[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820207549.8

[51] Int. Cl.
*G02B 13/00 (2006.01)*
*G02B 13/18 (2006.01)*
*G02B 9/34 (2006.01)*
*H04N 5/225 (2006.01)*

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 201311518Y

[22] 申请日 2008.9.1
[21] 申请号 200820207549.8
[30] 优先权
[32] 2007. 9.10 [33] JP [31] 2007 - 234392
[73] 专利权人 富士能株式会社
地址 日本国埼玉县
[72] 发明人 野田隆行

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 李贵亮

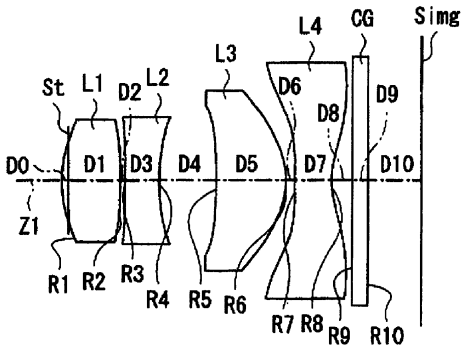
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 15 页

[54] 实用新型名称

摄像透镜及相机模组以及摄像设备

[57] 摘要

本实用新型提供一种摄像透镜、相机模组及摄像设备，其中的摄像透镜，具备：至少 1 面为非球面形状、且物体侧的面在光轴附近为凸面的正的第 1 透镜；像侧的面在光轴附近为凹面的负的第 2 透镜；在光轴附近将凹面朝向物体侧的正的弯月形透镜第 3 透镜；两面为非球面形状，像侧的面在光轴附近为凹形状，在周边部为凸形状的第 4 透镜，并且满足以下条件式。 f 为整体的焦距，MIN(D)为各透镜中最小的中心厚度的值，R1 为第 1 透镜 L1 的物体侧面 R7，R8 为第 4 透镜 L4 的物体侧及像侧面的近轴曲率半径。 0.1≤MIN(D)/f≤1.01.0mm≤R1≤2.1mm0.3mm≤R8≤1.5mm - 0.01(1/mm)≤1/R7≤0.4(1/mm)能够在全长的短缩的情况下考虑批量生产，在规定范围内保持透镜系统的厚度，并维持良好的光学性能。



1、一种摄像透镜，其特征在于，

从物体侧依次具备：

第1透镜，其至少1面为非球面形状，且物体侧的面在光轴附近为凸面，并具有正的光学能力；

第2透镜，其像侧的面在光轴附近为凹面，并具有负的光学能力；

第3透镜，其在光轴附近将凹面朝向物体侧，并为正的弯月形透镜；

第4透镜，其两面为非球面形状，并且像侧的面在光轴附近为凹形状、而在周边部为凸形状，

并且，满足以下条件式而构成：

$0.1 \leqq MIN(D)/f \leqq 1.0$ ……（1）

$1.0mm \leqq R1 \leqq 2.1mm$ ……（2）

$0.3mm \leqq R8 \leqq 1.5mm$ ……（3）

$-0.01(1/mm) \leqq 1/R7 \leqq 0.4(1/mm)$ ……（4）

此处，

f：整体的焦距，

MIN（D）：在第1～第4透镜之中最小的中心厚度的值，

R1：第1透镜的物体侧的面的近轴曲率半径，

R7：第4透镜的物体侧的面的近轴曲率半径，

R8：第4透镜的像侧的面的近轴曲率半径，

而且，在式（1）中的f、MIN（D）的单位设为mm。

2、根据权利要求1所述的摄像透镜，其特征在于，

进一步满足以下条件式：

$3.0mm \leqq DL \leqq 4.0mm$ ……（5）

$-10mm \leqq R5 \leqq -3.5mm$ ……（6）

$-1.5mm \leqq R6 \leqq -0.5mm$ ……（7）

$0.3mm \leqq R8 \leqq 1.0mm$ ……（3′）

此处，

DL：从第1透镜的物体侧面顶点到第4透镜的像侧面顶点的光轴上的距离；

R5：第3透镜的物体侧的面的近轴曲率半径；

R6：第3透镜的像侧的面的近轴曲率半径；

R8：第4透镜的像侧的面的近轴曲率半径。

3、根据权利要求1所述的摄像透镜，其特征在于，

满足以下条件式：

3.0mm≦DL≦4.0mm ……（5）

其中，DL：从第1透镜的物体侧面顶点到第4透镜的像侧面顶点的光轴上的距离。

4、根据权利要求1所述的摄像透镜，其特征在于，

满足以下条件式：

－10mm≦R5≦－3.5mm ……（6）

其中，R5：第3透镜的物体侧的面的近轴曲率半径。

5、根据权利要求1所述的摄像透镜，其特征在于，

满足以下条件式：

－1.5mm≦R6≦－0.5mm ……（7）

其中，R5：第3透镜的物体侧的面的近轴曲率半径。

6、根据权利要求1～5中任一项所述的摄像透镜，其特征在于，

上述第2透镜的物体侧的面为从中心部到周边部不具有拐点的凹形状。

7、根据权利要求1～5中任一项所述的摄像透镜，其特征在于，

进一步满足以下条件式：

υ1－（υ2+υ3+υ4）/3≧0 ……（8）

此处，

υ1：第1透镜的阿贝数，

υ2：第2透镜的阿贝数，

υ3：第3透镜的阿贝数，

υ4：第4透镜的阿贝数。

8．根据权利要求1～5中任一项所述的摄像透镜，其特征在于，

上述第1透镜的像侧的面在光轴附近为凸形状。

9．一种相机模组，其特征在于，

具备：

权利要求1～5中任一项所记载的摄像透镜；以及

摄像元件，其输出与由上述摄像透镜形成的光学像相对应的摄像信号。

10．一种摄像设备，其特征在于，

具备：

权利要求9所记载的相机模组。

# 摄像透镜及相机模组以及摄像设备

## 技术领域

本发明涉及一种在 CCD(Charge Coupled Device)或 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等摄像元件上成像被照射体的光学像的摄像透镜、及将由其摄像透镜形成的光学像转换成摄像信号的相机模组、以及搭载该摄像透镜进行摄影的数码静止照相机或带摄像头的手机及掌上电脑（PDA：Personal Digital Assistance）等摄像设备。

## 背景技术

近几年，随着个人电脑在一般家庭等的普及，可将摄影的风景或人物像等图像信息输入到个人电脑的数码静止相机在急速普及。而且，在手机上装载图像输入用相机模组的现象也多起来。在具有这种摄像功能的设备上使用 CCD 或 CMOS 等摄像元件。近几年，该些摄像元件的紧凑化发展，对摄像设备整体及搭载于此的摄像透镜也要求紧凑性。 而且，同时摄像元件的高像素化也在发展，要求摄像透镜的高分辨、高性能化。

对这种要求，例如，为了谋求紧凑化（光轴方向的缩短化）及廉价化、高分辨化，将透镜片数设为 4 片构成，为了谋求高性能化，可考虑积极使用非球面。在专利文献 1～4 公开有为这种 4 片构成且使用非球面的摄像透镜。

【专利文献 1】专利公开 2004－302057 号公报

【专利文献 2】专利公开 2007－17984 号公报

【专利文献 3】专利公开 2002－228922 号公报

【专利文献 4】美国专利第 6，917，479 号说明书

在如上述摄像设备中，要求在考虑大批生产的同时，将光学性能的恶化限制为最小限，并减小相机模组整体的光轴方向的长度（=高度）。然而，若将透镜后焦距（从透镜的最靠近像侧的位置到像面的距离）单纯地设得过小，则一般难以满足光线的射出角度的标准或在最终透镜面的划痕、异物等外观上的标准。而且，若将透镜系统的厚度 DL（DL：透镜全厚度＝从最靠近物体侧的透

镜面的顶点到最像侧透镜面的顶点的距离）单纯地设得过小，则有必要将各透镜要素的中心厚度 D 设得过小，使非球面的效果过强，由此产生由透镜形状在成型时发生内部歪曲、轴偏移倾倒、基于外观标准的制造适当性的恶化。从而，在进行全长缩短化的情况下，有必要将透镜后焦距、透镜系统的厚度 DL、各透镜要素的中心厚度等设小，并且在适当条件下平衡地组装该些，在批量生产时维持良好的光学性能。

上述专利文献 1 所述的摄像透镜，由于光阑在第 2 透镜的后侧，因此，若进行全长短缩化，则存在光线的射出角度容易变大的问题。而且，在专利文献 2 公开有各种种类的 4 片构成的摄像透镜，但很难说对每个构成例是非常适合的设计。例如，关于焦距小的类型的实施例（表示 4 前后的值），全长相对于焦距之比大于 1.25。其以外的实施例的透镜大，认为没有充分考虑到针对小型化的中心厚度等的制造性。而且，在专利文献 3 及专利文献 4 所示的摄像透镜，由于实施例的焦距、全长、及透镜厚度皆大，因此，认为没有充分考虑到近几年针对摄像元件的小型化的中心厚度等的制造性。

## 发明内容

本发明是借鉴于这种问题点而提出的，其目的在于，提供一种使用非球面维持全长短缩化的同时维持高成像性能，并且可实现制造适当性良好的透镜系统的摄像透镜、及装载其摄像透镜可得到高分辨的摄像信号的相机模组、以及摄像设备。

本发明的摄像透镜构成为，从物体侧依次具备：第1透镜，其至少1面为非球面形状，且物体侧的面在光轴附近为凸面，并具有正的光学能力；第2透镜，其像侧的面在光轴附近为凹面，并具有负的光学能力；第3透镜，其在光轴附近将凹面朝向物体侧,并为正的弯月形透镜；第4透镜，其两面为非球面形状，并且像侧的面在光轴附近为凹形状、而在周边部为凸形状，并且，满足以下条件式而构成：

