

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

G02B 13/24 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480014675.6

[43] 公开日 2006年6月28日

[11] 公开号 CN 1795535A

[22] 申请日 2004.5.26

[21] 申请号 200480014675.6

[30] 优先权

[32] 2003.5.28 [33] JP [31] 151369/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/007569 2004.5.26

[87] 国际公布 WO2004/107417 日 2004.12.9

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.28

[71] 申请人 株式会社尼康

地址 日本东京

[72] 发明人 蛭川茂

[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
代理人 王以平

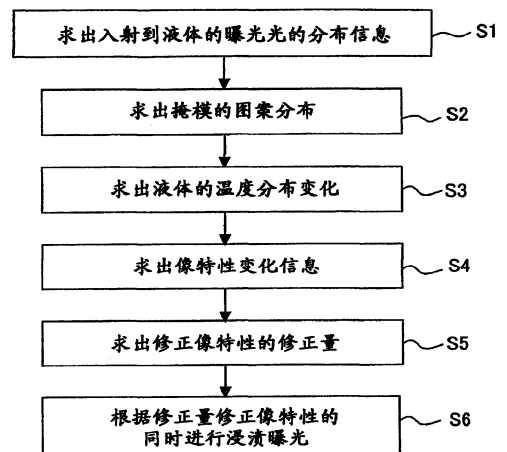
权利要求书 6 页 说明书 37 页 附图 15 页

[54] 发明名称

曝光方法、曝光装置以及器件制造方法

[57] 摘要

曝光方法为：在包含投影光学系统的投影区域的基板的至少一部分上形成浸渍区域，通过投影光学系统和基板间的液体将掩模的图案的像投影到基板上。计测掩模的图案分布(S1)，使基板曝光时，根据入射到投影光学系统与基板间的液体的曝光光的分布进行调整，使期望的图案的像投影到基板上(S4~S6)。不受掩模图案分布的影响，能够以高精度度使基板图案曝光。



1. 一种曝光方法，通过投影光学系统和基板之间的液体将掩模的图案的像投影到基板上使基板曝光，包括以下步骤：

5 根据入射到上述液体的曝光光的分布来调整图案的像的投影状态；

在经过上述调整后的投影状态下使基板曝光。

2. 根据权利要求 1 所述的曝光方法，入射到上述液体的曝光光的分布，随着上述掩模上的图案分布发生变化。

10 3. 一种曝光方法，通过投影光学系统和基板之间的液体将掩模的图案的像投影到基板上使基板曝光，包括以下步骤：

根据上述掩模上的图案的分布来调整图案的像的投影状态；

在上述调整后的投影状态下使基板曝光。

4. 根据权利要求 1 或 3 所述的曝光方法，上述基板在曝光光和上述掩模相对移动的同时被曝光，根据伴随着上述曝光光和上述掩模的相对移动的、上述掩模上的上述曝光光的拍摄区域内的图案分布的变化，来进行上述图案的像的投影状态的调整。

5. 一种曝光方法，通过投影光学系统和基板之间的液体将掩模的图案的像投影到基板上使基板曝光，包括以下步骤：

20 在上述曝光之前，计测通过上述投影光学系统入射到上述液体的曝光光的分布信息；

根据上述计测到的分布信息来调整图案的像的投影状态，使基板曝光。

6. 根据权利要求 5 所述的曝光方法，上述基板在相对于上述曝光光向规定方向移动的同时被曝光，上述分布信息为垂直于上述规定方向的方向上的入射能量的分布。

7. 一种曝光方法，在将基板向规定方向移动的同时，由投影光学系统通过液体将图案的像投影到上述基板上，使上述基板曝光，包括以下步骤：

计测与上述规定方向交叉的方向上的上述液体的温度分布；
根据上述计测到的温度分布信息来调整图案的像的投影状态；
在上述图案的像的投影状态下使基板曝光。

5 8. 根据权利要求 7 所述的曝光方法，使用设置在支撑上述基板且能够移动的基板载物台上的温度传感器来计测上述液体的温度分布。

9. 根据权利要求 1、3、5 和 7 中任意一项所述的曝光方法，其特征在于，上述图案的像的投影状态的调整包括通过上述投影光学系统和上述液体形成的像面与上述基板上的曝光面的位置关系的调整。

10 10. 根据权利要求 1、3、5 和 7 中任意一项所述的曝光方法，其特征在于，上述图案的像的投影状态的调整包括为了形成上述浸渍区域而供给的液体的温度调整。

11. 根据权利要求 10 所述的曝光方法，上述液体的供给在多个位置进行，使上述液体的温度随上述供给位置的不同而不同。

15 12. 一种曝光方法，通过投影光学系统和基板之间的液体将掩模的图案的像投影到基板上使基板曝光，包括以下步骤：

使用设置在支撑上述基板且能够移动的基板载物台上的温度传感器，计测上述液体的温度分布；

在基板载物台上使基板曝光。

20 13. 根据权利要求 12 所述的曝光方法，上述温度传感器在基板载物台上能够装卸。

14. 根据权利要求 12 所述的曝光方法，上述液体的温度分布由上述曝光光的照射而产生。

25 15. 一种曝光方法，通过液体将图案的像投影在上述基板上使上述基板曝光，包括以下步骤：

根据投影上述图案的像的基板上的液体的温度分布来设定曝光条件；

在经过上述设定后的曝光条件下使基板曝光。

16. 根据权利要求 15 所述的曝光方法，上述液体的温度分布从

上述图案分布中求出。

17. 根据权利要求 16 所述的曝光方法, 上述图案分布通过光照射图案、并测定图案的透过率来求出。

5 18. 根据权利要求 15 所述的曝光方法, 上述曝光条件包括像特性修正量, 还包括根据上述液体的温度分布信息求出像特性变化信息、从像特性变化信息中求出像特性修正量, 根据求出的像特性修正量来调整图案的像的投影状态, 使基板曝光。

10 19. 根据权利要求 15 所述的曝光方法, 上述曝光条件包含基板姿势调整、基板位置调整、成像特性调整、掩模位置调整以及照射图案的光波长调整中的至少一种。

20. 根据权利要求 15 所述的曝光方法, 上述曝光条件包含供给到上述基板上的液体的温度。

21. 根据权利要求 20 所述的曝光方法, 通过由多个供给口将温度不同的液体供给到基板上来调节上述液体的温度。

15 22. 根据权利要求 15 所述的曝光方法, 利用温度传感器测定上述液体的温度分布。

23. 根据权利要求 22 所述的曝光方法, 温度传感器是具有与照射区域对应的多个检测部的虚设基板。

20 24. 一种器件制造方法, 其特征在于, 使用权利要求 1、3、5、7、12 和 15 中任意一项所述的曝光方法。

25 25. 一种曝光装置, 通过液体将规定的图案的像投影在基板上使基板曝光, 具有:

投影光学系统, 用于将上述图案的像投影到基板上;

25 温度传感器, 能够移动地设置在上述投影光学系统的像面附近, 用于计测上述液体的温度。

26. 根据权利要求 25 所述的曝光装置, 还具有支撑上述温度传感器的可动部件。

27. 根据权利要求 26 所述的曝光装置, 上述温度传感器相对于上述可动部件能够装卸。

28. 根据权利要求 26 所述的曝光装置, 上述可动部件为支撑上述基板且能够移动的基板载物台。

29. 根据权利要求 25 所述的曝光装置, 还具有向上述基板上供给液体的液体供给装置, 上述液体供给装置根据上述温度传感器的计
5 测结果来调整供给到上述基板上的液体的温度。

30. 根据权利要求 25 所述的曝光装置, 上述基板在向规定方向移动的同时被曝光, 上述温度传感器具有互相分离地设置在垂直于上述规定方向的方向上的多个传感器元件。

31. 一种曝光装置, 通过液体将规定图案的像投影在基板上使基
10 板曝光, 具有:

投影光学系统, 将上述图案的像投影到基板上;

基板载物台, 用于在曝光中移动上述基板;

温度传感器, 具有多个用于计测上述液体的温度的、互相分离地设置在垂直于上述规定方向的方向上的传感器元件。

32. 根据权利要求 31 所述的曝光装置, 上述多个传感器元件设置
15 在上述投影光学系统的投影区域附近。

33. 根据权利要求 31 所述的曝光装置, 还具有在垂直于上述规定方向的方向上互相分离的多个位置上回收上述基板上的液体的液体回收装置, 上述多个传感器元件分别计测在上述多个位置回收的液体
20 的温度。

34. 根据权利要求 31 所述的曝光装置, 还具有向上述基板上供给液体的液体供给装置, 上述液体供给装置根据上述温度传感器的计测结果来调整供给到上述基板上的液体的温度。

35. 根据权利要求 31 所述的曝光装置, 还具有调整装置, 根据
25 上述温度传感器所计测到的液体的温度信息来调整图案的像的投影状态, 以便通过上述投影光学系统和上述液体将所期望的图案的像投影到上述基板上。

36. 根据权利要求 35 所述的曝光装置, 上述调整装置调整通过上述投影光学系统和上述液体形成的像面与上述基板表面的位置关

系。

37. 根据权利要求 35 所述的曝光装置，还具有将液体供给到上述基板上的液体供给装置，上述调整装置根据上述温度传感器的计测结果来调整上述液体供给装置供给的液体的温度。

5 38. 根据权利要求 25 或 31 所述的曝光装置，还具有将液体供给到上述基板上的液体供给装置，上述液体供给装置从多个位置供给温度不同的液体。

39. 一种曝光装置，通过液体将规定图案的像投影在基板上使基板曝光，具有：

10 投影光学系统，将上述图案的像投影到基板上；

液体供给装置，为了在基板与投影光学系统之间形成上述浸渍区域，能够从多个位置供给温度各不相同的液体。

40. 根据权利要求 38 或 39 所述的曝光装置，上述基板在向规定方向移动的同时被曝光，上述液体供给装置从在垂直于上述规定方向的方向上互相分离的多个位置供给温度不同的液体。

15 41. 根据权利要求 40 所述的曝光装置，其特征在于，上述多个位置在垂直于上述基板表面的方向上互相分离。

42. 根据权利要求 41 所述的曝光装置，从离上述基板表面近的位置供给的液体的温度低于从离上述表面远的位置供给的液体的温度。

20 43. 一种曝光装置，通过液体将图案的像投影在基板上使基板曝光，具有：

投影光学系统，将上述图案的像投影到基板上；

传感器，测定上述图案的分布；

25 控制装置，根据上述传感器测定到的图案的分布来调整图案的像的投影状态。

44. 一种曝光装置，通过液体将图案的像投影在基板上使上述基板曝光，具有：

投影光学系统，将上述图案的像投影到基板上；

液体回收装置，用于回收上述基板上的液体；

温度传感器，用于计测上述液体回收装置所回收的液体的温度。

5 45. 根据权利要求 44 所述的曝光装置，还具有向上述基板上供给液体的液体供给装置，根据上述温度传感器的计测结果来调整上述液体供给装置供给的液体的温度。

46. 根据权利要求 44 所述的曝光装置，还具有调整装置，根据上述温度传感器的计测结果来调整上述图案的像的投影状态。

47. 根据权利要求 44 所述的曝光装置，上述温度传感器设置在上述液体回收装置的回收管内。

10 48. 一种器件制造方法，其特征在于，使用权利要求 25、31、39、43 和 44 中任意一项所述的曝光装置。

曝光方法、曝光装置以及器件制造方法

5 技术领域

本发明涉及在投影光学系统和基板间形成浸渍区域的状态下、在基板上将图案进行曝光的曝光方法、曝光装置以及器件制造方法。

背景技术

10 半导体器件和液晶显示器件是由光刻的方法来制造的，即，将形成在掩模上的图案转印到光敏性的基板上。该光刻处理中使用的曝光装置具有支撑掩模的掩模载物台和支撑基板的基板载物台，依次移动掩模载物台和基板载物台的同时，通过投影光学系统将掩模的图案转印到基板上。近几年，为了与器件图案更进一步的高集成化对应，人们期望分辨率更高的投影光学系统。使用的曝光波长越短或者投影光学系统的数值孔径越大，投影光学系统的分辨率越高。因此，曝光装置中使用的曝光波长不断变短、投影光学系统的数值孔径在不断增大。而且现在主流的曝光波长为 KrF 准分子激光的 248nm，但波长更短的 ArF 准分子激光的 193nm 也在逐步使用。另外，进行曝光时，聚焦深度 (DOF) 与分辨率同样重要。分辨率 R 和聚焦深度 δ 分别由下式表示。

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

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

25 这里， λ 为曝光波长、NA 为投影光学系统的数值孔径、 K_1 、 K_2 为加工系数。根据 (1) 式、(2) 式，为了提高分辨率 R 而缩短曝光波长 λ 、增大数值孔径 NA 时，聚焦深度 δ 变窄。

聚焦深度 δ 过窄时，基板表面很难与投影光学系统的像面一致，曝光动作时容限可能会不足。因此提出了缩短曝光波长同时扩大聚焦深度的方法，如国际公开第 99/49504 号公报中所公开的浸渍法。该浸

渍法为，在投影光学系统下面和基板表面之间充满水或有机溶剂等液体，利用液体中的曝光波长为空气中的 $1/n$ (n 为液体的折射率，通常为 1.2~1.6 左右) 来提高分辨率，同时将聚焦深度扩大为约 n 倍。

5 但是，使用浸渍法时，由于掩模上图案的分布等原因，入射到存在于投影光学系统与基板间的液体上的曝光光产生分布。照射这样的曝光光，会产生液体的温度分布，结果，可能会引起通过液体形成在基板上的图案的像的像面变化（倾斜等）和倍率·变形等的各像差的变动。

10 发明内容

本发明是鉴于以上要求而产生的，目的在于提供，在通过投影光学系统和基板间的液体使基板浸渍曝光时能够以高精度度转印图案的曝光方法、曝光装置以及器件制造方法。

为了解决上述问题，本发明采用了实施方式所表示的、与图 1~
15 图 16 对应的结构。但是各部分后面带括号的符号只是各部分的例示，并不限定各部分。

根据本发明第 1 实施方式，提供一种曝光方法，通过投影光学系统(PL)和基板(P)之间的液体(1)将掩模(M)的图案(MP)的像投影到基板上使基板曝光，包括以下步骤：

20 根据入射到上述液体的曝光光(EL)的分布来调整图案的像的投影状态；

在上述调整后的投影状态下使基板曝光。

根据本发明，即使由于入射到投影光学系统与基板间的液体上的曝光光产生分布而使液体产生温度分布，通过根据该曝光光的分布调整曝光条件，如图案的像的投影状态等，能够以期望的状态将图案转印到基板上。本说明书中，“图案的像的投影状态的调整”，不只是调整图案的像的像面位置，还指调整由例如图案的像的倍率和/或变形等成像特性所代表的图案的像的状态。此调整包括用于调整图案的像的投影状态的各种调整，不光指图案的像的像面与基板曝光面的位置关

系调整和/或投影光学系统的调整,还包括曝光光波长的调整、曝光光路中光学部件的调整(位置调整、温度调整等)和/或交换、掩模位置的调整或者调节与基板间的光路的气氛,如温度、压力、气体浓度,此外,还包括改变或调节供给到基板与投影光学系统间的液体的温度、流量和分量等。

根据本发明第2实施方式,提供一种曝光方法,通过投影光学系统(PL)和基板(P)之间的液体(1)将掩模的图案的像投影到基板上使基板曝光,包括以下步骤:

根据上述掩模(M)上的图案(MP)的分布来调整图案的像的投影状态;

在上述调整后的投影状态下使基板(P)曝光。

根据本发明,即使因为掩模上的图案分布使入射到投影光学系统与基板间的液体上的曝光光产生分布,并由此引发液体的温度分布,通过根据该掩模上图案的分布调整图案的像的投影状态,能够以期望的状态将图案转印到基板上。

根据本发明第3实施方式,提供一种曝光方法,通过投影光学系统(PL)和基板(P)之间的液体(1)将掩模的图案的像投影到基板(P)上使基板曝光,包括以下步骤:

在上述曝光之前,计测通过上述投影光学系统(PL)入射到上述液体(1)的曝光光的分布信息;

根据上述计测到的分布信息来调整图案的像的投影状态,同时使基板(P)曝光。

根据本发明,通过事先计测入射到液体的曝光光的分布信息,根据该计测结果调整曝光中图案的像的投影状态,使得即使入射到液体的曝光光产生分布从而使液体的温度局部发生变化,也能够以高精度调整图案的像的投影状态并以所期望的状态将图案转印到基板上。

根据本发明的第4实施方式,提供一种曝光方法,将基板(P)向规定方向移动的同时,由投影光学系统(PL)通过液体将图案的像投影到上述基板上,使上述基板曝光,包括以下步骤:

计测与上述规定方向(X)交叉的方向(Y)上的上述液体(1)的温度分布;

根据上述计测的温度分布信息来调整图案的像(MP)的投影状态;
在上述图案的像(MP)的投影状态下使基板曝光。

5 根据本发明,在移动基板的同时浸渍曝光时,计测与基板移动方向交叉的方向上的液体的温度分布,根据此计测结果调整曝光时图案的像的投影状态,使得即使部分液体的温度变化,也能够以高精度度调整图案的像的投影状态并以所期望的状态将图案转印到基板上。

