

[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 200480030897.7

[51] Int. Cl.

G02B 15/16 (2006.01)

G02B 15/163 (2006.01)

G02B 15/167 (2006.01)

G02B 15/20 (2006.01)

G02B 3/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 100565270C

[22] 申请日 2004.11.10

[21] 申请号 200480030897.7

[30] 优先权

[32] 2003.11.17 [33] JP [31] 386162/2003

[32] 2003.11.17 [33] JP [31] 386163/2003

[32] 2003.11.19 [33] JP [31] 389222/2003

[32] 2003.11.19 [33] JP [31] 389223/2003

[32] 2003.11.25 [33] JP [31] 393936/2003

[32] 2003.11.25 [33] JP [31] 393937/2003

[32] 2003.11.25 [33] JP [31] 393938/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/017028 2004.11.10

[87] 国际公布 WO2005/047952 日 2005.5.26

[85] 进入国家阶段日期 2006.4.20

[73] 专利权人 奥林巴斯株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 南方宽之 池町大 足立要人

[56] 参考文献

JP2002-148501A 2002.5.22

JP2001-350075A 2001.12.21

JP8-75973A 1996.3.22

JP2002-48901A 2002.2.15

US5745301A 1998.4.28

JP2003-248106A 2003.9.5

JP2003-261616A 2003.9.19

审查员 张 苗

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 黄纶伟

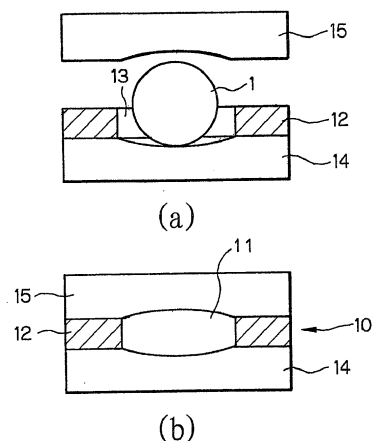
权利要求书 5 页 说明书 99 页 附图 58 页

[54] 发明名称

变焦光学系统和使用该变焦光学系统的电子设备

[57] 摘要

本发明涉及可有效地兼顾低成本化和小型化的变焦光学系统和使用该变焦光学系统的电子设备，变焦光学系统由具有负屈光力的透镜组和具有正屈光力的透镜组构成，至少 1 个透镜由一体透镜(10)构成，该一体透镜(10)采用在成形后成为至少包括光学功能面的面的第 1 坯料(11)和在成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第 2 坯料(12)而成形、第 1 坯料(11)和第 2 坯料(12)形成一体。



1. 一种变焦光学系统，其特征在于，由具有负屈光力的透镜组和具有正屈光力的透镜组构成，至少 1 个透镜由一体透镜构成，该一体透镜采用在成形后成为至少包括光学功能面的面的第 1 坯料和在成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第 2 坯料而成形、上述第 1 坯料和上述第 2 坯料形成一体，

至少 1 个上述一体透镜的最薄部厚度满足下述的条件式，

$$0.1\text{mm} < t < 0.5\text{mm} \quad \dots (1)$$

其中， t 是一体透镜的最薄部厚度。

2. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述第 2 坯料具有遮光性。

3. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述第 2 坯料为金属、金属陶瓷或陶瓷。

4. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统，其特征在于，使用有机无机复合材料作为构成上述变焦光学系统的至少 1 个光学元件的光学材料。

5. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，具有负的第 1 透镜组和正的第 2 透镜组。

6. 根据权利要求 5 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述第 1 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式，

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 10 \quad \dots (2A)$$

其中， $HH1$ 是第 1 组正透镜的主点间距(mm)， $\phi 1$ 是第 1 组正透镜的屈光力。

7. 根据权利要求 5 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述第 2 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式，

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (3A)$$

其中， $HH2$ 是第 2 组正透镜的主点间距(mm)， $\phi 2$ 是第 2 组正透镜的屈光力。

8. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述变焦光

学系统按照从物体侧起的顺序,具有正的第1透镜组和负的第2透镜组。

9. 根据权利要求8所述的变焦光学系统,其特征在于,上述第1透镜组中的至少1个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 15 \quad \dots (2B)$$

其中,HH1是第1组正透镜的主点间距(mm), $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

10. 根据权利要求8所述的变焦光学系统,其特征在于,上述第2透镜组中的至少1个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 6 \quad \dots (3B)$$

