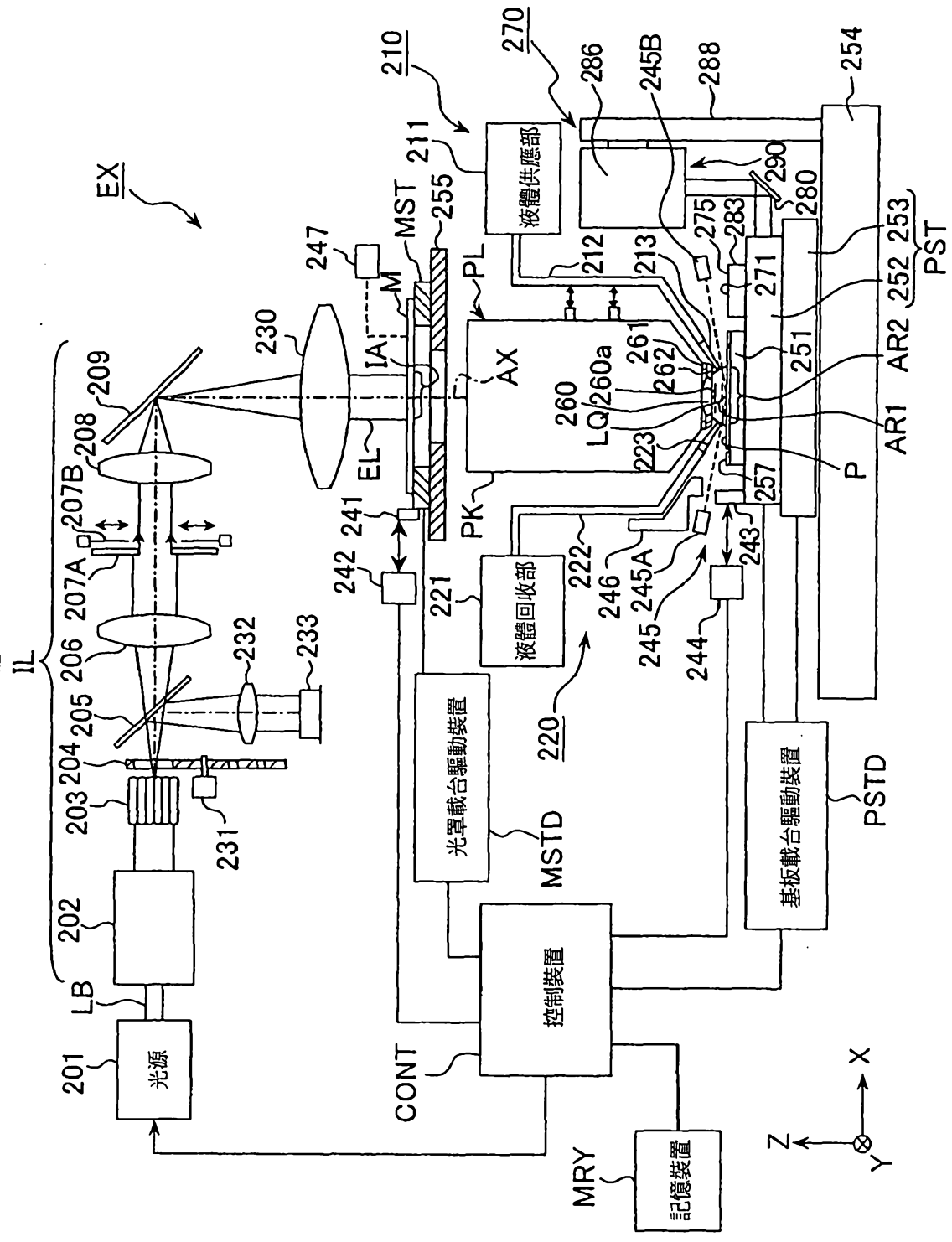


圖 21

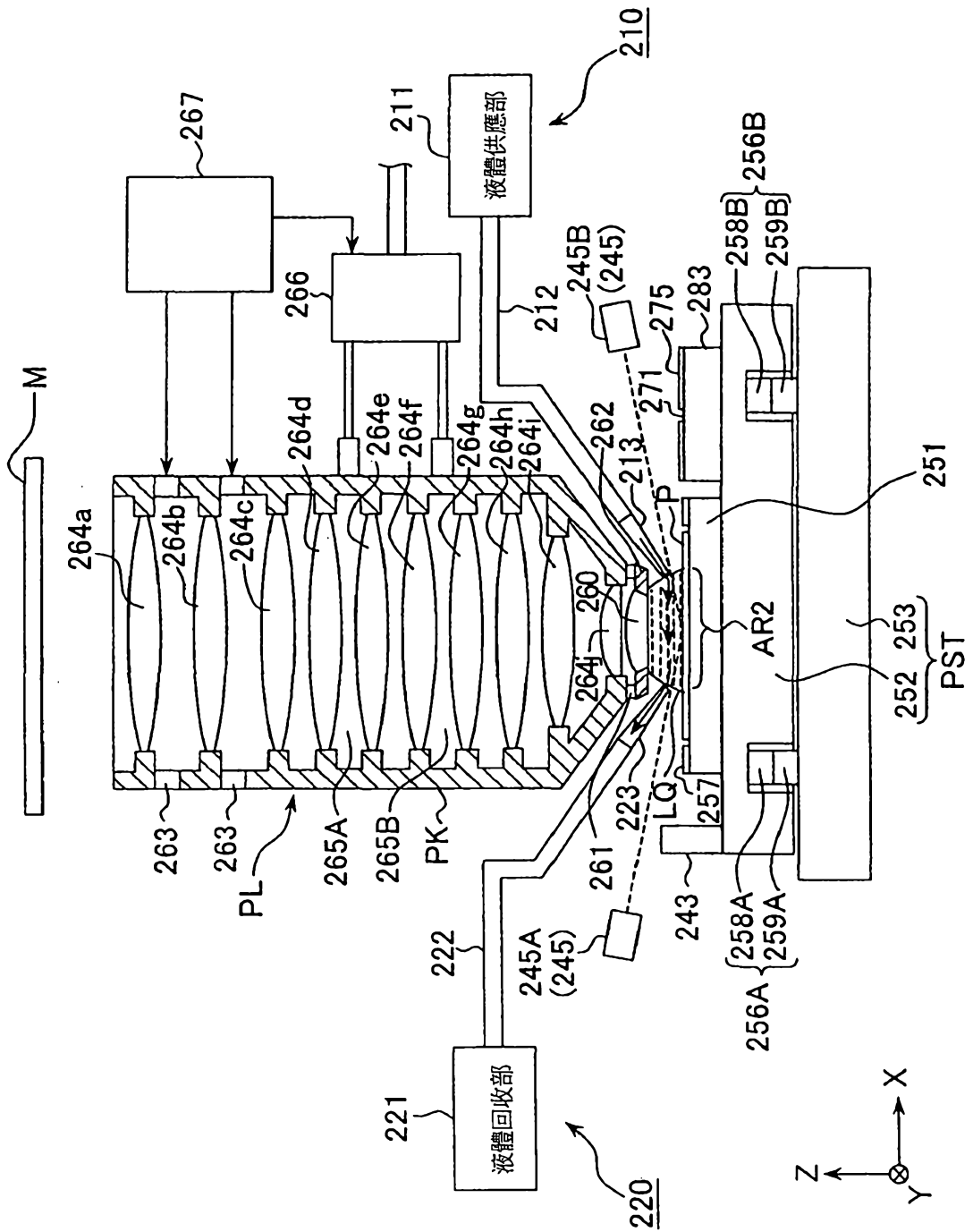


圖 22

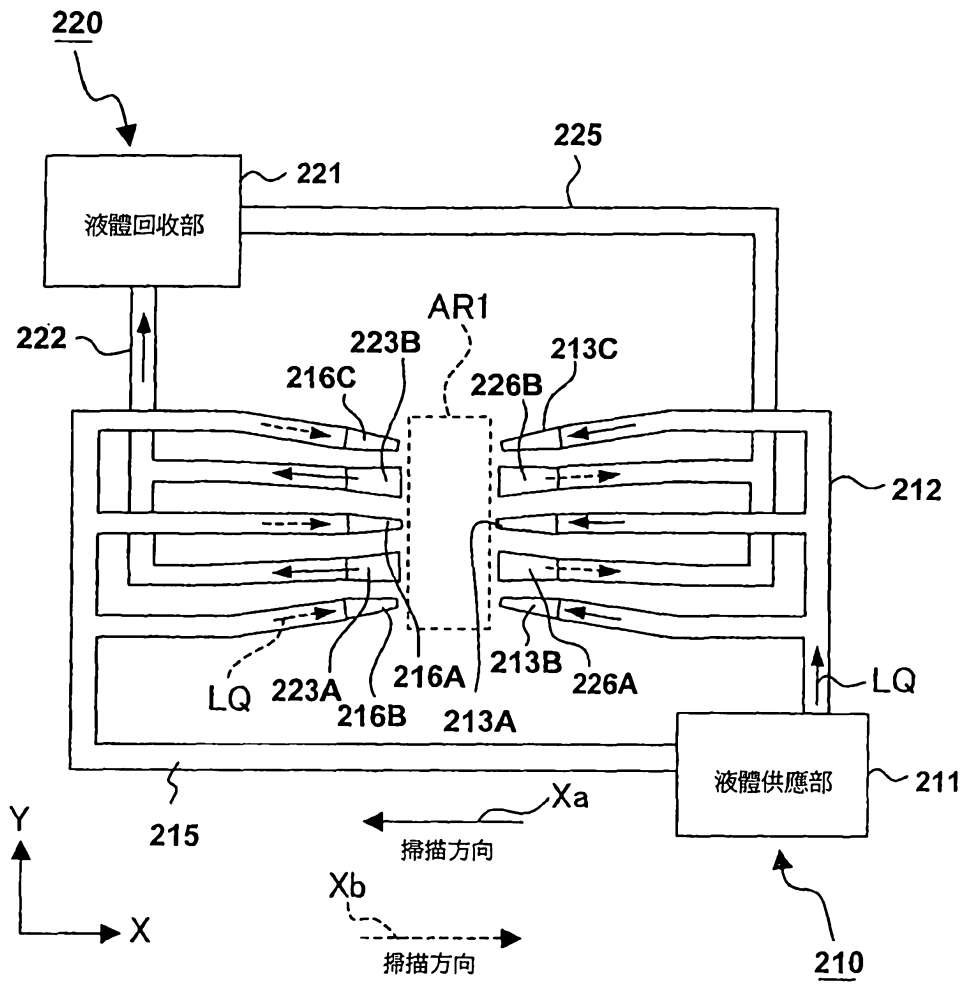


圖 23