根据本发明第5实施方式,提供一种曝光方法,通过投影光学系统(PL)和基板(P)之间的液体(1)将掩模的图案的像投影到基板上使基板曝光,包括以下步骤:

使用支撑上述基板(1)且能够移动的基板载物台(PST)上设置的温度传感器(90、91),计测上述液体的温度分布;

在基板载物台上使基板曝光。

15 根据本发明,通过使用设置在基板载物台上的温度传感器直接计测形成浸渍区域的液体的温度分布,能够以高精度度求出液体的温度分布信息。而且,根据计测的液体的温度分布信息,能够适当调整图案的像的投影状态等,能够以所期望的状态将图案的像转印到基板上。

20 这里,上述调整包括:调节投影光学系统的成像特性(调整光学特性)、调整与通过投影光学系统及液体形成的像面与基板间的位置关系、调整用于形成浸渍区域的液体的温度(调整温度分布)。

根据本发明第6实施方式,提供一种曝光方法,通过液体(1)将图案(MP)的像投影在基板(P)上使上述基板曝光,包括以下步骤:

25 根据投影上述图案的像的基板上的液体的温度分布来设定曝光条件;

在上述设定的曝光条件下使基板曝光。

根据本发明第7实施方式,提供一种曝光装置,通过液体(1)将规定图案(MP)的像投影在基板上使基板(P)曝光,具有:

投影光学系统(PL),用于将上述图案的像投影到基板(P)上;
温度传感器(90、91),能够移动地设置在上述投影光学系统的像面附近,用于计测上述液体的温度。

5 根据本发明,使用能够移动的温度传感器能够直接计测形成浸渍区域的液体的温度和/或温度分布。因此,根据计测到的液体的温度信息,能够适当调整图案的像的投影状态等,并且能够以所期望的状态将图案转印到基板上。

根据本发明第8实施方式,提供一种曝光装置(EX),通过液体将规定图案的像投影在基板(P)上使基板曝光,具有:

10 投影光学系统(PL),将上述图案的像投影到基板上;
基板载物台,用于在曝光中将上述基板向规定方向(X)移动;
温度传感器(81、82、90),具有多个用于计测上述液体的温度的、互相分离地设置在与上述规定方向(X)垂直的方向(Y)上的传感器元件(81a~81f、82a~82f、91)。

15 根据本发明,能够使用多个传感器元件直接计测与基板移动方向交叉的方向上的液体的温度分布。因此,根据计测的液体的温度信息,能够以高精度度调整曝光中的图案的像的投影状态等。

根据本发明第9实施方式,提供一种曝光装置(EX),通过液体将规定图案(MP)的像投影在基板上使基板曝光,具有:

20 投影光学系统(PL),将上述图案的像投影到基板上;
液体供给装置(50、51、52),为了在基板与投影光学系统之间形成上述浸渍区域,从多个位置(53a~53f、54a~54f)中供给温度各不相同的液体(1)。

25 根据本发明,通过液体供给装置从多个位置提供温度各不相同的液体,能够调整浸渍区域的液体的温度分布,使之相同。因此,能够抑制由部分液体的温度发生变化引起的图案质量下降。

根据本发明第10实施方式,提供一种曝光装置,通过液体(1)将图案(MP)的像投影在基板(P)上使基板曝光,具有:

投影光学系统(PL),将上述图案的像投影到基板上;

传感器(20、60),测定上述图案的分布;

控制装置(CONT),根据上述传感器测定的图案分布来调整图案的像的投影状态。

5 根据本发明第11实施方式,提供一种曝光装置,通过液体(1)将图案(MP)的像投影在基板(P)上使上述基板曝光,具有:

投影光学系统(PL),将上述图案的像投影到基板上;

液体回收装置(例如52、52a~52f),用于回收上述基板上的液体;

10 温度传感器(例如82a~82f),用于计测上述液体回收装置所回收的液体的温度。

根据本发明第12实施方式,提供一种器件制造方法,其特征在于使用上述曝光方法。根据本发明第13实施方式,提供一种器件制造方法,其特征在于使用上述曝光装置(EX)。根据本发明,能够提供具有由良好图案转印精确度形成的图案、能够发挥所期望的性能的器
15 件。

附图说明

图1为表示本发明的曝光装置的第1实施方式的大致结构图。

20 图2为表示构成本发明的曝光装置的一部分的液体供给装置及液体回收装置的大致结构的平面图。

图3为构成本发明的曝光装置的一部分的基板载物台的平面图。

图4为表示本发明的曝光方法的一种实施方式的流程图。

图5为用于说明计测掩模图案分布的状态的模式图。

25 图6为用于说明使掩模的图案在基板上浸渍曝光的状态的模式图。

图7为用于说明由液体的温度分布引起的、通过投影光学系统和液体形成的像面位置变化的模式图。

图8(a)~(c)为表示求出修正量的步骤的模式图,该修正量是用于修正与曝光光的分布对应的像面位置的变化。

图 9 为表示计测掩模的图案分布的另一方法的模式图。

图 10 为表示本发明的曝光装置的第 2 实施方式的大致结构图。

图 11 为表示本发明的曝光装置的第 3 实施方式的大致结构图。

图 12 为表示本发明的曝光装置的第 4 实施方式的大致结构图。

5 图 13 为表示本发明的曝光方法的一种实施方式的流程图。

图 14 为表示本发明的曝光装置的第 5 实施方式的大致结构图。

图 15 为表示图 14 的变形例的大致结构图。

图 16 为表示半导体器件的制造过程的一例的流程图。

10 具体实施方式

下面参照附图来说明本发明的曝光装置的实施方式，但本发明并不限于这些实施方式。

第 1 实施方式

图 1 为表示本发明的曝光装置的第 1 实施方式的大致结构图。图 15
1 中，曝光装置 EX 主要包括：支撑掩模 M 的掩模载物台 MST，支撑
基板 P 的基板载物台 PST，用曝光光 EL 照射支撑在掩模载物台 MST
上的掩模 M 的照明光学系统 IL，将用曝光光 EL 照射的掩模 M 的图
案的像在基板载物台 PST 支撑的基板 P 上投影曝光的投影光学系统
PL，总体控制整个曝光装置 EX 的动作的控制装置 CONT，与控制装
20 置 CONT 连接、存储与曝光动作相关的各种信息（包括掩模 M 的图
案 MP 的分布信息）的存储装置 MRY。

本实施方式的曝光装置 EX，为了缩短曝光波长、提高分辨率、
扩大聚焦深度，使用了浸渍法，具有：将液体 1 供给到基板 P 上的液
体供给装置 10，回收基板 P 上的液体 1 的液体回收装置 30。本实施
25 方式中，液体 1 使用的是纯水。曝光装置 EX 至少在将掩模 M 的图
案的像转印到基板 P 上的期间，由液体供给装置 10 供给的液体 1 在包
含投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 的基板 P 上的至少一部分上形成
浸渍区域 AR2。具体来说，曝光装置 EX 在设置在投影光学系统 PL
顶端部的光学元件 2 与基板 P 的表面（曝光面）间充满液体 1，通过

该投影光学系统 PL 与基板 P 之间的液体 1 和投影光学系统 PL 将掩模 M 的图案的像投影到基板 P 上。

这里，本实施方式中，曝光装置 EL 是以扫描型曝光装置(即所谓的扫描分档器)为例进行说明，该扫描型曝光装置是在扫描方向(规定方向)上将掩模 M 和基板 P 向不同的方向(逆方向)同步移动，同时将形成在掩模 M 上的图案 MP 在基板 P 上曝光。在以下的说明中，将水平面上掩模 M 和基板 P 的同步移动方向(扫描方向、规定方向)作为 X 轴方向，将水平面上与 X 轴方向垂直的方向作为 Y 轴方向(非扫描方向)，将与 X 轴方向及 Y 轴方向垂直且与投影光学系统 PL 的光轴 AX 一致的方向作为 Z 轴方向。而且，X 轴、Y 轴、Z 轴周围的方向分别作为 θX 、 θY 、 θZ 方向。这里，“基板”包括涂抹在半导体晶片上的光刻胶之类的光敏性材料，“掩模”包括形成器件图案的中间掩模，该器件图案缩小投影在基板上。

照明光学系统 IL 是用曝光光 EL 照射掩模载物台 MST 支撑的掩模 M 的装置，具有：用于曝光的光源，使用于曝光的光源射出的光束的照度均匀化的光积分器，使来自光积分器的曝光光 EL 聚光的聚光透镜，中继透镜系统，将曝光光 EL 照射的掩模 M 上的照明区域(拍摄区域) IA 设定为缝状的可变视野的光圈等。

掩模 M 上规定的照明区域 IA 由照明光学系统 IL 射出的照度分布均匀的曝光光 EL 照射。照明光学系统 IL 射出的曝光光 EL 例如为，水银灯射出的紫外区的闪耀线(g 线、h 线、i 线)及 KrF 准分子激光(波长 248nm)等的远紫外光(DUV 光)、ArF 准分子激光(波长 193nm)及 F₂ 激光(波长 157nm)等真空紫外光(VUV 光)等。本实施方式中，使用 ArF 准分子激光。如上所述，由于本实施方式中液体 1 使用纯水，所以曝光光 EL 即使是 ArF 准分子激光，也能穿透。纯水中也能穿透紫外区的闪耀线(g 线、h 线、i 线)及 KrF 准分子激光(波长 248nm)等的远紫外光(DUV 光)。

掩模载物台 MST 用于支撑掩模 M，在垂直于投影光学系统 PL 的光轴 AX 的平面，即 XY 平面内能够 2 维移动以及在 θz 方向上能够

稍微旋转。掩模载物台 MST 由线性电动机等掩模载物台驱动装置 MSTD 驱动。掩模载物台驱动装置 MSTD 由控制装置 CONT 控制。掩模载物台 MST 上设置了移动镜 50。与移动镜 50 相对的位置上设置了激光干涉仪 51。掩模载物台 MST 上的掩模 M 的 2 维方向的位置以及旋转角由激光干涉仪 51 进行实时计测，计测结果输入到控制装置 CONT。控制装置 CONT 根据激光干涉仪 51 的计测结果驱动掩模载物台驱动装置 MSTD，决定掩模载物台 MST 所支撑的掩模 M 的位置。

投影光学系统 PL 在基板 P 上以规定的投影倍率 β 将掩模 M 的图案投影曝光，由多个光学元件构成，包括设置在基板 P 侧顶端部的光学元件（透镜）2。构成投影光学系统 PL 的这些光学元件由镜筒 PK 支撑。而且投影光学系统 PL 中设置了能够调整该投影光学系统 PL 的成像特性（光学特性）的成像特性控制装置 3。成像特性控制装置 3 包括能够使构成投影光学系统 PL 的多个光学元件的一部分移动的
光学元件驱动装置。光学元件驱动装置能够将构成投影光学系统 PL 的多个光学元件中特定的光学元件向光轴 AX 方向（Z 方向）移动或向光轴 AX 倾斜。另外，成像特性控制装置 3 能够改变光学元件间的空间压力。通过使用控制装置 CONT 来控制成像特性控制装置 3，能够调整投影光学系统 PL 的投影倍率、变形等各种像差以及像面位置的投影状态。

本实施方式中，投影光学系统 PL 是投影倍率 β 为 1/4 或 1/5 的缩小系统。投影光学系统 PL 也可以是等倍系统或者扩大系统。本实施方式的投影光学系统 PL 顶端部的光学元件 2 能够装卸（交换）地设置在镜筒 PK 上。而且顶端部的光学元件 2 从镜筒 PK 露出，浸渍区域 AR2 的液体 1 只与光学元件 2 接触。由此能够防止金属构成的镜筒 PK 的腐蚀等。

光学元件 2 由萤石构成。由于萤石与水的亲和性高，所以光学元件 2 的液体接触面 2a 的整个面能与液体 1 紧密接触。即，本实施方式中，供给与光学元件 2 的液体接触面 2a 的亲和性高的液体（纯水）1。而且，可以使用亲水性高的石英作为光学元件 2。另外，可以在光学

元件 2 的液体接触面 2a 实施亲水化（亲液化）处理，进一步提高与液体 1 的亲水性。

另外，曝光装置 EX 具有焦点检测系统 4。焦点检测系统 4 具有投光部 4a 和受光部 4b，投光部 4a 通过液体 1 从斜上方向基板 P 的表面（曝光面）照射检测光，其反射光由受光部 4b 接收。控制装置 CONT 控制焦点检测系统 4 的动作，同时根据受光部 4b 接收（检测）到的结果，检测出基板 P 表面相对于规定基准面的 Z 轴方向上的位置（焦点位置）。而且，通过求出基板 P 表面上的多个点上各焦点位置，焦点检测系统 4 还能够求出基板 P 的倾斜方向的姿势。

基板载物台 PST 用于支撑基板 P，具有：通过基板支架来支撑基板 P 的 Z 载物台 52，支撑 Z 载物台 52 的 XY 载物台 53，支撑 XY 载物台 53 的底座 54。基板载物台 PST 由线性电动机等基板载物台驱动装置 PSTD 来驱动。基板载物台驱动装置 PSTD 由控制装置 CONT 来控制。而且 Z 载物台与 XY 载物台也可以设置为一体。通过驱动基板载物台 PST 的 XY 载物台 53，控制基板 P 的 XY 方向上的位置（实际上是投影光学系统 PL 的像面平行的方向的位置）。

基板载物台 PST（Z 载物台 52）上还设置了与基板载物台 PST 一起相对于投影光学系统 PL 移动的移动镜 55。与移动镜 55 相对的位置上设置了激光干涉仪 56。基板载物台 PST 上的基板 P 的 2 维方向的位置以及旋转角由激光干涉仪 56 实时计测，计测结果输入到控制装置 CONT。控制装置 CONT 根据激光干涉仪 56 的计测结果，通过基板载物台驱动装置 PSTD 来驱动 XY 载物台 53，决定基板载物台 PST 支撑的基板 P 的 X 轴方向及 Y 轴方向上的位置。

另外，控制装置 CONT 通过基板载物台驱动装置 PSTD 来驱动基板载物台 PST 的 Z 载物台 52，控制 Z 载物台 52 支撑的基板 P 的 Z 轴方向上的位置（焦点位置）和 θX 、 θY 方向上的位置。即，控制装置 CONT 根据焦点检测系统 4 的检测结果发出指令，Z 载物台 52 根据该指令运转，通过控制基板 P 的焦点位置（Z 位置）和倾斜角，使基板 P 的表面（曝光面）与通过投影光学系统 PL 及液体 1 形成的像

面一致。

基板载物台 PST (Z 载物台 52) 上设置了表面平坦的辅助板 57, 围住基板 P。辅助板 57 的表面高度与基板支架支撑的基板 P 的表面高度大致相同。这里, 基板 P 的边缘与辅助板 57 之间有 1~2mm 左右的缝隙, 但由于液体 1 表面的张力, 液体 1 几乎不流入该缝隙中, 基板 P 的周围曝光时, 能够由辅助板 57 将液体 1 保持在投影光学系统 PL 的下方。

液体供给装置 10 用于将规定的液体 1 供给到基板 P 上, 主要包括: 能够馈送 (流出) 液体 1 的第 1 液体供给部 11 和第 2 液体供给部 12, 通过供给管 11A 与第 1 液体供给部 11 连接、具有将第 1 液体供给部 11 送出 (流出) 的液体 1 供给到基板 P 上的供给口的第 1 供给部件 13, 通过供给管 12A 与第 2 液体供给部 12 连接、具有将第 2 液体供给部 12 送出 (流出) 的液体 1 供给到基板 P 上的供给口的第 2 供给部件 14。第 1 及第 2 供给部件 13、14 设置在基板 P 的表面附近, 设置在基板 P 的平面方向上不同的位置上。具体来说, 液体供给装置 10 的第 1 供给部件 13 设置在投影区域 AR1 的扫描方向的一侧 (-X 侧), 第 2 供给部件 14 设置在扫描方向的另一侧 (+X 侧), 与第 1 供给部件 13 相对。

第 1 及第 2 液体供给部 11、12 分别具有容纳液体 1 的箱及加压泵等, 分别通过供给管 11A、12A 以及供给部件 13、14 将液体 1 供给到基板 P 上。另外, 第 1 及第 2 液体供给部 11、12 的液体供给动作由控制装置 CONT 控制。控制装置 CONT 能够独立控制从第 1 及第 2 液体供给部 11、12 向基板 P 供给的单位时间的液体供给量。另外, 第 1 及第 2 液体供给部 11、12 分别具有液体的温度调整装置, 能够向基板 P 上稳定地供给调整到与容纳装置的箱内的温度大致相同的 23°C 的液体 1。

液体回收装置 30 用于回收基板 P 上的液体 1, 包括: 具有设置在基板 P 表面附近的回收口的第 1、第 2 回收部件 31、32, 分别通过回收管 33A、34A 与第 1 及第 2 回收部件 31、32 连接的第 1 及第 2 液