其中,HH2是第2组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第2组正透镜的屈光力。

11. 根据权利要求1所述的变焦光学系统,其特征在于,上述变焦光学系统按照从物体侧起的顺序,具有负的第1透镜组、正的第2透镜组以及正的第3透镜组。

12. 根据权利要求11所述的变焦光学系统,其特征在于,上述第1透镜组中的至少1个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 15 \quad \dots (2C)$$

其中,HH1是第1组正透镜的主点间距(mm), $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

13. 根据权利要求11所述的变焦光学系统,其特征在于,上述第2透镜组中的至少1个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (3C)$$

其中,HH2是第2组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第2组正透镜的屈光力。

14. 根据权利要求11所述的变焦光学系统,其特征在于,上述第3透镜组中的至少1个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 20 \quad \dots (4C)$$

其中,HH3是第3组正透镜的主点间距(mm), $\phi 3$ 是第3组正透镜的屈光力。

15. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述变焦光学系统按照从物体侧起的顺序, 具有负的第 1 透镜组、正的第 2 透镜组、正的第 3 组以及负的第 4 透镜组。

16. 根据权利要求 15 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 1 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 10 \quad \dots (2D)$$

其中, HH1 是第 1 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 1$ 是第 1 组正透镜的屈光力。

17. 根据权利要求 15 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 2 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (3D)$$

其中, HH2 是第 2 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第 2 组正透镜的屈光力。

18. 根据权利要求 15 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 3 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 20 \quad \dots (4D)$$

其中, HH3 是第 3 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 3$ 是第 3 组正透镜的屈光力。

19. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述变焦光学系统按照从物体侧起的顺序, 具有负的第 1 透镜组、正的第 2 透镜组、负的第 3 透镜组以及正的第 4 透镜组。

20. 根据权利要求 19 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 1 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 10 \quad \dots (2E)$$

其中, HH1 是第 1 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 1$ 是第 1 组正透镜的屈光力。

21. 根据权利要求 19 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 2 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 6 \quad \dots (3E)$$

其中, HH2 是第 2 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第 2 组正透镜的屈光力。

22. 根据权利要求 19 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 4 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH4 / \phi 4 < 10 \quad \dots (5E)$$

其中, HH4 是第 4 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 4$ 是第 4 组正透镜的屈光力。

23. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述变焦光学系统按照从物体侧起的顺序, 具有负的第 1 透镜组、正的第 2 透镜组、正的第 3 透镜组以及正的第 4 透镜组。

24. 根据权利要求 23 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 1 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 15 \quad \dots (2F)$$

其中, HH1 是第 1 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 1$ 是第 1 组正透镜的屈光力。

25. 根据权利要求 23 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 2 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (3F)$$

其中, HH2 是第 2 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第 2 组正透镜的屈光力。

26. 根据权利要求 23 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 3 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 20 \quad \dots (4F)$$

其中, HH3 是第 3 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 3$ 是第 3 组正透镜的屈光力。

27. 根据权利要求 23 所述的变焦光学系统, 其特征在于, 上述第 4 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式,

$$0.1 < HH4 / \phi 4 < 20 \quad \dots (5F)$$

其中, HH4 是第 4 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 4$ 是第 4 组正透镜的

屈光力。

28. 根据权利要求 1 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，具有正的第 1 透镜组、负的第 2 透镜组、正的第 3 透镜组以及正的第 4 透镜组。

29. 根据权利要求 28 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述第 1 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式，

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 20 \quad \dots (2G)$$

其中，HH1 是第 1 组正透镜的主点间距(mm)， $\phi 1$ 是第 1 组正透镜的屈光力。

30. 根据权利要求 28 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述第 2 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式，

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 15 \quad \dots (3G)$$

其中，HH2 是第 2 组正透镜的主点间距(mm)， $\phi 2$ 是第 2 组正透镜的屈光力。

31. 根据权利要求 28 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述第 3 组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式，

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 8 \quad \dots (4G)$$

其中，HH3 是第 3 组正透镜的主点间距(mm)， $\phi 3$ 是第 3 组正透镜的屈光力。

32. 根据权利要求 28 所述的变焦光学系统，其特征在于，上述第 4 透镜组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式，

$$0.1 < HH4 / \phi 4 < 10 \quad \dots (5G)$$

其中，HH4 是第 4 组正透镜的主点间距(mm)， $\phi 4$ 是第 4 组正透镜的屈光力。

33. 一种电子设备，其特征在于，具有权利要求 1 所述的变焦光学系统和配置于其像侧的电子摄像元件。

变焦光学系统和使用该变焦光学系统的电子设备

技术领域

本发明涉及变焦光学系统和使用该变焦光学系统的电子设备，特别涉及紧凑的变焦光学系统和使用这样的变焦光学系统的电子设备。在该电子设备中，例如，有数字照相机、摄像机、数字视频单元、个人计算机、移动式计算机、便携电话、信息便携终端。

