

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02B 13/18 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510113534.6

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 100541261C

[22] 申请日 2005.9.30

[21] 申请号 200510113534.6

[30] 优先权

[32] 2004.9.30 [33] JP [31] 2004-289042

[73] 专利权人 株式会社尼康

地址 日本东京

[72] 发明人 佐藤治夫 木村阳子

[56] 参考文献

US2003/0174416A1 2003.9.18

US2003/0107824A 2003.6.12

CN2607703Y 2004.3.24

CN1166606A 1997.12.3

JP63-157103A 1988.6.30

US4094585A 1978.6.13

审查员 苏志国

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 谢丽娜 车文

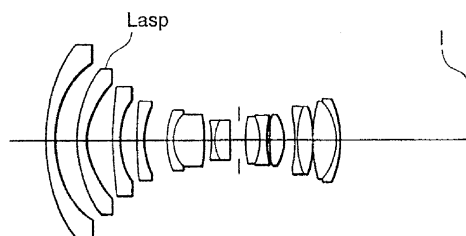
权利要求书 4 页 说明书 27 页 附图 11 页

[54] 发明名称

非球面透镜及采用它的光学仪器

[57] 摘要

本发明的目的在于提供一种具有紧凑尺寸、设计时的高度自由度、良好光学性能、以及提高的生产率和降低的制造成本的非球面透镜。该非球面透镜由衬底元件 A 和形成在衬底元件 A 上具有不同成分的元件 B 构成。衬底元件 A 与具有不同成分的元件 B 之间的界面由第一非球面表面 R_{AB} 形成，具有不同成分的元件 B 的相反于该界面的表面由比第一非球面表面 R_{AB} 具有更高制造精度的第二非球面表面 R_B 形成。



1. 一种非球面透镜，包括；
衬底元件，
形成在该衬底元件上且具有与该衬底元件不同成分的元件，
所述衬底元件与所述具有与该衬底元件不同成分的元件之间的界面由第一非球面表面形成，

所述具有与该衬底元件不同成分的元件的相反于所述界面的表面由第二非球面表面形成，

所述衬底元件的介质在 $\lambda=587.56\text{nm}$ 的d线处的折射率比所述具有与该衬底元件不同成分的元件的介质在 $\lambda=587.56\text{nm}$ 的d线处的折射率高，并且

所述衬底元件的中心部分的厚度比所述具有与该衬底元件不同成分的元件的中心部分的厚度大，以及

满足下面的条件表达式：

$$0.05000 \leq |N_a - N_b| \leq 0.50000$$

$$2.3 \leq PV_{AB}/PV_B \leq 100$$

其中 N_a 表示在 $\lambda=587.56\text{nm}$ 的d线处所述衬底元件的介质的折射率， N_b 表示在 $\lambda=587.56\text{nm}$ 的d线处所述具有与该衬底元件不同成分的元件的介质的折射率， PV_{AB} 表示所述第一非球面表面相对于设计值的制造误差的PV值，并且 PV_B 表示所述第二非球面表面相对于设计值的制造误差的PV值。

2. 依照权利要求1所述的非球面透镜，其中所述第二非球面表面具有比所述第一非球面表面更高的制造精度。

3. 依照权利要求2所述的非球面透镜，其中所述衬底元件由玻璃材料、金属材料或树脂材料制成。

4. 依照权利要求3所述的非球面透镜，其中所述具有与该衬底元

件不同成分的元件由不同于所述衬底元件的玻璃材料或树脂材料制成。

5. 依照权利要求 4 所述的非球面透镜，其中所述具有与该衬底元件不同成分的元件由用具有某个波长的光或用热能固化的树脂材料制成。

6. 依照权利要求 2 所述的非球面透镜，其中所述具有与该衬底元件不同成分的元件由不同于所述衬底元件的玻璃材料或树脂材料制成。

7. 依照权利要求 2 所述的非球面透镜，其中所述具有与该衬底元件不同成分的元件由用具有某个波长的光或用热能固化的树脂材料制成。

8. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述衬底元件由玻璃材料、金属材料或树脂材料制成。

9. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述具有与该衬底元件不同成分的元件由不同于所述衬底元件的玻璃材料或树脂材料制成。

10. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述具有与该衬底元件不同成分的元件由用具有某个波长的光或用热能固化的树脂材料制成。

11. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述第一非球面表面的设计值基本相同于所述第二非球面表面的设计值。

12. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述具有与该衬底

元件不同成分的元件在透镜有效直径内以基本相同的厚度形成。

13. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述非球面透镜具有负的近轴焦距。

14. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中满足下面的条件表达式：

$$2.8 \leq PV_{AB}/PV_B \leq 80$$

其中 PV_{AB} 表示所述第一非球面表面相对于设计值的制造误差的 PV 值，并且 PV_B 表示所述第二非球面表面相对于设计值的制造误差的 PV 值。

15. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述衬底元件形成弯月形。

16. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述非球面透镜的直径是 40mm 到 60mm。

17. 依照权利要求 1 所述的非球面透镜，其中所述衬底元件具有至少一个凹表面，并且所述具有与该衬底元件不同成分的元件形成在所述衬底元件的凹表面上。

18. 一种光学仪器，配有依照权利要求 1 所述的非球面透镜。

19. 一种非球面透镜，包括
衬底元件，
形成在衬底元件上具有与该衬底元件不同成分的元件，
所述衬底元件与所述具有与该衬底元件不同成分的元件之间的界面由第一非球面表面形成，以及
所述具有与该衬底元件不同成分的元件的相反于所述界面的表面

由比所述第一非球面表面具有更高制造精度的第二非球面表面形成，
且

满足下面的条件表达式：

$$2.3 \leq PV_{AB}/PV_B \leq 100$$

其中 PV_{AB} 表示所述第一非球面表面相对于设计值的制造误差的 PV 值，并且 PV_B 表示所述第二非球面表面相对于设计值的制造误差的 PV 值。

20. 一种单透镜反射式照相机系统，包括：

照相机主体；以及

透镜系统，该透镜系统具有依照权利要求 1 所述的非球面透镜。

21. 一种配备有依照权利要求 1 所述的非球面透镜的拍摄镜头。

22. 依照权利要求 21 所述的拍摄镜头，其中所述拍摄镜头是变焦镜头。

23. 依照权利要求 21 所述的拍摄镜头，其中所述拍摄镜头从目标侧起依次包括第一透镜组和第二透镜组。

24. 依照权利要求 23 所述的拍摄镜头，其中所述第一透镜组具有所述非球面透镜。

25. 依照权利要求 21 所述的拍摄镜头，其中最靠近目标侧透镜是所述非球面透镜。

非球面透镜及采用它的光学仪器

下列在先申请的公开内容结合在此作为参考：

2004 年 9 月 30 日提交的日本专利申请 No.2004-289042。

技术领域

本发明涉及非球面透镜及采用该非球面透镜的光学仪器。

背景技术

一般地，在借助于玻璃模制方式制造非球面透镜时，由于要模制的非球面透镜的尺寸受到所需精度的限制，因此在制造特别是较大的非球面透镜时自由度会变得很窄。另外，即使可以制造很大直径的非球面透镜，制造成本也会变得极高。而且，在借助于精细研磨或抛光方式制造非球面透镜时，除高制造成本外，在研磨凹面时还存在着结构上的难度，从而这成为设计非球面时的关键性限制。

相应地，已经提出一种复合型非球面透镜，该非球面透镜通过在球面抛光的光学衬底例如玻璃衬底上形成由树脂或其它类似物制成的、具有非球面表面的光学元件来构造。在日本专利申请公开 No.2000-227548 中已经提出配有此类非球面透镜的光学系统。然而，在这种复合型非球面透镜中，当树脂非球面表面的形状变得与球面玻璃衬底的形状很大地不同时，树脂的厚度会变大，从而制造具有高精度的非球面表面就变得很难。而且，还存在着形状的变化随着诸如温度和湿度这些环境的变化而出现过度增大的缺点。因此，不可能得到具有很大直径和很大树脂厚度的复合型非球面透镜。

在这种背景下，日本专利申请公开 No.63-157103 提出一种复合型非球面透镜，其中具有低精度的非球面表面借助于精细研磨或抛光形

成在玻璃衬底上，并且，具有高精度和基本相同厚度的树脂非球面表面形成在该非球面上。

然而，在日本专利申请公开 No.63-157103 中披露的这种复合型非球面中，为了避免形成在玻璃衬底上的低精度的非球面表面发生折射效应，将具有对应于树脂折射率的低折射率的玻璃材料用作玻璃衬底。从而，在这种技术下，由于玻璃衬底的折射率被固定为树脂的折射率，因此，设计时的自由度就受到过度的限制。

在将此类复合型非球面透镜特别是用作负透镜来设计广角镜头或超广角镜头时，由于涂覆的是具有对应于树脂材料的折射率和阿贝数（Abbe number）的玻璃材料，因此校正珀兹伐和（Petzval sum）以及横向色差变得很难。从而，还没有提出在玻璃衬底上形成非球面而使玻璃衬底与树脂材料间具有折射率差的复合型非球面表面。