$0.1 \leqq MIN(D)/f \leqq 1.0$ ……（1）

$1.0mm \leqq R1 \leqq 2.1mm$ ……（2）

$0.3mm \leqq R8 \leqq 1.5mm$ ……（3）

$-0.01(1/mm) \leqq 1/R7 \leqq 0.4(1/mm)$ ……（4）

此处，

f：整体的焦距，

MIN（D）：在第1～第4透镜之中最小的中心厚度的值，

R1：第1透镜的物体侧的面的近轴曲率半径，

R7：第4透镜的物体侧的面的近轴曲率半径，

R8：第4透镜的像侧的面的近轴曲率半径，而且，在式（1）中的f、MIN（D）的单位设为mm。

在本发明的摄像透镜中，作为整体为4片的透镜构成中，在适当的范围保持透镜系统的中心厚度，并有效使用非球面而谋求各透镜形状的最佳化，而且通过满足规定的条件式而谋求透镜构成的最佳化，因而，能够考虑制造性的同时获得全长的短缩化以及高成像性能。

并且，进一步通过适当选择采用且满足以下理想的构成，能够考虑制造性的同时更加有利于全长的短缩化或成像性能。

在本发明的摄像透镜中，优选适当选择地满足以下条件。

$3.0mm \leqq DL \leqq 4.0mm$ …… (5)

$-10mm \leqq R5 \leqq -3.5mm$ …… (6)

$-1.5mm \leqq R6 \leqq -0.5mm$ …… (7)

$0.3mm \leqq R8 \leqq 1.0mm$ …… (3´)

此处，

DL：从第1透镜的物体侧面顶点到第4透镜的像侧面顶点的光轴上的距离；

R5：第3透镜的物体侧的面的近轴曲率半径；

R6：第3透镜的像侧的面的近轴曲率半径；

R8：第4透镜的像侧的面的近轴曲率半径。

而且，在本发明的摄像透镜中，优选满足以下条件式。

$\upsilon 1-(\upsilon 2+\upsilon 3+\upsilon 4)/3 \geqq 0$ ……（8）

此处，

υ1：第1透镜的阿贝数，

υ2：第2透镜的阿贝数，

υ3：第3透镜的阿贝数，

υ4：第4透镜的阿贝数。

而且，第2透镜的物体侧的面优选为从中心部到周边部不具有变曲点的凹形状。而且，第1透镜的像侧的面优选在光轴附近为凸形状。

而且，第1透镜、第2透镜、第3透镜、及第4透镜分别优选由树脂材料构成。由此，有利于制造成本的降低。但，为了谋求高性能化，例如由玻璃材料构成第1透镜也可。

根据本发明的相机模组是具备：本发明的摄像透镜、输出与由此摄像透镜形成的光学像相对应的摄像信号的摄像元件。

在根据本发明的相机模组中，根据通过本发明的摄像透镜的高分辨的光学像可获得高分辨的摄像信号。而且，根据本发明的摄像透镜因谋求全长短缩化，所以作为与摄像透镜组装的相机模组整体可谋求小型化。

基于本发明的摄像设备，具备基于本发明的相机模组。

在根据本发明的摄像设备中，根据通过本发明的相机模组获得的高分辨的光学像可获得高分辨的摄像信号，并根据该摄像信号可获得高分辨的摄影图像。

根据本发明的摄像透镜，在整体为4片透镜构成中，在适当范围内保持各透镜的中心厚度，并有效率地使用非球面谋求各透镜形状的最佳化，而且通过满足规定的条件式谋求透镜构成的最佳化，所以能够在全长的短缩化的同时维持和高成像性能，并可实现制造适当良好的透镜系统。

而且，根据本发明的相机模组，输出与利用全长短缩化以及高成像性能的上述本发明的摄像透镜形成的光学像的摄像信号，所以可在模组整体谋求小型化的同时获得高分辨的摄像信号。

而且，根据本发明的摄像设备，因装载了上述本发明的相机模组，所以能够在谋求摄像部分的小型化的同时，获得高分辨的摄像信号，根据该摄像信号可获得高分辨的摄影图像。

附图说明

图 1 是表示本发明的一实施方式所涉及的摄像透镜的第 1 构成例，是对应于实施例 1 的透镜剖面图。

图 2 是表示本发明的一实施方式所涉及的摄像透镜的第 2 构成例，是对应于实施例 2 的透镜剖面图。

图 3 是表示本发明的一实施方式所涉及的摄像透镜的第 3 构成例，是对应于实施例 3 的透镜剖面图。

图 4 是表示本发明的一实施方式所涉及的摄像透镜的第 4 构成例，是对应于实施例 4 的透镜剖面图。

图 5 是表示本发明的一实施方式所涉及的摄像透镜的第 5 构成例，是对应于实施例 5 的透镜剖面图。

图 6 是表示本发明的实施例 1 所涉及的摄像透镜的基本透镜数据的图。

图 7 是表示本发明的实施例 2 所涉及的摄像透镜的基本透镜数据的图。

图 8 是表示本发明的实施例 3 所涉及的摄像透镜的基本透镜数据的图。

图 9 是表示本发明的实施例 4 所涉及的摄像透镜的基本透镜数据的图。

图 10 是表示本发明的实施例 5 所涉及的摄像透镜的基本透镜数据的图。

图 11 是表示与本发明的实施例 1 所涉及的摄像透镜的非球面相关的数据的图。

图 12 是表示与本发明的实施例 2 所涉及的摄像透镜的非球面相关的数据的图。

图 13 是表示与本发明的实施例 3 所涉及的摄像透镜的非球面相关的数据的图。

图 14 是表示与本发明的实施例 4 所涉及的摄像透镜的非球面相关的数据的图。

图 15 是表示与本发明的实施例 5 所涉及的摄像透镜的非球面相关的数据的图。

图 16 是对各实施例汇总表示关于条件式的值的图。

图17是表示本发明的实施例1所涉及的摄像透镜的诸像差的像差图，（A）表示球面像差、（B）表示像散、（C）表示畸变。

图18是表示本发明的实施例2所涉及的摄像透镜的诸像差的像差图，（A）表示球面像差、（B）表示像散、（C）表示畸变。

图19是表示本发明的实施例3所涉及的摄像透镜的诸像差的像差图，（A）表示球面像差、（B）表示像散、（C）表示畸变。

图20是表示本发明的实施例4所涉及的摄像透镜的诸像差的像差图，（A）表示球面像差、（B）表示像散、（C）表示畸变。

图21是表示本发明的实施例5所涉及的摄像透镜的诸像差的像差图，（A）表示球面像差、（B）表示像散、（C）表示畸变。

图22是表示本发明的一实施方式所涉及的相机模组的一构成例的立体图。

图23是表示本发明的一实施方式所涉及的摄像设备的一构成例的立体图。

图中：L1－第1透镜，L2－第2透镜，L3－第3透镜，L4－第4透镜，St－孔径光阑，Ri－从物体侧第i个透镜面的曲率半径，Di－从物体侧第i个和第i+1个透镜面的面间隔，Z1－光轴。

具体实施方式

以下，对本发明的实施方式参照附图进行详细说明。

图 1 表示有本发明的一实施方式所涉及的摄像透镜的第 1 构成例。此构成例对应于后述的第 1 的数值实施例（图 6，图 11）的透镜构成。同样，将对应于后述的第 2 至第 5 的数值实施例的透镜构成的第 2 至第 5 构成例的剖面构成示于图 2～图 5。在图 1～图 5 中，符号 Ri 表示，以最靠近物体侧的透镜要素的面为第 1 个（以光阑 St 为第 0 个），按照随着朝向像侧（成像侧）依次增加的方式附上符号的第 i 个面的曲率半径。符号 Di 表示第 i 个面和第 i+1 个面的光轴 Z1 上的面间隔。另外，由于各构成例的基本构成皆相同，因此，在以下以图 1 所示的摄像透镜的构成例作为基本而进行说明，根据需要对图 2～图 5 的构成例也进行说明。

本实施方式所涉及的摄像透镜是适用于使用 CCD 或 CMOS 等摄像元件的各种摄像设备，尤其是比较小型的便携式终端设备，例如，数码静止照相机、带摄像头的手机、及 PDA 等。此摄像透镜，沿着光轴 Z1 从物体侧依次具备：光阑 St、第 1 透镜 L1、第 2 透镜 L2、第 3 透镜 L3、第 4 透镜 L4。在此摄像透镜的成像面（摄像面）Simg 配置 CCD 等摄像元件（未图示）。在第 4 透镜 L4 和成像面（摄像面）Simg 之间配置用于保护摄像面的封罩玻璃，红外线截止滤光片或低通滤波器等光学部件 CG 也可。

光阑 St 为光学性孔径光阑，优选配置于最靠近物体侧。此处，“最靠近物体侧”表示在光轴 Z1 在比第 1 透镜 L1 的像侧的面顶点位置更靠近物体侧，还表示包括，例如在光轴 Z1 上光阑 St 配置于第 1 透镜 L1 的物体侧面顶点位置的情况，或光阑 St 配置于第 1 透镜 L1 的物体侧的面顶点位置和像侧的面顶

点位置之间的情况。光阑 St 优选配置于更靠近物体侧，例如，在光轴上配置在第 1 透镜 L1 的物体侧的面顶点位置和第 1 透镜 L1 的物体侧的面的端缘位置 E（参照图 1）之间即可。

此摄像透镜，尤其第 1 透镜 L1 的至少 1 面为非球面形状，并且第 4 透镜 L4 的两面设为非球面形状。对第 2 透镜 L2、及第 3 透镜 L3 的各自，优选至少在 1 面包括非球面。

此处，尤其设为非球面形状时，第 2 透镜 L2、第 3 透镜 L3 及第 4 透镜 L4 与第 1 透镜 L1 相比易成为复杂的形状，而且，形状也易变大。因此，第 2 透镜 L2、第 3 透镜 L3 及第 4 透镜 L4 在加工性或制造成本方面全部优选由树脂材料构成。重视制造成本时，第 1 透镜 L1 也优选由树脂材料构成。但是，为了谋求高性能化由玻璃材料构成第 1 透镜 L1 也可。

第 1 透镜 L1 具有正的光学能力（パワー：power）。第 1 透镜 L1，优选物体侧的面在光轴附近为凸面，并且像侧的面在光轴附近为凸形状，从而在光轴附近为双凸形状。