体回收部 33、34。第 1 及第 2 液体回收部 33、34 具有真空泵等的吸引装置和容纳回收到的液体 1 的箱等，通过第 1 及第 2 回收部件 31、32 和回收管 33A、34A 回收基板 P 上的液体 1。第 1 及第 2 液体回收部 33、34 的液体回收动作由控制装置 CONT 控制。控制装置 CONT 能够独立控制由第 1 及第 2 液体回收部 33、34 回收的单位时间的液体回收量。

图 2 为表示液体供给装置 10 及液体回收装置 30 的大致结构的平面图。如图 2 所示，投影光学系统 (PL) 的投影区域 AR1 以 Y 轴方向 (非扫描方向) 为纵向设置为缝状 (矩形状)。另外，充满液体 1 的浸渍区域 AR2 形成在基板 (P) 的一部分上，包含投影区域 AR1。如上述，用于形成浸渍区域 AR2 的液体供给装置 10 的第 1 供给部件 13 相对于投影区域 AR1 设置在扫描方向的一侧 (-X 侧)，第 2 供给部件 14 设置在相反的扫描方向的另一侧 (+X 侧)。第 1 及第 2 供给部件 13、14 分别形成以 Y 轴方向为纵向的平视直线状。另外，第 1 及第 2 供给部件 13、14 的供给口分别形成以 Y 轴方向为纵向的缝状，面向基板 P 的表面设置。液体供给装置 10 通过第 1 及第 2 供给部件 13、14 的供给口，由投影区域 AR1 的 X 方向两侧同时供给液体 1。由此，本实施方式中的液体供给装置 10 中，对于投影区域 AR1，能够从多个不同的方向和位置向基板 (P) 供给液体 1。

液体回收装置 30 的第 1 及第 2 回收部件 31、32，具有分别面对基板 P 表面连续形成成为圆弧状的回收口。而且，由相对设置的第 1 及第 2 回收部件 31、32，构成大致圆环状的回收口。第 1 及第 2 回收部件 31、32 各自的回收口围绕液体供给装置 10 的第 1 及第 2 供给部件 13、14 及投影区域 AR1 设置。另外，第 1 及第 2 回收部件 31、32 各自的回收口内部设置了多个隔离部件 35。

由第 1 及第 2 供给部件 13、14 的供给口供给到基板 (P) 上的液体 1，润湿投影光学系统 (PL) 的顶端部 (光学元件 2) 的下表面和基板 (P) 之间。另外，流到投影区域 AR1 及第 1、第 2 供给部件 13、14 外侧的液体 1 由设置在第 1 及第 2 供给部件 13、14 外侧的第 1 及

第2回收部件31、32的回收口回收。

图3为基板载物台PST的平面图。基板载物台PST(Z载物台52)上规定位置上设置了本身为光电传感器的光传感器20。图3所示的例子中,光传感器20设置在Z载物台52上的、支撑基板P的基板支架之外的位置上。光传感器20用于检测照射的光信息,具体来说检测照射的光的光量(照度)。光传感器20的检测信号输入到控制装置CONT。控制装置CONT根据光传感器20的检测结果,求出照射的光的照度以及照度分布。另外,通过移动基板载物台PST,将光传感器20设置在投影光学系统PL的下方,能够检测出通过投影光学系统PL的曝光光EL的照度分布。

光传感器20的受光面(检测区域)的大小设定为大于或等于投影区域AR1。由此,光传感器20能够接收通过掩模M且通过投影光学系统PL的所有曝光光EL。该光传感器20的受光面在Z轴方向上的位置设置为与投影光学系统PL的像面(成像面)在Z轴方向上的位置一致。另外,光传感器20中,在非扫描方向(Y轴方向)上设置了多个受光面。由于这些受光面能够独立计测照度,这些多个受光面计测的照度输出值直接表示曝光光EL的非扫描方向的照度分布。

移动基板载物台PST,使光传感器20与投影光学系统PL的投影区域AR1的位置一致,同时如图1所示,将掩模M安装在掩模载物台MST上,通过由曝光光EL在规定的照明区域IA照射该掩模M,对光传感器20照射通过掩模M及投影光学系统PL的曝光光EL。由于掩模M具有铬图案MP作为遮光部,所以以对应于掩模M的图案MP的照度分布对光传感器20照射曝光光EL。

光传感器20如上所述,检测出照射的曝光光EL的Y轴方向上的照度分布。控制装置CONT根据光传感器20的检测结果,求出照明区域内IA内Y轴方向上的掩模M的图案分布信息。

下面参照图4的流程图说明使用上述曝光装置EX使掩模M的图案的像在基板P上曝光的方法。这里,本实施方式中的曝光装置EX,将掩模M和基板P向X轴方向(扫描方向)移动的同时,在基板P

上使掩模 M 的图案的像投影曝光。扫描曝光时，与照明区域 IA 对应的掩模 M 的一部分图案的像投影到投影光学系统 PL 的顶端部正下方的缝状（矩形状）的投影区域 AR1 上。这时，相对投影光学系统 PL，掩模 M 以速度 V 向 -X 方向（或 +X 方向）移动，与此同步，基板 P 以速度 $\beta \cdot V$ （ β 为投影倍率），通过 XY 载物台 53 向 +X 方向（或 -X 方向）移动。基板 P 上设定了多个拍射区域 (SA)，一个拍射区域 (SA) 的曝光结束后，基板 P 步进移动，基板上下一个拍射区域 (SA) 移向扫描开始位置。此后，在利用步进扫描方式移动基板 P 的同时依次对各拍射区域 SA 进行扫描曝光处理。

10 在用于制造器件的浸渍曝光处理之前，在掩模载物台 MST 不安装掩模 M 的状态下，按下述的方式计测曝光光 EL 的照度分布。控制装置 CONT 控制照明光学系统 IL 及基板载物台 PST 使得由照明光学系统 IL 发出曝光光 EL，并由基板载物台 PST 上的光传感器 20 接收通过投影光学系统 PL 的曝光光 EL。这样，计测出基板载物台 PST 15（投影光学系统 PL 的像面侧）上的曝光光 EL 的照度分布。由此，求出不通过掩模 M 的投影光学系统 PL 的像面侧的曝光光 EL 的照度（基准照度）。计测到的基准照度存储在存储装置 MRY 中。

接着将掩模 M 安装到掩模载物台 MST 上。控制装置 CONT，在掩模载物台 MST 上安装了掩模 M 的状态下，使用光传感器 20 求出 20 通过掩模 M 及投影光学系统 PL 的投影光学系统 PL 的像面侧的曝光光 EL 的照度分布。图 5 为表示由光传感器 20 计测通过掩模 M 及投影光学系统 PL 的曝光光 EL 的照度分布的模式图。控制装置 CONT 如图 5 所示，移动基板载物台 PST，使光传感器 20 与投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 的位置一致。在此状态下，通过由照明光学系统 25 IL 射出曝光光 EL，通过掩模 M 及投影光学系统 PL 的曝光光 EL 照射到光传感器 20 上。而且，图 5 中，掩模 M 上的图案区域 PA 中，+Y 侧的大致一半的区域里铬图案（遮光部）MP 的密度变高，图案区域 PA 内 X 方向的任何一个位置上的密度分布都是这样。这时，掩模 M 上的曝光光 EL 的照明区域（拍摄区域）IA 在掩模 M 上的图案区

域 PA 内设定为向 Y 轴方向延伸的缝状，其 Y 轴方向的两端设定在遮光带 SB 上。包含在掩模 M 上的照明区域 IA 内的部分图案被投影到投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 上。光传感器 20 接收与照明区域 IA 内的图案分布对应的曝光光 EL。控制装置 CONT 根据光传感器 20 5 的检测结果求出 Y 轴方向上的照度分布，即浸渍曝光时入射到形成浸渍区域 AR2 的液体 1 上的曝光光 EL 的 Y 轴方向上的入射能量分布。

而且，控制装置 CONT 控制照明光学系统 IL 及基板载物台 PST，并在掩模 M 上的照明区域 IA 上照射曝光光 EL 时，在相对于曝光光的 X 轴方向上移动支撑掩模 M 的掩模载物台 MST。由此，在掩模 M 10 的图案区域 PA 的整个面上依次照射曝光光 EL。这时，光传感器 20（基板载物台 PST）不移动。掩模 M（掩模载物台 MST）的位置由激光干涉仪 51 计测。控制装置 CONT 根据由激光干涉仪 51 计测的、掩模 M 的 X 轴方向上的位置的计测结果和这时光传感器 20 检测出的通过掩模 M 的照明区域 IA 的曝光光 EL 的结果，通过求出掩模 M 的扫描方向（X 轴方向）的各位置上的曝光光 EL 的照度分布，求出通过投影光学系统 PL 的曝光光 EL 的照度分布信息（步骤 S1）。

接着，控制装置 CONT 根据不通过掩模 M 检测出的曝光光 EL 的照度信息（基准照度）和通过掩模 M 检测出的曝光光 EL 的照度信息，求出掩模 M 的图案分布（图案的密度分布）（步骤 S2）。通过掩模 M 及投影光学系统 PL 的曝光光 EL 的照度分布与掩模 M 的图案分布对应。因此，控制装置 CONT 从通过掩模 M 检测出的曝光光 EL 20 的照度分布中减去相当于上述基准照度的照度分布的部分，能够求出掩模 M 的图案分布。求出的掩模 M 的图案分布信息存储在存储装置 MRV 中。

然后，控制装置 CONT 根据用于制造器件的浸渍曝光时应设定的曝光量（基板 P 上的照度）、上述求出的掩模 M 的图案分布信息以及浸渍曝光条件，推测（算出）浸渍曝光时浸渍区域 AR2 的液体 1 25 的温度变化信息。具体来说，控制装置 CONT 求出浸渍区域 AR2 中液体的温度分布的变化（步骤 S3）。这里，浸渍曝光条件（参数）包括

基板 P 的移动速度、比热等液体 1 的材料特性以及液体供给装置 10 单位时间的液体供给量（流速）。另外，与上述参数对应的掩模 M 的图案分布与液体的温度变化量（分布）的关系事先存储在存储装置 MRV 中，控制装置 CONT 根据该存储的关系推测（算出）液体的温度分布。而且，上述关系可以事先由实验、模拟等求出。以下的说明中，液体的温度变化量及液体的温度分布都称为“液体的温度分布信息”。而且，作为上述参数，可以追加液体回收装置 30 的单位时间的液体回收量。

接着，控制装置 CONT 根据上述求出的液体的温度分布信息求出包含通过光学系统 PL 和液体 1 的像面位置变化的像特性变化量以及变化分布（步骤 S4）。而且，以下的说明中，将像特性的变化量以及变化分布称为“像特性变化信息”。

这里，参照图 6 及图 7 来说明投影光学系统 PL 与基板 P 之间的液体 1 的温度随掩模 M 上图案 MP 的分布的变化。图 6 为表示通过投影光学系统 PL 及浸渍区域 AR2 的液体 1 使掩模 M 的图案 MP 浸渍曝光的状态的模式图，图 7 为表示液体的温度分布的模式图。而且，图 6 中为了便于说明，省略了液体 1 的图示。如图 6 所示，掩模 M 上的图案区域 PA 的大致一半的铬图案 MP 的密度较高时，由于高密度区域的光的穿透率较低，所以基板 P 上投影区域 AR1 的这半部分上多入射一些曝光光 EL。由此，按照掩模 M 的图案分布，入射到投影光学系统 PL 与基板 P 之间的液体 1 的曝光光 EL 会产生光量分布（照度分布），同时如图 7 所示，液体 1 还会产生虚线所示的 Y 轴方向的温度倾斜（温度分布的变化）。液体 1 的温度变化会导致液体 1 的折射率变化，所以图 7 所示的情况下，液体 1 的温度变化主要引起向 X 轴周围倾斜的像面变化。即，由于液体的折射率会随着液体的温度发生变化，所以表示了光进入、通过液体时的折射角或温度依赖性，其结果就是产生像的变形（所述像在 Y 方向上部分缩小或扩大）。

这里，控制装置 CONT 根据掩模 M 上的图案的分布、而且根据入射到投影光学系统 PL 与基板 P 之间的液体 1 的曝光光 EL 的分布

求出液体 1 的温度分布信息，根据求出的温度分布信息，预测或评估像特性变化（像面的位置变化等）。

控制装置 CONT 根据求出的像特性变化信息，求出修正该像特性的修正量（修正信息）（步骤 S5）。这里参照图 8 说明求出修正量的步骤的一例。而且，以下为了便于说明，说明液体 1 温度分布的变化引起通过投影光学系统 PL 与液体 1 形成的像面位置的变化情况。投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 的 Y 轴方向上的照度分布，如图 8 (a) 所示，曝光量（照度）在 +Y 方向的某个位置内是一定的，然后增大到规定值后，且保持这个规定值时，通过投影光学系统 PL 和液体 1 形成的像面也一样，按照温度分布，成为图 8(b) 所示的状态。这里，控制装置 CONT 如图 8 (c) 所示，将求出的像特性变化分量（像面位置变化分量）分为作为偏移分量的 0 次分量、作为倾斜分量的 1 次分量以及作为高次分量的多个分量，同时分别求出上述各分量的修正量。修正量能够通过下述的控制曝光装置来进行修正。例如，对于像面变化的 0 次分量和 1 次分量，通过修正基板载物台 PST 的驱动（姿势），修正通过投影光学系统 PL 及液体 1 形成的像面与基板 P 的表面的位置关系，关于高次分量，通过驱动投影光学系统 PL 的成像特性控制装置 3 来修正。本实施方式中，由于投影区域 AR1 是向 Y 轴方向延伸的缝状，所以扫描曝光中基板载物台 PST 的位置调整可以主要调整 Z 轴方向的位置（调整焦距）及调整 θX 方向上的俯仰程度（起伏调整）。投影区域 AR1 的 X 轴方向的宽度大时，为了使像面与基板表面的位置一致，扫描曝光中，调整 θY 方向的俯仰程度（调整节距）。控制装置 CONT 将与掩模 M 的扫描方向（X 轴方向）的位置对应的修正量（修正信息）存储在存储装置 MRV 中。

求出使通过投影光学系统 PL 及液体 1 形成的像面与基板 P 表面的位置一致的修正量后，控制装置 CONT 根据上述求出的修正量，调整基板 P 的姿势（基板 P 的倾斜、Z 轴方向的位置），同时进行浸渍曝光处理（步骤 S6）。即，如图 1 所示，控制装置 CONT 使用基板搬运系统将基板 P 安装在基板载物台 PST 上后，驱动液体供给装置

10, 开始向基板 P 上供给液体。为了形成浸渍区域 AR2, 液体供给装置 10 的第 1 及第 2 液体供给部 11、12 分别送出的液体 1, 通过供给管 11A、12A 和第 1 及第 2 供给部件 13、14 供给到基板 P 上, 在投影光学系统 PL 和基板 P 之间形成浸渍区域 AR2。这时, 第 1 及第 2 供给部件 13、14 的供给口设置在投影区域 AR1 的 X 轴方向(扫描方向) 5 两侧。控制装置 CONT 在控制投影区域 AR1 两侧由液体供给装置 10 的供给口向基板 P 上同时供给液体 1。由此, 供给到基板 P 上的液体 1 在基板 P 上形成范围至少比投影区域 AR1 大的浸渍区域 AR2。

本实施方式中, 从投影区域 AR1 的扫描方向的两侧向基板 P 供给液体 1 时, 控制装置 CONT 控制液体供给装置 10 的第 1 及第 2 液体供给部 11、12 的液体供给动作, 在扫描方向上, 投影区域 AR1 的前面供给的单位时间的液体供给量设定为大于其相对侧供给的液体供给量。例如, 将基板 P 向 +X 方向移动的同时曝光时, 控制装置 CONT 10 进行控制, 对于投影区域 AR1, 使来自 -X 侧(即供给口 13A)的液体量大于 +X 侧(即供给口 14A)的液体量。相反, 将基板 P 向 -X 方向移动的同时曝光时, 对于投影区域 AR1, 来自 +X 侧的液体量大于来自 -X 侧的液体量。 15

另外, 控制装置 CONT 控制液体回收装置 30 的第 1 及第 2 液体回收部 33、34, 与液体供给装置 10 供给液体 1 的同时回收基板 P 上的液体。由此, 由第 1 及第 2 供给部件 13、14 的供给口供给、流向投影区域 AR1 外侧的基板 P 上的液体 1, 由第 1 及第 2 回收部件 33、34 20 的回收口回收。这样, 液体回收装置 30 中, 由于回收口设置为围绕投影区域 AR1, 所以能够有效地从回收口回收基板 P 上的液体 1。

然后, 控制装置 CONT 根据存储在存储装置 MRY 中的修正信息和焦点检测系统 4 检测出的基板 P 表面的位置信息检测结果, 通过成像特性控制装置 3 与基板载物台驱动装置 PSTD, 控制基板 P 与像面 25 在 Z 轴方向的位置和倾斜的关系, 同时浸渍曝光。

