



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101470362 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 02

(21) 申请号 200910009745. 3

(22) 申请日 2004. 07. 07

(30) 优先权数据

2003-272614 2003. 07. 09 JP

2004-044801 2004. 02. 20 JP

(62) 分案原申请数据

200480023855. 0 2004. 07. 07

(73) 专利权人 株式会社尼康

地址 日本东京

(72) 发明人 木内彻 三宅寿弘

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 金春实

(51) Int. Cl.

G03F 7/20(2006. 01)

G02B 7/02(2006. 01)

H01L 21/027(2006. 01)

(56) 对比文件

US 20020057423 A1, 2002. 05. 16,

US 20020163741 A1, 2002. 11. 07,

US 5610683 A, 1997. 03. 11,

WO 9949504 A1, 1999. 09. 30,

审查员 吴松江

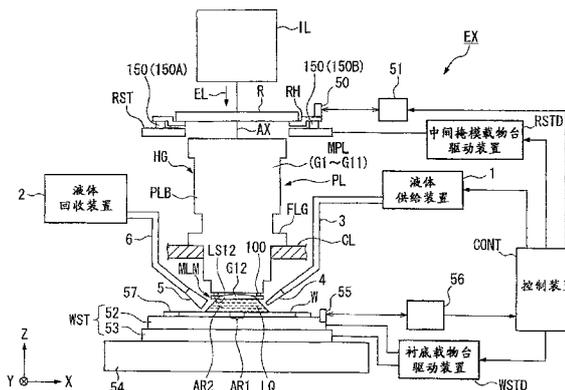
权利要求书 1 页 说明书 28 页 附图 15 页

(54) 发明名称

曝光装置以及器件制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种曝光装置以及器件制造方法。曝光装置 (EX), 是经由投影光学系统 (PL) 和液体 (LQ) 将图形像投影在衬底 (W) 上的装置, 投影光学系统 (PL), 具有与液体 (LQ) 接触的光学部件 (G12) 以及配置在光学部件 (G12) 和中间掩模 (R) 之间的光学组 (MPL)。保持光学部件 (G12) 和光学组 (MPL) 的保持机构 (HG), 以相对于光学组 (MPL) 可动的方式保持光学部件 (G12)。通过这样的构成, 可以提供能够抑制在投影光学系统和衬底之间填满液体而进行曝光处理时的图形像的劣化的曝光装置。



1. 一种曝光装置,在投影光学系统的像面侧形成液体的液漫区域,并经由所述投影光学系统和所述液体将图形曝光在衬底上,该曝光装置的特征在于,具备:

以包围构成所述投影光学系统的多个光学部件中与所述液体接触的所述光学部件的侧面或保持该光学部件的保持部件的侧面的方式设置,并且具有液体供给口和液体回收口中的至少某一方的环状部件;以及

阻止液体浸入所述光学部件的侧面或所述保持部件的侧面和所述环状部件内侧面之间的第一密封部件。

2. 如权利要求 1 所述的曝光装置,其特征在于,所述第一密封部件具有可挠性。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的曝光装置,其特征在于,所述第一密封部件形成为环状,且具有安装在所述侧面和所述环状部件中的任意一方上的主体部,和经由铰链部连接在所述主体部上、并与另一方接触的接触部。

4. 如权利要求 3 所述的曝光装置,其特征在于,所述第一密封部件中至少所述接触部具有可挠性。

5. 如权利要求 2 所述的曝光装置,其特征在于,所述第一密封部件包括片状部件。

6. 如权利要求 5 所述的曝光装置,其特征在于,所述第一密封部件是疏液性的。

7. 如权利要求 1 所述的曝光装置,其特征在于,所述侧面和所述环状部件的内侧面都是疏液性的。

8. 如权利要求 1 所述的曝光装置,其特征在于,具备阻止所述光学部件和所述保持部件之间的气体的流通的第二密封部件。

9. 如权利要求 8 所述的曝光装置,其特征在于,所述保持部件保持所述光学部件以及所述多个光学部件;

所述第二密封部件阻止保持所述多个光学部件的所述保持部件的内部空间和外部之间的气体的流通。

10. 如权利要求 9 所述的曝光装置,其特征在于,所述保持部件具有可动地支撑所述光学部件的支撑部;

所述第二密封部件设在所述支撑部附近。

11. 如权利要求 8 至 10 中任一项所述的曝光装置,其特征在于,所述第二密封部件具有:安装在所述光学部件和所述保持部件中的任意一方上的主体部;和经由铰链部连接在所述主体部上、并与另一方接触的接触部。

12. 如权利要求 11 所述的曝光装置,其特征在于,所述第二密封部件是可更换的。

13. 如权利要求 12 所述的曝光装置,其特征在于,按照曝光光的照射时间更换所述第二密封部件。

14. 一种器件制造方法,其特征在于,使用权利要求 1 或 9 所述的曝光装置。

## 曝光装置以及器件制造方法

[0001] 本申请是申请号为 200480023855.0、申请日为 2004 年 7 月 7 日、发明名称为“曝光装置以及器件制造方法”的发明专利申请的分案申请。

[0002] 本申请, 将作为向日本专利厅申请的专利申请的特愿 2003-272614 号 (2003 年 7 月 9 日申请) 以及特愿 2004-044801 号 (2004 年 2 月 20 日申请) 作为基础, 并引用其内容。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及在用液体填满投影光学系统和衬底之间的状态下将衬底曝光的曝光装置, 以及使用该曝光装置的器件制造方法。

### 背景技术

[0004] 半导体器件和液晶显示器件, 用将形成在掩模或中间掩模 (以下, 称为“中间掩模”) 上的图形转印到晶片或玻璃板等衬底上的, 所谓的光刻法的方法制造。在该光刻法工序中使用的曝光装置, 是具有支撑中间掩模的中间掩模载物台和支撑衬底的衬底载物台, 并一面逐次移动中间掩模载物台以及衬底载物台, 一面将中间掩模的图形经由投影光学系统转印到衬底上的装置。近年, 为了应对器件图形的进一步的高集成化, 要求投影光学系统的进一步的高析像度化。投影光学系统的析像度, 是使用的曝光波长越短, 另外投影光学系统的数值孔径越大, 就越高。因此, 在曝光装置中使用的曝光波长正在一年一年短波长化, 投影光学系统的数值孔径也正在增大。并且, 现在主流的曝光波长, 是 KrF 准分子激光器的 248nm, 波长更短的 ArF 准分子激光器的 193nm 也越来越实用化。另外, 在进行曝光时, 与析像度同样地, 焦深 (DOF) 也变得重要。析像度  $Re$ 、以及焦深  $\delta$  分别用以下的公式表示。

$$[0005] \quad Re = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$[0006] \quad \delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

[0007] 在此,  $\lambda$  是曝光波长,  $NA$  是投影光学系统的数值孔径,  $k_1$ 、 $k_2$  是工艺系数。由 (1) 式、(2) 式, 可知当为了提高析像度  $Re$  而缩短曝光波长  $\lambda$ , 并增大数值孔径  $NA$  时, 焦深  $\delta$  变窄。

[0008] 如果焦深  $\delta$  变得过窄, 则很难使衬底表面相对于投影光学系统的像面吻合, 并且有可能曝光动作时的聚焦裕度不足。于是, 作为实际上缩短曝光波长, 并且扩大焦深的方法, 提出了例如国际公开第 99/49504 号小册子所公开的液浸法。该液浸法, 是用水或有机溶剂等液体填满投影光学系统的下面和衬底表面之间, 并利用在液体中的曝光光的波长是空气中的  $1/n$  ( $n$  是液体的折射率, 通常是 1.2 ~ 1.6 左右) 的情况提高析像度, 同时将焦深扩大大约  $n$  倍的方法。

[0009] 可是, 当在投影光学系统的最靠近衬底侧的光学部件的端面和衬底表面之间填满了液体的状态下, 因保持衬底的衬底载物台的移动等而产生的振动经由液体传递给该终端的光学部件, 经由投影光学系统和液体投影到衬底上的图形像有可能劣化。

[0010] 进而, 在上述以往技术中, 为了形成液体的液浸区域, 使用具有液体供给口以及液体回收口的喷嘴部件来进行液体的供给以及回收, 但当液体浸入喷嘴部件和投影光学系统

之间的间隙时,有可能在保持构成投影光学系统的光学部件的镜筒上生锈,或者出现光学部件溶解等不良状况。

[0011] 进而,也考虑到液体浸入镜筒内部的情况,在该情况下,也有可能出现上述不良状况。

[0012] 另外,由于浸入的液体的影响,投影光学系统中例如最靠近像面侧的光学零件稍微变形或振动,就有可能出现曝光精度、计测精度劣化的不良状况。

## 发明内容

[0013] 本发明是鉴于这样的问题而研制成的,其目的在于提供能够抑制在投影光学系统和衬底之间填满液体而进行曝光处理时的图形像的劣化的曝光装置,以及使用该曝光装置的器件制造方法。

[0014] 为了解决上述的问题,本发明采用了与实施形态所示的图1~图10相对应的以下的构成。

[0015] 本发明的曝光装置(EX),它是具备包括与液体(LQ)接触的光学部件(G12)以及配置在该光学部件(G12)和图形之间的光学组(G1~G11、MPL)的投影光学系统(PL),通过经由投影光学系统(PL)和液体(LQ)将图形的像投影在衬底(W)上的方式曝光衬底(W)的曝光装置,其特征在于,具备保持光学部件(G12)和光学组(G1~G11、MPL)的保持机构(HG),保持机构(HG),以相对于光学组(G1~G11、MPL)可动的方式保持光学部件(G12)。

[0016] 根据本发明,由于将投影光学系统中与液体接触的光学部件(所谓的前透镜),以相对于配置在该光学部件和图形之间的光学组可动的方式保持,因此传递到光学部件的振动通过该光学部件移动的方式被吸收。因而,可以防止光学部件的振动传递给光学组。

[0017] 另外,本发明的目的还在于提供可以防止液体浸入投影光学系统内从而可以维持较高的曝光精度以及计测精度的曝光装置,以及使用该曝光装置的器件制造方法。

[0018] 为了解决上述的问题,本发明采用了与实施形态所示的图10~图16相对应的以下的构成。

[0019] 本发明的曝光装置(EX),它是在投影光学系统(PL)的像面侧形成液体(LQ)的液浸区域(AR2),并经由投影光学系统(PL)和液体(LQ)将图形曝光在衬底(W)上的曝光装置,其特征在于,具备以包围构成投影光学系统(PL)的多个光学部件(2A~2F)中与液体(LQ)接触的光学部件(302F)的侧面(302T),或保持该光学部件(302F)的保持部件(PK)的侧面的方式设置,并具有液体供给口(313)以及液体回收口(323)中的至少任意一方的环状部件(370),和阻止液体(LQ)浸入光学部件(302F)或保持部件(PK)的侧面(302T)和环状部件(370)之间的第1密封部件(330)。

[0020] 根据本发明,由于设置了第1密封部件,因此可以防止液体浸入光学部件或保持部件和环状部件之间。因而,可以防止在保持部件上生锈,或光学部件溶解等不良状况。另外,由于液体不会浸入光学部件或保持部件和环状部件之间,因此还可以防止由浸入的液体导致的光学部件的变形和振动等的发生。因而,可以高精度地进行经由液体的曝光处理以及计测处理。

[0021] 本发明的曝光装置(EX),它是在投影光学系统(PL)的像面侧形成液体(LQ)的液浸区域(AR2),并经由投影光学系统(PL)和液体(LQ)将图形曝光在衬底(W)上的曝光

装置,其特征在于,具备保持构成投影光学系统(PL)的多个光学部件(2A~2F)中与液体(LQ)接触的光学部件(2F)的保持部件(PK),和阻止光学部件(2F)和保持部件(PK)之间的气体的流通的密封部件(340)。

[0022] 根据本发明,由于设置了密封部件,因此可以防止保持构成投影光学系统的多个光学部件的保持部件的内部空间和外部之间的气体的流通。因而,即便是用规定的气体填满保持部件的内部空间的构成,也可以防止相对于其内部空间的外部的的气体或液体的浸入,并可以将内部空间维持在需要的环境。

[0023] 本发明的器件制造方法,其特征在于使用上述所述的曝光装置(EX)。根据本发明,由于可以维持较高的曝光精度以及计测精度,因此可以提供能够发挥所需的性能的器件。

## 附图说明

[0024] 图1是展示本发明的曝光装置的一个实施形态的概略构成图。

[0025] 图2是投影光学系统的前端部附近的放大图。

[0026] 图3是展示投影光学系统的投影区域和液体供给装置以及液体回收装置的位置关系的图。

[0027] 图4是展示本发明的投影光学系统的一个实施形态的构成图。

[0028] 图5是第1保持部件以及连接机构附近的放大剖面图。

[0029] 图6是构成连接机构的弯曲件的立体图。

[0030] 图7是构成连接机构的弯曲件的正视图。

[0031] 图8是像调整机构的控制框图。

[0032] 图9是展示本发明的投影光学系统的其他的实施形态的构成图。

[0033] 图10是展示本发明的曝光装置的一个实施形态的概略构成图。

[0034] 图11是展示液体供给口以及液体回收口和投影光学系统的投影区域的位置关系的平面图。

[0035] 图12是光学元件以及流路形成部件附近的放大剖面图。

[0036] 图13是展示第1密封部件附近的放大剖面图。

[0037] 图14是展示第2密封部件附近的放大剖面图。

[0038] 图15是展示第1密封部件的别的实施形态的剖面图。

[0039] 图16是展示半导体器件的制造工序的一例的流程图。

## 具体实施方式

[0040] 以下,参照附图说明本发明的曝光装置以及器件制造方法。

[0041] 第1实施例

[0042] 图1是展示本发明的曝光装置的一个实施形态的概略构成图。

[0043] 在图1中,曝光装置EX,具备支撑中间掩模R的中间掩模载物台RST,支撑衬底W的衬底载物台WST,用曝光光EL照明支撑在中间掩模载物台RST上的中间掩模R的照明光学系统IL,将用曝光光EL照明的中间掩模R的图形的像投影曝光在支撑在衬底载物台WST上的衬底W上的投影光学系统PL,和统一控制曝光装置EX整体的动作的控制装置CONT。

[0044] 在此,在本实施形态中,以作为曝光装置EX,使用一面将中间掩模R和衬底W向扫

描方向彼此不同的方向（反方向）同步移动，一面将形成在中间掩模 R 上的图形曝光在衬底 W 上的扫描型曝光装置（所谓扫描步进曝光装置）的情况为例来说明。在以下的说明中，将与投影光学系统 PL 的光轴 AX 相一致的方向设为 Z 轴方向，在垂直于 Z 轴方向的平面内将中间掩模 R 和衬底 W 的同步移动方向（扫描方向）设为 X 轴方向，将垂直于 Z 轴方向以及 X 轴方向的方向（非扫描方向）设为 Y 轴方向。另外，将围绕 X 轴、Y 轴、以及 Z 轴的旋转（倾斜）方向分别设为  $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、以及  $\theta Z$  方向。再者，这里所说的“衬底”包括在半导体晶片、玻璃晶片上涂覆了抗蚀剂的部件。

[0045] 本实施形态的曝光装置 EX，是为了实际上缩短曝光波长而提高析像度，同时实际上扩大焦深而适用了液浸法的液浸曝光装置，具备向衬底 W 上供给液体 LQ 的液体供给装置 1，和回收衬底 W 上的液体 LQ 的液体回收装置 2。曝光装置 EX，至少在将中间掩模 R 的图形像转印到衬底 W 上的期间内，由从液体供给装置 1 供给的液体 LQ，在包括投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 的、衬底 W 上的一部分上形成液浸区域 AR2。具体地说，曝光装置 EX，采用用液体 LQ 填满投影光学系统 PL 的终端部的光学部件（光学元件）G12 和衬底 W 的表面之间的局部液浸构成（Local Liquid Filling），通过经由该投影光学系统 PL 和衬底 W 之间的液体 LQ 以及投影光学系统 PL 将中间掩模 R 的图形像投影在衬底 W 上的方式，将衬底 W 曝光。

[0046] 照明光学系统 IL，是用曝光光 EL 照明支撑在中间掩模载物台 RST 上的中间掩模 R 的部件，具有曝光用光源，将从曝光用光源射出的光束的照度均匀化的光学积分器，将来自于光学积分器的曝光光 EL 聚光的聚光透镜、中继透镜系统，将由曝光光 EL 产生的中间掩模 R 上的照明区域设定为狭缝状的可变视场光阑等。中间掩模 R 上的规定的照明区域通过照明光学系统 IL 用均匀的照度分布的曝光光 EL 照明。作为从照明光学系统 IL 射出的曝光光 EL，例如采用从水银灯射出的紫外域的亮线（g 线、h 线、i 线）以及 KrF 准分子激光器光（波长 248nm）等远紫外光（DUV 光）、ArF 准分子激光器光（波长 193nm）以及 F<sub>2</sub> 激光器光（波长 157nm）等真空紫外光（VUV 光）等。在本实施形态中，采用 ArF 准分子激光器光。

[0047] 在此，在本实施形态中，在液体 LQ 上采用纯水。纯水不不仅可以透过 ArF 准分子激光器光，还可以透过例如从水银灯射出的紫外域的亮线（g 线、h 线、i 线）以及 KrF 准分子激光器光（波长 248nm）等远紫外光（DUV 光）。

[0048] 中间掩模载物台 RST，是经由中间掩模支架 RH 支撑形成了成为原图的电路图形的中间掩模 R 的部件，在垂直于投影光学系统 PL 的光轴 AX 的平面内，即在 XY 平面内可以进行二维移动以及可以沿着  $\theta Z$  方向进行微小旋转。中间掩模载物台 RST 由直线电动机等中间掩模载物台驱动装置 RSTD 驱动。

[0049] 中间掩模载物台驱动装置 RSTD 由控制装置 CONT 控制。在中间掩模支架 RH 上（或者中间掩模载物台 RST 上）设有移动镜 50。另外，在与移动镜 50 相对的位置上设有激光干涉仪 51。中间掩模载物台 RST 上的中间掩模 R 的二维方向的位置、以及  $\theta Z$  方向的旋转角（根据情况还有  $\theta X$ 、 $\theta Y$  方向的微小旋转角）通过激光干涉仪 51 用实时计测，并将计测结果输出到控制装置 CONT。控制装置 CONT 通过根据激光干涉仪 51 的计测结果驱动中间掩模载物台驱动装置 RSTD 的方式，进行支撑在中间掩模载物台 RST 上的中间掩模 R 的定位。另外，在保持中间掩模 R 的中间掩模支架 RH 和中间掩模载物台 RST 之间设有多个驱动器 150（150A ~ 150C）。通过驱动器 150 的驱动，保持中间掩模 R 的中间掩模支架 RH，便可

以沿着 Z 轴方向、以及包括  $\theta X$ 、 $\theta Y$  方向的倾斜方向移动。

[0050] 投影光学系统 PL, 是用规定的投影倍率  $\beta$  将中间掩模 R 的图形投影曝光在衬底 W 上的部件。在本实施形态中, 投影光学系统 PL, 是投影倍率  $\beta$  例如为 1/4 或 1/5 的缩小系统。再者, 投影光学系统 PL 也可以是等倍系统以及放大系统的任何一种。

[0051] 投影光学系统 PL, 具备配置在其终端侧 (衬底 W 侧)、与液体 LQ 相接的光学部件 G12, 和包括配置在光学部件 G12 和具有图形的中间掩模 R 之间的多个光学元件 G1 ~ G11 的光学组 MPL。再者, 在本实施形态中, 光学部件 G12 是 1 个平凸透镜元件, 并且, 构成投影光学系统 PL 的多个光学元件 G1 ~ G12 用保持机构 HG 保持。保持机构 HG, 具备保持光学组 MPL 的镜筒 (第 2 保持部件) PLB, 和保持透镜元件 G12 的透镜保持部 MLM。透镜保持部 MLM, 具备保持透镜元件 G12 的透镜盒 (第 1 保持部件) LS12, 和将透镜盒 LS12 相对于镜筒 PLB 柔和地连接的连接机构 100。连接机构 100, 具备后述的作为弹性部件的弯曲件 (100A ~ 100C)。保持在透镜盒 LS12 内的透镜元件 G12 通过连接机构 100, 相对于保持在镜筒 PLB 内的光学组 MPL 可以移动。