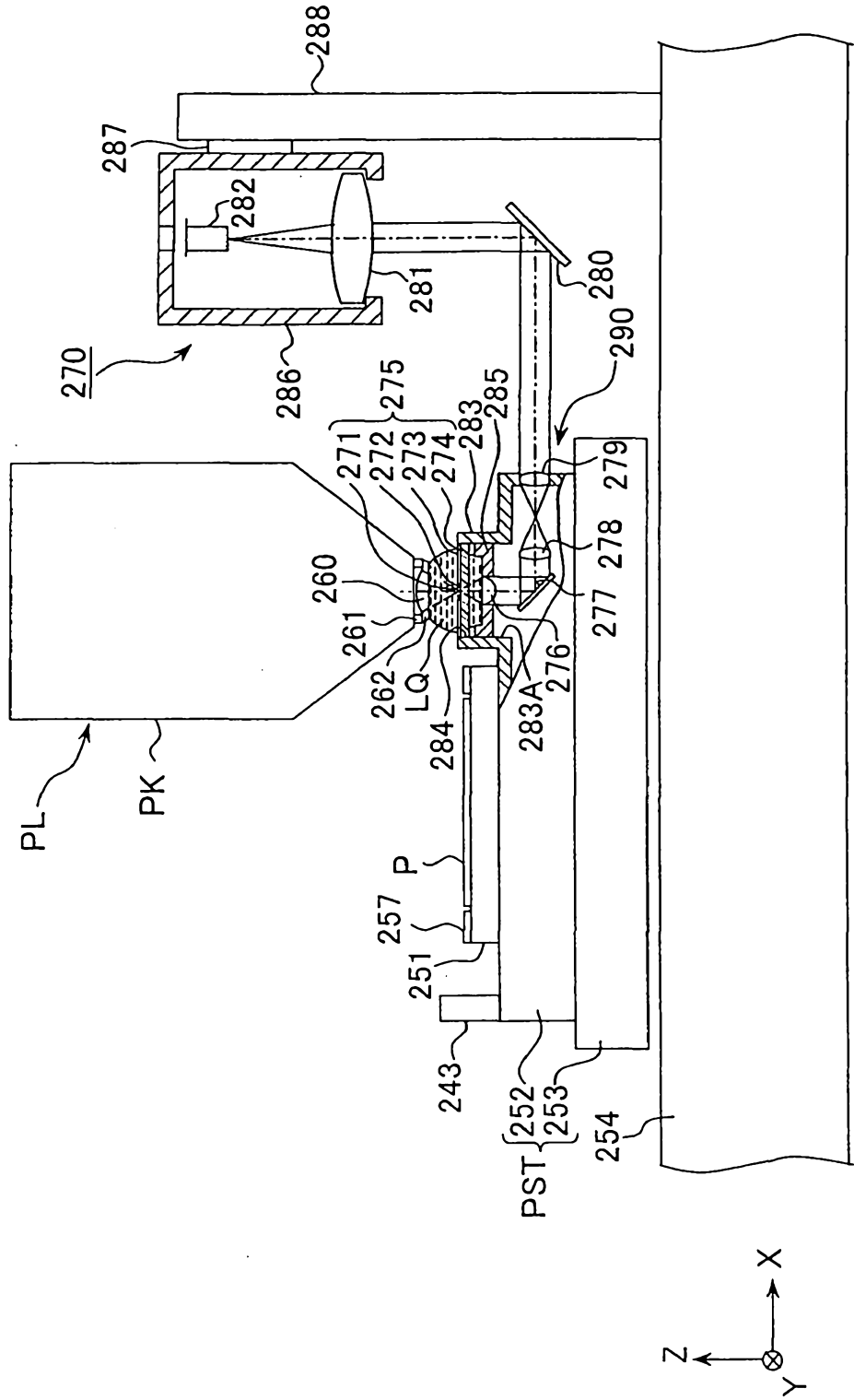


圖 24

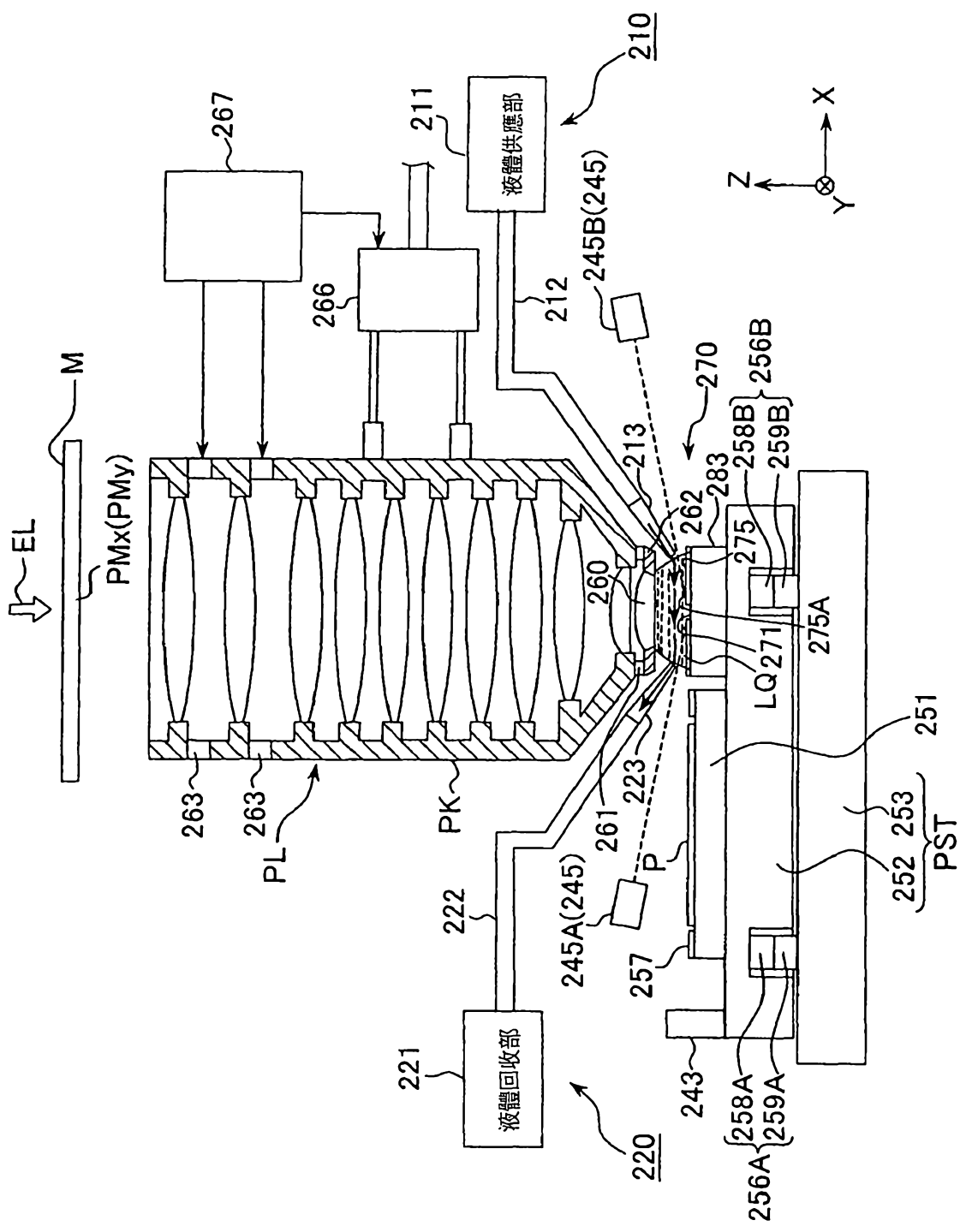


圖 26

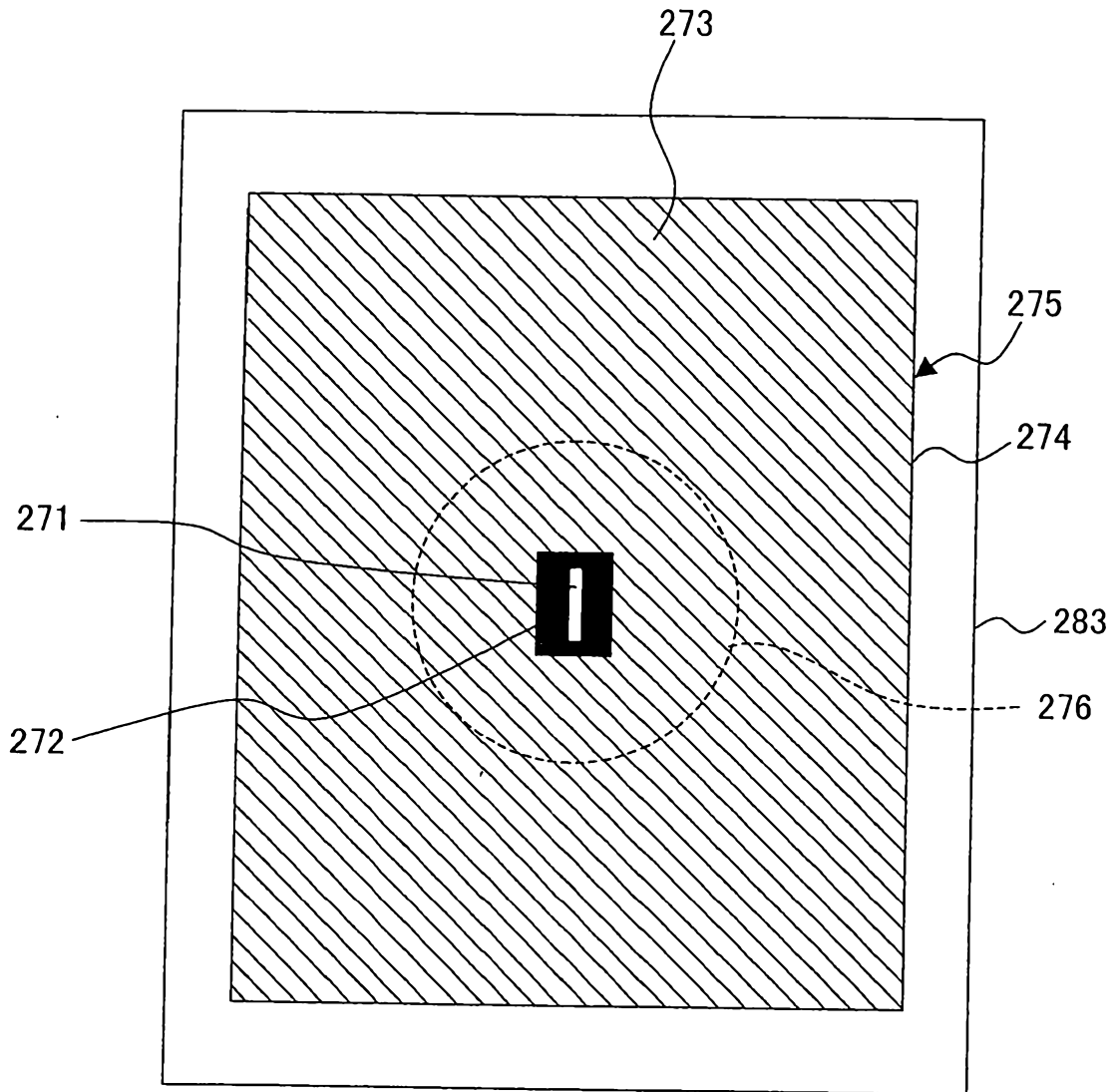
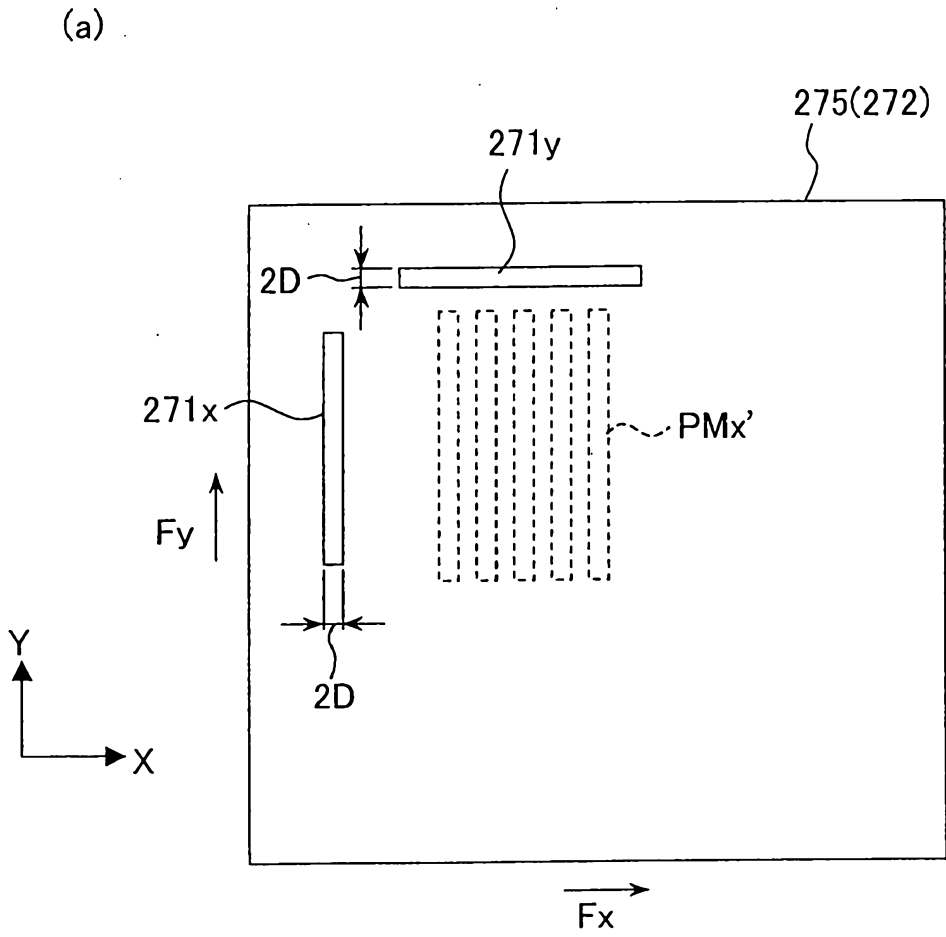