由此, 与掩模 M 的图案分布, 即与入射到投影区域 AR1 的曝光光 EL 的分布对应的液体 1 的温度分布发生变化, 导致像面位置发生

变化时，使通过投影光学系统 PL 与液体 1 形成的像面和基板 P 表面（曝光面）大致一致的同时，能够使基板 P 上的拍射区域 SA 扫描曝光。由此，能够在基板 P 上以较好的精确度形成所期望的图案。

如上述说明，根据掩模 M 的图案 MP 的分布信息在基板 P 上投影所期望的图案的像，通过浸渍扫描曝光中基板 P 的位置以及姿势的调整、以及使用了成像特性控制装置的投影光学系统 PL 的像面位置的调整等投影状态的调整，能够进行精确度较好的图案转印。

而且，上述图 6 及图 7 所示的例子中，说明了随着掩模 M 移动，掩模 M 上照明区域 IA 内的图案分布变化不大的情况，但是通常掩模 M 上曝光光 EL 的照明区域 IA 内的图案分布随着掩模 M 的移动发生变化。这时，伴随着掩模 M 的移动，入射到投影区域 AR1（液体 1）的曝光光 EL 的分布也发生变化。由于该曝光光 EL 的分布变化引起液体 1 的温度分布发生变化，所以像面位置也随着液体 1 的温度分布发生变化。由此，投影到基板 P 上的图案的像可能质量会降低。

但是，本实施方式中，控制装置 CONT 存储了与掩模 M 的扫描方向（X 轴方向）的位置对应的修正信息，基板 P 的拍射区域 SA 的曝光中，根据掩模 M 的位置（激光干涉仪 51 的计测结果）读出其修正信息，所以能够准确地使基板 P 的表面（曝光面）与像面一致。

本实施方式中，掩模 M 的非扫描方向（Y 轴方向）的图案分布的变化很少时，可以只考虑伴随着掩模 M 的移动的照明区域 IA 内图案分布的变化，即，输入到液体 1 的曝光光 EL 的强度变化。这时，控制装置 CONT 求出光传感器 20 计测出的投影区域 AR1 的 Y 轴方向（纵向）的照度分布在 X 轴方向上的累加值（累加光量分布），通过将求出的累加值与掩模 M 的 X 轴方向的位置对应，能够求出伴随掩模 M 移动的照明区域 IA 内图案分布的变化。

另外，本实施方式中，根据液体 1 的温度变化引起的像面变化来调整基板 P 的表面位置；通过借助于成像特性控制装置使投影光学系统 PL 的一部分光学元件移动和/或改变光学元件间的空间压力来调整像面位置，但也可以只进行基板 P 表面位置的调整或像面位置的调整。

另外，也可以用掩模载物台 MST 移动掩模 M 的位置或通过稍微调整曝光光的波长来调整像面位置。像面位置的调整可以通过移动、交换照明光学系统 IL 的一部分光学部件来实现。也可以调整曝光光 EL 的光路中的光学部件（包括投影光学系统 PL）的温度。

5 另外，本实施方式中，说明了液体 1 的温度（分布）变化引起的像面变化的修正，但除了像面之外倍率和变形等成像特性也随着液体 1 的温度分布变化时，可以根据掩模 M 的图案 MP 的分布信息（即入射到液体 1 的曝光光 EL 的分布）来调整图案的像的成像特性。成像特性的调整与像面位置的调整一样，可以通过移动投影光学系统 PL
10 的一部分光学元件、调整光学元件间的空间压力来实现。也可以通过移动掩模 M、微调曝光光 EL 的波长来实现。另外，成像特性的调整还可以通过移动、交换照明光学系统 IL 的一部分光学部件来实现。也可以调整曝光光 EL 的光路中的光学部件（投影光学系统 PL）的温度。还可以在调整图像信息状态时调整曝光光 EL 的偏振状态和/或波前状
15 态来调整成像特性。

本实施方式中，在浸渍扫描曝光中调整基板 P 表面与通过投影光学系统 PL 及液体 1 形成的像面的位置时，由焦点检测系统 4 检测出基板 P 表面位置信息，根据焦点检测系统 4 的检测结果，驱动基板载物台 PST，调整基板 P 的位置以及姿势。这里，由焦点检测系统 4 的
20 投光部 4a 从斜上方照射到基板 P 表面的检测光穿透液体 1，但随着液体 1 的温度变化，折射率也在变化，基板 P 表面的焦点检测值可能会有误差。这时，存储装置 MRV 中提前存储了液体 1 的温度（温度变化量）与折射率（折射率变化量）的关系，根据步骤 S3 中求出的液体 1 的温度变化信息和上述关系，求出液体 1 的折射率。考虑液体 1 的
25 厚度后，根据求出的折射率修正焦点检测值。由此，即使液体 1 的温度发生变化，由于能够求出基板 P 表面位置信息，所以能够更准确地使基板 P 的表面与像面一致。而且，也可以根据存储在存储装置 MRV 中的液体 1 的温度与折射率的关系，修正根据焦点检测系统 4 的检测值的像面与基板表面的位置关系的调整量。

上述的掩模 M 的图案分布的计测和根据该计测结果求出液体的温度分布信息及像特性变化信息至少在每次更换掩模 M 的时候进行，没有更换掩模 M 时，可以定期进行。另外，通过事先将掩模 M 的图案分布信息存储到存储装置 MRV 中，使用了规定的掩模 M 后，一旦
5 卸载，再使用该掩模 M 时，可以省略掩模 M 的图案分布计测，直接使用存储在存储装置 MRV 中的图案分布信息。

另外，本实施方式中，求出掩模 M 的图案分布信息，但也可以直接使用光传感器 20 计测的照度分布信息来求出液体的温度分布变化。这时，液体 1 的温度随着掩模 M 的图案密度、用于曝光的光源输出、用于形成浸渍区域 AR2 的单位时间的液体供给量（或流速）、液
10 体和基板 P 的比热等各种参数发生变化。存储装置 MRV 中可以事先存储考虑了这些参数的照度分布与液体的温度变化量的关系作为数据表。照度分布与液体的温度变化量的关系可以事先由实验来验证。另外，浸渍曝光装置能够改变形成浸渍区域 AR2 的液体 1 的种类时，可
15 以在存储装置 MRV 中事先存储与这些液体对应的数据表。

设置在投影光学系统 PL 与基板 P 之间的液体 1 的温度随着曝光光 EL 的基板 P 表面上的反射光发生变化。考虑这个因素时，可以将该基板 P 表面的反射率作为上述数据表的参数之一。

而且，本实施方式中，将掩模 M 安装在掩模载物台 MST 上后，
20 使用设在基板载物台 PST 上的光传感器 20 来计测通过投影光学系统 PL 的曝光光 EL 的分布信息，通过根据此计测结果来计测掩模 M 的图案 MP 的分布。但是，例如也可以从设计值中求出掩模 M 的图案分布信息（例如掩模的各个位置的密度、穿透率），将这个值存储到存储装置 MRV 中，浸渍扫描曝光时考虑该事先存储的分布信息，预测
25 或评估液体 1 的温度变化和温度分布的变化。根据此预测或评估结果进行像特征调整和基板位置调整等投影状态的调整。

另外，如图 9 所示，可以在与掩模载物台 MST 不同的位置上设置用于计测掩模 M 的图案分布的图案计测装置 60。如图 9 所示，图案计测装置 60 具有：设置在支撑部 66 所支撑的掩模 M 的上方、向掩

模 M 照射计测光的投光部 61, 设置在掩模 M 的下方、根据照射到掩模 M 上的计测光来接收穿透掩模 M 的光的受光部 62。对于投光部 61 及受光部 62, 掩模 M 向 X 轴方向相对移动的同时, 由投光部 61 照射计测光。受光部 62 与投光部 61 通过同步移动的同时接收掩模 M 的穿透光, 接收掩模 M 的整个图案区域 PA 的计测光的穿透光。这里, 掩模 M 与投光部 61 及受光部 62 的相对移动, 可以在固定投光部 61 及受光部 62 的位置的状态下将掩模 M 和支撑部 66 一起向 X 轴方向移动, 也可以在固定掩模 M 的位置的状态下将投光部 61 及受光部 62 向 X 轴方向同步移动, 还可以将掩模 M 和投光部 61 及受光部 62 在 X 轴方向上向相反方向移动。

受光部 62 的计测结果输入到控制装置 CONT, 同时控制装置 CONT 根据受光部 62 (图案计测装置 60) 的计测结果求出掩模 M 的图案分布。与图案计测装置 60 计测的掩模 M 的图案密度相关的信息存储到存储装置 MRV 中。然后, 浸渍扫描曝光时, 根据从事先存储的图案分布中求出的修正信息来调整像特性和基板位置 (投影状态的调整)。

另外, 有时通过掩模载物台 MST 所支撑的掩模 M 及投影光学系统 PL 到达基板载物台 PST (投影光学系统 PL 的像面侧) 的曝光光 EL 的照度分布, 与掩模 M 的图案 (图案分布) 不对应。但是, 考虑这种情况时, 不使用上述方法, 即不从基板载物台 PST 上的光传感器 20 所计测出的照度分布中求出掩模的图案分布, 而是通过直接求出液体的温度分布变化来调整像特性和/或基板 P 的姿势, 能够将图案很好地转印到基板 P 上。

另外, 本实施方式中, 使用了非扫描方向上具有多个受光面的光传感器 20, 但可以由基板载物台 PST 将具有小受光面的光传感器 20 向 X 轴方向或 Y 轴方向或两个方向移动来求出曝光光 EL 的照度分布。

第 2 实施方式

下面参照图 10 说明本发明的曝光装置的第 2 实施方式。本实施方式中, 不让由于掩模 M 的图案分布 (入射到投影区域 AR1 的曝光

光 EL 的分布)产生浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度分布,即为了使液体 1 的温度分布均匀化,而调整投影状态。特别是调整与扫描方向(X 轴方向)垂直的 Y 轴方向上的温度分布,使其均匀。另外,本实施方式中,除了液体供给装置,其他结构与第 1 实施方式一样。这里,以下
5 的说明中,与上述第 1 实施方式相同或相等的结构部分用相同的符号表示,简化或省略其说明。

图 10 中,液体供给装置 50 具有第 1 液体供给部 51 和第 2 液体供给部 52。第 1 液体供给部 51 与多个供给管 51a、51b、51c、51d、51e、51f 的一端连接,另一端接近基板 P,沿着非扫描方向(Y 轴方
10 向)设置了多个供给口 53a、53b、53c、53d、53e、53f。同样,第 2 液体供给部 52 与多个供给管 52a、52b、52c、52d、52e、52f 的一端连接,另一端接近基板 P,沿着非扫描方向(Y 轴方向)设置了多个供给口 54a、54b、54c、54d、54e、54f。液体供给装置 50 的供给口 53a~53f、54a~54f,相对投影区域 AR1 (的中心)设置在多个方向上
15 且隔着不同的距离。本实施方式中的供给口 53a~53f、54a~54f 分别排列在 Y 轴方向上,分别从在 Y 轴方向上分离的多个位置上供给液体 1。

另外,第 1 及第 2 液体供给部 51、52 具有与各供给管 51a~51f、52a~52f 连接的多个温度调整装置,各供给口 53a~53f、54a~54f 能够将温度不同的液体 1 供给到基板 P 上。即,为了形成本实施方式中的浸渍区域 AR2,将液体 1 供给到基板 P 上的液体供给装置 50 能够从
20 多个位置提供温度不同的液体 1,液体 1 的供给可以在多个位置进行,可以根据液体供给位置,即供给口 53a~53f、54a~54f 的位置,使液体 1 的温度不同。供给口 53a~53f、54a~54f 能够分别从在垂直于作为扫描方向的 X 轴方向的 Y 轴方向上分离的多个位置上供给不同温度的液体 1。
25

另外,本实施方式中,液体 1 的供给不是由第 1 液体供给部 51 和第 2 液体供给部 52 同时进行,而是根据基板 P 的扫描方向交替使用。即,向+X 方向移动基板 P 的同时进行扫描曝光时,使第 1 液体供给部 51 动作,由供给口 53a~53f 供给液体;向-X 方向移动基板 P

的同时进行扫描曝光时,使第2液体供给部52动作,由供给口54a~54f供给液体1。

液体供给装置50的动作由控制装置CONT控制。存储装置MRY中事先存储了掩模M的图案分布信息。如上所述,按照掩模M的图案分布,入射到投影光学系统PL与基板P之间的液体1的曝光光EL的分布也发生变化。本实施方式中,为了不受曝光光EL分布的影响使液体1的温度分布均匀,控制装置CONT根据掩模M的图案分布信息,控制液体供给装置50的各供给口53a~53f(或54a~54f)所供给的液体的温度。

例如,将基板P向+X方向移动的同时使基板P上的照射区域SA扫描曝光时,考虑掩模M的图案分布(入射到液体1的曝光光EL的分布),由供给口53d、53e、53f供给与箱内温度大约一致的23℃的液体1,由供给口53a、53b、53c供给的液体的温度比由供给口53d、53e、53f的供给的液体的温度低。由此,即使入射的曝光光EL的分布(照度分布)发生偏差时[如参照图8(a)],由于使曝光光EL通过的液体1的温度分布变均匀能够调整投影状态,所以能够以高精度度将掩模M的图案的像投影到基板P上。

下面参照图10来说明使浸渍区域的液体的温度变均匀来调整投影状态的方法。首先,在进行浸渍曝光前,与参照图4说明的一样,事先求出入射到液体1曝光光EL的分布(步骤S1),而且事先求出掩模M的图案分布(步骤S2)及液体1的温度分布(步骤S3)。这时,步骤S3中,特别是求出与扫描方向(X轴方向)交叉的Y轴方向(非扫描方向)中液体1的温度分布信息。而且,控制装置CONT根据求出的液体的温度分布信息,分别调整各供给口53a~53f所供给的液体的温度。由此,使形成浸渍区域AR2的液体1的、特别是Y轴方向上的温度均匀的同时,能够防止由液体的温度分布引起的图案的像的质量低下。

而且,本实施方式中,调整供给到基板P上的液体1的温度,使投影光学系统PL与基板P之间的液体1的温度均匀化,但也可以对

曝光光入射少的部分入射非曝光光（不使光刻胶感光的红外线等）加热该部分的液体，使浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度分布均匀化。

而且，本实施方式中，根据掩模 M 的图案分布调整投影到基板上的像（调整投影状态）时，可以组合本实施方式中的调整方法和第 1 实施方式中的调整方法。例如，关于参照图 8 说明的像面位置变化的 0 次分量，通过使用基板载物台 PST 调整基板 P 表面位置来修正。另外，关于像面位置变化的 1 次分量，通过使用成像特性控制装置 3 等调整投影光学系统 PL 的像特性来进行修正。关于像面位置变化的高次分量，通过调整多个供给口 53a~53f 所供给的液体的温度来进行修正。

另外，本实施方式中，通过改变各供给口 53a~53f 所供给的液体 1 的温度，使浸渍区域 AR2 的非扫描方向上的液体的温度分布均匀化。但是，例如可以通过改变从各供给口 53a~53f 单位时间分别供给的液体供给量，使浸渍区域 AR2 的非扫描方向上的液体的温度分布均匀化。这时，单位时间的液体供给量越多的地方，液体的温度上升越被抑制，相反，单位时间的液体供给量越少的地方，越促进液体的温度的上升。而且，根据各供给口 53a~53f 供给的液体供给量、形成浸渍区域 AR2 的液体 1 给与基板 P 的压力发生变化、基板 P 的表面与图案的像的成像面的位置对准产生误差时，可以根据各供给口 53a~53f 供给的液体的供给量来修正基板 P 的表面与图案的像的成像面的位置关系。另外，本实施方式中，通过改变各供给口 53a~53f 供给的液体 1 的温度，使浸渍区域 AR2 的非扫描方向上的液体的温度分布均匀化，但为了将图案的像的投影状态调整到所期望的状态，可以分别调整各供给口 53a~53f 所供给的液体 1 的温度，使浸渍区域 AR2 的非扫描方向上的液体的温度分布不均匀。

另外，本实施方式中，对于投影光学系统 PL 的投影区域 AR1，由 X 轴方向（扫描方向）的一侧供给液体 1，但是也可以由 X 轴方向（扫描方向）的两侧向投影区域 AR1 供给液体 1。另外，可以在 Y 轴方向（非扫描方向）的一侧或两侧设置液体供给口，从 X 轴及 Y 轴方

向供给液体 1。而且，可以设置多个液体供给口，各供给口分别供给温度不同的液体。

第 3 实施方式

下面使用图 11 说明本发明的曝光装置 EX 的第 3 实施方式。本实施方式中，液体供给装置及液体回收装置按以下的方式改变。图 11 中，曝光装置 EX 包括：具有 2 个并排设置在与 X 轴方向垂直的 Z 轴方向上的供给管 71、72（供给口 71A、72A）的液体供给装置 10，以及具有 2 个与供给管 71、72 相对、并排设置在 Z 轴方向上的回收管 73、74（回收口 73A、74A）的液体回收装置 30。液体供给装置 10 能够由各供给口 71A、72A 分别供给温度不同的液体。由此，浸渍区域 AR2 中，能够形成温度互不相同的 2 个液体层 LQ1、LQ2。