背景技术

近年来，称为 PDA 的信息便携终端和便携电话得到了迅速普及。在该设备中，有的附加了数字照相机的功能或数字视频的功能。为了实现这些功能，使用了 CCD (Charge Coupled Device, 电荷耦合器件)、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, 互补金属氧化物半导体) 传感器作为摄像元件。为了使这样的设备小型化，优选使用受光面的有效面积较小的摄像元件。在该情况下，需要在将光学系统的性能保持为高性能的同时兼顾小型化和低成本化。此时，作为小型化的措施，进行了透镜个数的削减。另一方面，作为基于工时削减的低成本化的措施，例如，在专利文献 1 中，提出了在镜头座内对透镜进行加压成形的制造方法。

为了减少构成光学系统的透镜个数，需要使用非球面透镜。该非球面透镜的制作一般使用在加热软化状态下对预成型坯进行压力成形的加工法（下面，称为“现有的加工法”）。在该现有的加工法中，成形为比必要外径稍大，进行磨圆（外径修圆），组装到透镜镜筒中。因此，例如，为了形成正透镜，必要外径处的外周部厚度变得比磨圆时的外周部厚度更厚。另外，如果为了小型化而减少透镜个数，则由于包括正透镜在内的各透镜的屈光力变大，透镜的壁厚也增加。为此，必须确保磨圆时的外周部厚度，所以必要外径处的外周部厚度变得更厚，无法充分地获得

小型化的效果。

另一方面，在专利文献 1 中，不仅未提到小型化，而且也未对用于小型化的条件进行描述。

专利文献 1：日本特开昭 61—114822 号公报

发明内容

本发明是鉴于现有技术中的这样的状况而提出的，其目的在于提供可有效地兼顾低成本化和小型化的变焦光学系统和使用该变焦光学系统的电子设备。

本发明的变焦光学系统的特征在于，由具有负屈光力的透镜组和具有正屈光力的透镜组构成，至少 1 个透镜由一体透镜形成，该一体透镜采用成形之后成为至少包括光学功能面的面的第 1 坯料和成形之后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第 2 坯料而成形、且第 1 坯料和第 2 坯料形成一体。

另外，本发明的变焦光学系统的特征在于，第 2 坯料具有遮光性。

另外，本发明的变焦光学系统的特征在于，第 2 坯料为金属、金属陶瓷或陶瓷。

另外，本发明的变焦光学系统的特征在于，使用有机无机复合材料作为构成光学系统的至少 1 个光学元件的光学材料。

另外，本发明的电子设备的特征在于，具有上述变焦光学系统和设在其像侧的电子摄像元件。

附图说明

图 1 是用于说明变焦光学系统所使用的一体透镜的制造方法的图，是表示成形前的配置 (a) 和成形后的配置 (b) 的图。

图 2 是表示通过图 1 的制造方法成形的一体透镜的立体图。

图 3 是用于说明变焦光学系统所使用的一体透镜的另一制造方法的图，是表示成形前的配置 (a) 和成形后的配置 (b) 的图。

图 4 是表示通过图 3 的制造方法成形的一体透镜的立体图。

图 5 是用于说明变焦光学系统所使用的一体透镜的又一制造方法的图，是表示成形前的配置 (a) 和成形后的配置 (b) 的图。

图 6 是表示通过图 5 的制造方法成形的一体透镜的立体图。

图 7 是第 1 变焦光学系统的实施例 1-1 的透镜剖面图，表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 8 是第 1 变焦光学系统的实施例 1-2 的透镜剖面图，表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 9 是第 1 变焦光学系统的实施例 1-1 的像差图，表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 10 是第 1 变焦光学系统的实施例 1-2 的像差图，表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 11 是表示第 1 变焦光学系统的实施例 1-1 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 12 是表示第 1 变焦光学系统的实施例 1-2 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 13 是表示第 1 变焦光学系统的实施例 1-2 所使用的一体透镜的另一实例的剖面图。

