

**肆、聲明事項：**

本案係符合專利法第二十條第一項  第一款但書或  第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利  主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本；2003.05.28；2003-151369

2.

3.

4.

5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關在投影光學系統與基板之間，形成液浸區域狀態下，將圖案曝光至基板上之曝光方法及曝光裝置、以及元件製造方法。

### 【先前技術】

半導體元件及液晶顯示元件，係使用將光罩上形成之圖案轉印至感光性基板上之所謂的微影法來加以製造。此微影製程中所使用之曝光裝置，具有支持光罩之光罩載台與支持基板之基板載台，一邊逐次移動光罩載台及基板載台、一邊透過投影光學系統將光罩圖案轉印至基板。近年來，為因應元件圖案更進一步之高積體化，皆要求投影光學系統具有更高的解像度。投影光學系統之解像度，隨著所使用之曝光波長越短、投影光學系統之數值孔徑越大而越高。因此，隨著積體電路之微細化，投影曝光裝置所使用之曝光波長亦年年短波長化，且投影光學系統之孔徑數亦增大。目前，雖仍以 KrF 準分子雷射 248nm 之曝光波長為主流，但波長更短之 ArF 準分子雷射之 193nm 亦日漸實用化。又，在進行曝光時，與解像度同樣的，焦深(DOF)亦非常重要。解像度 R 及焦深  $\delta$  分別以下式定義。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad (2)$$

此處， $\lambda$ 係曝光波長、NA係投影光學系統之數值孔徑、 $k_1$ 、 $k_2$ 係製程係數。根據式(1)、式(2)可知，為提高解像度 $R$ ，而縮短曝光波長 $\lambda$ 、加大孔徑數NA時，焦深 $\delta$ 將變窄。

若焦深變得過窄的話，欲將基板表面對齊投影光學系統之像面將會非常困難，而有曝光動作時裕度(margin)不足之虞。因此，作為一種實質上縮短曝光波長且使焦深廣之方法，例如於國際公開第99/49504號中提出了一種液浸法。

此液浸法，係將投影光學系統之下面與晶圓表面之間，以水、或有機溶劑等液體加以充滿，利用曝光用光在液體中之波長為空氣中之 $1/n$ 倍( $n$ 係液體之折射率，一般為1.2~1.6左右)之特性，來提昇解像度且將焦深擴大至約 $n$ 倍的方法。

惟，使用液浸法時，會因為光罩上之圖案分布等，而使得射入液體(存在於投影光學系統與基板間)之曝光用光產生分布。照射這種曝光用光，將會產生液體之溫度分布，其結果，有可能引起透過液體形成在基板上之圖案像之像面變化(傾斜等)或倍率、畸變等各像差之變動。

#### 【發明內容】

本發明有鑑於此種問題，其目的在提供一種透過投影光學系統與基板間之液體對基板進行液浸曝光時，能高精度進行圖案轉印之曝光方法及曝光裝置、及元件製造方法。

為解決上述問題，本發明採用對應實施形態所示之第 1 圖～第 16 圖之以下構成。但是，各要件括弧中之符號僅係該要件之例示，並非用以限定各要件。

本發明第 1 形態之曝光方法，係透過投影光學系統 (PL) 與基板 (P) 間之液體 (1)，將光罩 (M) 之圖案 (MP) 像投影於基板上，藉以使基板曝光，其特徵在於，包含：

根據射入該液體之曝光用光 (EL) 之分布，來調整圖案像之投影狀態；以及

在該調整後之投影狀態下，使基板曝光。

若依本發明，則即使射入投影光學系統與基板間之液體之曝光用光產生分布，而使液體產生溫度分布，亦能依據該曝光用光之分布調整曝光條件，例如，調整圖案像之投影狀態，即能以期望狀態將圖案轉印至基板上。本說明中，所謂「投影像之投影狀態之調整」，係指不僅調整圖案像之像面位置，而且調整以圖案像之倍率及畸變等成像特性所代表之圖案像狀態。該調整包含用來調整圖案像投影狀態之各種調整，不僅包含圖案像之像面與基板曝光面與基板曝光面位置關係之調整，也包含曝光用光之波長調整、曝光用光之光程中之光學構件之調整(位置調整、溫度調整等)或交換、光罩之位置調整、或調節達到基板之光程之環境(例如，溫度、壓力、氣體濃度)，因此，也包含變更或調節基板與投影光學系統間所供應之液體溫度、流量及成分等。

本發明第 2 形態之曝光方法，係透過投影光學系統

(PL)與基板(P)間之液體(1)，將光罩(M)之圖案(MP)像投影於基板上，據以使基板曝光，其特徵在於，包含：

根據光罩(M)上之圖案(MP)分布，來調整圖案像之投影狀態；以及

在該調整後之投影狀態下，使基板(P)曝光。

若依本發明，即使因光罩上之圖案分布而使射入投影光學系統與基板間之液體之曝光用光產生分布，並因此使液體產生溫度分布，亦能依據光罩上之圖案分布調整圖案像之投影狀態，而能以期望狀態將圖案轉印至基板上。

本發明第 3 形態之曝光方法，係透過投影光學系統(PL)與基板(P)間之液體(1)，將光罩之圖案像投影於基板(P)上，據以使基板曝光，其特徵在於，包含：

在該曝光前，測量透過該投影光學系統(PL)射入該液體(1)之曝光用光的分布資訊；以及

一邊根據該所測量之分布資訊調整圖案像之投影狀態，一邊使基板(P)曝光。

若依本發明，係事先測量射入液體之曝光用光之分布資訊，依據該測量結果在曝光中調整圖案像之投影狀態，如此，即可射入液體之曝光用光產生分布而使得部分液體之溫度變化，亦能一邊高精度調整圖案像之投影狀態，一邊以期望狀態將圖案轉印至基板上。

本發明第 4 形態之曝光方法，係一邊往既定方向移動基板(P)，一邊透過液體藉由投影光學系統(PL)將圖案像投影於該基板上，以使該基板曝光，其特徵在於，包含：

測量與該既定方向(X)交叉方向(Y)之該液體(1)的溫度分布；

根據該所測量之溫度分布資訊，來調整圖案像(MP)之投影狀態；以及

在該圖案像(MP)之投影狀態下，使基板曝光。

若依本發明，當一邊移動基板一邊進行液浸曝光之際，測量與基板移動方向之交叉方向之液體的溫度分布，依據該測量結果調整曝光時圖案像之投影狀態，如此，即使液體溫度產生部分變化，亦能高精度調整圖案像之投影狀態，以期望狀態將圖案轉印至基板上。

本發明第5形態之曝光方法，係透過投影光學系統(PL)與基板(P)間之液體(1)，將光罩之圖案像投影於基板上，據以使基板曝光，其特徵在於，包含：

使用配置在可保持該基板(P)移動之基板載台(PST)上的溫度感測器(90, 91)來測量該液體之溫度分布；以及

使基板載台上之基板曝光。

若依本發明，可使用配置於基板載台之溫度感測器直接測量形成液浸區域之液體溫度分布，藉此能高精度求出液體之溫度分布。並且，能根據所測量之液體溫度分布資訊，適當進行圖案像投影狀態之調整等，以期望狀態將圖案轉印至基板上。

此處，上述調整，如前所述，包含有投影光學系統之成像特性調整(光學特性調整)、透過投影光學系統所形成之像面與基板之位置關係之調整、及用來形成液浸區域之

液體之溫度調整(溫度分布調整)。

本發明第 6 形態之曝光裝置，係透過液體(1)將既定圖案(MP)之像投影於基板上，據以使該基板(P)曝光，其特徵在於，具備：

投影光學系統(PL)，係將該圖案像投影至基板(P)；以及

溫度感測器(90, 91)，配置於該投影光學系統之像面附近而能移動，用來測量該液體之溫度。

若依本發明，可使用能移動之溫度感測器直接測量形成液浸區域之液體溫度與溫度分布。因此，能根據所測量之液體溫度資訊，適當進行圖案像投影狀態之調整等，以期望之狀態將圖案轉印於基板上。

本發明第 7 形態之曝光裝置(EX)，係透過液體將既定圖案像投影至基板(P)，據以使基板曝光，其特徵在於，具備：

投影光學系統(PL)，係將該圖案像投影至基板；

基板載台，係在曝光中用來將該基板移動於既定方向(X)；以及

溫度感測器(81, 82, 90)，係具有為測量該液體溫度而在該既定方向(X)之垂直方向(Y)彼此分離配置的複數個感測元件(81a~81f, 82a~82f, 91)。

若依本發明，可使用複數個感測元件來直接測量在與基板移動方向之交叉方向之液體的溫度分布。因此，能根據所測量之液體溫度資訊，以良好精度實施曝光時圖案像

之投影狀態的調整等。

本發明第 8 形態之曝光裝置(EX)，係透過液體將既定圖案(MP)像投影至基板，據以使基板曝光，其特徵在於，具備：

投影光學系統(PL)，係將該圖案像投影至基板；以及  
液體供應機構(50, 51, 52)，係為了在基板與投影光學系統之間形成該液浸區域，而能從複數個位置(53a~53f, 54a~54f)分別供應溫度相異之液體(1)。

若依本發明，可藉由液體供應機構從複數個位置分別供應溫度相異之液體，據以調整液浸區域之液體溫度分布使其相同。因此，能抑制起因於液體溫度之部分變化所產生之圖案惡化。

本發明第 9 形態曝光裝置，係透過液體(1)將圖案(MP)像投影至基板(P)，據以使基板曝光，其特徵在於，具備：

投影光學系統(PL)，係將該圖案像投影至基板；

感測器(20, 60)，係測定該圖案之分布；以及

控制裝置(CONT)，係根據該感測器所測定之圖案分布，來調整圖案像之投影狀態。

本發明第 10 形態之曝光裝置，係透過液體(1)將圖案(MP)像投影至基板(P)，據以使基板曝光，其特徵在於，具備：

投影光學系統(PL)，係將該圖案像投影至基板；

液體回收機構(例如 52, 52a~52f)，係回收該基板上之液體；以及



溫度感測器(例如 82a~82f)，係測量以該液體回收機構所回收之液體溫度。

本發明第 11 形態之曝光方法，係透過液體將圖案像投影至該基板上，據以使基板曝光，其特徵在於，包含：

依據該圖案像所投影之基板上之液體之溫度分布，設定曝光條件；以及

在該所設定之曝光條件下，使基板曝光。

本發明第 12 形態之元件製造方法，其特徵為使用上述之曝光方法。又，本發明第 13 形態之元件製造方法，其特徵為使用上述之曝光裝置 EX。若依本發明，可提供一種具有以良好之圖案轉印精度來形成之圖案，能發揮期望性能的元件。

#### 【實施方式】

以下，一面參照圖式，一面說明本發明曝光裝置之實施形態，但本發明不限於下述實施形態。

#### 《第 1 實施形態》

第 1 圖係表示本發明曝光裝置之第 1 實施形態之概略構成圖。第 1 圖中，曝光裝置 EX 主要具備：光罩載台 MST(係支持光罩 M)、基板載台 PST(係支持基板 P)、照明光學系統 IL(係用曝光用光 EL 來照明支持於光罩載台 MST 之光罩 M)、投影光學系統 PL(係將被曝光用光 EL 照明之光罩 M 之圖案像加以投影曝光於支持於基板載台 PST 之基板 P)、控制裝置 CONT(係統籌控制曝光裝置 EX 全體之動作)、記憶裝置 MRY(係連接於控制裝置 CONT，儲存有

含光罩 M 之圖案 MP 分布資訊、與曝光動作相關之各種資訊)。

本實施形態之曝光裝置 EX，係為了實質縮短曝光波長以提高解析度並同時顧及焦深之擴大，而使用液浸法之液浸曝光裝置，其具備將液體 1 供應至基板 P 上的液體供應機構 10，以及用以自基板 P 上回收液體 1 的液體回收機構 30。本實施形態中，液體 1 係使用純水。曝光裝置 EX，至少在將光罩 M 的圖案像轉印至基板 P 上的期間，使用液體供應機構 10 所供應的液體 1，在基板 P 上之至少一部分(局部的，包含投影光學系統 PL 之投影區域 AR1)形成液浸區域 AR2。具體而言，曝光裝置 EX，係在投影光學系統 PL 前端部配置之光學元件 2 及基板 P 表面(曝光面)之間充滿液體 1，透過此投影光學系統 PL 與基板 P 間之液體 1 及投影光學系統 PL，將光罩 M 之圖案像投影至基板 P 上，據以使基板 P 曝光。

本實施形態之曝光裝置本體 EX，係以使用一邊使光罩 M 與基板 P 於掃描方向以彼此不同之面向(反方向)同步移動，一邊將光罩 M 上所形成之圖案曝光至基板 P 的掃描型曝光裝置(所謂之掃描步進器)為例，來作說明。以下之說明中，係取與投影光學系統光軸 AX 一致的方向為 Z 軸方向，與 Z 軸方向垂直之平面內取光罩 M 與基板 P 之同步移動方向(掃描方向)為 X 軸方向，取與 Z 軸方向及 Y 軸方向垂直之方向為 Y 軸方向(非掃描方向)。此外，取繞 X 軸、Y 軸、及 Z 軸(傾斜)方向分別為  $\theta X$  方向、 $\theta Y$  方向、

及  $\theta Z$  方向。又，此處所指之「基板」包含在半導體晶圓上塗布光阻者，所謂之「光罩」則包含其上形成欲縮小投影至基板上之元件圖案之標線片。

照明光學系統 IL，係用來以曝光用光 EL 照明被光罩載台 MST 所支持之光罩 M，具有：曝光用光源，用以使曝光用光源所射出之光束照度均勻化之光學積分器，用以將來自光學積分器之曝光用光 EL 加以聚光之聚光透鏡，中繼透鏡系統，及可變視野光闌(用來將曝光用光 EL 照射於光罩 M 上之照明區域設定成狹縫狀)等。光罩 M 上之既定照明區域，係使用照明光學系統 IL 以照度分佈均勻之曝光用光 EL 來加以照明。從照明光學系統 IL 射出之曝光用光 EL，例如係使用從水銀燈射出之紫外線帶之亮線(g 線、h 線、i 線)以及 KrF 準分子雷射光(波長 248nm)等之遠紫外光(DUV 光)、ArF 準分子雷射光(波長 193nm)及 F<sub>2</sub> 雷射光(波長 157nm)等之真空紫外光等。本實施形態，係使用 ArF 準分子雷射光。如前所述，由於本實施形態之液體 1 係使用純水，故即使曝光用光 EL 係 ArF 準分子雷射光，也能穿透。純水也能透射紫外域之輝線(g 線、h 線、i 線)及 KrF 準分子雷射光(波長 248nm)等遠紫外光(DUV 光)。

光罩載台 MST 係用來支持光罩 M，能在與投影光學系統 PL 之光軸 AX 垂直的平面內，亦即能在 XY 平面內進行 2 維移動及  $\theta Z$  方向之微小旋轉。光罩載台 MST 係以線性馬達等之光罩載台驅動裝置 MSTD 來加以驅動。光罩載台驅動裝置 MSTD 係以控制裝置 CONT 來加以控制。光罩載

台 MST 上設有移動鏡 50。又，與移動鏡 50 對向之位置設有雷射干涉器 51。光罩載台 MST 上之光罩 M 之 2 維方向位置、及旋轉角，係以雷射干涉器 51 即時加以測量，測量結果被送至控制裝置 CONT。控制裝置 CONT，根據雷射干涉器 51 之測量結果來驅動光罩載台驅動裝置 MSTD，據以進行光罩載台 MST 所支持之光罩 M 之定位。

投影光學系統 PL，係以既定投影倍率  $\beta$  將光罩 M 之圖案投影曝光至基板 P，以複數個光學元件(包含設於基板 P 側前端部之光學元件(透鏡)2)構成，此等光學元件係以鏡筒 PK 來加以支持。構成投影光學系統 PL 之這些光學元件係用鏡筒 PK 加以支持。又，在投影光學系統 PL 中，設置了能調整該投影光學系統 PL 之成像特性(光學特性)之成像特性控制裝置 3。成像特性控制裝置 3，其構成投影光學系統 PL 之複數個光學元件之一部分係由包含可移動之光學元件驅動機構所構成。光學元件驅動機構，可將構成投影光學系統 PL 之複數個光學元件中特定之光學元件往光軸 AX 方向(Z 方向)移動、或相對光軸 AX 傾斜。又，成像特性控制裝置 3，能使光學元件間之空間壓力變動。使用控制裝置 CONT 來控制成像特性控制裝置 3，藉此能調整投影光學系統 PL 之投影倍率、畸變等各種像差及像面位置之投影狀態。

本實施形態中，投影倍率  $\beta$  係例如  $1/4$  或  $1/5$  之縮小系統。又，投影光學系統 PL 可以是等倍系統或放大系統之任一者。又，本實施形態之投影光學系統 PL 前端側

之光學元件 2，係以能裝卸(更換)之方式設於鏡筒 PK。又，前端部之光學元件 2 係從鏡筒 PK 露出，液浸區域 AR2 之液體 1 僅與光學元件 2 接觸。藉此，能防止由金屬所構成之鏡筒 PK 之腐蝕等。