由上述方法供给液体，例如始终以大致恒定的温度供给用于形成与投影光学系统 PL 顶端部的光学元件 2 接触的上层液体层 LQ1 的液体 1，能够根据掩模 M 的图案分布（入射的曝光光的分布）改变下层液体层 LQ2 的液体 1 的温度并供给，该下层液体层 LQ2 与照射曝光光 EL、温度容易上升的基板 P 的表面接触。通过始终将用于形成上层液体层 LQ1 的液体 1 调整到一定的温度，能够控制基板 P 发出的热引起的热变化传达到投影光学系统 PL 顶端部的光学元件 2 上。另外，为了形成下层的液体层 LQ2 而供给的液体的温度可以比为了形成上层的液体层 LQ1 而供给的液体低。当然也可以根据掩模 M 的图案分布（入射的曝光光的分布）来改变形成上层液体层 LQ1 的液体 1 的温度。另外，各供给口 71A、72A 所供给的液体的温度，可以将上层液体层 LQ1 的液体的温度与下层的液体层 LQ2 的液体的温度调整为大致相同，也可以有温度差。

本实施方式中，供给管以及回收管在 Z 轴方向分别设置了 2 个，也可以在 Z 轴方向上排列 3 个或更多的供给管及回收管。由此，液体供给装置 10 能够从在 Z 轴方向上分离的多个位置供给温度不同的液体 1。另外，图 11 中，只表示了与 X 轴方向上分离的供给管 71、72 和回收管 73、74 这一组，也可以将多组供给管和回收管排列在 Y 轴

方向上。另外，本实施方式中，各供给口 71A、72A 单位时间供给的液体的供给量可以不同。这时，可以使供给口 71A 与供给口 71B 的供给量不同，从而使液体层 LQ1 与液体层 LQ2 的液体的温度相同或者产生所期望的温度差。另外，可以使供给口 71A 与供给口 71B 的供给量不同，从而使液体层 LQ1 与液体层 LQ2 的液体流速相同或者产生所期望的速度差。

第 4 实施方式

下面使用图 12 说明本发明的曝光装置 EX 的第 4 实施方式。本实施方式中，设置了下述液体的温度计测器（传感器），同时将第 1 及第 2 液体供给部作为液体回收装置来使用。如图 12 所示，曝光装置 EX 包括：为了计测液体的温度、具有多个在 Y 轴方向上分离的传感器元件 81a~81f 的温度传感器 81，具有传感器元件 82a~82f 的温度传感器 82。传感器元件 81a~81f 分别设置在供给管 51a~51f 中。另外，传感器元件 82a~82f 分别设置在供给管 52a~52f 中。

本实施方式的第 1 液体供给部 51、第 2 液体供给部 52 分别作为回收基板 P 上的液体 1 的液体回收装置发挥作用。即，第 1 及第 2 液体供给部 51、52 能够通过供给口及供给管吸引及回收基板 P 上的液体 1。例如，第 1 液体供给部 51 向基板 P 上供给液体 1 时，第 2 液体供给部 52 作为液体回收装置发挥作用，回收基板 P 上的液体 1。回收的液体 1 在通过供给管（回收管）52a~52f 时，由传感器元件 82a~82f 计测温度。即，在作为液体回收装置发挥作用的第 2 液体供给部 52 中，由设置在沿 Y 轴方向分离的多个位置上的回收口（供给口）54a~54e 回收基板 P 上的液体 1，同时能够由多个传感器元件 82a~82f 分别计测多个位置上回收的液体 1 的温度。同样，第 2 液体供给部 52 向基板 P 上供给液体 1 时，第 1 液体供给部 51 作为液体回收装置发挥作用，回收基板 P 上的液体 1。回收的液体 1 在通过供给管（回收管）51a~51f 时，由传感器元件 81a~81f 计测温度。

下面参照图 13 所示的流程图说明使用了图 12 所示的曝光装置 EX 的浸渍曝光的步骤。首先，将掩模 M 安装在掩模载物台 MST 上，

同时将基板 P 安装在基板载物台 PST 上。接着，控制装置 CONT 分别驱动液体供给装置 50 及液体回收装置 30，在投影光学系统 PL 与基板 P 之间形成浸渍区域 AR2。然后用曝光光 EL 照射掩模 M，对基板 P 进行试曝光（步骤 SB1）。由于曝光光 EL 只照射以 Y 轴方向为纵向的缝状的投影区域 AR1 所对应的区域，所以浸渍区域 AR2 的液体 1 主要在 Y 轴方向产生温度分布。这里可以使用与制造器件用的基板不同的测试用基板作为基板 P。

例如，为了将基板 P 向-X 方向移动的同时进行浸渍曝光，由第 2 液体供给部 52 供给液体时，第 1 液体供给部 51 作为液体回收装置发挥作用。因此，基板 P 上的液体 1 通过回收管（供给管）51a~51f 被回收。分别流过回收管 51a~51f 的液体的温度由各传感器元件 81a~81f 计测。各传感器元件 81a~81f 的温度计测结果输入到控制装置 CONT 中。控制装置 CONT 根据排列在 Y 轴方向上的多个传感器元件 81a~81f 各自的检测结果求出液体 1 的 Y 轴方向上的温度分布（步骤 SB2）。这里，作为液体回收装置发挥作用的第 1 液体供给部 51 能够回收能够计测到液体的温度的量的液体。

控制装置 CONT 根据步骤 SB2 中求出的液体的温度分布，求出与第 2 液体供给部 52 连接的各供给口 54a~54f 所供给的液体的温度的修正量（步骤 SB3），以便通过投影光学系统 PL 和液体 1 将所期望的图案的像投影到基板 P 上，即，使浸渍区域 AR2 的液体 1 的 Y 轴方向上的温度均匀化。

接着，控制装置 CONT 根据求出的液体的温度的修正量调整各供给口 54a~54f 供给到基板 P 上的液体 1 的温度，同时进行用于制造实际的器件的浸渍曝光（以下称为正式曝光）（步骤 SB4）。而且，正式曝光时，第 1 液体供给部 51 不作为液体回收部发挥作用（功能被解除）。

另一方面，将基板 P 向+X 方向移动的同时曝光时，第 2 液体供给部 52 作为液体回收装置发挥作用，与上述步骤相同，进行试曝光和正式曝光。

而且本实施方式中，作为投影状态的调整方法，在求出液体 1 的温度分布后（步骤 SB2），调整供给的液体 1 的温度，使所期望的图案的像投影在基板 P 上。也可以如上所述，调整液体 1 单位时间的供给量、调整基板 P 的位置及姿势、调整投影光学系统 PL 的像特性等。而且，还可以组合进行这些调整。另外，本实施方式中，根据多个传感器元件 81a~81f 的检测结果调整各供给口供给的液体的温度，使浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度均匀，也可以在利用试曝光分析了形成在基板 P 上的图案后，决定各供给口供给的液体的温度的修正量。这时，可以调整各供给口供给的液体的温度，使浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度不一致。

第 5 实施方式

下面使用图 14 说明本发明的曝光装置 EX 的第 5 实施方式。本实施方式中，使用虚设基板求出液体的温度分布。如图 14 所示，虚设基板 DP 的表面设置了多个温度传感器 90。虚设基板 DP 的大小和形状与用于制造器件的基板 P 大致相同，能够设置(能够支撑)在作为支撑基板 P 且能够移动的可动部件的基板载物台 PST 上。虚设基板 DP 能够在基板载物台 PST 上装卸。即，虚设基板 DP 上的温度传感器 90 在基板载物台 PST 上也能够装卸。

温度传感器 90 具有设置在虚设基板 DP 表面上的多个传感器元件 91。传感器元件 91 例如由热电偶构成。

虚设基板 DP 上设置了与拍射区域 SA(参照图 6)对应的多个传感器设置区域 SC。该传感器设置区域 SC 的大小(形状)以及设置与器件图案被曝光的拍射区域 SA 大致相同。本实施方式中，X 轴方向及 Y 轴方向上各 3 个地方(3×3)合计 9 个地方的传感器设置区域 SC 大致设置为矩阵状。

各传感器设置区域 SC 中设置了多个从平面上看为矩阵状的传感器元件 91。本实施方式中，传感器元件 91 在 1 个传感器设置区域 SC 上，X 轴、Y 轴方向上各 5 个(5×5)共设置了 25 个。即，虚设基板 DP 上的温度传感器 90 至少具有基板 P(虚设基板 DP)的在非扫描方

向(Y轴方向)上分离的多个传感器元件91。

温度传感器90的传感器元件91的检测部(探头)露出虚设基板DP的表面,能够检测出浸渍区域AR2的液体1的温度。通过由基板载物台PST支撑具有该温度传感器90的虚设基板DP,能够将计测浸渍区域AR2的液体1的温度的温度传感器90移动到投影光学系统PL的像面附近。

另外,设置在包括投影光学系统PL的投影区域AR1的拍射区域SA的传感器元件91,设置在投影光学系统PL的投影区域AR1及其附近。通过在投影区域AR1的非扫描方面(Y轴方向)上设置多个传感器元件91,能够计测投影区域AR1的至少在非扫描方向(Y轴方向)上的温度分布。

另外,各传感器设置区域SC上连接了将传感器元件91(温度传感器90)的温度检测信号发送到控制装置CONT的信号传输线(电缆)93。信号传输线的一端与各传感器设置区域SC的传感器元件91(温度传感器90)连接,另一端与虚设基板DP外部(基板载物台PST外部)的控制装置CONT连接。信号传输线93事先埋设在虚设基板DP内,从虚设基板DP的顶端伸出的信号传输线93与控制装置CONT连接。

另外,设置在虚设基板DP表面的各传感器设置区域SC进行了具有不同光反射率的表面处理。具体来说,在各传感器设置区域SC上涂敷了光反射率不同的材料膜。由此,设置在各传感器设置区域SC上的传感器元件91(温度传感器90),在通过投影光学系统PL及液体1照射曝光光EL时,在不同的光反射条件下,能够计测液体1的温度。

另外,虚设基板DP上设置了对准标记94,用于将各传感器设置区域SC的传感器设置区域SC与规定位置对准。对准标记94由未图示的对准系统检测出。对准系统根据对准标记94的位置检测结果,求出设置在传感器设置区域SC上的温度传感器90(传感器元件91)所对应的投影光学系统PL的投影区域AR1的位置信息。接着,使用对

准标记 94 使各传感器设置区域 SC 的传感器元件 91 与投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 的位置一致。具体来说，在投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 内的传感器设置区域 SC 中，将传感器元件 91 在非扫描方向（Y 轴方向）上设置为矩阵状，即，使多个传感器元件 91 的 Y 轴方向排列方向与投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 的纵向一致，进行位置对准处理。

接着，说明由图 14 所示的温度传感器 90 来计测浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度的步骤。在进行用于制造器件的浸渍曝光处理前，首先将掩模 M 安装在掩模载物台 MST 上，同时将具有上述温度传感器 90 的虚设基板 DP 安装在基板载物台 PST 上。接着，控制装置 CONT 检测出上述对准标记 94 的位置，求出投影光学系统 PL 的投影区域 AR1 与传感器设置区域 SC 的温度传感器 90 的位置关系，使投影区域 AR1 的纵向（Y 轴方向）与传感器元件 91 的 Y 轴方向的排列方向一致。然后，控制装置 CONT 分别驱动液体供给装置 50 以及液体回收装置 30 在投影光学系统 PL 与虚设基板 DP 之间形成浸渍区域 AR2，同时用曝光光 EL 照射掩模 M。由于掩模 M 及投影光学系统 PL 的曝光光 EL 照射液体 1，使液体 1 中产生因该曝光光 EL 的照度分布而产生的温度分布。控制装置 CONT 的动作与制造器件时一样，将支撑掩模 M 的掩模载物台 MST 和支撑虚设基板 DP 的基板载物台 PST 向 X 轴方向扫描移动的同时，使用设置在基板载物台 PST 上的温度传感器 90 来计测浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度分布。拍摄区域 SA（投影区域 AR1）的 Y 轴方向的温度分布以及掩模 M 的 Y 轴方向的图案分布，根据 Y 轴方向上排列的各传感器元件 91 的检测结果来计测。另一方面，拍摄区域 SA 的 X 轴方向的温度分布以及掩模 M 的 X 轴方向的图案分布，根据相对投影区域 AR1 向 X 轴方向扫描移动的、传感器设置区域 SC 中设置在 X 轴方向上的多个传感器元件 91 的各检测结果来计测。由此，能够计测 1 个拍摄区域 SA 的 XY 方向上的液体 1 的温度分布。

这时，控制装置 CONT 计测设置在虚设基板 DP 上的多个传感器

设置区域 SC 上的温度分布。由于传感器设置区域 SC 的光反射率各不相同，例如，制造器件时使用光反射率（具体来说是光刻胶的种类）不同的基板 P 时，能够计测与各基板 P 对应的光反射条件中的液体的温度分布信息。

5 控制装置 CONT 根据设置在虚设基板 DP 上的温度传感器 90 所计测的液体 1 的温度信息（温度分布信息），能够进行上述各种动作，通过投影光学系统 PL 和液体 1 使所期望的图案的像投影到基板 P 上。例如，求出修正成像特性控制装置 3 的驱动的修正量，求出修正扫描曝光时基板载物台 PST 的移动（姿势）的修正量。另外，如上述第 2
10 实施方式，为了使浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度均匀，求出修正各供给口 54a~54f（53a~53f）（参照图 10）供给的液体的温度的修正量。这些求出的修正量存储在存储装置 MRV 中。

在控制装置 CONT 求出上述修正量的时候，虚设基板 DP 从基板载物台 PST 上卸载的同时，用于制造器件的基板 P 安装到基板载物台
15 PST 上。然后，控制装置 CONT 根据求出的修正量，调整为了形成浸渍区域 AR2 而供给的液体 1 的温度、投影光学系统 PL 的像特性或者基板载物台 PST 的移动（姿势），通过以上调整，可以调整通过投影光学系统 PL 与液体 1 形成的像面与基板 P 表面的位置关系，同时对基板 P 进行浸渍扫描曝光。

20 图 15 为具有温度传感器 90 的虚设基板 DP 的其他实施例。图 15 中，虚设基板 DP 上设置了存储温度传感器 90 的温度检测信号的存储元件 95。具体来说，存储元件 95 设置在虚设基板 DP 上。

使用图 15 所示的虚设基板 DP 来检测浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度时，虚设基板 DP 在保持在基板载物台 PST 的状态下，检测出浸
25 渍区域 AR2 的液体 1 的温度，将检测结果存储在存储元件 95 中。然后，进行试曝光后，将虚设基板 DP 从基板载物台 PST 上卸载，抽出（读出）存储在存储元件 95 中的温度检测结果。控制装置 CONT 在进行用于制造器件的浸渍曝光处理时，根据抽出的液体的温度信息，与上述实施方式一样，求出用于调整投影光学系统 PL 的像特性的修

正量,或者求出用于调整形成浸渍区域 AR2 的液体 1 的温度的修正量。存储元件 95 能够装卸地设置在虚设基板 DP 上,检测出液体 1 的温度后,可以将存储元件 95 从虚拟基板 DP 上卸下来,抽出存储在存储元件 95 中的液体的温度的检测结果。

5 如上述说明,通过在能够移动的基板载物台 PST 上设置具有温度传感器 90 的基板,能够相对于曝光光 EL 进行扫描移动的同时计测液体的温度,所以能够计测用于制造器件的拍射区域 SA 所对应的浸渍区域 AR2 的液体的温度分布。另外,通过在与用于制造器件的基板 P 形状大致相同的虚拟基板 DP 上设置温度传感器 90,能够在投影光学系统 PL 与虚设基板 DP 间较好地形成浸渍区域 AR2 的状态下,即
10 与制造器件的浸渍曝光条件大致相同的条件下计测温度。而且,根据该计测结果,能够以高精度度调整浸渍曝光时液体 1 的温度。

另外,浸渍区域 AR2 的温度分布,如上所述,主要由曝光光 EL 的照射引起。但是也会由于曝光装置周围(浸渍区域周围)的温度环境引起。这时,如本实施方式那样,通过由温度传感器 90 直接计测液
15 体的温度,即使曝光装置周围的温度环境变化,也能够以高精度度计测浸渍区域 AR2 的液体的温度分布。

而且,本实施方式中,检测浸渍区域 AR2 的液体 1 温度的温度传感器 90,以能够装卸在基板载物台 PST 的方式设置在虚设基板 DP
20 上,也可以直接设置在基板载物台 PST 的规定位置上。还可以以能够装卸在基板载物台 PST 的规定位置上的方式设置。或者能够移动地设置在基板载物台 PST 上规定的区域内。或者在投影光学系统 PL 顶端部的光学元件 2 附近设置检测浸渍区域 AR2 的液体的温度的温度传感器。另外,上述各实施方式中,主要为了调整投影状态而调整各供给
25 口供给的液体的温度,也可以因为其他目的调整各供给口供给的液体的温度。例如,可以为了使基板 P 达到所期望的温度分布来调整各供给口供给的液体的温度。