[0052] 在镜筒 PLB 的外周部设有凸缘部 FLG, 投影光学系统 PL 经由凸缘部 FLG 支撑在立柱 (曝光装置的主体部) CL 上。

[0053] 光学元件 G1 ~ G12 用萤石或石英形成, 在一部分的光学元件的曲面上实施非球面研磨。特别是, 如果用萤石形成透镜元件 G12, 该萤石如果不进行处理, 时间长了就会被水腐蚀, 因此用适当的薄膜覆盖既能保护萤石又能提高亲和性。由此, 可以使液体 LQ 紧贴在透镜元件 G12 的液体接触面的大致整面上, 并能够可靠地用液体 LQ 填满透镜元件 G12 和衬底 W 之间的光路。再者, 透镜元件 G12 也可以是与水的亲和性较高的石英。另外, 当在透镜元件 G12 的液体接触面上实施覆盖等亲水 (亲液) 处理, 从而进一步提高与液体 LQ 的亲和性时, 也可以制成在从液浸区域 AR2 除去了水的干燥状态下, 水分很快从透镜元件 G12 的液体接触面消退的特殊的膜结构 (例如当附加电场时分子配列变化, 或当流过少量的电流时温度上升的膜等)。

[0054] 衬底载物台 WST, 是支撑衬底 W 的部件, 具备经由衬底支架保持衬底 W 的 Z 载物台 52, 和支撑 Z 载物台 52 的 XY 载物台 53。包括 Z 载物台 52 以及 XY 载物台 53 的衬底载物台 WST 被支撑在载物台底座 54 上。衬底载物台 WST 由直线电动机等衬底载物台驱动装置 WSTD 驱动。衬底载物台驱动装置 WSTD 由控制装置 CONT 控制。通过驱动 Z 载物台 52, 控制保持在 Z 载物台 52 上的衬底 W 的 Z 轴方向的位置 (聚焦位置)、以及  $\theta X$ 、 $\theta Y$  方向的位置。另外, 通过驱动 XY 载物台 53, 控制衬底 W 的 XY 方向的位置 (实际上与投影光学系统 PL 的像面平行的方向的位置)。即, Z 载物台 52, 控制衬底 W 的聚焦位置以及倾斜角, 然后用自动调焦方式、以及自动调平方式, 使衬底 W 的表面与投影光学系统 PL 的像面相吻合, XY 载物台 53 进行衬底 W 的 X 轴方向以及 Y 轴方向的定位。再者, 当然也可以将 Z 载物台和 XY 载物台一体地设置。

[0055] 在衬底载物台 WST (Z 载物台 52) 上设有移动镜 55。另外, 在与移动镜 55 相对的位置上设有激光干涉仪 56。衬底载物台 WST 上的衬底 W 的二维方向的位置、以及旋转角通过激光干涉仪 56 进行实时计测, 并将计测结果输出给控制装置 CONT。控制装置 CONT 通过根据激光干涉仪 56 的计测结果驱动衬底载物台驱动装置 WSTD 的方式, 进行支撑在衬底载物台 WST 上的衬底 W 的定位。

[0056] 另外,在衬底载物台 WST(Z 载物台 52) 上,以包围衬底 W 的方式设有辅助板 57。辅助板 57 具有与保持在衬底支架上的衬底 W 的表面大致相同高度的平面。在此,虽然在衬底 W 的边缘和辅助板 57 之间有 0.1 ~ 1.0mm 左右的间隙,但由于液体 LQ 的表面张力,液体 LQ 基本不会流入该间隙,即便在曝光衬底 W 的周边附近的情况下,通过辅助板 57,也可以将液体 LQ 保持在投影光学系统 PL 的透镜元件 G12 的下面。

[0057] 曝光装置 EX,具备向衬底 W 上供给液体 LQ 的液体供给装置 1,和回收衬底 W 上的液体 LQ 的液体回收装置 2。液体供给装置 1,是用于向衬底 W 上供给液体 LQ,并用液体 LQ 填满投影光学系统 PL 的终端部的透镜元件 G12 和衬底 W 之间从而形成液浸区域 AR2 的部件,具备收容液体 LQ 的容器、加压泵、以及调整供给的液体 LQ 的温度的温度调整装置等。在液体供给装置 1 上连接有供给管 3 的一端部,在供给管 3 的另一端部上连接有供给喷嘴 4。液体供给装置 1,经由供给管 3 以及供给喷嘴 4 向衬底 W 上供给液体 LQ。

[0058] 液体回收装置 2,具备吸引泵、收容回收的液体 LQ 的容器等。

[0059] 在液体回收装置 2 上连接有回收管 6 的一端部,在回收管 6 的另一端部上连接有回收喷嘴 5。液体回收装置 2 经由回收喷嘴 5 以及回收管 6 回收衬底 W 上的液体 LQ。在形成液浸区域 AR2 时,控制装置 CONT 驱动液体供给装置 1,经由供给管 3 以及供给喷嘴 4 在每个单位时间供给规定量的液体 LQ,同时驱动液体回收装置 2,经由回收喷嘴 5 以及回收管 6 在每个单位时间回收规定量的液体 LQ。由此,在投影光学系统 PL 的终端部的透镜元件 G12 和衬底 W 之间形成液体 LQ 的液浸区域 AR2。

[0060] 图 2,是展示曝光装置 EX 的投影光学系统 PL 的下部、液体供给装置 1、以及液体回收装置 2 等的正视图,图 3,是展示投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 和供给喷嘴 4 以及回收喷嘴 5 的位置关系的图。投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 沿着 Y 轴方向呈细长的矩形状(狭缝状),以沿着 X 轴方向夹住该投影区域 AR1 的方式,在 +X 侧配置 3 个供给喷嘴 4A ~ 4C,在 -X 侧配置 2 个回收喷嘴 5A、5B。并且,供给喷嘴 4A ~ 4C 经由供给管 3 连接在液体供给装置 1 上,回收喷嘴 5A、5B 经由回收管 4 连接在液体回收装置 2 上。另外,在将供给喷嘴 4A ~ 4C 和回收喷嘴 5A、5B 围绕投影光学系统 PL 的光轴大致旋转 180° 的位置上,配置有供给喷嘴 8A ~ 8C、和回收喷嘴 9A、9B。供给喷嘴 4A ~ 4C 和回收喷嘴 9A、9B 沿着 Y 轴方向交替配列,供给喷嘴 8A ~ 8C 和回收喷嘴 5A、5B 沿着 Y 轴方向交替配列,供给喷嘴 8A ~ 8C 经由供给管 10 连接在液体供给装置 1 上,回收喷嘴 9A、9B 经由回收管 11 连接在液体回收装置 2 上。

[0061] 在扫描曝光时,将中间掩模 R 的一部分的图形像投影在投影区域 AR1 上,并相对于投影光学系统 PL,中间掩模 R 沿着 -X 方向(或 +X 方向)以速度 V 移动,与之同步,衬底 W 经由 XY 载物台 53 沿着 +X 方向(或 -X 方向)以速度  $\beta \cdot V$  ( $\beta$  为投影倍率)移动。然后,在对 1 个拍摄区域的曝光结束后,利用衬底 W 的步进,下一个拍摄区域移动到扫描开始位置,以下,用步进 / 扫描方式顺次进行对于各拍摄区域的曝光处理。在本实施形态中,以与衬底 W 的移动方向平行地、沿着与衬底 W 的移动方向相同的方向流过液体 LQ 的方式设定。即,在使衬底 W 沿着用箭头 Xa(参照图 3)表示的扫描方向(-X 方向)移动而进行扫描曝光时,用供给管 3、供给喷嘴 4A ~ 4C、回收管 6、以及回收喷嘴 5A、5B,通过液体供给装置 1 以及液体回收装置 2 进行液体 LQ 的供给以及回收。即,当衬底 W 沿着 -X 方向移动时,经由供给管 3 以及供给喷嘴 4(4A ~ 4C) 从液体供给装置 1 向投影光学系统 PL 和衬底 W 之间供给液体

LQ,同时经由回收喷嘴 5(5A、5B)、以及回收管 6 向液体回收装置 2 回收液体 LQ,液体 LQ 以填满透镜元件 G12 和衬底 W 之间的方式沿着 -X 方向流动。另一方面,当使衬底 W 沿着用箭头 Xb 表示的扫描方向(+X 方向)移动而进行扫描曝光时,用供给管 10、供给喷嘴 8A~8C、回收管 11、以及回收喷嘴 9A、9B,通过液体供给装置 1 以及液体回收装置 2 进行液体 LQ 的供给以及回收。即,当衬底 W 沿着 +X 方向移动时,经由供给管 10 以及供给喷嘴 8(8A~8C)从液体供给装置 1 向投影光学系统 PL 和衬底 W 之间供给液体 LQ,同时经由回收喷嘴 9(9A、9B)、以及回收管 11 向液体回收装置 2 回收液体 LQ,液体 LQ 以填满透镜元件 G12 和衬底 W 之间的方式沿着 +X 方向流动。这时,例如从液体供给装置 1 经由供给喷嘴 4 供给的液体 LQ 随着衬底 W 的向 -X 方向的移动而以被拉入透镜元件 G12 和衬底 W 之间的方式流动,因此即便液体供给装置 1 的供给能量较小,也可以很容易地向透镜元件 LS12 和衬底 W 之间供给液体 LQ。并且,通过按照扫描方向切换流过液体 LQ 的方向,在无论沿着 +X 方向、或 -X 方向中的哪一个方向扫描衬底 W 的情况下,都可以用液体 LQ 填满透镜元件 G12 和衬底 W 之间,并可以得到较高的析像度以及较宽的焦深。

[0062] 图 4,是展示投影光学系统 PL 的概略构成图。中间掩模 R,配置在由多个透镜元件(光学元件)G1~G12 构成的两侧远心的投影光学系统 PL 的物体面侧。透镜元件 G1~G12,沿着光轴 AX 配置在镜筒 PLB 内的规定位置上,但在本实施形态中,透镜元件 G3、G4、G6,分别由压电伸缩元件、音圈电动机(VCM)等驱动器 AC1、AC2、AC3,支撑在相对于镜筒 PLB 可以沿着 2 自由度(X 平移、Y 平移)的方向、3 自由度(Z 平移、 $\theta X$  倾斜、 $\theta Y$  倾斜)的方向、或 5 自由度(X 平移、Y 平移、Z 平移、 $\theta X$  倾斜、 $\theta Y$  倾斜)的方向微动的环状的透镜盒内。

[0063] 这 3 个可以微动的透镜元件 G3、G4、G6,是用于修正投影光学系统 PL 的各种像差的部件,可以稍微调整将中间掩模 R 的电路图形成像投影在配置在投影光学系统 PL 的像面侧的衬底 W 上的时的像质(倍率误差、歪曲像差、彗形像差、灰分、像面弯曲等)、像面位置。再者,移动投影光学系统 PL 中的透镜元件而进行像调整的机构,例如在特开平 11-195602 号公报中被公开。在图 4 中,来自于中间掩模 R 上的任意的点 P1 的光线中,在投影光学系统 PL 的光瞳面 PP 的中心与光轴 AX 交叉后到达衬底 W 上的相对应的点 P2 的主光线 L0,在中间掩模 R 和透镜元件 G1 之间、以及透镜元件 G11 和衬底 W 之间与光轴 AX 平行,点 P1 的离光轴 AX 的距离,和点 P2 的离光轴 AX 的距离的比,是该投影光学系统 PL 整体的投影倍率  $\beta$ 。

[0064] 位于投影光学系统 PL 的像侧前端的透镜元件(以下,适当称为“前透镜元件”)G12,由相对于支撑其他的透镜元件 G1~G11 的镜筒 PLB 在振动上分离的透镜保持部 MLM 支撑。透镜保持部 MLM,如上述,具备保持前透镜元件 G12 的透镜盒 LS12,和将透镜盒 LS12 相对于镜筒 PLB 柔和地连接的连接机构 100,通过连接机构 100,镜筒 PLB 和透镜盒 LS12 在振动上分离,并以透镜盒 LS12 的振动不传递给镜筒 PLB 的方式将其吸收。

[0065] 在本实施形态的液浸曝光时,以填满透镜元件 G12 的下面和衬底 W 的间隙 1~2mm 的方式从液体供给喷嘴 4 供给液体 LQ,同时由液体回收喷嘴 5 回收液体 LQ,因此液浸区域 AR2 的液体 LQ 成为某种程度的正压力,液体 LQ 的刚性有可能上升。另外,在本实施形态中,曝光装置 EX 是扫描型曝光装置,这时,衬底 W 沿着 X 轴方向以最高速度 500mm/秒左右的速度移动,在该扫描曝光中,也以将衬底 W 的表面(曝光面)维持在投影光学系统 PL 的焦深内的方式进行衬底 W 的自动调焦动作以及自动调平动作(AF/AL 动作)。衬底 W 的 AF/AL 动作,通常通过使保持衬底 W 的衬底载物台 WST(衬底支架)沿着光轴方向(Z 轴方向)稍微移

动,或倾斜的方式进行,因此当将投影光学系统 PL 的前透镜元件 G12 相对于镜筒 PLB 整体牢固地固定时,为了进行要恒定地保持透镜元件 G12 的下面和衬底 W 表面的间隙距离(间隙)的 AF/AL 动作,在衬底 W 侧产生的振动成分便经由液浸区域 AR2 的液体 LQ 传递到镜筒 PLB 整体上。另外,当支撑衬底 W 并沿着 X 轴以及 Y 轴方向移动的衬底载物台 WST 例如是使用了空气轴承的非接触导引方式时,虽然没有滑动性的振动,但由于载物台的加减速时容易引起的空气轴承间隙的稍微的变动,就发生振动,并也有可能经由液体 LQ 传递给镜筒 PLB。由于投影光学系统 PL 整体,经由设在镜筒 PLB 的中间附近的凸缘部 FLG 而承受自重地被支撑在立柱 CL 上,因此传递给镜筒 PLB 的振动也传递给镜筒 PLB 内的各透镜元件、以及立柱 CL,由于该振动的影响,投影像的质量劣化。另外,由于该振动还有可能产生像晃动,从而不能在衬底 W 的需要位置上形成图形。

[0066] 以往,由于投影光学系统 PL 的焦点距离被空间地分离,因此完全没有这种在衬底 W 侧产生的振动成分直接传递到投影光学系统 PL 侧的情况,但在液浸曝光时,最好将液浸区域 AR2 的厚度(光轴方向的厚度)设定为 1 ~ 2mm,如果可能,最好设定为小于等于 1mm,在这种厚度的液浸区域 AR2,投影光学系统 PL 的前透镜元件 G12 和衬底 W 被看作是用具有一定的弹性系数或弹簧常数的刚体机械地直接连结在一起的部件,因此在衬底 W 侧产生的振动成分便直接传递到投影光学系统 PL 侧(光学组 MPL 侧)。于是在本实施形态中,如图 4 所示,至少由与镜筒 PLB 不同的透镜盒 LS12 支撑液浸区域 AR2 的与液体 LQ 相接的前透镜元件 G12,并通过连接机构 100 将镜筒 PLB 和透镜盒 LS12 连接在一起,同时透镜元件 G12(透镜盒 LS12)以精密级的自由度,在理想上具有 Z 平移微动、 $\theta X$  倾斜微动、 $\theta Y$  倾斜微动这 3 个自由度的方式设定。即,通过至少将保持前透镜元件 G12 的透镜盒 LS12 相对于光学组 MPL 的镜筒 PLB 经由连接机构 100 至少沿着 Z 轴方向柔和地连接,并相对于镜筒 PLB 以能够沿着 Z 轴方向、 $\theta X$  方向、 $\theta Y$  方向移动的方式连接,在衬底 W 侧产生的振动被其软性吸收,由此将作用在镜筒 PLB 上的振动遮断或减少。

[0067] 图 5,是投影光学系统 PL 的前透镜元件 G12 以及透镜保持部 MLM 附近的放大剖面图。在镜筒 PLB 的最下端部也是外镜筒 LB3 内,固定有可调整地(kinematic)支撑形成在透镜元件 G8、G9、G10、G11 的各端面上的凸缘 F8、F9、F10、F11 的环状的透镜盒 LS8、LS9、LS10、LS11。并且,透镜盒 LS11 的最下面部比外镜筒 LB3 更向下方突出地设置,在固定在该镜筒 PLB(外镜筒 LB3)上的透镜盒 LS11 的最下面部上安装有支撑透镜元件 G12 的透镜保持部 MLM。透镜保持部 MLM,具备可调整地支撑形成在透镜元件 G12 的端面部的凸缘 F12 的透镜盒 LS12,和构成用于相对于外镜筒 LB3 侧的透镜盒 LS11 柔和地连接透镜盒 LS12 的连接机构的 3 个弯曲件 100A、100B、100C。再者,在图 5 中为了便于理解,只图示了 2 个弯曲件 100A、100B,但实际是在以光轴 AX 为中心的圆周上的 3 个部位上以 120 度间隔配置。各弯曲件 100A、100B、100C 是具有沿着光轴 AX 方向(Z 轴方向)弹性伸缩的特性,同时具有相对于透镜盒 LS11,透镜盒 LS12 也可以沿着横向(以光轴 AX 为中心的圆的放射方向)进行数  $\mu m$  左右的弹性变位的特性的弹性部件。

[0068] 作为投影光学系统 PL 的前透镜元件 G12,最好其上面 G12a 的曲率半径是较小的凸面(球面或非球面),其下面 G12b 是平坦面(曲率半径大致无限大)的。另外,在本实施形态中,透镜盒 LS12 的最下面部 110,是与透镜元件 G12 的下面 G12b 大致一致高度的环状的平坦面,由此,液浸区域 AR2 的液体 LQ 的流动变得顺利。

[0069] 另外,虽然以在透镜元件G12的下面G12b的周缘部和透镜盒LS12的最下面部110的周缘部之间形成有1mm左右的些微的间隙RV的方式设计,但以液浸区域AR2的液体LQ从该间隙RV上升而液体LQ的飞沫或蒸气不会附着在其上的透镜元件G11等上的方式,在透镜盒LS12内设有与间隙RV连通的环状的气体供给管112和环状的弹性密封部件115。气体供给管112是经由管道等连接在加压泵上,并为了防止液体LQ或飞沫从间隙RV进入的情况,而向间隙RV供给正压力的氮气等的部件。液浸区域AR2的液体LQ的本来的液流,由液体供给喷嘴4和液体回收喷嘴5形成,因此将由气体供给管112进行的正压力气体的供给,设定为不会明显阻碍该液流的程度的压力,这样,从间隙RV浸入的液体、飞沫、以及蒸气被其上的弹性密封部件115遮蔽。该弹性密封部件115紧压在透镜元件G12的侧面全周上,还兼有隔开与其上的透镜元件G11之间的空间的气密功能,由此,可以用氮气填满透镜元件G1~G11所位于的镜筒空间内,和到前透镜元件G12的上面G12a的空间。弹性密封部件115,也可以构成为与后述的第2实施例的第1密封部件330相同。

[0070] 再者,在图5中,固定在透镜盒LS12的外周部的向上的圆筒状凸片102A和固定在透镜盒LS11的外周部的向下的圆筒状凸片102B,是用于防止液体LQ的飞沫从外部进入弯曲件100A、100B、100C所具有的开放空间部内的部件,凸片彼此以即便透镜保持部MLM倾斜也保持规定的间隙的方式配置。

[0071] 可是,当要如图5那样一面用3个弯曲件100A、100B、100C支撑透镜盒LS12,一面吸收或减少从衬底W侧经由液浸区域AR2传递来的振动时,透镜保持部MLM的微动时的响应频率必须相当高,因此如果制成只用3个弯曲件100A、100B、100C支撑透镜盒LS12整体的重量的结构,就得不到所需的响应频率,因此最好具有用于降低透镜盒LS12的载荷对弯曲件100A、100B、100C的作用的自重消除机构(载荷降低机构)。

[0072] 图6,是展示带自重消除机构的弯曲件100A的结构的图。再者,弯曲件100B、100C也具有与弯曲件100A相同的构成。在图6中,坐标系MSZ的Z轴与光轴AX平行,S轴是垂直于光轴AX的放射方向的轴,M轴是相对于S轴和Z轴这两方垂直的切线方向的轴。另外,图7是从M轴方向看图6的弯曲件100A的图。弯曲件100A,是将SUS或硬铝等金属材料弯成H形状的部件而成形,具有在连接上板部120A和底板部120B的中间部分上,形成了沿着M轴方向贯通的多个切入部124A、124B、124C,和圆形的贯通孔124E、124F、124G的弯曲部。并且上板部120A经由4个小螺钉孔121被固定在图5中的透镜盒LS11的底面部,底板部120B经由4个小螺钉孔122被固定在透镜盒LS12的上面部。