圖 27



(b)

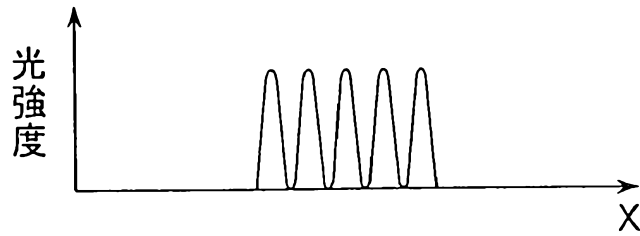


圖 28

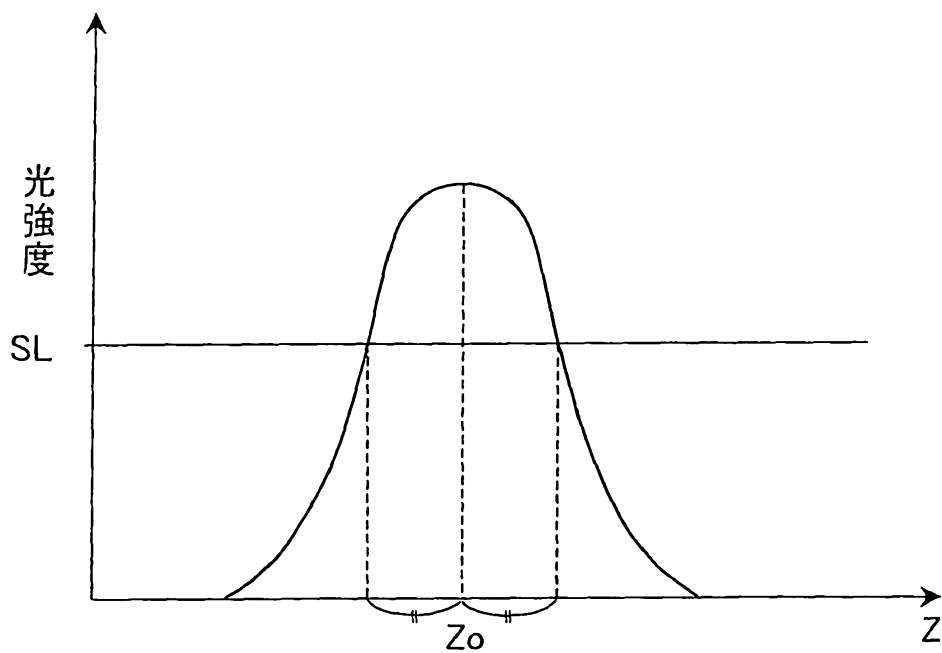


圖 29

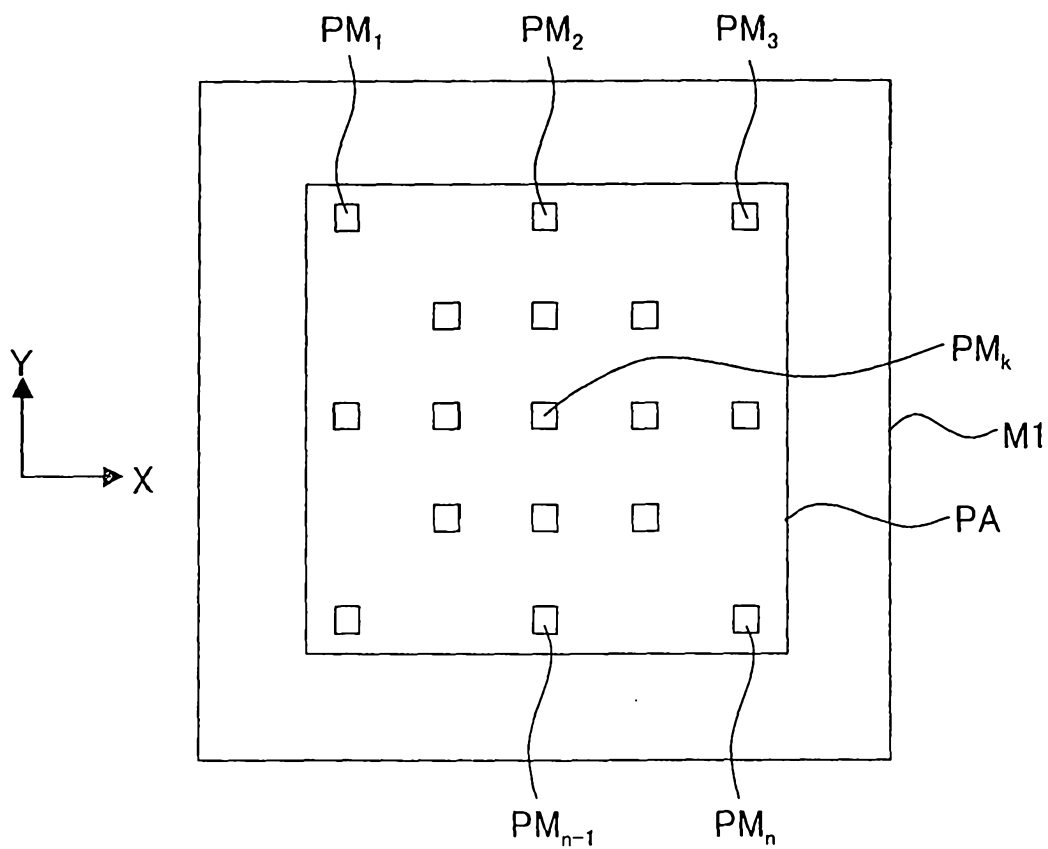


圖 30

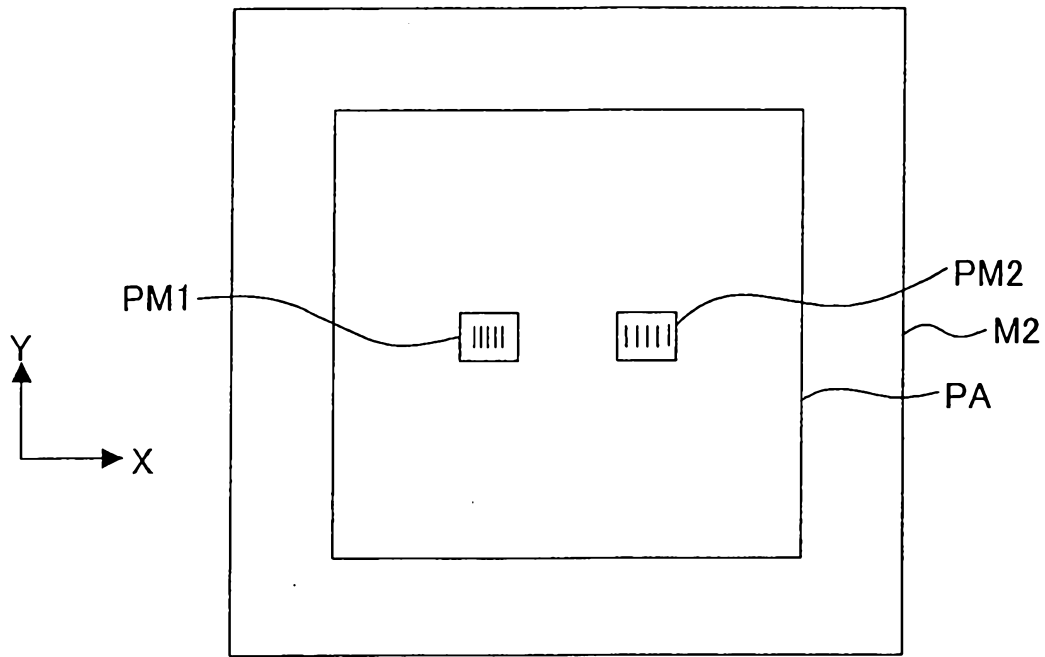


圖 31