光學元件 2 係以螢石形成。由於螢石與水之親和性高，因此能使液體 1 緊貼於光學元件 2 之液體接觸面 2a 之大致全面。亦即，本實施形態中，係供應與光學元件 2 之液體接觸面 2a 之親和性高的液體(水)1。又，光學元件 2 亦可是與水之親和性高的石英。此外，亦可對光學元件 2 之液體接觸面 2a 施以親水性(親液性)處理，來提高與液體 1 之親和性。

又，曝光裝置 EX 具有聚焦檢測系統 4。聚焦檢測系統 4 係具有發光部 4a 及受光部 4b。從發光部 4a，透過液體 1，從基板 P 表面(曝光面)之斜上方，投射檢出光，用受光部 4b 來接收該反射光。控制裝置 CONT 係控制聚焦檢測系統 4 之動作，且根據受光部 4b 接收光(檢測)之結果，來檢測基板 P 表面對既定基準面之 Z 軸方向之位置(聚焦位置)。又，在基板 P 表面之複數各點，求出各聚焦位置，藉此，聚焦檢測系統 4 也能求出基板 P 之傾斜方向之姿勢。

基板載台 PST 係用來支持基板 P，具備：透過基板保持具來保持基板 P 之 Z 載台 52，用以支持 Z 載台 52 之 XY 載台 53，以及用以保持 XY 載台 53 之基座 54。基板載台 PST 係以線性馬達等之基板載台驅動裝置 PSTD 加以驅

動。此外，當然也可將 Z 載台與 XY 載台設置成一體。藉由驅動基板載台 PST 之 XY 載台 53，進行基板 P 在 XY 方向之位置(與投影光學系統 PL 像面實質上平行方向之位置)控制。

基板載台 PST(Z 載台 52)上設有與基板載台 PST 一起相對投影光學系統 PL 移動之移動鏡 55。又，在移動鏡 55 之對向位置設有雷射干涉器 56。基板載台 PST 上基板 P 之 2 維方向位置及旋轉角，係以雷射干涉器 56 即時加以測量，測量結果輸出至控制裝置 CONT。控制系統 CONT 根據雷射干涉器 56 之測量結果，透過驅動基板載台驅動裝置 PSTD 驅動 XY 載台 53，來進行基板載台 PST 所支持之基板 P 之 X 軸方向及 Y 軸方向的定位。

又，控制裝置 CONT，係透過基板載台驅動裝置 PSTD 驅動基板載台 PST 之 Z 載台 52，來控制 Z 載台 52 所保持之基板 P 在 Z 方向之位置(焦點位置)、以及  $\theta X$ ， $\theta Y$  方向之位置。亦即，Z 載台 52，係根據來自控制裝置 CONT 之指令(根據聚焦檢測系統 4 之檢測結果)而動作，控制基板 P 之聚焦位置(Z 位置)及傾斜角，使基板 P 表面(曝光面)、與透過投影光學系統 PL 及液體 1 形成之像面一致。

在基板載台 PST(Z 載台 52)上，設有包圍基板 P 之輔助板 57。輔助板 57，具有與基板保持具所保持之基板 P 表面大致相同高度的平面。此處，基板 P 之邊緣與輔助板 57 之間雖有 0.1~2mm 程度之間隙，但由於液體 1 之表面張力的關係，液體 1 幾乎不會流入該間隙，即使在基板 P

周緣附近之曝光時，亦能將液體 1 保持在投影光學系統 PL 之下。

液體供應機構 10 係用來將既定液體 1 供應至基板 P 上，主要具有：能供應液體 1 之第 1 液體供應部 11 及第 2 液體供應部 12；第 1 供應構件 13，其係透過具有流路之供應管 11A 連接於第 1 液體供應部 11，具有將此第 1 液體供應部 11 送出之液體 1 供應至基板 P 上之供應口；以及第 2 供應構件 14，其係透過具有流路之供應管 12A 連接於第 2 液體供應部 12，具有將此第 2 液體供應部 12 送出之液體 1 供應至基板 P 上之供應口。第 1、第 2 供應構件 13, 14 係接近基板 P 表面配置，於基板 P 之面方向，彼此設置在不同位置。具體而言，液體供應機構 10 之第 1 供應構件 13 係相對投影區域 AR1 設在掃描方向之一側(-X 側)，第 2 供應構件 14 則係設在另一側(+X 側)。

第 1、第 2 液體供應部 11, 12，分別具備收納液體 1 之容器、及加壓泵等，分別透過供應管 11A, 12A 及供應構件 13, 14 將液體 1 供應至基板 P 上方。又，第 1、第 2 液體供應部 11, 12 之液體供應動作係以控制裝置 CONT 加以控制，控制裝置 CONT 可分別獨立控制第 1、第 2 液體供應部 11, 12 對基板 P 上供應之每單位時間的液體供應量。

液體回收機構 30 係回收基板 P 上之液體 1 者，具備：第 1 及第 2 回收構件 31, 32(具有接近基板 P 之表面配置之回收口)、及第 1 及第 2 液體回收部 33, 34(係透過回收管 33A, 34A)分別連接於該第 1 及第 2 回收構件 31, 32)。

第 1 及第 2 液體回收部 33, 34, 例如, 具備真空泵等吸引裝置及收容所回收之液體 1 之容器等, 透過第 1 及第 2 回收構件 31, 32、以及回收管 33A, 34A, 來回收基板 P 上之液體 1。第 1 及第 2 液體回收部 33, 34 之液體回收動作係藉由控制裝置 CONT 來加以控制。控制裝置 CONT 能分別獨立控制以第 1 及第 2 液體回收部 33, 34 所回收之平均單位時間之液體回收量。

第 2 圖, 係表示液體供應機構 10 及液體回收機構 30 之概略構成的俯視圖。如第 2 圖所示, 投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 係設定成以 Y 軸方向(非掃描方向)為長邊方向之細縫狀(矩形狀)。又, 充滿液體 1 之液浸區域 AR2 係形成於基板 P 上之一部分, 俾包含投影區域 AR1。如前所述, 為形成液浸區域 AR2 而使用之液體供應機構 10 之第 1 供應構件 13, 係對應投影區域 AR1, 被設置於掃描方向的一方(-X 側), 第 2 供應構件 14 係被設置於其相反側之掃描方向的另一方(+X 側)。第 1 及第 2 供應構件 13, 14 係分別形成為以 Y 軸方向為長邊方向之俯視直線狀。又, 第 1 及第 2 供應構件 13, 14 之供應口係分別形成為以 Y 軸方向為長邊方向之細縫狀, 設置成朝向基板 P 之表面。液體供應機構 10 係以第 1 及第 2 供應構件 13, 14 之供應口, 從投影區域 AR1 之 X 方向兩側同時供應液體 1。因此, 本實施形態之液體供應機構 10, 可對投影區域 AR1 從相異之複數個方向位置, 將液體 1 供應至基板 P 上。

液體回收機構 30 之第 1 及第 2 回收構件 31, 32 分別



具有回收口，其係朝向基板 P 之表面連續形成為圓弧狀。並且，藉由彼此對向配置之第 1 及第 2 回收構件 31, 32，來構成大致圓環狀之回收口。第 1 及第 2 回收構件 31, 32 之各回收口係配置成圍繞液體供應機構 10 之第 1 及第 2 供應構件 13, 14 及投影區域 AR1。又，第 1 及第 2 回收構件 31, 32 之各回收口內部，分別設有複數個間隔構件 35。

從第 1 及第 2 供應構件 13, 14 之供應口，供應至基板 P 上之液體 1，係以在投影光學系統 PL 之前端部(光學元件 2)之下端面與基板 P 之間擴散之方式供應。又，流出至投影區域 AR1 及第 1 及第 2 供應構件 13, 14 外側之液體 1，係以配置於第 1 及第 2 供應構件 13, 14 外側之第 1 及第 2 回收構件 31, 32 之回收口加以回收。

第 3 圖係基板載台 PST 之俯視圖。在基板載台 PST(載台 52)上面之既定位置，配置有光電感測器之光感測器 20。第 3 圖所示例中，光感測器 20 係設於基板保持具(保持 Z 載台 52 上之基板 P)以外之位置。光感測器 20 係檢測所照射之光資訊者，具體而言，係檢測所照射光之光量(照度)。光感測器 20 之檢測訊號輸出至控制裝置 CONT。控制裝置 CONT 根據光感測器 20 之檢測結果，求出所照射光之照度及照度分布。又，使基板載台 PST 移動將此光感測器 20 配置於投影光學系統 PL 之下方，即能檢測出通過投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 之照度分布。

光感測器 20 之受光面(檢測區域)之大小可設定成與投影區域 AR1 相等，或設定成較投影區域 AR1 為大。如此

，光感測器 20 能接收通過光罩 M、且通過投影光學系統 PL 之所有曝光用光 EL。此光感測器 20，被設置成其受光於 Z 軸方向之位置，與投影光學系統 PL 之像面(成像面)於 Z 軸方向之位置一致。又，光感測器 20 中，在非掃描方向(Y 軸方向)配置有複數個受光面。由於此等複數個受光面能分別獨立測量照度，因此，以此等複數個受光面所測量之照度輸出值，即直接表示曝光用光 EL 之非掃描方向之照度分布。

移動基板載台 PST，使光感測器 20 與投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 對齊，並如第 1 圖所示，將光罩 M 裝載於光罩載台 MST 上，以曝光用光 EL 用既定之照明區域 IA 來照明該光罩 M，通過光罩 M 及投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 即照射於光感測器 20。由於光罩 M 具有遮光部之銘圖案 MP，因此曝光用光 EL 係以對應光罩 M 之圖案 MP 的照度分布照射於光感測器 20。

光感測器 20，如前所述，係檢測被照射之曝光用光 EL 之 Y 軸方向之照度分布。控制裝置 CONT 根據光感測器 20 之檢測結果，求出照明區域 IA 內之 Y 軸方向之光罩 M 之圖案分布資訊。

其次，就使用上述曝光裝置 EX 將光罩 M 之圖案像曝光至基板 P 之方法，一面參照第 4 圖之流程圖一面加以說明。此處，本實施形態之曝光裝置 EX，係一面將光罩 M 與基板 P 移動於 X 軸方向(掃描方向)，一面將光罩 M 之圖案像投影曝光至基板 P。於掃描曝光時，將對應照明區域

IA 之光罩 M 的部分圖案像，投影至投影光學系統 PL 前端部正下方之細縫狀(矩形狀)之投影區域 AR1。此時，相對投影光學系統 PL，光罩 M 係以速度 V 往 -X 方向(或 +X 方向)移動，與此同步的，基板 P 則係透過 XY 載台 53 以速度  $\beta \cdot V$  ( $\beta$  係投影倍率)往 +X 方向(或 -X 方向)移動。在基板 P 上設定有複數個照射區域(SA)，在對 1 個照射區域(SA)曝光完成後，基板 P 步進移動，基板上之下一照射區域(SA)即移動至掃描開始位置。之後，藉由步進掃描(step & scan)方式，一面移動基板 P 一面對各照射區域 SA 依序進行掃描曝光處理。

在用來製造元件之液浸曝光處理前，係在光罩載台 MST 未裝載光罩 M 之狀態下，以下述方式測量曝光用光 EL 之照度分布。控制裝置 CONT，以照明光學系統 IL 射出曝光用光 EL，控制照明光學系統 IL 及基板載台 PST，俾使用基板載台 PST 上之光感測器 20 接收通過投影光學系統 PL 之曝光用光 EL。以此方式，測量基板載台 PST 上(投影光學系統 PL 之像面側)之曝光用光 EL 之照度分布。藉此，求出不透過光罩 M 之投影光學系統 PL 之像面側之曝光用光 EL 之照度(基準照度)。所測量之基準照度儲存於記憶裝置 MRY。

接著，將光罩 M 裝載於光罩載台 MST。控制裝置 CONT 在將光罩 M 裝載於光罩載台 MST 之狀態下，使用光感測器 20，求出通過光罩 M 及投影光學系統 PL 之投影光學系統 PL 像面側之曝光用光 EL 之照度分布。第 5 圖係

表示用光感測器 20 來測量透過光罩 M 及投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 之照度分布狀態之示意圖。控制裝置 CONT，如第 5 圖所示，移動基板載台 PST，進行光感測器 20 與投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 之位置對齊。於此狀態下，從照明光學系統 IL 射出曝光用光 EL，通過光罩 M 及投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 及照射於光感測器 20。又，第 5 圖中，在光罩 M 上之圖案區域 PA 中，+Y 側大致一半區域之鉻圖案(遮光部)MP 的密度較高，在圖案區域 PA 內 X 方向之任一位置亦為此種密度分布。此時，曝光用光 EL 在光罩 M 上之照明區域(照射區域)IA，係被設定為在光罩 M 上之圖案區域 PA 內延伸於 Y 軸方向之細縫狀，該 Y 軸方向之兩端部位於遮光帶 SB 上。光罩 M 上之照明區域 IA 所包含之部分圖案係投影於投影光學系統 PL 之投影區域 AR1。光感測器 20 係接收對應照明區域 IA 內之圖案分布之曝光用光 EL。控制裝置 CONT 根據光感測器 20 之檢測結果，求出 Y 軸方向之照度分布，亦即求出射入液體 1(在液浸曝光時形成液浸區域 AR2 之液體 1)之曝光用光 EL 在 Y 軸方向之射入能量分布。

進一步，控制裝置 CONT 控制照明光學系統 IL 及基板載台 PST，在光罩 M 上之照明區域 IA，一面照射曝光用光 EL，一面相對曝光用光 EL，使支持光罩 M 之光罩載台 MST 往 X 軸方向移動。藉此，在光罩 M 之圖案區域 PA 之全面，依序照射曝光用光 EL。此時，光感測器 20(基板載台 PST)不移動。光罩 M(光罩載台 MST)之位置係使用雷

射干涉計 51 來加以測量。控制裝置 CONT 根據以雷射干涉計 51 所測量之光罩 M 之 X 軸方向位置的測量結果、及此時通過光罩 M 之照明區域 IA 之曝光用光 EL 之光感測器 20 之檢測結果，求出光罩 M 之掃描方向(X 軸方向)各位置之曝光用光 EL 之照度分布，求出透過投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 之照度分布資訊(步驟 S1)。

其次，控制裝置 CONT 根據不透過光罩 M 所檢測之曝光用光 EL 之照度資訊(基準照度)、與透過光罩 M 所檢測之曝光用光 EL 之照度資訊，求出光罩 M 之圖案分布(圖案之密度分布)(步驟 S2)。透過光罩 M 及投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 之照度分布與光罩 M 之圖案分布係彼此對應。因此，控制裝置 CONT 係從透過光罩 M 所檢測之曝光用光 EL 之照度分布，減去相當於上述基準照度之照度分布部分，即能求出光罩 M 之圖案分布。所求出之光罩 M 之圖案分布資訊被儲存於記憶裝置 MRY。

接著，控制裝置 CONT 根據用來製造元件之液浸曝光時所應設定之曝光量(基板 P 上之照度)、上述所求出之光罩 M 之圖案分布資訊、及液浸曝光條件，來推定(算出)液浸曝光時之液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度變化資訊。具體而言，控制裝置 CONT 係求出液浸區域 AR2 之液體溫度分布之變化(步驟 S3)。此處，液浸曝光條件(參數)，包含基板 P 之移動速度、比熱等液體 1 之材料特性，及來自液體供應機構 10 之每單位時間之液體供應量(流速)。又，對應上述參數之光罩 M 之圖案分布與液體溫度變化量(分布)之

關係，係預先儲存於記憶裝置 MRY，控制裝置 CONT 根據此儲存之關係，算出液體溫度分布。又，前述關係，例如，可預先以實驗或模擬方式來加以求出。以下之說明中，包含液體溫度變化量及液體溫度分布，適當的稱為「液體溫度分布資訊」。

此外，作為上述參數，也可追加液體回收機構 30 之每單位時間之液體回收量。

其次，控制裝置 CONT 根據前述液體溫度分布資訊，求出像特性變化量(含透過透過投影光學系統 PL 與液體 1 之像面位置變化)及變化分布(步驟 S4)。又，以下之說明中，將包含像特性變化量及變化分布適當的稱為「像特性變化資訊」。

接著，參照第 6 圖及第 7 圖，來說明對應光罩 M 上圖案 MP 分布之投影光學系統 PL 與基板 P 間之液體 1 的溫度變化。第 6 圖係表示透過投影光學系統 PL 及液浸區域 AR2 之液體 1，對光罩 M 之圖案 MP 進行液浸曝光狀態之示意圖，第 7 圖係表示液體溫度分布之示意圖。又，第 6 圖中，為便於說明，液體 1 之圖示予以省略。如第 6 圖所示，光罩 M 上之圖案區域 PA 之大致一半係鉻圖案 MP 之密度為高區域時，由於高密度區域之光透射率較低，故與基板 P 上之投影區域 AR1 之一半相較，射入另一半之曝光用光 EL 更多。據此，依據光罩 M 之圖案分布，射入投影光學系統 PL 與基板 P 間之液體 1 之曝光用光 EL 產生光量分布(照度分布)，並如第 7 圖所示，在液體 1 中，產生用