如上所述,上述实施方式中的液体 1 使用了纯水。由于纯水有以下优点:在半导体制造工厂等能够容易大量得到,同时对基板 P 上的

光刻胶和光学元件（透镜）等没有负面影响。另外，纯水不污染环境，同时由于杂质含量极低，所以还有清洁基板 P 表面及投影光学系统 PL 顶端部上设置的光学元件的表面的作用。

而且，对于波长为 193nm 左右的曝光光 EL，纯水(水)的折射率 n 为 1.44 左右，使用 ArF 准分子激光（波长 193nm）作为曝光光 EL 的光源时，波长在基板 P 上缩短为 $1/n$ ，即 134nm 左右，从而能够得到高分辨率。而且，由于聚焦深度与空气中相比，扩大到 n 倍左右，即扩大到 1.44 倍左右，在最好保证聚焦深度与空气中相同时，能够增加投影光学系统 PL 的数值孔径，这一点还能提高分辨率。

本实施方式中，投影光学系统 PL 的顶端设置了光学元件 2，通过该透镜，能够调整投影光学系统 PL 的光学特性，如像差（球面像差、彗形像差）。而且，安装在投影光学系统 PL 顶端的光学元件可以是用于调整投影光学系统 PL 的光学特性的光学板，或者是能够穿透曝光光 EL 的平行平板。与液体 1 接触的光学元件使用比透镜便宜的平行平板，在曝光装置 EX 的搬运、组装、调整时，即使在该平行平板上涂抹降低基板 P 上曝光光 EL 的照度及照度分布的均匀性的物质（例如硅类有机物等），只要在供给液体 1 之前交换该平行平板就行，交换成本低于与液体 1 接触的光学元件是透镜的情况。即，因曝光光 EL 的照射，因光刻胶中产生的飞散粒子或因液体 1 中杂质的粘附等引起与液体 1 接触的光学元件的表面被污染，因此需要定期交换光学元件，但光学元件使用便宜的平行平板时，与透镜相比，交换部件的成本低且能够缩短交换所需要的时间，能够抑制维修成本（运行成本）的上升和生产率的降低。

而且，由液体 1 的流动产生的投影光学系统 PL 顶端的光学元件与基板 P 之间的压力大时，可以使该光学元件不能交换，并由此压力固定光学元件，使其不能活动。

本实施方式中，投影光学系统 PL 与基板 P 表面之间充满了液体 1，也可以在基板 P 表面设置了由平行平板构成的盖玻璃的状态下充满液体 1。

而且本实施方式中的液体 1 是水，但也可以是其他液体。例如，曝光光 EL 的光源是 F₂ 激光时，由于该 F₂ 激光不穿透水，所以可以使用能够穿透 F₂ 激光的如氟类油等氟类液体作为液体 1。另外，液体 1 还可以使用曝光光 EL 能够透过且折射率尽可能高、对涂抹在投影光学系统 PL 和基板 P 表面上的光刻胶稳定的物质（如雪松油）。这时，
5 根据使用的液体 1 的极性进行表面处理。

而且，上述各实施方式的基板 P 不仅适用于用于制造半导体器件的半导体晶片、还适用于用于显示器器件的玻璃基板、用于薄膜磁头的陶瓷晶片或者曝光装置中使用的掩模或者中间掩模的原版（合成石英、硅晶片）等。
10

曝光装置 EX 除了同步移动掩模 M 和基板 P、使掩模 M 的图案扫描曝光的步进扫描方式的扫描型曝光装置（扫描分档器），还可以适用于步进重复方式的投影曝光装置（分档器），即，在掩模 M 和基板 P 静止的状态下使掩模 M 的图案一并曝光，依次步进移动基板 P 的步进重复方式的投影曝光装置。另外，本发明还适用于步进重叠方式的曝光装置，即，在基板 P 上重叠转印至少 2 个图案中的一部分的曝光装置。
15

另外，本发明还可以适用于双载物台型曝光装置。双载物台型曝光装置的结构及曝光动作例如特开平 10-163099 号、特开平 10-214783 号（与美国专利 6, 341, 007、6, 400, 441、6, 549, 269 及 6, 590, 634 对应）、特表 2000-505958 号（与美国专利 5, 969, 441 对应）或美国专利 6, 208, 407 所公开的内容，在国际申请中指定或选择的国家的法律允许的条件下，引用了这些公开内容作为本文的一部分。
20

曝光装置 EX 的种类不限定于在基板 P 上使半导体元件图案曝光的、用于制造半导体元件的曝光装置，还适用于液晶显示元件制造用或显示器制造用的曝光装置和用于制造薄膜磁头、摄像元件（CCD）或中间掩模、掩模等的曝光装置。
25

基板载物台 PST 和掩模载物台 MST 使用线性电动机时，可以使用利用了空气轴的空气上浮型或使用了洛伦兹力或电抗力的磁浮型。

另外，各载物台 PST、MST 可以是沿着导轨移动的类型，也可以是不设置导轨的类型。载物台使用线性电动机的例子，在国际申请中指定或选择的国家的法律允许的情况下，引用美国专利 5,623,853 及 5,528,118 作为本文的一部分。

5 各载物台 PST、MST 的驱动装置，可以使用平面电动机，该平面电动机中，使二维设置磁石的磁石单元和二维设置线圈的电枢单元相对，由电磁力来驱动各载物台 PST、MST。这时，磁石单元或电枢单元中的一个与载物台 PST、MST 连接，另一个可以设置在载物台 PST、MST 的移动面侧。

10 为了不让由基板载物台 PST 的移动产生的反作用力传到投影光学系统 PL 上，可以使用壳体部件使其机械地传到地上（大地）。此反作用力的处理方法，在美国专利 5,528,118（特开平 8-166475 号公报）中有详细说明，在国际申请中指定或选择的国家的法律允许的情况下，引用其作为本文的一部分。

15 为了不让由掩模载物台 MST 的移动产生的反作用力传到投影光学系统 PL 上，可以使用壳体部件使其机械地传到地上（大地）。此反作用力的处理方法，在美国专利 5,874,820（特开平 8-330224 号公报）中有详细说明，在国际申请中指定或选择的国家的法律允许的情况下，引用其作为本文的一部分。

20 如上所述，本实施方式的曝光装置 EX，是通过组装包含本专利要求列举的各结构要素的各种子系统、以确保规定的机械精确度、电精确度、光学精确度来制造的。为了确保这些精确度，在组装前后，各种光学系统要进行达到光学精确度的调整，各种机械系统要进行达到机械精确度的调整，各种电系统要进行达到电精确度的调整。由各种子系统组装曝光装置的过程包括各种子系统相互的机械连接、电路的配线连接、气压线路的配管连接等。由各种子系统组装成曝光装置之前，要先组装各子系统。由各种子系统组装成曝光装置的过程结束后，进行综合调整，确保曝光装置整体的各种精确度。而且，最好在管理温度及干净度的净化室中制造曝光装置。

25

5 半导体器件等的微型器件，如图 16 所示，经过以下步骤来制造：设计微型器件的功能·性能的步骤 201，根据该设计步骤制作掩模（中间掩模）的步骤 202，制造作为器件的基底的基板的步骤 203，由上述实施方式的曝光装置 EX 将掩模图案在基板上曝光的曝光处理步骤 204，器件组装步骤（包括划片工序、键合工序和封装工序）205，检查步骤 206 等。

产业上的利用可能性

10 根据本发明，即使由曝光光的分布或图案的分布引起形成浸渍区域的液体的温度分布，通过根据曝光光的分布或者图案分布来调整图案的像的投影状态，能够以所期望的状态将图案转印到基板上。由此，能够制造高性能的器件。另外，通过由设置在投影光学系统像面附近的温度传感器直接计测形成浸渍区域的液体的温度，能够根据此计测结果将形成浸渍区域的液体调整到所期望的温度的状态，所以能够以所期望的状态将图案转印到基板上。