第 2 透镜 L2 具有负的光学能力。第 2 透镜 L2，优选像侧的面在光轴附近为凹面。第 2 透镜 L2，物体侧的面在光轴附近为凹形状，从而在光轴附近为双凹形状。尤其，第 2 透镜 L2 的物体侧的面优选为从中心部到周边部不具有拐点（变曲点）的凹形状。但是，如图 3 的第 3 构成例，在光轴附近将物体侧的面做成凸形状，从而也可在光轴附近做成弯月形状。

第 3 透镜 L3，在光轴附近成为将凹面朝向物体侧的正的弯月形透镜。第 4 透镜 L4，像侧的面，是在光轴附近朝向像侧为凹形状、而在周边部朝像侧成为凸形状的非球面。第 4 透镜 L4，例如，如图 1 的第 1 构成例、及图 2 的第 2 构成例，可在光轴附近使物体侧的面凹面，从而使得在光轴附近为双凹形状。而且，也可以如其他构成例，在光轴附近使第 4 透镜 L4 的物体侧的面为凸面，从而能够使得在光轴附近为弯月形状。

此摄像透镜，满足以下条件式（1）～（4）。

$0.1 \leqq MIN(D)/f \leqq 1.0$ ……（1）

$1.0mm \leqq R1 \leqq 2.1mm$ ……（2）

$0.3mm \leqq R8 \leqq 1.5mm$ ……（3）

$-0.01(1/mm) \leqq 1/R7 \leqq 0.4(1/mm)$ ……（4）

此处，

f：整体的焦距，

MIN（D）：在第1透镜L1至第4透镜L4之中最小的中心厚度的值，

R1：第1透镜L1的物体侧的面的近轴曲率半径，

R7：第4透镜L4的物体侧的面的近轴曲率半径，

R8：第4透镜L4的像侧的面的近轴曲率半径。

而且，在式（1）中的f、MIN（D）的单位设为mm。

而且，优选适当选择地满足以下条件式。

$3.0mm \leqq DL \leqq 4.0mm$ ……（5）

$-10mm \leqq R5 \leqq -3.5mm$ ……（6）

$-1.5mm \leqq R6 \leqq -0.5mm$ ……（7）

$0.3mm \leqq R8 \leqq 1.0mm$ ……（3′）

此处，

DL：从第1透镜L1的物体侧面顶点到第4透镜L4的像侧面顶点的光轴上的距离（参照图1），

R5：第3透镜L3的物体侧的面的近轴曲率半径，

R6：第3透镜L3的像侧的面的近轴曲率半径，

R8：第4透镜L4的像侧的面的近轴曲率半径，

而且，优选满足以下条件式。

$\upsilon 1-(\upsilon 2+\upsilon 3+\upsilon 4)/3 \geqq 0$ ……（8）

此处，

υ1：第1透镜L1的阿贝数，

υ2：第2透镜L2的阿贝数，

υ3：第3透镜L3的阿贝数，

υ4：第4透镜L4的阿贝数。

而且，优选适当选择地满足以下条件。

$0.6 \leqq f3/f \leqq 0.8$ ……（9）

$-1.0 \leqq R1/R2 \leqq 0$ ……（10）

$0 \leqq f1/f \leqq 0.8$ ……（11）

$0.9 \leqq (R3+R4)/(R3-R4) \leqq 1.5$ ……（12）

1．0≦f12/f≦1.6 ……（13）

此处，

f：整体的焦距，

f1：第1透镜L1的焦距，

f3：第3透镜L3的焦距，

f12：第1透镜L1和第2透镜L2的合成焦距，

R1：第1透镜L1的物体侧的面的近轴曲率半径，

R2：第1透镜L1的像侧的面的近轴曲率半径，

R3：第2透镜L2的物体侧的面的近轴曲率半径，

R4：第2透镜L2的像侧的面的近轴曲率半径。

图22是表示组装本实施方式所涉及的摄像透镜的相机模组的一构成例。而且，图23（A）、（B），作为搭载图22的相机模组的摄像设备的一例表示带摄像头的手机。

在图23（A）、（B）所示的带摄像头的手机具备上部筐体2A和下部筐体2B，两者沿图23（A）的箭头方向旋转自如地构成。在下部筐体2B设有操作键21等。在上部筐体2A设有相机部1（图23（B））及显示部22（图23（A））等。显示部22由LCD（液晶面板）或EL（Electro－Luminescence）面板等显示面板而构成。显示部22配置于在折叠时成为内面的一侧。在此显示部22，除了显示有关电话功能的各种菜单以外还可显示通过相机部1被摄影的图像等。相机部1，例如配置于上部筐体2A的内面侧。但是，设置相机部1的位置不限于此。

相机部1具有本实施方式所涉及的相机模组。此相机模组，如图22所示，具备：收纳摄像透镜20的镜筒3；支撑镜筒3的支撑基板4；在支撑基板4上设于与摄像透镜20的成像面相对应的位置的摄像元件（未图示）。此相机模组还具备：电连接于支撑基板4上的摄像元件的挠性基板5；外部连接端子6，其构成为电连接于挠性基板5，并可与带摄像头的手机等的终端设备本体侧的信号处理电路电连接。这些构成要素被一体构成。

在图22所示的相机模组中，由摄像透镜20形成的光学像通过摄像元件转换成电性摄像信号，其摄像信号通过挠性基板5及外部连接端子6被输出到摄像设备本体侧的信号处理电路。此处，在此相机模组中，作为摄像透镜20使用本实

施方式所涉及的摄像透镜，所以，可获得被充分校正了像差的高分辨的摄像信号。在摄像设备本体侧，根据该摄像信号可生成高分辨图像。

另外，本实施方式所涉及的摄像设备，不限于带摄像头的手机，例如为数码静止相机或PDA等也可。

接着，更详细说明如以上构成的摄像透镜的作用及效果、尤其关于条件式的作用及效果。

在本实施方式所涉及的摄像透镜中，在整体为4片的透镜构成中，将各透镜的中心厚度保持在适当范围，并有效率地使用非球面而谋求各透镜形状的最佳化，而且，通过满足规定的条件式而谋求透镜构成的最佳化。因此能够在充分考虑制造性以使成本不变高的同时，实现全长的短缩化，并获得高成像性能。

关于非球面形状，尤其使第4透镜L4在中心部和周边部变化成不同形状，而从像面中心部至周边部良好地校正像场弯曲（像面湾曲）。在第4透镜L4中，与第1透镜L1、第2透镜L2、及第3透镜L3相比，光束在每视角被分离。因此，通过使最接近于摄像元件的最终透镜面即第4透镜L4的像侧面在光轴附近朝像侧为凹形状，而在周边部朝像侧成为凸形状，可适当校正每视角的像差，光束向摄像元件的入射角度被控制为一定角度以下。从而，可在减轻成像面全区域的光量不均匀的同时，有利于像场弯曲或歪曲像差等的校正。

一般，在摄像透镜系统中，优选为，焦阑性（テレセントリック）即向摄像元件的主光线的入射角度相对于光轴接近平行（在摄像面的入射角度相对于摄像面的法线接近零）。为了确保此焦阑性，光阑St优选尽量配置于物体侧。另一方面，若光阑St配置于从第1透镜L1的物体侧的透镜面进一步向物体侧方向离开的位置，该部分（光阑St和最靠近物体侧的透镜面的距离）作为光路长被加算，因此，在整体构成的紧凑化方面成为不利。从而，通过在光轴Z1上将光阑St配置于与第1透镜L1的物体侧透镜面的顶点位置相同的位置，或配置于第1透镜L1的物体侧的面顶点位置和像侧的面顶点位置之间，可谋求全长的短缩化，并可确保焦阑性。更加重视焦阑性的确保时，在光轴上将光阑St配置于第1透镜L1的物体侧的面顶点位置和第1透镜L1的物体侧的面的端缘位置E（参照图1）之间即可。

以下，对各条件式的具体意义进行说明。

条件式（1）规定透镜单体的中心厚度。在此摄像透镜中，为了谋求高性能化积极使用非球面。非球面有助于紧凑化及高性能化，但在射出成形或压膜（モールド）成形时，为了可稳定成形品质良好的透镜产品，且可适当维持成形材料的流动性或成形时的射出压力及保压，有必要考虑规定的加工条件。若超出条件式（1）的上限，则不利于透镜小型化。若超出下限，则为了防止成形时材料流动而控制压力的方面面形状的转印性会不好。

为了谋求小型化，并使制造适当性为更良好的性能，条件式（1）的数值范围优选：

$0.11 \leqq MIN(D)/f \leqq 0.5$ ……（1´）

更优选：

$0.12 \leqq MIN(D)/f \leqq 0.5$ ……（1´´）

条件式（2）关于第1透镜L1的物体侧的面的近轴曲率半径R1。为了将全长、视角及射出角度维持为适当的值，第1透镜L1的光学能力及第1透镜L1的前面曲率给与很大的影响。若超出条件式（2）的上限，则存在不利于全长的短缩化的同时，透镜射出角度恶化的倾向。而且，超出下限，则存在球面像差和周边光线的彗差（カマ）成分恶化的现象。

条件式（3）关于第4透镜L4的像侧的面的近轴曲率半径R8。而且，条件式（4）关于第4透镜L4的物体侧的面的近轴曲率半径R7。在条件式（3）和条件式（4）这两式表示相乘（相乘）的效果。在条件式（3）和条件式（4）中表示第4透镜L4的弯曲（ベンディング）适当条件，使主要连接图面角落（隅）的像面和轴上最好像面之间的中间视角的像场弯曲的平衡为良好。若超出条件式（3）或条件式（4）的上限，则像场弯曲易偏负侧（アンダー），并且歪曲易偏负侧。若超出下限，则像场弯曲易偏正侧（オーバー），且歪曲易偏正侧。

为了得到更良好的性能，条件式（3）的数值范围优选：

$0.3mm \leqq R8 \leqq 1.0mm$ ……（3´）。

条件式（5）关于光轴上的透镜系统的厚度DL。为了满足以下两个要求，即短缩透镜全长、以及使得最接近于摄像元件的最终透镜面不太接近于摄像面，有必要将透镜系统的厚度DL设为适当的范围。若超出条件式（5）的上限，则不利于全长的短缩化。缩小厚度DL直接关系到全长的短缩化，但若超出条件式（5）的下限而过于缩小厚度DL，则发生像差性能的恶化及制造组装敏