虛線所示之 Y 軸方向的溫度傾斜(溫度分布之變化)。由於液體 1 之溫度變化會導致液體 1 之折射率變化，故第 7 圖所示之情形中，會依據液體 1 之溫度變化而主要在 X 軸周圍產生傾斜之像面變化。亦即，由於液體之折射率受液體溫度影響而變化，因此光進入液體後通過時之折射角亦具有溫度依存性，其結果，像產生變形(在 Y 方向產生像之部分縮小或放大)。

因此，控制裝置 CONT 根據光罩 M 上之圖案分布、及射入投影光學系統 PL 與基板 P 間之液體 1 之曝光用光 EL 之光量分布，求出液體 1 之溫度分布資訊，根據此求出之溫度分布資訊，來預測像特性變化(像面之位置變化等)。

控制裝置 CONT 根據所求出之像特性變化資訊，求出修正該像特性之修正量(修正資訊)(步驟 S5)。此處，參照第 8 圖說明求出修正量步驟之一例。又，以下，為簡化說明，係針對由於液體 1 之溫度分布變化，使得透過投影光學系統 PL 與液體 1 所形成之像面位置產生變化之情形加以說明。投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 之 Y 軸方向之照度分布，例如，如第 8(a)圖所示，曝光量(照度)至 +Y 方向之某位置為一定，然後，增大至既定值後，進一步該既定值為一定時，透過投影光學系統 PL 與液體 1 所形成之像面，亦同樣的對應溫度分布而成為第 8(b)圖所示之狀態。因此，控制裝置 CONT 係如第 8(c)圖所示，將所求出之像特性變化成分(像面位置變化成分)區分為偏置成分的 0 次成分、傾斜成分的 1 次成分、及高次成分的複數成分

，且針對上述各成分分別求出修正量。修正量，可如以下般進行曝光裝置之控制據以進行修正。例如，針對像面變化之 0 次成分及 1 次成分，修正基板載台 PST 之驅動(姿勢)，藉此，來修正透過投影光學系統 PL 與液體 1 所形成之像面與基板 P 表面之位置關係，針對高次成分，驅動投影光學系統 PL 之成像特性裝置 3，藉此來加以修正。本實施形態，因投影區域 AR1 係往 Y 軸方向延伸之細縫狀，故掃描曝光中之基板載台 PST 之位置調整最佳係進行主要有關 Z 軸方向之位置調整(聚焦調整)、及  $\theta X$  方向之傾斜調整(橫搖調整)。當然，當投影區域 AR1 之 X 軸方向之寬度大時，為了使像面與基板表面之位置一致，係在掃描曝光中，進行  $\theta Y$  方向之傾斜調整(俯仰調整)。控制裝置 CONT 將對應光罩 M 之掃描方向(X 軸方向)之位置的修正量(修正資訊)儲存於記憶裝置 MRV。

求出用來使透過投影光學系統 PL 與液體 1 所形成之像面與基板 P 表面之位置一致的修正量後，控制裝置 CONT 根據前述所求出之修正量，一面調整基板 P 之姿勢(基板 P 之傾斜、Z 軸方向之位置)，一面進行液浸曝光處理(步驟 S6)。亦即，如第 1 圖所示，控制裝置 CONT 使用基板搬送系統，將基板 P 裝載於基板載台 PST 後，驅動液體供應機構 10，開始對基板 P 上之液體供應動作。為了形成液浸區域 AR2，從液體供應機構 10 之第 1 及第 2 液體供應部 11, 12 分別送出之液體 1 透過供應管 11A, 12A 及第 1 及第 2 供應構件 13, 14，供應至基板 P 上，在投影光學系



統 PL 與基板 P 間，形成液浸區域 AR2。此時，第 1 及第 2 供應構件 13, 14 之供應口係配置於投影區域 AR1 之 X 軸方向(掃描方向)兩側。控制裝置 CONT 從液體供應機構 10 之供應口，在投影區域 AR1 之兩側，執行同時進行向基板 P 上供應液體 1 之控制。藉此，供應於基板 P 上之液體 1 係在基板 P 上形成較投影區域 AR1 為廣之液浸區域 AR2。

本實施形態中，從投影區域 AR1 之掃描方向兩側對基板 P 供應液體 1 時，控制裝置 CONT 係控制液體供應機構 10 之第 1 及第 2 液體供應部 11, 12 之液體供應動作，於掃描方向，將從投影區域 AR1 前方供應之每單位時間之液體供應量，設定成多於從其相反側供應之液體供應量。例如，在使基板 P 一邊移動於 +X 方向、一邊進行曝光處理時，控制裝置 CONT 係將從 -X 側(即供應口 13A)對投影區域 AR1 之液體量設定成多於從 +X 側(即供應口 14A)之液體量。相反的，在使基板 P 一邊移動於 -X 方向、一邊進行曝光處理時，則係將從 +X 側對投影區域 AR1 之液體量設定成多於從 -X 側之液體量。

又，控制裝置 CONT 控制液體回收機構 30 之第 1 及第 2 液體回收部 33, 34，與液體供應機構 10 進行之液體 1 之供應動作同時進行基板 P 上之液體回收動作。藉此，從第 1 及第 2 供應構件 13, 14 之供應口供應、而流出至投影區域 AR1 外側之基板 P 上之液體 1，係從第 1 及第 2 液體回收部 33, 34 之回收口加以回收。如此，由於液體回收機構 30 之回收口係設置成圍繞投影區域 AR1，故能從回收

口有效回收基板 P 上之液體 1。

又，控制裝置 CONT，係根據儲存於記憶裝置 MRV 之修正資訊、與聚焦檢測系統 4 所檢測之基板 P 表面之位置資訊檢測結果，一邊透過成像特性控制裝置 3 與基板載台驅動裝置 PSTD 控制基板 P 與與像面 Z 軸方向之位置及傾斜關係，一邊進行液浸曝光。

如此，在因光罩 M 之圖案分布，亦即因射入投影區域 AR1 之曝光用光 EL 之分布而產生液體 1 之溫度分布變化導致像面位置變化之情形時，亦能一面使透過投影光學系統 PL 與液體 1 所形成之像面與基板 P 表面(曝光面)大致一致，一面對基板 P 上之照射區域 SA 進行掃描曝光。藉此，即能在基板 P 上以高精度形成期望之圖案。

如以上之說明，進行調整液浸掃描曝光中基板 P 之位置及姿勢、以及調整使用成像特性控制裝置之投影光學系統 PL 之像面位置等投影狀態之調整，以根據光罩 M 之圖案 MP 之分佈資訊將期望之圖案像投影至基板 P 上，即能以良好之精度轉印圖案。

又，上述第 6 圖及第 7 圖所示之例，係針對光罩 M 上之照明區域 IA 內之圖案分布隨著光罩 M 之移動不太變化之情形作了說明，但一般來說，光罩 M 上之曝光用光 EL 之照明區域 IA 內之圖案分布會隨著光罩 M 之移動而變化。此時，隨著該光罩 M 之移動，射入投影區域 AR1(液體 1)之曝光用光 EL 之分布亦會變化。由於會因該曝光用光 EL 之分布變化而使液體 1 之溫度分布變化，因此像面之位

置亦會視液體 1 之溫度分布而變化。如此一來，投影至基板 P 上之圖案恐有惡化之虞。

然而，本實施形態中，控制裝置 CONT 儲存有對應光罩 M 之掃描方向(X 軸方向)位置的修正資訊，在基板 P 之照射區域 SA 之曝光中視光罩 M 之位置(雷射干涉計 51 之測量結果)讀出該修正資訊，故能將基板 P 之表面(曝光面)對準像面。

本實施形態中，在光罩 M 於非掃描方向(Y 軸方向)之圖案分布變化較少時，也可僅考慮隨著光罩 M 之移動所產生之照明區域 IA 內之圖案分布變化，亦即，僅考慮射入液體 1 之曝光用光 EL 之強度變化。此種情形下，控制裝置 CONT 係求出有關 X 軸方向，求出光感測器 20 所測量之投影區域 AR1 之 Y 軸方向(長方向)之照度分布之累計值(累計光量分布)，將所求得之累計值對應光罩 M 之 X 軸方向之位置，如此，即能求出隨著光罩 M 之移動之照明區域 IA 內之圖案分布之變化。

又，本實施形態中，雖係視像面變化(起因於液體 1 之溫度變化)調整基板 P 之表面位置、或使用成像特性控制裝置移動投影光學系統 PL 之部分光學元件，來變動光學元件間空間之壓力，據以調整像面位置，但亦可僅進行基板 P 之表面位置調整與像面位置之調整的任一方。又，亦可用光罩載台 MST 來移動 M 之位置、或進行曝光用光波長之微調整，以調整像面位置。此外，像面位置之調整，亦可藉由移動、或更換照明光學系統 IL 之部分光學構件，來

加以達成。再者，亦可調整曝光用光 EL 之光程中之光學構件(包含投影光學系統 PL)之溫度。

又，本實施形態中，雖係針對液體 1 之溫度(分布)變化所起因之像面變化之修正作了說明，但不僅是像面變化，在倍率或畸變等成像特性根據液體 1 之溫度分布而產生變化時，只好依據光罩 M 之圖案 MP 之分布資訊(亦即，射入液體 1 之曝光用光 EL 之分布)，進行投影成像特性之調整即可。成像特性之調整，與像面位置之調整同樣的，可藉由移動投影光學系統 PL 之部分光學元件、或調整光學元件間空間之壓力來加以達成。此外，移動光罩 M、或對曝光用光 EL 之波長進行微調整皆能達成。

又，成像特性之調整，亦可藉由移動、或更換照明光學系統 IL 之部分光學構件來加以達成。再者，也可調整曝光用光 EL 光程中之光學構件(包含投影光學系統 PL)之溫度。

又，就成像特性之調整而言，也可調整曝光用光 EL 之偏光狀態及波面狀態。

本實施形態中，在液浸掃描曝光中調整基板 P 表面、與透過投影光學系統 PL 及液體 1 形成之像面間的位置時，係以聚焦檢測系統 4 來檢測基板 P 表面位置，根據該聚焦檢測系統 4 之檢測結果，驅動基板載台 PST 以調整基板 P 之位置及狀態。此處，從聚焦檢測系統 4 之投光部 4a 從斜上方投射至基板 P 表面的檢測光，係通過液體 1 中，其折射率會依據液體 1 之溫度變化而產生變化，而有可能使

基板 P 表面之聚焦檢測值產生誤差。此時，係在記憶裝置 MRV 中，事先儲存液體 1 之溫度(溫度變化量)與折射率(折射率變化量)之關係，根據步驟 S3 所求出之液體 1 之溫度變化資訊與該關係，求出液體 1 之折射率。在考慮液體 1 之厚度下，根據所求出之折射率來修正聚焦檢測值。藉此，由於即使液體 1 之溫度產生變化時，也能求出基板 P 表面位置資訊，因此能更正確的進行基板 P 之表面與像面之對齊作業。再者，根據記憶裝置 MRV 中所儲存之液體 1 之溫度與折射率的關係，來修正根據聚焦檢測系統之檢測值的像面與基板表面之位置關係的調整量。

根據上述光罩 M 之圖案分布之測量、與該測量結果求出液體溫度分布資訊及像特性變化資訊，最好是至少在每次更換光罩 M 時進行，在不更換光罩 M 時，亦可定期進行。此外，藉由事先將光罩 M 之圖案分布資訊儲存於記憶裝置 MRV，在使用既定之光罩 M 後，暫時加以卸載，再度使用該光罩 M 之際，即能省略光罩 M 之圖案分布測量，而直接使用事先儲存於記憶裝置 MRV 之圖案分布資訊。

又，本實施形態中，雖係求出光罩 M 之圖案分布資訊，但也可直到使用光感測器 20 所測量之照度分布資訊，來求出液體之溫度分布之變化。此時，液體 1 之溫度，會依據光罩 M 之圖案密度及曝光用光源之輸出、用來形成液浸區域 AR2 之每單位時間之液體供應量(或流速)、液體與基板 P 之比熱等各種參數而變化。此時，可在記憶裝置

MRY 中，以資料表事先儲存考慮了此等參數之照度分布與液體溫度變化量之關係。照度分布與液體溫度變化量之關係，亦可事先進行實驗來加以驗證。又，在使用能變更形成液浸區域 AR2 之液體 1 種類的液浸曝光裝置時，只要將對應此等各液體之資料表事先儲存在記憶裝置 MRV 即可。

投影光學系統 PL 與基板 P 間之液體 1 之溫度，被認為會因曝光用光 EL 在基板 P 表面之反射光而變化。此時，可將該基板 P 表面之反射率作為該資料表之參數之一。

又，本實施形態中，係將光罩 M 裝載於光罩載台 MST 後，使用搭載於基板載台 PST 上之光感測器 20，來測量透過投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 之分布資訊，並根據此測量結果，測量光罩 M 之圖案 MP 之分布，但亦可例如，從設計值求出光罩 M 之圖案分布資訊(例如，光罩各位置之密度、透射率)，將該值儲存於記憶裝置 MRV，在進行液浸掃描曝光時，考慮該事先儲存之分布資訊，預測液體 1 之溫度變化與溫度分布變化，根據該預測結果進行像特性調整與基板位置調整等投影狀態的調整。

又，如第 9 圖所示，也可在與光罩載台 MST 不同之位置，設置測量光罩 M 之圖案分布之圖案測量裝置 60。如第 9 圖所示，圖案測量裝置 60，具備：設在支持於支持部 66 之光罩 M 上方、對在光罩 M 照射測量用光的投光部 61，以及設在光罩 M 之下方、根據照射於光罩 M 之測量光接收透射過光罩 M 之光的受光部 62。光罩 M 係對投光部

61 及受光部 62，一邊往 X 軸方向相對移動、一邊從投光部 61 照射測量用光。受光部 62 係一邊與投光部 61 同步移動、一邊接收光罩 M 之透射光，藉此來接收穿透光罩 M 之圖案區域 PA 全面之測量光的透射光。此處，光罩 M 與投光部 61 及受光部 62 之相對移動，可在固定投光部 61 及受光部 62 位置之狀態下使光罩 M 與支持部 66 一起往 X 軸方向移動，亦可在固定光罩 M 位置之狀態下使投光部 61 及受光部 62 同步往 X 軸方向移動，也可使光罩 M 與投光部 61 及受光部 62 之雙方彼此逆向往 X 軸方向移動。

受光部 62 之測量結果係輸出至控制裝置 CONT，且控制裝置 CONT 根據受光部 62(圖案測量裝置 60)之測量結果，求出光罩 M 之圖案分布。以圖案測量裝置 60 所測量之光罩 M 之圖案密度的相關資訊係儲存於記憶裝置 MRY。然後，在進行液浸掃描曝光之際，根據從該事先儲存之圖案分布求出之修正資訊，進行像特性調整與基板位置調整(投影狀態之調整)。

又，透過支持於光罩載台 MST 之光罩 M 及投影光學系統 PL，到達基板載台 PST(投影光學系統 PL 之像面側)之曝光用光 EL 之照度分布，有可能不對應光罩 M 之圖案(圖案分布)。但是，即使在這種情形下，亦能如上述般，取代從基板載台 PST 上之光感測器 20 所測量之照度分布求出光罩之圖案分布，而直接求出液體之溫度分布變化，進行像特性之調整及基板 P 之狀態調整，即能將圖案良好地轉印至基板 P。

又，本實施形態中，作為光感測器 20，雖係使用在非掃描方向具有複數個受光面者，但亦可藉由基板載台 PST 使具有小受光面之光感測器往 X 軸方向或 Y 軸方向或該兩方移動，以求出曝光用光 EL 之照度分布。

### 《第 2 實施形態》

其次，參照第 10 圖，說明本發明之曝光裝置之第 2 實施形態。本實施形態，為避免因光罩 M 之圖案分布(射入投影區域 AR1 之曝光用光 EL 之分布)而使液浸區域 AR2 之液體 1 產生溫度分布，亦即，係調整液體 1 之溫度分布使用其均勻化，來進行投影狀態之調整。特別是將與掃描方向(X 軸方向)正交之方向之 X 軸方向之分布調整得均勻化。又，本實施形態，除液體供應機構外，具有與第 1 實施形態相同之構成。此處，在以下之說明中，與上述第 1 形態相同或同等之構成部分係賦予附相同符號，並簡化或省略其說明。

第 10 圖中，液體供應機構 50 具備第 1 液體供應部 51 與第 2 液體供應部 52。於第 1 液體供應部 51，連接有複數條供應管 51a、51b、51c、51d、51e、51f 之一端部，於另一端部，接近基板 P 設置沿非掃描方向(Y 軸方向)配置之複數個供應口 53a、53b、53c、53d、53e、53f。同樣地，於第 2 液體供應部 52，連接有複數條供應管 52a、52b、52c、52d、52e、52f 之一端部，於另一端部，接近基板 P 設置沿非掃描方向(Y 軸方向)配置之複數個供應口 54a、54b、54c、54d、54e、54f。液體供應機構 50 之供應口