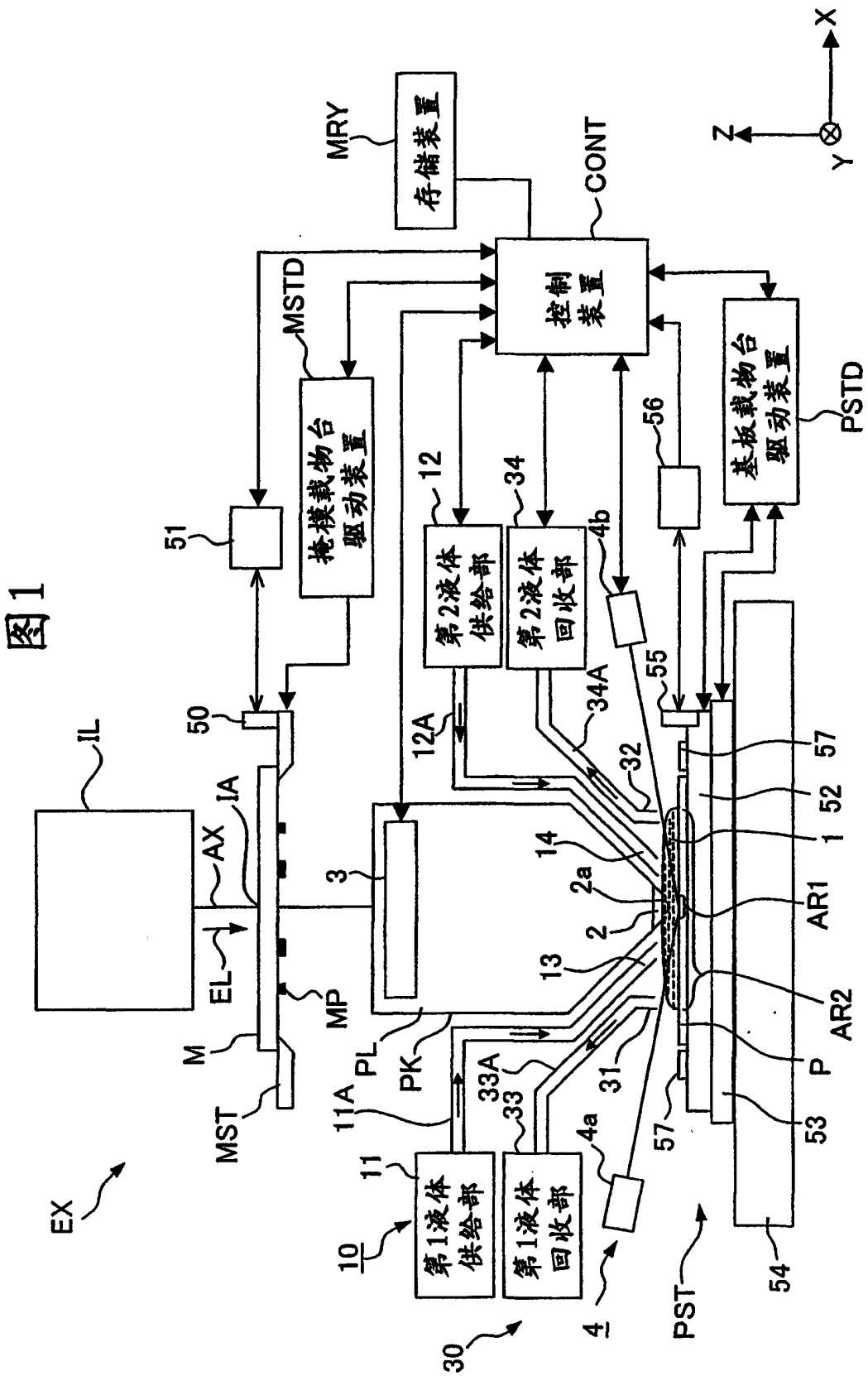


图1

图2

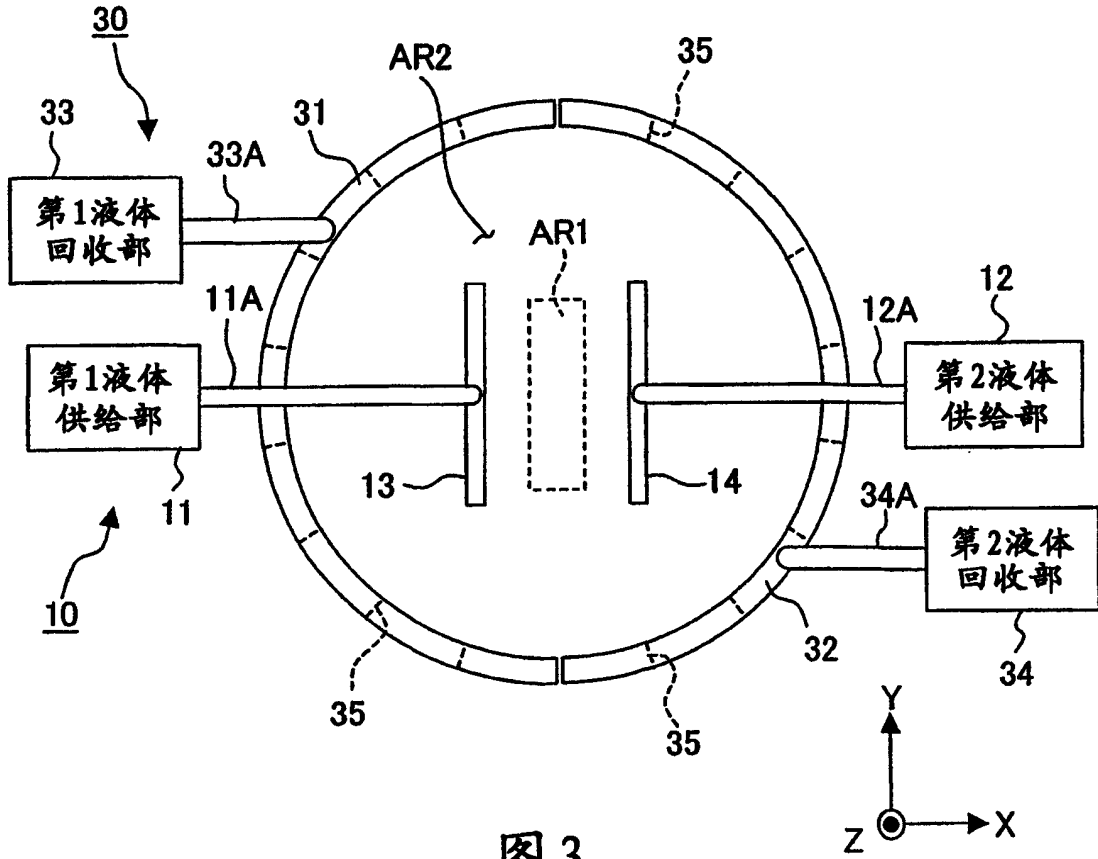


图3

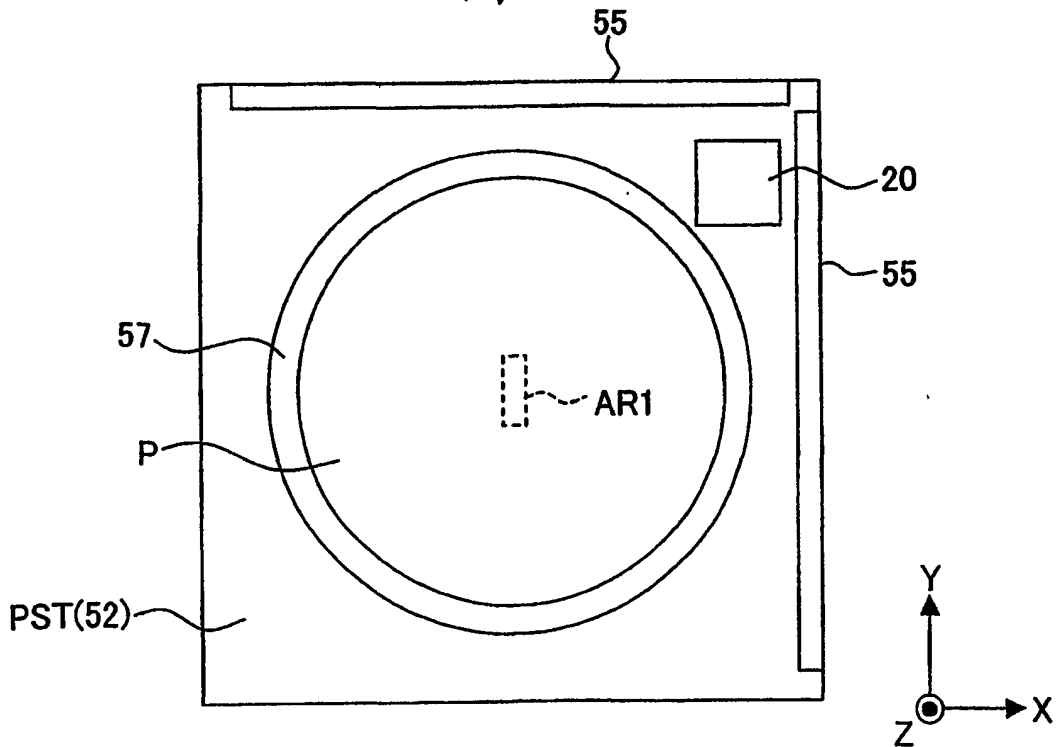


图 4

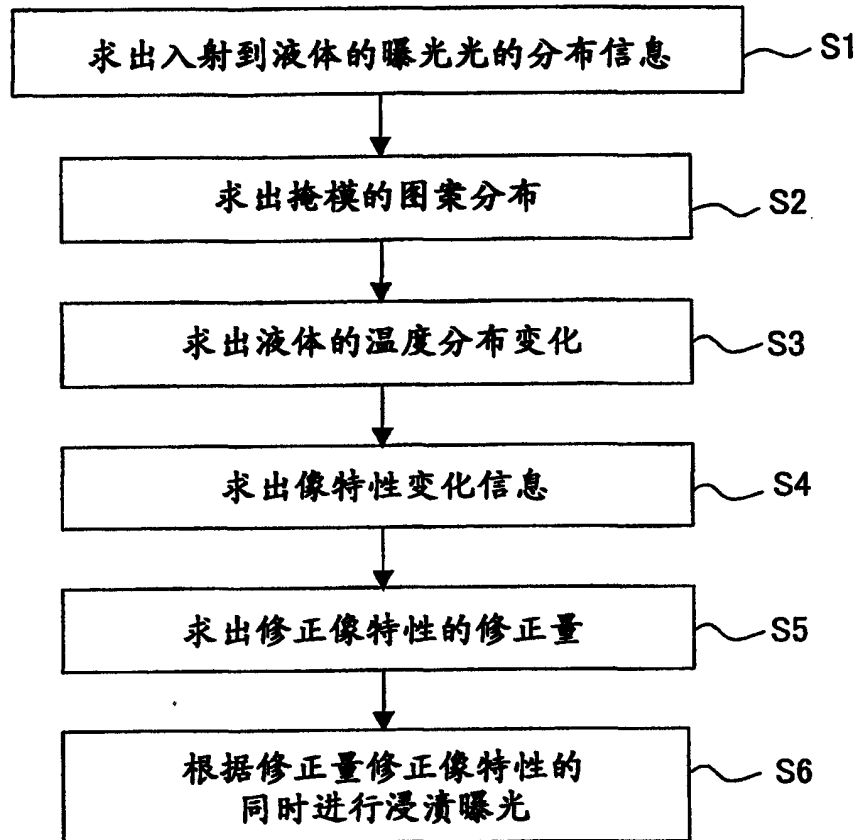


图5

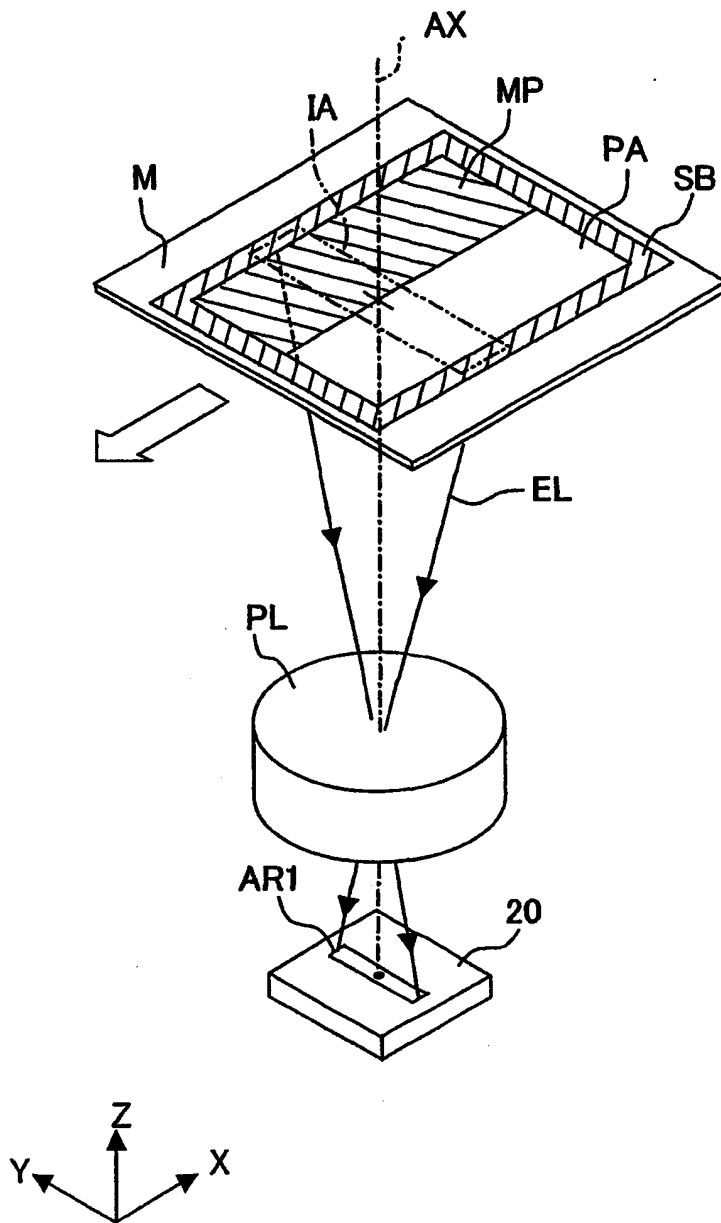


图6

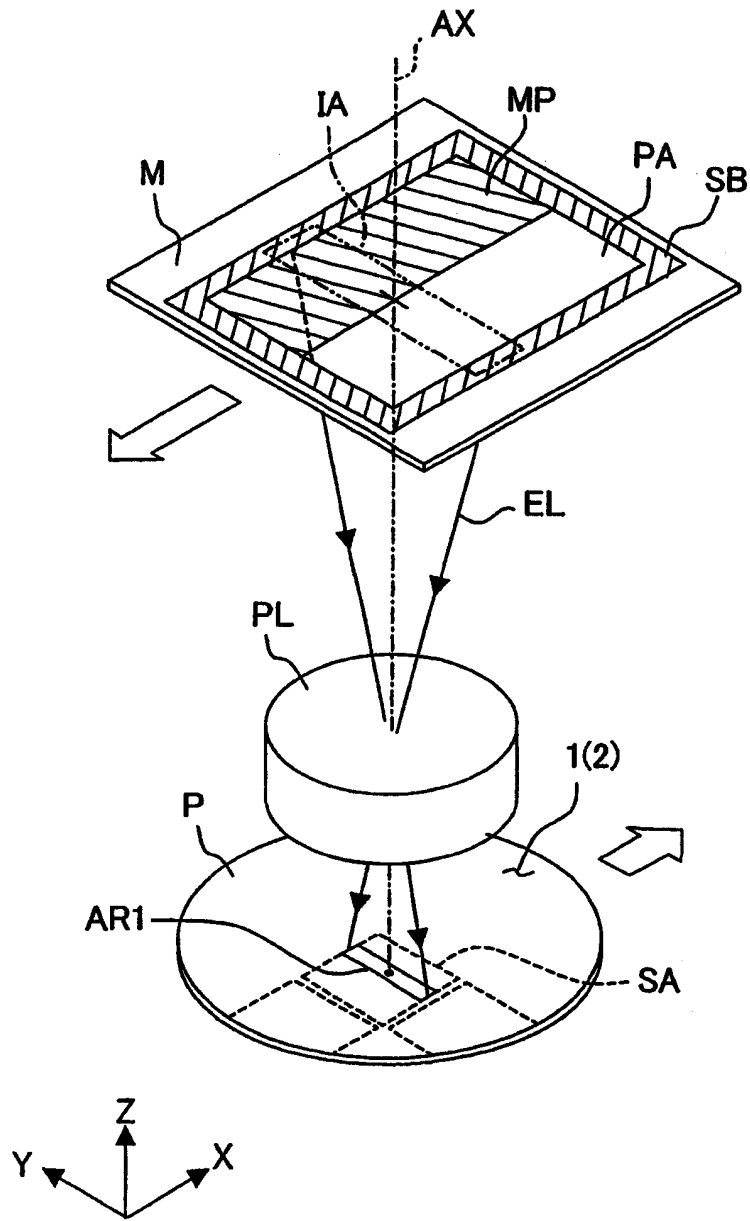


图7

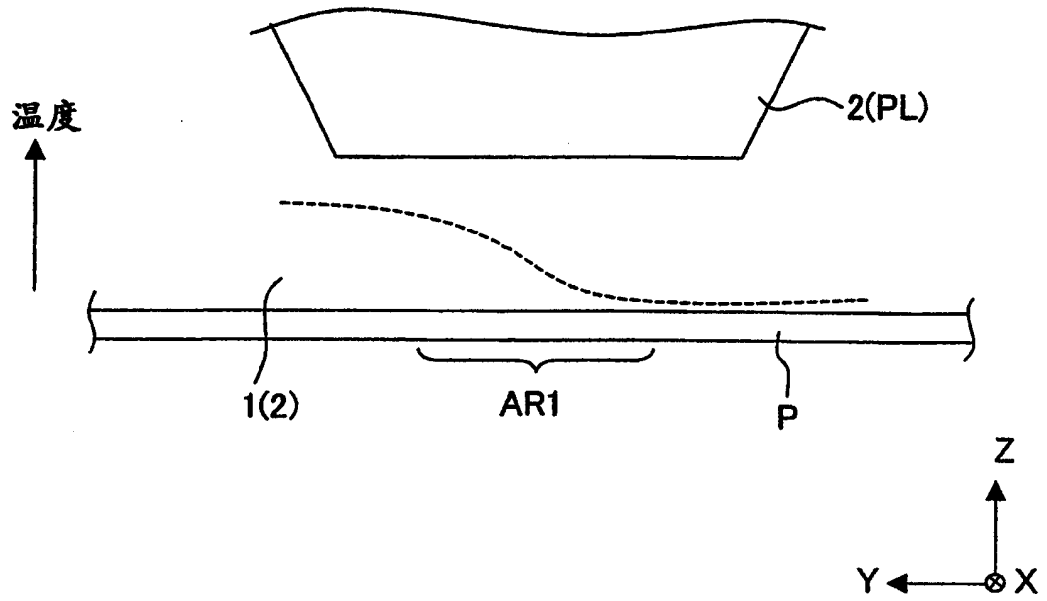


图8

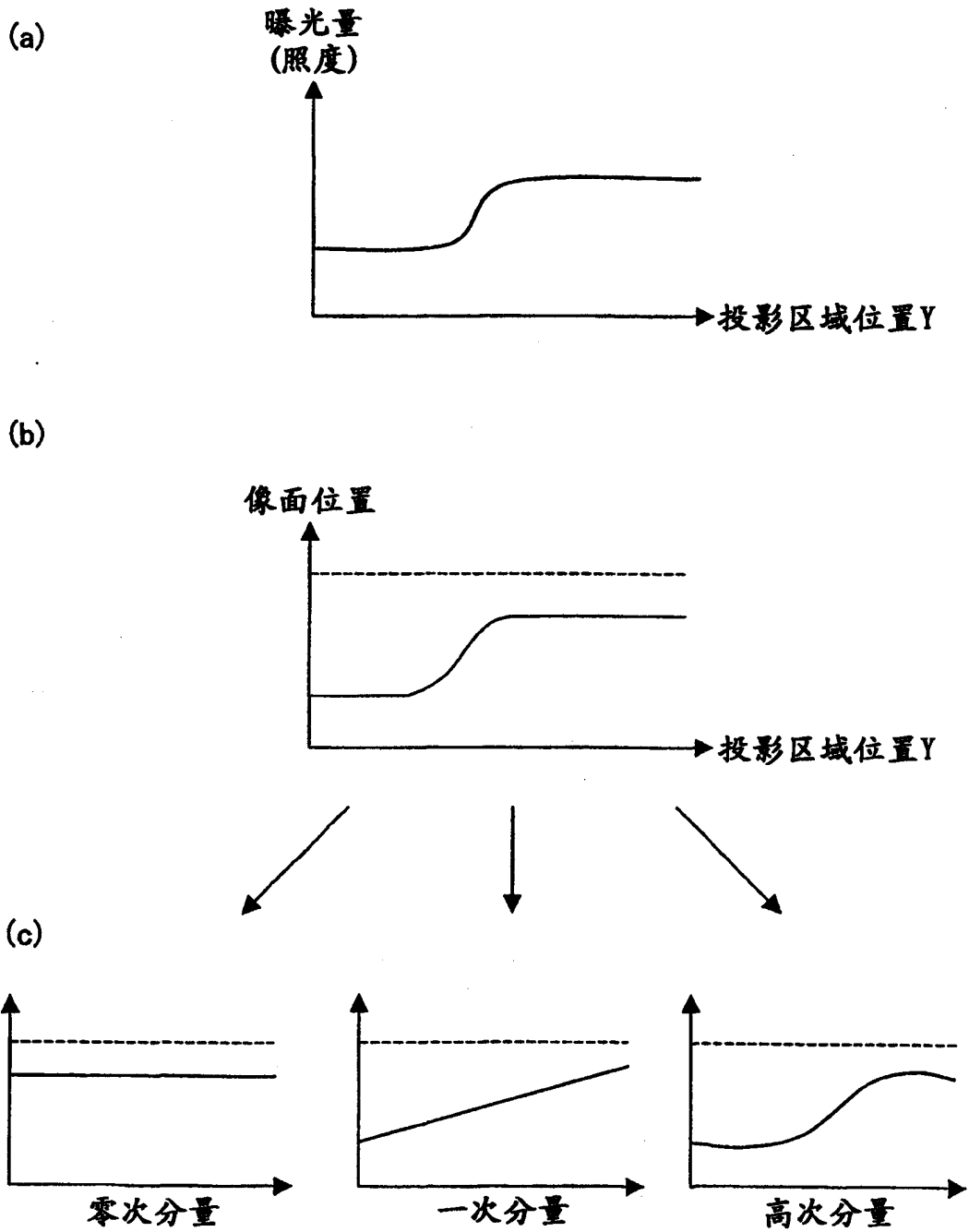


