

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03148266. X

[51] Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)

G02B 13/22 (2006.01)

G03F 7/26 (2006.01)

G02F 1/13 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1322373C

[22] 申请日 2003.7.1 [21] 申请号 03148266. X

[30] 优先权

[32] 2002. 7. 4 [33] JP [31] 2002 - 196212

[32] 2003. 1. 10 [33] JP [31] 2003 - 003869

[73] 专利权人 尼康株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 重松幸二 藤岛洋平 大村泰弘

石山敏朗

[56] 参考文献

CN1353317A 2002.6.12

US6333781B1 2001.12.25

WO02/31870A1 2002.4.18

WO00/33138A1 2000.6.8

EP1139138A1 2001.10.4

审查员 黄金龙

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 王学强

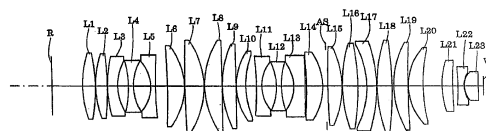
权利要求书 5 页 说明书 56 页 附图 20 页

[54] 发明名称

投影光学系统、曝光装置以及组件制造方法

[57] 摘要

提供一种投影光学系统，它是在两侧大致为远心，一面确保足够大的数值孔径及足够宽广的成像区域，一面使包括失真的诸像差被良好地修正，简洁而高性能的，是一种将第一物体(R)的图案像形成在第二物体(W)上的投影光学系统，投影光学系统由具有 1.6 以下的折射率的光学材料而形成，在第一物体侧及上述第二物体侧两处为实质上的远心，而且，当设光的波长为 λ ，第一物体与第二物体的距离为 L，第二物体侧的数值孔径为 NA，在第二物体上的最大像高为 Y_0 时，满足 $(\lambda \times L)/(NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$ 的条件。



1. 一种投影光学系统, 将第一物体的图案像形成于第二物体上, 包含配置于上述第一物体和上述第二物体之间的光程中的光学材料以及在上述第一物体侧及上述第二物体侧两处为实质远心性, 该投影光学系统的特征为:

上述光学材料具有 1.6 以下的折射率, 其中当设上述投影光学系统所用的光的波长为 λ , 上述第一物体与上述第二物体的距离为 L , 上述第二物体侧的数值孔径为 NA , 在上述第二物体上的最大像高为 Y_0 时, 满足下列条件:

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$$

2. 如权利要求 1 所述的投影光学系统, 其特征是:

当上述投影光学系统的出射光瞳与上述第二物体的距离为 E , 上述第一物体和上述第二物体的距离为 L 时, 满足下列条件:

$$E / L > 1.2$$

3. 如权利要求 2 所述的投影光学系统, 其特征是:

构成上述投影光学系统的所有的光学部件都是由单一种类的光学材料形成。

4. 如权利要求 3 所述的投影光学系统, 其特征是:

至少一个的光学面形成有非球面形状。

5. 如权利要求 4 所述的投影光学系统, 其特征是:

从上述第一物体侧开始依次具备带有正折射力的第一透镜群、带有负折射力的第二透镜群、带有正折射力的第三透镜群。

6. 如权利要求 5 所述的投影光学系统，其特征是：

当在上述第一物体上的最大物体高为 H_0 时，

构成上述第一透镜群的光学面的总数的 80% 以上的数目的光学面具有大于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径；

构成上述第二透镜群的光学面的总数的 80% 以上的数目的光学面具有小于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径；

构成上述第三透镜群的光学面的总数的 70% 以上的数目的光学面具有大于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径。

7. 如权利要求 6 所述的投影光学系统，其特征是：

上述第一透镜群在属于上述投影光学系统的透镜群中配置于最靠近上述第一物体侧；

上述第三透镜群在属于上述投影光学系统的透镜群中配置于最靠近上述第二物体侧。

8. 如权利要求 1 所述的投影光学系统，其特征是：

构成上述投影光学系统的所有的光学部件都是由单一种类的光学材料形成。

9. 如权利要求 1 所述的投影光学系统，其特征是：

至少 1 个光学面形成有非球面形状。

10. 如权利要求 1 所述的投影光学系统，其特征是：

从上述第一物体侧开始依次具备带有正折射力的第一透镜群、带有负折射力的第二透镜群、带有正折射力的第三透镜群。

11. 如权利要求 10 所述的投影光学系统，其特征是：

当在上述第一物体上的最大物体高为 H_0 时，

构成上述第一透镜群的光学面的总数的 80% 以上的数目的光学面具有大于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径；

构成上述第二透镜群的光学面的总数的 80% 以上的数目的光学面具有小于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径；

构成上述第三透镜群的光学面的总数的 70% 以上的数目的光学面具有大于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径。

12. 如权利要求 11 所述的投影光学系统，其特征是：

上述第一透镜群在属于上述投影光学系统的透镜群中配置于最靠近上述第一物体侧；

上述第三透镜群在属于上述投影光学系统的透镜群中配置于最靠近上述第二物体侧。

13. 一种投影光学系统，将第一物体的图案像形成于第二物体之上，包含配置于上述第一物体和上述第二物体之间的光程中的光学材料以及在上述第一物体侧与上述第二物体侧两处为实质远心性，该投影光学系统的特征是：

至少 1 个光学面形成有非球面形状，其中当上述投影光学系统所用的光的波长为 λ ，上述第一物体与上述第二物体的距离为 L ，上

述第二物体侧的数值孔径为 NA，上述第二物体上的最大像高为 Y。

时，满足下列条件：

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$$

$$\lambda < 200\text{nm}$$

14. 如权利要求 13 所述的投影光学系统，其特征是：

将上述第一物体的缩小像形成于上述第二物体上。

15. 一种曝光装置，其特征是包括：

照明系统，照明上述第一物体；

投影光学系统，用于将形成于上述第一物体的图案像形成在上述第二物体上，为权利要求 1 乃至权利要求 14 的任一项所述投影光学系统。

16. 如权利要求 15 所述的曝光装置，其特征是：

上述曝光装置是在横过上述投影光学系统的光轴的方向，使上述第一物体和上述第二物体在相对静止的状态下进行曝光。

17. 一种组件制造方法，其特征是包括：

照明工程，照明上述第一物体；

曝光工程，通过权利要求 1~14 任意一项所述的投影光学系统，将被上述照明工程所照明的上述第一物体的图案，曝光到上述第二物体上；以及

显像工程，将上述曝光工程所曝光的上述第二物体进行显像。

18. 如权利要求 17 所述的组件制造方法，其特征是：

在上述曝光工程中，在横过上述投影光学系统的光轴的方向，使上述第一物体和上述第二物体为相对静止的状态下进行曝光。

19. 一种将光罩上的图案在感旋光性基板上投影曝光的曝光方法，包括：

照明工程，利用照明系统照明上述光罩；

投影工程，利用权利要求 1 乃至权利要求 14 的任意一项所述的投影光学系统，将上述光罩上的上述图案的缩小像形成于上述感旋光性基板上。

20. 如权利要求 19 所述的曝光方法，其特征是：

在上述曝光工程中，在横过上述投影光学系统的光轴的方向，使上述第一物体和上述第二物体为相对静止的状态下进行曝光。

投影光学系统、曝光装置以及组件制造方法

技术领域

本发明关于一种投影光学系统、曝光装置及组件制造方法。特别是有关一种投影光学系统，其适用于以微影制程来制造半导体组件和液晶显示组件等微型组件时所使用的曝光装置。

背景技术

在制造半导体组件等时，曝光装置被用来将做为光罩的十字标记的图案像通过投影光学系统，转印至涂敷光阻的晶片（或玻璃板等）上。在这种曝光装置中，随着半导体集成电路等的图案微细化的发展，对投影光学系统的分辨率要求也随着分辨率提高。为了提高投影光学系统的分辨率，使曝光光的波长更短，或使数值孔径更大。

近年，关于曝光光，已从水银灯的 g 线（436nm）和 i 线（365nm）转向更短波长的 KrF 准分子雷射光（248nm）和 ArF 准分子雷射光（193nm）。但是，当为了使投影光学系统的分辨率提高而谋求曝光光的短波长化时，具有可用于构成投影光学系统的光学构件的所定透过率的光学材料的种类受到了限制，使投影光学系统的设计变得困难。具体地说，在使用 KrF 准分子雷射光和 ArF 准分子雷射光的投影光学系统中，实质上可使用的光学材料被限定为石英和萤石等。

而且，在投影光学系统中，在提高分辨率的同时，对图像歪曲的

要求也愈发严格。这里所说的图像歪曲不只是起因于投影光学系统的失真（歪曲像差）的图像歪斜，还包括起因于设定在投影光学系统的像面上、晒印有光罩十字标记图案的晶片的弯曲等的图像歪斜，和起因于设定在投影光学系统的物体面上、描绘有电路图案等的光罩十字标记的弯曲的图像歪斜。

如上所述，在原有技术中，伴随转印技术的微细化，对降低图像歪斜的要求也更加严格。有鉴于此，为了减少晶片的弯曲对图像歪曲的影响，提出一种使投影光学系统的出射光瞳远离像面配置，即所谓在像侧的远心投影光学系统。而且，为了减轻起因于光罩十字标记的弯曲的图像歪曲，还提出一种使投影光学系统的入射光瞳距物体面较远配置的方案。

但是，在原有技术中虽然关于具有高分辨率的投影光学系统形成有种种提案，不过并不能确保足够宽大的实际曝光区域（image field：成像区域）。所以，就不能一面使光罩十字标记和晶片对投影光学系统相对移动一面在晶片的各曝光区域将光罩十字标记图案扫描曝光，即进行所谓的步进扫描方式的投影曝光，实现足够高的生产量。这样，为了实现高生产量，要求在晶片上确保更宽广的成像区域，即大区域化。

而且，如上所述，当为了提高分辨率而谋求曝光光的短波长化时，构成投影光学系统的光学材料的透过率低下成为问题，为了确保高透过率而使可用的光学材料的种类也受到限制。另外，透过率的低下不只是引起光量损失，借由损失光的一部分由光学部件被吸收，所吸收

的光转换为热而招致光学构件的折射率的变化和光学面（透镜面）的变形，所以结果成为使投影光学系统的成像性能低下之要因。

为了谋求大区域化及高分辨率化，需要有像差的修正，但是使用受限的种类的光学材料在宽大的曝光区域的整个范围内修正像差，是极其困难的。

发明内容

鉴于上述课题，本发明的目的就是提供一种投影光学系统，其在两侧大致为远心，一面确保足够大的数值孔径及足够宽广的成像区域，一面使包括失真的诸像差被良好地修正，简洁而高性能。

而且，本发明的目的是提供一种使用简洁而高性能的投影光学系统，能够以高生产量及高分辨率进行良好的投影曝光的曝光装置。另外，本发明的目的是提供一种可使用能够以高生产量及高分辨率进行良好的投影曝光的曝光装置，制造良好的微型组件的组件制造方法。

为了解决上述课题，本发明的第一形态提供一种投影光学系统，用以将第一物体的图案像形成于第二物体上。投影光学系统的特征在上述投影光学系统由折射率在 1.6 以下的光学材料所形成，并且在上述第一物体侧及上述第二物体侧两处为实质上的远心。当光的波长为 λ ，上述第一物体与上述第二物体的距离为 L ，上述第二物体侧的数值孔径为 NA ，在上述第二物体上的最大像高为 Y_0 时，满足下列的条件：

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$$

如借由第一形态的较佳样式，当上述投影光学系统的出射光瞳与

上述第二物体的距离为 E ，上述第一物体与上述第二物体的距离为 L 时，满足 $E/L > 1.2$ 的条件。而且，构成上述投影光学系统的所有的光学构件由单一种类的光学材料而形成为佳。另外，至少使一个光学面形成有非球面形状为佳。

本发明的第二形态提供一种投影光学系统，用以将第一物体的图案像形成于第二物体上。此投影光学系统的特征在于上述投影光学系统由折射率在 1.6 以下的光学材料所形成，并且在上述第一物体侧及上述第二物体侧两处为实质上的远心。其次，至少一个光学面形成有非球面形状。当光波长为 λ ，上述第一物体与上述第二物体的距离为 L ，上述第二物体侧的数值孔径为 NA ，在上述第二物体上的最大像高为 Y_0 时，满足下列条件：

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$$

$$\lambda < 200 \text{ nm}$$

本发明的第三形态提供一种投影光学系统，从第一物体侧开始依次具备带有正折射力的第一透镜群、带有负折射力的第二透镜群、带有正折射力的第三透镜群，用以将第一物体的图案像形成于第二物体上。此投影光学系统的特征在于当在上述第二物体上的最大像高为 Y_0 ，上述第一物体与上述第二物体的距离为 L 时，满足下列条件：

$$0.014 < Y_0 / L < 0.030$$

如借由第三形态的较佳样式，当在上述第一物体上的最大物体高为 H_0 时，构成上述第一透镜群的光学面的总数的 80% 以上的数目的光学面具有大于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径，构成上述

第二透镜群的光学面的总数的 80%以上的数目的光学面具有小于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径, 构成上述第三透镜群的光学面的总数的 70%以上的数目的光学面具有大于上述最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径。而且, 上述第一透镜群在属于上述投影光学系统的透镜群中配置于最靠近上述第一物体侧, 上述第三透镜群在属于上述投影光学系统的透镜群中配置于最靠近上述第二物体侧为佳。

本发明的第四形态提供一种曝光装置, 其特征是具备照明系统, 用于照明作为上述第一物体的光罩; 以及第一形态至第三形态的投影光学系统, 用以将形成于上述光罩的图案像形成于作为上述第二物体的感旋光性基板上。此时, 在横过上述投影光学系统的光轴方向, 使上述光罩和上述感旋光性基板为相对静止状态下进行曝光为佳。

本发明的第五形态提供一种组件制造方法, 其特征是包括照明工程, 用以照明做为上述第一物体的光罩; 曝光工程, 将被上述照明工程照明的上述光罩的图案曝光到做为上述第二物体的感旋光性基板上; 以及显像工程, 将被上述曝光工程曝光的上述感旋光性基板显像。此时, 在上述曝光工程中, 在横过上述投影光学系统的光轴方向, 使上述光罩和上述感旋光性基板在相对静止的状态下进行曝光为佳。

本发明的第六形态提供一种将光罩上的图案在感旋光性基板上投影曝光的曝光装置, 其特征是具备照明系统, 用于照明上述光罩; 投影光学系统, 用以将上述光罩上的上述图案的缩小图像形成在上述感旋光性基板上。上述投影光学系统由具有 1.6 以下的折射率的光

学材料而形成,且在上述光罩侧及上述感旋光性基板侧两处为实质上的远心。当来自上述照明系统的光波长为 λ , 上述光罩与上述光罩的像的距离为 L , 上述感旋光性基板侧的数值孔径为 NA , 在上述感旋光性基板上的最大像高为 Y_0 时, 满足下列条件:

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$$

本发明的第七形态提供一种将光罩上的图案在感旋光性基板上投影曝光的曝光方法,其特征是具备照明工程,使用照明系统照明上述光罩;投影工程,使用投影光学系统将上述光罩上的上述图案的缩小图像形成在上述感旋光性基板上。上述投影光学系统由具有 1.6 以下的折射率的光学材料而形成,且在上述光罩侧及上述感旋光性基板侧两处为实质上的远心。当来自上述照明系统的光波长为 λ , 上述光罩与上述光罩的像的距离为 L , 上述感旋光性基板侧的数值孔径为 NA , 在上述感旋光性基板上的最大像高为 Y_0 时, 满足下列条件:

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$$

本发明的第八形态提供一种将光罩上的图案在感旋光性基板上投影曝光的曝光装置,其特征是具备照明系统,用以照明上述光罩;投影光学系统,用以将上述光罩上的上述图案的缩小图像形成在上述感旋光性基板上。上述投影光学系统由具有 1.6 以下的折射率的光学材料而形成,并且在上述光罩侧及上述感旋光性基板侧两处为实质上的远心。至少一个光学面形成有非球面形状。当来自上述照明系统的光的波长为 λ , 上述光罩与上述光罩的像的距离为 L , 上述感

旋光性基板侧的数值孔径为 NA ，在上述感旋光性基板上的最大像高为 Y_0 时，满足下列条件：

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$$

$$\lambda < 200 \text{ nm}$$

本发明的第九形态提供一种将光罩上的图案在感旋光性基板上投影曝光的曝光方法，其特征是具备照明工程，使用照明系统照明上述光罩；投影工程，使用投影光学系统将上述光罩上的上述图案的缩小图像形成在上述感旋光性基板上。上述投影光学系统由具有 1.6 以下的折射率的光学材料而形成，并且在上述光罩侧及上述感旋光性基板侧两处为实质上的远心。至少一个光学面形成有非球面形状。当来自上述照明系统的光波长为 λ ，上述光罩与上述光罩的像的距离为 L ，上述感旋光性基板侧的数值孔径为 NA ，在上述感旋光性基板上的最大像高为 Y_0 时，满足下列条件：