53a~53f、54a~54f 係相對投影區域 AR1(之中心)，於複數個方向、且隔相異之距離設置。本實施形態中之供應口 53a~53f、54a~54f 係分別排列於 Y 軸方向配置，從 Y 軸方向分離之位置分別供應液體 1。

又，第 1 及第 2 液體供應部 51, 52 具備連接於各供應管 51a~51f、52a~52f 之複數個溫度調整機構，能分別從各供應口 53a~53f、54a~54f，將溫度相異之液體 1 供應至基板 P 上。亦即，為了形成本實施形態之液浸區域 AR2，將液體 1 供應至基板 P 之液體供應機構 50，能從複數個位置分別供應溫度相異之液體 1，液體 1 之供應係在複數個位置進行，視液體供應位置、亦即能分別視各供應口 53a~53f、54a~54f 之位置，使液體 1 之溫度相異。供應口 53a~53f、54a~54f，能分別從與掃描方向之 X 軸垂直之 Y 軸方向分離的複數個位置，分別供應溫度相異之液體 1。

又，在本實施形態中，液體 1 之供應並不以第 1 液體供應部 51 與第 2 液體供應部 52 之雙方同時進行，而係視基板 P 之掃描方向切換使用。亦即，在一邊使基板 P 往 +X 方向移動、一邊進行掃描曝光時，係使第 1 液體供應部 51 動作，從供應口 53a~53f 進行液體 1 之供應，而在一邊使基板 P 往 -X 方向移動、一邊進行掃描曝光時，則係使第 2 液體供應部 52 動作，從供應口 54a~54f 進行液體 1 之供應。

液體供應機構 50 之動作係以控制裝置 CONT 來加以

控制。記憶裝置 MRY 事先儲存有光罩 M 之圖案分布資訊。如先前之說明，射入投影光學系統 PL 與基板 P 間之液體 1 之曝光用光 EL 之分布，會因光罩 M 之圖案分布而產生變化。本實施形態中，控制裝置 CONT 不管曝光用光 EL 之分布為何，皆係根據光罩 M 之圖案分布資訊，控制從液體供應機構 50 之各供應口 53a~53f(或 54a~54f)所供應之液體溫度，以使液體 1 之溫度分布均勻。

例如，在一邊使基板 P 往 +X 方向移動，一邊對基板 P 上之照射區域 SA 進行掃描曝光時，係考慮光罩 M 之圖案分布(射入液體 1 之曝光用光 EL 的分布)，而從供應口 53d、53e、53f 供應與處理室(chamber)內溫度大致相同之 23℃ 的液體 1，從供應口 53a、53b、53c 供應較從供應口 53d、53e、53f 所供應之液體為低溫度之液體。藉此，即使在射入之曝光用光 EL 之分布(照度分布)有傾斜之情形(例如，參照第 8(a)圖)時，亦能藉由通過曝光用光 EL 之液體 1 之溫度分布的均勻化來調整投影狀態，故能將光罩 M 之圖案像高精度投影於基板 P 上。

其次，參照第 10 圖，說明將液浸區域之液體溫度加以均勻化以調整投影狀態的方法。首先，在進行液浸曝光之前，如參照第 4 圖所作之說明，預先求出射入液體 1 之曝光用光 EL 之分布(步驟 S1)，並進一步求出光罩 M 之圖案分布(步驟 S2)及液體 1 之溫度分布(步驟 S3)。此時，步驟 S3，係特別求出在與掃描方向(X 軸方向)交叉方向之 Y 軸方向(非掃描方向)之液體 1 的溫度分布資訊。然後，控制

裝置 CONT 根據所求出之液體分布資訊，分別調整從各供應口 53a~53f 所供應之液體溫度。如此，即能將形成液浸區域 AR2 之液體 1、特別是 Y 軸方向之溫度予以均勻化，且防止因液體溫度分布所引起之圖案像的惡化。

又，本實施形態中，係調整供應至基板 P 上之液體 1 之溫度，以使投影光學系統 PL 與基板 P 間之液體 1 之溫度均勻化，但亦可在曝光用光射入少之部分，射入非曝光用光(不致使光阻感光之紅外線等)來加熱該部分之液體，藉此將液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度分布加以均勻化。

又，本實施形態中，在依據光罩 M 之圖案分布進行投影於基板上之像的調整(投影狀態之調整)時，可組合本實施形態之調整方法與第 1 實施形態之調整方法。例如，關於參照第 8 圖所說明之像面位置變化之 0 次成分，可使用基板載台 PST 來調整基板 P 表面之位置，藉此加以修正。又，關於像面位置變化之 1 次成分，使用成像特性控制裝置 3 等來調整投影光學系統 PL 之像特性，藉此加以修正。此外，針對像面位置變化之高次成分，則調整從複數個供應口 53a~53f 分別供應之液體溫度，藉此來加以修正。

又，本實施形態中，雖係變更從各供應口 53a~53f 供應之液體 1 之溫度，據以使液浸區域 AR2 於非掃描方向之液體溫度分布均勻化，但例如藉由變更從各供應口 53a~53f 每單位時間分別供應之液體供應量，也能使液浸區域 AR2 於非掃描方向之液體溫度分布均勻化。此時，每單位時間之液體供應量越多處，越能抑制液體之溫度上昇，相

反地，每單位時間之液體供應量越少處，即會越促進液體之溫度上昇。又，因從供應口 53a~53f 供應之液體供應量，使形成液浸區域 AR2 之液體 1 對基板 P 造成之壓力變化，而造成基板 P 之表面與圖案像之成像面之位數對準產生誤差時，亦可依據從各供應口 53a~53f 供應之液體供應量，來修正基板 P 之表面與圖案像之成像面之位置關係。

又，本實施形態中，雖係變更從各供應口 53a~53f 供應之液體 1 之溫度，藉此使液浸區域 AR2 於非掃描方向之液體溫度分布均勻化，但為了將圖案像之投影狀態調整成所欲狀態，亦可調整從各供應口 53a~53f 供應之液體 1 之溫度，俾使液浸區域 AR2 於非掃描方向之液體溫度分布變成不均勻。

又，本實施形態中，對投影光學系統 PL 之投影區域 AR1，係從 X 軸方向(掃描方向)之一側進行液體 1 之供應，但也可對投影區域 AR1 從 X 軸方向(掃描方向)之兩側進行液體 1 之供應。又，進一步在 Y 軸方向(非掃描方向)之單側或兩側，設置液體供應口，從 X 軸及 Y 軸方向來供應液體 1 亦可。再者，亦可設置複數個該等液體供應口，從各供應口分別供應溫度相異之液體。

### 《第 3 實施形態》

其次，針對本發明之曝光裝置 EX 之第 3 實施形態，使用第 11 圖來加以說明。本實施形態，係將液體供應機構及液體回收機構變更如下。第 11 圖中，曝光裝置 EX 具備：液體供應機構 10(具有在與 X 軸方向垂直之 Z 軸方向

排列設置之 2 個供應管 71, 72(供應口 71A, 72A)), 以及液體回收機構 30(具有與供應管 71, 72 對向、排列於 Z 軸方向之 2 個回收管 73, 74(回收口 73A, 74A))。液體供應機構 10, 能從各供應口 71A, 72A 分別供應溫度相異之液體。藉此, 能在液浸區域 AR2 中, 形成溫度彼此相異的 2 個液體層 LQ1, LQ2。

使用上述方法供應液體, 例如, 即能隨時以大致相同溫度供應用來形成與投影光學系統 PL 前端部之光學元件 2 接觸之上層液體層 LQ1 的液體 1, 並視光罩 M 之圖案分布(射入之曝光用光的分布), 一邊變更液體溫度、一邊供應與照射曝光用光 EL 而溫度易於上昇之基板 P 表面接觸之下層液體層 LQ2 的液體 1。將用來形成上層液體層 LQ1 之液體 1 隨時調整為一定之溫度, 即能抑制因基板 P 所產生之熱所造成之熱變化傳達至投影光學系統 PL 前端部之光學元件 2。又, 亦可將用來形成下層液體層 LQ2 所供應之液體溫度, 設定成低於用來形成上層液體層 LQ1 所供應之液體溫度。當然, 也可依據光罩 M 之圖案分布(射入之曝光用光之分布), 來變更形成上層液體層 LQ1 之液體 1 之溫度。

又, 從各供應口 71A, 72A 所供應之液體之溫度, 可調整成上層液體層 LQ1 之液體溫度與下層液體層 LQ2 之液體溫度大致相同, 亦可調整成具有溫度差。

此外, 本實施形態中, 供應管及回收管係在 Z 軸方向分別設置 2 個, 但亦可在 Z 軸方向排列配置 3 個以上任意

數之供應管及回收管。如此，液體供應機構 10 能從於 Z 軸方向分離之複數個位置分別供應溫度相異之液體 1。

又，第 11 圖中，雖僅顯示於 X 軸方向分離之一組供應管 71, 72 與回收管 73, 74，但也可在 Y 軸方向並排配置複數組供應管與回收管。

又，本實施形態中，亦能使從各供應口 71A, 72A 每單位時間分別供應之液體供應量相異。此時，可使供應口 71A 與供應口 71B 之供應量相異，俾使液體層 LQ1 之液體與液體層 LQ2 之液體溫度相同，或產生所欲之溫度差。又，亦能使供應口 71A 與供應口 71B 之供應量相異，俾使液體層 LQ1 之液體流動與液體層 LQ2 之液體以大致相同速度流動，或產生所欲之速度差。

#### 《第 4 實施形態》

其次，針對本發明之曝光裝置 EX 之第 4 實施形態，使用第 12 圖加以說明。本實施形態，係設置以下之液體溫度測量器(感測器)，且使用第 1 及第 2 液體供應部來作為液體回收機構。如第 12 圖所示，曝光裝置 EX 具備：溫度感測器 81(為測量液體溫度，具有於 Y 軸方向分離之複數個感測元件 81a~81f)、及溫度感測器 82(具有感測元件 82a~82f)。感測元件 81a~81f 係分別設於供應管 51a~51f。又，感測元件 82a~82f 係分別設於供應管 52a~52f。

本實施形態之第 1 液體供應部 51、第 2 液體供應部 52，分別具有回收基板 P 上之液體 1 之液體回收機構之功能。

。亦即，第 1 及第 2 液體供應部 51, 52 可透過供應口及供應管吸引及回收基板 P 上之液體 1。例如，第 1 液體供應部 51 將液體 1 供應於基板 P 上之期間，第 2 液體供應部 52 係作為液體回收機構，回收基板 P 上之液體 1。所回收之液體 1 在通過供應管(回收管)52a~52f 時，用感測元件 82a~82f 來測量溫度。也就是說，在作為液體回收機構之第 2 液體供應部 52 中，係藉由設在於 Y 軸方向分離之複數個位置之回收口(供應口)54a~54e，來回收基板 P 上之液體 1，且能藉由複數個感測元件 82a~82f，分別測量複數個位置所回收之液體 1 之溫度。同樣地，第 2 液體供應部 52 在將液體 1 供應於基板 P 上之期間，第 1 液體供應部 51 係作為液體回收機構，回收基板 P 上之液體 1。所回收之液體 1 在通過供應管(回收管)51a~51f 時，用感測元件 81a~81f 來測量溫度。

接著，參照第 13 圖所示之流程圖，說明使用第 12 圖所示之曝光裝置 EX 進行液浸曝光之步驟。首先，將光罩 M 裝載於光罩裝載台 MST 上，且將基板 P 裝載於基板載台 PST 上。其次，控制裝置 CONT 分別驅動液體供應機構 50 及液體回收機構 30，在投影光學系統 PL 與基板 P 之間，形成液浸區域 AR2。接著，以曝光用光 EL 照明光罩 M，對基板 P 進行測試曝光(步驟 SB1)。液浸區域 AR2 之液體 1，由於僅被曝光用光 EL 照射對應以 Y 方向作為長邊方向之細縫狀之投影區域 AR1，故主要在 Y 軸方向產生溫度分布。此處，作為基板 P，可使用與元件製造用基板不

同之測試用基板。

例如，為了一邊使基板 P 往 -X 方向移動、一邊進行液浸曝光，而以第 2 液體供應部 52 供應液體時，第 1 液體供應部 51 係作為液體回收機構。因此，基板 P 上之液體 1 係透過回收管(供應管)51a~51f 來加以回收。分別流過回收管 51a~51f 之液體溫度，以各感測元件 81a~81f 來加以測量。各感測元件 81a~81f 之溫度測量結果輸出至控制裝置 CONT。控制裝置 CONT 根據分別排列於 Y 軸方向之複數個感測元件 81a~81f 的檢測結果，求出液體 1 於 Y 軸方向之溫度分布(步驟 SB2)。此處，作為液體回收機構之第 1 液體供應部 51，可作成能回收可測量液體溫度量之液體。

控制裝置 CONT，根據步驟 SB2 所求出之液體溫度分布，為透過投影光學系統 PL 與液體 1 在基板 P 上投影所欲之圖案像，也就是說，為使液浸區域 AR2 之液體 1 於 Y 軸方向之溫度均勻，而求出從連接於第 2 液體供應部 52 之各供應口 54a~54f 所供應之液體溫度的修正量(步驟 SB3)。

其次，控制裝置 CONT 根據所求出之液體溫度之修正量，一面調整從各供應口 54a~54f 供應至基板 P 上之液體 1 之溫度，一面進行用來實際製造元件之液浸曝光(以下，稱為實際曝光)(步驟 SB4)。又，實際曝光時，第 1 液體供應部 51 不作為液體回收部(功能被解除)。

另一方面，在一邊使基板 P 往 +X 方向移動一邊進行



曝光時，第 2 液體供應部 52 係作為液體回收機構，以和上述步驟相同之步驟，進行測試曝光及實際曝光。

此外，本實施形態中，作為投影狀態之調整方法，係在求出液體 1 之溫度分布後(步驟 SB2)，為了將所欲之圖案像投影於基板 P 上，而調整所供應之液體 1 之溫度，但如前所述，即使進行液體 1 每單位時間之供應量調整、基板 P 之位置及狀態調整、投影光學系統 PL 之像特性調整皆可。又，亦可組合進行此等各種調整。

又，本實施形態中，係根據複數個感測元件 81a~81f 之各檢測結果，來調整從各供應口供應之液體溫度，俾使液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度均勻，但也可藉由測試曝光進行形成於基板 P 上之圖案之解析後，再決定從各供應口供應之液體溫度之修正量。此時，也可調整各供應口所供應之液體溫度，俾使液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度不均勻。

#### 《第 5 實施形態》

其次，針對本發明之曝光裝置 EX 之第 5 實施形態，使用第 14 圖來加以說明。本實施形態係使用虛擬基板來求出液體溫度分布。如第 14 圖所示，係在虛擬基板 DP 之表面，設置複數個溫度感測器 90。虛擬基板 DP 具有與元件製造用之基板 P 大致相同之大小及形狀，能配置(能保持)於基板載台 PST(係能保持基板 P 移動之可動構件)。虛擬基板 DP 可裝卸於基板載台 PST。亦即，虛擬基板 DP 上之溫度感測器 90 亦能裝卸於基板載台 PST。

溫度感測器 90 具有設置於虛擬基板 DP 表面之複數個

感測元件 91。感測元件 91，例如，係藉由熱電偶來構成。

在虛擬基板 DP 上，依據照射區域 SA(參照第 6 圖)設定複數個感測器配置區域 SC。該感測器配置區域 SC，係被設定成分別與元件圖案被曝光之照射區域 SA 之大小(形狀)及配置大致相同。本實施形態中，係在 X 軸方向及 Y 軸方向之各 3 處(3×3)，將合計 9 處之感測器配置區域 SC 設定成大致矩陣狀。

感測元件 91，係在各感測器配置區域 SC 配置複數個、俯視呈矩陣狀。本實施形態中，感測元件 91 係在 1 個感測器配置區域 SC，於 X 軸方向及 Y 軸方向分別各設置 5 個(5×5)，合計 25 個。亦即，虛擬基板 DP 上之溫度感測器 90，至少具有在基板 P(虛擬基板 DP)之非掃描方向(Y 軸方向)分離之複數個感測元件 91。

溫度感測器 90 之感測元件 91 之檢測部(探針)係露出在虛擬基板 DP 之表面，能檢測液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度。以基板載台 PST 保持具備此溫度感測器 90 之虛擬基板 DP，即能將測量液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度的溫度感測器 90，以能移動之方式配置在投影光學系統 PL 之像面附近。

又，配置在照射區域 SA(含投影光學系統 PL 之投影區域 AR1)之感測元件 91，係配置在投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 及其附近。藉由在投影區域 AR1 於非掃描方向(Y 軸方向)配置複數個感測元件 91，能測量投影區域 AR1 至少於非掃描方向(Y 軸方向)之溫度分布。

又，於各感測器配置區域 SC，连接有將感測元件 91(溫度感測器 90)之溫度檢測訊號傳送至控制裝置 CONT 的訊號傳輸線(電纜線)93。訊號傳輸線之一端，係連接於各感測器配置區域 SC 之感測元件 91(溫度感測器 90)，另一端則係連接於虛擬基板 DP 外部(基板載台 PST 外部)之控制裝置 CONT。訊號傳輸線 93 係埋設於虛擬基板 DP，從虛擬基板 DP 之端部所引出之訊號傳輸線 93 係連接於控制裝置 CONT。