发明内容

本发明是鉴于上述问题而做出的，本发明的一个目的在于提供一种尺寸紧凑、设计时很大自由度以及良好光学性能而且可以提高生产率而又降低制造成本的非球面透镜。

本发明的第一方面提供一种非球面透镜，包括；

衬底元件，

形成在该衬底元件上且具有与该衬底元件不同成分的元件，

所述衬底元件与所述的具有与该衬底元件不同成分的元件之间的界面由第一非球面表面形成，

所述的具有与该衬底元件不同成分的元件的相反于所述界面的表面由第二非球面表面形成，

所述衬底元件的介质在 $\lambda=587.56\text{nm}$ 的 d 线处的折射率比所述的具有与该衬底元件不同成分的元件的介质在 $\lambda=587.56\text{nm}$ 的 d 线处的折射率高，并且

所述衬底元件的中心部分的厚度比所述的具有与该衬底元件不同成分的元件的中心部分的厚度大, 以及

满足下面的条件表达式:

$$0.05000 \leq |N_a - N_b| \leq 0.50000$$

$$2.3 \leq PV_{AB}/PV_B \leq 100$$

其中 N_a 表示在 $\lambda = 587.56\text{nm}$ 的d线处所述衬底元件的介质的折射率, N_b 表示在 $\lambda = 587.56\text{nm}$ 的d线处所述的具有与该衬底元件不同成分的元件的介质的折射率, PV_{AB} 表示所述第一非球面表面相对于设计值的制造误差的PV值, 并且 PV_B 表示所述第二非球面表面相对于设计值的制造误差的PV值。

在本发明的一个优选实施例中, 所述第二非球面表面优选具有比所述第一非球面表面更高的制造精度。

在本发明的一个优选实施例中, 所述衬底元件优选由玻璃材料、金属材料或树脂材料制成。

在本发明的一个优选实施例中, 所述具有不同成分的元件优选由不同于所述衬底元件的玻璃材料或树脂材料制成。

在本发明的一个优选实施例中, 所述具有不同成分的元件优选由用具有某个波长的光或用热能固化的树脂材料制成。

在本发明的一个优选实施例中, 所述第一非球面表面的设计值基本相同于所述第二非球面表面的设计值。

在本发明的一个优选实施例中, 所述具有不同成分的元件优选以在透镜有效直径内的基本相同厚度形成。

在本发明的一个优选实施例中, 所述非球面透镜优选具有负的近

轴焦距。

本发明的第二方面提供一种非球面透镜，包括

衬底元件，

形成在衬底元件上且具有与该衬底元件不同成分的元件，

所述衬底元件与所述的具有与该衬底元件不同成分的元件之间的界面由第一非球面表面形成，以及

所述的具有与该衬底元件不同成分的元件的相反于所述界面的表面由比所述第一非球面表面具有更高制造精度的第二非球面表面形成，且

满足下面的条件表达式：

$$2.3 \leq PV_{AB}/PV_B \leq 100$$

其中 PV_{AB} 表示所述第一非球面表面相对于设计值的制造误差的PV值，并且 PV_B 表示所述第二非球面表面相对于设计值的制造误差的PV值。

本发明的第三方面提供一种光学仪器，配有如上所述的非球面透镜。

本发明的第四方面提供了一种单透镜反射式照相机系统，包括：

照相机主体；以及

透镜系统，该透镜系统具有依照如上所述的非球面透镜。

本发明的第五方面提供了一种配备有如上所述的非球面透镜的拍摄镜头。

本发明的其它特点和优点可以从下面结合附图的优先实施例的详细描述容易地理解。

附图说明

图 1 是示出配有依照本发明实施例 1 的非球面透镜的超广角镜头的镜头结构的视图；

图 2 示意性示出依照本发明的非球面透镜；

图 3A 和 3B 是示出配有依照本发明实施例 1 的非球面透镜的超广角镜头在以全开孔径聚焦在无穷远处时，由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图，其中图 3A 示出弧矢图像面的 MTF，图 3B 示出子午线 (meridional) 图像面的 MTF；

图 4 是示出配有依照本发明实施例 2 的非球面透镜以及在变焦时每个透镜组的移动轨道 (trajectory) 的变焦镜头系统的镜头结构；

图 5A 和 5B 是示出配有依照本发明实施例 2 的非球面透镜的变焦镜头系统在广角端状态以全开孔径聚焦在无穷远处时，由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图，其中图 5A 示出弧矢图像面 (曲线图中示出的弧矢图像) 的 MTF，图 5B 示出子午线图像面 (曲线图中示出的子午线图像) 的 MTF；

图 6A 和 6B 是示出配有依照本发明实施例 2 的非球面透镜的变焦镜头系统在摄远端状态以全开孔径聚焦在无穷远处时，由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图，其中图 6A 示出弧矢图像面的 MTF，图 6B 示出子午线图像面的 MTF；

图 7 是示出配有依照本发明实施例 3 的非球面透镜的超广角镜头的镜头结构的视图；

图 8A 和 8B 是示出配有依照本发明实施例 3 的非球面透镜的超广角镜头在以全开孔径聚焦在无穷远处时，由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图，其中图 8A 示出弧矢图像面 (曲线图中示出的弧矢图像) 的 MTF，图 8B 示出子午线图像面 (曲线图中示出的子午线图像) 的 MTF；

图 9 是示出配有依照本发明实施例 4 的非球面透镜的超广角镜头

的镜头结构的视图；

图 10A 和 10B 是示出配有依照本发明实施例 4 的非球面透镜的超广角镜头在以全开孔径聚焦在无穷远处时，由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图，其中图 10A 示出弧矢图像面（曲线图中示出的弧矢图像）的 MTF，图 10B 示出子午线图像面（曲线图中示出的子午线图像）的 MTF；

图 11 是示出配有依照本发明实施例 1 的超广角镜头的单透镜反射式照相机的视图。

具体实施方式

首先，说明本发明的非球面透镜的基本性质。

本发明的非球面透镜包括衬底元件例如玻璃透镜或其类似物，和形成在衬底元件上、具有与衬底元件不同成分例如树脂或其类似物的元件。以下，衬底元件被称作“衬底元件 A”，具有与衬底元件不同成分的元件被称作“元件 B”。

在本发明的非球面透镜中，可以在对制造要求不高的技术下制造的具有低精度的第一非球面形成在衬底元件 A 相对于元件 B 的界面上，换句话说，形成在衬底元件 A 的表面上，具有比第一非球面更高精度的第二非球面形成在元件 B 上相反于元件 B 的该界面。

在本发明的非球面透镜中，衬底元件 A 与元件 B 之间的折射率差被设定为下面详细描述的最佳值。在这种情形下，衬底元件 A 与元件 B 之间的折射率差可以被设定为较大的值意味着设计时的自由度可以显著地增加。

在元件 B 被成形为基本相同的厚度时，形成具有高精度的第二非球面变得很容易，从而由诸如温度、湿度或其它类似的环境变化引起

的形状变化变得很小，可以忽略不计。相应地，就可以实现能以相对低的成本容易地大量制造但具有高制造精度的大直径非球面透镜。

为了最佳地获得上述效果，优选地，依照本发明的非球面透镜是由玻璃和树脂材料制成的所谓复合型非球面透镜，在这种非球面透镜中，具有以高制造精度加工的第二非球面表面的紫外固化树脂或热固化树脂形成在具有以借助于精细研磨或抛光方式的低制造精度加工的第一非球面表面的玻璃衬底上。

下面说明本发明的条件表达式。

在本发明由衬底元件和形成在衬底元件上、具有不同成分的元件构成的非球面透镜中，衬底元件与具有不同成分的元件之间的界面由第一非球面形成。具有不同成分的元件的相反于该界面的表面由制造精度比第一非球面更高的第二非球面形成。其满足下面的条件表达式(1)：

$$0.05000 \leq |N_a - N_b| \leq 0.50000 \quad (1)$$

其中 N_a 表示在 d 线 ($\lambda = 587.56\text{nm}$) 处衬底元件的介质的折射率， N_b 表示在 d 线 ($\lambda = 587.56\text{nm}$) 处具有不同成分的元件的介质的折射率。

条件表达式(1)用以最佳地实现上述增加设计时的自由度的效果。当 $|N_a - N_b|$ 的值超出条件表达式(1)的上限时，衬底元件 A 的折射率 N_a 与元件 B 的折射率 N_b 之间的差变得过大，从而会超出容差的界限。因此，在大量制造非球面透镜时确保光学性能就变得很难。另一方面，在折射率差过大的情形中，当衬底以足以确保光学性能的精度用非球面形成时，制造成本会变得过大，从而不太适合应用于本发明。

当条件表达式(1)的上限被设定为 0.4 时，可以获得更高的光学性能、增加的生产率以及较大缩减的成本。而且，当条件表达式(1)

的上限被设定为 0.3 时，可以预期本发明的最佳效果。

另一方面，当 $|N_a - N_b|$ 的值落在条件表达式(1)的下限之下时，衬底元件 A 的折射率 N_a 与元件 B 的折射率 N_b 之间的差变得过小。在这种情形中，虽然形成在衬底元件 A 上的非球面表面的精度可能会降低，但是衬底元件 A 的折射率却不能很好地利用设计参数。因此，基本的设计性能变得很低，从而这是不期望的。