[0073] 该结构,虽然在机械方面上板部120A和底板部120B结合在一起,但可以极度缩小Z轴方向和S轴方向的刚性,同时可以极度提高M轴方向的刚性。其结果,上板部120A和底板部120B便可以相对地沿着Z轴方向弹性伸缩,同时对于S轴方向也可以相对地进行微小变位。通过用120度间隔设置3个这种弯曲件结构,透镜盒LS12在整体上XY方向的刚性较高的状态下被悬架在透镜盒LS11(镜筒PLB)上,成为透镜盒LS12的运动自由度被限制为Z轴方向的平行移动,并且透镜盒LS12相对于镜筒PLB被可调整地支撑的构成。

[0074] 并且,自重消除机构,由固定在上板部120A的下面的永久磁铁126A,和经由高度调整机构部127固定在底板部120B的上面的永久磁铁126B构成,一对永久磁铁126A、126B以规定的间隙相对。并且,通过永久磁铁126A、126B彼此的磁吸引力,固定在底板部120B上的透镜盒LS12的基本大部分的载荷被提升。这样一来,将该上板部120A连接在透镜盒

LS11(镜筒PLB)上,将底板部120B连接在透镜盒LS12上,具有构成自重消除机构的永久磁铁126A、126B的弯曲件100A~100C,便使透镜盒LS12的载荷支撑在透镜盒LS11上。

[0075] 再者,在图6中,虽然只在弯曲部的一侧展示了一对永久磁铁126A、126B,但当然在相反一侧也设有同样的永久磁铁126A、126B和调整机构部127。调整机构部127是用于调整一对永久磁铁126A、126B的间隙间隔,从而使透镜盒LS12的载荷尽量不作用在弯曲件100A(100B、100C也同样)的中间部分的弯曲部上的部件,例如由使用了锥形凸轮等的简单的Z平移机构构成。该调整机构部127,为了应对永久磁铁126的由老化造成的减磁,在曝光装置的定期维护时,在缩小一对永久磁铁126A、126B的间隙间隔的情况下也被利用。

[0076] 通过这样的自重消除机构,可以将各弯曲件100A、100B、100C保持在没有机械地变形的、接近中立的状态,同时可以降低各弯曲件单体的刚性,因此透镜保持部MLM使用极低的刚性悬架在镜筒PLB的最下端,前透镜元件G12应该吸收或减少来自于衬底W侧的振动的传递,并可以仿照液浸区域AR2的动作而微动。

[0077] 再者,在图6中利用一对永久磁铁的磁吸引力进行自重消除,但只要是以非接触的方式产生力的材料即可,可以使用永久磁铁和铁片的组合或电磁铁和铁片(或磁铁)的组合。另外作为弯曲件,在此如图6那样加工并制作了H型的部件,也可以是以能够得到同样的自由度和刚性的方式将多枚薄的板弹簧组合在一起的部件。

[0078] 可是,由于通过弯曲件100A~100C,投影光学系统PL的前透镜元件G12便自由地移动,因此存在与之相伴的投影像的质(倍率、歪曲像差、彗形像差、灰分等)发生变化的情况,因此必须实时地控制图4中的分别驱动透镜元件G3、G4、G6的驱动器AC1、AC2、AC3来补偿像质劣化。

[0079] 图8,是适用于图1~图7所示的装置的控制系统的概略的框图。在图8中,中间掩模R通过真空吸附或机械夹持机构以大致垂直于光轴AX的方式保持在中间掩模支架RH上,中间掩模支架RH经由3个Z驱动器150A、150B、150C(但是150C图未示)设在当扫描曝光时沿着规定的扫描方向高速移动的中间掩模载物台RST上。Z驱动器150A、150B、150C由压电元件和音圈电动机(VCM)构成,响应来自于中间掩模精密控制单元(像调整机构)204的驱动信号Va、Vb、Vc,从而在使中间掩模支架RH整体沿着Z轴方向微小地平移移动的同时,使其向 $\theta X$ 方向和 $\theta Y$ 方向微小倾斜。在扫描曝光中为了各种位置误差修正和失真修正,实时地控制该中间掩模支架RH的微动,因此中间掩模支架RH为了谋求轻量化和高刚性化,在一部分上用包括石墨碳材料的结构体的精密陶瓷材料制作。

[0080] 另外,图4中所示的驱动3个透镜元件G3、G4、G6的驱动器AC1、AC2、AC3,可以分别响应来自于透镜控制单元(像调整机构)202的驱动信号K1、K2、K3而相互独立地控制,但在各驱动器AC1、AC2、AC3内设有计测驱动量的全息编码器或电容式传感器等,来自于这些计测仪器的信号作为反馈信号输入到透镜控制单元202。

[0081] 然后,在透镜保持部MLM内的各弯曲件100A、100B、100C(但是100C图未示)的附近,设有用于计测该部位的透镜盒LS12的上面的高度变化的间隙传感器(第1检测器)130A、130B、130C(但是130C图未示)。间隙传感器130A、130B、130C安装在镜筒PLB的透镜盒LS11上,可以计测相对于透镜盒LS11的透镜盒LS12的距离变化。来自于各传感器130A、130B、130C的计测信号S0a、S0b、S0c(但是S0c图未示)被读取到传感器单元200内,并实时地检测以固定在投影光学系统PL的镜筒PLB侧的透镜盒LS11为基准的透镜

盒 LS12 的姿势变化 (Z 位置变化、 $\theta X$  方向和  $\theta Y$  方向的倾斜变化), 即镜筒 PLB 和透镜盒 LS12 的位置关系。在此, 由于镜筒 PLB 保持光学组 MPL, 透镜盒 LS12 保持透镜元件 G12, 因此传感器单元 200, 可以根据间隙传感器 130A ~ 130C 的检测结果, 检测光学组 MPL 和透镜元件 G12 (透镜元件 G12 的下面 G12b) 的位置关系。即, 检测镜筒 PLB 和透镜盒 LS12 的位置关系, 与检测光学组 MPL 和透镜元件 G12 的位置关系在实际上是相同的, 传感器单元 200, 通过用间隙传感器 130A、130B、130C 检测镜筒 PLB 和透镜盒 LS12 的位置关系, 就可以求出光学组 MPL 和透镜元件 G12 的位置关系。再者, 也可以光学地进行镜筒 PLB 和透镜盒 LS12 的位置关系的检测。

[0082] 进而, 在透镜盒 LS12 的下面的透镜元件 G12 附近, 安装有大于等于 3 个的计测到衬底 W 的表面 (曝光面) 的距离变化, 即液浸区域 AR2 的厚度变化的间隙传感器 (第 2 检测器) 132A、132B、132C、..., 它们的计测信号 S2a、S2b、... 也被读取到传感器单元 200 内, 并实时地检测透镜元件 G12 的下面 G12b 和衬底 W 的表面的平行度 (相对的倾斜的方向和量) 和间隔的变化。在此, 由于间隙传感器 132A、132B、132C、... 被安装在保持透镜元件 G12 的透镜盒 LS12 上, 因此传感器单元 200, 可以根据间隙传感器 132A、132B、132C、... 的检测结果, 检测透镜元件 G12 和衬底 W 的表面的位置关系。即, 检测透镜盒 LS12 和衬底 W 的表面的位置关系, 与检测透镜元件 G12 和衬底 W 的表面的位置关系在实际上是相同的, 传感器单元 200, 通过用间隙传感器 132A、132B、132C、... 检测透镜盒 LS12 和衬底 W 的表面的位置关系, 就可以求出透镜元件 G12 和衬底 W 的表面的位置关系。再者, 也可以光学地检测透镜盒 LS12 和衬底 W 的表面的位置关系。

[0083] 用该传感器单元 200 计测的计测信息 CS, 被实时地输送给之前的透镜控制单元 202 和中间掩模精密控制单元 204。透镜控制单元 202, 为了根据该计测信息 CS, 修正按照前透镜元件 G12 的位置和姿势的变化而派生的各种像差成分的误差, 即, 为了补偿相对于镜筒 PLB 的透镜盒 LS12 的变动、或相对于衬底 W 的表面的透镜盒 LS12 的变动, 实时地向给各驱动器 AC1、AC2、AC3 的驱动信号 K1、K2、K3 附加偏置成分, 并调整投影在衬底 W 上的图形的像。在此, 由于相对于镜筒 PLB 的透镜盒 LS12 的位置关系的变动, 与相对于光学组 MPL 的透镜元件 G12 的位置关系的变动在实际上是相同的, 因此透镜控制单元 202, 可以根据传感器单元 200 的计测信息 CS, 补偿相对于光学组 MPL 的透镜元件 G12 的变动。同样地, 由于相对于衬底 W 的表面的透镜盒 LS12 的位置关系的变动, 与相对于衬底 W 的表面的透镜元件 G12 的位置关系的变动在实际上是相同的, 因此透镜控制单元 202, 可以根据传感器单元 200 的计测信息 CS, 补偿相对于衬底 W 的表面的透镜元件 G12 的变动。

[0084] 同样地, 中间掩模精密控制单元 204, 为了修正按照透镜元件 G12 的位置和姿势的变化而派生的各种像差成分的误差, 可以根据计测信息 CS, 实时地向给控制中间掩模支架 RH (中间掩模 R) 的 Z 位置和倾斜的各 Z 驱动器 150A、150B、150C 的驱动信号 Va、Vb、Vc 附加偏置成分。

[0085] 再者, 在此, 虽然同时进行中间掩模 R 的位置姿势修正和之前的透镜元件 G3、G4、G6 的位置姿势修正, 但也不一定必须全部同时进行, 可以根据前透镜元件 G12 的运动的种类, 即是单纯的 Z 位置的变化、倾斜的变化、或是这 2 个的复合的变化, 适当有选择地进行。

[0086] 图 9, 是展示透镜保持部 MLM 的其他的实施形态的部分剖面图, 在此, 前透镜元件 G12 的上面 G12a 形成为以光轴 AX 上的点 Cp 为曲率中心的凸球面状, 下面 G12b 形成为平坦

面。另外,在前透镜元件 G12 的下端部形成有与下面 G12b 相连的凸缘部 F12b,将形成在衬底 W 的表面和下面 G12b 之间的液浸区域 AR2 的面积扩大到比参照之前的图 5 说明的实施形态宽,并提高液体 LQ 的液流的均匀化。

[0087] 透镜元件 G12 的上侧的凸缘 F12,被可调整地刚性地支撑在环状的透镜盒 LS12a 上。另外,在透镜盒 LS12a 的外周,以环形状形成有以点 Cp 为中心的凸球面座 Asa,进而,在透镜盒 LS12a 的外侧,设有形成有与凸球面座 Asa 大致相同曲率半径的凹球面座的环状的第 2 透镜盒 LS12b。在彼此相对的透镜盒 LS12a 的凸球面座 Asa 和第 2 透镜盒 LS12b 的凹球面座之间,形成有真空预负荷型或磁预负荷型的空气轴承。

[0088] 在第 2 透镜盒 LS12b 的外周,在圆周上的多个部位上固定有沿着上下隔开规定间隔地配置的永久磁铁 Mg1、Mg3 的组。并且,由磁铁 Mg1、Mg3、和以配置在该磁铁 Mg1、Mg3 的组的空隙内的方式固定在外镜筒 LB3 的内侧的永久磁铁 Mg2,构成自重消除机构。并且,在第 2 透镜盒 LS12b 的下面端部和外镜筒 LB3 之间,在沿着以光轴 AX 为中心的圆周的多个部位上设有板弹簧状的弯曲件 100A、100B、…。该板弹簧状弯曲件 100A、100B、…,以 Z 轴方向的刚性变得极小、横向(XY 方向)的刚性变大的方式制作,并使第 2 透镜盒 LS12b 和透镜盒 LS12a 一体地沿着 Z 轴方向微动。

[0089] 根据以上的构成,由于透镜盒 LS12a 相对于第 2 透镜盒 LS12b 只被球面座的预负荷型空气轴承约束,因此能够以点 Cp 为中心而自由地微小倾斜。即,即便前透镜元件 G12 从中立位置倾斜,其上面 G12a 的凸球面和透镜元件 G11(参照图 5 等)的下面的凹球面的间隔,也以在球面上的同样的径位置上都是恒定的方式被维持。但是,只有当透镜盒 LS12a 和第 2 透镜盒 LS12b 一体地沿着上下微动时,上面 G12a 的凸球面和透镜元件 G11 的下面的凹球面的间隔整体地变化。因此,由前透镜元件 G12 的运动派生的各种像差,可以限制在特定的种类,并具有可以通过参照图 8 说明的透镜控制单元 202 和中间掩模精密控制单元 204 缩小向透镜元件 G3、G4、G6 和中间掩模支架 RH 的姿势附加修正的量,或使其减少要修正姿势的要件的优点。

[0090] 再者,在上述各实施形态中,通过将在投影光学系统 PL 内以自我完成地不引起投影像质的劣化的方式进行补偿,或者使中间掩模 R 的位置沿着光轴 AX 的方向 Z 平移微动、或稍微倾斜的方式并用,来调整投影在衬底 W 上的图形的像,但在投影曝光时使用具有准分子激光器或 F<sub>2</sub> 激光器等波长调谐机构的光源装置的情况下,通过使中间掩模 R 的照明光的中心波长稍微偏移,就可以补偿衬底 W 上的投影像质的劣化,这时,就完全不需要透镜元件 G3、G4、G6 的实时驱动,或者只辅助地需要只有所限的透镜元件的实时驱动。

[0091] 再者,在上述实施形态中,透镜盒 LS12 只保持 1 个透镜元件 G12,但也可以是保持多个光学元件(光学组)的构成。

[0092] 另外,在上述的实施形态中,将投影光学系统 PL 分成光学部件 G12,和中间掩模 R 与光学部件 G12 之间的光学组 MPL 这两群,但也可以分离成大于等于三群。这时,也可以检测光学部件 G12,和相对于该光学部件 G12 不相邻的群的位置关系,或进行位置变动的补偿。

[0093] 在本实施形态中,在投影光学系统 PL 的前端安装有透镜元件 G12,但作为安装在投影光学系统 PL 的前端的光学元件,也可以是用于投影光学系统 PL 的光学特性,例如像差(球面像差、彗形像差等)的调整的光学板。或者也可以是可以透过曝光光的平行平板。

[0094] 在上述各实施形态中,上述喷嘴的形状没有特别地限定,例如可以是对于投影区域 AR1 的长边用 2 对喷嘴进行液体 LQ 的供给或回收。再者,这时,为了无论从 +X 方向、或 -X 方向的哪一个方向都可以进行液体 LQ 的供给以及回收,最好供给喷嘴和回收喷嘴沿着上下并列地配置。

[0095] 第 2 实施例

[0096] 进一步参照附图说明本发明的曝光装置。图 10 是展示本发明的曝光装置的一个实施形态的概略构成图。

[0097] 在图 10 中,曝光装置 EX,具备支撑掩模 M 的掩模载物台 MST,支撑衬底 W 的衬底载物台 PST,用曝光光 EL 照明支撑在掩模载物台 MST 上的掩模 M 的照明光学系统 IL,将用曝光光 EL 照明的掩模 M 的图形像投影曝光在支撑在衬底载物台 PST 上的衬底 W 上的投影光学系统 PL,和统一控制曝光装置 EX 整体的动作的控制装置 CONT。

[0098] 本实施形态的曝光装置 EX,是为了实际上缩短曝光波长而提高析像度,同时实际上扩大焦深,而适用了液浸法的液浸曝光装置,具备向衬底 W 上供给液体 LQ 的液体供给机构 310,和回收衬底 W 上的液体 LQ 的液体回收机构 320。曝光装置 EX,至少在将掩模 M 的图形像转印到衬底 W 上的期间内,由从液体供给机构 310 供给的液体 LQ,在包括投影光学系统 PL 的投影区域 AR301 的、衬底 W 上的一部分上,局部地形成比投影区域 AR1 大并且比衬底 W 小的液浸区域 AR302。具体地说,曝光装置 EX,采用在投影光学系统 PL 的像面侧终端部的光学元件 302F,和配置在该像面侧的衬底 W 表面之间填满液体 LQ 的局部液浸方式,并通过将经由该投影光学系统 PL 和衬底 W 之间的液体 LQ 以及投影光学系统 PL 后通过了掩模 M 的曝光光 EL 照射在衬底 W 上的方式,将掩模 M 的图形投影曝光在衬底 W 上。

[0099] 在本实施形态中,以作为曝光装置 EX,使用一面将掩模 M 和衬底 W 彼此同步移动,例如向彼此不同的方向(反方向)移动,一面将形成在掩模 M 上的图形曝光在衬底 W 上的扫描型曝光装置(所谓扫描步进曝光装置)的情况为例来说明。在以下的说明中,将与投影光学系统 PL 的光轴 AX 相一致的方向设为 Z 轴方向,在垂直于 Z 轴方向的平面内将掩模 M 和衬底 W 的同步移动方向(扫描方向)设为 X 轴方向,将垂直于 Z 轴方向以及 X 轴方向的方向(非扫描方向)设为 Y 轴方向。另外,将 X 轴、Y 轴、以及 Z 轴周围的旋转(倾斜)方向分别设为  $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、以及  $\theta Z$  方向。

[0100] 照明光学系统 IL,是用曝光光 EL 照明支撑在掩模载物台 MST 上的掩模 M 的部件,具有曝光用光源,将从曝光用光源射出的光束的照度均匀化的光学积分器,将来自于光学积分器的曝光光 EL 聚光的聚光透镜、中继透镜系统,将由曝光光 EL 产生的掩模 M 上的照明区域设定为狭缝状的可变视场光阑等。掩模 M 上的规定的照明区域通过照明光学系统 IL 用均匀的照度分布的曝光光 EL 照明。作为从照明光学系统 IL 射出的曝光光 EL,例如采用从水银灯射出的紫外域的亮线(g 线、h 线、i 线)以及 KrF 准分子激光器光(波长 248nm)等远紫外光(DUV 光)、ArF 准分子激光器光(波长 193nm)以及 F2 激光器光(波长 157nm)等真空紫外光(VUV 光)等。在本实施形态中,采用 ArF 准分子激光器光。

[0101] 在本实施形态中,在液体 LQ 上采用纯水。纯水不只可以透过 ArF 准分子激光器光,还可以透过例如从水银灯射出的紫外域的亮线(g 线、h 线、i 线)以及 KrF 准分子激光器光(波长 248nm)等远紫外光(DUV 光)。

[0102] 掩模载物台 MST,可以保持并移动掩模 M,例如用真空吸附(或静电吸附)固定掩

模 M。掩模载物台 MST,通过包括直线电动机等的掩模载物台驱动装置 MSTD,可以在垂直于投影光学系统 PL 的光轴 AX 的平面内,即在 XY 平面内进行二维移动以及可以沿着  $\theta Z$  方向稍微旋转。并且,掩模载物台 MST,可以沿着 X 轴方向以指定的扫描速度移动,并具有掩模 M 的整面至少可以横切投影光学系统 PL 的光轴 AX 的量的 X 轴方向的移动行程。

[0103] 在掩模载物台 MST 上设有移动镜 331。另外,在与移动镜 331 相对的位置上设有激光干涉仪 332。掩模载物台 MST 上的掩模 M 的二维方向的位置、以及  $\theta Z$  方向的旋转角(根据情况也包括  $\theta X$ 、 $\theta Y$  方向的旋转角),通过激光干涉仪 332 用实时计测,并将计测结果输出给控制装置 CONT。控制装置 CONT,通过根据激光干涉仪 332 的计测结果驱动掩模载物台驱动装置 MSTD 的方式,控制支撑在掩模载物台 MST 上的掩模 M 的位置。

[0104] 投影光学系统 PL,是用规定的投影倍率  $\beta$  将掩模 M 的图形投影曝光在衬底 W 上的部件,由包括设在衬底 W 侧的前端部上的光学元件(光学部件、透镜)302F 的多个光学元件 302(302A ~ 302F) 构成,这些光学元件 302A ~ 302F 由镜筒 PK 保持。在本实施形态中,投影光学系统 PL,是投影倍率  $\beta$  例如为 1/4 或 1/5 的缩小系统。再者,投影光学系统 PL 也可以是等倍系统以及放大系统的任意一种。

[0105] 本实施形态的投影光学系统 PL 的前端部的光学元件 302F 从镜筒 PK 露出,与液浸区域 AR302 的液体 LQ 接触。在多个光学元件 302A ~ 302F 中至少光学元件 302F 由萤石(氟化钙)形成。由于萤石表面,或者附着了  $MgF_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  等的表面与水的亲和性较高,因此可以使液体 LQ 紧贴在光学元件 302F 的液体接触面 2S 的大致整面上。即,在本实施形态中,由于供给与光学元件 302F 的液体接触面 302S 的亲和性较高的液体(水)LQ,因此光学元件 302F 的液体接触面 302S 和液体 LQ 的紧贴性较高,能够用液体 LQ 可靠地填满光学元件 302F 和衬底 W 之间的光路。再者,光学元件 302F,也可以是与水的亲和性较高的石英。另外,也可以在光学元件 302F 的液体接触面 302S 上实施亲水化(亲液化)处理,从而进一步提高与液体 LQ 的亲和性。