又，設於虛擬基板 DP 表面之各感測器配置區域 SC，分別施有具不同光反射率之表面處理。具體而言，係對各感測器配置區域 SC，塗覆彼此具有相異光反射率之材料膜。藉此，配置於各感測器配置區域 SC 之感測元件 91(溫度感測器 90)，在透過投影光學系統 PL 及液體 1 照射曝光用光 EL 時，能在彼此相異之光反射條件下測量液體 1 之溫度。

又，在虛擬基板 DP 上，在各感測器配置區域 SC，設有對準標記 94(係為了將感測器配置區域 SC 對齊於既定位置)。對準標記 94 係藉以未圖示之對準系統加以檢測。對準通係根據對準標記 94 之位置檢測結果，對配置於感測器配置區域 SC 之溫度感測器 90(感測元件 91)，求出投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 之位置資訊。其次，使用對準標記 94，將各感測器配置區域 SC 之感測元件 91 與投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 加以對齊。具體而言，係在投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 內，進行位置對齊處理

，俾在感測器配置區域 SC 中，配置感測元件 91(係與配置成矩陣狀之感測元件 91 中之非掃描方向並排)，亦即，進行位置對齊處理，以使複數個感測元件 91 於 Y 軸方向之排列方向，與投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 之長邊方向一致。

接著，針對用第 14 圖之溫度感測器 90 來測量液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度步驟加以說明。在進行用以製造元件之液浸曝光處理前，首先，將光罩 M 裝載於光罩載台 MST，且將具備上述溫度感測器 90 之虛擬基板 DP 裝載於基板載台 PST。其次，控制裝置 CONT 檢測上述對準標記 94 之位置，求出投影光學系統 PL 之投影區域 AR1 與感測器配置區域 SC 之溫度感測器 90 之位置關係，使投影區域 AR1 之長邊方向(Y 軸方向)與感測元件 91 於 Y 軸方向之排列方向一致。其次，控制裝置 CONT 分別驅動液體供應機構 50 及液體回收機構 30，在投影光學系統 PL 與基板 P 之間，形成液浸區域 AR2，且以曝光用光 EL 來照明光罩 M。透過光罩 M 及投影光學系統 PL 之曝光用光 EL 照射於液體 1，液體 1 即因此而產生該曝光用光 EL 之照明分布所引起之溫度分布。控制裝置 CONT，與製造元件時之動作同樣的，一邊使支持光罩 M 之光罩載台 MST、與支持虛擬基板 DP 之基板載台 PST 往 X 軸方向移動，一邊使用配置於基板載台 PST 上之溫度感測器 90，來測量液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度分布。照射區域 SA(投影區域 AR1)之 Y 軸方向之溫度分布、及光罩 M 之 Y 軸方向之圖案分布，

係根據排列於 Y 軸方向之各感測元件 91 之檢測結果，來加以測量。另一方面，照射區域 SA 之 X 軸方向之溫度分布、及光罩 M 之 X 軸方向之圖案分布係對投影區域 AR1，係在 X 軸方向掃描移動之感測器配置區域 SC，根據設置於 X 軸方向之複數個感測元件 91 之各檢測結果來加以測量。藉此，能在對 1 個照射區域 SA 之 XY 方向，測量液體 1 之溫度分布。

此時，控制裝置 CONT 係針對設定於虛擬基板 DP 上之複數個各感測器配置區域 SC，進行溫度分布測量。由於感測器配置區域 SC 係被設定成光反射率分別相異，因此例如，在製造元件時，使用光反射率(具體而言，係光阻種類)相異之基板 P 時，能測量對應各基板 P 之光反射條件的液體溫度分布資訊。

控制裝置 CONT，能根據使用設於虛擬基板 DP 上之溫度感測器 90，所測量之液體 1 之溫度資訊(溫度分布資訊)，透過投影光學系統 PL 與液體 1，執行上述各種動作，俾使所欲之圖案像投影於基板 P 上。例如，求出修正成像特性控制裝置 3 之驅動之修正量，求出掃描曝光時之基板載台 PST 之移動(姿勢)之修正量。又，如上述第 2 實施形態，為使液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度均勻，求出修正從各供應口 54a~54f(53a~53f)(參照第 10 圖)所供應之液體溫度之修正量。該等求出之修正量係儲存於記憶裝置 MRY。

在控制裝置 CONT 進行求出上述修正量之期間，將虛

擬基板 DP 從基板載台 PST 加以卸載，並將元件製造用基板 P 裝載至基板載台 PST。接著，控制裝置 CONT 根據所求出之修正量，調整為形成液浸區域 AR2 所供應之液體 1 之溫度、調整投影光學系統 PL 之像特性、或調整基板載台 PST 之移動(姿勢)，一邊調整透過投影光學系統 PL 與液體 1 所形成之像面與基板 P 表面之位置關係，一邊對基板 P 進行液浸掃描曝光。

第 15 圖係具備溫度感測器 90 之虛擬基板 DP 之另一實施例。第 15 圖中，在虛擬基板 DP 上，設有儲存溫度感測器 90 之溫度檢測訊號的記憶元件 95。具體而言，記憶元件 95 係埋設於虛擬基板 DP。

使用第 15 圖所示之虛擬基板 DP 來檢測液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度時，係在將虛擬基板 DP 保持於基板載台 PST 之狀態下，檢測液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度，該檢測結果儲存於記憶元件 95。其次，進行此測試曝光後，從基板載台 PST 卸下虛擬基板 DP，讀出儲存於記憶元件 95 之溫度檢測結果。控制裝置 CONT 在進行用來製造元件之液浸曝光處理時，根據所讀出之液體溫度資訊，與上述實施形態同樣的，求出用來調整投影光學系統 PL 之像特性的修正量，或求出用來調整形成液浸區域 AR2 之液體 1 之溫度之修正量。又，亦可將記憶元件 95 設置成能裝拆於虛擬基板 DP，在檢測液體 1 之溫度後，從虛擬基板 DP 取下該記憶元件 95，抽出儲存於記憶元件 95 之液體溫度之檢測結果。

如以上說明，藉由在能移動之基板載台 PST 上配置設有溫度感測器 90 之基板，由於能對曝光用光 EL 一邊進行掃描移動、一邊進行液體溫度測量，故能測量對應用來製造元件之照射區域 SA 之液浸區域 AR2 的液體溫度分布。又，藉由在與元件製造用基板 P 大致同一形狀之虛擬基板 DP 上設置溫度感測器 90，即能在投影光學系統 PL 與虛擬基板 DP 之間良好的形成液浸區域 AR2 之狀態下，亦即，能在與元件製造時之液浸曝光條件大致相同條件下，進行溫度測量。此外，可根據此測量結果，高精度進行液浸曝光時之液體 1 之溫度調整。

又，液浸區域 AR2 之溫度分布，如前所述，主要係起因於曝光用光 EL 之照射，例如，也有可能因曝光裝置周圍(液浸區域周圍)之溫度環境而產生。這種情形下，如本實施形態般，以溫度感測器 90 直接測量液體溫度，藉此，即使曝光裝置周圍之溫度環境變動，也能高精度測量液浸區域 AR2 之液體溫度分布。

再者，本實施形態中，檢測液浸區域 AR2 之液體 1 溫度之溫度感測器 90，係設置在虛擬基板 DP(可裝拆於基板載台 PST)上，但亦可直接設於基板載台 PST 之既定位置。又，亦可設置成能裝差於基板載台 PST 之既定位置。或者，也可在基板載台 PST 上之既定區域內，將此溫度感測器 90 設置成能移動。或者，也可在投影光學系統 PL 前端部之光學元件 2 附近，設置檢測液浸區域 AR2 之液體溫度之溫度感測器。

又，上述各實施形態中，主要係為了調整投影狀態，而調整從各供應口供應之液體溫度，但亦可為了其他目的，調整從各供應口供應之液體溫度。例如，亦可調整從各供應口供應之液體溫度，俾使基板 P 成為所欲之溫度分布。

如前所述，本實施形態之液體 1 係以純水構成。使用純水之優點在於，在半導體製造工廠能容易的大量取得，且對基板 P 上之光阻及光學元件(透鏡)等沒有不良影響。此外，純水不至於對環境造成不良影響，且由於雜質之含量極低，因此亦可期待對基板 P 之表面、及對設在投影光學系統 PL 前端面之光學元件表面的洗淨作用。

又，純水(水)對波長為 193nm 左右之曝光用光 EL 的折射率  $n$  被認為在 1.44 左右，而作為曝光用光 EL 之光源而使用 ArF 準分子雷射光(波長 193nm)時，在基板 P 上為  $1/n$ ，亦即 193nm 之波長經純水而成為 134nm 左右之短波長，能獲得高的解像度。再者，由於焦深與空氣中相較約為  $n$  倍，亦即被放大約 1.44 倍左右，因此只要能確保與在空氣中使用時相同程度之焦深即可之情形時，能更進一步的增加投影光學系統 PL 之數值孔徑，就此點而言，亦能提昇解像度。

本實施形態中，係於投影光學系統 PL 之前端安裝有光學元件 2，可藉由此透鏡來調整投影光學系統 PL 之光學特性，例如調整像差(球面像差、彗形像差等)。此外，作為安裝在投影光學系統 PL 前端之光學元件，亦可以是



於投影光學系統 PL 之光學特性調整所使用之光學板。或者，亦可是能使曝光用光 EL 穿透之平行平面板。以較透鏡便宜之平行平面板來作為與液體 1 接觸之光學元件，則在曝光裝置 EX 之搬送、組裝、調整時等，即使在該平行平面板附著會使投影光學系統 PL 之透射率、曝光用光 EL 在基板 P 上之照度、及照度分佈之均勻性降低的物質(例如矽系有機物等)時，只要在供應液體 1 之前一刻更換該平行平面板即可，與使用透鏡作為與液體 1 接觸之光學元件的情形相較，具有更換成本較低之優點。亦即，由於曝光用光 EL 之照射而從光阻產生之飛散粒子、或液體 1 中雜質等之附著會污染與液體 1 接觸之光學元件表面，而必須定期更換該光學元件，但若使用便宜的平行平面板來作為此光學元件，則與透鏡相較不但更換零件的成本低，且能縮短更換所需時間，抑制維修保養費用(運轉成本)的上昇及生產率之降低。

又，在因液體 1 之流動而使投影光學系統 PL 前端之光學元件與基板 P 間之壓力較大時，亦可不採取更換該光學元件之構成，而堅固的固定光學元件以避免因該壓力而移動。

又，本實施形態中，投影光學系統 PL 與基板 P 之間係充滿液體 1 之構成，但亦可以是例如在基板 P 表面安裝由平行平面板所形成之玻璃蓋板的狀態充滿液體 1 之構成。

又，上述實施形態之液體 1 雖為水，但亦可是水以外

之液體，例如，在曝光用光 EL 之光源為  $F_2$  雷射時，由於此  $F_2$  雷射不會穿透水，因此，此時作為液體 1 可使用能使  $F_2$  雷射穿透之例如氟系油（氟系液體）、或全氟化聚醚（PFPE）。又，作為液體 1，除此以外，亦可使用曝光用光之穿透性高且折射率盡可能的高，並且對投影光學系統 PL 及基板 P 表面所塗之光阻安定者（例如杉木油、cedar oil）。此時，亦係視所使用之液體 1 的極性進行表面處理。

又，作為上述各實施形態之基板 P，不僅是半導體元件製造用之半導體晶圓，亦可適用顯示元件用之玻璃基板、薄膜磁頭用陶瓷晶圓、或用於曝光裝置之光罩或標線片原板（合成石英、矽晶圓）等。

作為曝光裝置 EX，除可使用同步移動光罩 M 與基板 P 來掃描曝光光罩 M 之圖案的步進掃描（step & scan）方式之掃描型曝光裝置（掃描步進器）外，亦可適用在光罩 M 與基板 P 靜止狀態下將光罩 M 之圖案予以一次性的曝光，並使基板 P 依序步進移動之步進重複（step & repeat）方式之投影曝光裝置（步進器）。此外，本發明亦能適用於在基板 P 上將至少 2 個圖案加以部分重疊轉印之步進接合（step & stitch）方式之曝光裝置。

又，本發明亦能適用於雙載台型之曝光裝置。關於雙載台型曝光裝置之構造及曝光動作，例如，已揭示於日本專利特開平 10-163099 號及特開平 10-214783 號（對應美國專利第 6,341,007 號、6,400,441 號、6,549,269 號及 6,590,634 號）、特表 2000-505958 號（對應美國專利第

5,969,441 號)或美國專利第 6,208,407 號中，本案在申請國之法令許可範圍內，援用該等之揭示作為本說明書之部分記載。

作為曝光裝置 EX 之種類，本發明並不限於將半導體元件圖案曝光至基板 P 之半導體元件製造用的曝光裝置，亦能廣泛的適用於液晶顯示元件製造用或顯示器製造用之曝光裝置，或用以製造薄膜磁頭、攝影元件(CCD)或標線片、光罩等的曝光裝置等。

於基板載台 PST 或光罩載台 MST 使用線性馬達時，無論是採用空氣懸浮型(使用空氣軸承)或磁氣懸浮型(使用羅倫茲力或反作用)之任一種皆可。又，各載台 PST、MST，可以是沿導軌移動之型式、或不設置導軌之無導軌型式者皆可。使用線性馬達之例，已揭示於美國專利第 5,623,853 號及第 5,528,118 號中，本案在申請國之法令許可範圍內，援用該等之揭示作為本說明書之部分記載。

作為各載台 PST、MST 之驅動機構，可使用將磁鐵 2 維配置之磁鐵單元、與將線圈 2 維配置之電樞單元予以對向，藉電磁力來驅動各載台 PST、MST 之平面馬達。此時，將磁鐵單元與電樞單元之任一方接觸於載台 PST、MST，將磁鐵單元與電樞單元之另一方設在載台 PST、MST 之移動面側即可。

因基板載台 PST 之移動所產生之反作用力，可使用框架構件將其機械性的釋放至地面，以避免傳至投影光學系統 PL。此反作用力之處理方法，例如已詳細的揭示於美國

專利第 5,528,118 號(日本專利特開平 8-166475 號)公報中，本案在申請國之法令許可範圍內，援用該等之揭示作為本說明書之部分記載。

又，因光罩載台 MST 之移動所產生之反作用力，可使用框架構件將其機械性的釋放至地面，以避免傳至投影光學系統 PL。此反作用力之處理方法，例如已詳細的揭示於美國專利第 5,874,820 號(日本專利特開平 8-330224 號)公報中，本案在申請國之法令許可範圍內，援用該等之揭示作為本說明書之部分記載。

如上述般，本案實施形態之曝光裝置 EX，係將包含本案申請專利範圍所例舉之各構成要素的各種次系統，以能保持既定機械精度、電氣精度、光學精度之方式，加以組裝製造。為確保上述各種精度，於此組裝之前後，對各種光學系統進行用以達成光學精度之調整，對各種機械系統進行用以達成機械精度之調整，對各種電氣系統則進行用以達成各種電氣精度之調整。各種次系統組裝至曝光裝置之步驟，包含各種次系統彼此間之機械連接、電氣迴路之連接、氣壓迴路之連接等。此各種次系統組裝至曝光裝置之步驟前，當然有各個次系統之組裝步驟。各種次系統組裝至曝光裝置之步驟結束後，即進行綜合調整，以確保曝光裝置之各種精度。又，曝光裝置的製造以在溫度及清潔度等受到管理的無塵室中進行較佳。

半導體元件等之微元件，係如圖 16 所示，經微元件之功能、性能設計步驟 201，根據此設計步驟製作光罩(標線

片)的步驟 202，製造基板(元件之基材)的步驟 203，使用前述實施形態之曝光裝置 EX 將光罩之圖案曝光至基板的曝光處理步驟 204，元件組裝步驟(含切割製程、結合製程、封裝製程)205，檢查步驟 206 而製造。

若根據本發明，即使因曝光用光之分布或圖案之分布，而導致形成液浸區域之液體亦產生溫度分布，也能根據曝光用光之分布或圖案之分布，來調整圖案像之投影狀態，以期望狀態將圖案轉印至基板上。如此，能製造高性能之元件。又，使用配置在投影光學系統像面附近之溫度感測器，直接測量形成液浸區域之液體溫度，藉此，由於能根據此測量結果將液浸區域之液體調整為期望之溫度狀態，故能以期望狀態將圖案轉印至基板上。