如在下面的各个实施例中所示的，当本发明的非球面透镜应用于设置在大视角的超广角镜头或超广角变焦镜头的目标侧的所谓前负透镜时，为了较好地校正珀兹伐和、畸变、像散、视场曲率及其它，在设计时优选将折射率约为 1.65 至 1.90 的玻璃材料用作前负透镜的玻璃材料。当紫外固化树脂用作元件 B 时，折射率 n_d 大约为 1.4 至 1.55。从而，当衬底元件 A 与元件 B 的折射率被设定在条件表达式(1)的范围内时，实现良好光学性能、增加的生产率、减少的制造成本以及紧凑的光学系统就变得可能。

当条件表达式(1)的下限被设定为 0.1 时，可以获得更高的光学性能、增加的生产率，极轻的重量以及较大缩减的成本。而且，当条件表达式(1)的下限被设定为 0.13 时，可以预期本发明的最佳效果。如在后面的实施例中所示的，为了确保较好的光学性能，优选将下限设定为这些值。

作为衬底元件 A，可以应用玻璃衬底、树脂衬底以及金属反射镜。作为元件 B，可以应用树脂材料、超低熔点玻璃或其它类似物。

作为能使本发明的非球面透镜最佳地实现上述效果的非球面透镜制造方法，最适宜的是采用所谓的直压法以相对较低的制造精度（对应于后面各个实施例中示出的 PV_{AB} 的精度级）制造玻璃模制非球面透镜（对应于衬底元件 A），并将具有高制造精度的非球面表面的紫外

固化树脂或热固化树脂（对应于元件 B）形成在玻璃模制非球面透镜。

或者，最适宜的是借助于所谓的切割抛光方式以相对较低的制造精度（对应于后面各个实施例中示出的 PV_{AB} 的精度级）制造非球面透镜（对应于衬底元件 A），并类似于上述方法形成具有高制造精度的非球面表面的紫外固化树脂或热固化树脂（对应于元件 B）。

现在，说明非球面表面的制造误差。通常将非球面表面的制造误差分为数字误差（figure error）和形状精度进行讨论。数字误差对应于牛顿环的数目，计算方式为，由制造的非球面表面估算出近似的非球面表面，近似的非球面表面与设计的非球面表面之间的屈光力的差对应于该数字误差。形状精度是近似的非球面表面与制造出的非球面表面的每个测量值之间的差。PV 值（等于峰值 P 与谷值 V 之间的差）指的是形状精度的最大值。举例来说，在用玻璃模制制造的非球面透镜中，PV 值正比于透镜直径地变得更差。一般地，在用玻璃模制制造的直径为大约 40 至 60mm 的非球面透镜中，当用 PV 值表示的形状精度约为 $0.1\mu\text{m}$ 级时，就需要适用高级的制造方法。另一方面，当用 PV 值表示的形状精度约为 $1\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 级时，可以以低成本容易地适用普通的制造方法。

在本发明的非球面透镜中，优选满足下面的条件表达式（2）：

$$PV_{AB}/PV_B \leq 300 \quad (2)$$

其中 PV_{AB} 表示用 PV 值表示的第一非球面表面相对于设计值的制造误差， PV_B 表示用 PV 值表示的第二非球面表面相对于设计值的制造误差。

条件表达式（2）确定了形成在衬底元件 A 上的、用 PV 值表示的第一非球面表面的制造误差相对于形成在元件 B 上的、用 PV 值表示的第二非球面表面的制造误差的适宜范围，以便同时实现光学性能良好、光学系统紧凑、生产率提高以及制造成本降低。

当 PV_{AB}/PV_B 比超过条件表达式 (2) 的上限时, 即使采用由条件表达式 (1) 确定的玻璃材料, 形成在衬底元件 A 上的非球面表面的形状精度也会变得极低, 因此, 形成在衬底元件 A 上的非球面表面的制造误差就不能忽略。

当条件表达式 (2) 的上限被设定为 100 时, 可以达到生产率更高、制造成本降低以及紧凑的光学系统。而且, 当条件表达式 (2) 的上限被设定为 80 时, 可以预期达到本发明的最佳效果。

在本发明的非球面透镜中, 优选将条件表达式 (2) 的下限设定为 2 或更大。

另一方面, 当 PV_{AB}/PV_B 比低于条件表达式 (2) 的下限时, 形成在衬底元件 A 上的非球面表面的形状精度会变得很高。如上所述, 本发明的目的在于同时实现光学性能良好、光学系统紧凑、生产率提高以及制造成本降低。然而, 形成在衬底元件 A 上的非球面表面的形状精度变高是不期望的, 这是因为这会丧失生产率提高和制造成本降低的优势。

当条件表达式 (2) 的下限被设定为 2.3 或更大时, 可以达到生产率更高和紧凑的光学系统。当条件表达式 (2) 的下限被设定为 2.8 或更大时, 可以预期达到本发明的最佳效果。

在本发明的非球面透镜中, 优选地是形成在衬底元件 A 上的第一非球面表面的设计值与形成在元件 B 上的第二非球面表面的设计值大致相同。这意味着元件 B 在透镜的有效直径范围内是以大致相同的厚度形成的, 从而高精度地进行制造就变得很容易。而且, 由诸如温度、湿度以及其它的环境改变引起的形状变化变得很小, 可以忽略, 从而就可能较容易地提高在元件 B 上形成的非球面表面的形状精度。相应

地，以高精度和低制造成本容易地制造出较大的非球面透镜变得可能。

另外，当本发明的非球面透镜被构造具有负近轴焦距时，可以预期达到本发明的最佳效果。

下面，参看附图说明配有依照本发明每个实施例的非球面透镜的每个光学系统以及采用该光学系统的光学仪器。

<实施例 1>

图 1 是示出配有依照本发明实施例 1 的非球面透镜的超广角镜头的镜头结构的视图。图 2 示意性示出依照本发明的非球面透镜。

在图 1 示出的超广角镜头中，本发明应用于从目标侧起的第二个透镜元件 L_{asp} 。如图 2 所示，透镜元件 L_{asp} 包括由负弯月形透镜 A（衬底元件 A）和树脂层 B（元件 B）构成的复合型非球面透镜，其中负弯月形透镜 A 具有面对目标的凸表面和以低制造精度形成在凹表面上的非球面表面 R_{AB} ，树脂层 B 形成在透镜 A 的图像侧，具有基本相同的厚度，并具有以高制造精度制造的面对图像的非球面表面 R_B 。顺便提及，上述结构的透镜 L_{asp} 普遍用在适用本发明的非球面透镜的每个实施例中。

而且，从目标侧的第四个透镜是由玻璃和树脂材料制成的普通复合型非球面透镜。

与依照实施例 1 的超广角镜头有关的各个值示出在表 1 中。

在〔规格〕中， f 表示焦距， 2ω 表示视角（单位：度）， FNO 表示 f 数。

在〔透镜数据〕中，第一列示出从目标侧顺序算起的透镜表面的

表面数， r_i 表示从目标侧算起第 i 个透镜表面 R_i 的曲率半径， d_i 表示透镜表面 R_i 与透镜表面 R_{i+1} 之间沿光轴的距离， v_i 表示在 d 线 ($\lambda=587.56\text{nm}$) 处透镜表面 R_i 与透镜表面 R_{i+1} 之间介质的阿贝数，以及 n_i 表示在 d 线 ($\lambda=587.56\text{nm}$) 处透镜表面 R_i 与透镜表面 R_{i+1} 之间介质的折射率。 Bf 表示后焦距。顺便提及， $r=0.0000$ 表示平面。空气的折射率=1.000000 被忽略。

在本发明的每个实施例中，非球面系数被示出为以下式表示的非球面表面。

$$\begin{aligned} S(y) = & (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa y^2/R^2)^{1/2}\} \\ & + C3 \cdot |y|^3 + C4 \cdot y^4 + C6 \cdot y^6 \\ & + C8 \cdot y^8 + C10 \cdot y^{10} + C12 \cdot y^{12} + C14 \cdot y^{14} \\ & + A(1 - \cos(2 \pi y/T)) \end{aligned}$$

其中 y 表示距光轴的高度， $S(y)$ 表示沿光轴从非球面表面顶点处的切线到高度 y 处的非球面表面之间的距离 (sag 量)， R 表示参考曲率半径 (近轴曲率半径)， κ 表示锥形系数，以及 C_n 表示第 n 阶非球面系数， A 表示非球面表面的形状精度的幅度， T 表示形状精度的周期。

在该非球面表达式， $A(1 - \cos(2 \pi y/T))$ 是采用周期函数简单估计非球面表面其制造误差的形状精度的项。在本发明的每个实施例中，非球面表面的形状精度采用这个函数来产生，并且讨论 MTF (调制传递函数) 的减小。在 [透镜数据] 中示出的余弦函数的 “ A ” 和 “ T ” 是表示非球面表面的形状精度的项。

非球面表面用表面数附带的星号 (*) 表示。在 [非球面数据] 中，“ $E-n$ ” 表示 “ 10^{-n} ”。

在这些具有各个值的表格中，“mm” 通常用作诸如焦距、曲率半径以及光学表面间间隙的长度单位。然而，由于按比例扩大或减小尺寸的光学系统也可以获得类似的光学性能，因此该长度单位并不必仅