[0106] 投影光学系统 PL 的镜筒 PK 的内部空间略微封闭,由气体置换装置 303 维持规定的气体环境。气体置换装置 303,通过在经由配管 303A 向镜筒 PK 内部供给规定的气体的同时,经由配管 303B 回收镜筒 PK 内部的气体的方式,将镜筒 PK 内部维持在规定的气体环境。在本实施形态中,镜筒 PK 内部,填满氦、氩、氮等惰性气体。当曝光光是真空紫外光时,如果在作为曝光光 EL 通过的空間的光路空间内,存在氧分子、水分子、二氧化碳分子、有机物等这种对该波长区域的光具有较强的吸收特性的物质,即吸光物质,则曝光光 EL 被吸光物质吸收,不能用足够的光强度到达衬底 W 上。可是,通过略微封闭作为曝光光 EL 通过的光路空间的镜筒 PK 内部,从而遮断来自于外部的吸光物质的流入,同时用惰性气体填满该镜筒 PK 内部,就可以使曝光光 EL 以足够的光强度到达衬底 W。

[0107] 再者,气体置换装置 303,除了惰性气体之外,还可以供给干燥空气。

[0108] 另外,镜筒 PK 也可以是将多个分割镜筒(辅助筒)组合在一起的构成。另外,在构成投影光学系统 PL 的多个光学元件 302A ~ 302F 中,与液体 LQ 接触的光学元件 302F,也可以由与保持其他的光学元件 302A ~ 302E 的镜筒(镜筒主体)PK 不同的保持部件(透镜盒)保持。这时,镜筒主体 PK 和透镜盒,也可以如第 1 实施例说明的那样弯曲件 100A ~ 100C 用规定的连结机构连结在一起。

[0109] 衬底载物台 PST,可以保持并移动衬底 W,包括 XY 载物台 351,和搭载在 XY 载物台

351 上的 Z 倾斜载物台 352 而构成。XY 载物台 351, 经由图未示的非接触轴承即气体轴承 (空气轴承) 被非接触支撑在载物台底座 SB 的上面的上方。XY 载物台 351 (衬底载物台 PST) 在相对于载物台底座 SB 的上面被非接触支撑的状态下, 通过包括直线电动机等的衬底载物台驱动装置 PSTD, 可以在垂直于投影光学系统 PL 的光轴 AX 的平面内, 即在 XY 平面内进行二维移动以及可以沿着  $\theta Z$  方向进行微小旋转。在该 XY 载物台 351 上搭载有 Z 倾斜载物台 352, 经由图未示的衬底支架利用例如真空吸附等将衬底 W 保持在 Z 倾斜载物台 352 上。Z 倾斜载物台 352, 以可以沿着 Z 轴方向、 $\theta X$  方向、以及  $\theta Y$  方向移动的方式设置。衬底载物台驱动装置 PSTD 由控制装置 CONT 控制。

[0110] 在衬底载物台 PST (Z 倾斜载物台 352) 上设有移动镜 333。另外, 在与移动镜 333 相对的位置上设有激光干涉仪 334。衬底载物台 PST 上的衬底 W 的二维方向的位置、以及旋转角通过激光干涉仪 334 用实时计测, 并将计测结果输出给控制装置 CONT。控制装置 CONT 通过根据激光干涉仪 334 的计测结果驱动包括直线电动机等的衬底载物台驱动装置 PSTD 的方式, 进行支撑在衬底载物台 PST 上的衬底 W 的定位。

[0111] 另外, 曝光装置 EX, 具备检测支撑在衬底载物台 PST 上的衬底 W 的表面的位置的图未示的调焦·调平检测系统。再者, 作为调焦·调平检测系统 80 的构成, 例如可以采用特开平 8-37149 号公报所公开的构成。调焦·调平检测系统的检测结果输出给控制装置 CONT。控制装置 CONT 可以根据调焦·调平检测系统的检测结果, 检测衬底 W 表面的 Z 轴方向的位置信息、以及衬底 W 的  $\theta X$  以及  $\theta Y$  方向的倾斜信息。Z 倾斜载物台 352, 控制衬底 W 的聚焦位置以及倾斜角, 然后用自动调焦方式、以及自动调平方式使衬底 W 的表面与投影光学系统 PL 的像面相吻合, XY 载物台 352 进行衬底 W 的 X 轴方向以及 Y 轴方向的定位。再者, 当然也可以将 Z 倾斜载物台和 XY 载物台一体地设置。

[0112] 另外, 在衬底载物台 PST (Z 倾斜载物台 352) 上, 以包围保持在衬底载物台 PST 上的衬底 W 的方式设有板部件 356。板部件 356 是环状部件, 配置在衬底 W 的外侧。板部件 356, 具有与保持在衬底载物台 PST 上的衬底 W 的表面大致同一高度 (同一平面) 的平坦面 (平坦部) 357。平坦面 357, 配置在保持在衬底载物台 PST 上的衬底 W 的外侧的周围。

[0113] 板部件 356, 例如由聚四氟乙烯 (特氟龙 (注册商标)) 等具有疏液性的材料形成。因此, 平坦面 357 具有疏液性。再者, 例如还可以用规定的金属等形成板部件 356, 并通过至少对该金属制的板部件 356 的平坦面 357 实施疏液处理, 使平坦面 357 具有疏液性。作为板部件 356 (平坦面 357) 的疏液处理, 例如, 涂覆聚四氟乙烯等氟类树脂材料、丙烯类树脂材料、硅类树脂材料等疏液性材料, 或者贴附由所述疏液性材料制成的薄膜。另外, 用于表面处理的膜, 既可以是单层膜, 也可以是由多层构成的膜。作为用于使其具有疏液性的疏液性材料, 可以采用对于液体 LQ 具有非溶解性的材料。另外, 作为疏液性材料的涂覆区域, 既可以对板部件 356 的表面全域进行涂覆, 也可以只对例如平坦面 357 等需要疏液性的一部分的区域进行涂覆。

[0114] 由于在衬底 W 的周围设有具有与衬底 W 表面大致同一平面的平坦面 357 的板部件 356, 因此即便在将衬底 W 的边缘区域 E 液浸曝光时, 由于在衬底 W 的边缘部的外侧基本没有阶梯部, 因此可以将液体 LQ 保持在投影光学系统 PL 之下, 并在投影光学系统 PL 的像面侧良好地形成液浸区域 AR302。另外, 通过使平坦面 357 具有疏液性, 可以抑制液体 LQ 向液浸曝光中的衬底 W 外侧 (平坦面 357 外侧) 流出, 另外即便在液浸曝光后, 也可以顺利地回

收液体 LQ,从而可以防止液体 LQ 残留在平坦面 357 上。

[0115] 液体供给机构 310,是用于向投影光学系统 PL 的像面侧供给规定的液体 LQ 的部件,具备可以送出液体 LQ 的液体供给部 311,和将其一端部连接在液体供给部 311 上的供给管 312(312A、312B)。液体供给部 311,具备收容液体 LQ 的容器、以及加压泵等。当在衬底 W 上形成液浸区域 AR302 时,液体供给机构 310 向衬底 W 上供给液体 LQ。

[0116] 液体回收机构 320,是用于回收投影光学系统 PL 的像面侧的液体 LQ 的部件,具备可以回收液体 LQ 的液体回收部 321,和将其一端部连接在液体回收部 321 上的回收管 322(322A、322B)。液体回收部 321 具备例如真空泵等真空系统(吸引装置)、将回收的液体 LQ 和气体分离的气液分离器、以及收容回收的液体 LQ 的容器等。再者,作为真空系统,也可以不在曝光装置 EX 上设置真空泵,而使用配置曝光装置的工厂的真空系统。为了在衬底 W 上形成液浸区域 AR302,液体回收机构 320 定量回收由液体供给机构 310 供给的衬底 W 上的液体 LQ。

[0117] 在构成投影光学系统 PL 的多个光学元件 302A ~ 302F 中,在与液体 LQ 接触的光学元件 302F 的附近配置有流路形成部件 370。流路形成部件 370,是在衬底 W(衬底载物台 PST) 的上方,以包围光学元件 302F 的侧面 302T 的方式设置的环状部件。

[0118] 流路形成部件 370,可以由例如铝、钛、不锈钢、硬铝、以及含有它们的合金形成。或者,流路形成部件 370,也可以由玻璃(石英)等具有光透过性的透明部件(光学部件)构成。

[0119] 流路形成部件 370,设在衬底 W(衬底载物台 PST) 的上方,具备以与该衬底 W 表面相对的方式配置的液体供给口 313(313A、313B)。在本实施形态中,流路形成部件 370 具有 2 个液体供给口 313A、313B。液体供给口 313A、313B 设在流路形成部件 370 的下面 370S 上。

[0120] 另外,流路形成部件 370,在其内部具有与液体供给口 313(313A、313B) 相对应的供给流路 314(314A、314B)。供给流路 314A、314B 的一端部经由供给管 312A、312B 分别连接在供给部 311 上,另一端部分别连接在液体供给口 313A、313B 上。

[0121] 在供给管 312A、312B 的中途,分别设有控制从液体供给部 311 送出的、相对于各个液体供给口 313A、313B 的每个单位时间的液体供给量的、被称为质量流控制器的流量控制器 316A、316B。由流量控制器 316(316A、316B) 进行的液体供给量的控制,在控制装置 CONT 的指令信号下进行。

[0122] 进而,流路形成部件 370,设在衬底 W(衬底载物台 PST) 的上方,并具备以与该衬底 W 表面相对的方式配置的液体回收口 323。在本实施形态中,流路形成部件 370 具有 2 个液体回收口 323A、323B。液体回收口 323A、323B 设在流路形成部件 370 的下面 370S 上。

[0123] 另外,流路形成部件 370,在其内部具有与液体回收口 323(323A、323B) 相对应的回收流路 324(324A、324B)。回收流路 324A、324B 的一端部经由回收管 322A、322B 分别连接在液体回收部 321 上,另一端部分别连接在液体回收口 323A、323B 上。

[0124] 在本实施形态中,流路形成部件 370,构成液体供给机构 310 以及液体回收机构 320 各自的一部分。并且,构成液体供给机构 310 的液体供给口 313A、313B,设在夹住投影光学系统 PL 的投影区域 AR301 的 X 轴方向两侧的各自的位置上,构成液体回收机构 320 的液体回收口 323A、323B,相对于投影光学系统 PL 的投影区域 AR301 设在液体供给机构 310 的液体供给口 313A、313B 的外侧。

[0125] 液体供给部 311 以及流量控制器 316 的动作, 由控制装置 CONT 控制。在向衬底 W 上供给液体 LQ 时, 控制装置 CONT, 由液体供给部 311 送出液体 LQ, 并经由供给管 312A、312B、以及供给流路 314A、314B, 由设在衬底 W 的上方的液体供给口 313A、313B 向衬底 W 上供给液体 LQ。这时, 液体供给口 313A、313B 分别配置在夹住投影光学系统 PL 的投影区域 AR301 的两侧, 经由该液体供给口 313A、313B, 可以从投影区域 AR301 的两侧供给液体 LQ。另外, 分别从液体供给口 313A、313B 向衬底 W 上供给的液体 LQ 的每个单位时间的量, 可以由分别设在供给管 312A、312B 上的流量控制器 316A、316B 单独地控制。

[0126] 液体回收部 321 的液体回收动作由控制装置 CONT 控制。控制装置 CONT, 可以控制由液体回收部 321 进行的每个单位时间的液体回收量。从设在衬底 W 的上方的液体回收口 323A、323B 回收的衬底 W 上的液体 LQ, 经由流路形成部件 370 的回收流路 324A、324B、以及回收管 322A、322B 被回收到液体回收部 321 内。

[0127] 再者, 在本实施形态中, 虽然供给管 312A、312B 连接在 1 个液体供给部 311 上, 但也可以设置与供给管的数量相对应的多个 (这里是 2 个) 液体供给部 311, 并将供给管 312A、312B 分别连接在所述多个液体供给部 311 上。另外, 虽然回收管 322A、322B 连接在 1 个液体回收部 321 上, 但也可以设置与回收管的数量相对应的多个 (这里是 2 个) 液体回收部 321, 并将回收管 322A、322B 分别连接在所述多个液体回收部 321 上。

[0128] 投影光学系统 PL 的光学元件 302F 的液体接触面 302S、以及流路形成部件 370 的下面 (液体接触面) 370S 具有亲液性 (亲水性)。在本实施形态中, 对光学元件 302F 以及流路形成部件 370 的液体接触面实施亲液处理, 通过该亲液处理, 光学元件 302F 以及流路形成部件 370 的液体接触面变为亲液性。换言之, 与保持在衬底载物台 PST 上的衬底 W 的被曝光面 (表面) 相对的部件的表面中, 至少液体接触面变为亲液性。由于本实施形态中的液体 LQ 是极性较大的水, 因此作为亲液处理 (亲水处理), 例如通过用乙醇等极性较大的分子结构的物质形成薄膜, 付与该光学元件 302F 和流路形成部件 370 的液体接触面以亲水性。即, 当作为液体 LQ 使用水时, 最好是在所述液体接触面上设置具有 OH 基等极性较大的分子结构的物质的处理。或者, 也可以在所述液体接触面上设置  $MgF_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  等亲液性材料。

[0129] 再者, 流路形成部件 370 的下面 (面向衬底 W 侧的面) 370S 也可以是大致的平坦面, 还可以在流路形成部件 370 的下面 370S 中相对于投影光学系统 PL 比液体回收口 323 (323A、323B) 更靠近外侧的区域上, 设置相对于 XY 平面倾斜的面, 具体地说是相对于投影区域 AR301 (液浸区域 AR302) 以越靠近外侧相对于衬底 W 的表面越远离 (向上) 的方式倾斜的、具有规定长度的倾斜面 (收集面)。这样一来, 即便随着衬底 W 的移动, 投影光学系统 PL 和衬底 W 之间的液体 LQ 向流路形成部件 370 的下面 370S 的外侧流出, 也被收集面捕捉, 因此可以防止液体 LQ 的流出。在此, 通过在收集面上实施亲液处理而使其具有亲液性, 由于涂覆在衬底 W 的表面上的膜 (光致抗蚀剂等感光材料膜、或反射防止膜或者从液体下保护感光材料的膜等) 通常是疏液性 (疏水性) 的, 因此流出到液体回收口 323 的外侧的液体 LQ 就被收集面捕捉。

[0130] 另外, 虽然图未示, 但在衬底载物台 PST (Z 倾斜载物台 352) 上, 在衬底 W 的周围的板部件 356 的外侧的规定位置上, 配置有基准部件。在基准部件上, 以规定的位置关系设有例如由具有特开平 4-65603 号公报所公开的构成的衬底对准系统检测的基准标志, 和例如

由具有特开平 7-176468 号公报所公开的构成的掩模对准检测的基准标志。基准部件的上面大致呈平坦面,并设在与衬底 W 表面、板部件 56 的表面(平坦面)357 大致同一高度(同一平面)。衬底对准系统设在衬底载物台 PST 的附近,也检测衬底 W 上的对准标志。另外,掩模对准系统设在掩模载物台 MST 的附近,经由掩模 M 和投影光学系统 PL 检测衬底载物台 PST(Z 倾斜载物台 352) 上的基准标志。

[0131] 另外,在 Z 倾斜载物台 352(衬底载物台 PST) 上,在板部件 356 的外侧的规定位置上,作为光学传感器配置有例如特开昭 57-117238 号公报所公开的照度不匀传感器。照度不匀传感器具备平面看呈矩形的上板。上板的上面大致呈平坦面,并设在与衬底 W 表面、板部件 356 的表面(平坦面)357 大致同一高度(同一平面)。在上板的上面,设有可以通过光的销孔部。在上面之中,除了销孔部以外用铬等遮光性材料覆盖。

[0132] 另外,在 Z 倾斜载物台 352(衬底载物台 PST) 上,在板部件 356 的外侧的规定位置上,作为光学传感器设有例如特开 2002-14005 号公报所公开的空间像计测传感器。空间像计测传感器具备平面看呈矩形的上板。上板的上面大致呈平坦面,也可以作为调焦·调平检测系统的基准面使用。并且,上板的上面设在与衬底 W 表面、板部件 356 的表面(平坦面)357 大致同一高度(同一平面)。在上板的上面,设有可以通过光的销孔部。上面之中,除了销孔部以外用铬等遮光性材料覆盖。

[0133] 另外,在 Z 倾斜载物台 352(衬底载物台 PST) 上,还设有例如特开平 11-16816 号公报所公开的照射量传感器(照度传感器),该照射量传感器的上板的上面设在与衬底 W 表面和板部件 356 的表面(平坦面)357 大致同一高度(同一平面)。

[0134] 本实施形态的曝光装置 EX,是一面将掩模 M 和衬底 W 沿着 X 轴方向(扫描方向)移动,一面将掩模 M 的图形像投影曝光在衬底 W 上的装置,在扫描曝光时,经由液浸区域 AR2 的液体 LQ 以及投影光学系统 PL 将掩模 M 的一部分的图形像投影在投影区域 AR1 上,掩模 M 沿着 -X 方向(或 +X 方向)以速度 V 移动,与之同步,衬底 W 相对于投影区域 AR1 沿着 +X 方向(或 -X 方向)以速度  $\beta \cdot V$  ( $\beta$  为投影倍率)移动。并且,在衬底 W 上设定多个拍摄区域,在对 1 个拍摄区域的曝光结束后,利用衬底 W 的步进移动,下一个拍摄区域移动到扫描开始位置,以下,一面用步进/扫描方式移动衬底 W,一面顺次进行对各拍摄区域的扫描曝光处理。

[0135] 图 11 是展示液体供给口 313 以及液体回收口 323 和投影区域 AR301 的位置关系的平面图。如图 11 所示,投影光学系统 PL 的投影区域 AR1,设定为以 Y 轴方向为长边方向,以 X 轴方向为短边方向的平面看矩形。

[0136] 液体供给口 313A、313B,对于 X 轴方向(扫描方向),分别设在夹住投影光学系统 PL 的投影区域 AR301 的两侧。具体地说,液体供给口 313A,在流路形成部件 370 的下面 370S 之中,相对于投影区域 AR301 设在扫描方向一方侧(-X 侧),液体供给口 313B 设在另一方侧(+X 侧)。即液体供给口 313A、313B 设在投影区域 AR301 的附近,关于扫描方向(X 轴方向)以夹住投影区域 AR1 的方式设在其两侧。液体供给口 313A、313B 分别形成为沿着 Y 轴方向延伸的平面看大致  $\pi$  字状(圆弧状)的狭缝状。并且,液体供给口 313A、313B 的 Y 轴方向的长度,至少比投影区域 AR301 的 Y 轴方向的长度长。液体供给口 313A、313B,至少以包围投影区域 AR301 的方式设置。液体供给机构 310,可以经由液体供给口 313A、313B 同时在投影区域 AR1 的两侧供给液体 LQ。

[0137] 液体回收口 323A、323B,设在比液体供给机构 310 的液体供给口 313A、313B 相对于投影光学系统 PL 的投影区域 AR301 更靠近外侧,对于 X 轴方向(扫描方向),分别设在夹住投影光学系统 PL 的投影区域 AR301 的两侧。具体地说,液体回收口 323A,在流路形成部件 370 的下面 370S 之中,相对于投影区域 AR301 设在扫描方向一方侧(-X 侧),液体回收口 323B 设在另一方侧(+X 侧)。液体回收口 323A、323B 分别形成为沿着 Y 轴方向延伸的平面看大致  $\pi$  字状(圆弧状)的狭缝状。液体回收口 323A、323B,以包围投影光学系统 PL 的投影区域 AR301、以及液体供给口 313A、313B 的方式设置。

[0138] 并且,填满液体 LQ 的液浸区域 AR302,以包括投影区域 AR301 的方式局部地形成在实际上用 2 个液体回收口 323A、323B 围成的区域内,并且也是衬底 W 上的一部分上。再者,液浸区域 AR302 只要至少覆盖投影区域 AR301 即可,不一定用 2 个液体回收口 323A、323B 围成的区域整体都是液浸区域。