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$$

$$\lambda < 200 \text{ nm}$$

本发明的第十形态提供一种将光罩上的图案在感旋光性基板上投影曝光的曝光装置，其特征是具备照明系统，用以照明被定位于第一面上的上述光罩；投影光学系统，用以将上述光罩上的上述图案的缩小图像形成在被定位于第二面上的上述感旋光性基板上。上述投影光学系统具备正折射力的第一透镜群，配置于上述第一面和上述第二面之间的光程中；负折射力的第二透镜群，配置于上述第一透镜群和上述第二面之间的光程中；以及正折射力的第三透镜群，配置于

上述第二透镜群和上述第二面之间的光程中。当在上述感旋旋光性基板上的最大像高为 Y_0 ，上述光罩和上述感旋旋光性基板的距离为 L 时，满足下列条件：

$$0.014 < Y_0 / L < 0.030$$

本发明的第十一形态提供一种将光罩上的图案在感旋旋光性基板上投影曝光的曝光方法，其特征是具备有在第一面上将上述光罩定位的工程、在第二面上将上述感旋旋光性基板定位的工程、照明上述光罩的工程、用投影光学系统将上述光罩上的上述图案的缩小图像在上述感旋旋光性基板上形成的投影工程。上述投影光学系统具备配置于上述第一面和上述第二面之间的光程中，带有正折射力的第一透镜群、配置于上述第一透镜群和上述第二面之间的光程中，带有负折射力的第二透镜群、配置于上述第二透镜群和上述第二面之间的光程中，带有正折射力的第三透镜群。当设在上述感旋旋光性基板上的最大像高为 Y_0 ，上述光罩和上述感旋旋光性基板的距离为 L 时，满足下列条件：

$$0.014 < Y_0 / L < 0.030$$

附图说明

图 1 所示为具备关于本发明实施形态的投影光学系统的曝光装置的概略构成。

图 2 所示为关于第一实施例的投影光学系统的透镜构成。

图 3 所示为第一实施例中的球面像差、彗散差及歪曲像差。

图 4 所示为第一实施例中的横像差。

图 5 所示为关于第二实施例的投影光学系统的透镜构成。

图 6 所示为第一实施例中的球面像差、象散差及歪曲像差。

图 7 所示为第二实施例中的横像差。

图 8 所示为关于第三实施例的投影光学系统的透镜构成。

图 9 所示为第三实施例中的球面像差、象散差及歪曲像差。

图 10 所示为第三实施例中的横像差。

图 11 所示为关于第四实施例的投影光学系统的透镜构成。

图 12 所示为第四实施例中的球面像差、象散差及歪曲像差。

图 13 所示为第四实施例中的横像差。

图 14 所示为关于第五实施例的投影光学系统的透镜构成。

图 15 所示为第五实施例中的球面像差、象散差及歪曲像差。

图 16 所示为第五实施例中的横像差。

图 17 所示为关于第六实施例的投影光学系统的透镜构成。

图 18 所示为第六实施例中的横像差。

图 19 为得到作为微型组件的半导体组件时的手法的流程图。

图 20 为得到作为微型组件的液晶显示组件时的手法的流程图。

符号说明

AS

孔径光圈

AX

光轴

LS	光源
IL	照明光学系统
R	光罩十字标记
RH	光罩十字标记支持器
RIF、WIF	干涉仪
RM	光罩十字标记移动镜
RS	光罩十字标记载物台
PL	投影光学系统
W	晶片
WM	晶片移动镜
WT	晶片台
WS	晶片载物台
Li	透镜成分

具体实施方式

本发明的投影光学系统由具有折射率 1.6 以下的光学材料，即具有较低折射率的光学材料而形成，所以即使对短波长的光也可确保高透过率。而且，本发明的投影光学系统以做为对物体侧（第一物体侧）及像侧（第二物体侧）的大致远心光学系统而构成，所以可将第一物体侧的对图像歪曲的影响（在适用于曝光装置的场合，起因于十字标记光罩十字标记弯曲等的图像歪曲）和第二物体侧的对图像歪曲的影响（在适用于曝光装置的场合，起因于晶片弯曲等的图像歪曲）抑制

在较低水平。

本发明的投影光学系统满足以下的条件式(1)。在条件式(1)中, λ 为光的波长, L 为第一物体和第二物体的距离。NA为第二物体侧的数值孔径, Y_0 为第二物体上的最大像高。

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3} \quad (1)$$

借由满足条件式(1),可一面确保高分辨率和宽广的成像区域(像差被修正成所要状态的成像面上的区域:在适用于曝光装置的场合为宽广曝光区域)一面实现简洁而高性能的投影光学系统,并借由装配于曝光装置可实现生产量高的投影曝光。另一方面,当在条件式(1)的上限值以上时,会使分辨率和成像区域不足,或成为实现困难的巨大的光学系统。另外,为了更加良好地发挥本发明的效果,将条件式(1)的上限值设定为 1.3×10^{-3} 为佳。

而且,在本发明的投影光学系统中,要求满足以下的条件式(2)。在条件式(2)中, E 为投影光学系统的出射光瞳和第二物体的距离。

$$E / L > 1.2 \quad (2)$$

条件式(2)是规定简洁性及第二物体侧的远心光学系统之条件式。这里,第二物体侧的远心光学系统,在装配于曝光装置的场合,较第一物体侧(光罩十字标记侧)的远心光学系统要重要。借由满足条件式(2),可一面为简洁的光学系统一面实质性地抑制第二物体侧的对图像歪曲的影响(在适用于曝光装置的场合,起因于晶片弯曲等的图像歪曲)。另一方面,当在条件式(2)的下限值以下时,会使第二物体侧的对图像歪曲的影响变大,或变成实现困难的巨大的光学系

统，所以不佳。

而且，在本发明的投影光学系统中，所有的光学部件由单一种类的光学材料而形成为佳。借由该构成，可降低光学部件的制造成本和关于制造的负荷。在所有的光学部件由单一种类的光学材料而形成的投影光学系统中，如日本专利公开平 7-220988 号公报所揭露的，在投影光学系统的环境的气压变动之际，借由使光的波长移位（变化）可修正由气压变化所造成的环境折射率变化，进而修正气压变化所造成成像差变动。特别是如日本专利公开平 11-352012 号公报和日本专利公开 2000-76493 号公报所揭露的，该技术在设置装置的场所为高地的场合等、调整时和使用时的环境不同时，具有借由单独使波长移位而能够修正像差变动的效果。

另外，在本发明的投影光学系统中，使至少一个光学面形成有非球面形状为佳。这样，借由在光学系统中导入非球面，可在宽广的成像区域（在曝光装置的场合为曝光区域）的整个范围实现良好的像差修正。

如上所述，本发明在两侧大致为远心，可一面确保足够大的数值孔径及足够宽广的成像区域，一面实现使含有失真的诸像差被良好地修正、简洁而高性能的投影光学系统。因此，在装配本发明的投影光学系统的曝光装置中，能够以高生产量及高分辨率进行良好的投影曝光，进而能够以高生产量及高分辨率制造良好的微型组件。

将本发明的实施形态，基于附加图标进行说明。

图 1 所示为具备关于本发明的实施形态的投影光学系统的曝光

装置的概略构成。另外，在图 1 中，设定与投影光学系统 PL 的光轴 AX 平行的 Z 轴，在垂直光轴 AX 的面内与图 1 的纸面平行的 Y 轴，在垂直光轴 AX 的面内与图 1 的纸面垂直的 X 轴。

图 1 所示的曝光装置，作为用于供给照明光的光源 LS，具备有例如 KrF 准分子雷射光源（波长 248.4nm）、ArF 准分子雷射光源（193.3nm）。从光源 LS 射出的光，通过照明光学系统 IL，照明作为形成有所定的图案的投影原版的光罩十字标记（光罩）R。照明光学系统 IL 由用于使曝光光的照度分布均匀化的复眼透镜、照明孔径光圈、可变视野光圈（光罩十字标记遮帘）、聚光镜系统等构成。

光罩十字标记 R 通过光罩十字标记支撑器 RH，在光罩十字标记载物台 RS 上与 XY 平面保持平行。光罩十字标记载物台 RS 借由省略图标的作用，可沿光罩十字标记面（即 XY 平面）作二维移动，其坐标位置借由利用光罩十字标记移动镜 RM 的干涉仪 RIF 被计测且控制位置而构成。来自形成于光罩十字标记 R 的图案的光，通过投影光学系统 PL，在涂敷有光阻的晶片上（感旋光性基板）形成光罩十字标记图案像。

投影光学系统 PL 具有配置于其光瞳位置的附近的可变的孔径光圈 AS（在图 1 中不图标），在光罩十字标记 R 侧及晶片 W 侧两处构成有实质性的远心。然后，在投影光学系统 PL 的光瞳位置形成在照明光学系统的照明瞳面的二次光源的像，借由通过投影光学系统 PL 的光而使晶片 W 被柯拉(Koehler)照明。晶片 W 通过晶片台（晶片支持器）WT，在晶片载物台 WS 上与 XY 平面保持平行。

晶片载物台 WS 借由省略图标之驱动系统的作用，可沿晶片面（即 XY 平面）作二维移动，其坐标位置借由利用晶片移动镜 WM 的干涉仪 WIF 被计测且控制位置而构成。这样，在本实施形态中，借由在投影光学系统 PL 的光轴 AX 的直交的平面内，一面二维驱动控制晶片 W 一面对各曝光区域反复进行将光罩十字标记 R 的图案统一曝光的动作，即借由步进重复方式，而在晶片 W 的各曝光区域使光罩十字标记 R 的图案被逐次曝光。

以下，基于具体的数值例，说明本实施形态的投影光学系统 PL 的各实施例。在第一实施例至第四实施例中，构成投影光学系统 PL 的所有的透镜成分由石英形成。在第五实施例中，构成投影光学系统 PL 的透镜成分由石英或萤石 (CaF_2) 形成。在第六实施例中，构成投影光学系统 PL 的所有的透镜成分由萤石形成。在第一实施例至第三实施例中，由作为光源 LS 的 KrF 准分子雷射光源所供给的雷射光的中心波长为 248.4nm，对该中心波长的石英玻璃的折射率为 1.50839。在第四实施例及第五实施例中，由作为光源 LS 的 ArF 准分子雷射光源所供给的雷射光的中心波长为 193.3nm，对该中心波长的石英玻璃的折射率为 1.560326，萤石的折射率为 1.501455。在第六实施例中，由作为光源 LS 的 F_2 激光光源所供给的激光光的中心波长为 157.6nm，对该中心波长的萤石的折射率为 1.559307。

而且，在各实施例中，非球面当设垂直光轴的方向的高度为 y ，从位于非球面的顶点的切平面到位于高度 y 的非球面上的位置的沿光轴的距离（下垂量）为 z ，顶点曲率半径为 r ，圆锥系数为 κ ， n

次的非球面系数为 C_n 时,由以下的数式(a)来表示。在后述的表(1)~(6)中,在形成为非球面形状的透镜面的面号码的右侧标有*的标记。

[数 1]

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + \kappa) \cdot y^2 / r^2\}^{1/2}] + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + \dots \quad (a)$$

[第 1 实施例]

图 2 所示为关于第一实施例的投影光学系统的透镜构成。参照图 2,第一实施例的投影光学系统 PL 的构成从光罩十字标记侧开始依次为双凸透镜 L1、双凸透镜 L2、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的负凹凸透镜 L3、双凹透镜 L4、双凹透镜 L5、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L6、双凸透镜 L7、将平面朝向晶片侧的平凸透镜 L8、将平面朝向晶片侧的平凸透镜 L9、将非球面形的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L10、双凹透镜 L11、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的双凹透镜 L12、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L13、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L14、孔径光圈 AS、双凸透镜 L15、双凸透镜 L16、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L17、双凸透镜 L18、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L19、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L20、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L21、双凹透镜 L22、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L23。

在以下的表(1)中,列举了关于第一实施例的投影光学系统的

诸元的值。在表（1）的主要诸元中，分别以 λ 表示曝光光的中心波长， β 表示投影倍率，NA表示像侧（晶片侧）数值孔径， Y_0 表示最大像高（成像区域半径）。而且，在表（1）的光学构件诸元中，分别以面号码表示从光罩十字标记侧开始的面的顺序， r 为各面的曲率半径（在非球面的场合为顶点曲率半径：mm）， d 为各面的轴上间隔即面间隔（mm）， n 为对曝光光的中心波长的折射率。上述的表记在以后的表（2）～（6）中也是同样的。

[表 1]
(主要诸元)

$\lambda = 248.4 \text{ nm}$
 $\beta = -1 / 4$
 $NA = 0.63$
 $Y_0 = 21.1 \text{ mm}$

(光学部件诸元)

面号码	r (光罩十字标记面)	d	n
		85.356	
1	336.044	37.114	1.50839 (L1)
2	-615.588	1	
3	316.94	33.74	1.50839 (L2)
4	-989.58	1	
5	359.629	30.296	1.50839 (L3)

6*	159.197	30.838	
7	83.6739	21.7064	1.50839 (L4)
8	-156.559	49.488	
9	-124.689	15	1.50839 (L5)
10	1160.675	36.007	
11	-2954.927	51.128	1.50839 (L6)
12	-209.121	1	
13	2955.769	55.617	1.50839 (L7)
14	-271.245	1.906	
15	274.463	51.753	1.50839 (L8)
16	∞	1	
17	324.91	40.148	1.50839 (L9)
18	∞	1	
19	195.148	28.434	1.50839 (L10)
20*	274.486	31.28	
21	-989.419	15	1.50839 (L11)
22	117.522	43.78	
23	-183.081	15	1.50839 (L12)
24*	257.814	36.097	
25	-136.607	33.693	1.50839 (L13)
26	-3057.785	3.802	
27	-1540.038	47.077	1.50839 (L14)

28	-207.905	10.539	
29	∞	4.66	(AS)
30*	2195.041	42.729	1.50839 (L15)
31	-290.604	1	
32	488.043	44.596	1.50839 (L16)
33	-776.102	26.234	
34	-290.901	27.5	1.50839 (L17)
35	-487.976	1.919	
36	478.702	42.713	1.50839 (L18)
37	-1180.716	4.283	
38	295.558	41.897	1.50839 (L19)
39	2379.702	1.727	
40	191.779	40.82	1.50839 (L20)
41	501.27	52.63	
42	271.114	29.675	1.50839 (L21)
43*	966.299	14.707	
44	-1253.623	16.248	1.50839 (L22)
45	87.496	1	
46	70.339	39.582	1.50839 (L23)
47	616.178	12.9803	
(晶片面)			

(非球面资料)

6 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = -3.2030 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -1.3280 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -5.4530 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 1.8350 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -4.4290 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = 1.2610 \times 10^{-29}$$

20 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = -7.2400 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = 1.6610 \times 10^{-14}$$

$$C_8 = 2.3820 \times 10^{-18}$$

$$C_{10} = -6.9760 \times 10^{-23}$$

$$C_{12} = 6.6230 \times 10^{-27}$$

24 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = 4.2380 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -2.3110 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -2.6420 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 4.7740 \times 10^{-21}$$

43 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = 3.6730 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 4.4570 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 2.7930 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -3.3130 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 4.1110 \times 10^{-25}$$

(条件式对应值)

$$L = 1249.9933 \text{ mm}$$

$$E = 3220.834 \text{ mm}$$

$$(1) \quad (\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) = 1.107 \times 10^{-3}$$

$$(2) \quad E / L = 2.58$$

图 3 所示为第一实施例的球面像差、象散差及歪曲像差。而且，图 4 所示为第一实施例的横像差。在各像差图中，分别以 NA 表示像侧的数值孔径，Y 表示像高 (mm)。在表示象散差的像差图中，实线表示弧矢像面，虚线表示子午线像面。上述的标记在以后的图 6、图 7、图 9、图 10、图 12、图 13、图 15、图 16 中也都是同样的。由各像差图可知，在第一实施例中，可一面确保 $NA=0.63$ 的大的数值孔径及 $Y_0=21.1\text{mm}$ 的大的最大像高 (进而为大的成像区域)，一面使含有歪曲像差的诸像差被良好地修正。

[第二实施例]

图 5 所示为关于第二实施例的投影光学系统的透镜构成。参照图 5，第二实施例的投影光学系统 PL 的构成从光罩十字标记侧开始依次为双凸透镜 L1、双凸透镜 L2、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的负凹凸透镜 L3、双凹透镜 L4、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的双凹透镜 L5、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L6、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L7、将凹面朝向光罩十字标记侧的正

凹凸透镜 L8、双凸透镜 L9、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L10、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的双凹透镜 L11、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的双凹透镜 L12、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L13、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的 正凹凸透镜 L14、孔径光圈 AS、双凸透镜 L15、双凸透镜 L16、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L17、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L18、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L19、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L20、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L21、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L22、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L23。

在以下的表（2）中，列举了关于第二实施例的投影光学系统的诸元的值。

[表 2]