感度（感度）的急剧下降。

为了缩短全长，获得更良好的性能，条件式（5）的数值范围：

3.0mm≦DL≦3.8mm ……（5´）

为理想。更理想的是：

3.0mm≦DL≦3.5mm ……（5´´）即可。

另外，关于条件式（5）优选满足以下条件。

0.85≦DL/f≦0.93 ……（14）

为了缩短全长，获得更良好的性能，条件式（14）的数值范围优选：

0.85≦DL/f≦0.92 ……（14´）

更优选：

0.87≦DL/f≦0.90 ……（14´´）即可。

条件式（6）关于第3透镜L3的物体侧的面的近轴曲率半径R5。而且，条件式（7）关于第3透镜L3的像侧的面的近轴曲率半径R6。在条件式（6）和条件式（7）这两式中表示相乘的效果。在条件式（6）和条件式（7）中表示第3透镜L3的弯曲的适当条件，使主要连接图面角落的像面和轴上最好像面之间的中间视角的像场弯曲的平衡为良好。若超出条件式（6）或条件式（7）的上限，则像场弯曲易偏正侧，并且歪曲易偏正侧。若超出下限，则像场弯曲易偏负侧，并且歪曲易偏负侧。

条件式（8）规定各透镜的色散（分散），满足此数值范围且将第1透镜L1的阿贝数υ1相对设得较大，可谋求轴上色像差的降低。若超出条件式（8）的下限，则不利于轴上色像差的校正。

为了更加良好地校正色像差，进一步优选适当满足以下条件。

υ1－（υ3+υ4）/2≧5 ……（8´）

满足条件式（8´），例如在第3透镜L3及第4透镜L4的任一方使用分散比较大的材料，而有利于倍率色像差的校正。

条件式（9）关于第3透镜L3的焦距f3。若超出条件式（9）的上限，则存在光线的射出角度变钝角的倾向。若超出条件式（9）的下限，则中间视角的像场弯曲过于偏负侧。

条件式（10）规定第1透镜L1的物体侧及像侧的面的近轴曲率半径R1、R2的适当关系。若超出条件式（10）的上限，则尤其球面像差较大地偏正侧。若

超出下限，则尤其球面像差较大地偏负侧。

为了得到更良好的性能，条件式（10）的数值范围优选：

－0．9≦R1/R2≦－0.5 ……（10´）。

条件式（11）关于第1透镜L1的焦距f1。若超出条件式（11）的上限，则在缩小全长的方面不利。如超出下限，则第2透镜L2以后的光束幅变大，像场弯曲容易朝负侧变大，而且，尤其难以校正彗形像差。

为了得到更良好的性能，条件式（11）的数值范围优选：

0≦f1/f≦0.73 ……（11´）

更优选：

0≦f1/f≦0.6 ……（11´´）即可。

条件式（12）关于第2透镜L2的形状。若超出条件式（12）的上限，则不利于缩小光线的射出角度。若超出下限，则第1透镜L1及第2透镜L2的各轴偏移敏感度变大，不能满足适当制造。

条件式（13）关于第1透镜L1及第2透镜L2的合成焦距。若超出条件式（13）的上限而成为反远距式（レトロフォーカスタイプ）方向，则主点（主点）朝向像侧移动，所以按原理难以短缩全长。若超出下限，则存在切线像面变得过小的倾向。而且，存在周边光量变得过小的倾向。

为了得到更良好的性能，条件式（13）的数值范围优选：

1．0≦f12/f≦1.4 ……（13´）

更优选：

1．1≦f12/f≦1.2 ……（13´´）即可。

如以上说明，根据本实施方式所涉及的摄像透镜，可在实现全长的短缩化的同时维持高成像性能，且能够实现制造适当性良好的透镜系统。而且，根据本实施方式所涉及的相机模组，因使之输出与由全长短缩且具有高成像性能的摄像透镜形成的光学像相对应的摄像信号，所以，可谋求作为模组整体的小型化，并可获得高分辨的摄像信号。而且，根据本实施方式所涉及的摄像设备，因装载该相机模组，可谋求摄像部分的小型化，并可获得高分辨的摄像信号，根据该摄像信号可获得高分辨的摄影图像。

【实施例】

接着，对本实施方式所涉及的摄像透镜的具体数值实施例进行说明。在以

下，汇总第1至第5的数值实施列进行说明。

图6及图11表示有对应于图1所示的摄像透镜的构成的具体透镜数据。尤其，在图6表示该基本的透镜数据，在图11表示关于非球面的数据。在图6所示的透镜数据的面号码Si的栏表示有对实施例1所涉及的摄像透镜，以最靠近物体侧的透镜要素的面作为第1个（以光阑St为第0个），随着朝向像侧依次增加的方式附上符号的第i个的面号码。在曲率半径Ri的栏表示对应于在图1所附上的符号Ri，从物体侧起第i个面的曲率半径的值（mm）。对面间隔Di的栏也同样表示从物体侧起第i个面Si和第i+1个面Si+1的光轴上的间隔（mm）。在Ndj栏表示从物体侧第j个光学要素的对d线（587.6nm）的折射率的值。在νdj一栏表示从物体侧起第j个光学要素的对d线的阿贝数的值。在图6的栏外作为诸数据表示整个系统的焦距f（mm）的值。

此实施例1所涉及的摄像透镜，第1透镜L1～第4透镜L4全为树脂材料。

此实施例1所涉及的摄像透镜，第1透镜L1～第4透镜L4的两面全部为非球面形状。在图6的基本透镜数据中，作为这些非球面的曲率半径表示有光轴附近的曲率半径的数值。

在图11表示实施例1的摄像透镜的非球面数据。在作为非球面数据所示的数值中，记号“E”表示紧跟其后的数值为以10为底的“幂指数”，表示用以其10为底的指数函数所表示的数值乘算“E”之前的数值。例如，若为「1.0E－02」，则表示「$1.0\times10^{-2}$」。

作为非球面数据，记入根据以下式（A）所表示的非球面形状的式中的各系数Ai、K的值。详而言之，Z表示从位于离开光轴高度h的位置的非球面上的点向非球面顶点的接平面（垂直于光轴的平面）所引画的垂线长度（mm）。在实施例1的摄像透镜中，各非球面作为非球面系数Ai有效使用第3次～第10次的系数A3～A10而表示。

$$Z=C\cdot h^2/\{1+(1-K\cdot C^2\cdot h^2)^{1/2}\}+\Sigma Ai\cdot h^i \quad \cdots\cdots (A)$$

此处，

Z：非球面的深度（mm），

h：从光轴到透镜面的距离（高度）（mm）

K：离心率，

C：近轴曲率=1/R

（R：近轴曲率半径），

Ai：第i次（i为3以上的整数）的非球面系数。

如同以上实施例1的摄像透镜，以对应于图2所示的摄像透镜的构成的具体透镜数据作为实施例2，表示于图7及图12。而且，同样将对应于图3～图5所示的摄像透镜的构成的具体透镜数据作为实施例3～实施例5，表示于图8～图10及图13～图15。在该些实施例2～5中，如同实施例1的摄像透镜，第1透镜L1至第4透镜L4的两面全部成为非球面形状。

另外，在实施例2至实施例5中，第1透镜L1～第4透镜L4全部为树脂材料。

而且，在图16，对各实施例汇总表示关于上述基本条件式（1）～（14）和其他条件式（8′）的值。如图16所示，关于条件式（1）～（8）对各实施例全部成为条件式的数值范围内。

图17（A）～图17（C）分别表示有在实施例1的摄像透镜的球面像差、像散、及畸变（歪曲像差）。在各像差图表示以e线（546.07nm）为基准波长的像差。在球面像差图及像散图中，也表示对F线（波长486.13nm）、C线（波长656.27nm）的像差。在像散图中实线表示弧矢方向（S），而虚线表示切线方向（T）的像差。FNo.表示F值，Y表示像高。

同样地，在图18（A）～图18（C）表示关于实施例2的摄像透镜的诸像差。同样地，在图19（A）～图19（C）表示关于实施例3的摄像透镜的诸像差，在图20（A）～图20（C）表示关于实施例4的摄像透镜的诸像差，在图21（A）～图21（C）表示关于实施例5的摄像透镜的诸像差。

如从以上各数值数据及各像差图可知，对各实施例全长短缩的同时可实现高成像性能。

另外，本发明不限于上述实施方式及各实施例，可种种变形实施。例如，各透镜成分的曲率半径、面间隔及折射率的值等不限于在上述各数值实施例所示的值，可取其他的值。

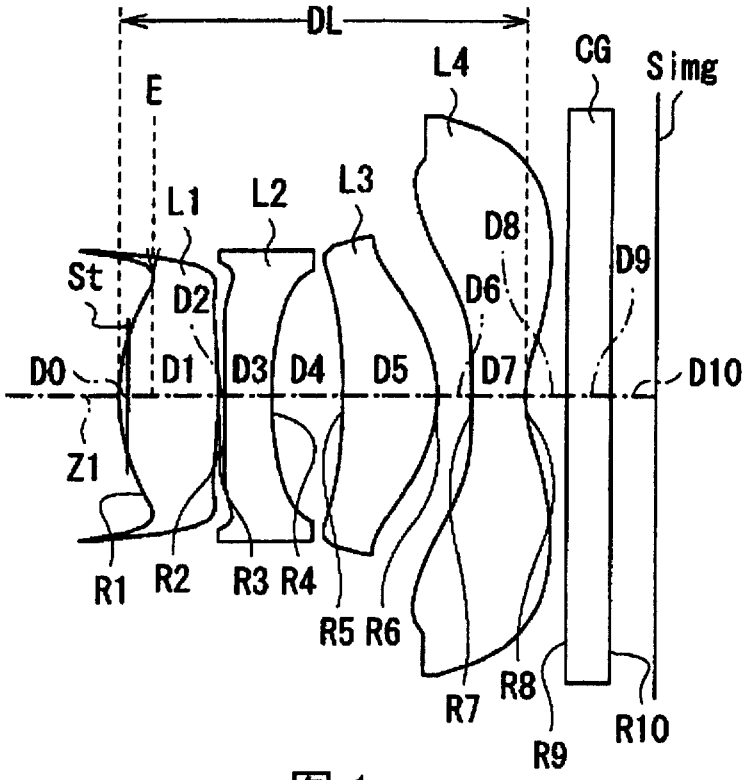

DL
E
L1
L2
L3
L4
CG
Simg
St
D2
D6
D8
D9
D0
D1
D3
D4
D5
D7
D10
Z1
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10