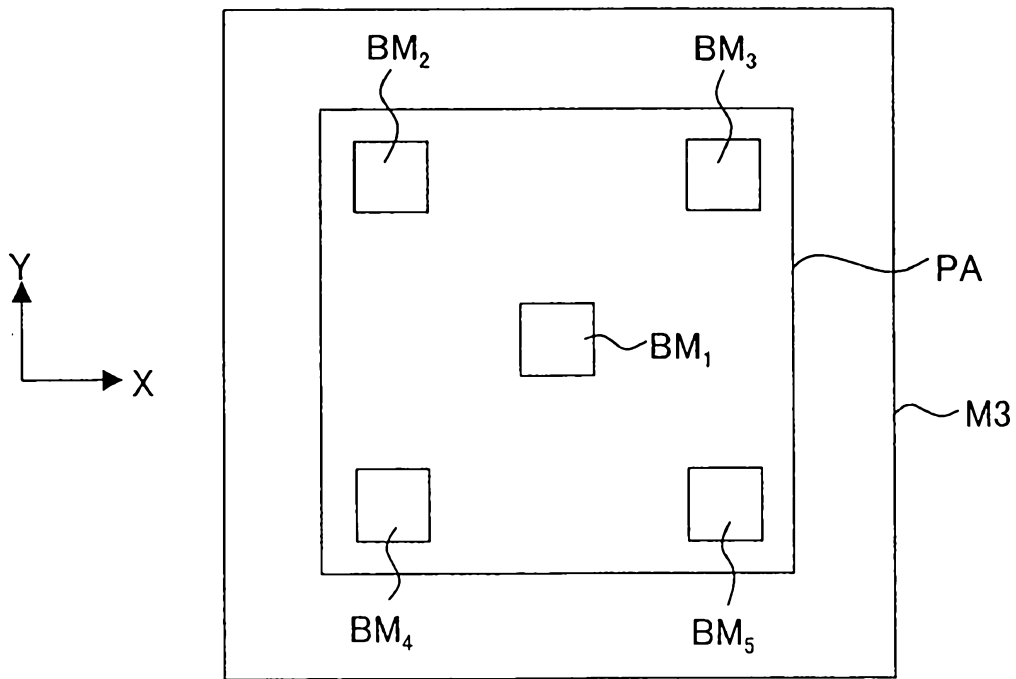


圖 32

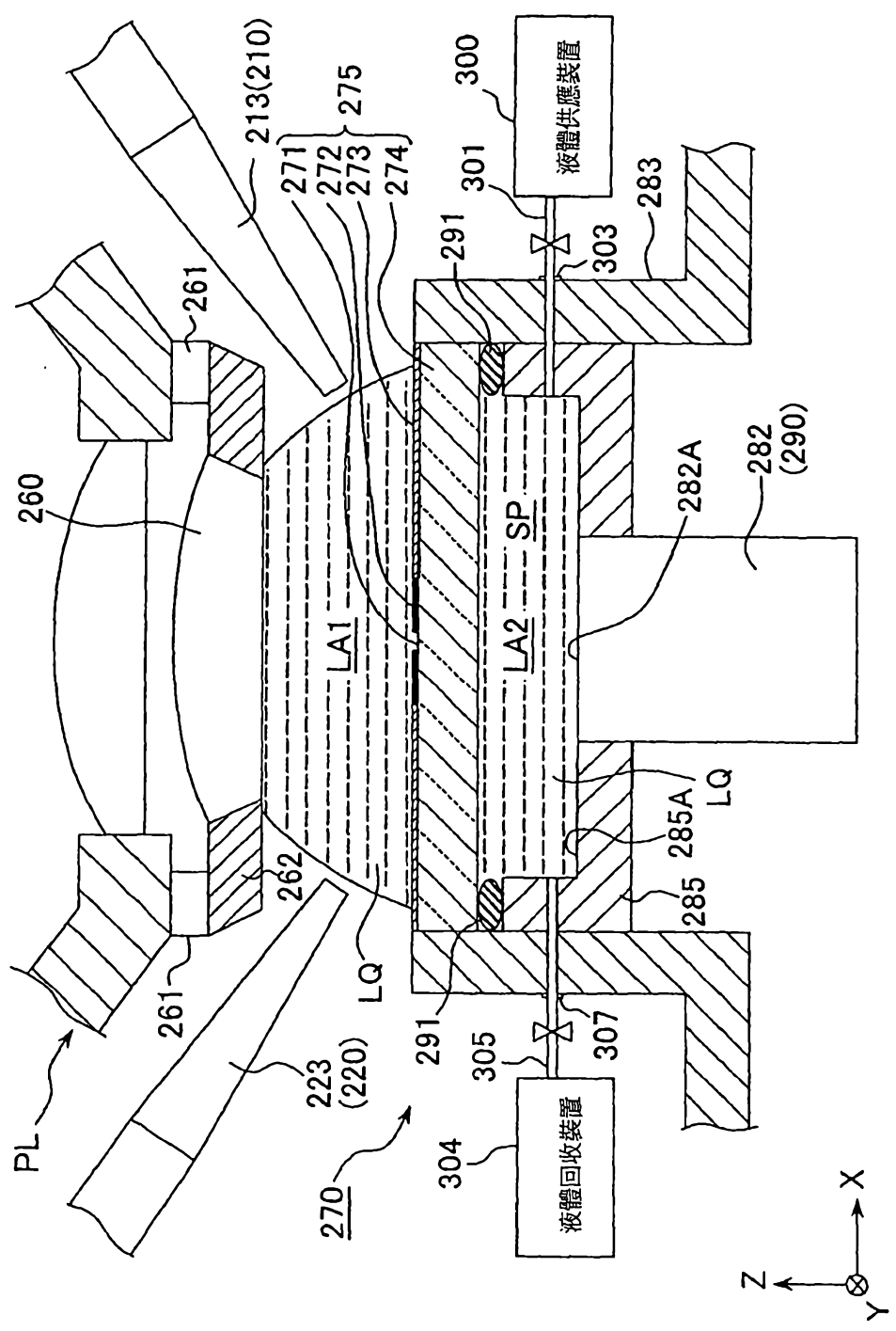


圖 33

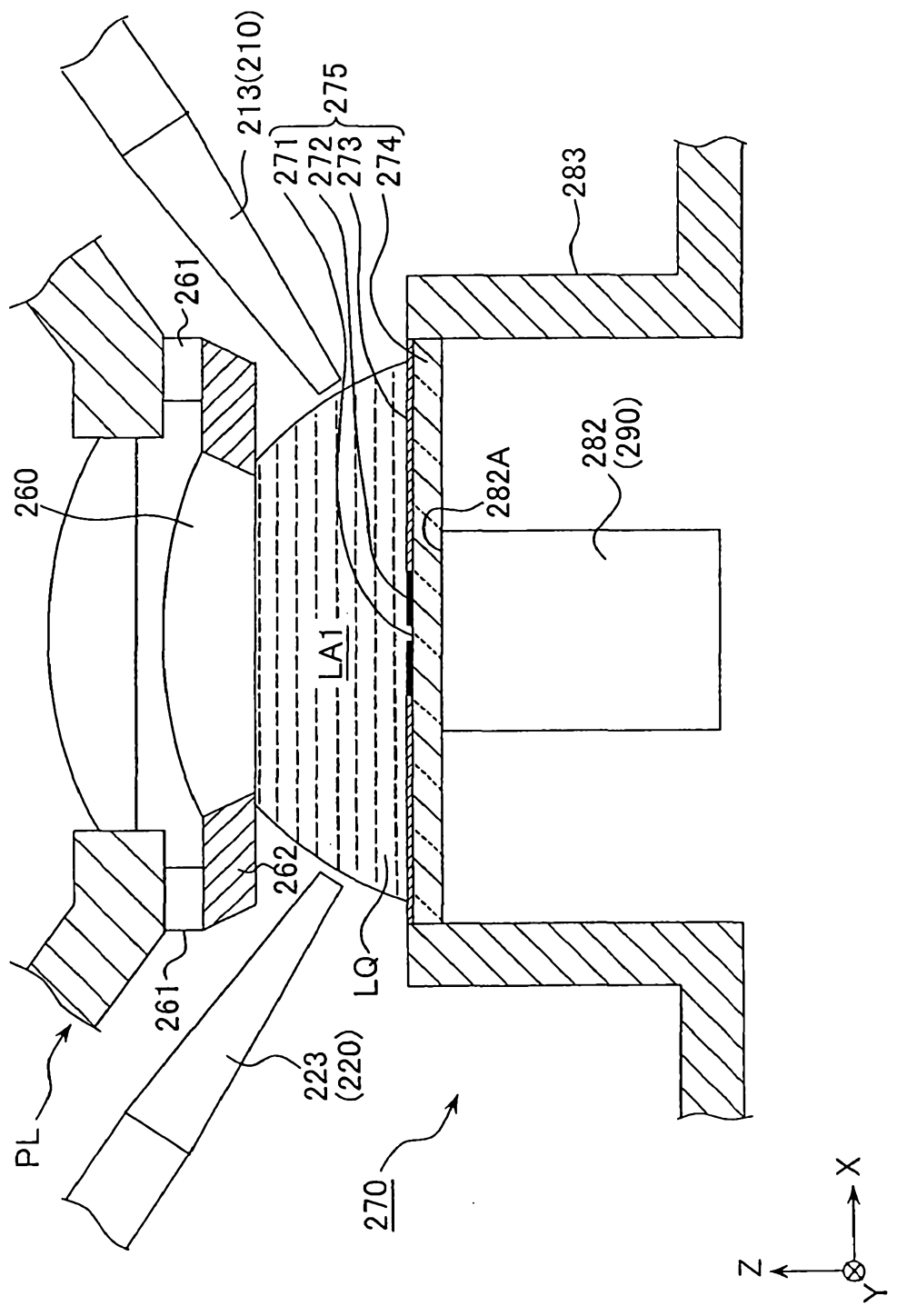


圖 34

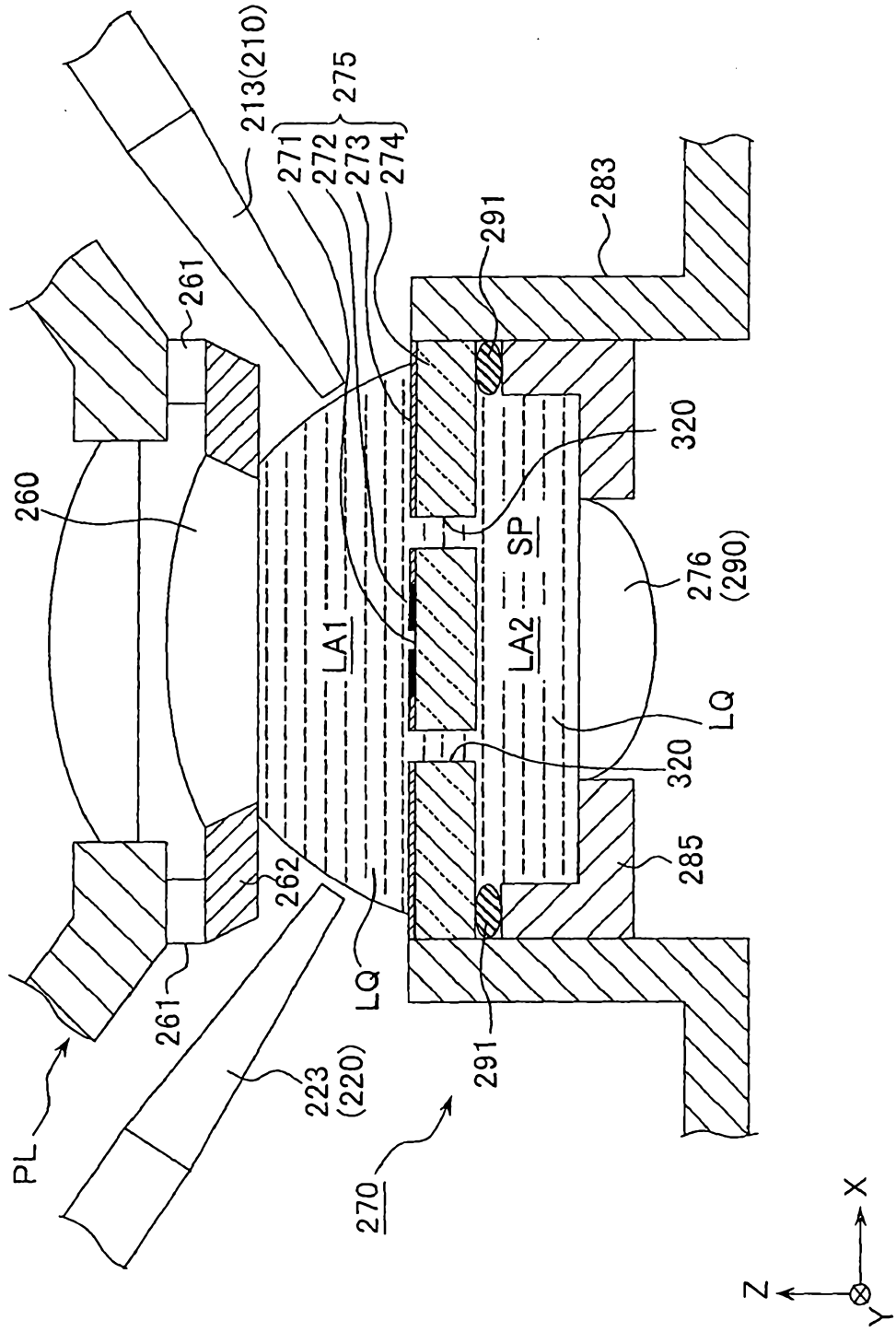
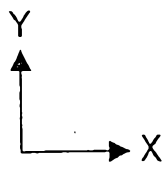