[0139] 再者,虽然是液体供给口 313 在投影区域 AR301 的两侧各设置 1 个的构成,但也可以分割成多个,其数量是任意的。同样地,液体回收口 323 也可以分割成多个。另外,虽然设在投影区域 AR301 的两侧的液体供给口 313 各自形成为彼此大致相同的大小(长度),但也可以是彼此不同的大小。同样地,分别设在投影区域 AR301 的两侧的液体回收口 323 也可以是彼此不同的大小。另外,供给口 313 的狭缝宽度和回收口 323 的狭缝宽度既可以是相同的,也可以使回收口 323 的狭缝宽度大于供给口 313 的狭缝宽度,相反也可以使回收口 323 的狭缝宽度小于供给口 313 的狭缝宽度。

[0140] 图 12 是流路形成部件 370 附近的放大剖面图。如图 12 所示,在投影光学系统 PL 的光学元件 302F 的侧面 302T 和流路形成部件 370 的内侧面 370T 之间设有间隙 G301。间隙 G301,是为了将投影光学系统 PL 的光学元件 302F 和流路形成部件 370 振动地分离而设置的。间隙 G301 例如设定为 3 ~ 10mm 左右。另外,包括流路形成部件 370 的液体供给机构 310 以及液体回收机构 320,和投影光学系统 PL,分别由不同的支撑机构支撑,并被振动地分离。由此,防止在包括流路形成部件 370 的液体供给机构 310 以及液体回收机构 320 上产生的振动,传递到投影光学系统 PL 侧。

[0141] 另外,在光学元件 302F 的上部形成有凸缘部 302G,在镜筒 PK 的下端部,形成有与凸缘部 302G 相对的支撑面 PF。并且,在镜筒 PK 的支撑面 PF 上,设有可调整地支撑光学元件 302F 的支撑部 360。在由支撑部 360 支撑的光学元件 302F 的凸缘部 302G 的下面,和镜筒 PK 的支撑面 PF 之间,设有间隙 G302。

[0142] 并且,曝光装置 EX,具备阻止液体 LQ 浸入构成投影光学系统 PL 的多个光学元件 302A ~ 302F 中、与形成在衬底 W 上的液浸区域 AR302 的液体 LQ 接触的光学元件 302F 的侧面 302T,和流路形成部件 370 之间的第 1 密封部件 330。

[0143] 进而,曝光装置 EX,具备阻止光学元件 302F 和保持该光学元件 302F 的镜筒 PK 之间的气体的流通的第 2 密封部件 340。第 1 密封部件 330 以可以更换的方式安装在形成为环状的流路形成部件 370 的内侧面 370T 上。第 2 密封部件 340 以可以更换的方式安装在镜筒 PK 上。

[0144] 图 13 是展示第 1 密封部件 330 附近的放大剖面图。如图 13 所示,第 1 密封部件 330,设在光学元件 302F 的侧面 302T 和流路形成部件 370 的内侧面 370T 之间,相对于光学元件 302F 的侧面 302T 和流路形成部件 370 的内侧面 370T 之间,阻止形成在衬底 W 上的液

浸区域 AR302 的液体 LQ 浸入。第 1 密封部件 330, 以包围光学元件 302F 的方式形成为环状。

[0145] 第 1 密封部件 330 具有可挠性。另外, 第 1 密封部件 330 具有疏液性。在本实施形态中, 第 1 密封部件 330 由氟化橡胶构成。氟化橡胶在具有可挠性以及疏液性的同时, 排气较少, 相对于液体 LQ 是非溶解性的, 并且给曝光处理造成的影响较少, 因此较理想。再者, 作为第 1 密封部件 330, 也可以在用具有可挠性的规定的材料形成的环状部件的表面上涂覆疏液性材料。

[0146] 以包围光学元件 302F 的方式形成为环状的第 1 密封部件 330, 具备安装在流路形成部件 370 的内侧面 370T 上的主体部 331, 和经由铰链部 332 连接在主体部 331 上、并与光学元件 302F 的侧面 302T 接触的接触部 333。接触部 333 是大致圆环状 (圆锥状) 部件。

[0147] 在流路形成部件 370 的内侧面 370T 的下端部附近, 形成有可以保持第 1 密封部件 330 的主体部 331 的凹部 371。凹部 371 以沿着流路形成部件 370 的内侧面 370T 的方式形成为平面看大致圆环状。通过相对于凹部 371 嵌合第 1 密封部件 330 的主体部 331, 将该主体部 331 安装在流路形成部件 370 的内侧面 370T 的下端部附近。并且, 在将第 1 密封部件 330 的主体部 331 安装在流路形成部件 370 的内侧面 370T (凹部 371) 的状态下, 接触部 333 接触在光学元件 302F 的侧面 302T 的下端部附近。接触部 333 比主体部 331 壁薄, 在接触在光学元件 302F 的侧面 302T 上的状态下, 便可以较大地挠曲。

[0148] 铰链部 332 是连接主体部 331 和接触部 333 的部件, 在图 13 中, 可以向箭头 y301 所示的方向弹性变形。并且, 在将第 1 密封部件 330 的主体部 331 安装在流路形成部件 370 的内侧面 370T 上的状态下, 接触部 333, 在推压光学元件 302F 的侧面 302T 的方向 (参照箭头 y302) 上产生力。由此, 接触部 333 和光学元件 302F 的侧面 302T 紧贴。由此, 可以阻止液浸区域 AR302 的液体 LQ 浸入光学元件 302F 的侧面 302T 和流路形成部件 370 之间的间隙 G301。

[0149] 另外, 由于接触部 333 具有可挠性, 因此即便在流路形成部件 370 上产生振动, 通过接触部 333 挠曲, 或者铰链部 332 弹性变形, 也可以吸收。因而, 可以防止在流路形成部件 370 上产生的振动传递到投影光学系统 PL 的光学元件 302F。另外, 通过接触部 333 挠曲, 或者铰链部 332 弹性变形, 可以减少第 1 密封部件 330 (接触部 333) 给予光学元件 302F 的力。因而, 可以防止发生光学元件 302F 歪曲或出现位置偏移等不良状况。

[0150] 在此, 虽然接触部 333 的向箭头 y302 方向的力 (加载力) 由铰链部 332 的弹性变形产生, 但也可以由液浸区域 AR302 的液体 LQ 的压力产生。即, 当液浸区域 AR302 的液体 LQ 的压力正压力化时, 间隙 G301 中比第 1 密封部件 330 更靠近下侧的空间 G301a 的压力, 变得比上侧的空间 G301b 的压力高。并且, 如图 13 所示, 在将接触部 333 的上端部经由铰链部 332 连接在主体部 331 上, 并且其下端部与光学元件 302F 的侧面 302T 接触的状态下, 接触部 333 紧贴在光学元件 302F 的侧面 302T 上。

[0151] 再者, 图 13 所示的第 1 密封部件 330 的形态是一例, 也可以是以接触部 333 利用空间 G301a 和空间 G301b 的压力差紧贴在光学元件 302 的侧面 302T 上的方式, 设置接触部 333 (第 1 密封部件 330) 时的姿势, 或者只要最恰当地设定相对于主体部 331 的接触部 333 的位置即可。

[0152] 再者, 在此, 虽然将第 1 密封部件 330 的主体部 331 安装在流路形成部件 370 上, 并

且接触部 333 与光学元件 302F 接触,但也可以将第 1 密封部件 330 的主体部 331 安装在光学元件 302F 的侧面 302T 上,并使接触部 333 接触在流路形成部件 370 的内侧面 370T 上。

[0153] 另外,形成间隙 G301 的光学元件 302F 的侧面 302T,和流路形成部件 370 中与光学元件 302F 的侧面 302T 相对的内侧面 370T,分别具有疏液性。具体地说,内侧面 370T 以及侧面 302T,分别通过实施疏液处理而具有疏液性。作为疏液处理,涂覆氟类树脂材料、丙烯酸类树脂材料、硅类树脂材料等疏液性材料,或者贴附由所述疏液性材料制成的薄膜。另外,用于表面处理的膜,既可以是单层膜,也可以是由多层构成的膜。另一方面,如上述,投影光学系统 PL 的光学元件 302F 的液体接触面 302S、以及流路形成部件 370 的下面(液体接触面)370S 具有亲液性(亲水性)。

[0154] 由于第 1 密封部件 330、光学元件 302F 的侧面 302T、以及流路形成部件 370 的内侧面 370T 分别具有疏液性,因此即便在因毛细管现象而使得液体 LQ 浸入了间隙 G301 的情况下,该浸入的液体 LQ 也被排斥而不会滞留在间隙 G301 内。因而,由于液体 LQ 不会淤塞在间隙 G301 内,因此可以防止因淤塞而使得清洁度下降的液体 LQ 混入光学元件 302F 和衬底 W 之间的液浸区域 AR302 的液体 LQ 中这种不良状况的发生。

[0155] 图 14 是展示第 2 密封部件 340 附近的放大剖面图。在形成在镜筒 PK 的下端部的支撑面 PF 上,设有经由凸缘部 302G 可调整地支撑光学元件 302F 的支撑部 360,光学元件 302F 经由支撑部 360 被可调整地支撑在镜筒 PK 的支撑面 PF 上。支撑部 360 分别设在支撑面 PF 上的 3 处规定位置上。再者,在图 14 中,3 个支撑部 360A ~ 360C 中支撑部 360C 未图示。

[0156] 支撑部 360,例如设在镜筒 PK 的支撑面 PF 上,具备具有 V 状内面的 V 槽部件 361,和具有与 V 槽部件 361 的 V 状内面相接的球面的球状部件 362。在此,在光学元件 302F 的凸缘部 302G 的下面上形成有可以配置所述球状部件 362 的球面状凹部 363,光学元件 302F 的凸缘部 302G 的球面状凹部 363 的内面和球状部件 362 的球面相接。并且,由于这些面彼此可以滑动,因此例如当镜筒 PK 稍微变形时,通过这些面彼此滑动,可以抑制镜筒 PK 的变形对光学元件 302F 的影响。

[0157] 在由支撑部 360(360A ~ 360C)3 点支撑的光学元件 302F 的凸缘部 302G,和镜筒 PK 的支撑面 PF 之间,设有间隙 G302。并且,阻止光学元件 302F 和镜筒 PK(支撑面 PF)之间的气体的流通的第 2 密封部件 340,设在支撑部 360 附近。第 2 密封部件 340,以包围光学元件 302F 的方式形成为环状。

[0158] 再者,支撑部 360,不限于具备 V 槽部件 361,和球状部件 362 的构成。例如,作为支撑部件 360 的构成,也可以是具备设在镜筒 PK 的下端部的 3 个座,和设在与这 3 个座相对应的位置上的 3 个光学元件推压部件的构成。在该支撑部件的构成中,将光学元件 302F 的凸缘部 302G 的一方的面载置在 3 个座上,并 3 点支撑光学元件 302F。然后,通过将上述推压部件设在光学元件 302F 的凸缘部 302G 的另一方的面上,从而与 3 个座同时夹住凸缘部 302G,就可以将光学元件 302F 保持在镜筒 PK 的下端部。

[0159] 第 2 密封部件 340,设在光学元件 302F 的凸缘部 302G 和镜筒 PK 的支撑面 PF 之间,阻止镜筒 PK 的内部空间和外部之间的气体的流通。由此,镜筒 PK 内部成为略微封闭状态,如上述,就可以使用气体置换装置 3 用惰性气体填满镜筒 PK 内部。

[0160] 第 2 密封部件 340,是与第 1 密封部件 330 大致相同的构成,例如由氟化橡胶形成,

具有可挠性以及疏液性。另外,如上述那样,由于氟化橡胶排气较少,并且给曝光处理造成的影响较少,因此较理想。

[0161] 并且,以包围光学元件 302F 的方式形成为环状的第 2 密封部件 340,具备安装在镜筒 PK 的支撑面 PF 上的主体部 341,和经由铰链部 342 连接在主体部 341 上、并与光学元件 302F 的凸缘部 302G 的下面接触的接触部 343。

[0162] 在镜筒 PK 的下端部上,形成有可以配置光学元件 302F 的开口部 PM,在镜筒 PK 的支撑面 PF 中开口部 PM 附近,形成有可以保持第 2 密封部件 340 的主体部 341 的凹部 372。凹部 372 以沿着开口部 PM 的方式形成为环状。通过相对于凹部 372 嵌合第 2 密封部件 340 的主体部 341,将该主体部 341 安装在镜筒 PK 的支撑面 PF 上。在本实施形态中,第 2 密封部件 340,在支撑面 PF 上配置在比支撑部 360 更靠近光学元件 302F 侧。

[0163] 并且,在将第 2 密封部件 340 的主体部 341 安装在镜筒 PK 的支撑面 PF(凹部 372)上的状态下,接触部 343 与光学元件 302F 的凸缘部 302G 的下面接触。接触部 343 比主体部 341 壁薄,在与光学元件 302F 的凸缘部 302G 接触在状态下可以较大地挠曲。

[0164] 铰链部 342 是连接主体部 341 和接触部 343 的部件,可以弹性变形。并且,在将第 2 密封部件 340 的主体部 341 安装在镜筒 PK 的支撑面 PF 上的状态下,接触部 343,在推压光学元件 302F 的凸缘部 302G 的方向上产生力。由此,接触部 343 和光学元件 302F 的凸缘部 302G 的下面紧贴。由此,可以阻止光学元件 302F 的凸缘部 302G 和镜筒 PK 的支撑面 PF 之间的气体的流通。

[0165] 另外,由于接触部 343 具有可挠性,因此即便在光学元件 302F 上产生振动,通过接触部 343 挠曲,或者铰链部 342 弹性变形,也可以吸收。因而,可以防止在光学元件 302F 上产生的振动传递给镜筒 PK。另外,通过接触部 343 挠曲,或者铰链部 342 弹性变形,可以减少第 2 密封部件 340(接触部 343)给予光学元件 302F 的力。因而,可以防止发生光学元件 302F 歪曲,或出现位置偏移等不良状况。

[0166] 另外,虽然接触部 343 的向推压凸缘部 302G 的方向的力(加载力)由铰链部 342 的弹性变形产生,但也可以由镜筒 PK 内部空间和外部的压力差产生。因而,最好是以接触部 343 利用镜筒 PK 的内部空间和外部的压力差紧贴在光学元件 302F 的凸缘部 302G 上的方式设置接触部 343(第 2 密封部件 340)时的姿势,或者设定相对于主体部 341 的接触部 343 的位置。

[0167] 再者,在此,虽然将第 2 密封部件 340 的主体部 341 安装在镜筒 PK 上,并且接触部 343 与光学元件 302F 接触,但也可以将第 2 密封部件 340 的主体部 341 安装在光学元件 302F 的凸缘部 302G 上,并使接触部 343 与镜筒 PK 的支撑面 PF 接触。

[0168] 另外,也可以使形成间隙 G2 的光学元件 302F 的凸缘部 302G 的下面,和镜筒 PK 中与光学元件 302F 的凸缘部 302G 相对的支撑面 PF 分别具有疏液性。

[0169] 其次,说明用具有上述构成的曝光装置 EX 将掩模 M 的图形像曝光在衬底 W 上的方法。

[0170] 在将掩模 M 装载在掩模载物台 MST 上的同时,将衬底 W 装载在衬底载物台 PST 上之后,在进行衬底 W 的扫描曝光处理时,控制装置 CONT 驱动液体供给机构 310,开始对于衬底 W 上的液体供给动作。为了形成液浸区域 AR302 而从液体供给机构 310 的液体供给部 311 供给的液体 LQ,流过供给管 312A、312B 后,经由供给流路 314A、314B 由液体供给口 313A、

313B 供给到衬底 W 上。

[0171] 由供给到衬底 W 上的液体 LQ, 在投影光学系统 PL 和衬底 W 之间形成液浸区域 AR302。在此, 流过供给管 312A、312B 的液体 LQ 沿着形成为狭缝状的供给流路 314A、314B 以及液体供给口 313A、313B 的宽度方向扩散, 供给到衬底 W 上较宽的范围。从液体供给口 313A、313B 供给到衬底 W 上的液体 LQ, 以在投影光学系统 PL 的前端部 (光学元件 302) 的下端面和衬底 W 之间濡湿扩散的方式被供给, 并在包括投影区域 AR301 的衬底 W 上的一部分上, 局部地形成小于衬底 W 并且大于投影区域 AR301 的液浸区域 AR302。这时, 控制装置 CONT, 分别通过液体供给机构 310 中配置在 X 轴方向 (扫描方向) 两侧的液体供给口 313A、313B, 从投影区域 AR301 的两侧同时进行向衬底 W 上的液体 LQ 的供给。

[0172] 另外, 控制装置 CONT, 与液体供给机构 310 的驱动同步地驱动液体回收机构 320 的液体回收部 321, 进行衬底 W 上的液体 LQ 的回收。然后, 控制装置 CONT, 控制液体供给机构 310 以及液体回收机构 320 的驱动, 形成液浸区域 AR2。

[0173] 控制装置 CONT, 一面与由液体供给机构 310 进行的对衬底 W 上的液体 LQ 的供给同步地进行由液体回收机构 320 进行的衬底 W 上的液体 LQ 的回收, 一面将支撑衬底 W 的衬底载物台 PST 沿着 X 轴方向 (扫描方向) 移动, 并同时使掩模 M 的图形像经由投影光学系统 PL 和衬底 W 之间的液体 LQ 以及投影光学系统投影曝光在衬底 W 上。这时, 由于液体供给机构 310 关于扫描方向从投影区域 AR301 的两侧经由液体供给口 313A、313B 同时进行液体 LQ 的供给, 因此均匀且良好地形成液浸区域 AR302。

[0174] 在本实施形态中, 当从投影区域 AR301 的扫描方向两侧对衬底 W 供给液体 LQ 时, 控制装置 CONT, 用液体供给机构 310 的流量控制器 316A、316B 调整每个单位时间的液体供给量, 在衬底 W 上的 1 个拍摄区域的扫描曝光中, 随于扫描方向使从投影区域 AR301 的一方侧供给的液体量 (每个单位时间的液体供给量), 与从另一方侧供给的液体量不同。具体地说, 控制装置 CONT, 将关于扫描方向从投影区域 AR301 的身前侧供给的每个单位时间的液体供给量, 设定为比在相反一侧供给的液体供给量多。

[0175] 例如, 当一面将衬底 W 沿着 +X 方向移动一面进行曝光处理时, 控制装置 CONT, 使相对于投影区域 AR301 来自于 -X 侧 (即液体供给口 313A) 的液体量, 多于来自于 +X 侧 (即液体供给口 313B) 的液体量, 另一方面, 当一面将衬底 W 沿着 -X 方向移动一面进行曝光处理时, 使相对于投影区域 AR301 来自于 +X 侧的液体量, 多于来自于 -X 侧的液体量。这样, 控制装置 CONT, 按照衬底 W 的移动方向, 分别改变来自于液体供给口 313A、313B 的每个单位时间的液体供给量。

[0176] 并且, 即便在将衬底 W 液浸曝光中, 液浸区域 AR302 的液体 LQ 浸入间隙 G301 内, 也由第 1 密封部件 330 阻止其浸入。

[0177] 当液体 LQ 浸入间隙 G301 时, 由浸入该间隙 G301 的液体 LQ 向光学元件 302F 的侧面 302T 施加力, 有可能出现光学元件 302F 变形 (歪曲) 等不良状况。可是, 由于设有第 1 密封部件 330, 因此可以防止光学元件 302F 的侧面 302T 从液体 LQ 受到力的不良状况。

[0178] 另外, 由于利用第 1 密封部件 330 阻止了液体 LQ 浸入间隙 G301 内, 因此不会产生由液体 LQ 相对于间隙 G301 的流入以及流出而导致的压力变动。因而, 可以防止光学元件 302F 因该压力变动而振动的不良状况。

[0179] 另外, 当液体 LQ 浸入了间隙 G301 时, 浸入的液体 LQ 有可能滞留在间隙 G301 内。

如果液体 LQ 长时间滞留在间隙 G301 内,该液体 LQ 污染的可能性变高,一旦该被污染的间隙 G301 的液体 LQ 例如在衬底 W 的液浸曝光中流入投影光学系统 PL 和衬底 W 之间,有可能导致曝光精度的劣化。可是,通过利用第 1 密封部件 330 使液体 LQ 不会浸入间隙 G301,可以防止液体 LQ 滞留在间隙 G301 内的不良状况。

[0180] 另外,利用第 1 密封部件 330 来防止液体 LQ 或液体 LQ 的飞沫侵入光学元件 302F 的侧面 302T 与流路形成部件 370 之间,从而可以防止流路形成部件 370 的侧面 370T 与镜筒 PK 生锈或光学元件 302F 的侧面 302T 溶解等不良情况