图9

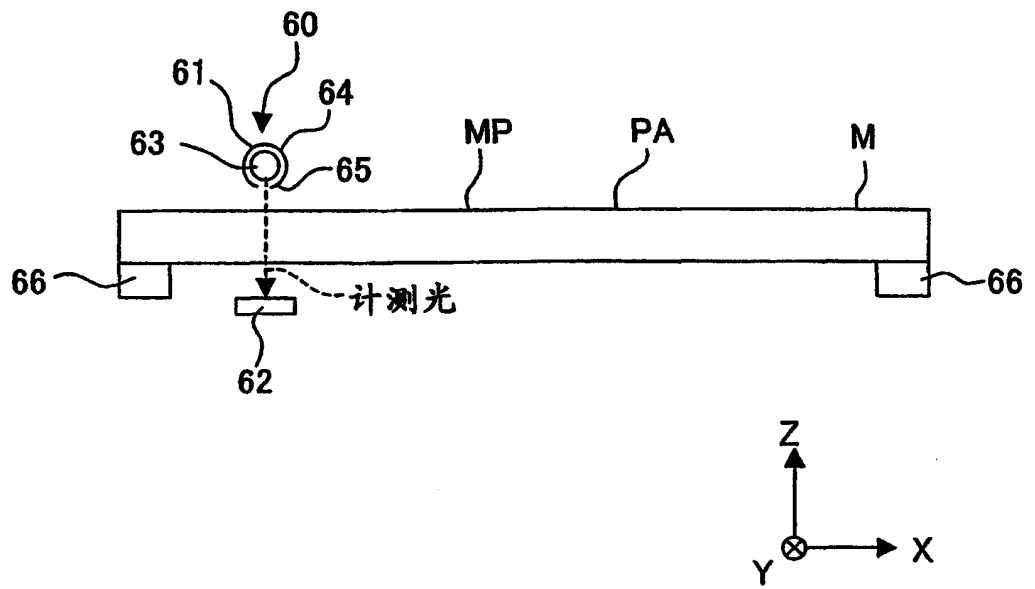


图10

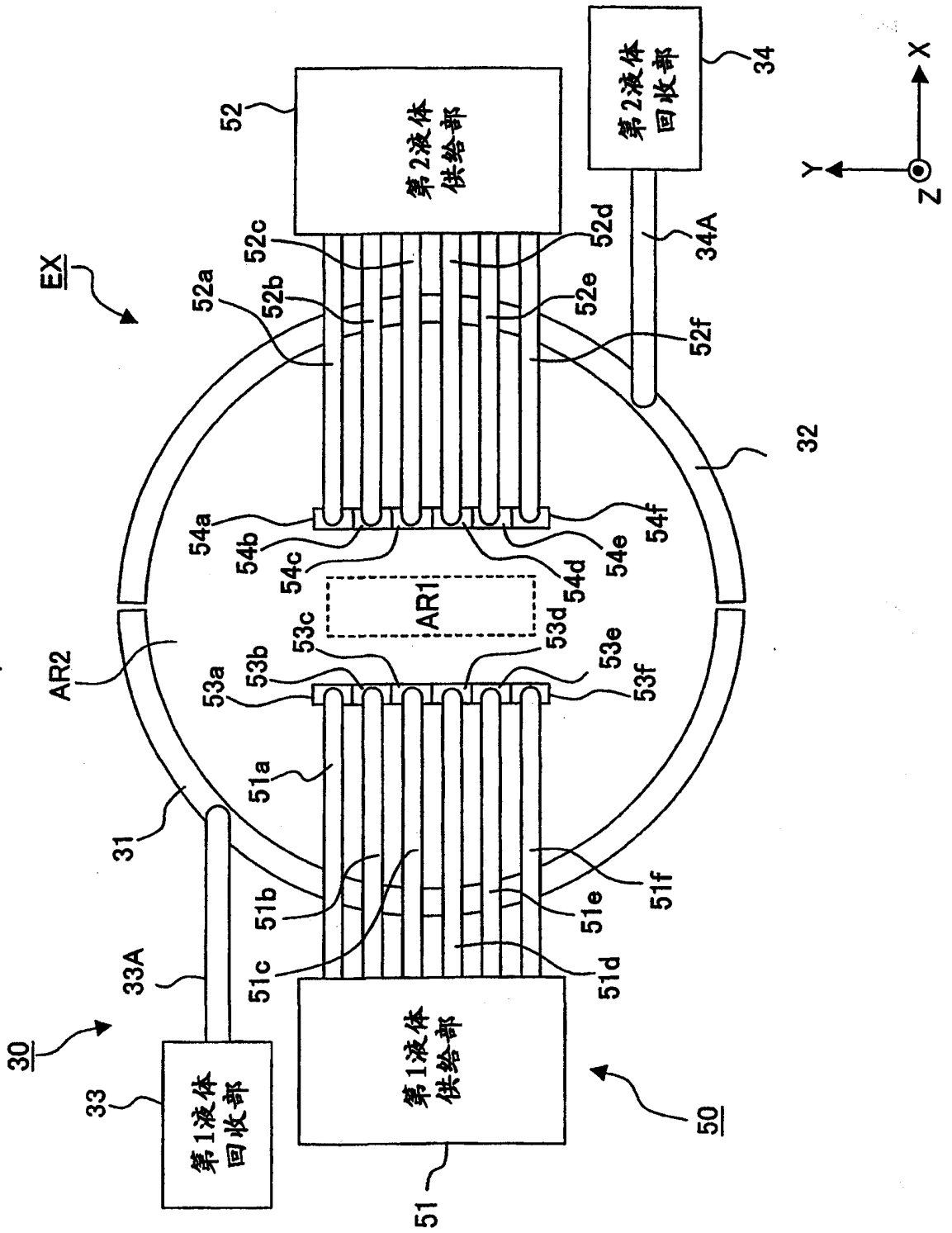


图 11

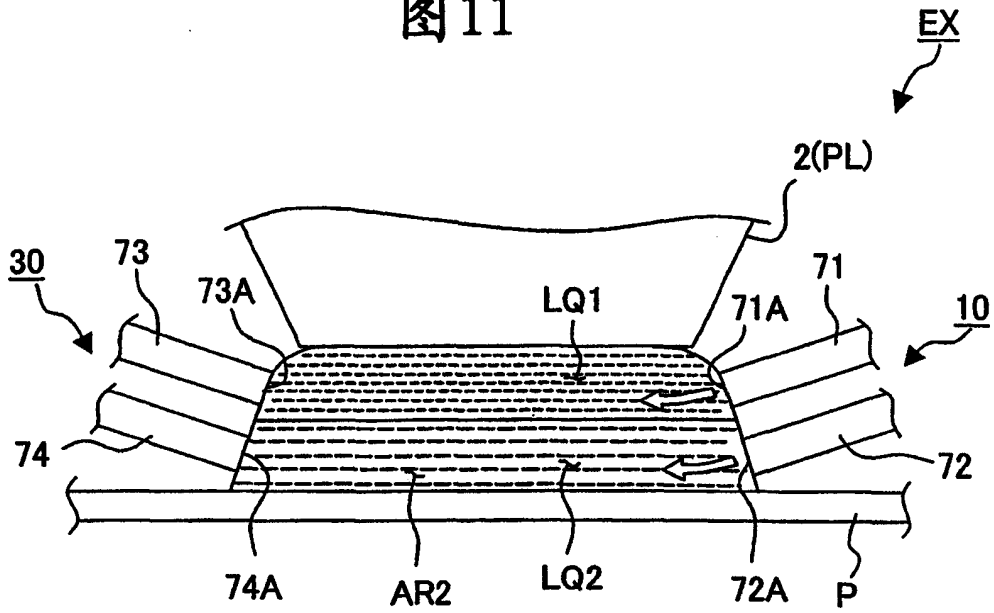


图12

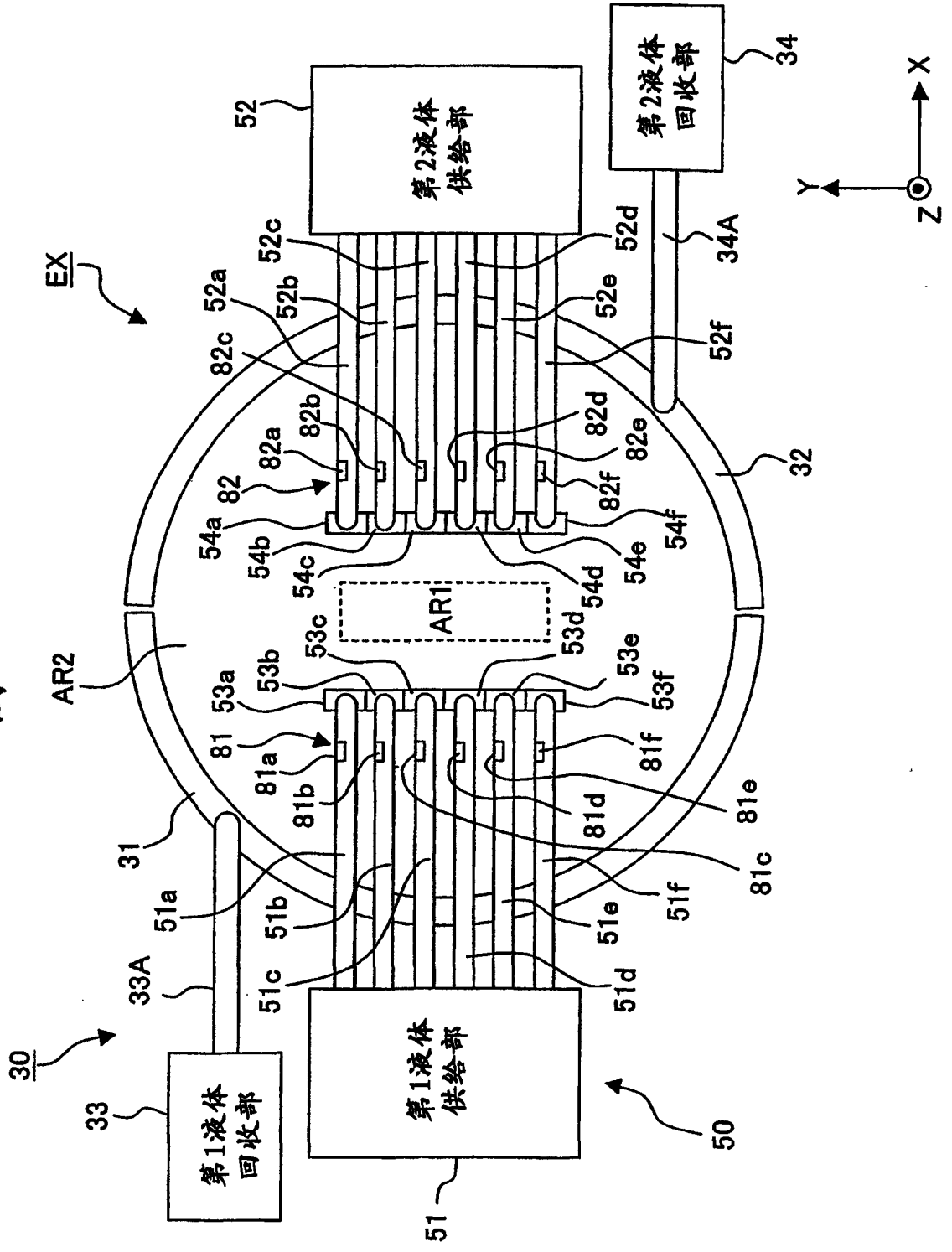


图13

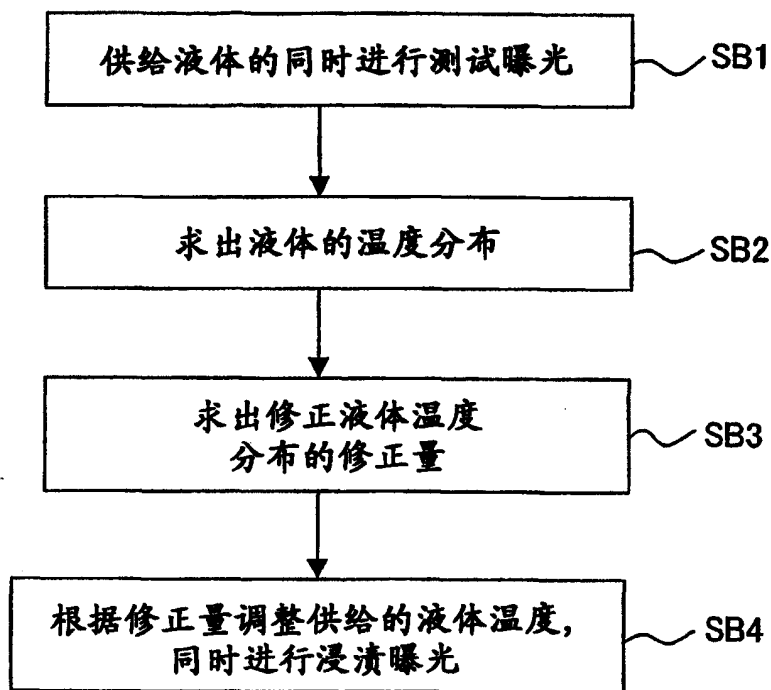


图14

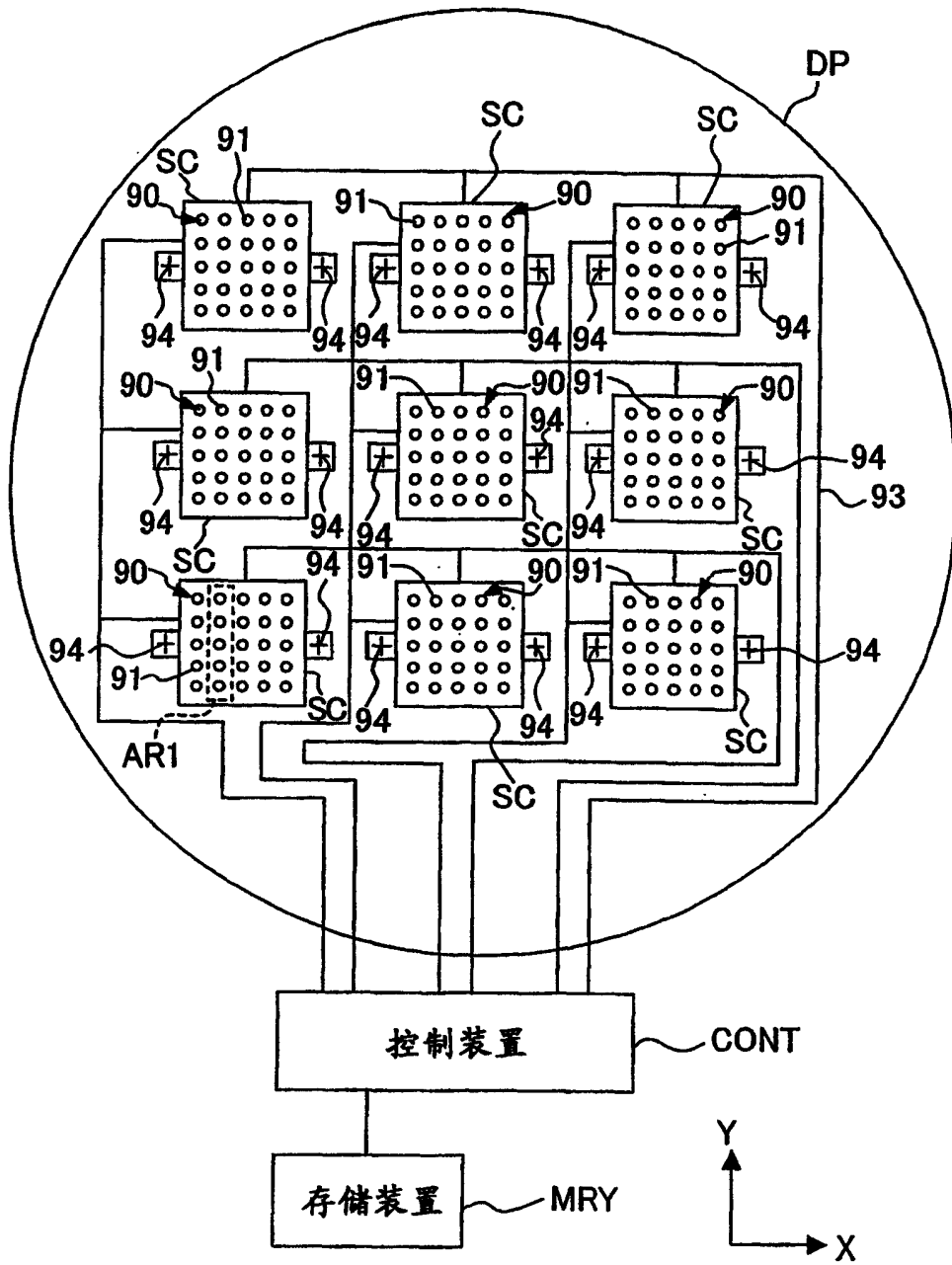


图15

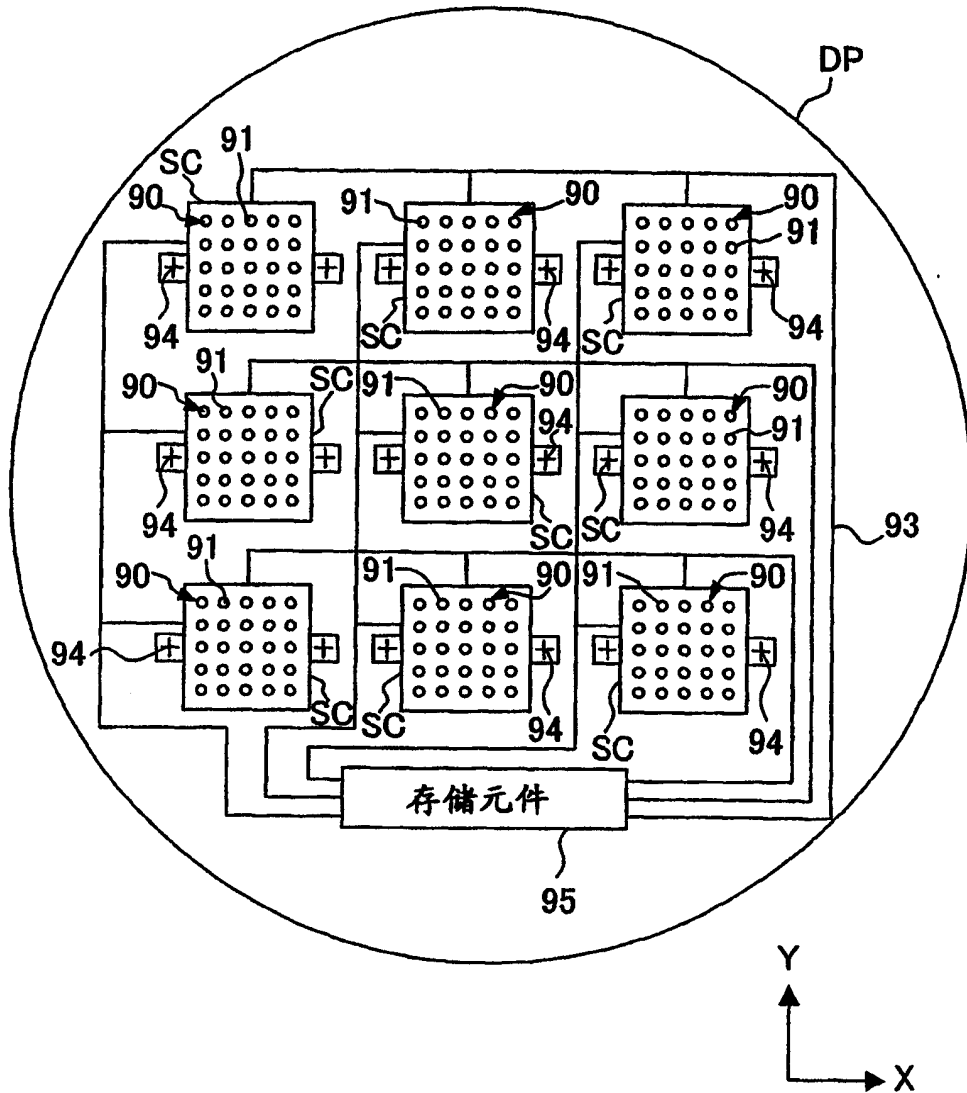


图16