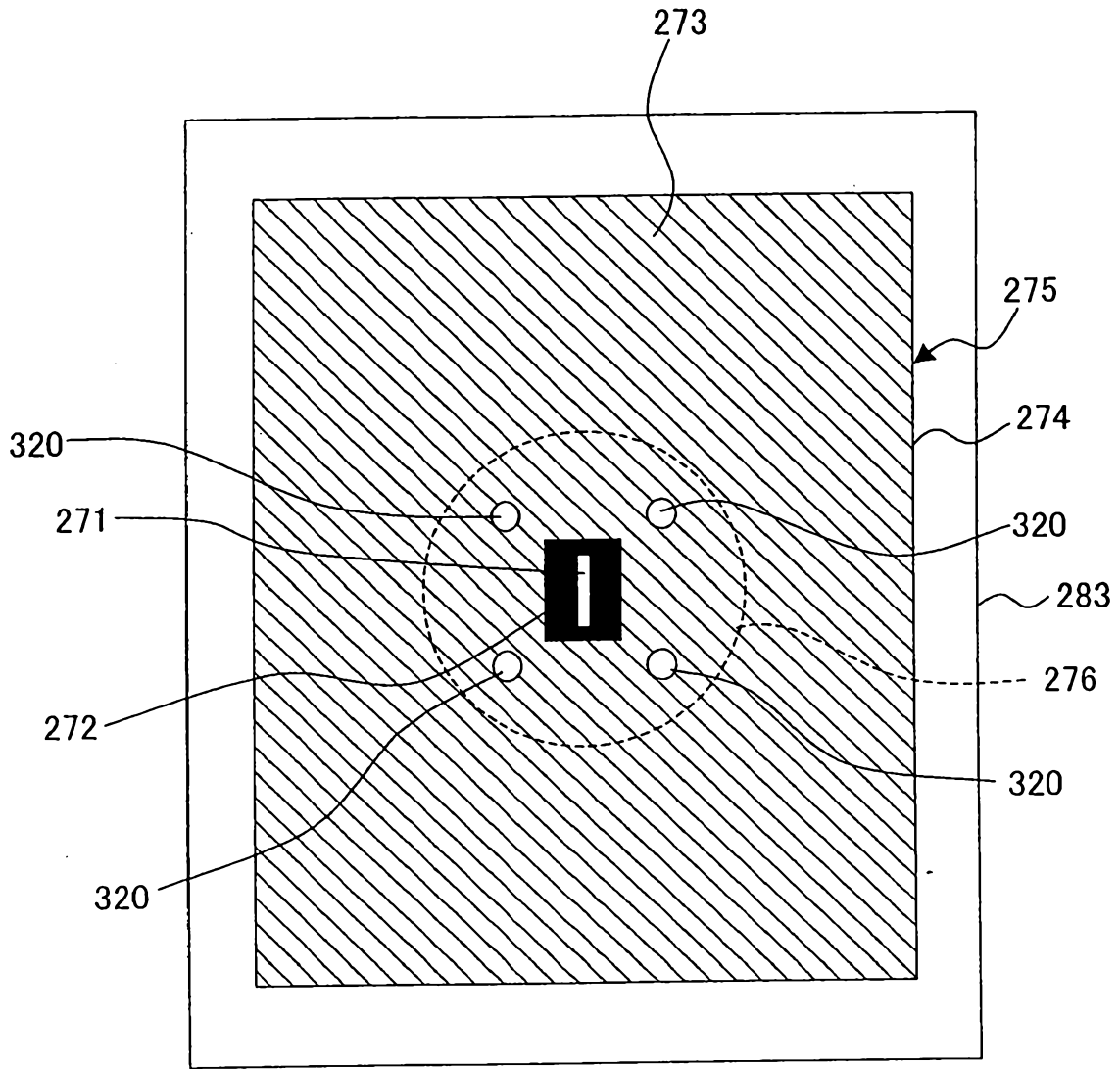


圖 35



36

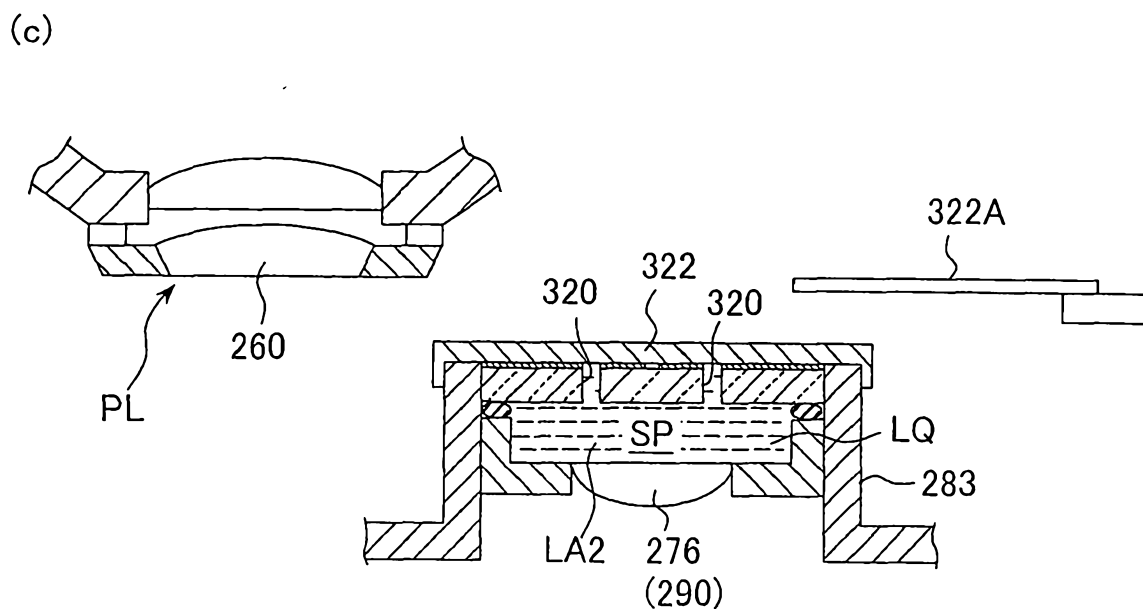
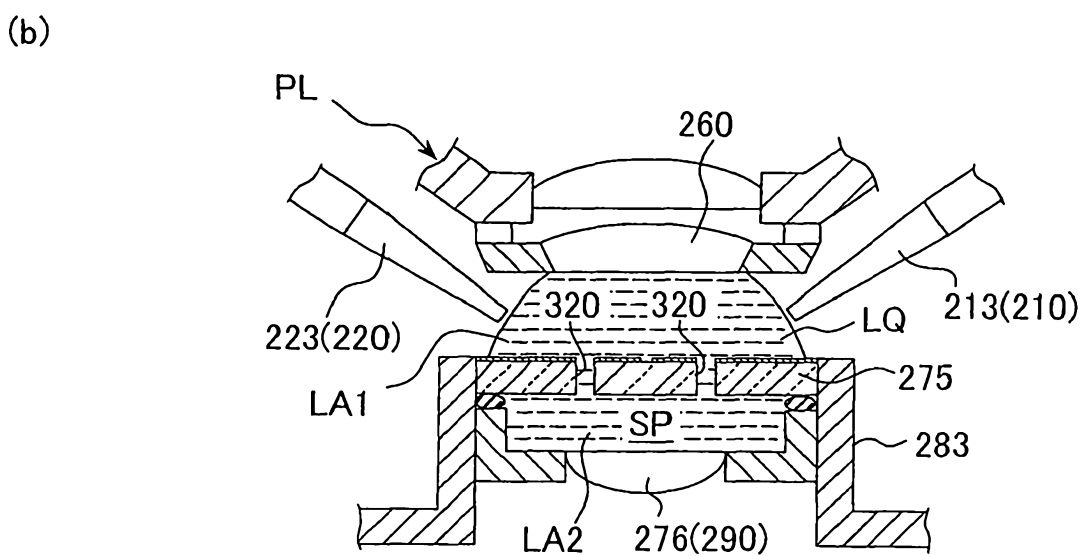
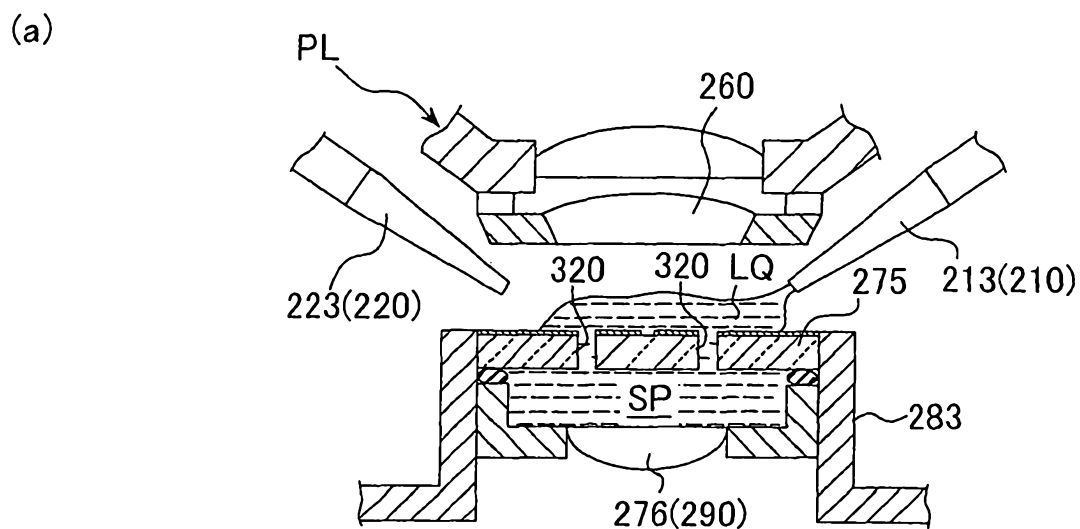
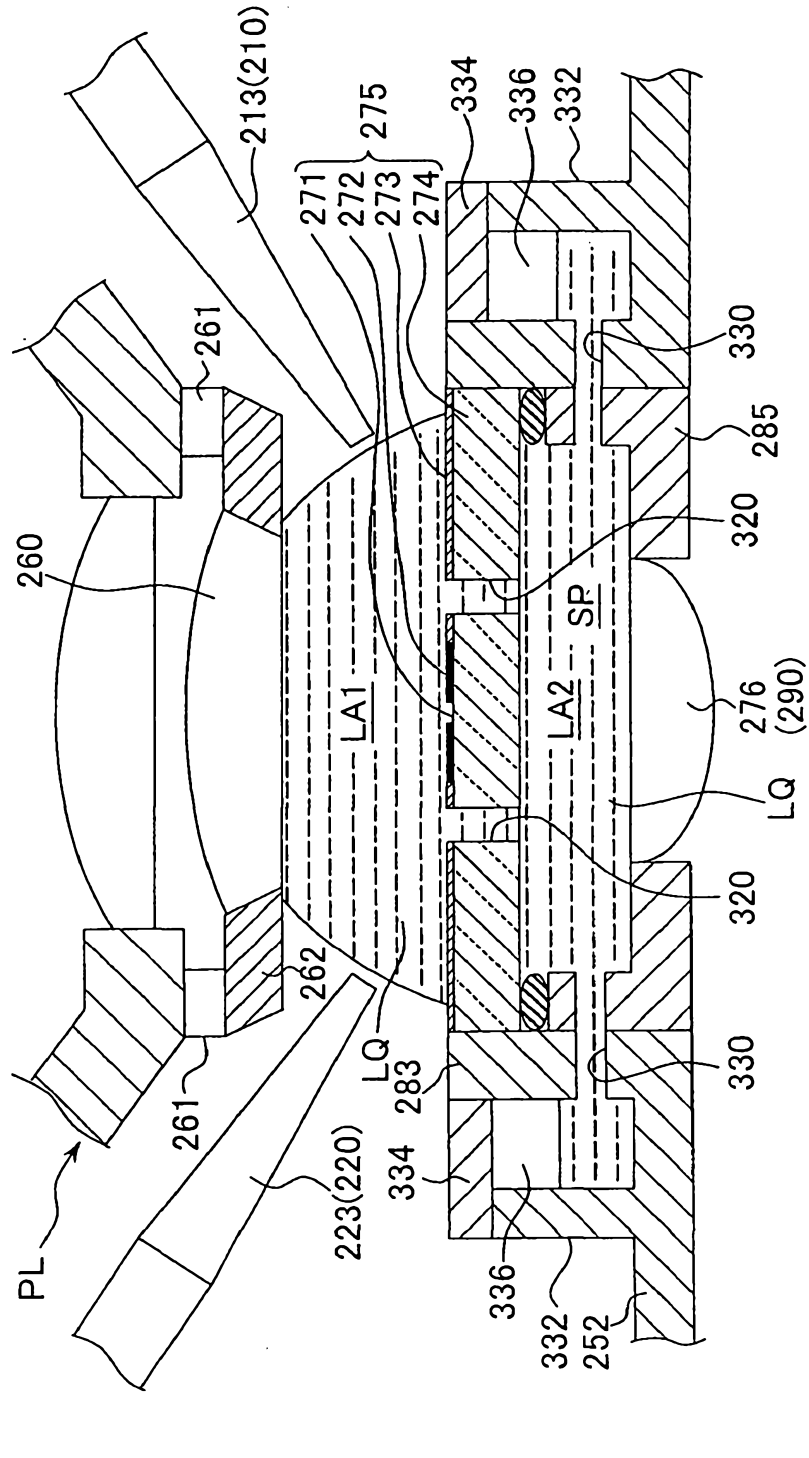