（主要诸元）

$\lambda = 248.4 \text{ nm}$

$\beta = -1 / 4$

$NA = 0.65$

$Y_0 = 21.1 \text{ mm}$

（光学部件诸元）

面号码	r	d	n
	（光罩十字标记面）		
		85.000	

1	370.169	36.976	1.50839 (L1)
2	-539.027	1	
3	260.614	35.323	1.50839 (L2)
4	-1805.662	1	
5	237.342	21.572	1.50839 (L3)
6*	139.323	31.377	
7	-516.888	17	1.50839 (L4)
8	150	42.425	
9	-147.29	15	1.50839 (L5)
10*	816.066	35.905	
11	-147.082	27	1.50839 (L6)
12	-225.4	1	
13	-41392	53.976	1.50839 (L7)
14	-227.618	1	
15	-8068.53	50.952	1.50839 (L8)
16	-284.185	1	
17	243.06	59.2	1.50839 (L9)
18	-37613.5	1	
19	203.88	49.991	1.50839 (L10)
20	1553.442	32.55	
21	-1036.807	17	1.50839 (L11)
22*	148.605	42.594	

23	—191.614	15	1.50839 (L12)
24*	189.595	41.625	
25	—146.676	18.454	1.50839 (L13)
26	—1600.717	18.651	
27*	—759.531	35.576	1.50839 (L14)
28	—211.058	10.001	
29	∞	7.194	(AS)
30*	2974.88	48.903	1.50839 (L15)
31	—260.354	1	
32	533.226	51.054	1.50839 (L16)
33	—497.281	16.334	
34	—297.478	28	1.50839 (L17)
35	—410.191	6.962	
36	432.489	35.698	1.50839 (L18)
37	5542.28	1	
38	339.32	38.398	1.50839 (L19)
39	2529.767	1.073	
40	205.053	40.997	1.50839 (L20)
41	570.26	44.016	
42	526.794	28.369	1.50839 (L21)
43*	999.637	7.316	
44	363.9	26.929	1.50839 (L22)

45	80.011	6.368	
46	68.127	47.548	1.50839 (L23)
47	333.792	13.6933	

(晶片面)

(非球面资料)

6 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = -2.5830 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -1.4132 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -7.1032 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 9.7808 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = -3.4814 \times 10^{-25}$$

10 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = -5.2948 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = 1.6031 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -4.1130 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -5.8947 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = 3.0968 \times 10^{-26}$$

22 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = 3.2206 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 1.8939 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 9.9966 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 2.8187 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 4.7609 \times 10^{-25}$$

24 面

$$K = 0$$

$$C_4 = 3.8141 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -3.4162 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 1.2024 \times 10^{-19}$$

$$C_{10} = 9.9690 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -2.2108 \times 10^{-25}$$

27 面

$$K = 0$$

$$C_4 = 1.2927 \times 10^{-9}$$

$$C_6 = 1.7523 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 3.6435 \times 10^{-18}$$

$$C_{10} = 1.1104 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = 1.0330 \times 10^{-26}$$

43 面

$$K = 0$$

$$C_4 = 2.3875 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 1.3965 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -4.3074 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 3.1012 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -1.9832 \times 10^{-26}$$

(条件式对应值)

$$L = 1250.0003 \text{ mm}$$

$$E=2913.034 \text{ mm}$$

$$(1) \quad (\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) = 1.073 \times 10^{-3}$$

$$(2) \quad E / L = 2.33$$

图 6 所示为第二实施例的球面像差、象散差及歪曲像差。而且，图 7 所示为第二实施例的横像差。由各像差图可知，在第二实施例中，可一面确保 $NA=0.63$ 的大的数值孔径及 $Y_0=21.1\text{mm}$ 的大的最大像高（进而为大的成像区域），一面使含有歪曲像差的诸像差被良好地修正。

[第三实施例]

图 8 所示为关于第三实施例的投影光学系统的透镜构成。参照图 8，第三实施例的投影光学系统 PL 的构成从光罩十字标记侧开始依次为将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L1、将非球面形状的双凹透镜 L2、将凹面朝向光罩十字标记侧的双凹透镜 L3、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L4、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L5、双凸透镜 L6、双凸透镜 L7、将非球面形状的双凹透镜 L8、将非球面形状的双凹透镜 L9、将非球面形状的双凹透镜 L10、双凹透镜 L11、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L12、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L13、双凸透镜 L14、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L15、孔径光圈 AS、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L16、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L17、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹

凸透镜 L18、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L19、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的平凹透镜 L20、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的负凹凸透镜 L21、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L22。

在以下的表(3)中，列举了关于第三实施例的投影光学系统的诸元的值。另外，在表(3)的主要诸元中， H_0 为最大物体高，在表(3)的光学构件诸元中， Φ 为各面的有效半径 (mm)。

[表 3]
(主要诸元)

$\lambda = 248.4 \text{ nm}$
 $\beta = -1 / 4$
 $NA = 0.65$
 $Y_0 = 21.1 \text{ mm}$
 $H_0 = 84.4 \text{ mm}$

(光学部件诸元)

面号码	r	d	n	Φ	
	(光罩十字标记面)	75.474			
1	231.822	38.045	1.50839	101.520	(L1)
2*	199.861	47.864		99.455	
3*	-374.56	14	1.50839	100.413	(L2)
4	1087.945	57.682		109.753	

5	-3912.276	42.876	1.50839	132.707	(L3)
6	-277.623	1		135.647	
7	-975.662	34.107	1.50839	140.410	(L4)
8	-310	4.545		142.068	
9	460.296	31.573	1.50839	142.104	(L5)
10	13824.8	1		141.047	
11	345.841	39.937	1.50839	136.553	(L6)
12	-4264.05	1		134.154	
13	256.582	42.585	1.50839	120.583	(L7)
14	-2435.28	1		116.222	
15	557.373	14	1.50839	104.606	(L8)
16*	157.296	15.308		85.859	
17	246.555	33.989	1.50839	84.985	(L9)
18*	111.492	37.164		68.319	
19	-155.285	14	1.50839	67.684	(L10)
20*	158.037	45.453		65.479	
21	-90.143	14.012	1.50839	65.860	(L11)
22	1112.61	37.578		86.117	
23	-641.094	41.361	1.50839	107.984	(L12)
24	-178.026	1		113.521	
25	-1135.282	38.98	1.50839	129.498	(L13)
26	-257.706	1		132.719	

27	4389.8	38.124	1.50839	141.281	(L14)
28	-399.252	1		142.508	
29	349.711	27.065	1.50839	142.696	(L15)
30	683.493	70.062		141.251	
31	∞	107.614		138.646	(AS)
32	441.733	30	1.50839	142.714	(L16)
33	3010.506	1		141.924	
34	259.936	35.745	1.50839	138.201	(L17)
35	683.423	1		135.649	
36	220.377	33.003	1.50839	127.270	(L18)
37	452.009	1		123.157	
38	177.601	39.097	1.50839	111.415	(L19)
39	575.408	20.306		105.670	
40	∞	16	1.50839	96.125	(L20)
1*	844.277	40.65		85.670	
42	1622.9	14	1.50839	58.186	(L21)
43*	134.25	1		48.308	
44	71.19	29.261	1.50839	44.506	(L22)
45	232.287	17.5256		34.911	

(晶片面)

(非球面资料)

2 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -4.1502 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 2.9831 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 2.2965 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -3.3074 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 3.0534 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = -1.5922 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = 2.5895 \times 10^{-34}$$

3 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -4.1155 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -4.2875 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 1.1750 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 4.8956 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = -2.2368 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = 2.0569 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = -8.3869 \times 10^{-34}$$

16 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = 4.4486 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -2.9141 \times 10^{-15}$$

$$C_8 = 1.2928 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = 5.2310 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 2.7283 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = 5.4172 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = 5.5839 \times 10^{-34}$$

18 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = -1.3891 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -3.0973 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -3.9700 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = -7.9024 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = 7.8062 \times 10^{-24}$$

$$C_{14} = -3.0617 \times 10^{-27}$$

$$C_{16} = 2.0719 \times 10^{-31}$$

20 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = 4.8876 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -6.8085 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 5.9452 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = 1.7262 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = 8.4920 \times 10^{-24}$$

$$C_{14} = -1.3744 \times 10^{-27}$$

$$C_{16} = 8.9638 \times 10^{-32}$$

41 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = 1.1607 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 4.3405 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -8.0755 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 6.3294 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -3.8914 \times 10^{-25}$$

$$C_{14} = 2.0077 \times 10^{-29}$$

$$C_{16} = -5.3721 \times 10^{-34}$$

43 面

$\kappa = 0$

$$\begin{aligned}
 C_4 &= 3.3236 \times 10^{-8} & C_6 &= -1.4246 \times 10^{-11} \\
 C_8 &= -1.2965 \times 10^{-15} & C_{10} &= -2.1005 \times 10^{-19} \\
 C_{12} &= 5.6985 \times 10^{-24} & C_{14} &= 4.4185 \times 10^{-27} \\
 C_{16} &= -1.6556 \times 10^{-31}
 \end{aligned}$$

(条件式对应值)

$$L = 1249.9856 \text{ mm}$$

$$E = 1644.276 \text{ mm}$$

$$(1) \quad (\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) = 1.026 \times 10^{-3}$$

$$(2) \quad E / L = 1.32$$

图 9 所示为第三实施例的球面像差、象散差及歪曲像差。而且，图 10 所示为第三实施例的横像差。由各像差图可知，在第三实施例中，可一面确保 $NA=0.63$ 的大的数值孔径及 $Y_0=21.1 \text{ mm}$ 的大的最大像高（进而为大的成像区域），一面使含有歪曲像差的诸像差被良好地修正。

如上所述，关于第一实施例～第三实施例的投影光学系统 PL，由具有 1.6 以下的折射率的光学材料而形成，在物体侧及像侧两处为实质上的远心，满足 $(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.5 \times 10^{-3}$ 的条件，所以能够一面确保足够大的数值孔径及足够宽广的成像区域，一面使含有失真的诸像差被良好地修正，形成简洁而高性能的光学系统。

[第四实施例]

图 11 所示为关于第四实施例的投影光学系统的透镜构成。参照图 11，第四实施例之投影光学系统 PL 的构成从光罩十字标记侧开始依次为双凸透镜 L1、双凸透镜 L2、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的负凹凸透镜 L3、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L4、双凹透镜 L5、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L6、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L7、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L8、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L9、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L10、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L11、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L12、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的双凹透镜 L13、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的双凹透镜 L14、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L15、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L16、孔径光圈 AS、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L17、双凸透镜 L18、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L19、双凸透镜 L20、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L21、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L22、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L23、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L24、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L25。

在第四实施例中，所有的透镜都由石英形成。在以下的表（4）中，列举了关于第四实施例的投影光学系统的诸元的值。

[表 4]

(主要诸元)

$$\lambda = 193.3 \text{ nm}$$

$$\beta = -1 / 4$$

$$\text{NA} = 0.70$$

$$Y_0 = 21.1 \text{ mm}$$

(光学部件诸元)

面号码	r	d	n
	(光罩十字标记面)	55.977	
1	236.375	36.708	1.560326 (L1)
2	-1326.857	1.000	
3	305.858	27.807	1.560326 (L2)
4	-4988.919	1.000	
5	478.298	13.000	1.560326 (L3)
6*	216.036	3.877	
7	246.432	13.000	1.560326 (L4)
8	142.617	42.514	
9	-176.904	13.000	1.560326 (L5)
10	212.782	47.102	
11	-134.266	13.000	1.560326 (L6)
12	-276.220	1.000	
13*	-312.207	13.000	1.560326 (L7)

14	—305.626	13.453	
15	—3214.315	61.536	1.560326 (L8)
16	—190.911	1.316	
17	—837.247	37.999	1.560326 (L9)
18	—291.832	27.817	
19	266.829	52.664	1.560326 (L10)
20	11121.118	1.000	
21	200.702	52.406	1.560326 (L11)
22	2260.973	10.960	
23	386.778	13.004	1.560326 (L12)
24	152.011	41.781	
25*	—300.824	13.000	1.560326 (L13)
26	156.593	35.070	
27*	—262.372	13.046	1.560326 (L14)
28	282.691	39.674	
29	—152.110	33.875	1.560326 (L15)
30	—205.290	13.000	
31*	—946.981	39.169	1.560326 (L16)
32	—230.012	8.000	
33	∞	8.067	(AS)
34	—1744.140	47.891	1.560326 (L17)
35	—245.859	6.842	

36	445.398	57.580	1.560326 (L18)
37	-411.974	13.000	
38	-300.000	27.000	1.560326 (L19)
39	-1310.387	1.038	
40	629.495	46.394	1.560326 (L20)
41	-1301.217	1.133	
42	300.000	41.497	1.560326 (L21)
43*	572.761	1.032	
44	197.744	36.450	1.560326 (L22)
45*	546.586	1.000	
46	283.437	13.000	1.560326 (L23)
47	108.534	20.411	
48	177.134	55.444	1.560326 (L24)
49	123.882	1.000	
50	78.959	67.373	1.560326 (L25)
51	482.436	13.094	

(晶片面)

(非球面资料)

6 面

$\kappa = 0$

$$C_4 = -0.390730 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = 0.277980 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 0.448296 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 0.142951 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -0.200639 \times 10^{-25}$$

13 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.234706 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -0.309208 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -0.917319 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -0.195900 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -0.149005 \times 10^{-25}$$

25 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.436112 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = 0.388626 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.127775 \times 10^{-15}$$

$$C_{10} = 0.347307 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -0.812555 \times 10^{-25}$$

27 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.359877 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -0.413098 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = 0.274168 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = -0.544566 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -0.351659 \times 10^{-24}$$

31 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.781800 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 0.625582 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -0.767116 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 0.242844 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -0.585103 \times 10^{-26}$$

43 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.480511 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -0.424626 \times 10^{-14}$$

$$C_8 = -0.773379 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -0.156710 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 0.781612 \times 10^{-26}$$

45 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.126619 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = 0.111075 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.315462 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -0.234952 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 0.165000 \times 10^{-25}$$

(条件式对应值)

$$L = 1250.00 \text{ mm}$$

$$(3) \quad (\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) = 0.775 \times 10^{-3}$$

图 12 所示为第四实施例的球面像差、象散差及歪曲像差。而且，图 13 所示为第四实施例的横像差。由各像差图可知，在第四实施例中，可一面确保 $NA=0.70$ 的大的数值孔径及 $Y_0=21.1\text{mm}$ 的大的最

大像高（进而为大的成像区域），一面使含有歪曲像差的诸像差被良好地修正。

[第五实施例]

图 14 所示为关于第五实施例的投影光学系统的透镜构成。参照图 14，第五实施例的投影光学系统 PL 的构成从光罩十字标记侧开始依次为双凸透镜 L1、双凸透镜 L2、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的负凹凸透镜 L3、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L4、双凹透镜 L5、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L6、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L7、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L8、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L9、双凸透镜 L10、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L11、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L12、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的双凹透镜 L13、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的双凹透镜 L14、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L15、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L16、孔径光圈 AS、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L17、双凸透镜 L18、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L19、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L20、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L21、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L22、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L23、将凸面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L24、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L25。

在第五实施例中，透镜 L11、L16、L24 及 L25 由萤石形成，其它的透镜由石英形成。在以下的表（5）中，列举了关于第五实施例的投影光学系统的诸元的值。

[表 5]
(主要诸元)

$\lambda = 193.3 \text{ nm}$
 $\beta = -1 / 4$
 $NA = 0.70$
 $Y_0 = 21.1 \text{ mm}$

(光学部件诸元)

面号码	r	d	n
	(光罩十字标记面)	51.000	
1	213.222	38.539	1.560326 (L1)
2	-1490.368	1.000	
3	438.510	22.960	1.560326 (L2)
4	-5521.851	1.000	
5	333.571	13.000	1.560326 (L3)
6*	177.450	4.161	
7	199.366	13.275	1.560326 (L4)
8	138.570	44.632	
9	-161.840	13.000	1.560326 (L5)

10	223.766	44.902	
11	−143.814	13.000	1.560326 (L6)
12	−298.377	1.704	
13*	−334.582	13.000	1.560326 (L7)
14	−334.916	11.743	
15	−4047.282	57.701	1.560326 (L8)
16	−201.085	1.000	
17	−1435.546	40.566	1.560326 (L9)
18	−302.600	21.438	
19	262.122	54.652	1.560326 (L10)
20	−11336.582	1.000	
21	196.075	53.198	1.501455 (L11)
22	3379.224	10.470	
23	369.741	13.000	1.560326 (L12)
24	153.333	40.357	
25*	−303.585	13.000	1.560326 (L13)
26	159.474	35.089	
27*	−234.626	13.000	1.560326 (L14)
28	270.159	38.992	
29	−165.469	35.787	1.560326 (L15)
30	−196.726	13.000	
31*	−735.265	37.631	1.501455 (L16)