图 1

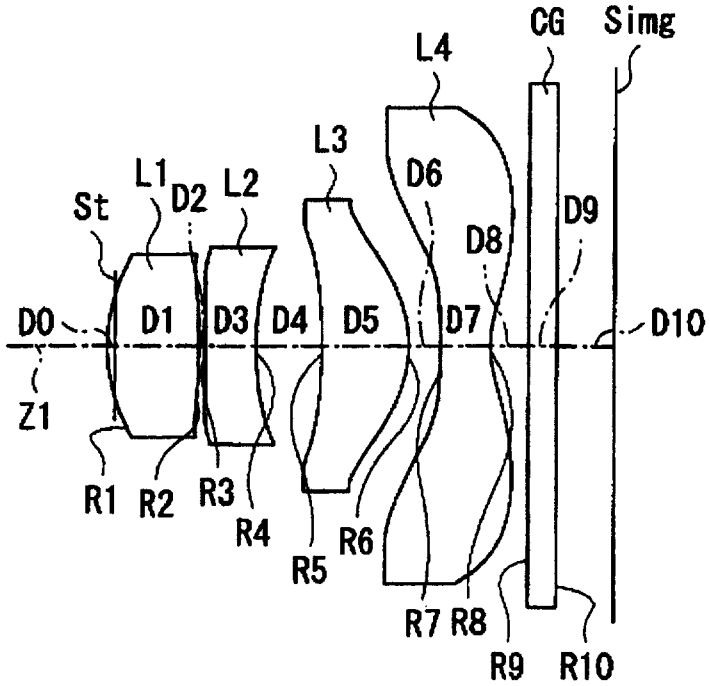

CG
Simg
L4
L3
L1
D2
L2
D6
St
D9
D8
D0
D1
D3
D4
D5
D7
D10
Z1
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10

图 2

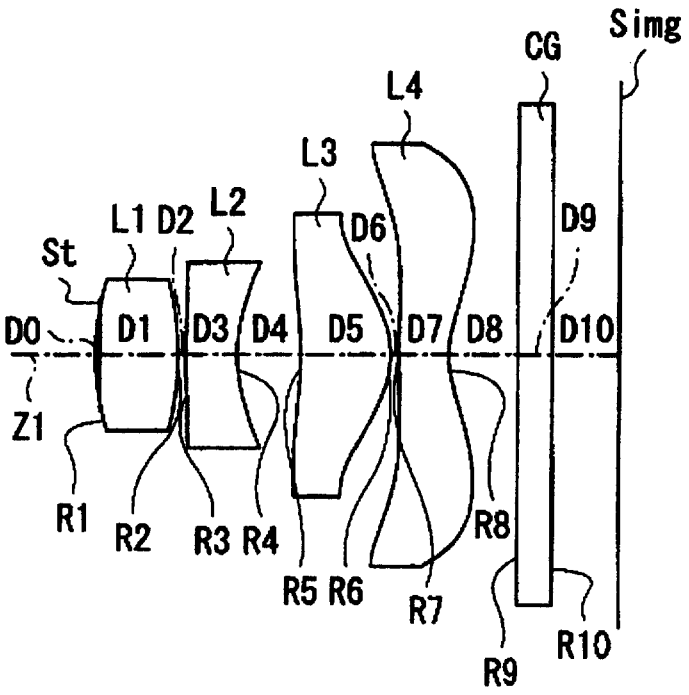

Simg
CG
L4
L3
L1
D2
L2
D6
D9
St
D0
D1
D3
D4
D5
D7
D8
D10
Z1
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10

图 3

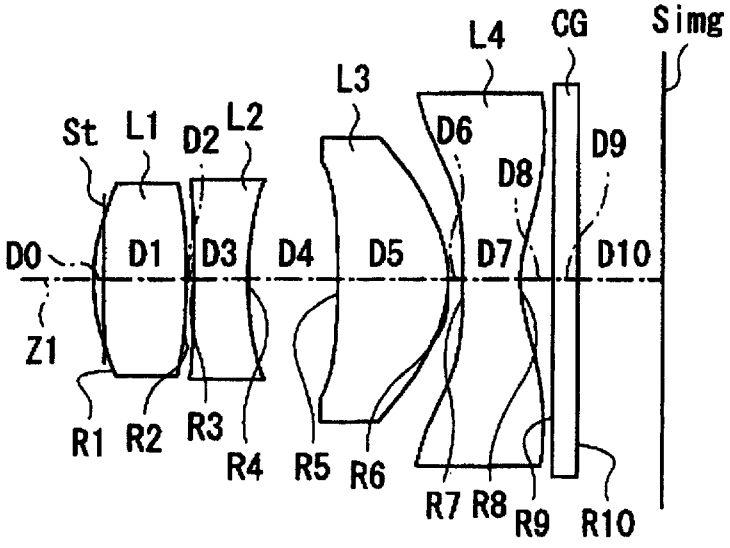

Simg
CG
L4
L3
St
L1
D2
L2
D6
D9
D8
D0
D1
D3
D4
D5
D7
D10
Z1
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10

图 4

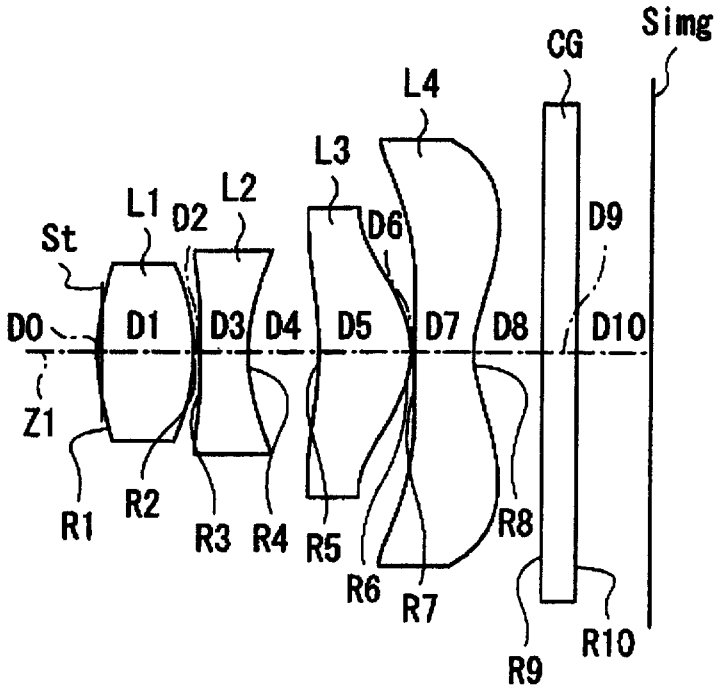



图 5

| 实施例 1·基本透镜数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Si（面编号） | Ri（曲率半径） | Di（面间隔） | Ndj（折射率） | νdj（阿贝数） |
| 0（光阑） | — | -0.06 | | |
| 1 | 1.557 | 0.74 | 1.517 | 56.5 |
| 2 | -6.058 | 0.06 | | |
| 3 | -89.648 | 0.37 | 1.607 | 26 |
| 4 | 2.826 | 0.54 | | |
| 5 | -4.741 | 0.72 | 1.535 | 55.1 |
| 6 | -1.021 | 0.26 | | |
| 7 | -448.237 | 0.41 | 1.513 | 56.6 |
| 8 | 0.912 | 0.34 | | |
| 9 | ∞ | 0.34 | 1.516 | 64.1 |
| 10 | ∞ | 0.39 | | |

(f=3.470)

图 6

| 实施例 2·基本透镜数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Si（面编号） | Ri（曲率半径） | Di（面间隔） | Ndj（折射率） | νdj（阿贝数） |
| 0 | — | -0.07 | | |
| 1 | 1.636 | 0.80 | 1.512 | 56.5 |
| 2 | -7.128 | 0.06 | | |
| 3 | -120.776 | 0.45 | 1.611 | 27.1 |
| 4 | 2.943 | 0.58 | | |
| 5 | -4.943 | 0.78 | 1.533 | 55.5 |
| 6 | -1.084 | 0.28 | | |
| 7 | -184.723 | 0.45 | 1.512 | 56.5 |
| 8 | 0.988 | 0.34 | | |
| 9 | ∞ | 0.26 | 1.516 | 55 |
| 10 | ∞ | 0.50 | | |

(f=3.779)

图 7

| 实施例 3·基本透镜数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Si（面编号） | Ri（曲率半径） | Di（面间隔） | Ndj（折射率） | νdj（阿贝数） |
| 0（光阑） | — | -0.04 | | |
| 1 | 2.046 | 0.71 | 1.512 | 57 |
| 2 | -3.530 | 0.07 | | |
| 3 | 4.619 | 0.43 | 1.611 | 27 |
| 4 | 1.444 | 0.54 | | |
| 5 | -3.806 | 0.78 | 1.533 | 55.5 |
| 6 | -0.747 | 0.07 | | |
| 7 | 13.542 | 0.43 | 1.533 | 55.5 |
| 8 | 0.873 | 0.60 | | |
| 9 | ∞ | 0.30 | 1.516 | 55 |
| 10 | ∞ | 0.56 | | |

(f=3.455)

图 8

| 实施例 4·基本透镜数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Si（面编号） | Ri（曲率半径） | Di（面间隔） | Ndj（折射率） | νdj（阿贝数） |
| 0（光阑） | — | -0.08 | | |
| 1 | 1.589 | 0.71 | 1.512 | 56.5 |
| 2 | -9.218 | 0.06 | | |
| 3 | -100.000 | 0.41 | 1.512 | 56.5 |
| 4 | 2.849 | 0.70 | | |
| 5 | -8.228 | 0.87 | 1.512 | 56.5 |
| 6 | -0.957 | 0.11 | | |
| 7 | 100.000 | 0.46 | 1.611 | 27 |
| 8 | 0.951 | 0.25 | | |
| 9 | ∞ | 0.19 | 1.516 | 64.1 |
| 10 | ∞ | 0.66 | | |