圖 37



38

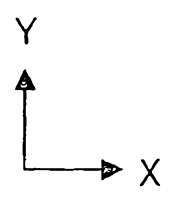
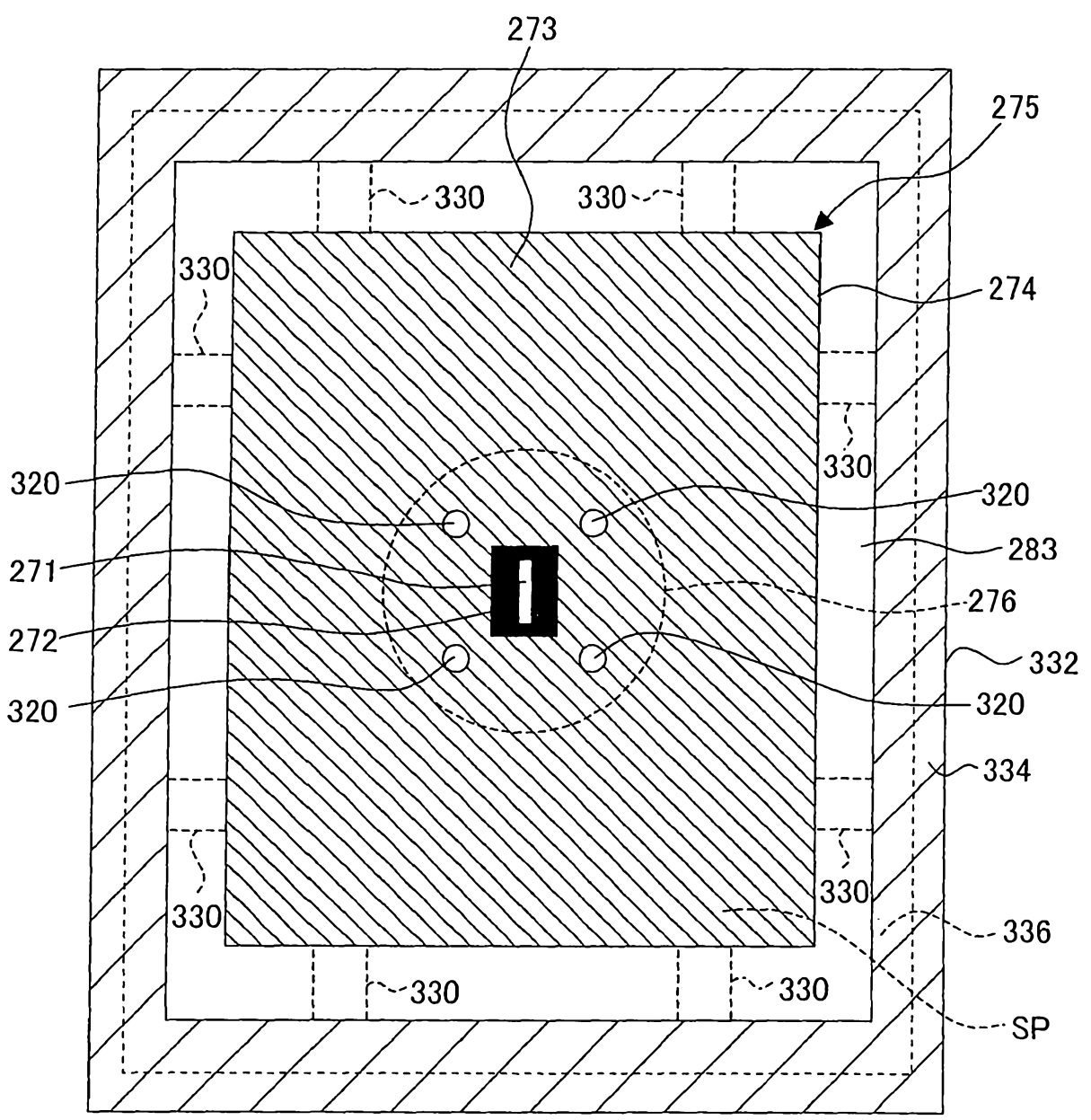