32	-216.484	8.000	
33	∞	8.000	(AS)
34	-2040.786	53.321	1.560326 (L17)
35	-225.458	6.842	
36	552.343	57.580	1.560326 (L18)
37	-414.088	13.000	
38	-300.000	27.000	1.560326 (L19)
39	-1036.554	16.153	
40	-1325.080	46.394	1.560326 (L20)
41	-376.256	1.000	
42	300.000	41.497	1.560326 (L21)
43*	454.030	1.000	
44	185.557	48.502	1.560326 (L22)
45*	970.728	1.204	
46	374.033	20.165	1.560326 (L23)
47	120.058	9.825	
48	144.788	48.299	1.501455 (L24)
49	100.193	1.000	
50	74.978	63.000	1.501455 (L25)
51	412.784	11.422	

(晶片面)

(非球面资料)

6 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.340666 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -0.320328 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -0.886363 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 0.377243 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -0.403299 \times 10^{-24}$$

13 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.115164 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -0.129368 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 0.153108 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -0.400820 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 0.893904 \times 10^{-26}$$

25 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.610648 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = 0.525010 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.504609 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = -0.696687 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = 0.272899 \times 10^{-24}$$

27 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.558894 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -0.492800 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.480602 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = -0.623444 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -0.711183 \times 10^{-24}$$

31 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.119246 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = 0.435184 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = -0.397771 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 0.205602 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -0.942057 \times 10^{-27}$$

43 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.105535 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -0.924566 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -0.240759 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = -0.153687 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = 0.590155 \times 10^{-26}$$

45 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -0.108578 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = 0.130055 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -0.312792 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = 0.526315 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -0.463864 \times 10^{-26}$$

(条件式对应值)

$$L=1250.0 \text{ mm}$$

$$(3) \quad (\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) = 0.775 \times 10^{-3}$$

图 15 所示为第五实施例的球面像差、象散差及歪曲像差。而且，图 16 所示为第五实施例的横像差。由各像差图可知，在第五实施例中，可一面确保 $NA=0.70$ 的大的数值孔径及 $Y_0=21.1\text{mm}$ 的大的最大像高（进而为大的成像区域），一面使含有歪曲像差的诸像差被良好地修正。

如上所述，关于第四实施例及第五实施例的投影光学系统 PL，由具有 1.6 以下的折射率的光学材料而形成，在物体侧及像侧两处为实质上的远心，七个光学面形成为非球面形状，满足

$$(\lambda \times L) / (NA \times Y_0^2) < 1.0 \times 10^{-3}$$

的条件。

在第四实施例及第五实施例中，借由满足条件式 (3)，可一面确保高分辨率及大视野（一面确保足够大的数值孔径及足够宽广的成像区域）一面得到简洁的光学系统，在用于曝光装置の場合可实现高生产量。具体地说，当在条件式 (3) 的上限值以上时，关于分辨率、成像区域（曝光区域）及光学系统的大小其中的至少一点，不能得到足够优良的构成。另外，为了更加良好地发挥本发明的效果，将条件式 (3) 的上限值设定成 0.9×10^{-3} 为佳。而且，借由满足条件式 (4)，可使投影光学系统 PL 的分辨率提高。

[第六实施例]

图 17 所示为关于第六实施例的投影光学系统的透镜构成。参照图 17, 第六实施例的投影光学系统 PL 从光罩十字标记侧开始依次借由具有正折射力的第一透镜群 G1、具有负折射力的第二透镜群 G2、具有正折射力的第三透镜群 G3 而构成。第一透镜群 G1 从光罩十字标记侧开始依次借由将非球面形状的凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L11、双凹透镜 L12、双凸透镜 L13、双凸透镜 L14、双凸透镜 L15、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L16 而构成。

第二透镜群 G2 从光罩十字标记侧开始依次借由双凹透镜 L21、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的双凹透镜 L22、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L23、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L24 而构成。第三透镜群 G3 从光罩十字标记侧开始依次借由将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L31、将凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L32、双凸透镜 L33、双凸透镜 L34、将非球面形状的凹面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L35、双凹透镜 L36、孔径光圈 AS、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L37、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L38、将凸面朝向光罩十字标记侧的正凹凸透镜 L39、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L310、将非球面形状的凹面朝向晶片侧的正凹凸透镜 L311、将凹面朝向光罩十字标记侧的负凹凸透镜 L312 而构成。

在第六实施例中, 所有的透镜都由萤石形成。在以下的表 (6) 中, 列举了关于第六实施例的投影光学系统的诸元的值。另外, 在表 (6) 的主要诸元中, H_0 为最大物体高, 在表 (6) 的光学构件诸元

中， Φ 为各面的有效半径（mm）。

[表 6]

（主要诸元）

$\lambda = 157.6 \text{ nm}$

$\beta = -1 / 4$

$\text{NA} = 0.7$

$Y_0 = 21.1 \text{ mm}$

$H_0 = 84.4 \text{ mm} \quad (1.1 \times H_0 = 92.84 \text{ mm})$

（光学部件诸元）

面号码	r	d	n	Φ
	(光罩十字标记面)	55.2615		
1*	203.0634	22.9288	1.559307	99.54 (L11)
2	199.9239	49.3188		97.11
3	-215.7324	15.0000	1.559307	97.23 (L12)
4	371.7575	27.3186		111.12
5	912.6283	57.3547	1.559307	125.57 (L13)
6	-247.8085	1.0000		129.74
7	558.9117	46.7777	1.559307	141.57 (L14)
8	-617.4656	1.0000		142.00
9	381.3538	40.1313	1.559307	138.61 (L15)

10	—4542.9083	1.0000		136.37	
11	309.0622	37.6538	1.559307	126.73	(L16)
12*	1204.4275	69.8932		122.36	
13	—1083.2138	15.0000	1.559307	78.60	(L21)
14	319.4939	20.2882		69.77	
15*	—212.9218	15.0000	1.559307	69.35	(L22)
16	235.9633	22.7588		65.05	
17	—173.8754	17.2332	1.559307	65.02	(L23)
18	—1383.3104	33.4159		68.51	
19	—86.1837	29.5290	1.559307	68.68	(L24)
20	—2785.7548	5.6339		99.77	
21*	—1834.5258	41.1324	1.559307	100.69	(L31)
22	—181.3765	1.0000		107.86	
23	—983.0929	35.5918	1.559307	122.98	(L32)
24	—274.7538	1.0000		127.38	
25	675.8655	45.6297	1.559307	140.85	(L33)
26	—545.9503	1.0000		142.00	
27	1037.0836	45.9523	1.559307	142.00	(L34)
28	—425.4880	10.1195		141.41	
29*	—344.4867	24.0000	1.559307	141.11	(L35)
30	—309.3445	13.2895		141.60	
31	—571.2625	24.1060	1.559307	132.46	(L36)

32	642.3624	14.0052		128.37	
33	∞	85.5617		128.44	(AS)
34	382.7332	30.9825	1.559307	142.00	(L37)
35	1205.5311	45.9745		141.54	
36	264.7526	45.6332	1.559307	142.00	(L38)
37	1271.1254	1.8488		139.42	
38	221.5366	36.3877	1.559307	129.51	(L39)
39	453.4555	1.6413		124.45	
40	176.9154	38.1695	1.559307	112.16	(L310)
41*	534.2537	71.1243		104.85	
42	132.3848	17.7337	1.559307	50.93	(L311)
43*	185.7697	9.6193		43.19	
44	-597.7757	15.0000	1.559307	38.95	(L312)
45	-3757.7443	10.0000		30.99	

(晶片面)

(非球面资料)

1 面

$K = 0$

$$C_4 = 2.71565 \times 10^{-8} \quad C_6 = -7.39567 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 2.31594 \times 10^{-17} \quad C_{10} = 4.45225 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = -7.18557 \times 10^{-26} \quad C_{14} = 3.76048 \times 10^{-30}$$

12 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -2.34467 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -3.72967 \times 10^{-14}$$

$$C_8 = 1.30251 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 2.97746 \times 10^{-22}$$

$$C_{12} = -2.33469 \times 10^{-26}$$

$$C_{14} = 3.52366 \times 10^{-31}$$

15 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -2.26925 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 2.75024 \times 10^{-12}$$

$$C_8 = 3.94054 \times 10^{-16}$$

$$C_{10} = 2.49115 \times 10^{-20}$$

$$C_{12} = -2.78491 \times 10^{-24}$$

$$C_{14} = 2.20171 \times 10^{-28}$$

21 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -3.82569 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 7.26765 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = -5.48081 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 1.67564 \times 10^{-21}$$

$$C_{12} = -7.84329 \times 10^{-26}$$

$$C_{14} = 3.45289 \times 10^{-31}$$

29 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -8.51910 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = 6.22456 \times 10^{-14}$$

$$C_8 = -1.06075 \times 10^{-18}$$

$$C_{10} = -1.48912 \times 10^{-23}$$

$$C_{12} = 3.08241 \times 10^{-28}$$

$$C_{14} = 6.15126 \times 10^{-34}$$

41 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = 2.99126 \times 10^{-8}$$

$$C_6 = -2.08080 \times 10^{-13}$$

$$C_8 = 1.23353 \times 10^{-17}$$

$$C_{10} = 9.39268 \times 10^{-23}$$

$$C_{12} = -3.49001 \times 10^{-27}$$

$$C_{14} = 4.33883 \times 10^{-31}$$

43 面

$$\kappa = 0$$

$$C_4 = -1.36725 \times 10^{-7}$$

$$C_6 = -1.96775 \times 10^{-11}$$

$$C_8 = -2.82153 \times 10^{-15}$$

$$C_{10} = -1.38257 \times 10^{-19}$$

$$C_{12} = 1.66066 \times 10^{-22}$$

$$C_{14} = -1.34566 \times 10^{-26}$$

(条件式对应值)

$$L = 1250.0003 \text{ mm}$$

$$(5) \quad Y_0 / L = 0.01688$$

图 18 所示为第六实施例的横像差。由各像差图可知, 在第六实施例中, 可一面确保 $NA=0.70$ 的大的数值孔径及 $Y_0=21.1\text{mm}$ 的大的最大像高 (进而为大的成像区域), 一面使含有歪曲像差的诸像差被良好地修正。

如上所述, 关于第六实施例的投影光学系统 PL, 从光罩十字标

记侧开始依次借由具有正折射力的第一透镜群 G1、具有负折射力的第二透镜群 G2、具有正折射力的第三透镜群 G3 而构成，满足

$$0.014 < Y_0 / L < 0.030 \quad (5)$$

的条件。

以往用于步进方式、带有满足条件式(5)的宽广的曝光区域(成像区域)的投影光学系统，采用具有正负正负正的折射力配置的五群构成。但是，在第六实施例中，借由采用具有正负正的折射力配置的三群构成，大幅削减了构成要素数，并削减了制造成本，同时可防止由要素单体的误差的成像性能的劣化。当在条件式(5)的上限值以上时，在成像区域的整个范围内良好地进行像差修正变得困难，当在下限值以下时，投影光学系统大型化，制造变得困难。另外，为了更加良好地发挥本发明的效果，将条件式(5)的上限值设定在 0.025，下限值设定在 0.015 为佳。

而且，在第六实施例中，构成第一透镜群 G1 的所有光学面的总数(=12)中，80%以上数目(12: 100%)的光学面具有大于最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径，构成第二透镜群 G2 的光学面的总数(=8)的 80%以上数目(7: 87.5%)的光学面具有小于最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径，构成第三透镜群 G3 的光学面的总数(=24)的 70%以上数目(20: 83.3%)的光学面具有大于最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径。借由此构成，在第六实施例中，尽管为三群构成却可使珀兹瓦尔和接近于 0，良好地修正像面弯曲。

然而，在上述的第三实施例中，也是透镜 L1~L7 构成具有正折

射力的第一透镜群 G1, 透镜 L8~L11 构成具有负折射力的第二透镜群 G2, 透镜 L12~L22 构成具有正折射力的第三透镜群 G3。而且, 在第三实施例中为 $Y_0 / L = 21.1 / 1249.9856 = 0.01688$, 满足条件式 (5)。

而且, 在第三实施例中, 构成第一透镜群 G1 的所有的光学面的总数 (=14) 的 80%以上数目 (14: 100%) 的光学面具有大于最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径, 构成第二透镜群 G2 的光学面的总数 (=8) 的 80%以上数目 (7: 87.5%) 的光学面具有小于最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径, 构成第三透镜群 G3 的光学面的总数 (=22) 的 70%以上数目 (17: 77.3%) 的光学面具有大于最大物体高 H_0 的 1.1 倍的有效半径。这样, 在第三实施例中也可得到第六实施例的上述的效果。

在上述实施形态的曝光装置中, 借由利用照明系统将光罩十字标记 (光罩) 进行照明 (照明工程), 并利用投影光学系统将形成于光罩的转印用的图案在感旋光性基板上进行曝光 (曝光工程), 可制造微型组件 (半导体组件、摄像组件、液晶显示组件、薄膜磁头等)。以下, 关于借由利用本实施形态的曝光装置, 在作为感旋光性基板的晶片等上形成所定的电路图案, 而得到作为微型组件的半导体组件时的手法的一例, 参照图 19 的流程图进行说明。

首先, 在图 19 的步骤 301 中, 在一批晶片上蒸镀金属膜。接着在步骤 302 中, 在这一批晶片的金属膜上涂敷光阻。之后, 在步骤 303 中, 利用本实施形态的曝光装置, 使光罩上的图案的像通过其投影光学系统, 被依次曝光转印于这一批晶片上的各拍摄区域。之后,

在步骤 304 中进行这一批晶片上的光阻的显像之后，在步骤 305 中，借由在这一批晶片上将光阻图案作为光罩进行蚀刻作业，使对应光罩上的图案的电路图案被形成在各晶片上的各拍摄区域。

之后，再借由进行上一层的电路图案的形成等即可制造半导体组件等组件。借由上述的半导体组件制造方法，可生产量良好地得到具有极微细的电路图案的半导体组件。另外，在步骤 301～步骤 305 中，是在晶片上蒸镀金属，并在金属膜上涂敷光阻，然后进行曝光、显像、蚀刻的各项工程的，但是当然也可以在这些工程之前，在晶片上形成硅氧化膜后，再在该硅氧化膜上涂敷光阻，然后进行曝光、显像、蚀刻等各项工程。

而且，本实施形态的曝光装置借由在感光板（玻璃基板）上形成所定的图案（电路图案、电极图案等），也可得到作为微型组件的液晶显示组件。以下，参照图 20 的流程图，就此时的手法的一例进行说明。在图 20 中，图案形成工程 401 利用本实施形态的曝光装置，将光罩的图案转印曝光于感旋光性基板（涂敷有光阻的玻璃板等），实行所谓的微影工程。借由该微影工程，在感旋光性基板上形成含有多个电极等的所定的图案。随后，被曝光的基板借由经过显像工程、蚀刻工程、光阻剥离工程等各项工程，而在基板上形成所定的图案。然后，进行后续的滤镜形成工程 401。

接着，在滤镜形成工程 402 中，形成呈矩阵状多个排列，使其对应 R（Red）、G（Green）、B（Blue）的三组圆点；或者是将 R、G、B 的三条带式滤镜组在多个水平扫描线方向排列的滤色器。然后，在

滤镜形成工程 402 之后,实行组件组装工程 403。在组件组装工程 403 中,利用由图案形成工程 401 所得到的具有所定图案之基板、由滤镜形成工程 402 所得到的滤镜而组装液晶面板(液晶组件)。在组件组装工程 403 中,例如在图案形成工程 401 所得到的具有所定图案的基板以及滤镜形成工程 402 所得到的滤镜之间注入液晶,制造液晶面板(液晶组件)。

之后,在组件组装工程 404 中,安装使已组装液晶面板(液晶组件)进行显示动作的电子电路、背光等构件,作为液晶显示组件即告完成。如利用上述的液晶显示的制造方法,可生产量良好地得到具有极微细的电路图案的液晶显示组件。

在上述的实施形态中,是将本发明应用于在对晶片 W 的各曝光区域将光罩十字标记 R 的图案统一进行曝光的步进重复方式的曝光装置中,但是并不限于此。本发明也适用于可在一面使晶片 W 和光罩十字标记 R 对投影光学系统 PL 相对移动,一面对晶片 W 的各曝光区域将光罩十字标记 R 的图案进行扫描曝光的步进扫描方式的曝光装置中。

而且,在上述的实施形态中,使用供给 248.4nm 的波长光的 KrF 准分子雷射光源、供给 193.3nm 的波长光的 ArF 准分子雷射光源或供给 157.6nm 的波长光的 F₂雷射光源,但是并不限于此,对其它适当的光源也可适用本发明。

另外,在上述的实施形态中,本发明系应用于装配在曝光装置的投影光学系统,但是并不限于此。本发明也适用其它一般的投影光

学系统。

如上所述，本发明在两侧为大致远心，可一面确保足够大的数值孔径及足够宽广的成像区域，一面使包含失真的诸像差被良好地修正，实现简洁而高性能的投影光学系统。因此，在装置本发明的投影光学系统的曝光装置中，可抑制起因于光罩十字标记和晶片的弯曲等的图像歪曲，以高生产量及高分辨率进行良好的投影曝光，进而可以高生产量及高分辨率制造良好的微型组件。