(f=3.774)

图 9

| 实施例 5·基本透镜数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Si（面编号） | Ri（曲率半径） | Di（面间隔） | Ndj（折射率） | νdj（阿贝数） |
| 0（光阑） | — | -0.04 | | |
| 1 | 1.970 | 0.81 | 1.512 | 57 |
| 2 | -2.042 | 0.06 | | |
| 3 | -99.996 | 0.41 | 1.611 | 27 |
| 4 | 1.567 | 0.60 | | |
| 5 | -3.296 | 0.78 | 1.533 | 55.5 |
| 6 | -0.749 | 0.03 | | |
| 7 | 25.766 | 0.50 | 1.533 | 55.5 |
| 8 | 0.880 | 0.59 | | |
| 9 | ∞ | 0.29 | 1.516 | 64.1 |
| 10 | ∞ | 0.61 | | |

(f=3.704)

图 10

| 实施例1·非球面数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 非球面系数 | 面编号 | | | |
| | 第1面 | 第2面 | 第3面 | 第4面 |
| K | -5.650E+00 | -4.746E+01 | 0.000E+00 | -8.206E+00 |
| A3 | 7.402E-03 | -6.949E-03 | -8.841E-03 | -6.583E-03 |
| A4 | 5.371E-02 | -2.025E-03 | -2.370E-02 | 2.246E-02 |
| A5 | 8.953E-03 | -5.403E-02 | 3.967E-02 | 1.503E-02 |
| A6 | 7.430E-03 | 6.160E-02 | -9.292E-02 | -1.169E-02 |
| A7 | -1.890E-02 | -7.161E-02 | 3.086E-02 | -2.977E-02 |
| A8 | -1.535E-01 | 6.247E-02 | 1.111E-01 | 2.362E-02 |
| A9 | 2.514E-01 | 1.006E-01 | -6.646E-03 | 2.964E-02 |
| A10 | -1.052E-01 | -8.460E-02 | -4.010E-02 | -1.729E-02 |
| A11 | — | — | — | -4.859E-04 |
| A12 | — | — | — | -6.139E-04 |
| A13 | — | — | — | -8.467E-04 |
| A14 | — | — | — | -1.608E-04 |
| A15 | — | — | — | 2.803E-04 |
| A16 | — | — | — | 7.103E-04 |
| | 第5面 | 第6面 | 第7面 | 第8面 |
| K | -9.313E+00 | -3.457E+00 | 0.000E+00 | -4.328E+00 |
| A3 | 6.702E-03 | 1.063E-03 | 2.363E-02 | 5.834E-02 |
| A4 | 1.905E-02 | -9.273E-02 | -1.706E-01 | -2.460E-01 |
| A5 | -6.660E-02 | 4.078E-02 | -1.035E-01 | 1.625E-01 |
| A6 | 4.541E-02 | -1.062E-02 | 2.233E-01 | -2.481E-02 |
| A7 | -2.633E-02 | 9.011E-04 | -9.788E-02 | -1.272E-02 |
| A8 | -6.272E-03 | 3.040E-03 | 1.377E-02 | 3.555E-03 |
| A9 | 2.768E-02 | 2.776E-03 | 0.000E+00 | 6.100E-04 |
| A10 | -1.199E-02 | -1.275E-03 | 0.000E+00 | -2.126E-04 |
| A11 | 1.768E-04 | — | — | — |
| A12 | 9.466E-05 | — | — | — |
| A13 | -2.863E-04 | — | — | — |
| A14 | -2.200E-04 | — | — | — |
| A15 | -4.706E-05 | — | — | — |
| A16 | 2.398E-04 | — | — | — |

图 11

| 实施例 2·非球面数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 非球面系数 | 面编号 | | | |
| | 第 1 面 | 第 2 面 | 第 3 面 | 第 4 面 |
| K | -5.645E+00 | -4.737E+01 | 0.000E+00 | -8.269E+00 |
| A3 | 1.329E-02 | -1.242E-02 | -1.579E-02 | -1.177E-02 |
| A4 | 1.286E-01 | -4.820E-03 | -5.664E-02 | 5.373E-02 |
| A5 | 2.873E-02 | -1.729E-01 | 1.270E-01 | 4.809E-02 |
| A6 | 3.189E-02 | 2.637E-01 | -3.977E-01 | -5.004E-02 |
| A7 | -1.075E-01 | -4.102E-01 | 1.767E-01 | -1.704E-01 |
| A8 | -1.174E+00 | 4.781E-01 | 8.505E-01 | 1.809E-01 |
| A9 | 2.576E+00 | 1.031E+00 | -6.803E-02 | 3.036E-01 |
| A10 | -1.441E+00 | -1.159E+00 | -5.492E-01 | -2.369E-01 |
| A11 | — | — | — | -8.880E-03 |
| A12 | — | — | — | -1.502E-02 |
| A13 | — | — | — | -2.786E-02 |
| A14 | — | — | — | -7.111E-03 |
| A15 | — | — | — | 1.637E-02 |
| A16 | — | — | — | 5.563E-02 |
| | 第 5 面 | 第 6 面 | 第 7 面 | 第 8 面 |
| K | -8.618E+00 | -3.475E+00 | 0.000E+00 | -4.475E+00 |
| A3 | 1.179E-02 | 2.106E-03 | 4.200E-02 | 9.932E-02 |
| A4 | 4.536E-02 | -2.218E-01 | -4.081E-01 | -5.544E-01 |
| A5 | -2.131E-01 | 1.305E-01 | -3.311E-01 | 4.805E-01 |
| A6 | 1.943E-01 | -4.542E-02 | 9.557E-01 | -9.615E-02 |
| A7 | -1.507E-01 | 5.163E-03 | -5.603E-01 | -6.465E-02 |
| A8 | -4.801E-02 | 2.328E-02 | 1.055E-01 | 2.370E-02 |
| A9 | 2.835E-01 | 2.843E-02 | 0.000E+00 | 5.332E-03 |
| A10 | -1.643E-01 | -1.747E-02 | 0.000E+00 | -2.443E-03 |
| A11 | 3.251E-03 | — | — | — |
| A12 | 2.352E-03 | — | — | — |
| A13 | -9.378E-03 | — | — | — |
| A14 | -9.642E-03 | — | — | — |
| A15 | -2.756E-03 | — | — | — |
| A16 | 1.881E-02 | — | — | — |

图 12

| 实施例3·非球面数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 非球面系数 | 面编号 | | | |
| | 第1面 | 第2面 | 第3面 | 第4面 |
| K | -1.572E+00 | -1.999E+00 | -4.858E+00 | 9.194E-01 |
| A3 | -7.851E-03 | -3.498E-02 | -2.981E-02 | 9.088E-03 |
| A4 | 5.437E-02 | -2.665E-02 | -1.221E-01 | -2.060E-01 |
| A5 | -1.143E-01 | -2.537E-02 | -4.002E-02 | 2.528E-01 |
| A6 | 5.495E-02 | -1.195E-01 | 1.544E-01 | -2.909E-01 |
| A7 | 1.415E-01 | -1.618E-01 | -4.850E-01 | -9.407E-02 |
| A8 | -4.717E-01 | 3.207E-01 | -7.053E-02 | 2.506E-01 |
| A9 | 5.017E-01 | 7.267E-01 | 1.852E+00 | 1.964E-01 |
| A10 | -2.111E-01 | -7.671E-01 | -1.340E+00 | -2.191E-01 |
| | 第5面 | 第6面 | 第7面 | 第8面 |
| K | 3.230E+00 | -2.500E+00 | 0.000E+00 | -4.000E+00 |
| A3 | -1.012E-02 | -6.096E-03 | 4.302E-02 | -2.285E-02 |
| A4 | -2.114E-02 | -1.141E-01 | -1.022E-01 | -2.668E-01 |
| A5 | 1.569E-01 | 8.345E-02 | -4.214E-02 | 2.733E-01 |
| A6 | 6.869E-02 | -1.165E-02 | 2.520E-02 | -8.052E-02 |
| A7 | -1.313E-01 | 1.705E-02 | 3.925E-02 | -4.054E-02 |
| A8 | -5.950E-02 | 3.315E-02 | -1.785E-02 | 1.453E-02 |
| A9 | 1.254E-01 | 2.677E-02 | -6.411E-03 | 1.187E-02 |
| A10 | -5.119E-02 | -3.091E-02 | 3.470E-03 | -5.124E-03 |

图 13

| 实施例 4·非球面数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 非球面系数 | 面编号 | | | |
| | 第 1 面 | 第 2 面 | 第 3 面 | 第 4 面 |
| K | -4.297E+00 | -3.907E+01 | 0.000E+00 | -1.234E+01 |
| A3 | 7.060E-03 | -2.650E-02 | -2.293E-02 | -7.196E-03 |
| A4 | 1.194E-01 | -1.086E-02 | -7.009E-02 | 8.677E-02 |
| A5 | 1.909E-02 | -1.879E-01 | 8.491E-02 | 4.341E-02 |
| A6 | 4.533E-03 | 1.956E-01 | -3.812E-01 | -5.321E-02 |
| A7 | -7.723E-02 | -4.057E-01 | 1.447E-01 | -1.521E-01 |
| A8 | -9.632E-01 | 3.721E-01 | 7.309E-01 | 1.636E-01 |
| A9 | 2.232E+00 | 8.421E-01 | -7.360E-02 | 2.609E-01 |
| A10 | -1.396E+00 | -9.873E-01 | -4.986E-01 | -2.185E-01 |
| | 第 5 面 | 第 6 面 | 第 7 面 | 第 8 面 |
| K | 2.003E+01 | -2.993E+00 | 8.000E+00 | -4.336E+00 |
| A3 | -8.222E-03 | 2.097E-02 | 9.503E-03 | 8.420E-03 |
| A4 | 5.164E-02 | -2.200E-01 | -3.633E-01 | -4.542E-01 |
| A5 | -2.019E-01 | 1.197E-01 | -3.037E-01 | 4.532E-01 |
| A6 | 1.686E-01 | -4.794E-02 | 8.732E-01 | -1.044E-01 |
| A7 | -1.555E-01 | 3.227E-04 | -4.931E-01 | -6.082E-02 |
| A8 | -6.168E-02 | 1.850E-02 | 8.646E-02 | 2.350E-02 |
| A9 | 2.505E-01 | 2.403E-02 | 0.000E+00 | 5.901E-03 |
| A10 | -1.485E-01 | -1.558E-02 | 0.000E+00 | -2.604E-03 |