圖 39

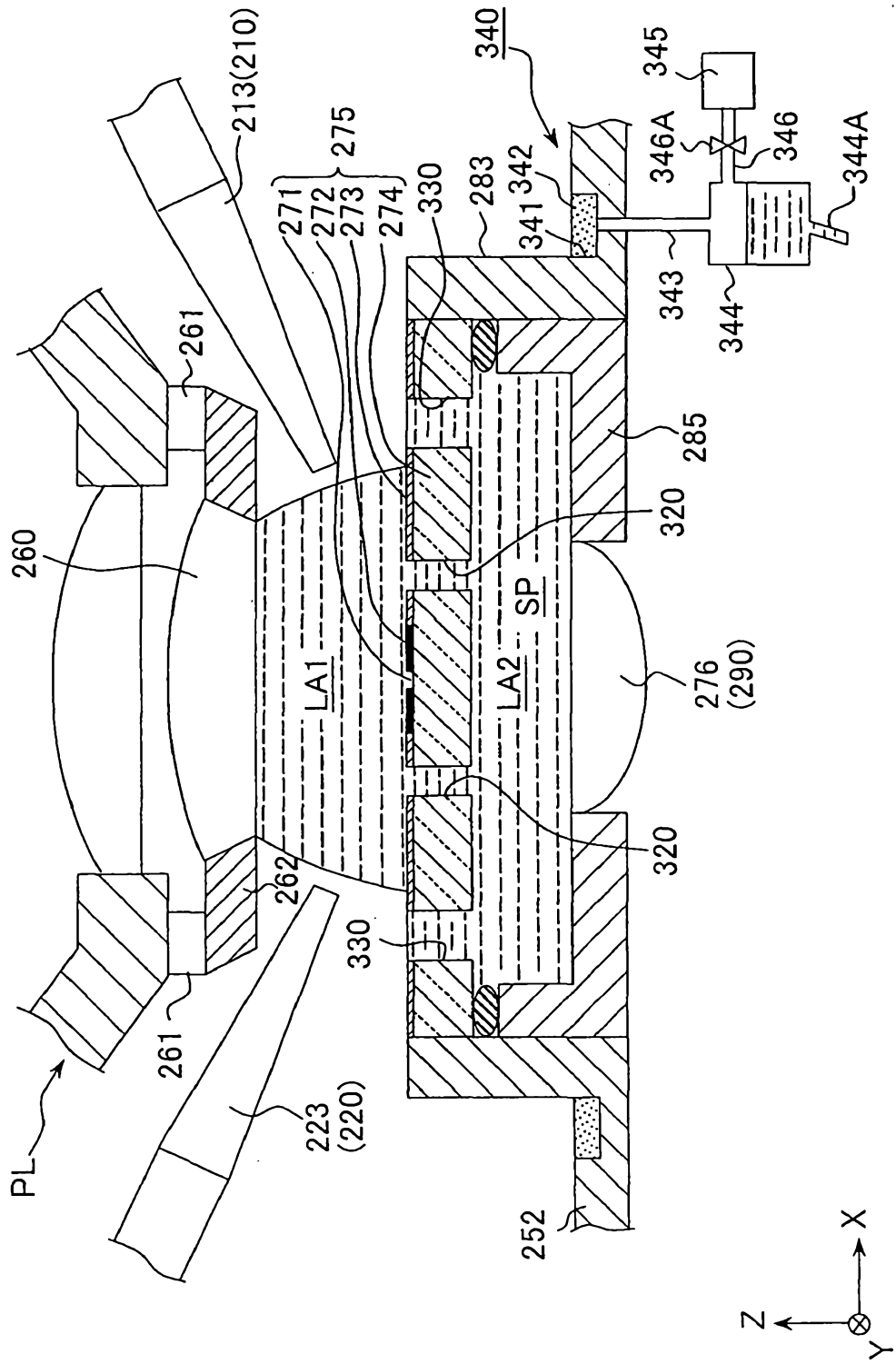


圖 40

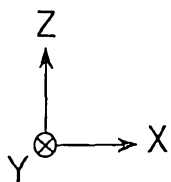
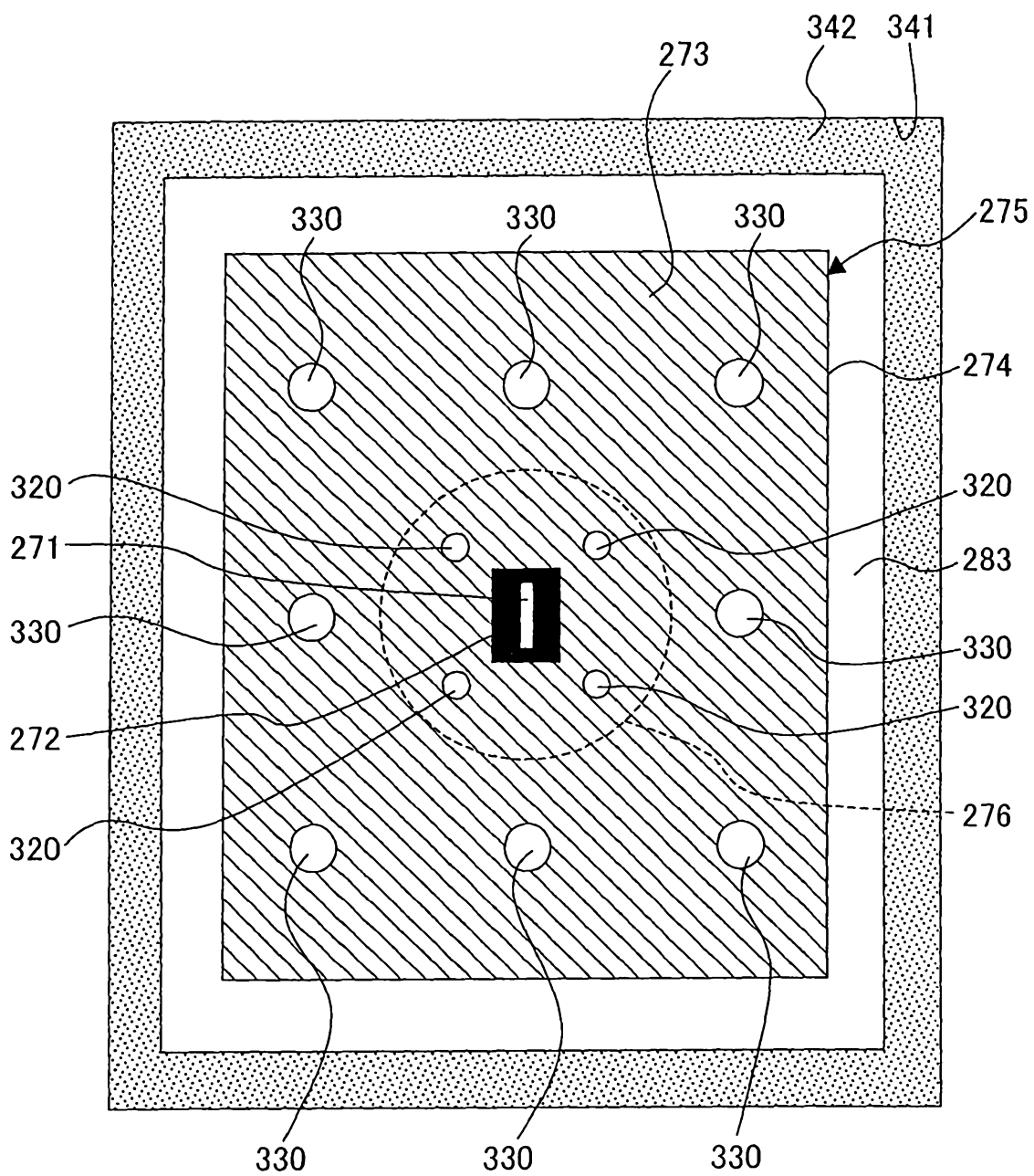
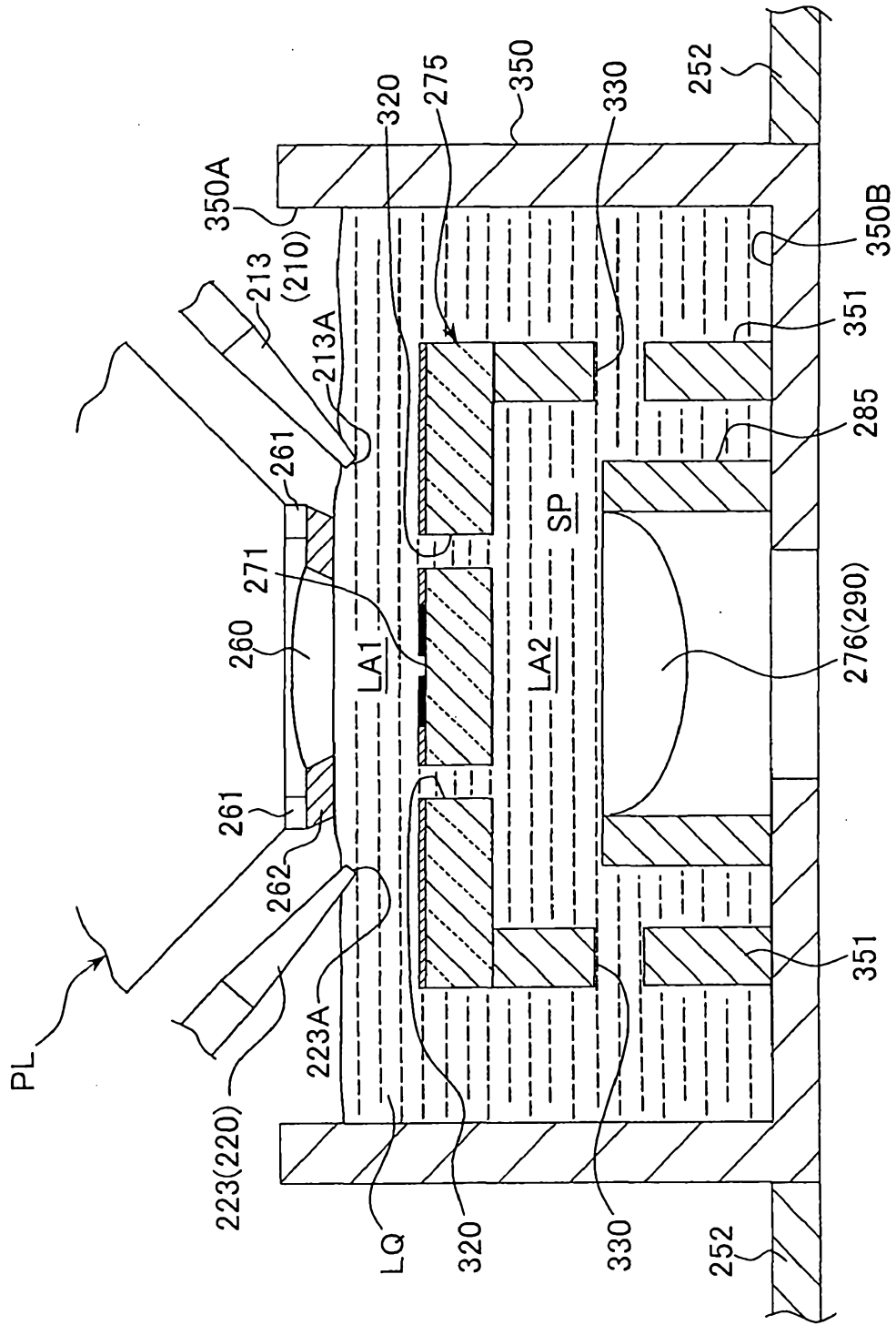


圖 41



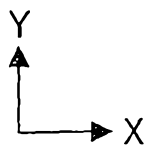
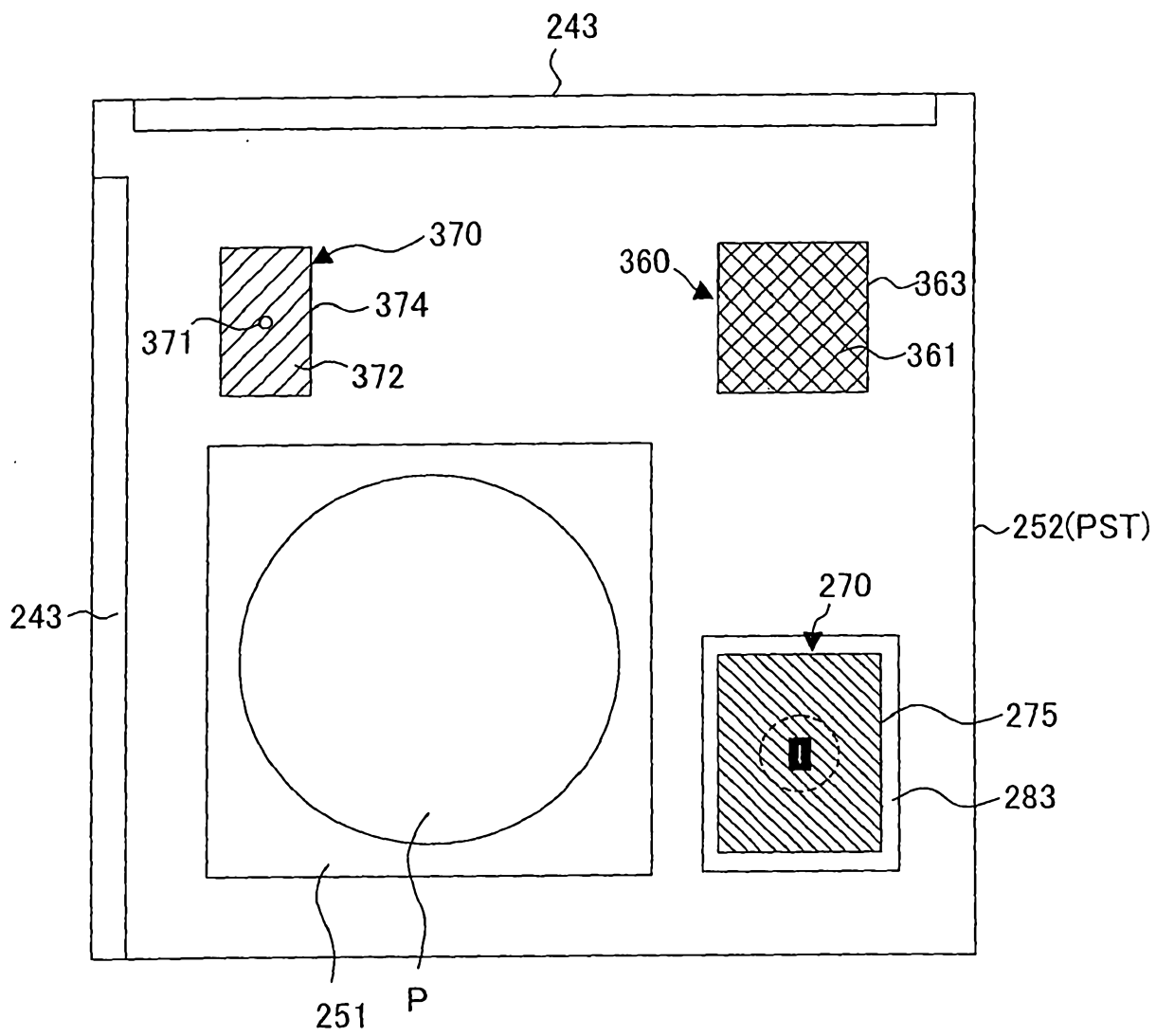