仅局限于“mm”，而是可以采用任何其它适合的单位。在其它实施例中，参考符号的说明与此相同。

表 1

[规格]

f= 9.6

2ω= 112.9°

FNO= 2.8

[透镜数据]

	r	d	v	n
1)	46.021	3.00	42.72	1.83481
2)	29.874	6.55		
3)	33.500	2.47	49.52	1.74443
4*)	13.772	0.03	38.09	1.55389 (Lasp)
5*)	13.772	8.50		
6)	163.146	2.00	65.47	1.60300
7)	23.114	4.87		
8*)	37.114	0.50	38.09	1.55389
9)	181.741	1.80	49.61	1.77250
10)	22.751	6.91		
11)	25.470	1.80	42.72	1.83481
12)	11.762	9.47	34.47	1.63980
13)	-33.113	2.05		
14)	-71.189	1.31	42.72	1.83481
15)	10.601	4.79	34.47	1.63980
16)	-62.129	2.50		
17>	0.000	2.50	孔径光阑	
18)	54.894	4.07	41.42	1.57501
19)	-13.690	2.00	42.72	1.83481
20)	37.498	0.53		

21)	34.587	4.28	64.10	1.51680
22)	-14.289	3.50		
23)	-58.212	0.80	42.72	1.83481
24)	29.361	4.99	82.52	1.49782
25)	-24.803	0.10		
26)	52.219	7.00	82.52	1.49782
27)	-16.177	1.00	37.16	1.83400
28)	-25.249	39.58		

[非球面数据]

表面数 4 (Lasp)

$\kappa = -0.5636$

$C4 = 7.84270E-06$

$C6 = -5.71790E-08$

$C8 = -1.74450E-10$

$C10 = 4.13950E-13$

余弦函数: $A=0.0100$, $T=17.99$

表面数 5

$\kappa = -0.5636$

$C4 = 7.84270E-06$

$C6 = -5.71790E-08$

$C8 = -1.74450E-10$

$C10 = 4.13950E-13$

表面数 8

$\kappa = -2.4604$

$C4 = -6.08040E-05$

$C6 = -3.80430E-08$

$C8 = -8.53170E-10$

$C10 = 6.47390E-12$

[条件表达式的值]

$PV_B = 0.001$ (由 $A=0.0005$, $T=16.5$ 计算出的 MTF 的减小大致与

后面的情形相同 ($PV_{AB}=0.020$)。)

$PV_{AB}=0.020$ (由 $A=0.0100$, $T=16.5$ 计算出的 MTF 的减小大致与前面的情形相同 ($PV_B=0.001$)。)

(1): $Na-Nb=0.19054$

(2): $PV_{AB}/PV_B=20.0$

此处,将在下面的描述中说明产生非球面表面的形状精度的模拟结果。

图 3A 和 3B 是示出配有依照本发明实施例 1 的非球面透镜的超广角镜头在以全开孔径聚焦在无穷远处时,由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图,其中图 3A 示出弧矢图像面的 MTF,图 3B 示出子午线 (meridional) 图像面的 MTF。

在每个曲线图中,设计值表示在上述周期函数 $A(1-\cos(2\pi y/T))$ 不存在的状态,换句话说不存在制造误差下的设计 MTF 值。

在每个曲线图中, PV_{AB} 表示在对应于周期函数 $A(1-\cos(2\pi y/T))$ 的制造误差产生于形成在负弯月透镜 A 上的非球面表面 R_{AB} 上的情形中的 MTF 值。

在每个曲线图中, PV_B 表示在由玻璃材料和树脂材料构造的复合型非球面透镜用具有与复合型非球面表面相同的非球面表面的玻璃非球面透镜替代,并且对应于周期函数 $A(1-\cos(2\pi y/T))$ 的制造误差的量产生于非球面表面上的情形中的 MTF 值。

在这种情形下,当折射率的差大约为 $Na-Nb=0.19054$ 时,图中示出以幅度 A 表示的制造误差的容差大约为 $10\mu\text{m}$ 。相应地,以 PV 值表示的形状精度的容差大约为 $20\mu\text{m}$ 。从图 3A 和 3B 示出的模拟结果可

以明显看出，很容易证实本发明具有巨大的效果。

<实施例 2>

图 4 是示出配有依照本发明实施例 2 的非球面透镜以及在变焦时每个透镜组的移动轨道（trajectory）的变焦镜头系统的镜头结构。

如图 4 所示，依照本发明实施例 2 的变焦镜头系统是所谓的负—正两组变焦镜头，由从目标侧依次的负透镜组和正透镜组构成。在实施例 2 中，在以下三个透镜内包含有非球面表面：最靠近目标侧的透镜；从目标侧起为由玻璃材料和树脂材料构成的复合型非球面透镜的第三个透镜；以及为玻璃非球面透镜的最靠近图像侧的透镜。在实施例 2 中，本发明应用于最靠近目标侧的透镜 Lasp。

与配有依照本发明实施例 2 的非球面透镜的变焦镜头系统有关的各个值示出在表 2。

表 2

[规格]

	W	T
f=	12.3	23.3
2ω=	98.8°	62.0°
FNO=	4	

[透镜数据]

	r	d	v	n
1*)	78.092	2.00	49.55	1.74443
2*)	19.627	0.03	38.09	1.55389 (Lasp)
3*)	19.627	16.65		
4)	242.623	5.00	40.75	1.58144
5)	-65.892	1.50	49.61	1.77250
6)	16.100	0.10	38.09	1.55389

7*)	16.226	4.80		
8)	23.329	4.00	27.51	1.75520
9)	94.104	d9		
10)	30.681	0.90	52.67	1.74100
11)	16.891	3.00	45.79	1.54814
12)	-82.956	3.43		
13>	0.000	1.00	孔径光阑	
14)	-4845.745	9.00	82.52	1.49782
15)	-11.960	1.35	46.58	1.80400
16)	-24.952	6.95		
17)	774.899	0.90	39.59	1.80440
18)	20.088	6.50	82.52	1.49782
19)	-15.314	1.00		
20*)	-19.829	2.00	57.44	1.60602
21*)	-23.826	Bf		

[非球面数据]

表面数 1

$\kappa =$ -13.9624
 $C4 =$ 7.03860E-07
 $C6 =$ 1.23420E-10
 $C8 =$ 2.35070E-13
 $C10 =$ 4.78750E-16
 $C12 =$ 0.13662E-18

表面数 2 (Lasp)

$\kappa =$ -0.6055
 $C3 =$ 0.26968E-04
 $C4 =$ -4.77700E-06
 $C6 =$ -3.12450E-09
 $C8 =$ 1.23680E-12
 $C10 =$ 3.39710E-15

C12= 0.16057E-16

C14= 0.41171E-20

余弦函数: A=0.010, T=21.82

表面数 3

$\kappa = -0.6055$

C3= 0.26968E-04

C4= -4.77700E-06

C6= -3.12450E-09

C8= 1.23680E-12

C10= 3.39710E-15

C12= 0.16057E-16

C14= 0.41171E-20

表面数 7

$\kappa = 0.3414$

C3= 0.25582E-04

C4= 3.67940E-05

C6= -6.97010E-08

C8= 7.16180E-10

C10= -3.18200E-12

C12= 0.19011E-16

C14= 0.32012E-17

表面数 20

$\kappa = 1.4732$

C3= 0.37935E-05

C4= -3.87640E-06

C6= -6.02020E-08

C8= -9.02410E-10

C10= -1.90620E-12

表面数 21

C3= -0.81158E-06

C4= -1.91950E-06

C6= -7.62310E-08

C8= -3.70540E-10

C10= -4.03920E-12

[可变距离]

	W	M	T
f=	12.300	18.000	23.300
d9=	25.878	9.804	1.914
Bf=	37.966	48.367	58.026

[条件表达式的值]

$PV_B = 0.001$ (由 $A = 0.0005$, $T = 18.0$ 计算出的 MTF 的减小大致与后面的情形相同 ($PV_{AB} = 0.004$)。)

$PV_{AB} = 0.004$ (由 $A = 0.0020$, $T = 18.0$ 计算出的 MTF 的减小大致与前面的情形相同 ($PV_B = 0.001$)。)

(1) : $Na-Nb = 0.19054$

(2) : $PV_{AB}/PV_B = 4.0$

此处, 将在下面的描述中说明产生非球面表面的形状精度的模拟结果。

图 5A 和 5B 是示出配有依照本发明实施例 2 的非球面透镜的变焦镜头系统在广角端状态以全开孔径聚焦在无穷远处时, 由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图, 其中图 5A 示出弧矢图像面 (曲线图中示出的弧矢图像) 的 MTF, 图 5B 示出子午线图像面 (曲线图中示出的子午线图像) 的 MTF。

图 6A 和 6B 是示出配有依照本发明实施例 2 的非球面透镜的变焦镜头系统在摄远端状态以全开孔径聚焦在无穷远处时, 由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而