图 14

| 实施例 5·非球面数据 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 非球面系数 | 面编号 | | | |
| | 第 1 面 | 第 2 面 | 第 3 面 | 第 4 面 |
| K | -1.392E+00 | -1.999E+00 | -4.858E+00 | 9.194E-01 |
| A3 | -7.820E-03 | -3.484E-02 | -2.969E-02 | 9.052E-03 |
| A4 | 5.405E-02 | -2.649E-02 | -1.214E-01 | -2.048E-01 |
| A5 | -1.133E-01 | -2.517E-02 | -3.970E-02 | 2.507E-01 |
| A6 | 5.441E-02 | -1.183E-01 | 1.528E-01 | -2.880E-01 |
| A7 | 1.398E-01 | -1.598E-01 | -4.792E-01 | -9.294E-02 |
| A8 | -4.651E-01 | 3.163E-01 | -6.955E-02 | 2.471E-01 |
| A9 | 4.937E-01 | 7.151E-01 | 1.822E+00 | 1.933E-01 |
| A10 | -2.073E-01 | -7.534E-01 | -1.316E+00 | -2.152E-01 |
| | 第 5 面 | 第 6 面 | 第 7 面 | 第 8 面 |
| K | 3.230E+00 | -2.500E+00 | 0.000E+00 | -4.000E+00 |
| A3 | -1.008E-02 | -6.072E-03 | 4.284E-02 | -2.276E-02 |
| A4 | -2.102E-02 | -1.134E-01 | -1.015E-01 | -2.652E-01 |
| A5 | 1.557E-01 | 8.278E-02 | -4.180E-02 | 2.711E-01 |
| A6 | 6.800E-02 | -1.153E-02 | 2.495E-02 | -7.972E-02 |
| A7 | -1.298E-01 | 1.685E-02 | 3.878E-02 | -4.005E-02 |
| A8 | -5.868E-02 | 3.269E-02 | -1.760E-02 | 1.433E-02 |
| A9 | 1.234E-01 | 2.635E-02 | -6.309E-03 | 1.168E-02 |
| A10 | -5.028E-02 | -3.036E-02 | 3.408E-03 | -5.032E-03 |

图 15

| 与条件式相关的值 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 条件式 | 式的编号 | 实施例 1 | 实施例 2 | 实施例 3 | 实施例 4 | 实施例 5 |
| 0.1≦MIN(D)/f≦1.0 | (1) | 0.106 | 0.118 | 0.124 | 0.108 | 0.110 |
| 1.0≦R1≦2.1 | (2) | 1.557 | 1.636 | 2.046 | 1.589 | 1.970 |
| 0.3≦R8≦1.5 | (3) | 0.912 | 0.988 | 0.873 | 0.951 | 0.880 |
| -0.01≦1/R7≦0.4 | (4) | -0.002 | -0.005 | 0.074 | 0.010 | 0.039 |
| 3.0≦DL≦4.0 | (5) | 3.100 | 3.395 | 3.030 | 3.319 | 3.179 |
| -10≦R5≦-3.5 | (6) | -4.741 | -4.943 | -3.806 | -8.228 | -3.296 |
| -1.5≦R6≦-0.5 | (7) | -1.021 | -1.084 | 0.873 | -0.957 | -0.749 |
| $\nu 1-(\nu 2+\nu 3+\nu 4)/3\geqq 0$ | (8) | 10.6 | 10.13 | 11.0 | 9.83 | 11.0 |
| $\nu 1-(\nu 3+\nu 4)/2\geqq 5$ | (8') | 26.15 | 0.5 | 1.5 | 14.75 | 1.5 |
| 0.6≦f3/f≦0.8 | (9) | 0.657 | 0.644 | 0.465 | 0.539 | 0.446 |
| -1.0≦R1/R2≦0 | (10) | -0.257 | -0.230 | -0.580 | -0.172 | -0.965 |
| 0≦f1/f≦0.8 | (11) | 0.715 | 0.711 | 0.767 | 0.719 | 0.570 |
| 0.9≦(R3+R4)/(R3-R4)≦1.5 | (12) | 0.939 | 0.952 | 1.910 | 0.945 | 0.969 |
| 1.0≦f12/f≦1.6 | (13) | 1.186 | 1.195 | 1.564 | 1.133 | 1.403 |
| 0.85≦DL/f≦0.93 | (14) | 0.891 | 0.896 | 0.875 | 0.877 | 0.859 |

图 16

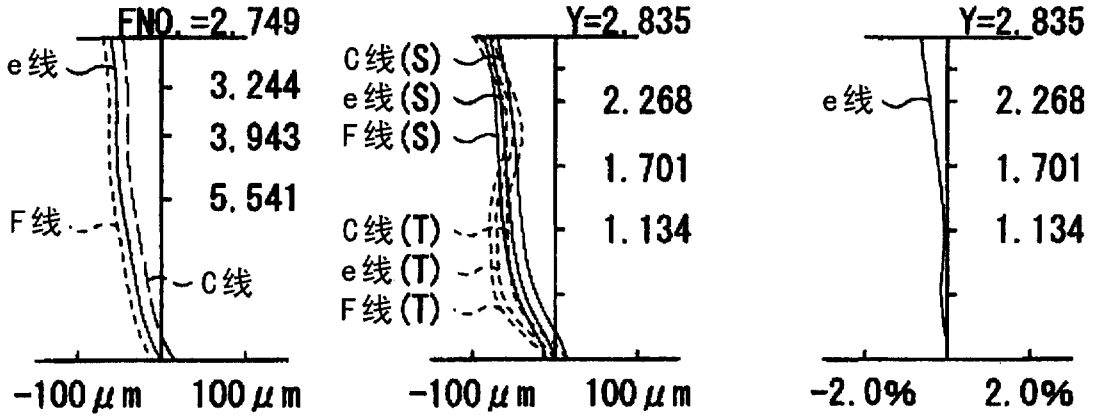

FNO.=2.749
e线
3.244
3.943
5.541
F线
C线
-100μm
100μm
球面像差
(A)
Y=2.835
C线(S)
e线(S)
F线(S)
2.268
1.701
1.134
C线(T)
e线(T)
F线(T)
-100μm
100μm
像散
(B)
Y=2.835
e线
2.268
1.701
1.134
-2.0%
2.0%
畸变
(C)

图 17

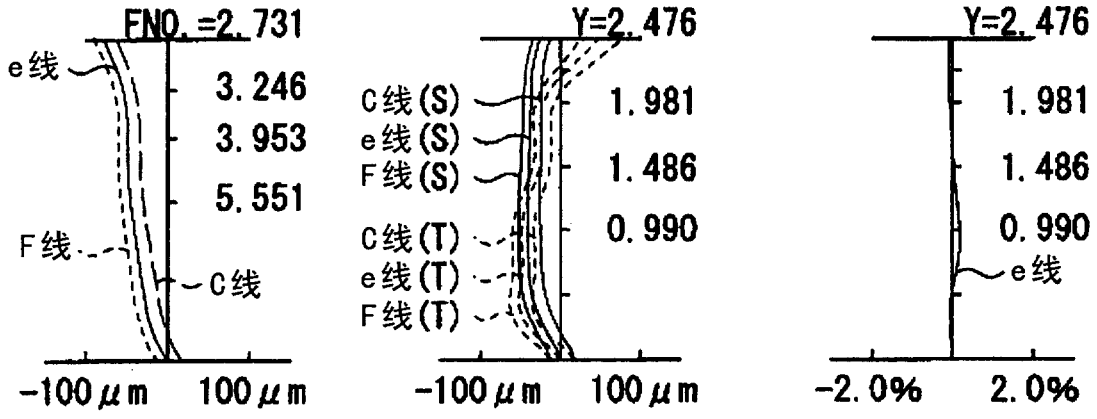

FNO.=2.731
e线
3.246
3.953
5.551
F线
C线
-100μm
100μm
球面像差
(A)
Y=2.476
C线(S)
e线(S)
F线(S)
1.981
1.486
0.990
C线(T)
e线(T)
F线(T)
-100μm
100μm
像散
(B)
Y=2.476
1.981
1.486
0.990
e线
-2.0%
2.0%
畸变
(C)

图 18

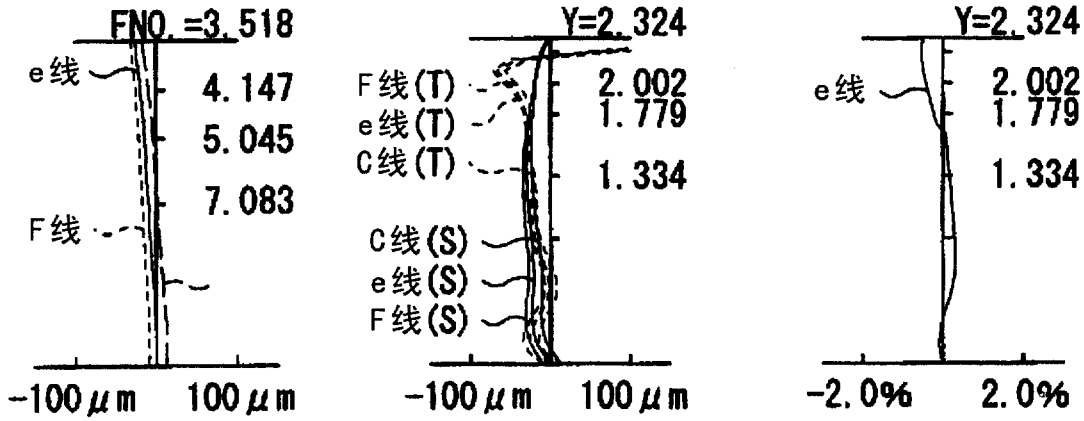

FNO.=3.518
e线
4.147
5.045
7.083
F线
-100μm
100μm
球面像差
(A)
Y=2.324
F线(T)
e线(T)
C线(T)
2.002
1.779
1.334
C线(S)
e线(S)
F线(S)
-100μm
100μm
像散
(B)
Y=2.324
e线
2.002
1.779
1.334
-2.0%
2.0%
畸变
(C)