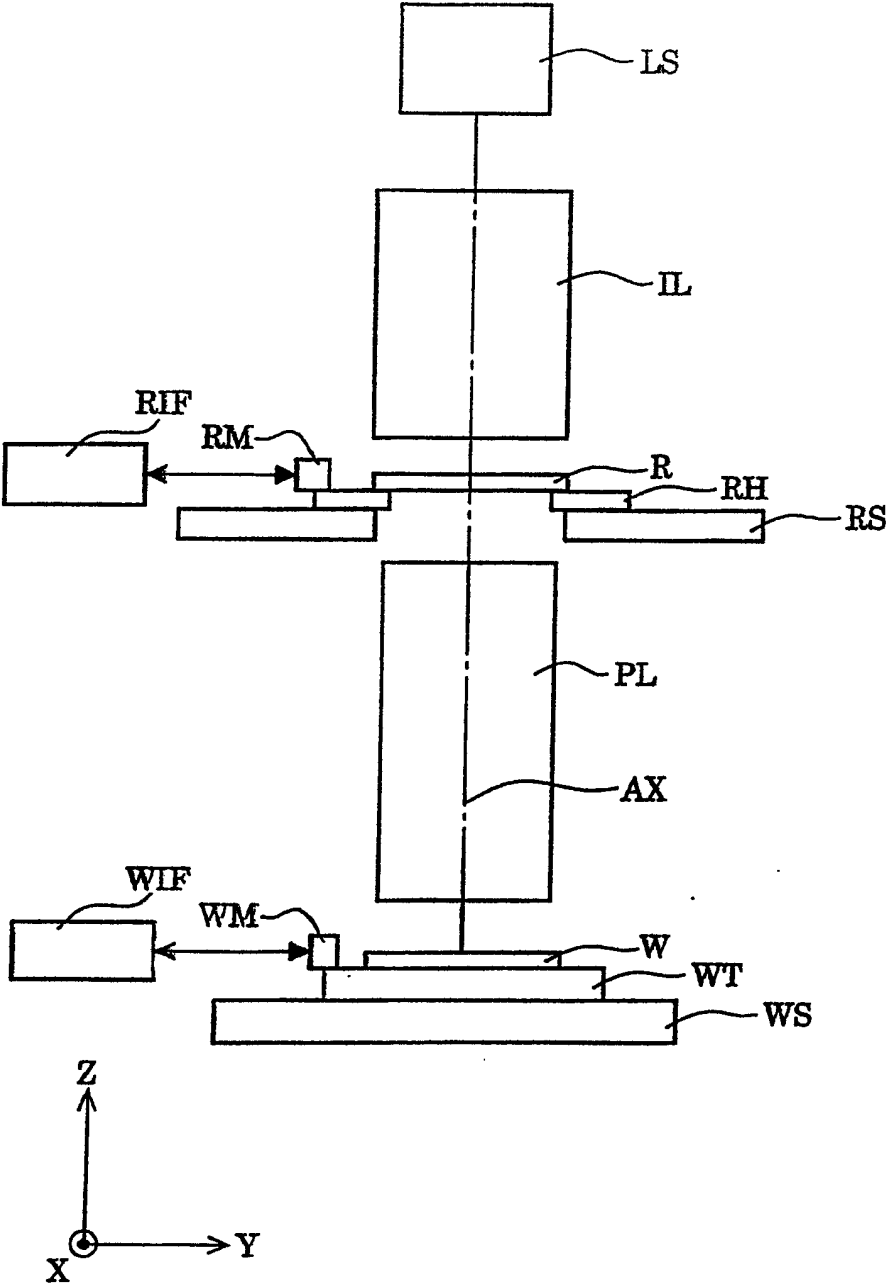


图 1

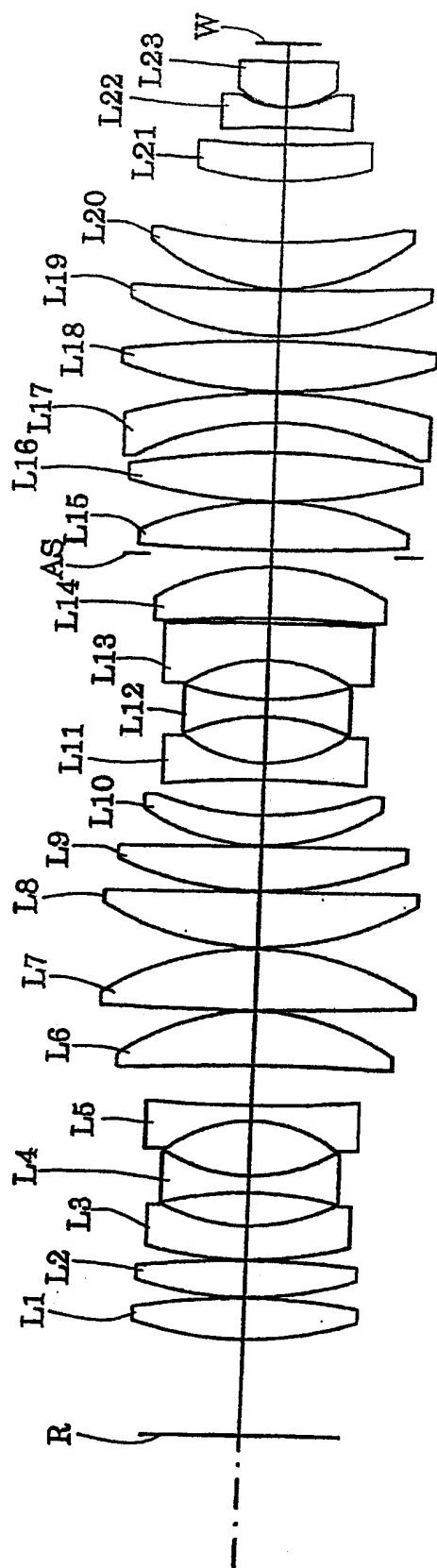


图 2

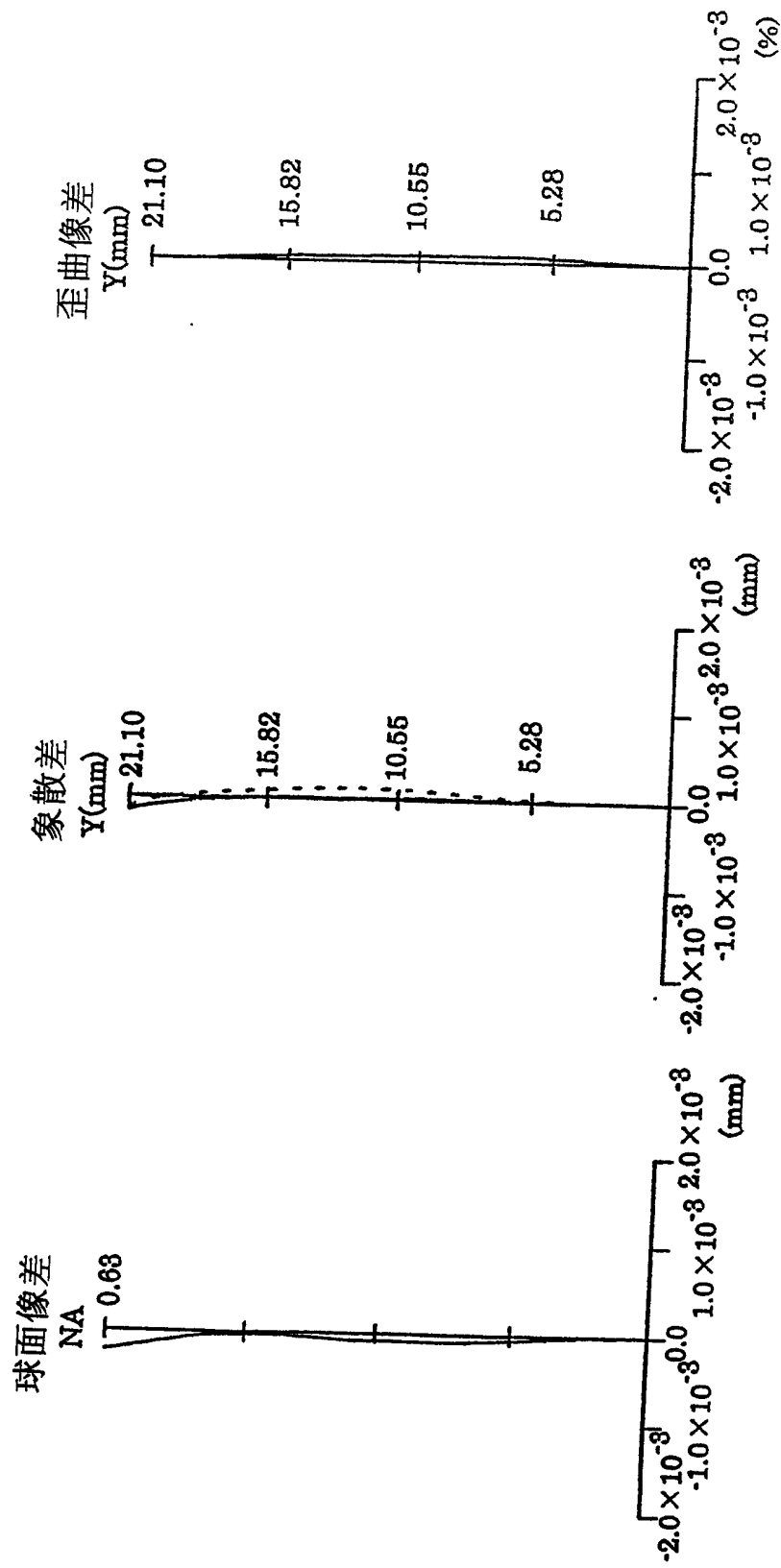


图 3

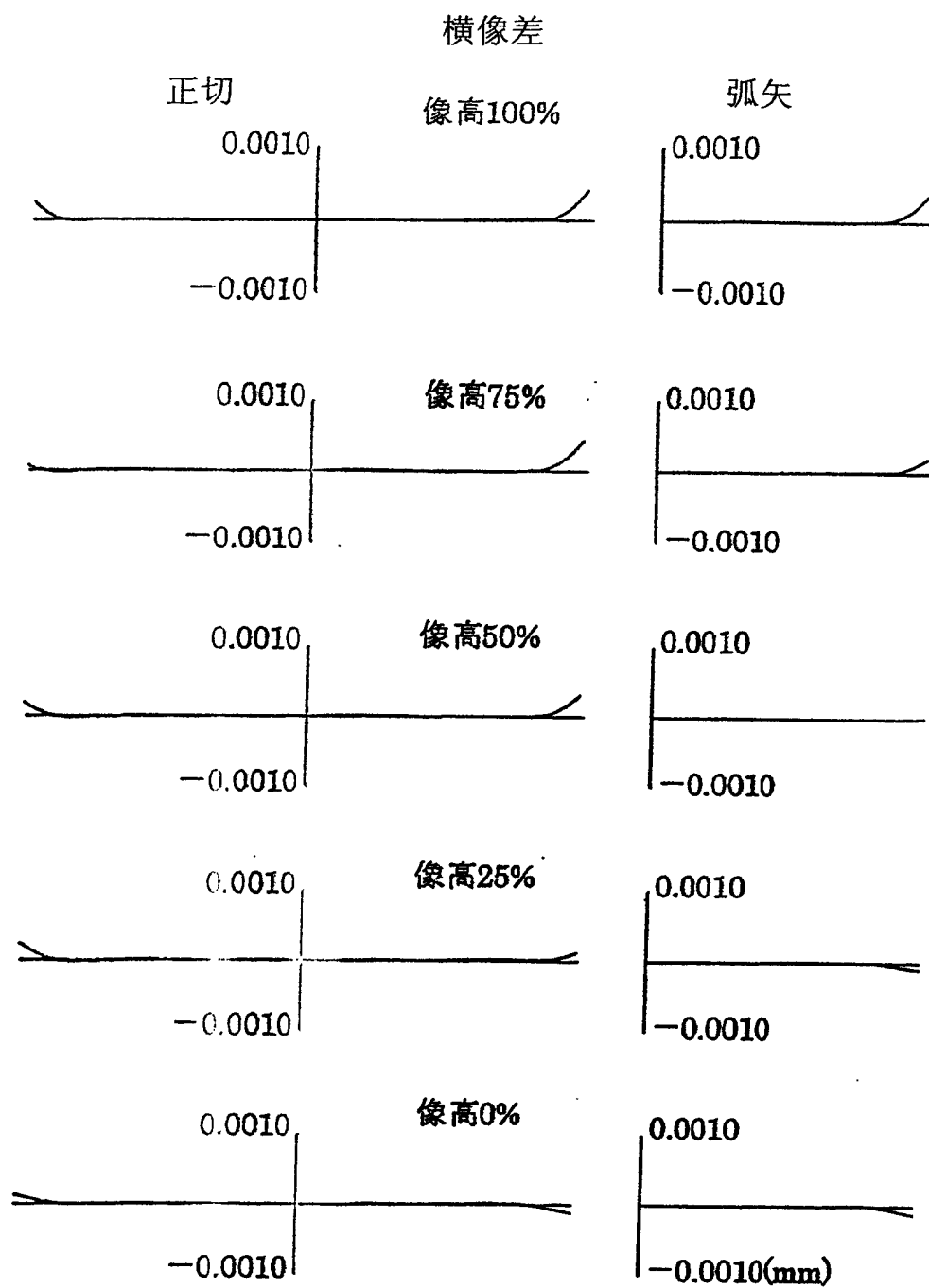


图 4

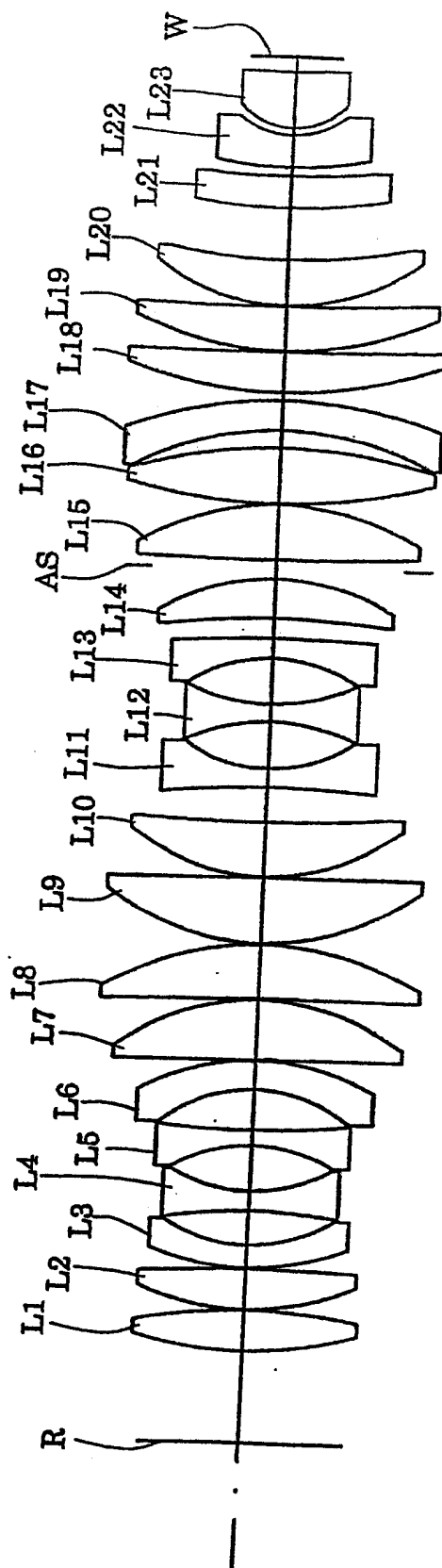


图 5

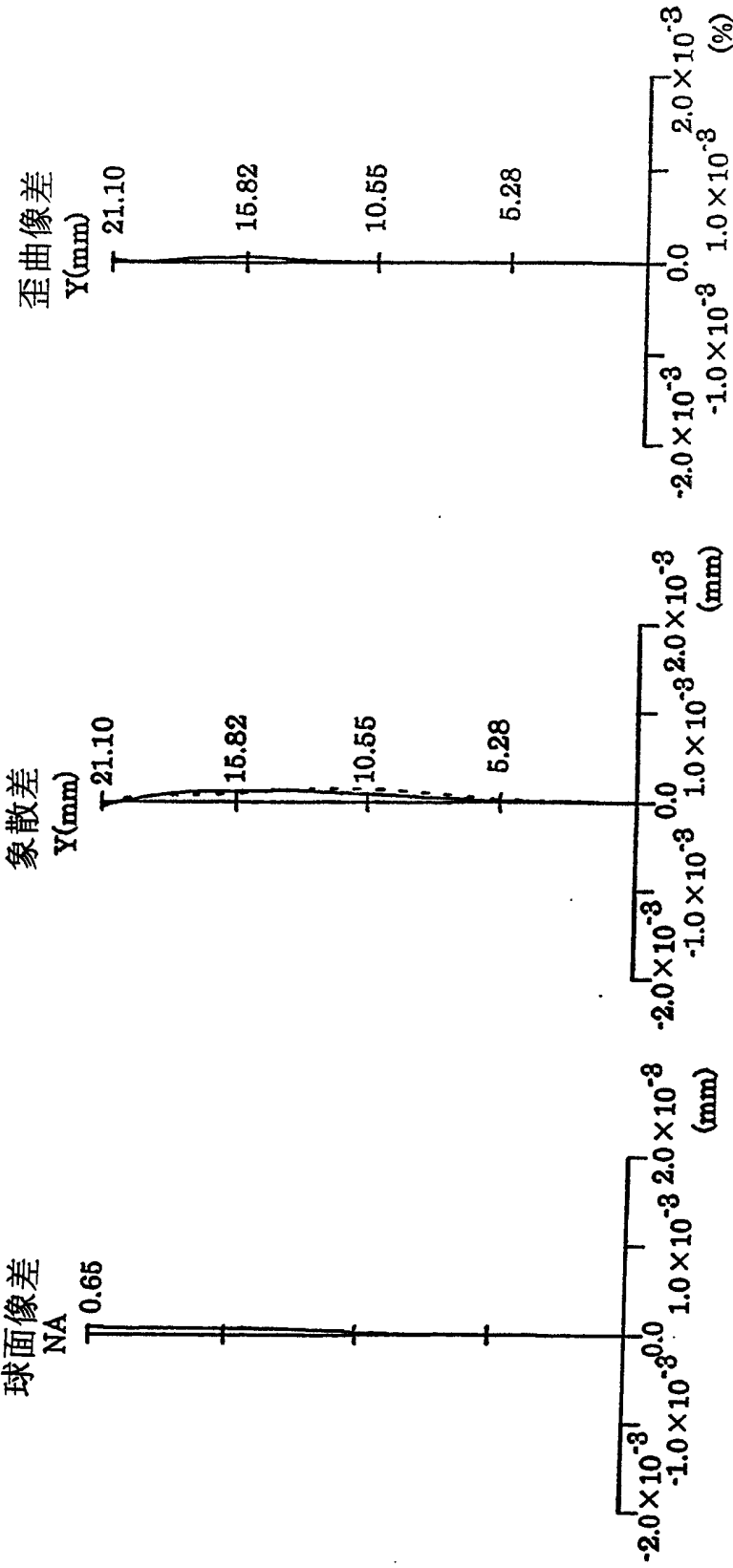
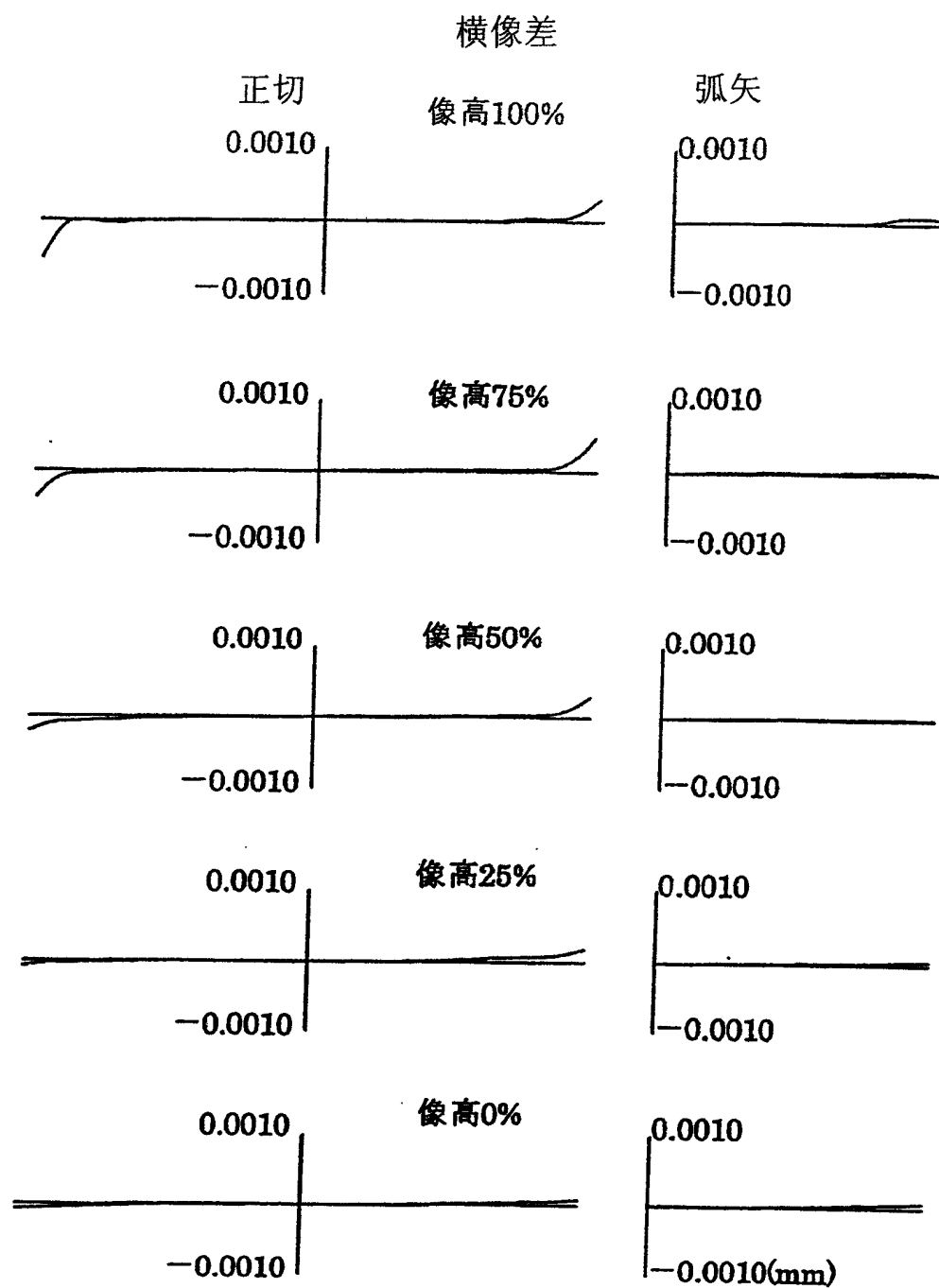