圖 43

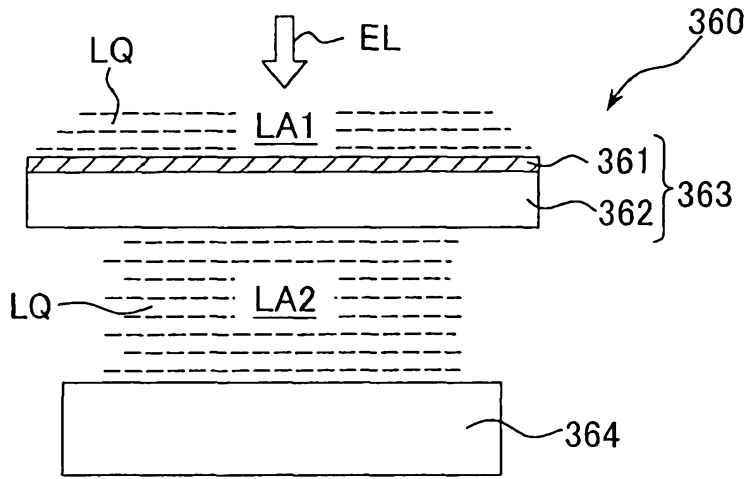
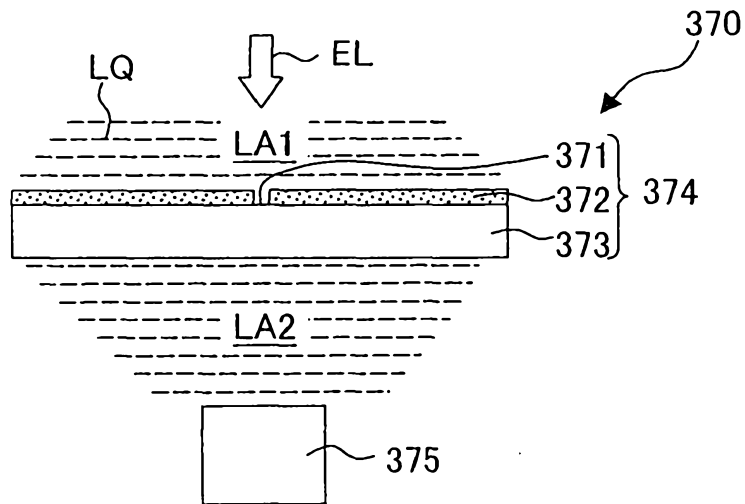
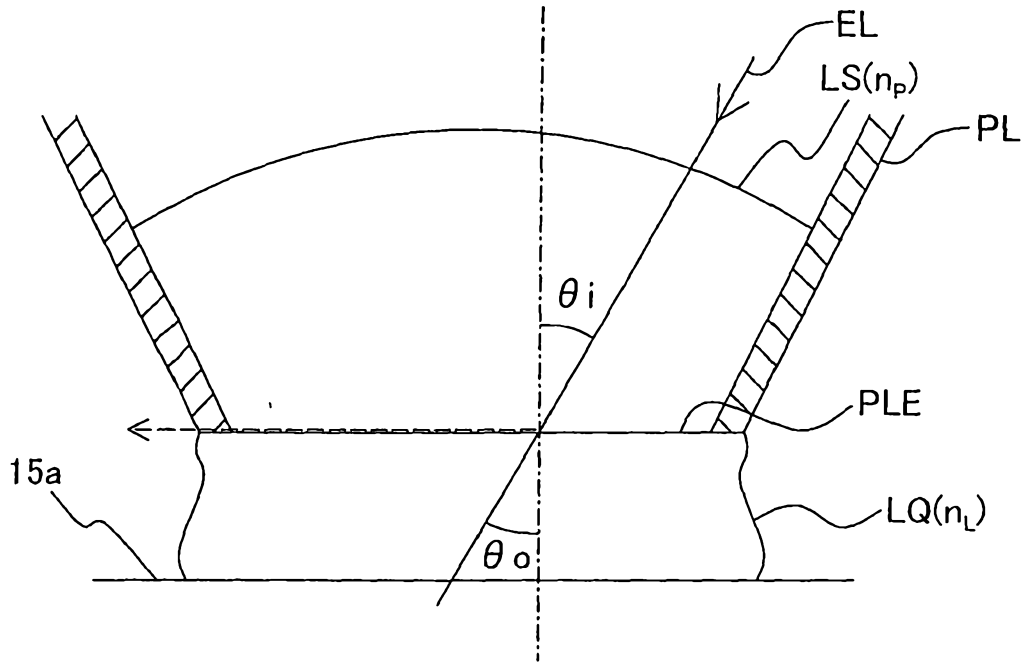


圖 44



45



【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 5 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

PL：投影光學系統

LQ：液體

15a：載台表面(上面)

40：照度不均感測器

41：平凸透鏡

41a：平坦部

41b：曲面部

42：受光元件

42a：受光面

43：遮光部

44：光透過部

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

申請專利範圍

1.一種曝光裝置，係藉由透過液體之光使基板曝光之液浸式曝光裝置，其具備：

載台，能保持該基板而移動；

液體供應裝置，包含配置於較該載台更上方之供應嘴，從該供應嘴將液體供應至該載台上；

投影光學系統，對被保持於該載台上之該基板，透過從該供應嘴供應之液體投影光學像；及

感測器，對來自該投影光學系統之光透過從該供應嘴供應之液體進行檢測；

該感測器，具有：光透過構件，設置於該載台；及受光元件，透過從該供應嘴供應之液體及該光透過構件接收來自該投影光學系統之光；

該光透過構件，係以能使該光透過構件之第 1 面與從該供應嘴供應之液體接觸、且來自該投影光學系統之光能透過該液體射入至該第 1 面之方式，配置於該載台上；

該受光元件，具有抵接於該光透過構件之第 2 面之受光面，透過從該供應嘴供應之液體從該第 1 面射入該光透過構件內部而從該第 2 面射出之該光，藉由抵接於該第 2 面之該受光面接收。

2.如申請專利範圍第 1 項之曝光裝置，其中，該光透過構件，具有使從該第 1 面射入該光透過構件內部之該光在該光透過構件內部反射之反射面；

該受光元件，係將在該光透過構件內部被該反射面反射後從該第 2 面射出之該光，藉由抵接於該第 2 面之該受光面接收。

3.如申請專利範圍第 1 項之曝光裝置，其中，該感測器檢測之來自該投影光學系統之光，包含若從該供應嘴未供應液體則在該投影光學系統的前

端部被全反射而無法通過該投影光學系統之光。

4.如申請專利範圍第1項之曝光裝置，其中，該投影光學系統的像面側的數值孔徑的大小，藉由從該供應嘴供應液體而設定為1以上。

5.如申請專利範圍第1項之曝光裝置，其中，該投影光學系統係反射折射光學系統。

6.如申請專利範圍第1項之曝光裝置，其中，該感測器，包含以能將來自該投影光學系統之光的一部分遮光的方式設置於該投影光學系統與該第1面之間之遮光構件。

7.如申請專利範圍第1項之曝光裝置，其中，該光透過構件，係以該第1面與該載台之上面的高度一致之方式配置於該載台上。

8.如申請專利範圍第7項之曝光裝置，其中，該載台，包含以使該基板之上面與該載台之上面的高度一致之方式保持該基板之保持具。

9.如申請專利範圍第1至8項中任一項之曝光裝置，其具備：
液體回收裝置，包含設置於該載台上方之回收嘴，由該回收嘴回收從該供應嘴供應至該載台上之液體；

該載台之上面，係藉由該液體供應裝置與該液體回收裝置而局部地被液體液浸。

10.如申請專利範圍第1至8項中任一項之曝光裝置，其中，該載台，包含用以將從該供應嘴供應之液體回收之排出口。

11.如申請專利範圍第1至8項中任一項之曝光裝置，其具備：
控制部，根據該感測器之檢測結果控制該投影光學系統之光學特性。

12.如申請專利範圍第1至8項中任一項之曝光裝置，其中，該感測器，係藉由該受光面，在氣體不從該投影光學系統之前端部通過之情形下接收透過從該供應嘴供應之液體及該光透過構件之該光。

13.一種光檢測方法，係將來自投影光學系統之光透過液體進行檢測，

其包含：

將設置於能相對該投影光學系統移動之載台之光透過構件，配置於來自該投影光學系統之光之光路之動作；

從配置於較該載台更上方之供應嘴將液體供應至該載台上之動作；

在使該光透過構件之第 1 面與從該供應嘴供應之液體接觸之狀態下，使來自該投影光學系統之該光，透過該液體從該第 1 面往該光透過構件內部射入，從該光透過構件之第 2 面射出之動作；及

將從該第 2 面射出之該光，藉由具有與該第 2 面抵接之受光面之受光元件接收之動作。

14.如申請專利範圍第 13 項之光檢測方法，其包含：

使從該第 1 面射入該光透過構件內部之該光，藉由該光透過構件所具有之反射面在該光透過構件內部反射之動作；

該受光元件，係將在該光透過構件內部被該反射面反射後從該第 2 面射出之該光，藉由抵接於該第 2 面之該受光面接收。

15.如申請專利範圍第 13 項之光檢測方法，其中，該受光元件檢測之來自該投影光學系統之光，包含若從該供應嘴未供應液體則在該投影光學系統的前端部被全反射而無法通過該投影光學系統之光。

16.如申請專利範圍第 13 項之光檢測方法，其中，該投影光學系統的像面側的數值孔徑的大小，藉由從該供應嘴供應液體而設定為 1 以上。

17.如申請專利範圍第 13 項之光檢測方法，其中，該投影光學系統係反射折射光學系統。

18.如申請專利範圍第 13 項之光檢測方法，其包含：

將來自該投影光學系統之光的一部分，藉由設置於該投影光學系統與該第 1 面之間之遮光構件遮光之動作。

19.如申請專利範圍第 13 項之光檢測方法，其中，該光透過構件，係以

該第 1 面與該載台之上面的高度一致之方式配置於該載台上。

20.如申請專利範圍第 13 至 19 項中任一項之光檢測方法，其包含：

將從該供應嘴供應至該載台上之液體，由設置於該載台上方之回收嘴回收，將該載台之上面局部地液浸於液體之動作。

21.如申請專利範圍第 13 至 19 項中任一項之光檢測方法，其包含：

將從該供應嘴供應之液體由設置於該載台上之排出口回收之動作。

22.如申請專利範圍第 13 至 19 項中任一項之光檢測方法，其中，該受光元件，係藉由該受光面，在氣體不從該投影光學系統之前端部通過之情形下接收透過從該供應嘴供應之液體及該光透過構件之該光。

23.一種元件製造方法，係在基板上形成元件，其包含：

藉由申請專利範圍第 1~12 項中任一項之曝光裝置將該基板曝光之動作；及

將藉由該曝光裝置曝光後的該基板顯影之動作。

24.一種曝光方法，係藉由來自投影光學系統之光透過液體使基板曝光之液浸式曝光方法，其包含：

藉由申請專利範圍第 13 至 22 項中任一項之光檢測方法，將來自該投影光學系統之光透過液體進行檢測之動作；及

根據藉由該光檢測方法對該光之檢測結果，控制該投影光學系統之光學特性之動作。

25.如申請專利範圍第 24 項之曝光方法，其包含：

藉由該載台保持該基板之動作；

在被保持於該載台之基板上，從該供應嘴供應液體之動作；及

藉由來自該投影光學系統之光，在被保持於該載台之基板透過液體投影光學像之動作。

26.如申請專利範圍第 24 項之曝光方法，其中，該基板係藉由該載台保

持成使該基板之上面與該載台之上面之高度一致。

27.一種元件製造方法，係在基板上形成元件，其包含：

藉由申請專利範圍第 24 至 26 項中任一項之曝光方法將該基板曝光之動作；及

將藉由該曝光方法曝光後的該基板顯影之動作。