### 【圖式簡單說明】

#### (一)圖式部分

第 1 圖係表示本發明曝光裝置第 1 實施形態之概略構成圖。

第 2 圖係表示構成本發明之曝光裝置一部分之液體供應機構及液體回收機構之概略構成俯視圖。

第 3 圖係構成本發明曝光裝置一部分之基板載台之俯視圖。

第 4 圖係表示本發明曝光方法之一實施形態之流程圖。

第 5 圖係用來說明測量光罩之圖案分布狀態之示意圖。

第 6 圖係用來說明將光罩圖案加以液浸曝光於基板之狀態之示意圖。

第 7 圖係藉由液體之溫度分布，透過投影光學系統及液體，來說明像面位置變化情形之示意圖。

第 8(a)~(c)圖係表示依據曝光用光之分布，為了修正像面之位置變化，求出修正量步驟之示意圖。

第 9 圖係表示測量光罩圖案分布之其他方法之示意圖。

第 10 圖係表示本發明曝光裝置之第 2 實施形態之概略構成圖。

第 11 圖係表示本發明曝光裝置之第 3 實施形態之概略構成圖。

第 12 圖係表示本發明曝光裝置之第 4 實施形態之概略構成圖。

第 13 圖係表示本發明之曝光方法之一實施形態之流程圖。

第 14 圖係表示本發明曝光裝置之第 5 實施形態之概略構成圖。

第 15 圖係表示第 14 圖之變形例之概略構成圖。

第 16 圖係表示半導體元件之製程一例之流程圖。

## (二)元件代表符號

AR1	投影區域
AR2	液浸區域
AX	光軸

CONT	控制裝置
EL	曝光用光
EX	曝光裝置
IA	照明區域
IL	照明光學系統
LQ1, LQ2	液體層
M	光罩
MP	光罩圖案
MR Y	記憶裝置
MST	光罩載台
MSTD	光罩載台驅動裝置
PA	圖案區域
PL	投影光學系統
PK	鏡筒
PST	基板載台
PSTD	基板載台驅動裝置
SB	遮光帶
SC	感測器配置區域
1	液體
2	光學元件
2a	液體接觸面
3	成像特性控制裝置
4	聚焦檢測系統
4a	發光部

4b	受光部
20, 60	光感測器
10	液體供應機構
11	第 1 液體供應部
11A, 12A	供應管
12	第 2 液體供應部
13	第 1 供應構件
14	第 2 供應構件
30	液體回收機構
31	第 1 回收構件
32	第 2 回收構件
33, 34	第 1 液體回收部
33A, 34A	回收管
35	間隔構件
52	Z 載台
53	XY 載台
54	基座
55	移動鏡
56	雷射干涉器
57	輔助板
60	圖案測量裝置
61	投光部
62	受光部
66	支持部



71A, 71B	供應口
81a~81f, 82a~82f	感測元件
81, 82, 90, 91	溫度感測器
93	訊號傳輸線
94	對準標記
95	記憶元件

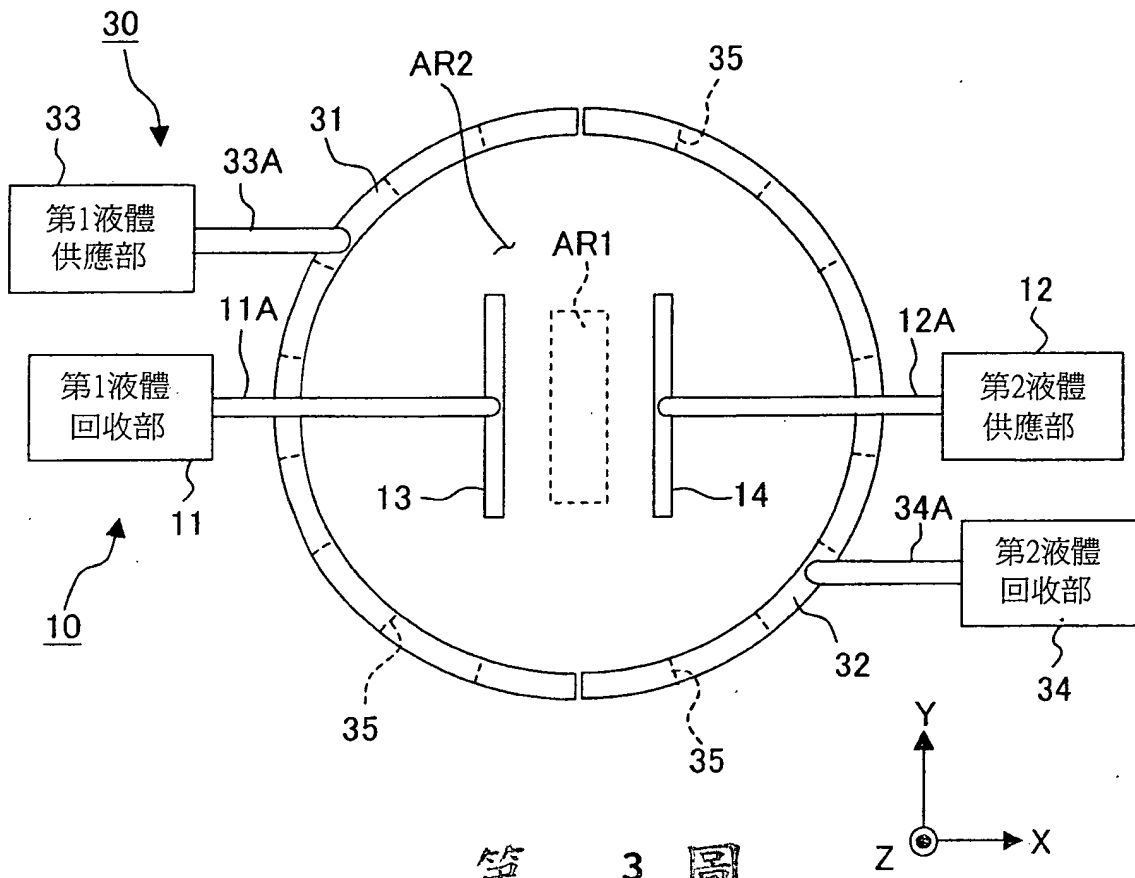
### 伍、中文發明摘要：

提供一種曝光方法，其在透過投影光學系統與基板間之液體對基板進行液浸曝光處理之情形時，也能高精度轉印圖案。在包含投影光學系統投影區域之基板上至少一部分形成液浸區域，透過投影光學系統與基板間之液體及投影光學系統，將光罩之圖案像投影至基板上，以使基板曝光之際，依據射入投影光學系統與基板間之液體的曝光用光之分布，進行調整，俾使所欲之圖案像投影至基板上。