图 6



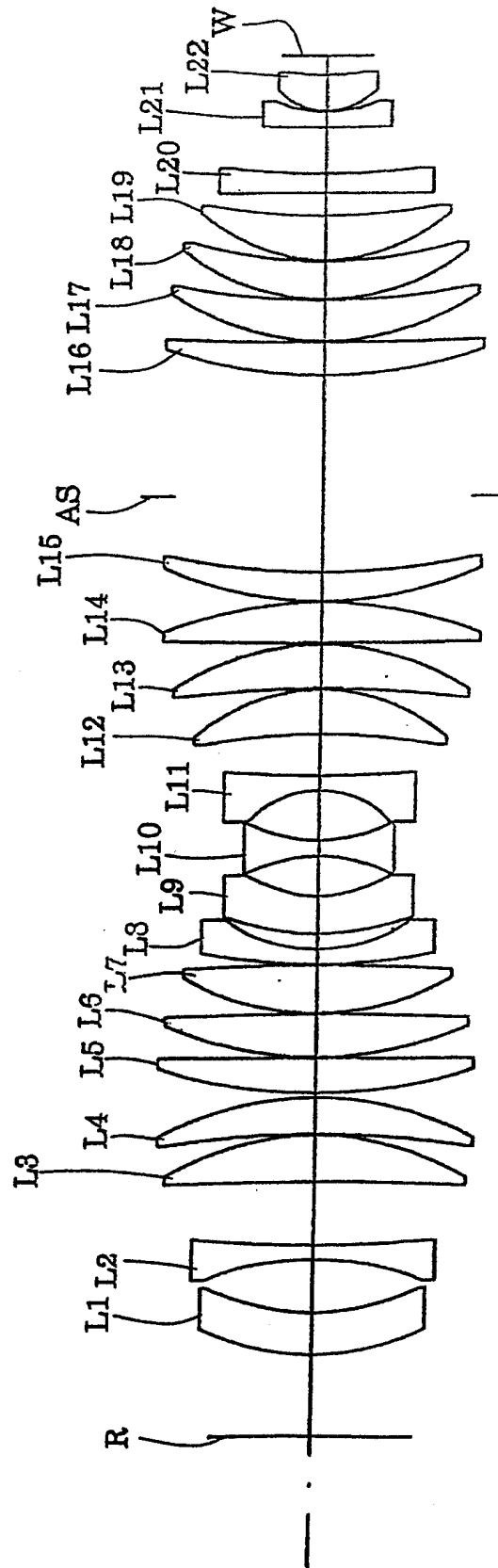


图 8

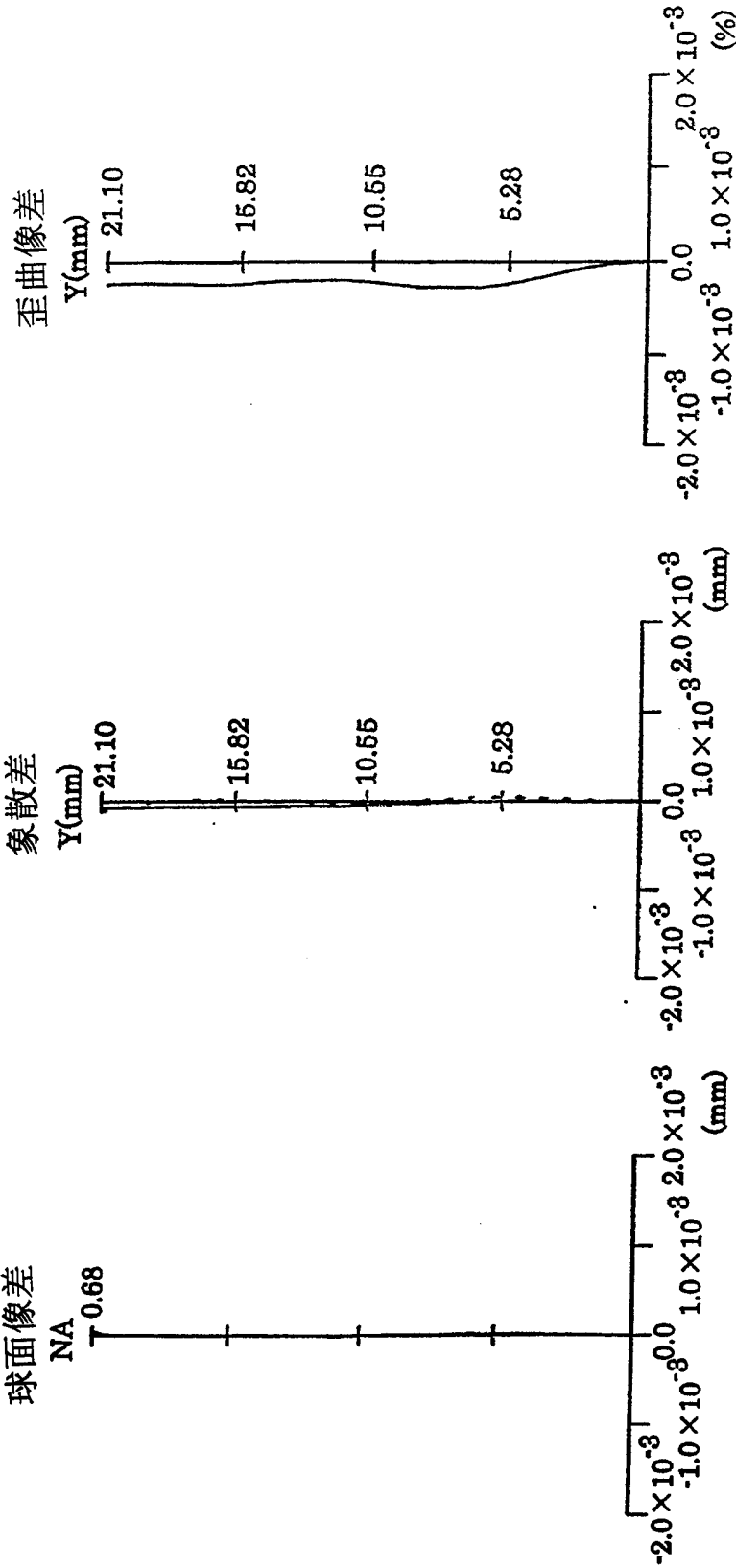


图 9

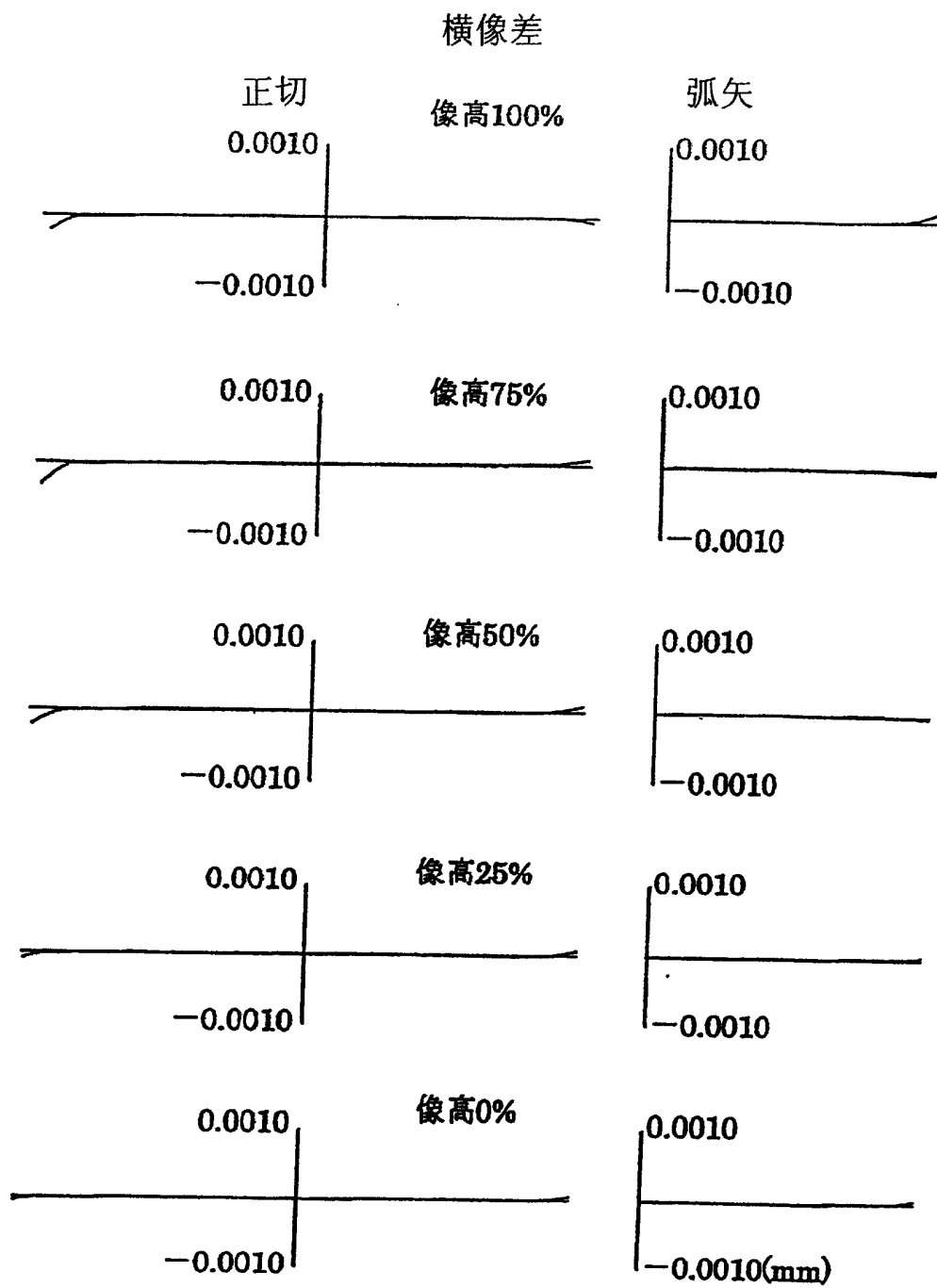


图 1 0

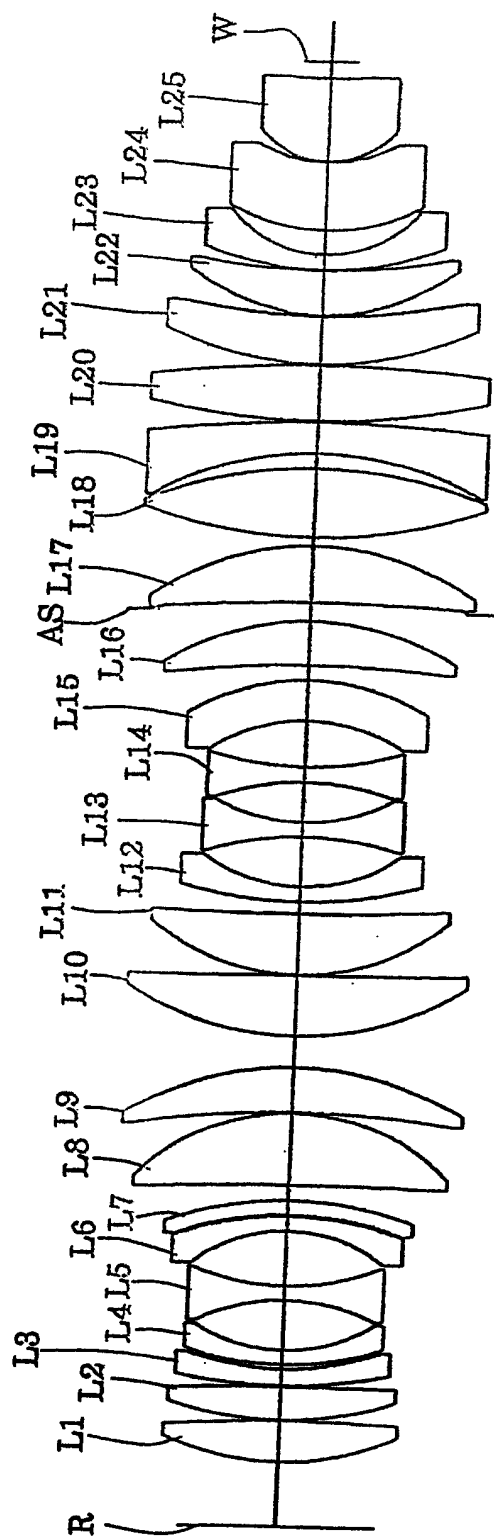


图 11