[0181] 另外,由于设置了第 2 密封部件 340,因此即便是用惰性气体填满镜筒 PK 的内部空间的构成,也可以防止外部的的气体相对于其内部空间的浸入。

[0182] 因而,可以维持镜筒 PK 的内部空间的环境。另外,衬底 W 上的液浸区域 AR302 的液体 LQ 有可能汽化,并且该汽化后变湿的气体经由间隙 G301 以及间隙 G302 浸入镜筒 PK 内部,这时,有可能出现在镜筒 PK 的内壁面上生锈,或使镜筒 PK 内部的光学元件 302A ~ 302E 等溶解的不良状况。可是,由于通过第 1 密封部件 330 以及第 2 密封部件 340 可以防止该湿的气体浸入镜筒 PK 内部,因此可以避免发生上述不良状况。

[0183] 再者,在上述的实施形态中,虽然是光学元件 302F 从镜筒 PK 露出,并且光学元件 302F 的侧面 302T 与流路形成部件 370 的内侧面 370T 相对的形态,但也可以是用镜筒 PK 的一部分(前端部)、或者用与镜筒 PK 不同的保持部件(透镜盒)保持光学元件 302 的侧面 302T。这时,所述镜筒 PK 的侧面或透镜盒的侧面便与流路形成部件 370 的内侧面 370T 相对。这时,第 1 密封部件 330,以阻止液体 LQ 浸入保持光学元件 302F 的透镜盒(或镜筒)的侧面和流路形成部件 370 之间的方式安装。

[0184] 再者,在上述的实施形态中,虽然供给液体 LQ 的液体供给口 313A、313B、和回收液体 LQ 的液体回收口 323A、323B,形成在 1 个流路形成部件 370 的下面 370S 上,但例如,也可以如第 1 实施例中说明的构成那样,分别设置具有液体供给口 313A、313B 的流路形成部件(供给部件),和具有液体回收口 323A、323B 的流路形成部件(回收部件)。

[0185] 再者,在上述的实施形态中,虽然对在衬底 W 上形成液体 LQ 的液浸区域 AR302 的情况进行了说明,但也有上述那样在设在衬底载物台 PST 上的基准部件的上面形成液体 LQ 的液浸区域 AR302 的情况。并且,还有经由其上面的液浸区域 AR302 的液体 LQ 进行各种计测处理的情况。在这种情况下,通过利用第 1 密封部件 330 防止液体 LQ 浸入间隙 G301,同时利用第 2 密封部件 340 阻止间隙 G302 的气体的流通,也可以良好地进行计测处理。同样地,当在照度不均传感器的上板的上面、或空间像计测传感器的上板的上面等形成液体 LQ 的液浸区域 AR302,然后进行计测处理的情况下,也可以良好地进行计测处理。进而,也考虑到在 Z 倾斜载物台 352(衬底载物台 PST)上面形成液浸区域 AR302 的构成,在该情况下,也可以利用第 1 密封部件 330 防止液体 LQ 浸入间隙 G301,同时利用第 2 密封部件 340 阻止间隙 G302 的气体的流通。

[0186] 再者,在上述的实施形态中,也可以在液体供给口 313 以及液体回收口 323、和连接在它们上的供给流路 314 以及回收流路 324 等上,配置由海绵状部件或多孔质陶瓷等构成的多孔质体。

[0187] 再者,作为第 1 密封部件(或者第 2 密封部件),也可以采用图 15 所示那样的片状部件 335。片状部件 335 形成为平面看圆环状(圆锥状),片状部件 335 中,将外缘部 335A

安装在流路形成部件 370 的内侧面 370T 上,内缘部 335B 与光学元件 302F 的侧面 302T 接触。外缘部 335A 相对于流路形成部件 370T 的内侧面 370T 例如用粘接剂固定。

[0188] 并且,片状部件 335 的内缘部 335B,利用间隙 G301 中片状部件 335 的下侧的空间 G301a 和上侧的空间 G301b 的压力差,紧贴在光学元件 302F 的侧面 302T 上。由此,可以阻止液体 LQ 浸入光学元件 302F 的侧面 302T 和流路形成部件 370 之间。

[0189] 在此,作为片状部件 335,通过采用限制气体的流通的气体阻挡片(气体遮蔽片),除了形成在衬底 W 上的液浸区域 AR302 的液体 LQ 之外,还可以进一步防止从该液体 LQ 汽化的湿的气体浸入间隙 G301。

[0190] 作为气体阻挡片,可以使用将伸缩薄膜、粘接剂层、金属膜、隔离薄膜按顺序层叠而构成的材料。隔离薄膜,是对于气体的遮蔽性(气体阻挡性)极好,同时脱气作用极少的材料,例如,作为这种材料,最好用乙烯·乙烯树脂·乙醇树脂(EVOH 树脂)形成。作为该 EVOH 树脂,例如可以使用株式会社 Kuraray 的“EVAL”(商品名)。作为其他的材料,可以使用カプトン(kapton:商品名)(杜帮公司制)、聚酯薄膜(杜帮公司制)、マイクロロン(Microtron 商品名)(東レ(Toray)公司制)、ベクスタ(Bekusuta:商品名)(Kuraray 公司制)、ルミラー(Lumilar:商品名)(東レ(Toray)公司制)等。

[0191] 再者,也可以将片状部件 335 的内缘部 335B 固定在光学元件 302F 的侧面 302T 上,并使外缘部 335A 与流路形成部件 370 的内侧面 370T 接触。

[0192] 可是,如上述,最好第 1 密封部件 330 以及第 2 密封部件 340 分别具有疏液性。另一方面,由于照射了曝光光 EL,第 1 密封部件 330 以及第 2 密封部件 340 的疏液性有可能劣化。特别是,当作为第 1、第 2 密封部件 330、340 例如采用氟类树脂,作为曝光光 EL 采用紫外光时,该密封部件 330、340 的疏液性容易劣化(容易亲液化)。因而,通过按照曝光光 EL 的照射时间、或累计照射量,更换第 1、第 2 密封部件 330、340,可以设置具有所需的疏液性的第 1、第 2 密封部件 330、340。

[0193] 如上述,第 1 实施例以及第 2 实施例的液体 LQ 由纯水构成。纯水,具有在半导体制造工厂等很容易大量得到,同时没有对衬底 W 上的光致抗蚀剂和光学元件(透镜)等的坏影响的优点。另外,纯水也没有对环境的坏影响,同时杂质的含有量极低,因此还可以得到清洗衬底 W 的表面、以及设在投影光学系统 PL 的前端面上的光学元件的表面的作用。再者,在由工厂供给的纯水的纯度较低的情况下,也可以在曝光装置上安装超纯水制造器。

[0194] 并且,据说纯水(水)对于波长为 193nm 左右的曝光光 EL 的折射率  $n$  是大约 1.44,当作为曝光光 EL 的光源使用 ArF 准分子激光器光(波长 193nm)时,在衬底 W 上得到被短波长化到  $1/n$ ,即约 134nm 的高析像度。进而,由于焦深比在空气中扩大了约  $n$  倍,即约 1.44 倍,因此在只要能够确保与在空气中使用时同程度的焦深即可的情况下,可以进一步增加投影光学系统 PL 的数值孔径,在这一点上,析像度也提高。

[0195] 再者,在如上述那样使用液浸法的情况下,也有投影光学系统的数值孔径 NA 是 0.9 ~ 1.3 的情况。在这样投影光学系统的数值孔径 NA 变大的情况下,如果用一直以来作为曝光光使用的随机偏振光,因偏振光效果而出现成像性能恶化的情况,因此最好采用偏振光照明。这时,最好进行与掩模(中间掩模)的线和空间图形的线状光谱的纵向相吻合的直线偏振光照明,从掩模(中间掩模)的图形,大量射出 S 偏振光成分(TE 偏振光成分),即沿着线状光谱的纵向的偏振光方向成分的衍射光。当用液体填满投影光学系统 PL 和涂

覆在衬底 W 表面上的抗蚀剂之间时,与用空气(气体)填满投影光学系统 PL 和涂覆在衬底 W 表面上的抗蚀剂之间的情况相比,有助于对比度的提高的 S 偏振光成分(TE 偏振光成分)的衍射光的在抗蚀剂表面上的透过率变高,因此即便在投影光学系统的数值孔径 NA 超过 1.0 这样的情况下,也可以得到较高的成像性能。另外,如果将相位移动掩模(PhaseShift Mask)和特开平 6-188169 号公报所公开的与线状光谱的纵向相吻合的斜入射照明法(特别是偶极子(dipole)照明法)等组合在一起更有效。

[0196] 另外,例如当将 ArF 准分子激光作为曝光光,采用 1/4 左右的缩小倍率的投影光学系统 PL,将微细的线和空间图形(例如 25 ~ 50nm 左右的线和空间)在衬底 W 上曝光时,根据掩模 M 的结构(例如图形的微细度和铬的厚度),利用波导效应,掩模 M 作为偏振板起作用,从掩模 M 射出的 S 偏振光成分(TE 偏振光成分)的衍射光比使对比度降低的 P 偏振光成分(TM 偏振光成分)的衍射光多,因此最好使用上述的直线偏振光照明,但用随机偏振光照明掩模 M,即便在投影光学系统 PL 的数值孔径 NA 为 0.9 ~ 1.3 这样较大的情况下,也能够得到较高的析像性能。另外,当将掩模 M 上的极微细的线和空间图形曝光在衬底 W 上时,由于线栅效应,P 偏振光成分(TM 偏振光成分)有可能变得比 S 偏振光成分(TE 偏振光成分)大,但例如将 ArF 准分子激光器作为曝光光,使用 1/4 左右的缩小倍率的投影光学系统 PL,将大于 25nm 的线和空间图形曝光在衬底 W 上时,从掩模 M 射出的 S 偏振光成分(TE 偏振光成分)的衍射光比 P 偏振光成分(TM 偏振光成分)的衍射光多,因此即便在投影光学系统 PL 的数值孔径 NA 为 0.9 ~ 1.3 这样较大的情况下,也可以得到较高的析像性能。

[0197] 进而,不只是与掩模(中间掩模)的线状光谱的纵向相吻合的直线偏振光照明(S 偏振光照明),如特开平 6-53120 号公报所公开那样,沿着以光轴为中心的圆的切线(周)方向直线偏振的偏振光照明法和斜入射照明法的组合也是有效的。特别是,不只是掩模(中间掩模)的图形沿着规定的一个方向延伸的线状光谱,在沿着多个不同的方向延伸的线状光谱混杂的情况下,同样如特开平 6-53120 号公报所公开那样,通过将沿着以光轴为中心的圆的切线方向直线偏振的偏振光照明法和环形照明法并用,即便在投影光学系统的数值孔径 NA 较大的情况下,也可以得到较高的成像性能。

[0198] 在本实施形态中,在投影光学系统 PL 的前端安装有光学元件,通过该透镜,可以进行投影光学系统 PL 的光学特性,例如像差(球面像差、彗形像差等)的调整。再者,作为安装在投影光学系统 PL 的前端的光学元件,也可以是用于投影光学系统 PL 的光学特性的调整的光学板。或者也可以是可以透过曝光光 EL 的平行平板。

[0199] 再者,在本实施形态中,虽然是用液体 LQ 填满投影光学系统 PL 和即便 W 表面之间的构成,但也可以是例如在将由平行平板构成的外壳玻璃安装在即便 W 的表面上的状态下填满液体 LQ 的构成。

[0200] 再者,虽然本实施形态中的液体 LQ 是水,但也可以是水以外的液体,例如,当曝光光 EL 的光源是 F<sub>2</sub> 激光器时,由于该 F<sub>2</sub> 激光器光不透过水,因此作为液体 LQ,可以是能够透过 F<sub>2</sub> 激光器光的例如过氟化聚醚(PFPE)或氟类油等氟类流体。这时,在与液体 LQ 接触的部分上,通过用例如含有氟的极性较小的分子结构的物质形成薄膜的方式,进行亲液化处理。另外,作为液体 LQ,除此之外,还可以采用具有对曝光光 EL 的透过性,并且折射率尽可能高,相对于投影光学系统 PL 和涂覆在衬底 P 衬底 W 上的光致抗蚀剂稳定的物质(例如雪松油)。这时也按照使用的液体 LQ 的极性进行表面处理。

[0201] 再者,在本发明中,重要的是也可以将第 1 实施例所记载的和第 2 实施例所记载的构成适当地置换或组合。

[0202] 再者,作为上述各实施形态的衬底 W,不只是半导体器件制造用的半导体晶片,还可以适用显示器器件用的玻璃衬底、薄膜磁头用的陶瓷晶片、或者在曝光装置上使用的掩模或中间掩模的底片(合成石英、硅晶片)等。

[0203] 另外,在上述的实施形态中,虽然采用了用液体局部地填满投影光学系统 PL 和衬底 W 之间的曝光装置,但也可以将本发明适用于如特开平 6-124873 号公报所公开的使保持作为曝光对象的衬底的载物台在液槽中移动的液浸曝光装置,或者特开平 10-303114 号公报所公开的在载物台上形成规定深度的液体槽、并将衬底保持在其中的液浸曝光装置。

[0204] 作为曝光装置 EX,除了同步移动中间掩模 R 和衬底 W 然后扫描曝光中间掩模 R 的图形的步进/扫描方式的扫描型曝光装置(扫描步进曝光装置)之外,还可以适用于在将中间掩模 R 和衬底 W 静止的状态下将中间掩模 R 的图形一起曝光、并使衬底 W 顺次步进的步进和反复方式的(step and repeat system)投影曝光装置(步进曝光装置)。另外,本发明还可以适用于在衬底 W 上至少将 2 个图形部分地重叠后转印的步进和自动连续方式(step and switch system)的曝光装置。

[0205] 另外,本发明,还可以适用于如特开平 10-163099 号公报、特开平 10-214783 号公报、特表 2000-505958 号公报等所公开那样,具备可以分别载置晶片等被处理衬底并沿着 XY 方向独立地移动的 2 个载物台的双载物台型的曝光装置。

[0206] 作为曝光装置 EX 的种类,不限于将半导体元件图形曝光在衬底 W 上的半导体元件制造用的曝光装置,还可以广泛地适用于液晶显示元件制造用或显示器制造用的曝光装置、或用于制造薄膜磁头、摄像元件(CCD)或中间掩模或掩模等的曝光装置等。

[0207] 当在衬底载物台 WST 和中间掩模载物台 RST 上使用直线电动机(参照 USP5、623、853 或 USP5、528、118)时,作为使这些载物台相对于平台悬起的方式,最好采用使用了空气轴承的空气悬起型以及使用了劳伦兹力或电抗力的磁悬起型中的某一种。另外,各载物台 WST、RST,既可以是沿着轨道移动的类型,也可以是没有设置轨道的无轨道型。

[0208] 作为各载物台 WST、RST 的驱动机构,也可以使用使二次元地配置了磁铁的磁铁单元,和二次元地配置了线圈的电枢单元相对并利用电磁力驱动各载物台 WST、RST 的平面电动机。这时,只要将磁铁单元和电枢单元的任意一方连接在载物台 WST、RST 上,将磁铁单元和电枢单元的另一方设在载物台 WST、RST 的移动面侧即可。

[0209] 还可以如特开平 8-166475 号公报(USP5、528、118)所记载的那样,以不将因衬底载物台 WST 的移动而产生的反作用力传递给投影光学系统 PL 的方式,用框架部件机械地放到地面(大地)上。还可以如特开平 8-330224 号公报(US S/N 08/416、558)所记载的那样,以不将因中间掩模载物台 RST 的移动而产生的反作用力传递给投影光学系统 PL 的方式,用框架部件机械地放到地面(大地)上。

[0210] 本实施形态的曝光装置 EX,通过以保持规定的机械精度、电气精度、光学精度的方式,将包括本申请权利要求的范围所列举的各构成元件的各种子系统组装在一起而制造。为了确保这各种精度,在该组装的前后,对各种光学系统进行用于达成光学精度的调整,对各种机械系统进行用于达成机械精度的调整,对各种电气系统进行用于达成电气精度的调整。

[0211] 从各种子系统向曝光装置的组装工序,包括各种子系统相互的机械连接、电气电路的配线连接、气压回路的配管连接等。在从这各种子系统向曝光装置的组装工序之前,当然有各种子系统各自的组装工序。在将各种子系统组装到曝光装置上的工序结束后,进行综合调整,确保作为曝光装置整体的各种精度。再者,曝光装置的制造,最好在管理了温度以及清洁度的净化室内进行。

[0212] 半导体器件等微型器件,如图 16 所示,经过以下步骤制造,即进行微型器件的功能·性能设计的步骤 201、制作以该设计步骤为基础的中间掩模(掩模)的步骤 202、制造作为器件的基体材料的衬底的步骤 203、通过上述实施形态的曝光装置 EX 将中间掩模的图形曝光在衬底上的衬底处理步骤 204、器件组装步骤(包括划片工序、键合工序、封装工序)205、检查步骤 206 等。

[0213] 再者,在使用曝光装置 EX 的图 10 中的步骤 204 中,还使用与曝光装置 EX 串联连接的涂装显影(C/D)装置。在通常的半导体制造线中,通过机器臂或滑动臂,将用 C/D 装置的涂装部涂覆了抗蚀剂的晶片从涂装部自动输送到曝光装置 EX 内的预对准部。曝光装置 EX 内的预对准部在将晶片的切口和定向标记旋转方向统一到规定方向上后,将该晶片输送到载物台 WST 上。就在该未曝光晶片的输送动作之前,由卸载臂等将载物台 WST 上曝光完成的晶片从载物台 WST 运出,然后自动输送到 C/D 装置的显影部。这时,虽然液浸区域 AR2 因保持的液体的回收而呈大气释放状态,但有可能在曝光完成晶片的表面和背面上残存水滴等。于是,最好至少在从载物台 WST 向 C/D 装置(显影部)输送曝光完成晶片的机器臂或滑动臂等上,预先实施防滴或防水处理。特别是,最好在为了保持晶片的背面而形成在臂上的真空吸附部上,以即便附着在晶片背面上的水滴或水分浸入也没问题的方式,预先设成同时设有液体收集部(只留存液体的较小的凹陷部或海绵等)的真空排气路。