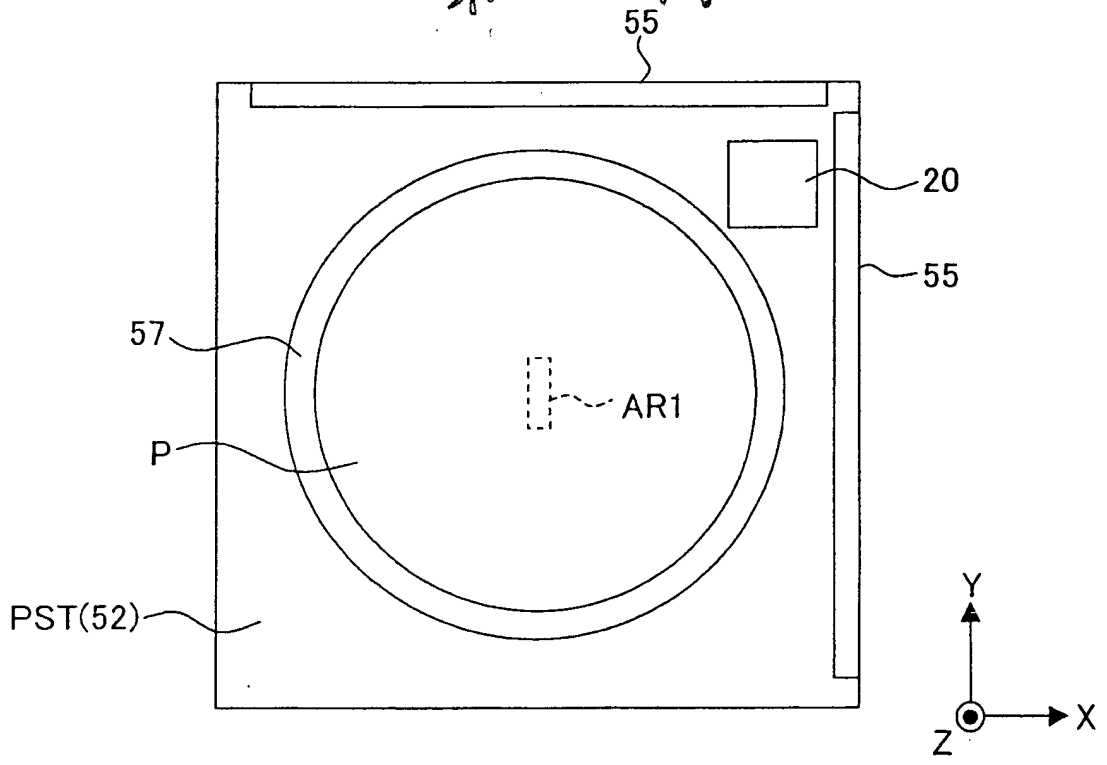
### 陸、英文發明摘要：



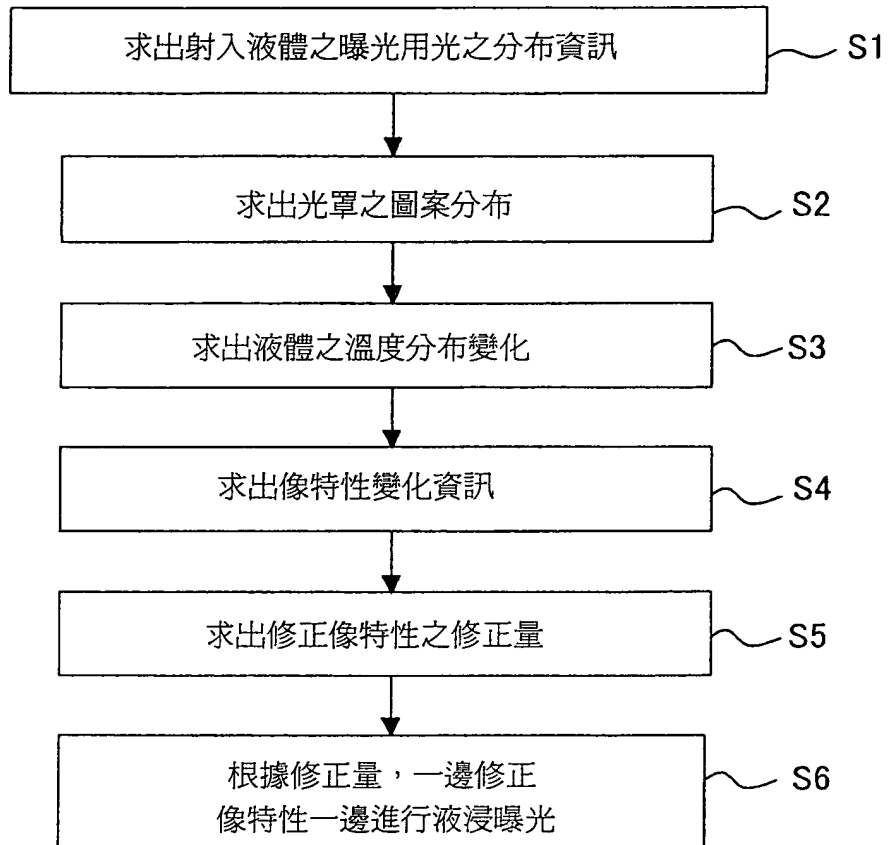
第 2 圖



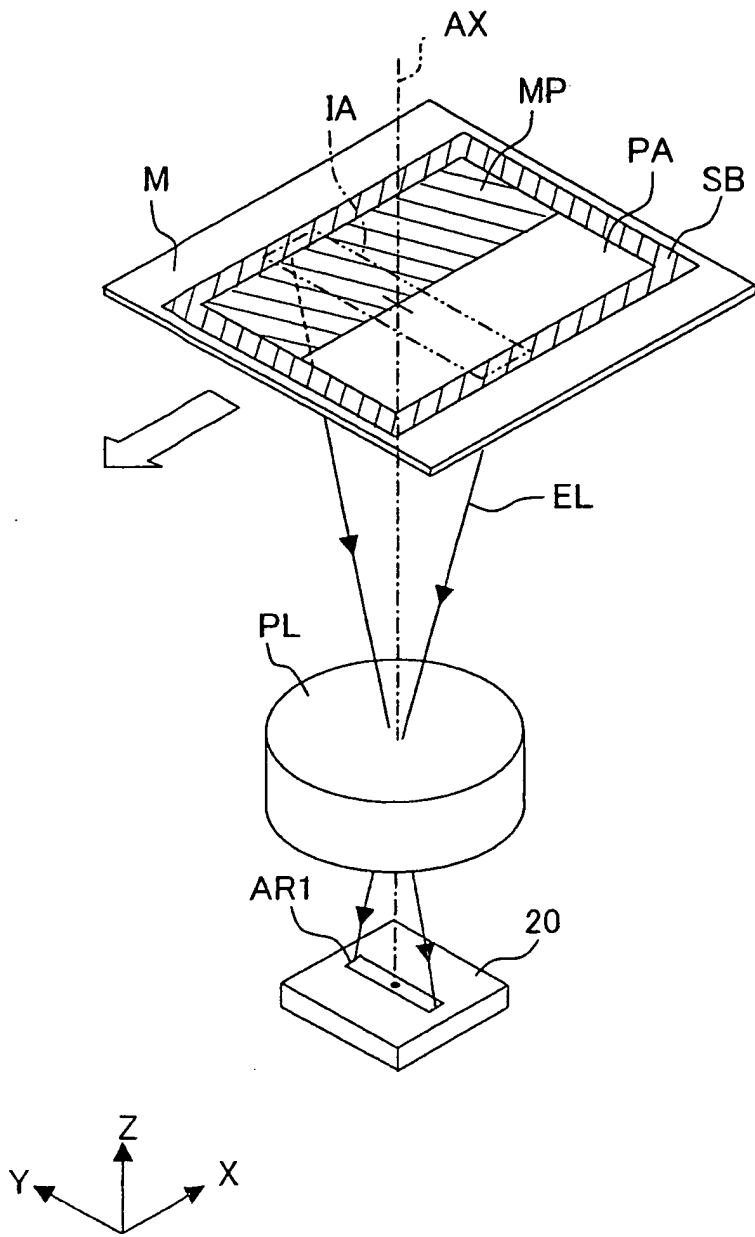
第 3 圖



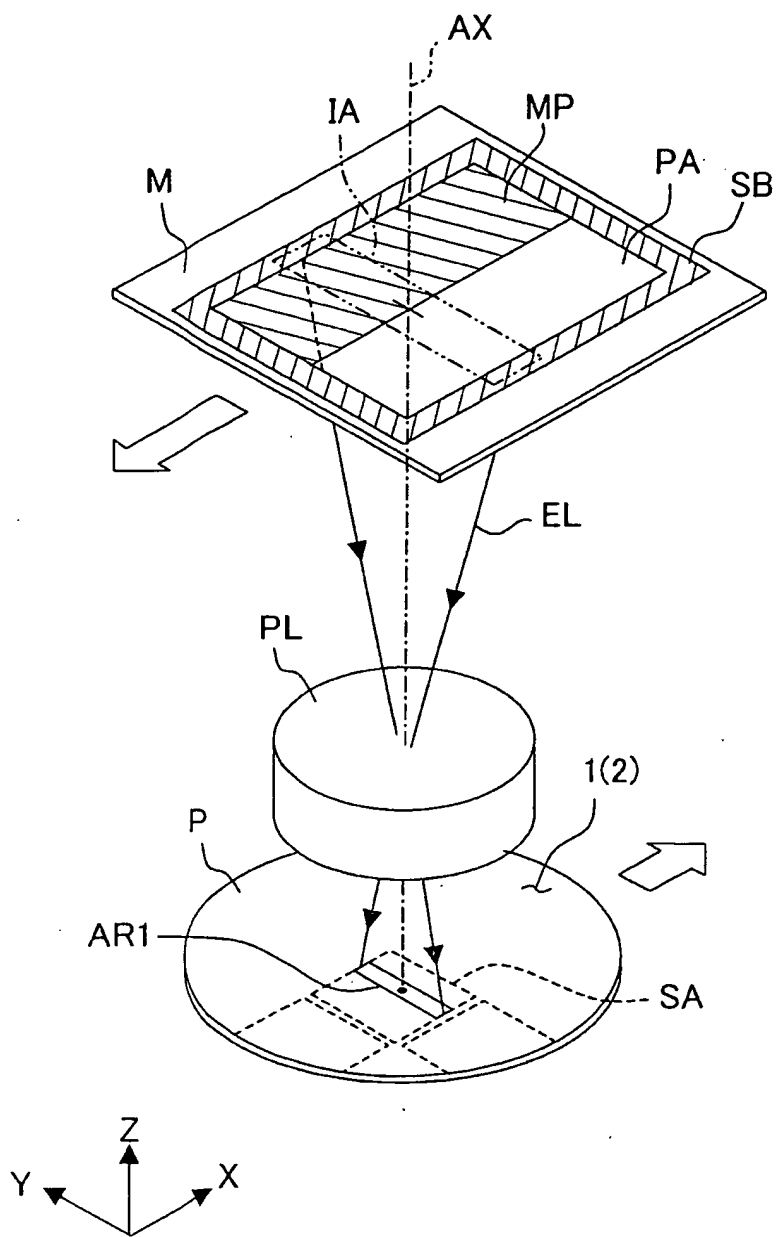
# 第 4 圖



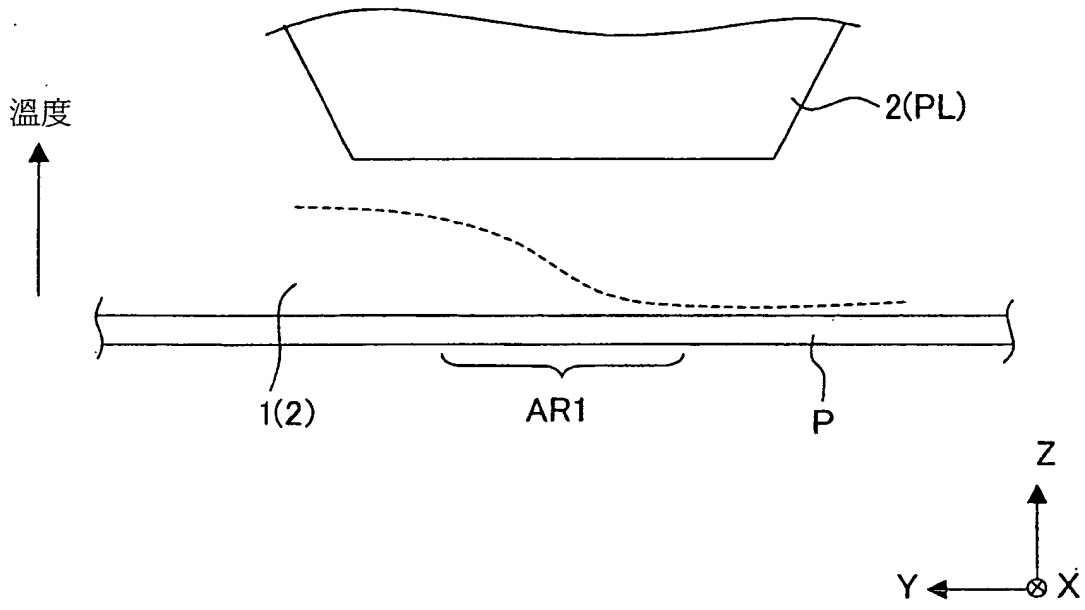
第 5 圖



第 6 圖

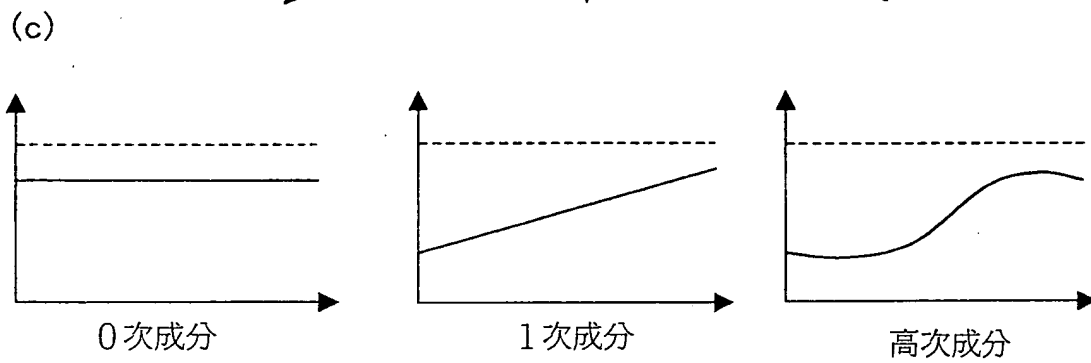
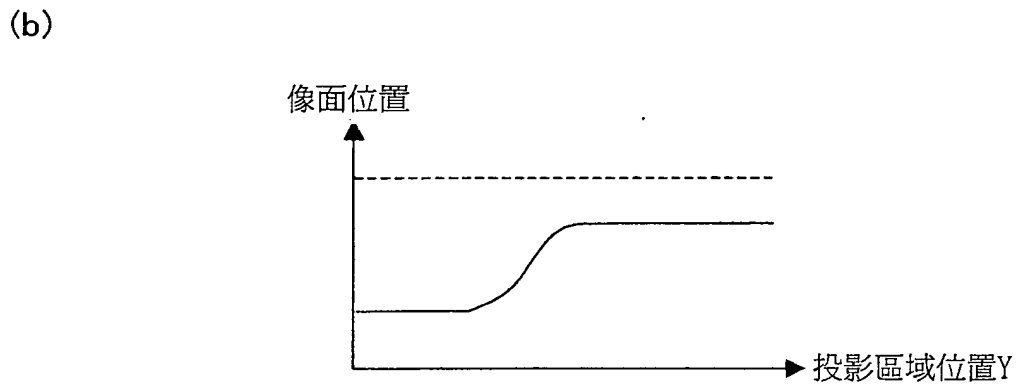
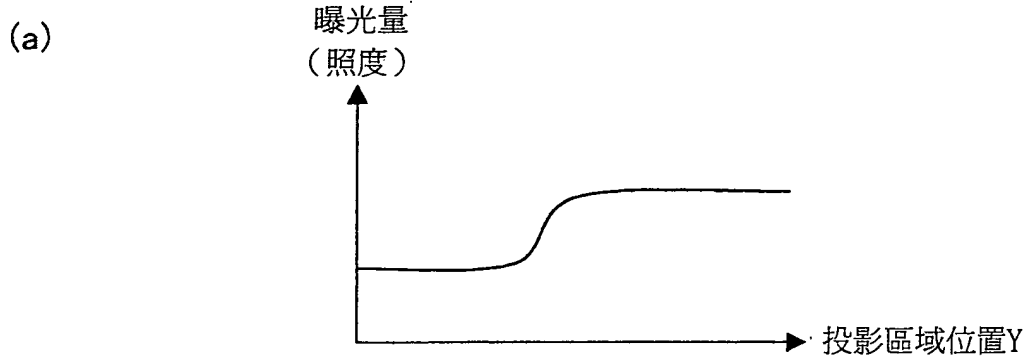