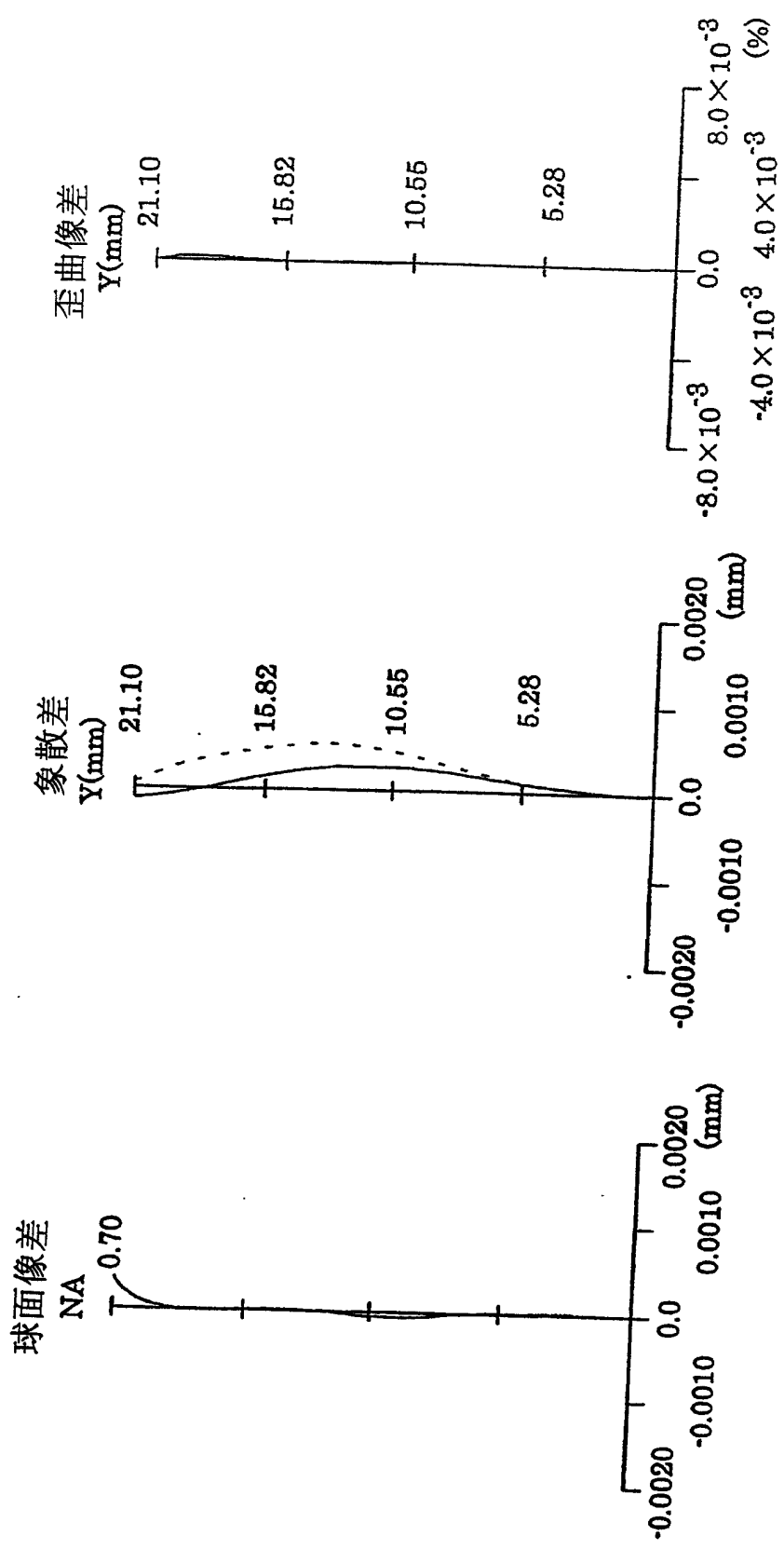


图 1 2

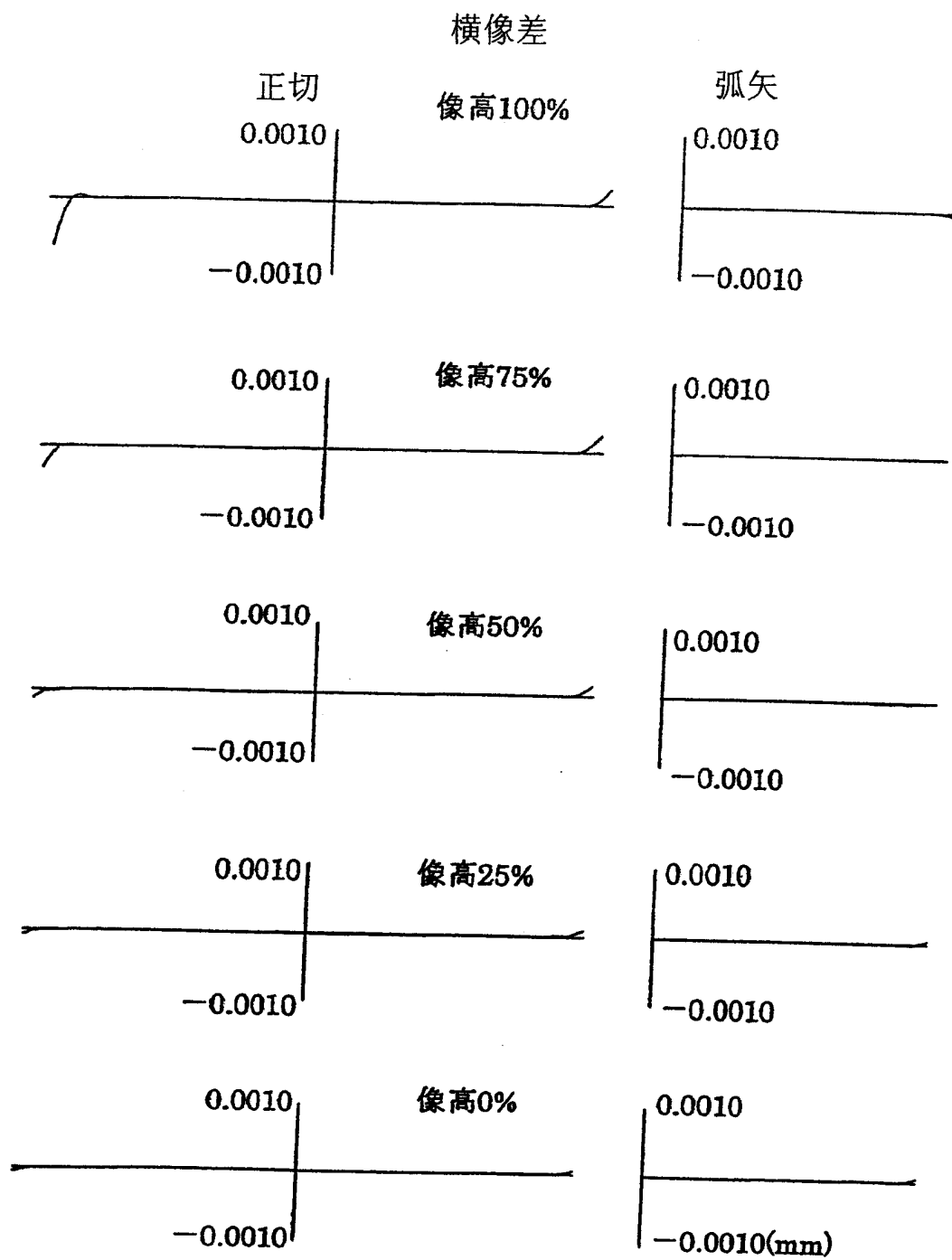


图 1 3

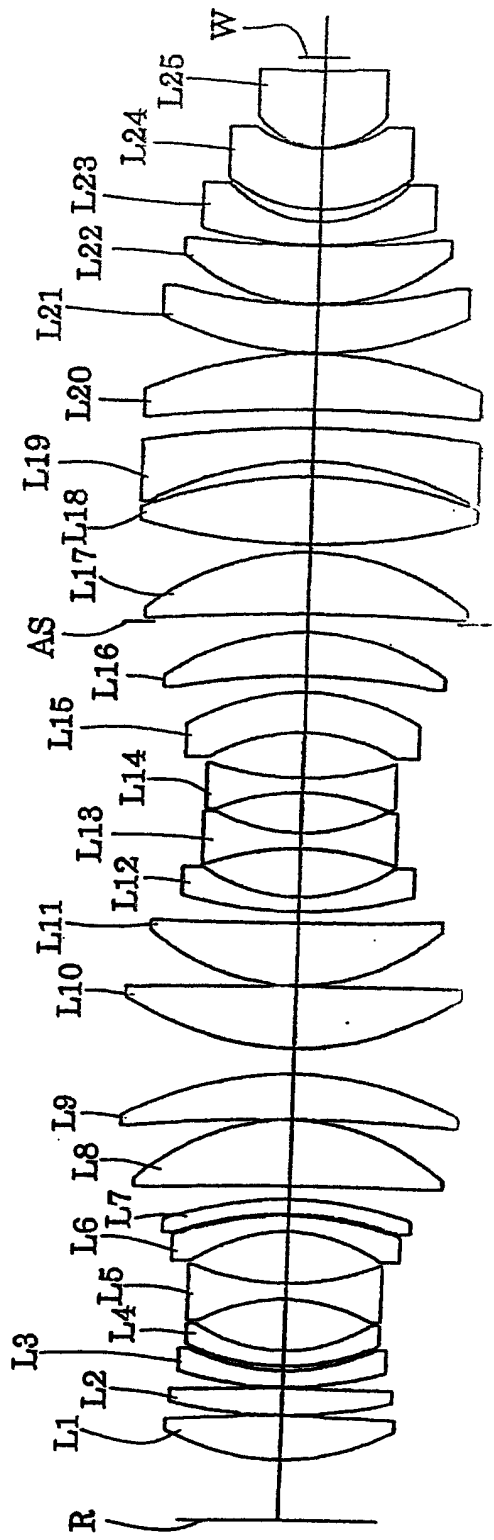


图 14

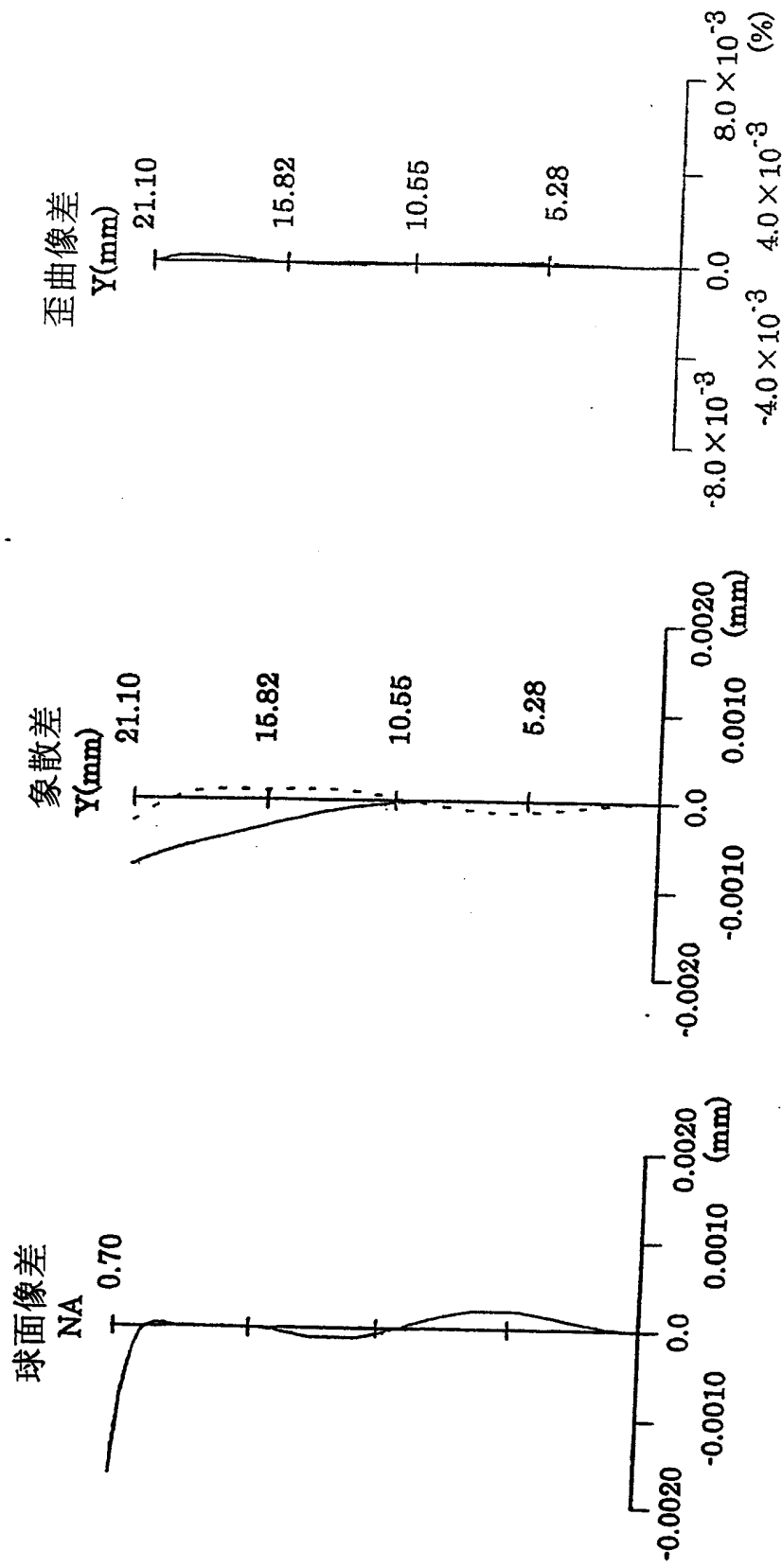


图 1 5

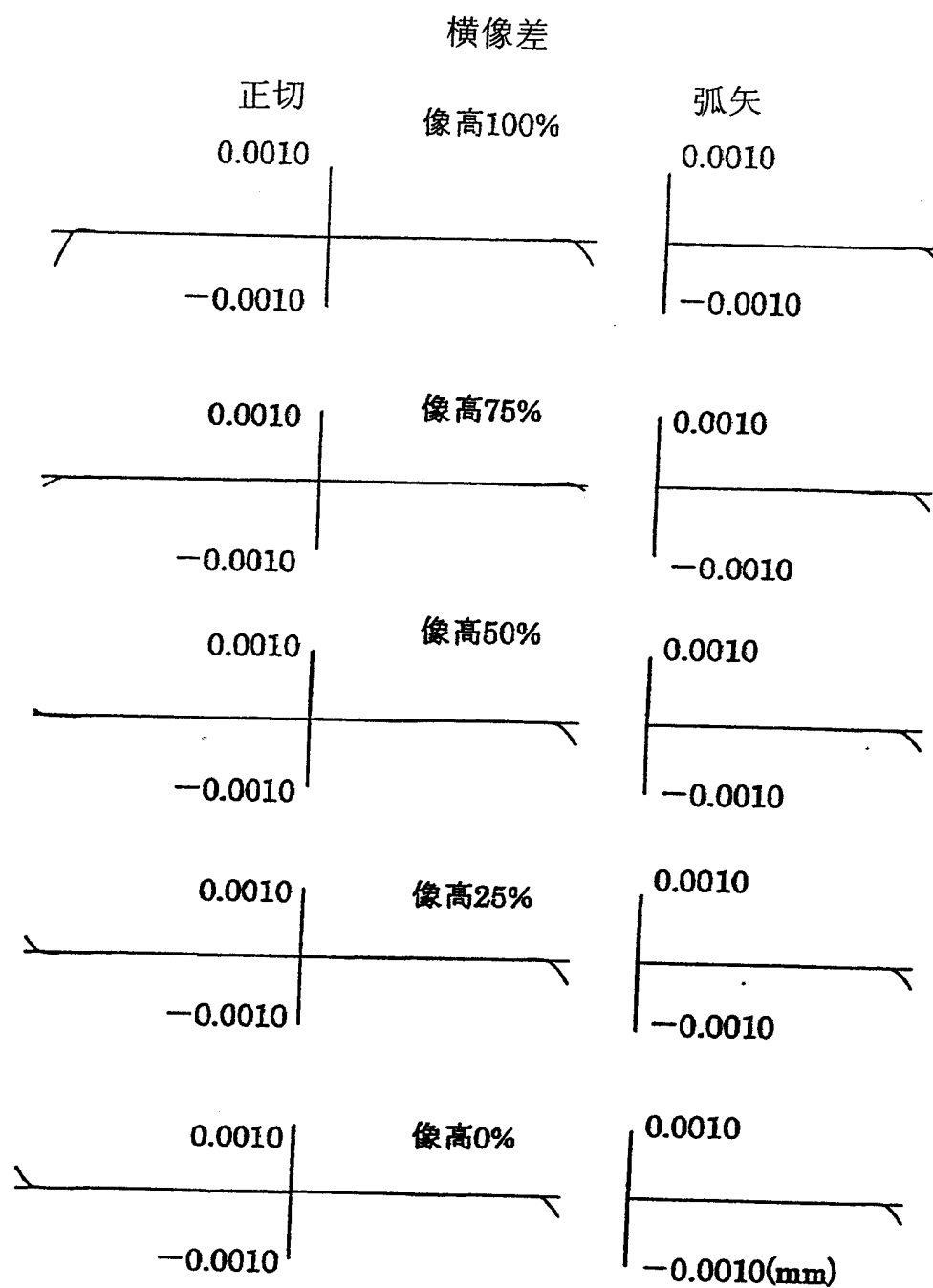