引起的 MTF 的降级的曲线图，其中图 6A 示出弧矢图像面的 MTF，图 6B 示出子午线图像面的 MTF。

在这种情形下，当折射率的差大约为 $N_a-N_b=0.19054$ 时，图中示出以幅度 A 表示的制造误差的容差大约为 $10\mu\text{m}$ 。相应地，形状精度的容差显著减小。从图 5A、5B、6A 和 6B 示出的模拟结果可以明显看出，很容易证实本发明具有巨大的效果。

<实施例 3>

图 7 是示出配有依照本发明实施例 3 的非球面透镜的超广角镜头的镜头结构的视图。

图 7 中示出的超广角镜头具有与实施例 1 的超广角镜头基本相同的结构，本发明应用于从目标侧起的第二个透镜 Lasp。

与配有依照本发明实施例 3 的非球面透镜的变焦镜头系统有关的各个值示出在表 3 中。

表 3

[规格]

f= 9.6

$2\omega=$ 112.9°

FNO= 2.8

[透镜数据]

	r	d	v	n	
1)	46.0209	3.00	42.72	1.83481	
2)	29.8742	6.55			
3)	33.4995	2.47	49.52	1.74443	
4*)	13.7722	0.03	53.22	1.69350	(Lasp)
5*)	13.7722	8.50			

6)	163.1457	2.00	65.47	1.60300
7)	23.1139	4.87		
8*)	37.1136	0.50	38.09	1.55389
9)	181.7413	1.80	49.61	1.77250
10)	22.7507	6.91		
11)	25.4702	1.80	42.72	1.83481
12)	11.7615	9.47	34.47	1.63980
13)	-33.1129	2.05		
14)	-71.1891	1.31	42.72	1.83481
15)	10.6009	4.79	34.47	1.63980
16)	-62.1288	2.50		
17>	0.0000	2.50	孔径光阑	
18)	54.8944	4.07	41.42	1.57501
19)	-13.6904	2.00	42.72	1.83481
20)	37.4980	0.53		
21)	34.5873	4.28	64.10	1.51680
22)	-14.2889	3.50		
23)	-58.2123	0.80	42.72	1.83481
24)	29.3607	4.99	82.52	1.49782
25)	-24.8031	0.10		
26)	52.2185	7.00	82.52	1.49782
27)	-16.1773	1.00	37.16	1.83400
28)	-25.2494	39.58		

[非球面数据]

表面数 4 (Lasp)

$\kappa = -0.5636$

$C4 = 7.84270E-06$

$C6 = -5.71790E-08$

$C8 = -1.74450E-10$

$C10 = 4.13950E-13$

余弦函数: $A=0.010$, $T=17.99$

表面数 5

$\kappa = -0.5636$

$C4 = 7.84270E-06$

$C6 = -5.71790E-08$

$C8 = -1.74450E-10$

$C10 = 4.13950E-13$

表面数 8

$\kappa = -2.4604$

$C4 = -6.08040E-05$

$C6 = -3.80430E-08$

$C8 = -8.53170E-10$

$C10 = 6.47390E-12$

[条件表达式的值]

$PV_B = 0.001$ (由 $A=0.0005$, $T=16.5$ 计算出的 MTF 的减小大致与后面的情形相同 ($PV_{AB}=0.040$))。)

$PV_{AB} = 0.040$ (由 $A=0.0200$, $T=16.5$ 计算出的 MTF 的减小大致与前面的情形相同 ($PV_B=0.001$))。)

(1) : $Na-Nb=0.05093$

(2) : $PV_{AB}/PV_B=40.0$

此处, 将在下面的描述中说明产生非球面表面的形状精度的模拟结果。

图 8A 和 8B 是示出配有依照本发明实施例 3 的非球面透镜的超广角镜头在以全开孔径聚焦在无穷远处时, 由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图, 其中图 8A 示出弧矢图像面(曲线图中示出的弧矢图像)的 MTF, 图 8B 示出子午线图像面(曲线图中示出的子午线图像)的 MTF。

在实施例 3 中，模拟是在折射率差 $N_a-N_b=0.05093$ 为很小的情况下进行的。在这种折射率差下，很显然本发明的效果可以减小非球面表面的容差。在折射率差为 $N_a-N_b=0.05093$ 时，可以理解，幅度约为 $A=10\mu\text{m}$ 的制造误差不会被认为是制造误差。相应地，形状精度的容差还可以超过 $20\mu\text{m}$ 的 PV 值。由进一步的模拟可以理解，约为 $A=20\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 的制造误差也是可以允许的。因此，从图 8A 和 8B 示出的模拟结果看，很容易证实本发明具有巨大的效果。

<实施例 4>

图 9 是示出配有依照本发明实施例 4 的非球面透镜的超广角镜头的镜头结构的视图。

图 9 中示出的超广角镜头具有与实施例 1 的超广角镜头基本相同的结构，本发明应用于从目标侧起的第二个透镜 Lasp。

与配有依照本发明实施例 4 的非球面透镜的变焦镜头系统有关的各个值示出在表 4 中。

表 4

[规格]

f= 9.6
2 ω = 112.9°
FNO= 3.5

[透镜数据]

	r	d	v	n	
1)	46.0209	3.00	42.72	1.83481	
2)	29.8742	6.55			
3)	33.4123	2.47	40.77	1.88300	
4*)	13.7860	0.03	65.77	1.46450	(Lasp)

5*)	13.7860	8.50		
6)	83.4384	2.00	65.47	1.60300
7)	21.3241	4.10		
8*)	31.4137	0.50	38.09	1.55389
9)	76.9429	1.80	49.61	1.77250
10)	17.7035	6.91		
11)	17.2603	1.80	42.72	1.83481
12)	11.1396	9.47	34.47	1.63980
13)	-69.6428	2.05		
14)	-1066.2089	1.31	42.72	1.83481
15)	9.7677	4.79	34.47	1.63980
16)	-83.7543	2.50		
17>	0.0000	2.50	孔径光阑	
18)	450.6969	3.79	41.42	1.57501
19)	-11.7053	2.00	42.72	1.83481
20)	46.2041	0.10		
21)	32.1479	3.76	64.10	1.51680
22)	-15.2302	3.50		
23)	-54.4190	0.80	42.72	1.83481
24)	28.7972	5.16	82.52	1.49782
25)	-22.8428	0.10		
26)	47.6630	7.00	82.52	1.49782
27)	-14.7956	1.00	37.16	1.83400
28)	-21.5250	39.62		

[非球面数据]

表面数 4 (Lasp)

$\kappa =$ -0.5636

C4= 8.07120E-06

C6= -2.49050E-08

C8= -1.79540E-10

C10= 2.63530E-13

余弦函数: A=0.010, T=16.48000

表面数 5

$\kappa = -0.5636$

C4= 8.07120E-06

C6= -2.49050E-08

C8= -1.79540E-10

C10= 2.63530E-13

表面数 8

$\kappa = -2.4604$

C4= -5.18800E-05

C6= -8.90140E-08

C8= -3.13960E-13

C10= -2.56520E-13

[条件表达式的值]

$PV_B = 0.001$ (由 $A=0.0005$, $T=16.5$ 计算出的 MTF 的减小大致与后面的情形相同 ($PV_{AB}=0.003$)。)

$PV_{AB} = 0.003$ (由 $A=0.0015$, $T=16.5$ 计算出的 MTF 的减小大致与前面的情形相同 ($PV_B=0.001$)。)

(1) : $Na-Nb=0.4185$

(2) : $PV_{AB}/PV_B=3.0$

此处, 将在下面的描述中说明产生非球面表面的形状精度的模拟结果。

图 10A 和 10B 是示出配有依照本发明实施例 4 的非球面透镜的超广角镜头在以全开孔径聚焦在无穷远处时, 由于其对比度相对于 0mm 到 14.2mm 的图像高度以 30 (1/mm) 的空间频率的下降而引起的 MTF 的降级的曲线图, 其中图 10A 示出弧矢图像面 (曲线图中示出的弧矢图像) 的 MTF, 图 10B 示出子午线图像面 (曲线图中示出的子午线图

像)的MTF。

在实施例4中,模拟是在折射率差 $N_a-N_b=0.41845$ 为极其大的情况下进行的。在这种折射率差下,尽管已经认识到MTF的降级,但是具有该MTF值级的光学系统也是可以接受的。应当注意,即使制造误差约为 $A=10\mu\text{m}$ 的幅度,依照本发明的非球面透镜对该制造误差的敏感度也比具有相同量制造误差的玻璃非球面透镜低许多,换句话说,这意味着容差可以很宽。从图10A和10B示出的模拟结果看,很容易证实本发明具有巨大的效果。

无需说明的是,通过随意改变非球面表达式中的参数 T 和 A ,采用每个实施例可以进行除上述参数之外其它参数的任何模拟。

在上述的条件表达式(2)中,制造容差的PV值(PV_{AB} 或 PV_B)可以通过采用除参数 T 相同值外的任何值以及通过改变参数 A 从模拟中得出,从而在给定焦距状态下给定图像高度处的MTF的降级值(degradation value)变为给定值。而且,在考虑普通复合型非球面透镜的制造误差级(制造的阈限值)时,条件表达式(2)就被确定。