第 7 圖

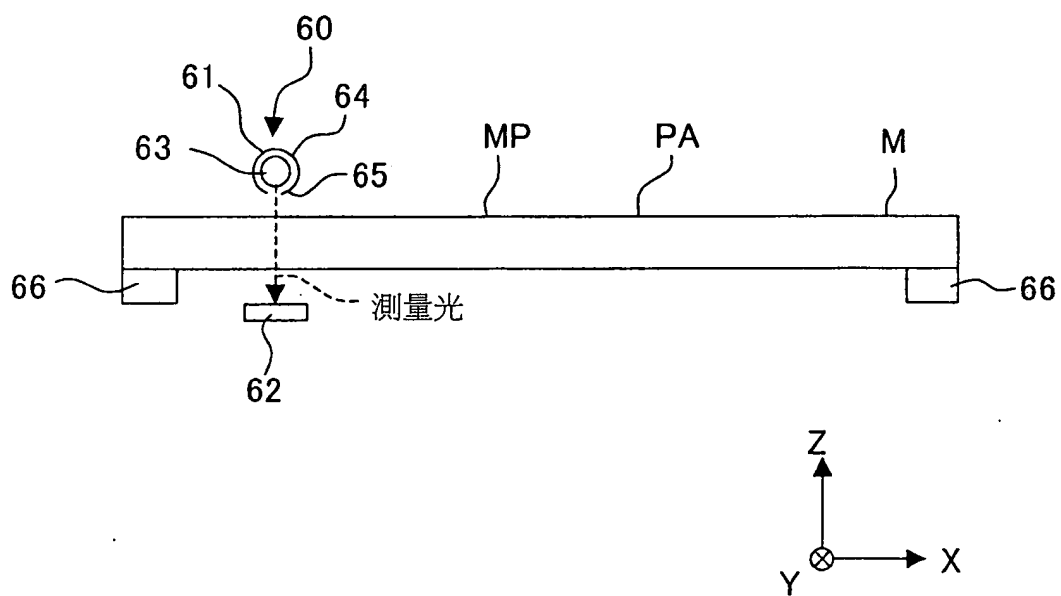




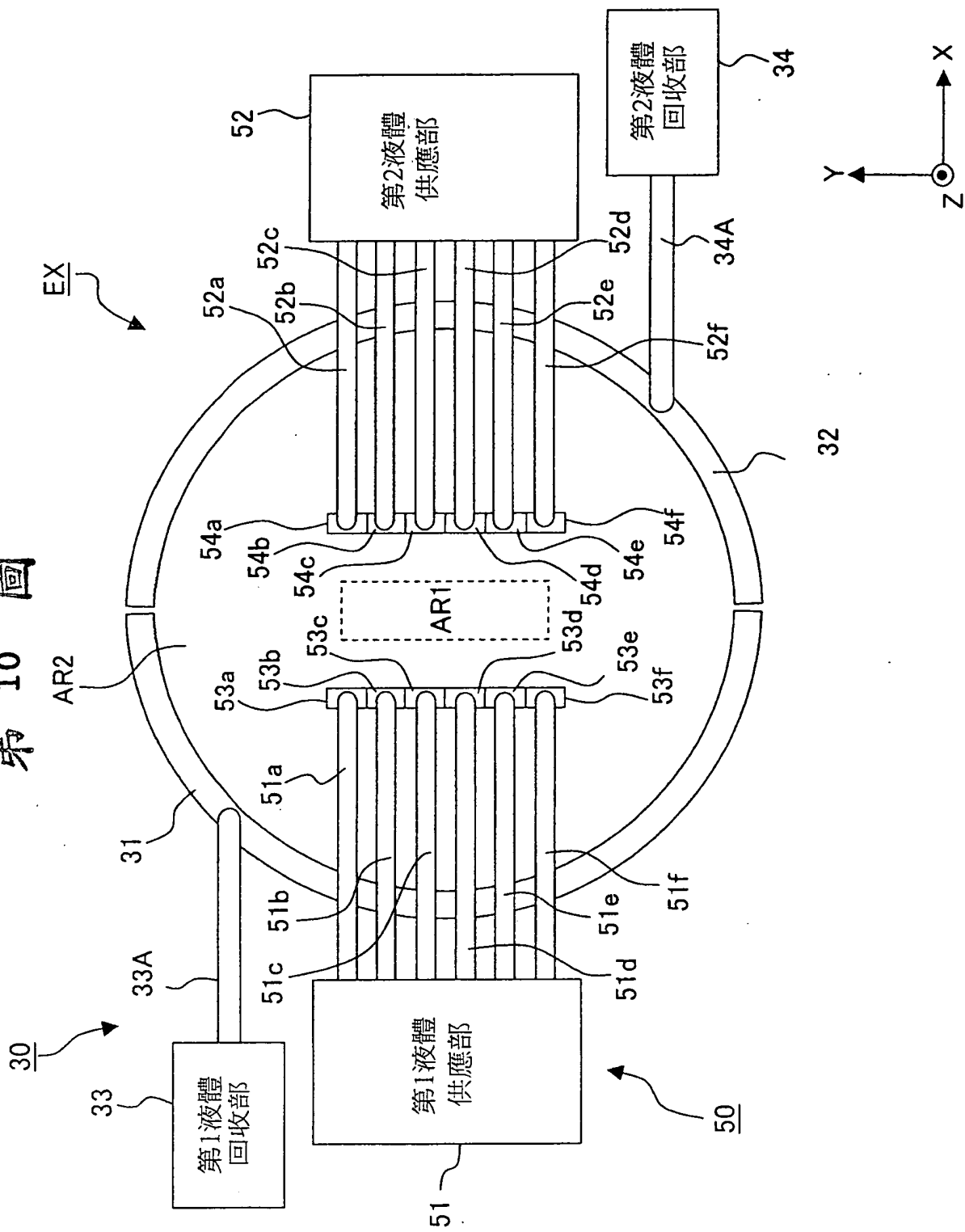
# 第 8 圖



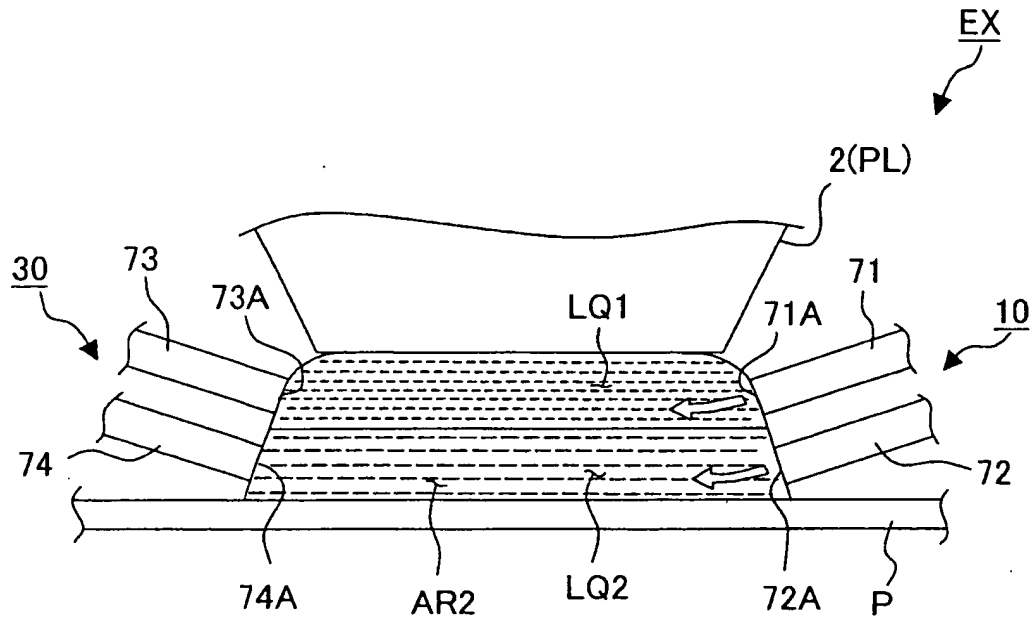
第 9 圖



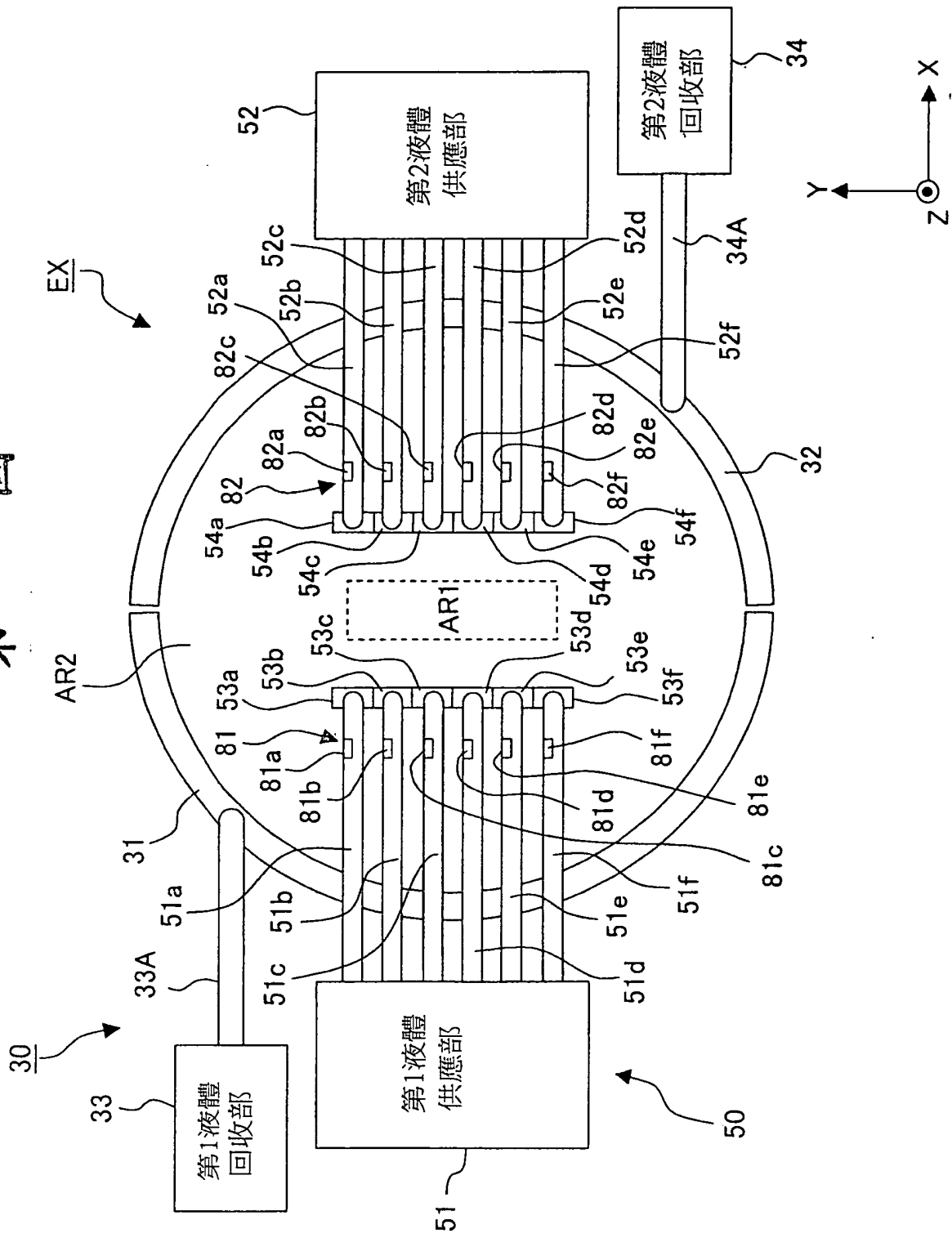
第 10 圖



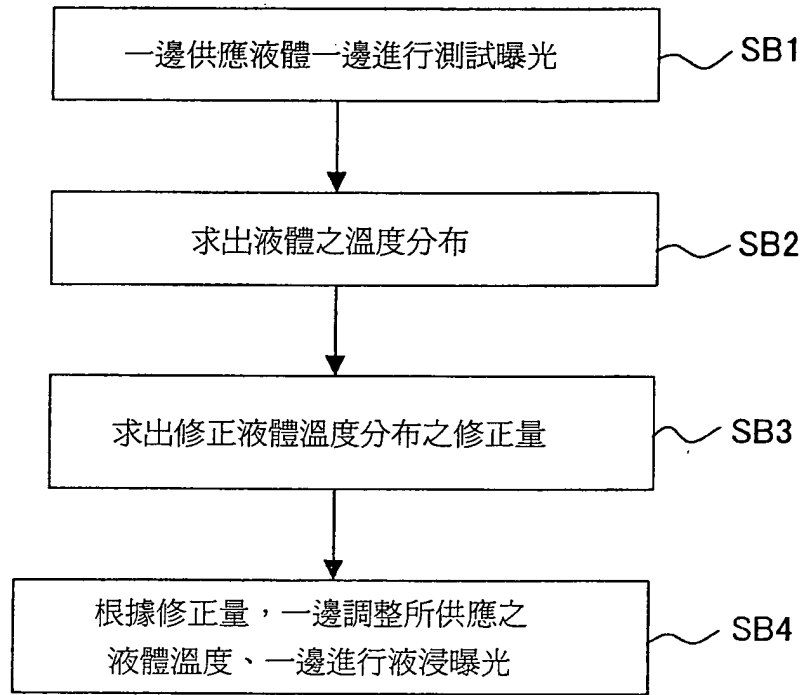
第 11 圖



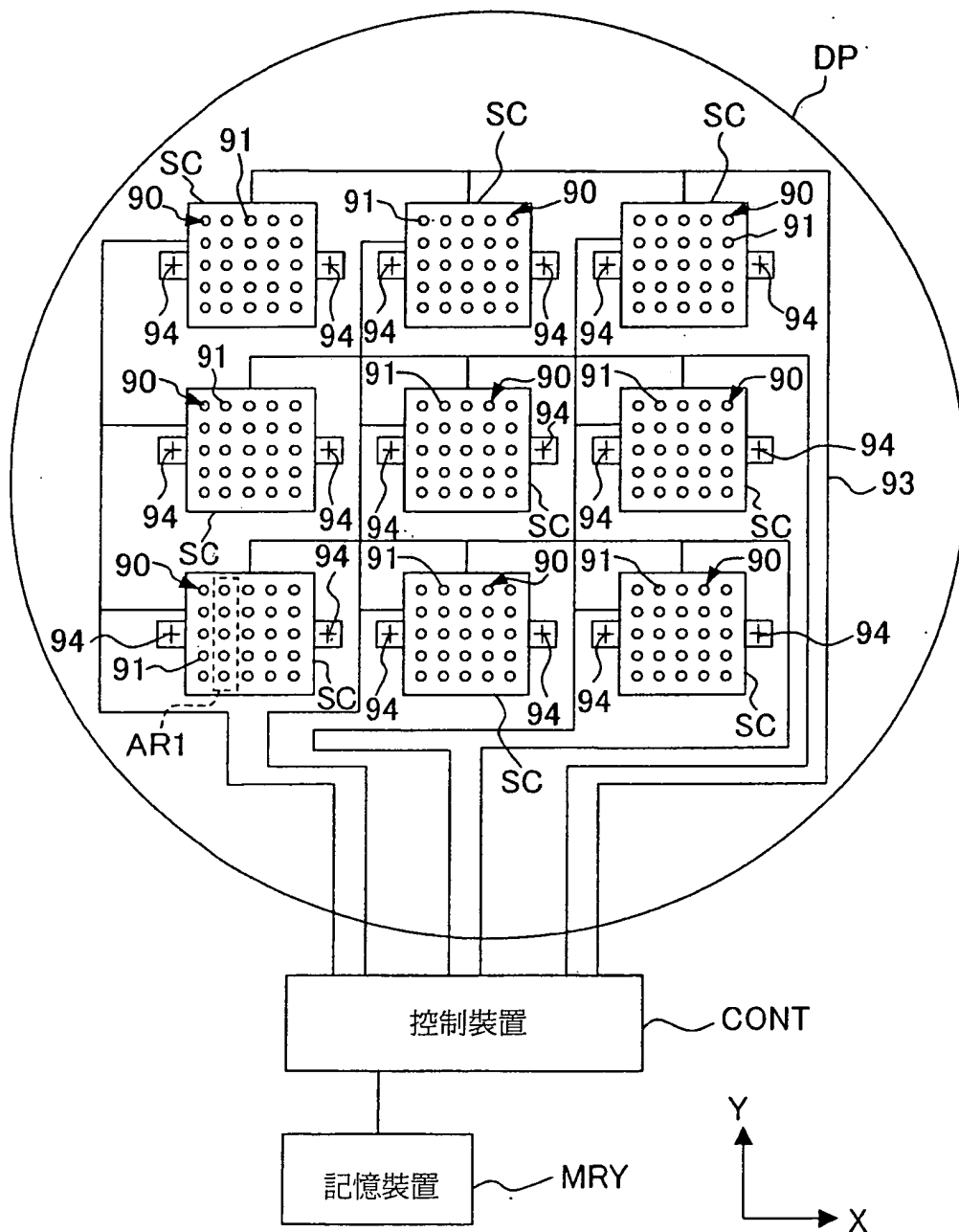
第 12 圖



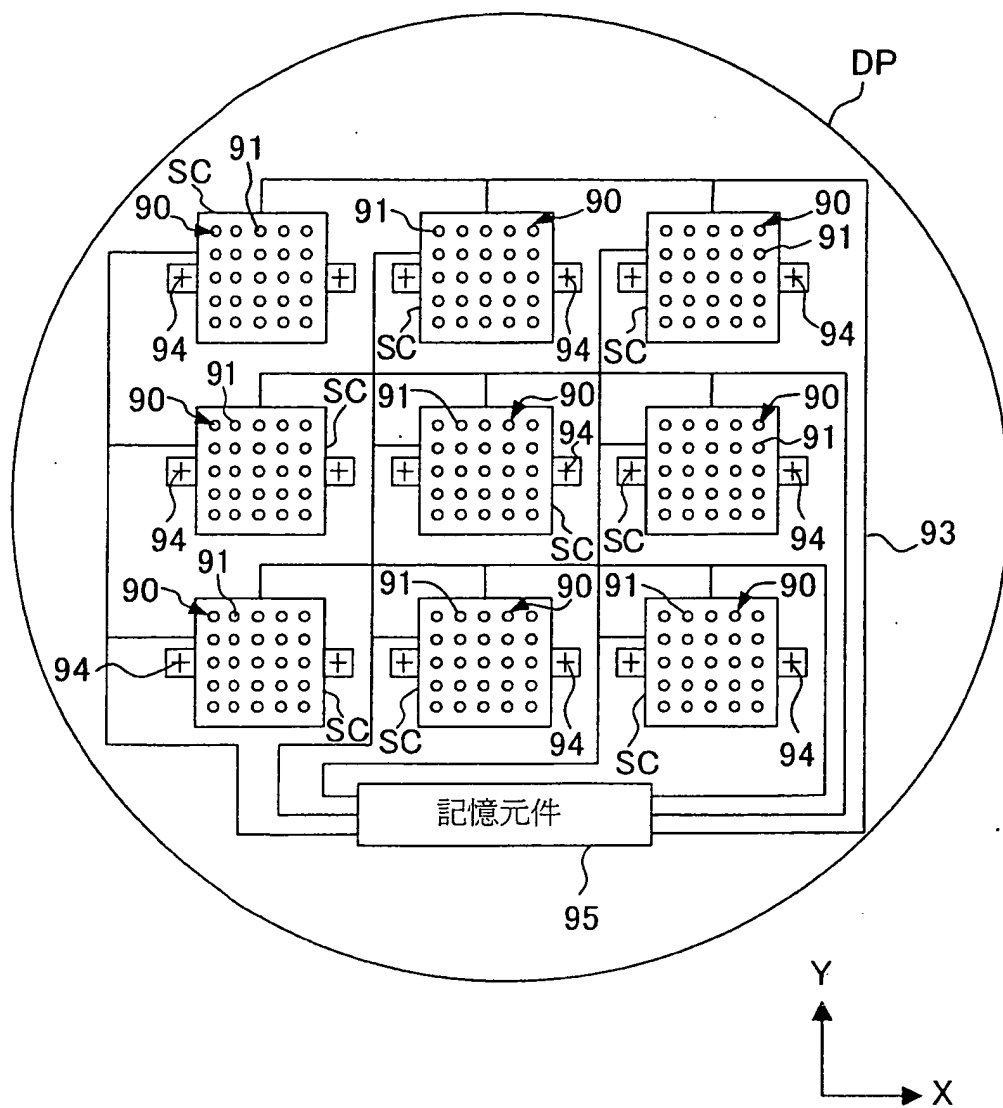
第 13 圖



第 14 圖

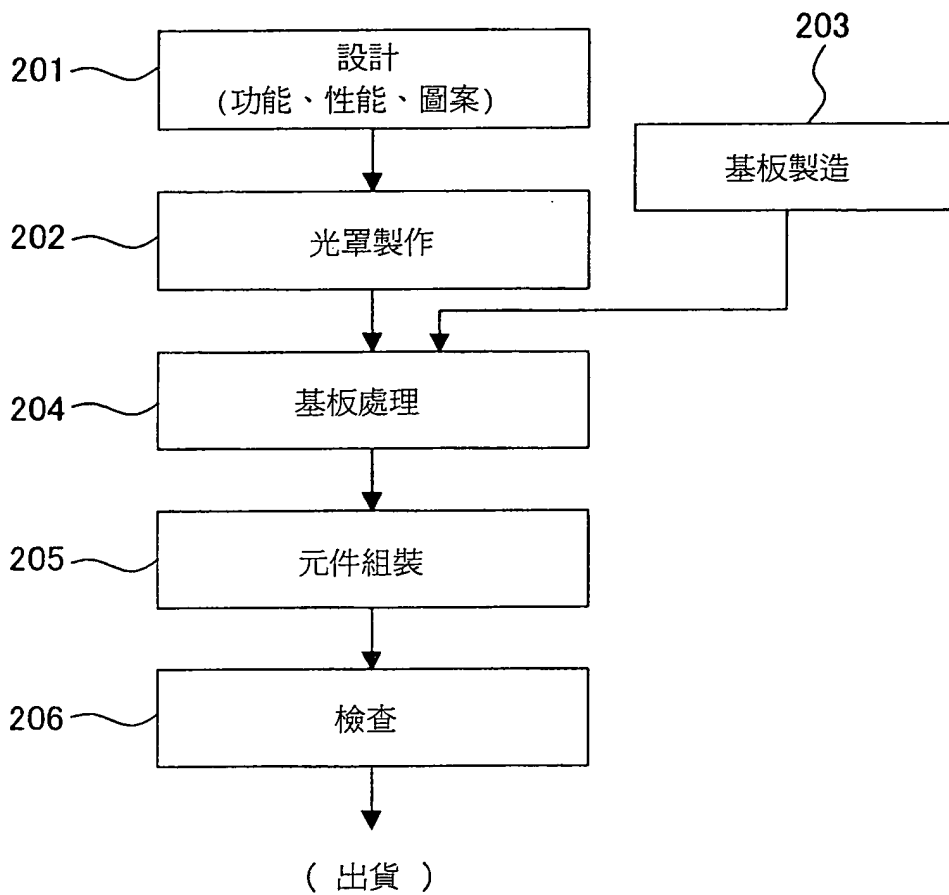


第 15 圖





# 第 16 圖



## 柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第( 1 )圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

AR1	投影區域
AR2	液浸區域
AX	光軸
CONT	控制裝置
EL	曝光用光
IA	照明區域
IL	照明光學系統
M	光罩
MRY	記憶裝置
MST	光罩載台
MSTD	光罩載台驅動裝置
PL	投影光學系統
PK	鏡筒
PST	基板載台
PSTD	基板載台驅動裝置
1	液體
2	光學元件
2a	液體接觸面
3	成像特性控制裝置
4	檢測聚焦檢測系統
4a	發光部
4b	受光部

20, 60	光感測器
10	液體供應機構
11	第 1 液體供應部
11A, 12A	供應管
12	第 2 液體供應部
13	第 1 供應構件
14	第 2 供應構件
30	液體回收機構
31	第 1 回收構件
32	第 2 回收構件
33	第 1 液體回收部
34	第 2 液體回收部
33A, 34A	回收管
52	Z 載台
53	XY 載台
54	基座
55	移動鏡
56	雷射干涉器
57	輔助板

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式

：

修正頁  
 ※P6年7月3日  
 補充

# 發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：

P3115282

※申請日期：

13.5.28

※IPC 分類：

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 1/027 (2006.01)

**壹、發明名稱：**(中文/英文)

曝光方法及曝光裝置、以及元件製造方法

**貳、申請人：**(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

尼康股份有限公司

代表人：(中文/英文)(簽章)

苧谷道郎

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本東京都千代田區丸之內 3-2-3

國籍：(中文/英文)

日本

**參、發明人：**(共 1 人)

姓名：(中文/英文)

蛭川 茂

住居所地址：(中文/英文)

日本東京都千代田區丸之內 3-2-3 尼康股份有限公司內

國籍：(中文/英文)

日本

## 拾、申請專利範圍：

1、一種曝光裝置，係以透過液體之曝光用光使基板曝光，其特徵在於，具備：

基板載台，係在曝光中用來在既定方向移動該基板；  
以及

溫度感測器，係具有為測量該液體溫度而在該既定方向之垂直方向上彼此分離配置的複數個感測元件。

2、如申請專利範圍第 1 項之曝光裝置，其具備將形成於光罩上之圖案投影至該基板的投影光學系統；

該複數個感測元件係配置於該投影光學系統之投影區域的附近。

3、如申請專利範圍第 1 項之曝光裝置，其中，進一步具備在該既定方向之垂直方向彼此分離的複數個位置，進行該基板上之液體回收的液體回收機構；該複數個感測元件係分別測量在該複數個位置所回收液體之溫度。

4、如申請專利範圍第 1 項之曝光裝置，其中，進一步具備將液體供應至該基板上的液體供應機構；該液體供應機構係根據該溫度感測器之測量結果，調整供應至該基板上液體之溫度。

5、如申請專利範圍第 2 項之曝光裝置，其中，進一步具備調整機構，該調整機構係根據使用該溫度感測器所測量之該液體之溫度資訊，調整圖案像之投影狀態，以透過該投影光學系統與該液體將該圖案像投影至該基板上。

6、如申請專利範圍第 5 項之曝光裝置，其中，該調

整機構，係調整透過該投影光學系統與該液體所形成之像面、與該基板表面間的位置關係。

7、如申請專利範圍第 5 項之曝光裝置，其中，進一步具備將液體供應至該基板上的液體供應機構；該調整機構，係根據該溫度感測器之測量結果，進行該液體供應機構所供應之液體的溫度調整。

8、如申請專利範圍第 5 項之曝光裝置，其中，進一步具備將液體供應至該基板上的液體供應機構；該液體供應機構係從複數個位置分別供應溫度相異之液體。

9、如申請專利範圍第 1 項之曝光裝置，其中，進一步具備將液體供應至該基板上的液體供應機構；該液體供應機構係從複數個位置分別供應溫度相異之液體。

10、如申請專利範圍第 8 或 9 項之曝光裝置，其中，該基板係一邊往既定方向移動一邊被曝光，該液體供應機構係從與該既定方向垂直方向之複數個彼此分離的位置，分別供應相異溫度之液體。

11、如申請專利範圍第 10 項之曝光裝置，其中，該複數個位置係在垂直於該基板表面之方向彼此背離。

12、如申請專利範圍第 11 項之曝光裝置，其中，接近該基板表面之位置所供應之液體溫度，低於遠離該表面之位置所供應之液體溫度。

13、一種半導體元件製造方法，其特徵在於：

係使用申請專利範圍第 1 至 7 項中任一項之曝光裝置

。

101年5月22日修正替換頁

101年5月22日修正替換頁

拾壹、圖式：

如次頁。