图 1 6

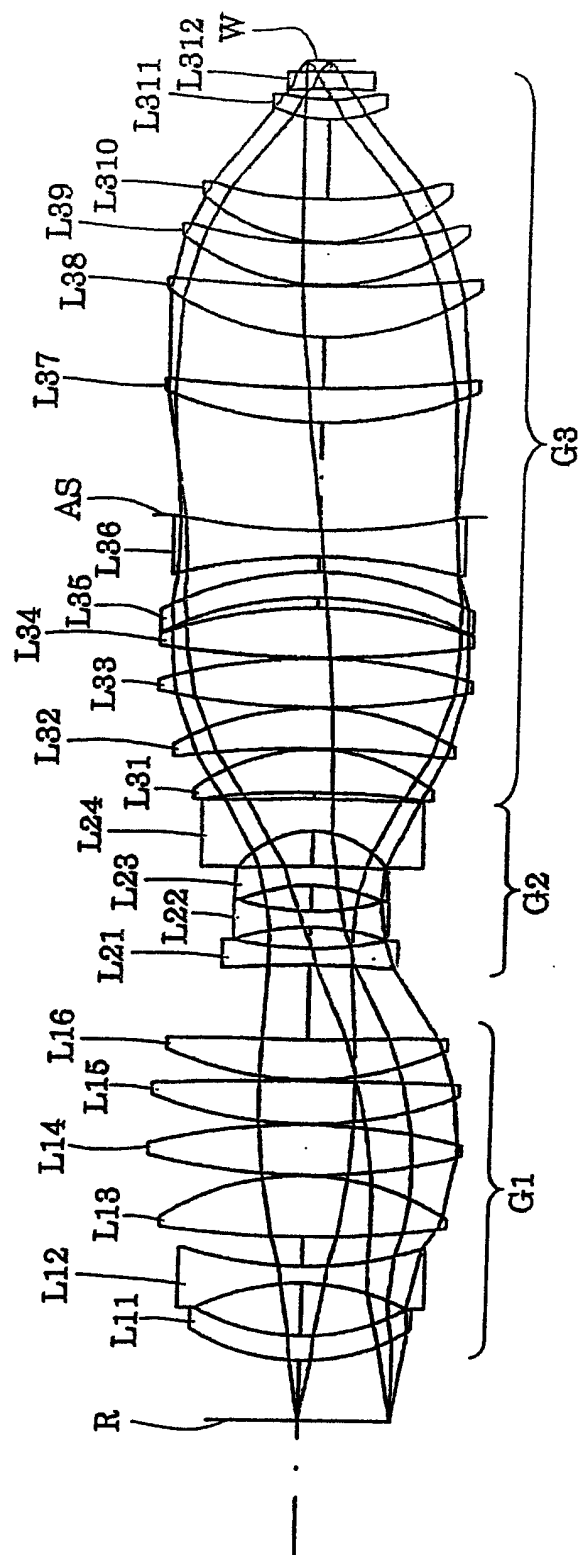


图 17

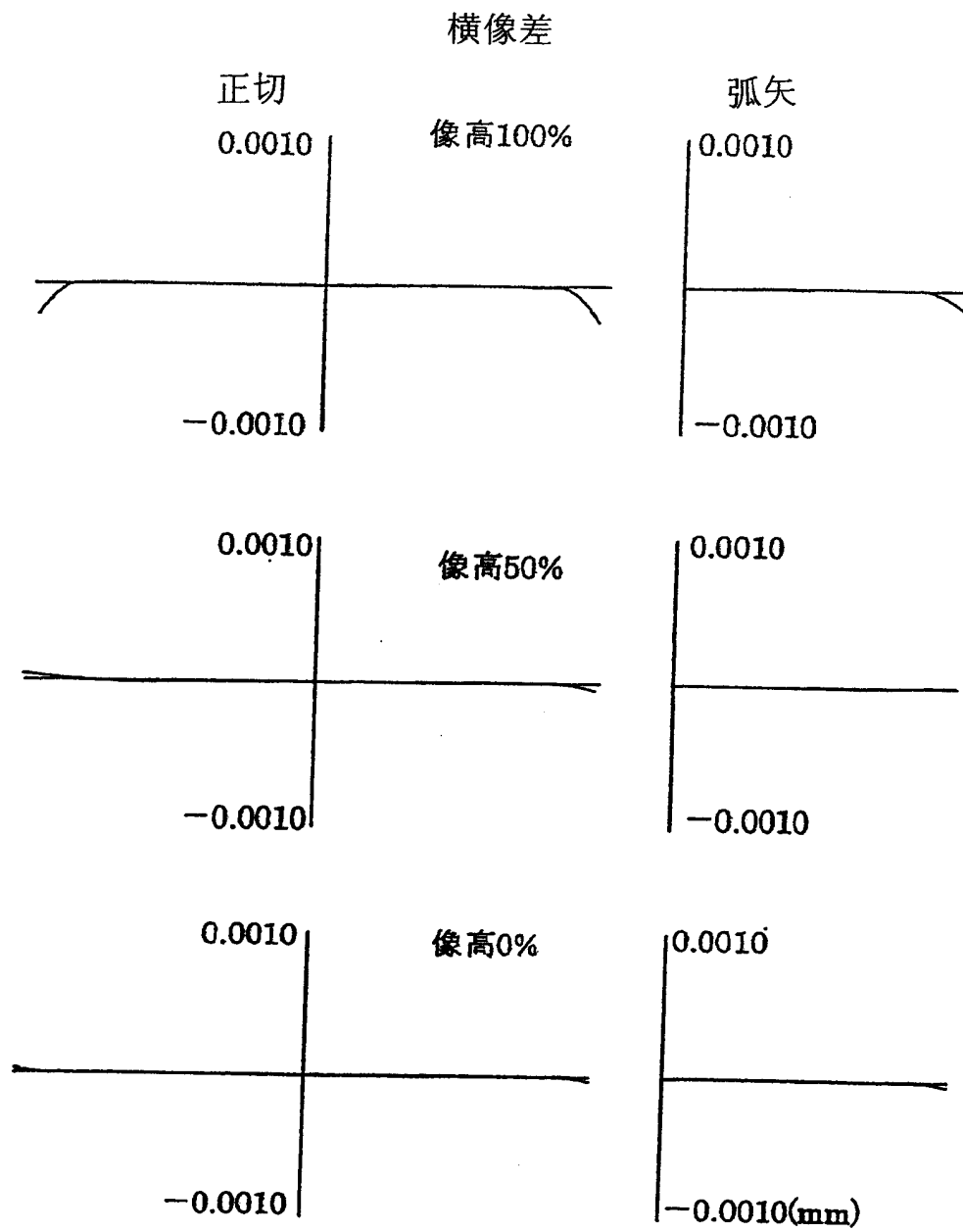


图 1 8

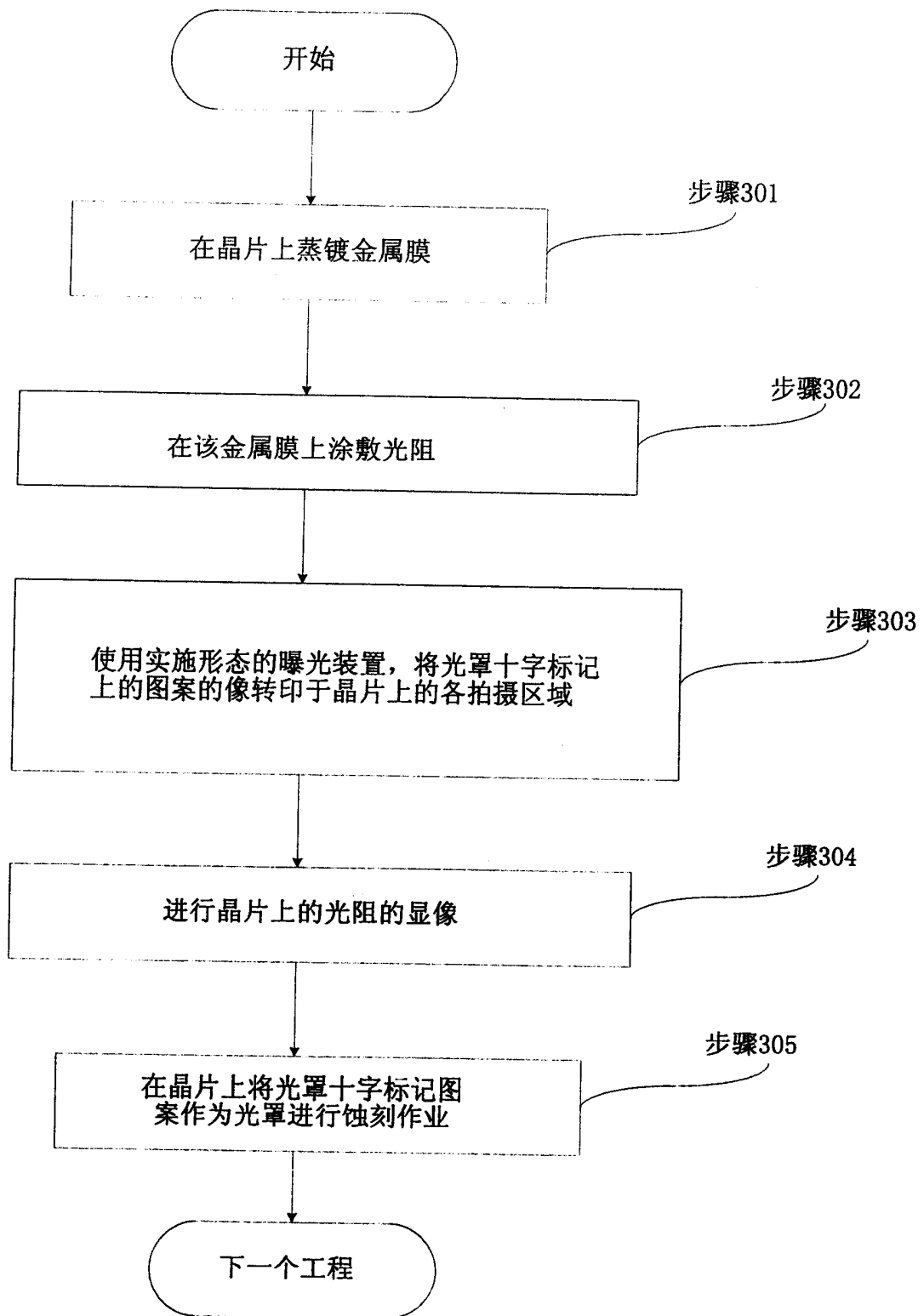


图 19

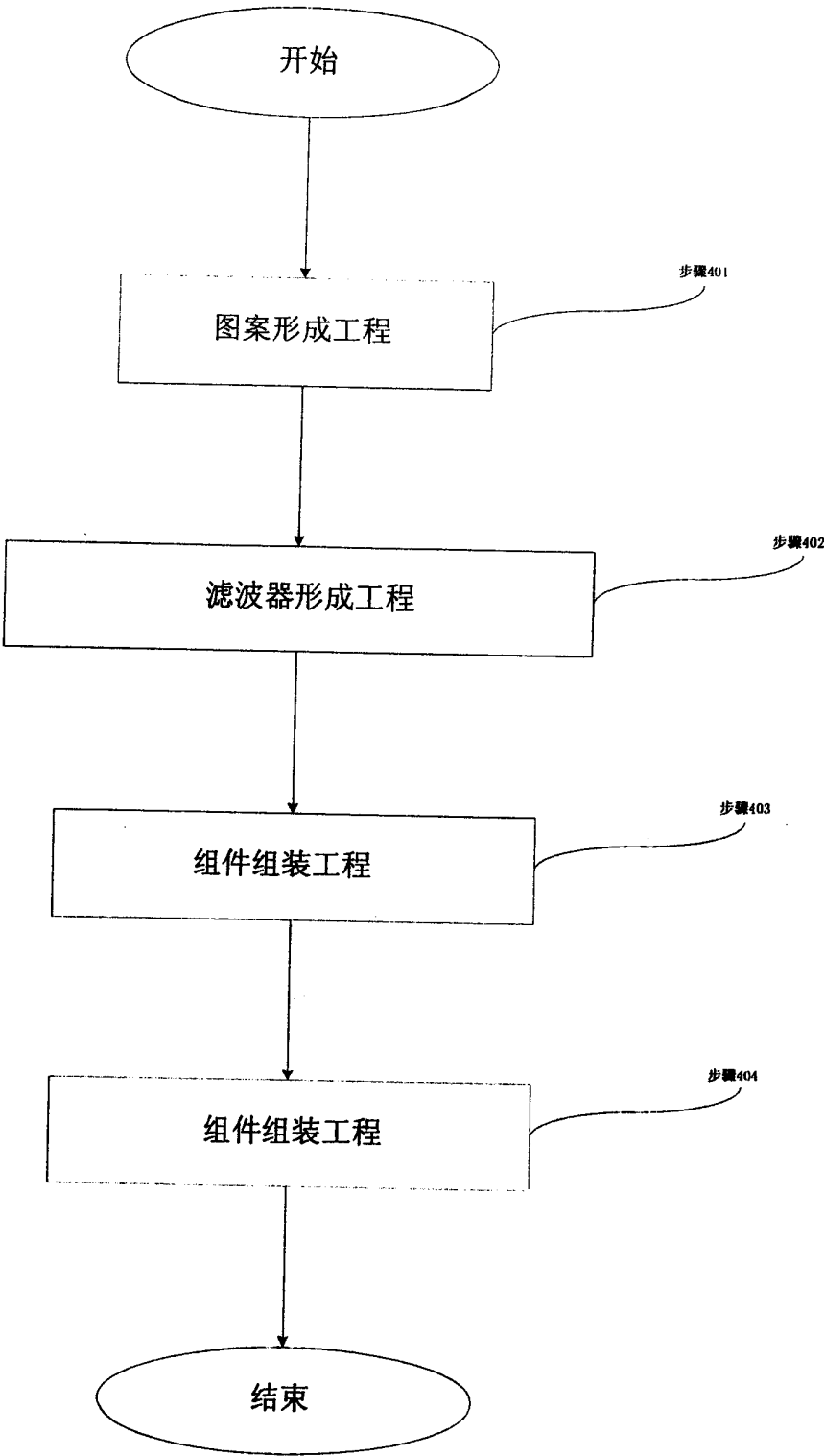


图 20