顺便提及,在依照本发明的非球面透镜的模拟中,白光权重(white light weight)被用来计算MTF值。从而,无需说明用于条件表达式(2)的值根据确定制造容差的方式进行改变。

如上所述,本发明的每个实施例都能够使非球面透镜实现紧凑的尺寸,设计时的高度自由度,良好的光学性能,以及提高的生产率和降低的制造成本。通过将这些非球面透镜应用于超广角镜头或变焦镜头的光学系统中,整个光学系统可以很紧凑。

下面,说明配有依照本发明实施例1的超广角镜头的单透镜反射式照相机。图11是示出配有依照本发明实施例1的超广角镜头的单透

镜反射式照相机的视图。

如图 11 所示，该单透镜反射式照相机配有依照实施例 1 的超广角镜头，用作照相机主体 2 内的拍摄镜头（shooting lens）1。在照相机主体 2 内，从目标（未示出）侧起依次设置有反射镜 3，调焦屏 4，棱镜 5，以及目镜 6，作为穿过拍摄镜头 1 的取景光学系统，成像装置 7 设置在反射镜 3 的后面。

在上述的结构中，当观察目标时，从目标来的光穿过拍摄镜头 1，反射镜 3，调焦屏 4，棱镜 5 以及目镜 6 入射到观察者的眼睛内。在拍摄时，反射镜 3 移动出光路外，从而目标光被导引到成像装置 6 上，拍摄目标。

在这种情形中，尽管依照实施例 1 的超广角镜头被用作拍摄镜头，但是无需说明，依照每个实施例的任何变焦镜头或超广角镜头都可以被使用。

如上所述，本发明能够实现配有非球面透镜的单透镜反射式照相机，其中的非球面透镜具有紧凑的尺寸，设计时的高度自由度，良好的光学性能，以及提高的生产率和降低的制造成本。

对于本领域的熟练人员而言，本发明其它的优点和改进都是很容易想到的。因此，本发明更宽的方面并不限于这些具体描述、以及示出的代表性装置和此处的说明。从而，在不脱离由所附权利要求书及其等同物限定的一般创造性概念的精神和范围下，可以对本发明做出各种改变。