[0214] 产业上的利用的可能性

[0215] 由于可以防止与液体接触的光学部件的振动传递给光学组的情况,因此可以制造防止图形像的劣化,并具有较高的图形精度的器件。

[0216] 另外,根据本发明,由于可以一面防止液体和气体浸入投影光学系统的像面侧,一面用高精度进行曝光处理以及计测处理,因此可以良好地曝光衬底。

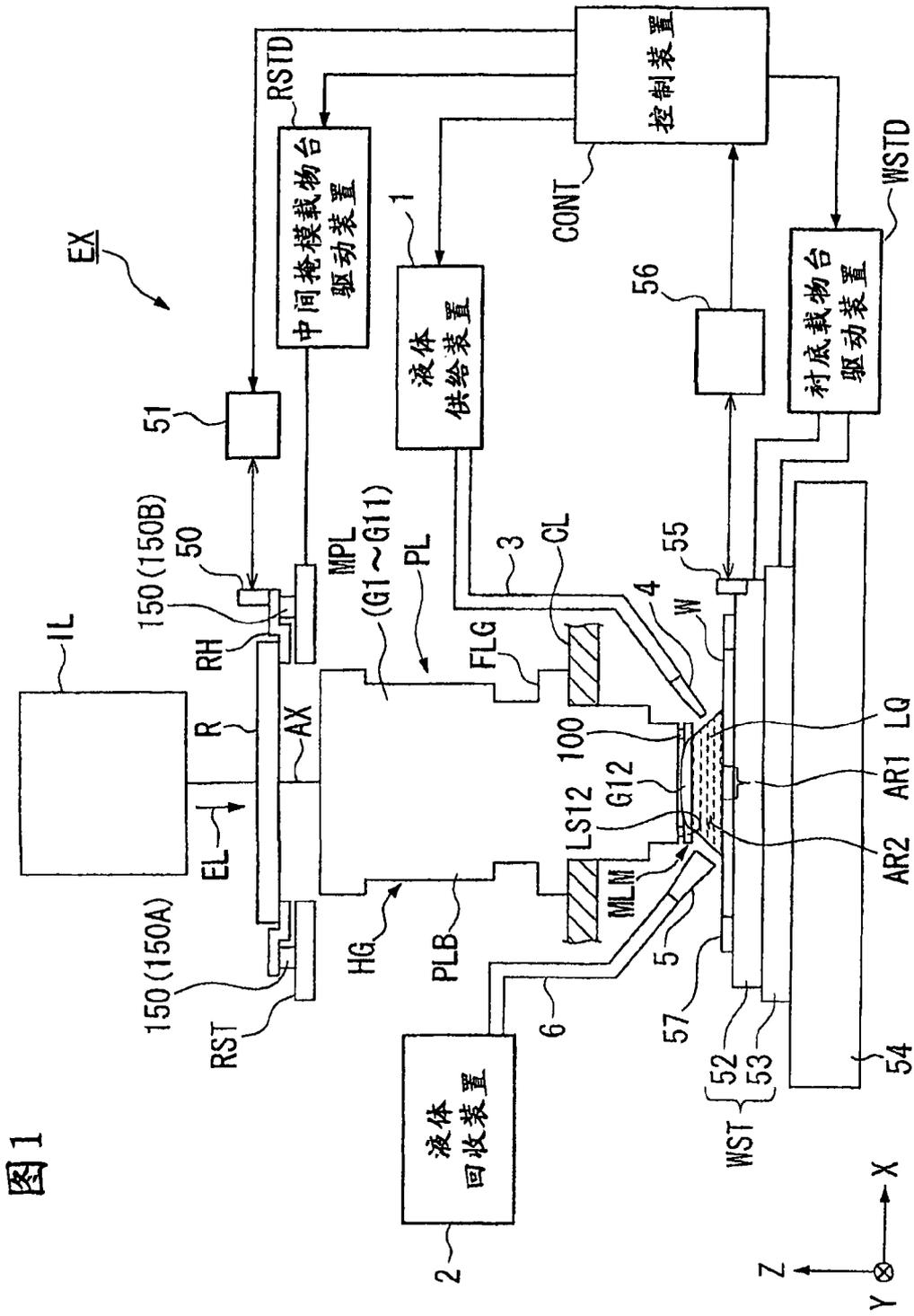
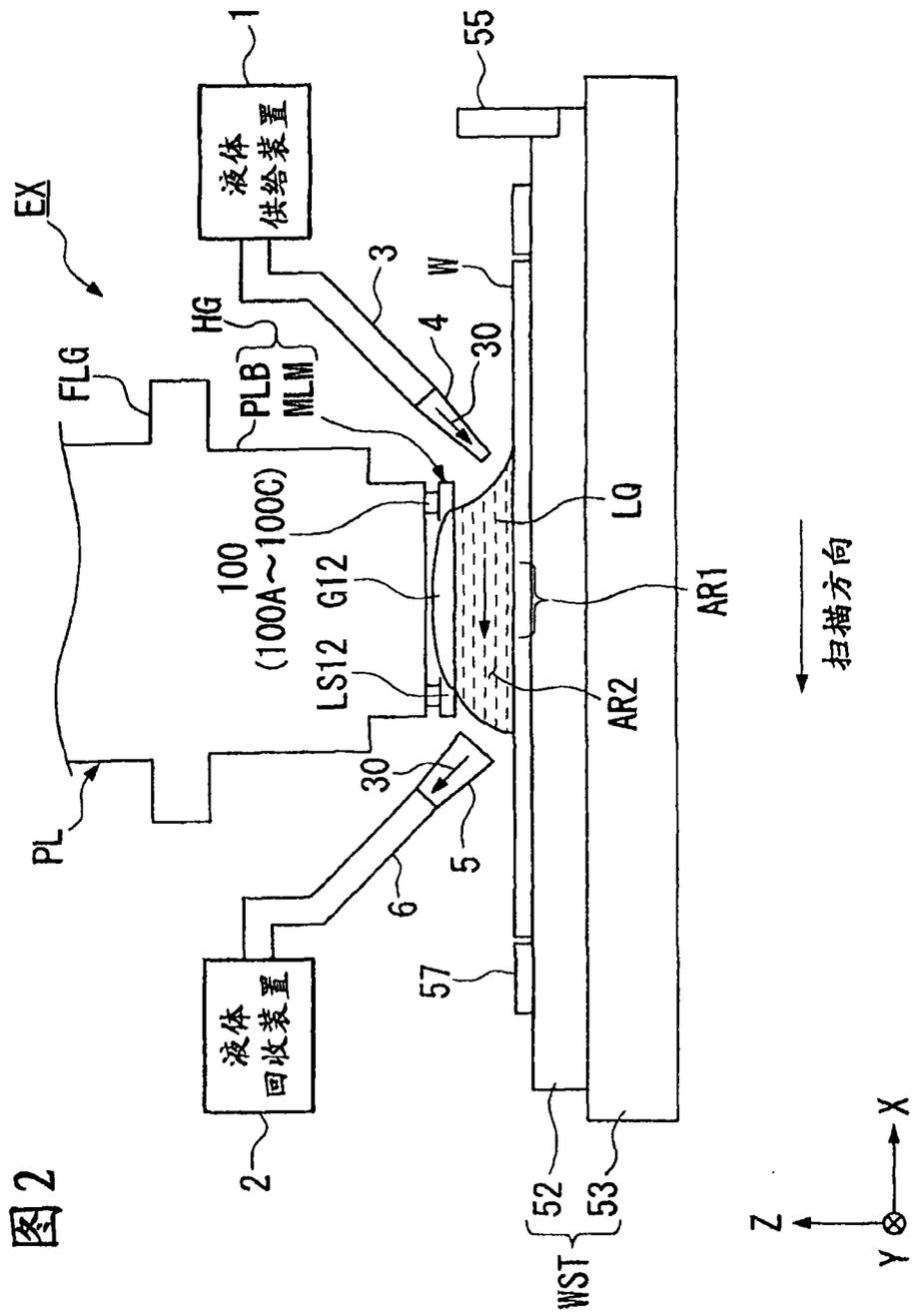


图1



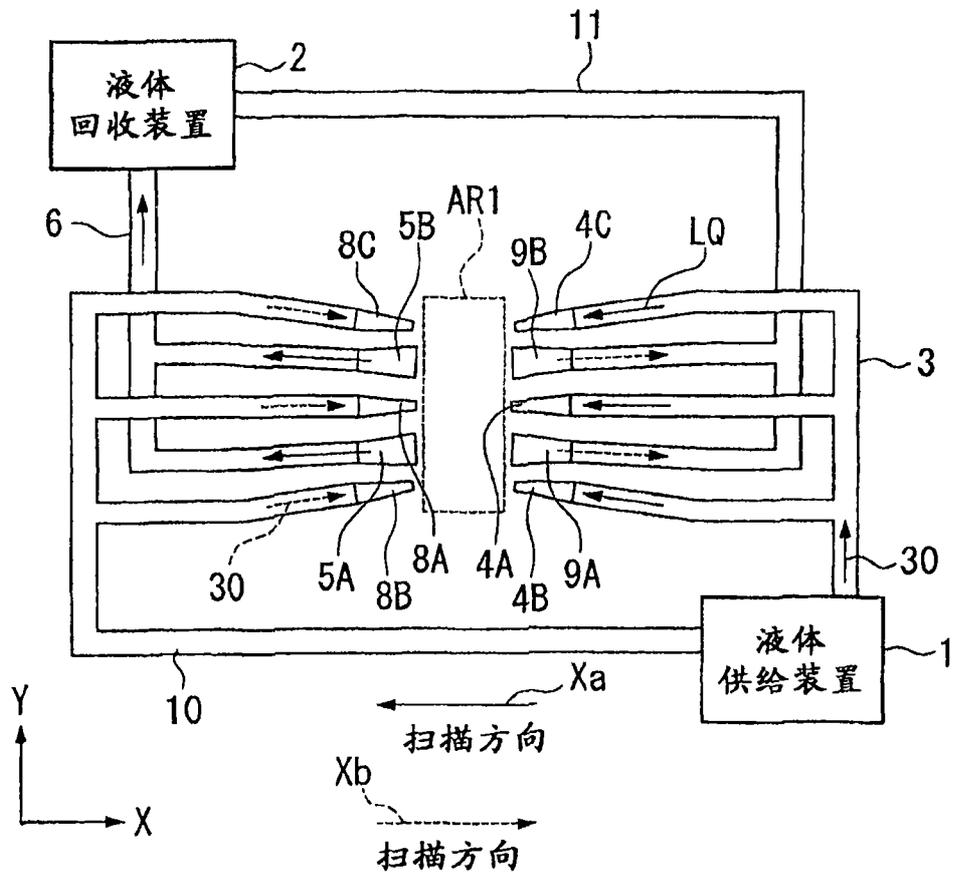


图 3

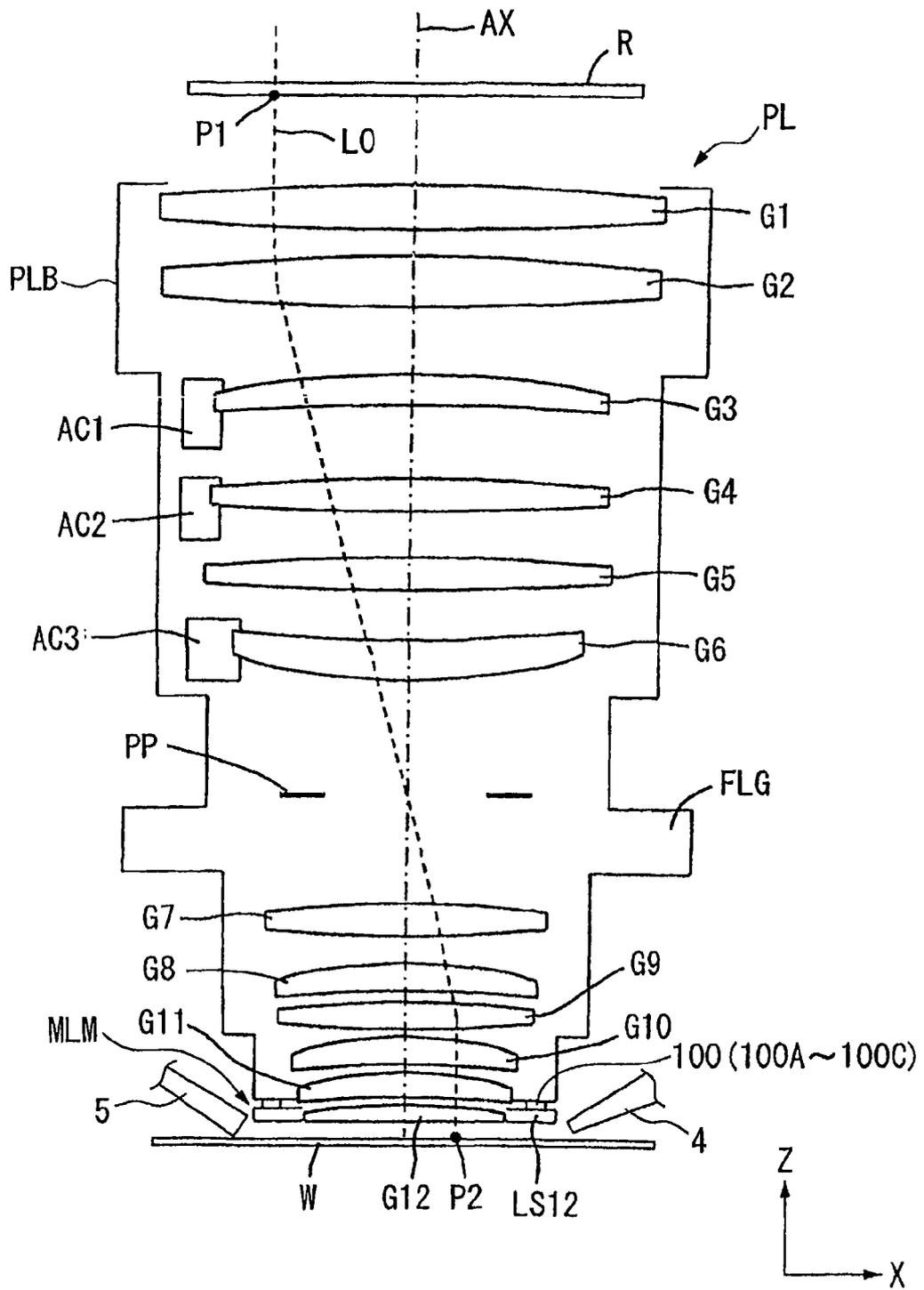
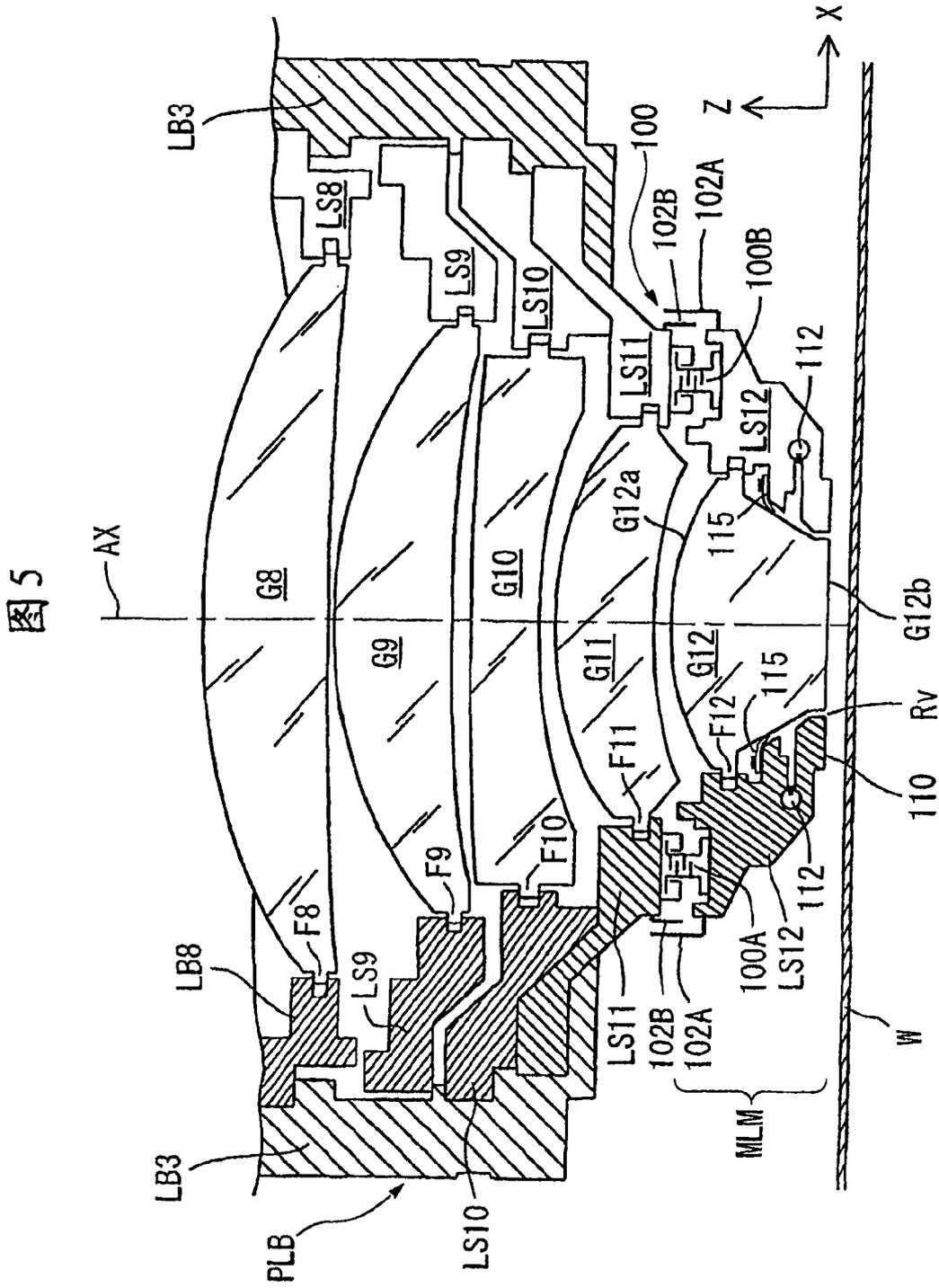