图 19

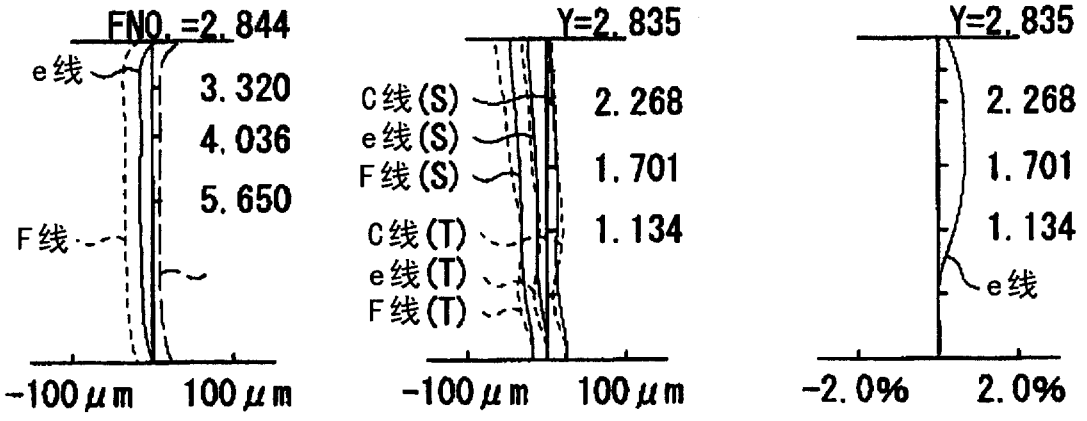

FNO.=2.844
e线
3.320
4.036
5.650
F线
-100μm
100μm
球面像差
(A)
Y=2.835
C线(S)
e线(S)
F线(S)
2.268
1.701
1.134
C线(T)
e线(T)
F线(T)
-100μm
100μm
像散
(B)
Y=2.835
2.268
1.701
1.134
e线
-2.0%
2.0%
畸变
(C)

图 20

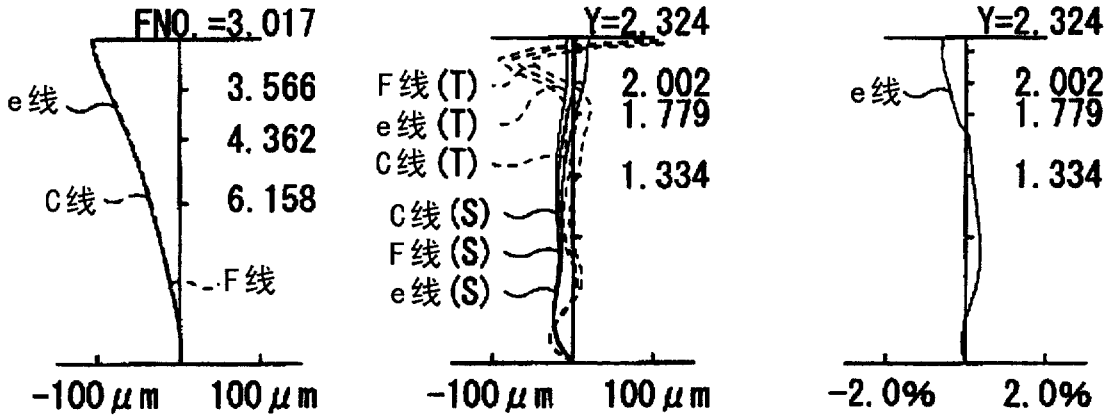

FNO.=3.017
e线
C线
F线
3.566
4.362
6.158
-100μm
100μm
球面像差
(A)
Y=2.324
F线(T)
e线(T)
C线(T)
C线(S)
F线(S)
e线(S)
2.002
1.779
1.334
-100μm
100μm
像散
(B)
Y=2.324
e线
2.002
1.779
1.334
-2.0%
2.0%
畸变
(C)

图 21

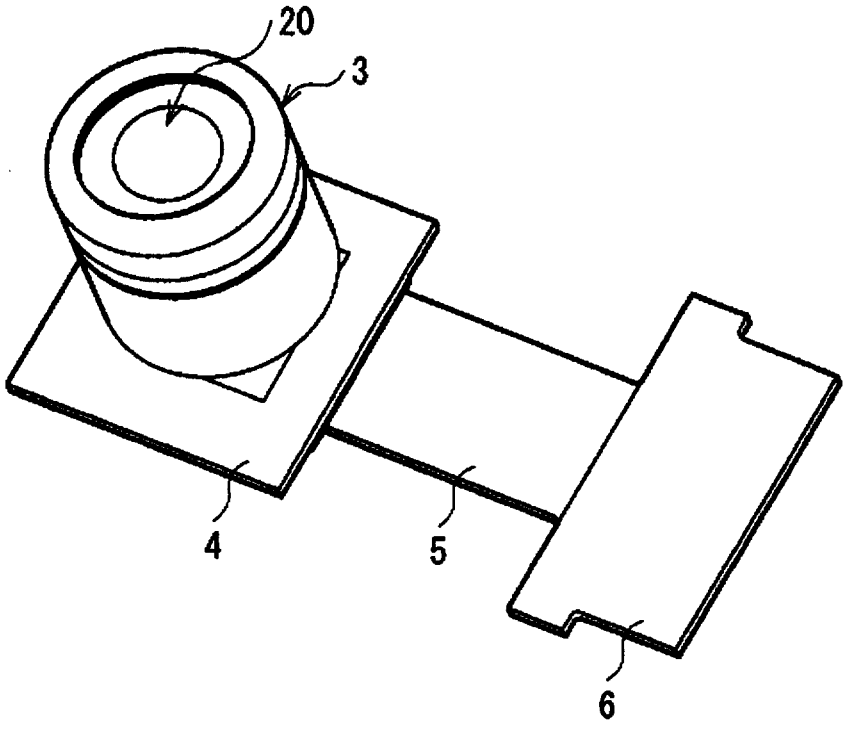
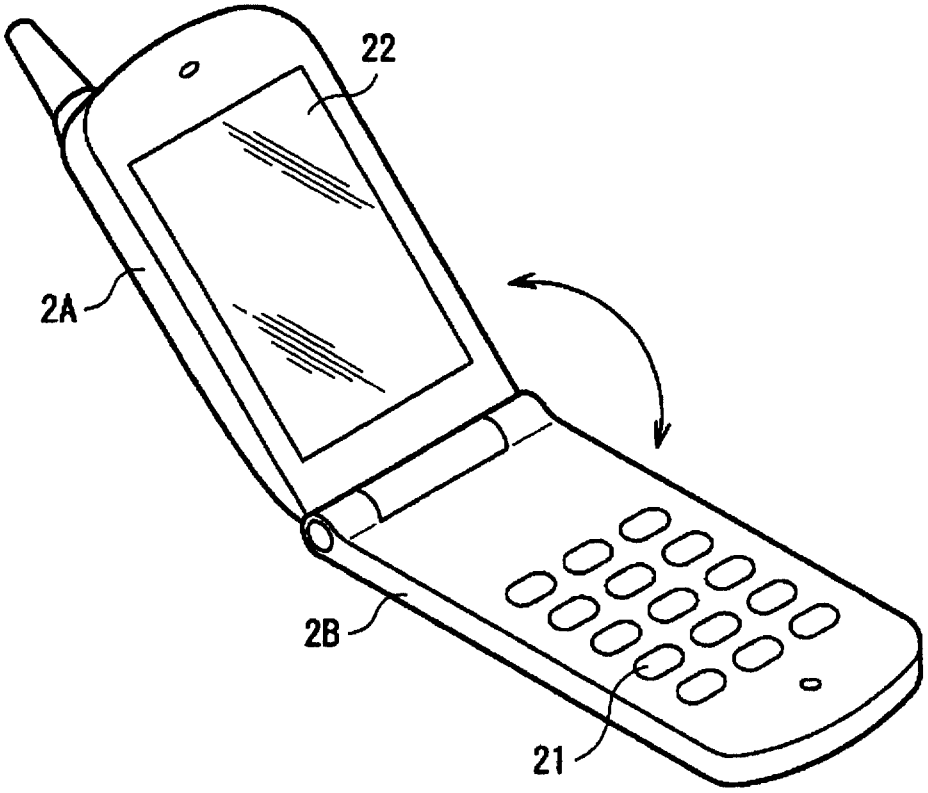

20
3
4
5
6

图 22

(A)




(B)

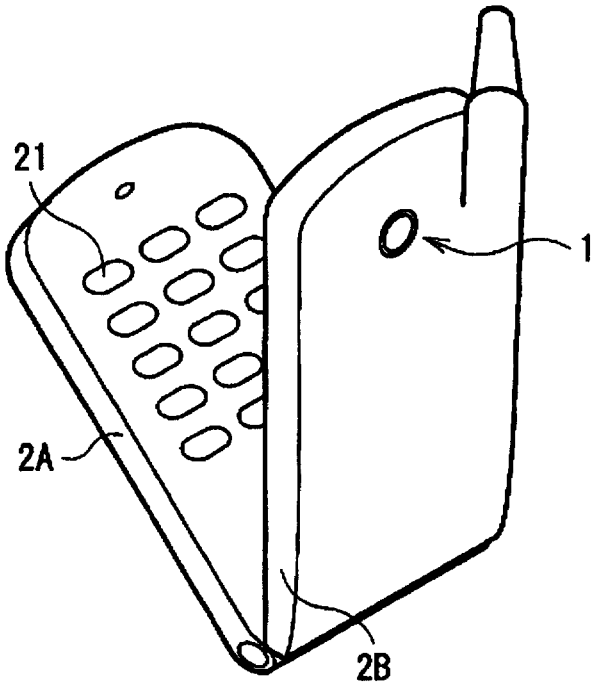



图 23