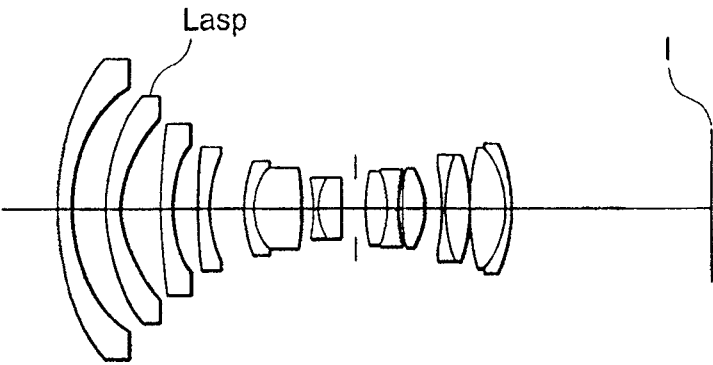


图1

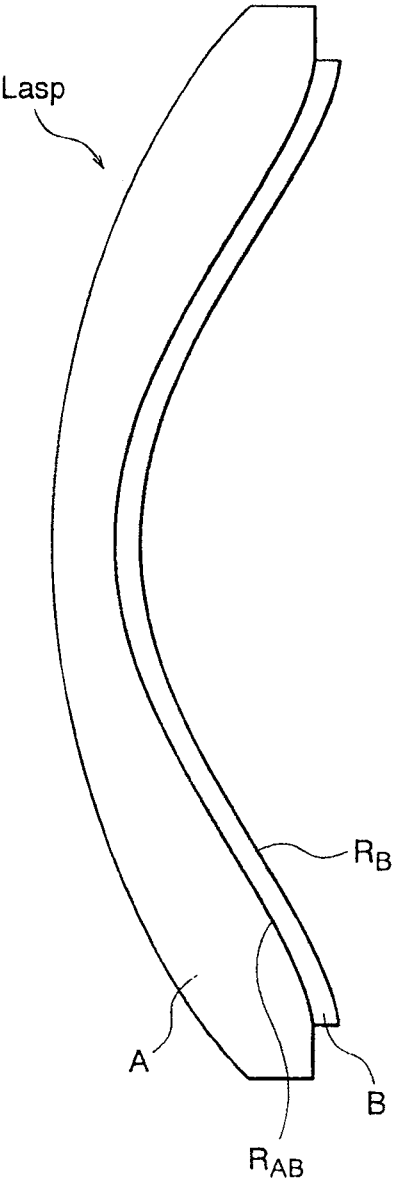


图2

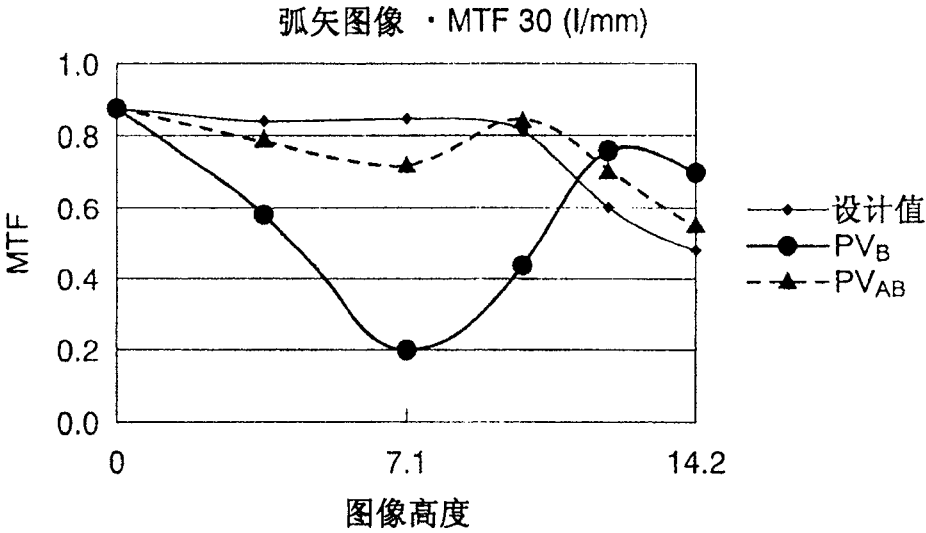


图3A

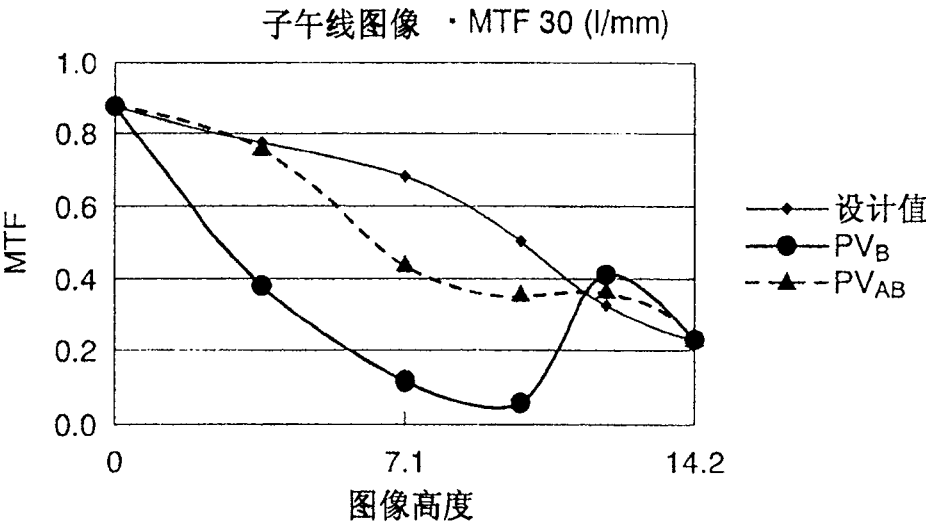


图3B

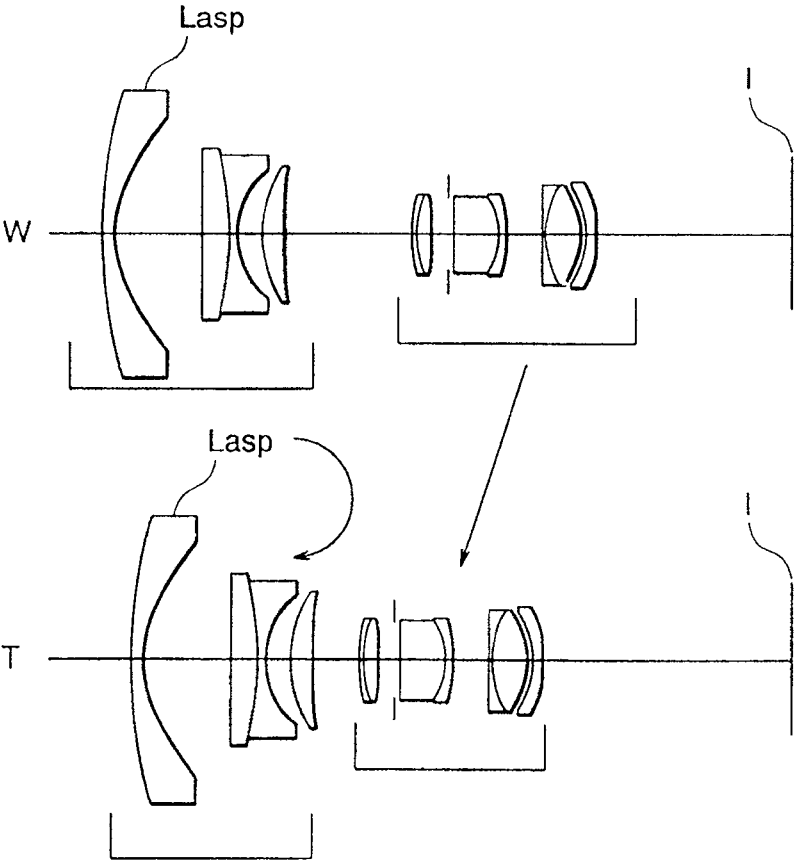


图4

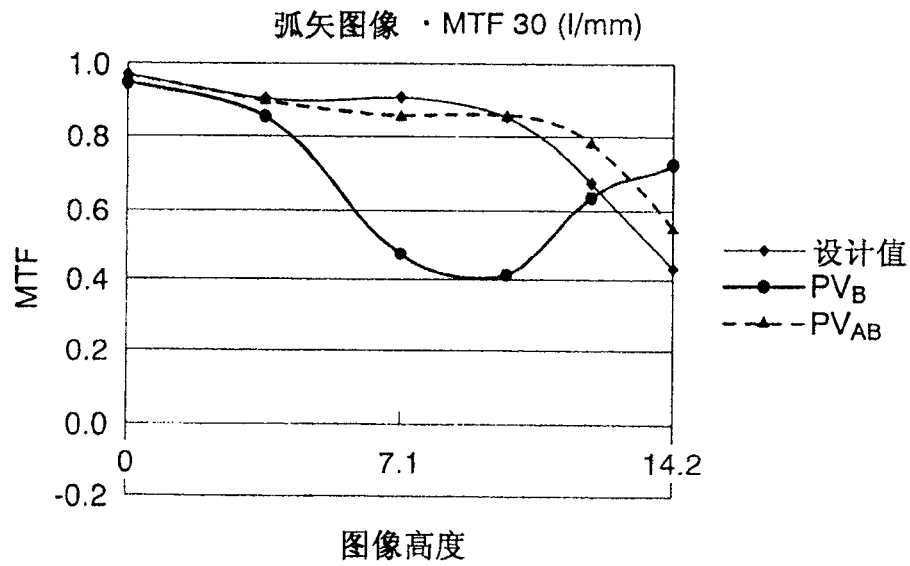


图5A

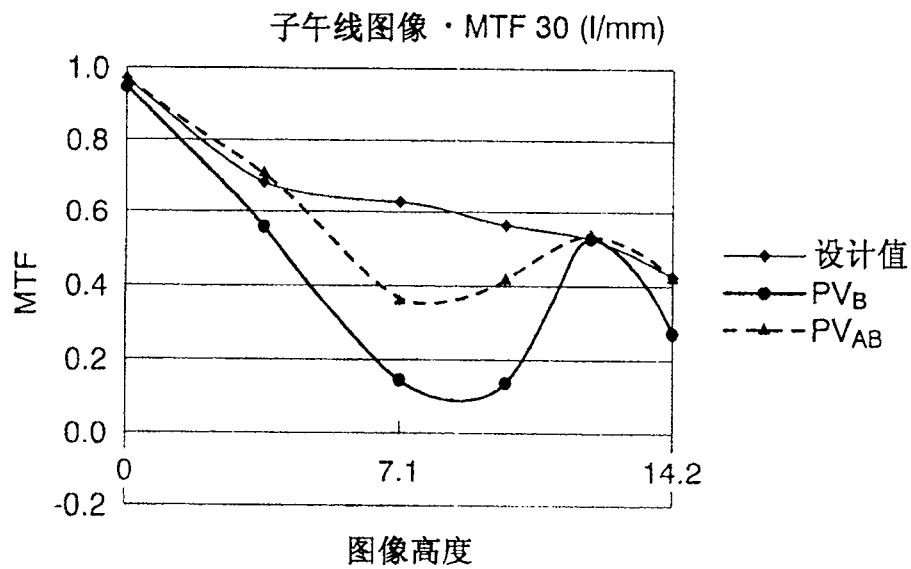


图5B

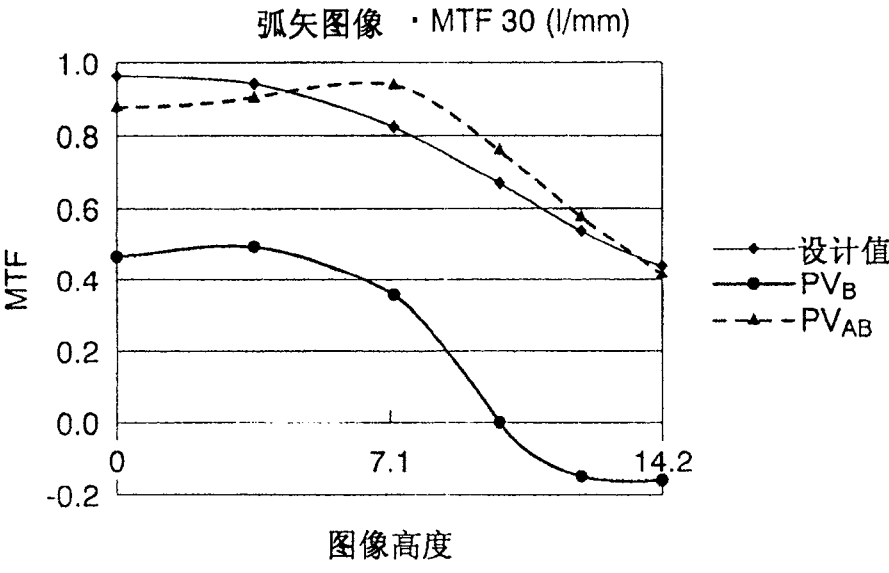


图6A