图 4



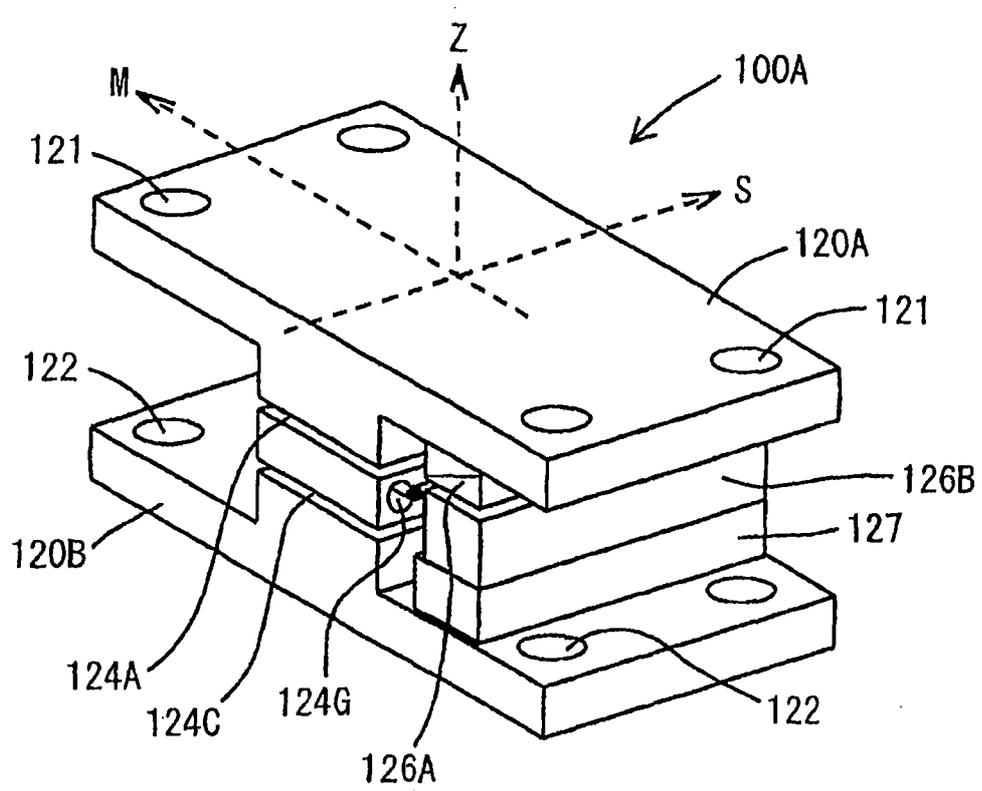


图 6

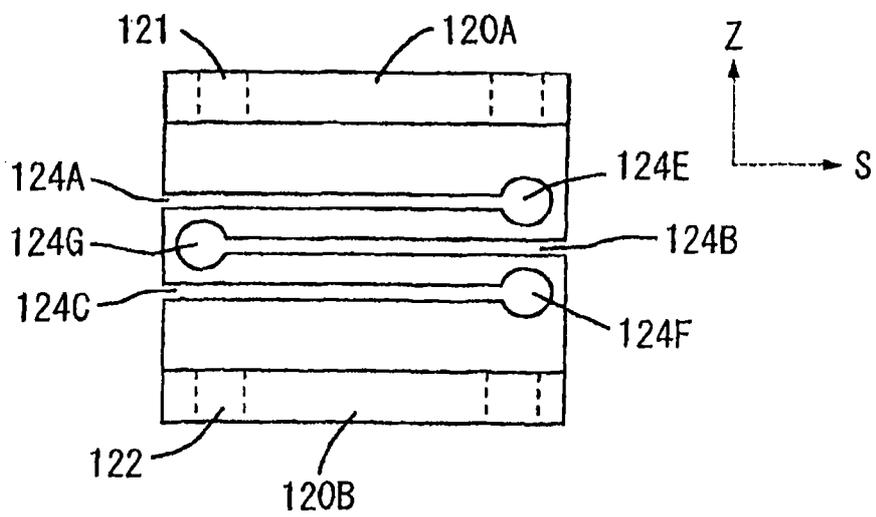


图 7

图 8

向控制装置CONT

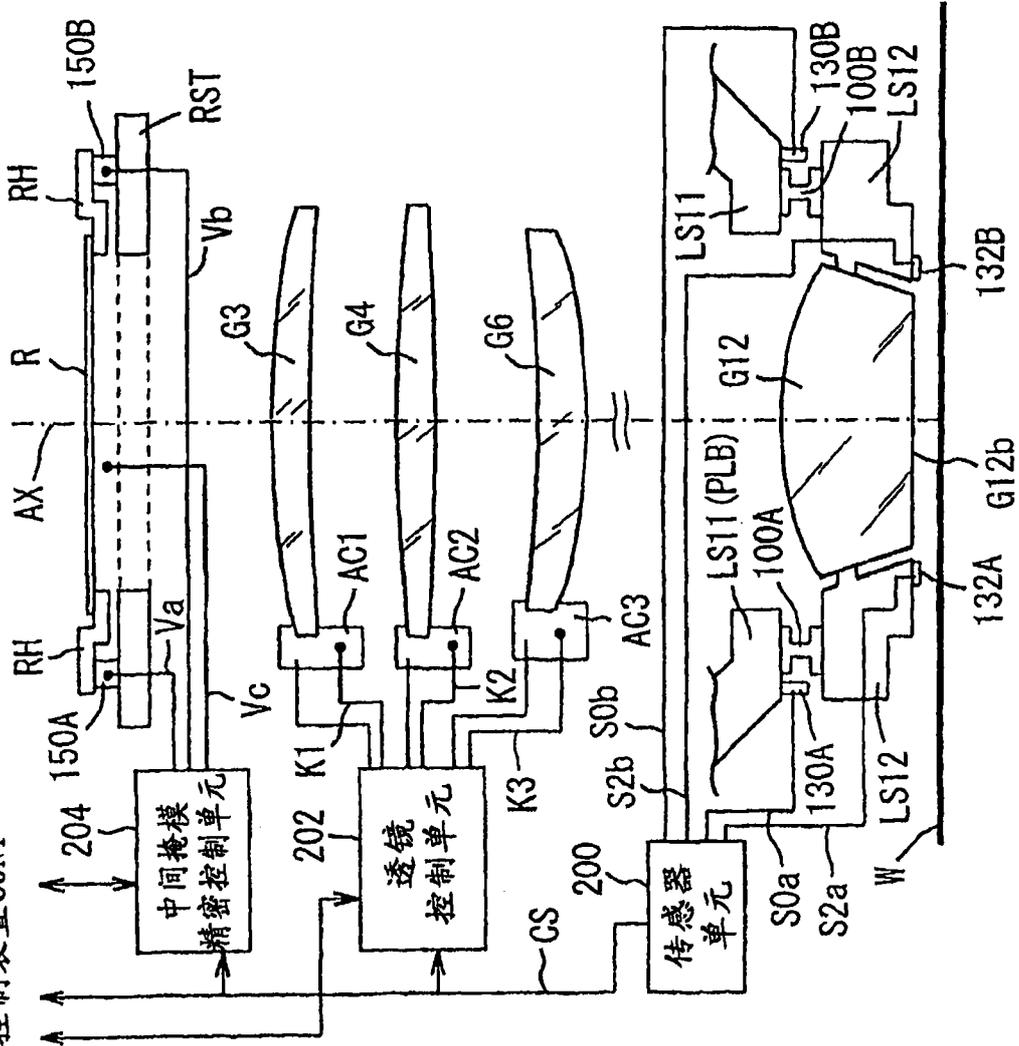
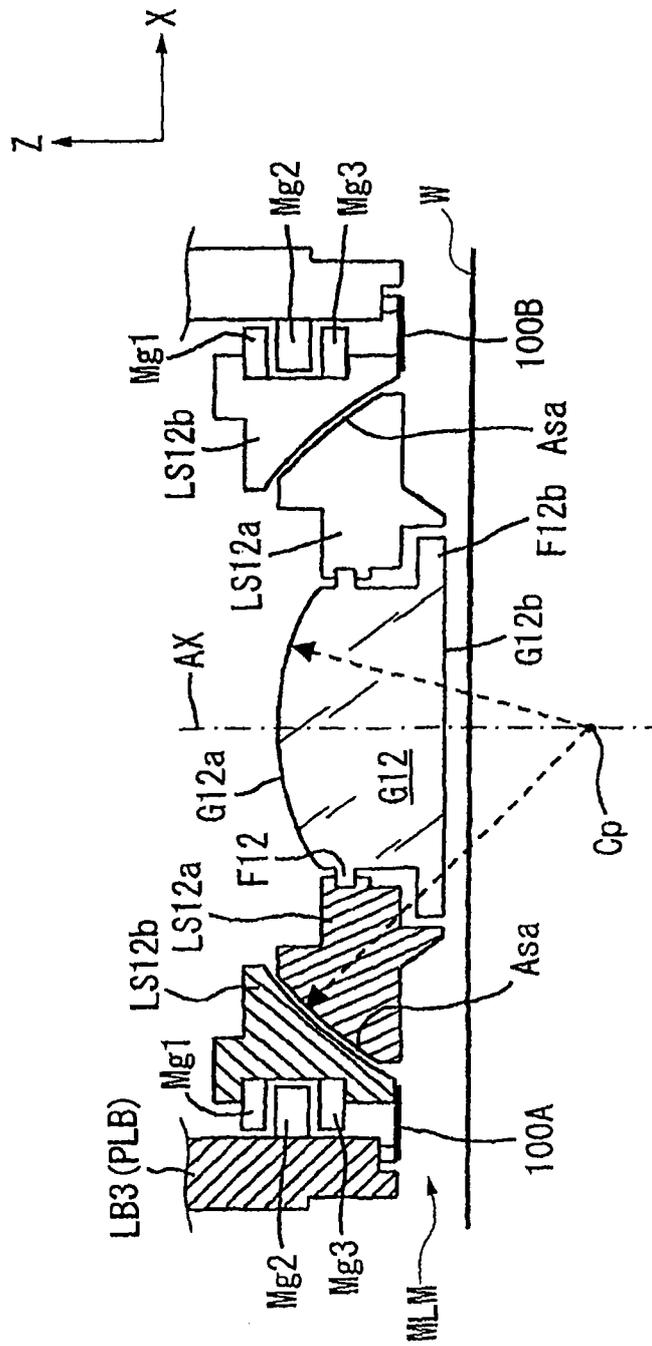


图9



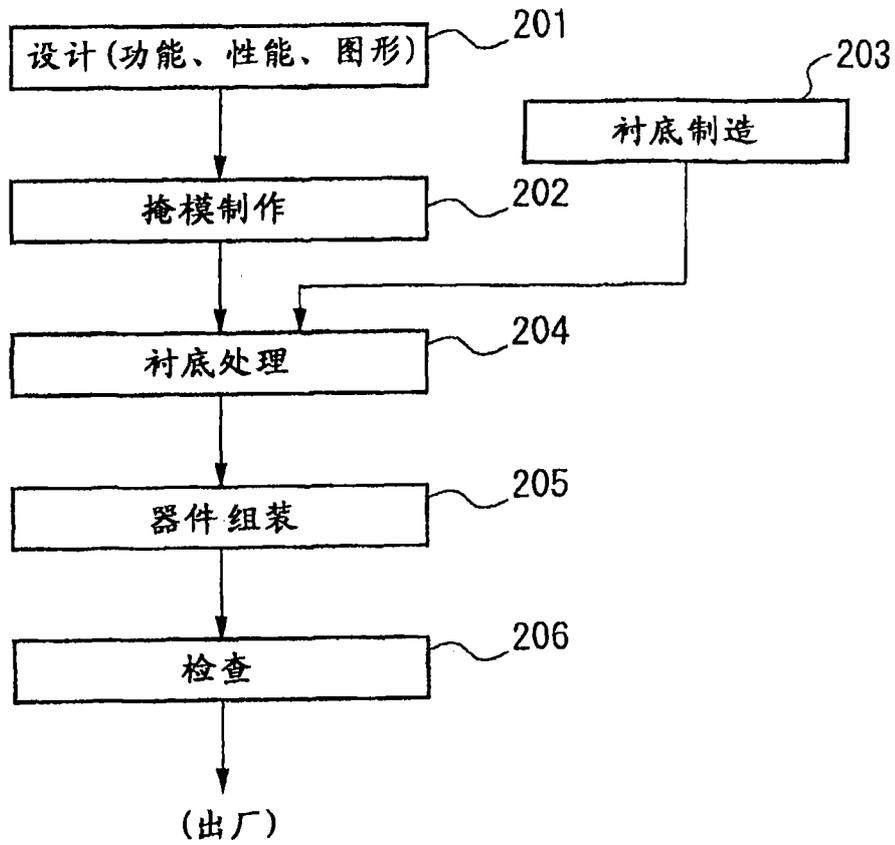


图 16

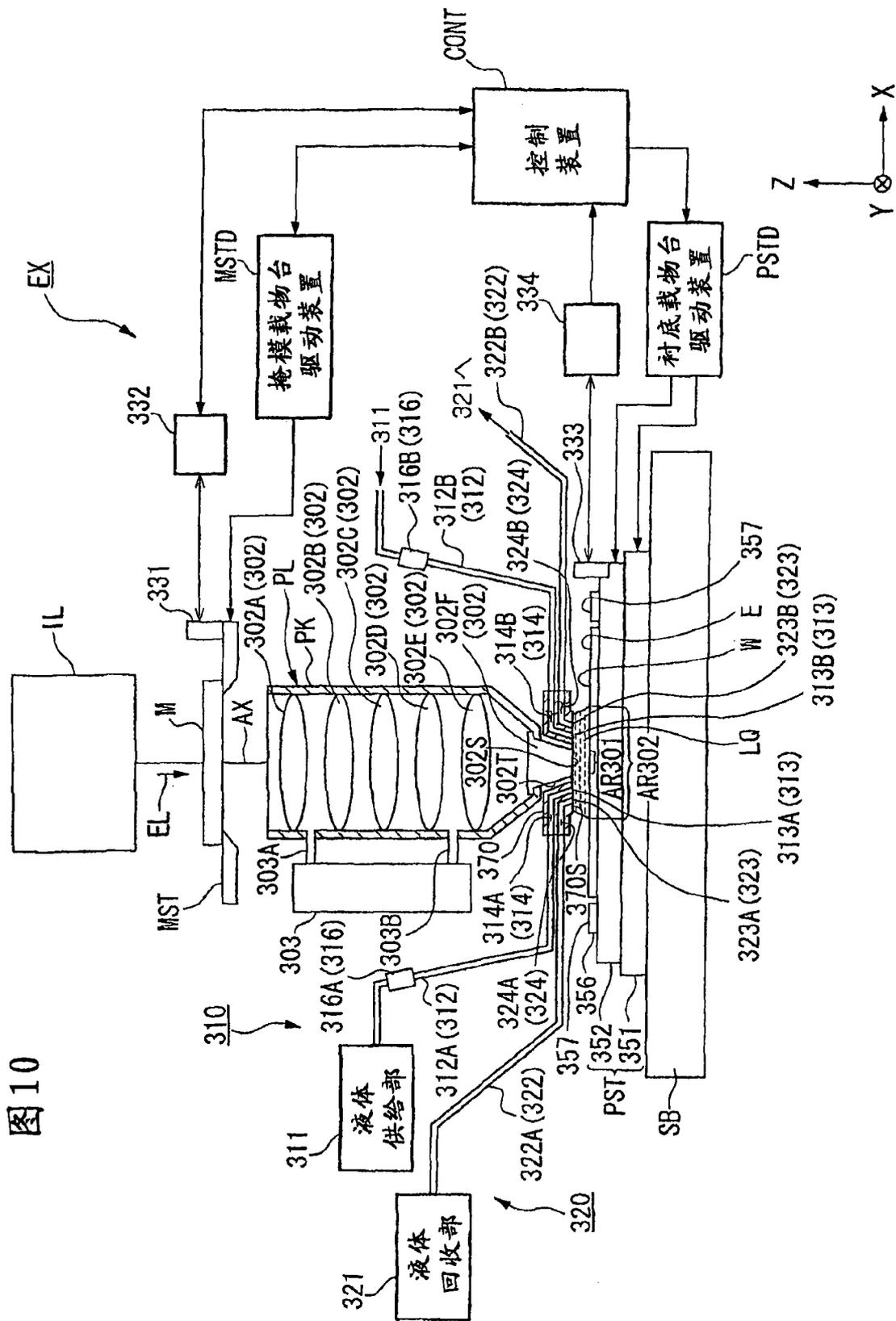


图10

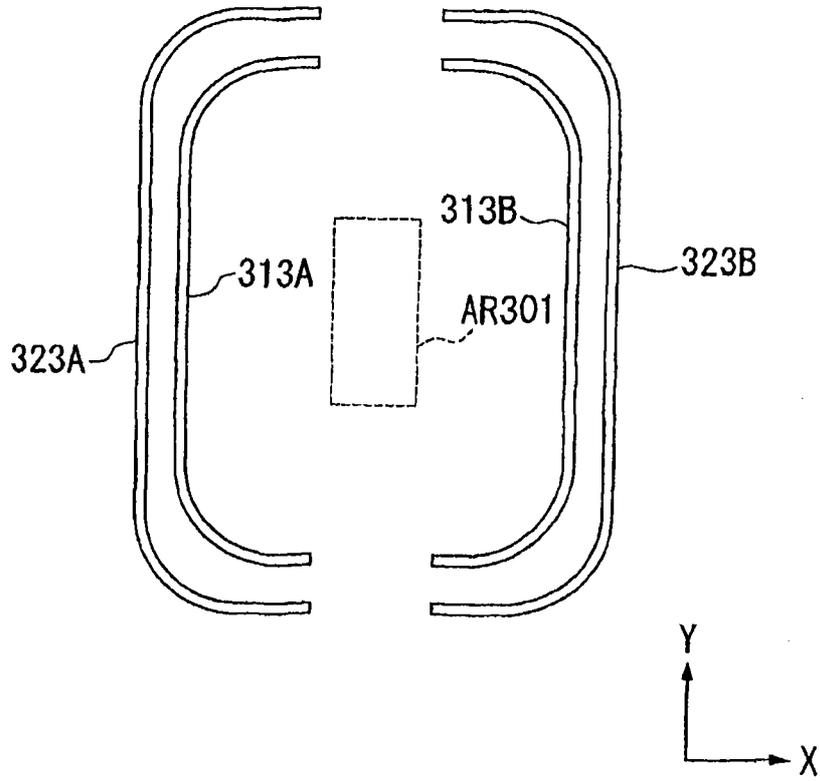


图 11

图12

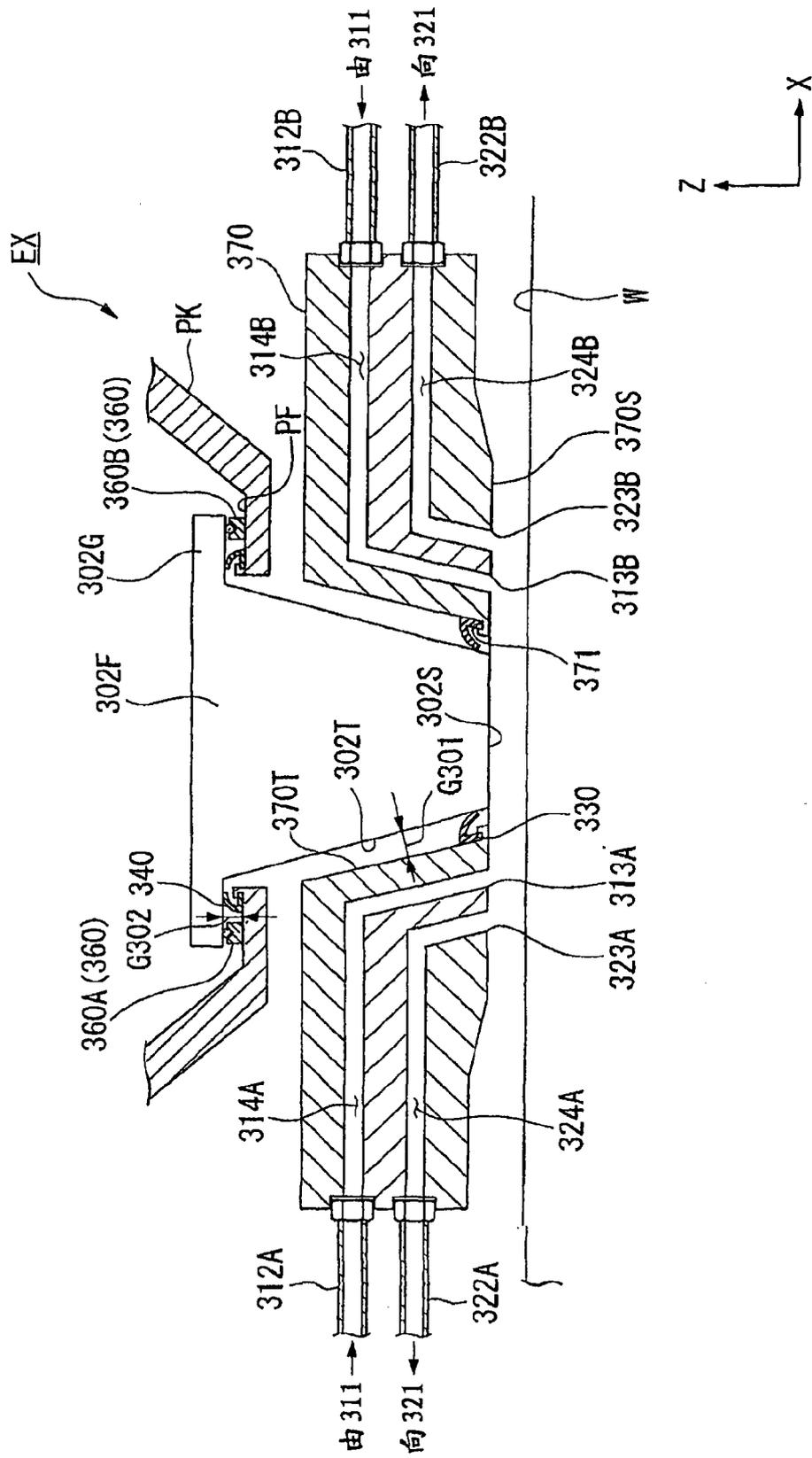




图 14

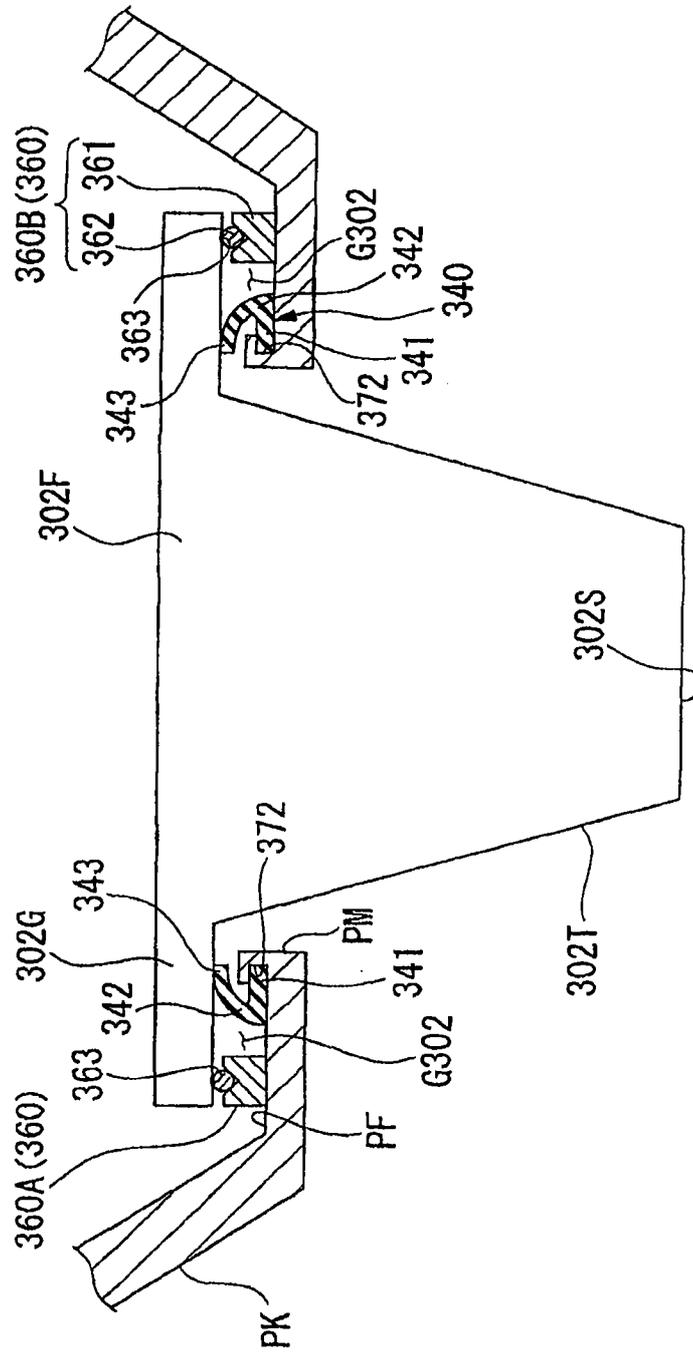


图 15