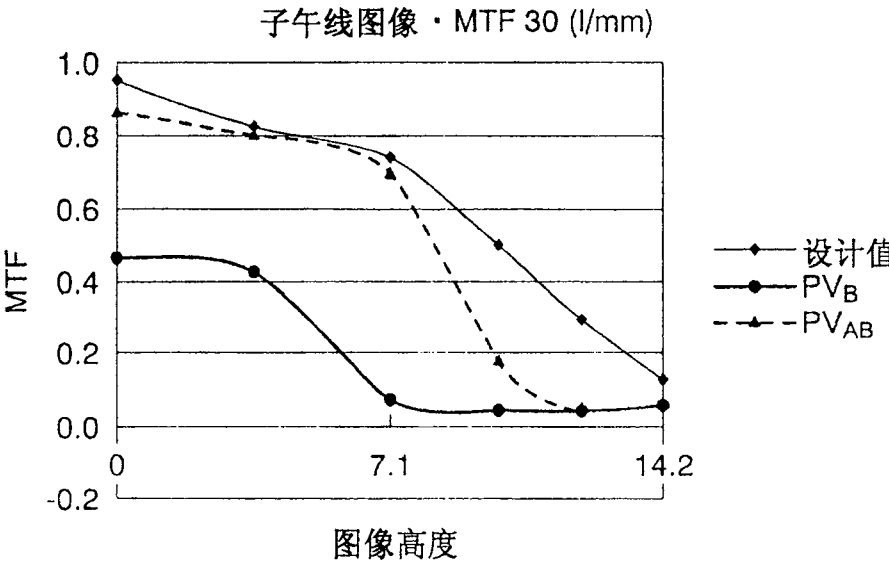


图6B

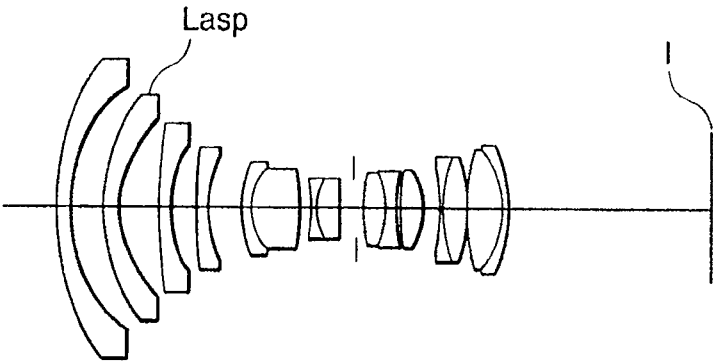


图7

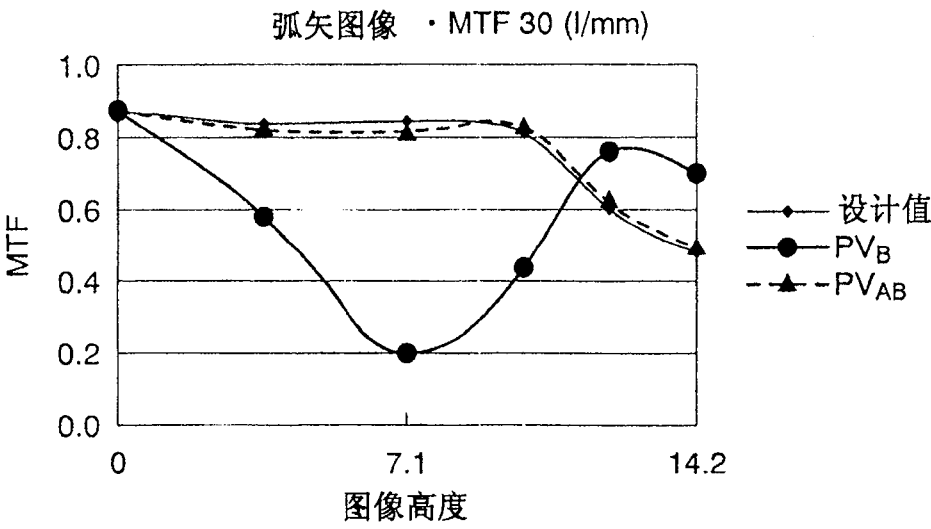


图8A

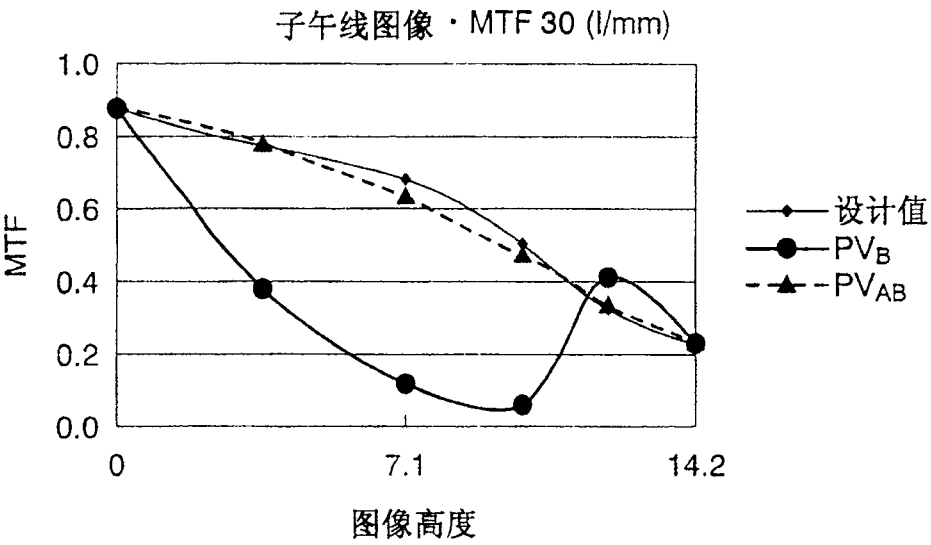


图8B

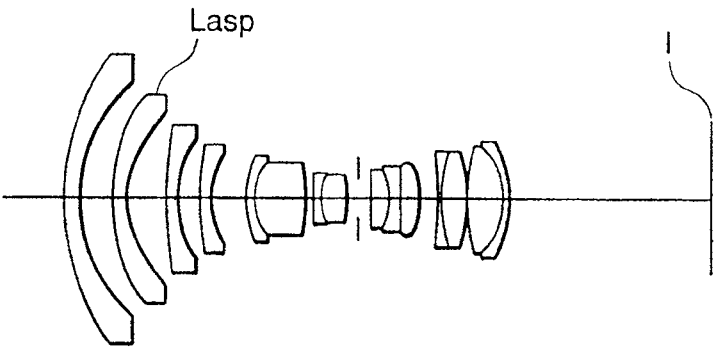


图9

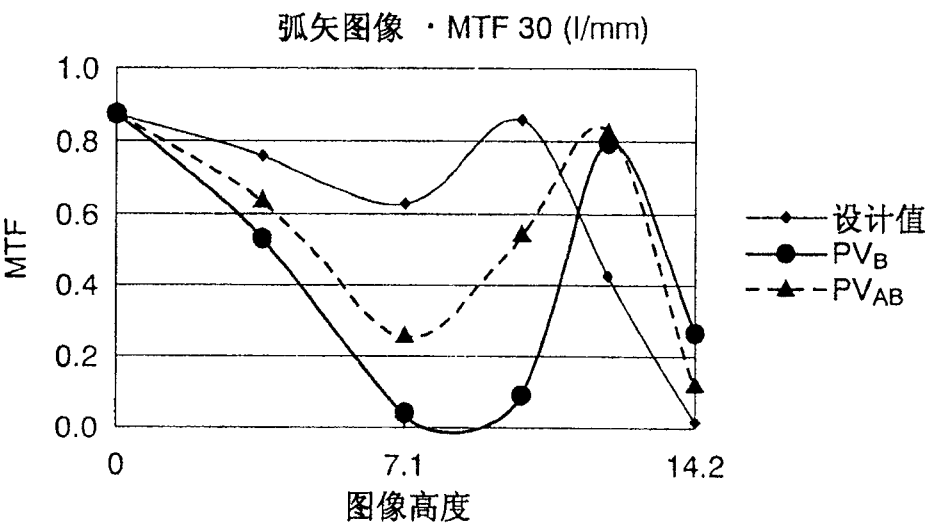


图10A

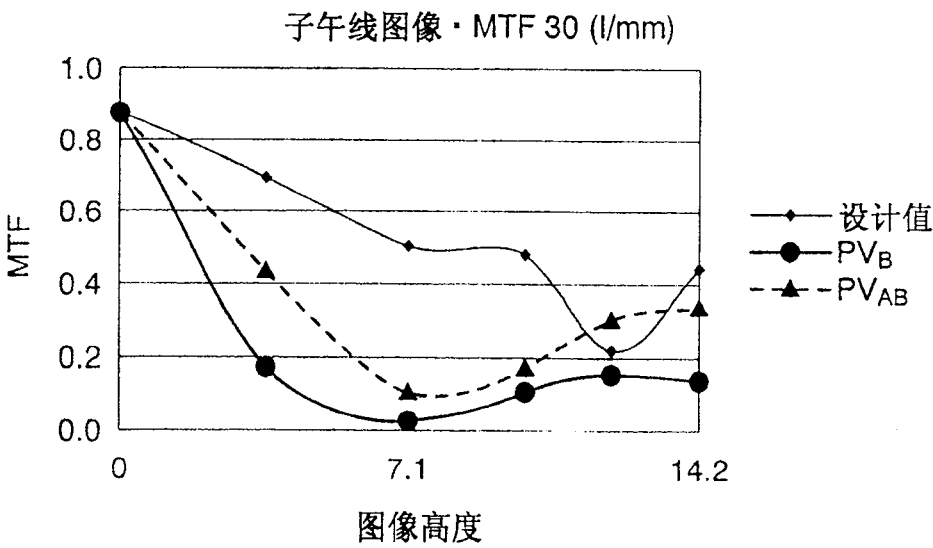


图10B

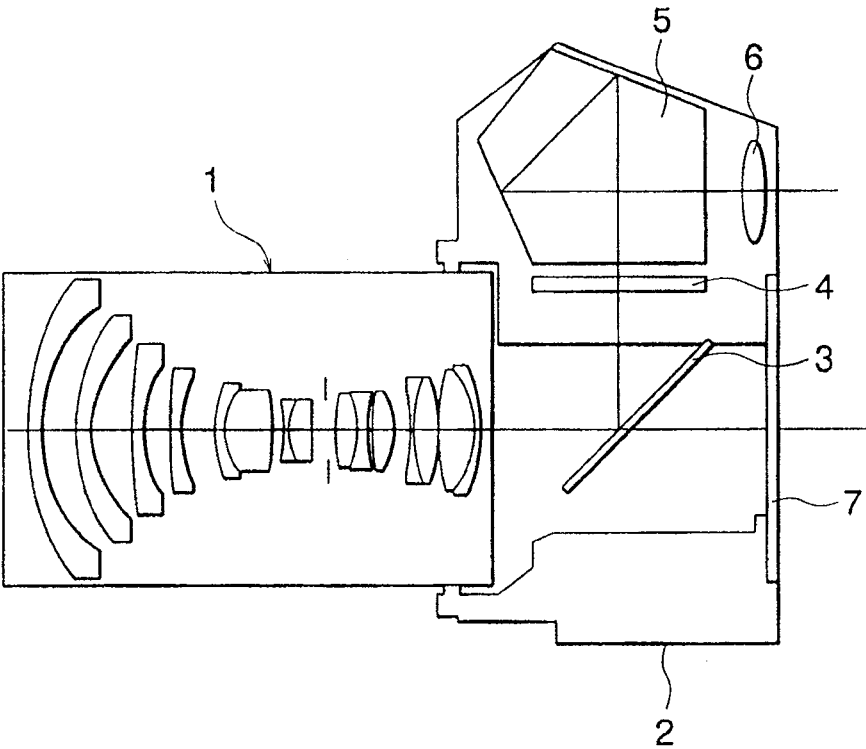


图11