图 14 是第 2 变焦光学系统的实施例 2-1 的透镜剖面图，表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 15 是第 2 变焦光学系统的实施例 2-2 的透镜剖面图，表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 16 是第 2 变焦光学系统的实施例 2-1 的像差图，表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 17 是第 2 变焦光学系统的实施例 2-2 的像差图，表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 18 是表示第 2 变焦光学系统的实施例 2-1 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 19 是第 2 变焦光学系统的实施例 2-2 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 20 是第 3 变焦光学系统的实施例 3-1 的透镜剖面图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 21 是第 3 变焦光学系统的实施例 3-2 的透镜剖面图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 22 是第 3 变焦光学系统的实施例 3-1 的像差图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 23 是第 3 变焦光学系统的实施例 3-2 的像差图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 24 是表示第 3 变焦光学系统的实施例 3-1 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 25 是表示第 3 变焦光学系统的实施例 3-2 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 26 是第 4 变焦光学系统的实施例 4-1 的透镜剖面图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 27 是第 4 变焦光学系统的实施例 4-2 的透镜剖面图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 28 是第 4 变焦光学系统的实施例 4-1 的像差图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 29 是第 4 变焦光学系统的实施例 4-2 的像差图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 30 是表示第 4 变焦光学系统的实施例 4-1 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 31 是表示第 4 变焦光学系统的实施例 4-2 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 32 是第 5 变焦光学系统的实施例 5-1 的透镜剖面图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 33 是第 5 变焦光学系统的实施例 5-2 的透镜剖面图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 34 是第 5 变焦光学系统的实施例 5-1 的像差图,表示无限远物点

对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 35 是第 5 变焦光学系统的实施例 5-2 的像差图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 36 是表示第 5 变焦光学系统的实施例 5-1 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 37 是表示第 5 变焦光学系统的实施例 5-2 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 38 是第 6 变焦光学系统的实施例 6-1 的透镜剖面图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 39 是第 6 变焦光学系统的实施例 6-2 的透镜剖面图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 40 是第 6 变焦光学系统的实施例 6-3 的透镜剖面图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 41 是第 6 变焦光学系统的实施例 6-1 的像差图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 42 是第 6 变焦光学系统的实施例 6-2 的像差图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 43 是第 6 变焦光学系统的实施例 6-3 的像差图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 44 是表示第 6 变焦光学系统的实施例 6-1 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 45 是表示第 6 变焦光学系统的实施例 6-2 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 46 是表示第 6 变焦光学系统的实施例 6-3 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 47 是第 7 变焦光学系统的实施例 7-1 的透镜剖面图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 48 是第 7 变焦光学系统的实施例 7-2 的透镜剖面图, 表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 49 是第 7 变焦光学系统的实施例 7-3 的透镜剖面图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的剖面。

图 50 是第 7 变焦光学系统的实施例 7-1 的像差图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 51 是第 7 变焦光学系统的实施例 7-2 的像差图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 52 是第 7 变焦光学系统的实施例 7-3 的像差图,表示无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 处的像差。

图 53 是表示第 7 变焦光学系统的实施例 7-1 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 54 是表示第 7 变焦光学系统的实施例 7-2 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 55 是表示第 7 变焦光学系统的实施例 7-2 所使用的另一种一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 56 是表示第 7 变焦光学系统的实施例 7-3 所使用的一体透镜的 1 个实例的剖面图。

图 57 是表示装有本发明的变焦光学系统的数字照相机的外观的前方立体图。

图 58 是图 57 的数字照相机的后方立体图。

图 59 是图 57 的数字照相机的剖面图。

图 60 是打开装有本发明的变焦光学系统作为物镜光学系统的个人计算机的机盖时的前方立体图。

图 61 是个人计算机的摄影光学系统的剖面图。

图 62 是图 60 的状态的侧视图。

图 63 是装有本发明的变焦光学系统作为物镜光学系统的便携电话的正视图 (a)、侧视图 (b)、其摄影光学系统的剖面图 (c)。

具体实施方式

本实施方式的变焦光学系统由具有负屈光力的透镜组和具有正屈光

力的透镜组构成,至少1个透镜由一体透镜形成,该一体透镜采用成形之后成为至少包括光学功能面的面的第1坯料和成形之后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第2坯料而成形、且第1坯料和第2坯料形成一体。

这里,作为变焦光学系统的具体结构,有下述的7种类型。

- (1) 第1组为负透镜组,第2组为正透镜组。
- (2) 第1组为正透镜组,第2组为负透镜组。
- (3) 第1组为负透镜组,第2组为正透镜组,第3组为正透镜组。
- (4) 第1组为负透镜组,第2组为正透镜组,第3组为正透镜组,第4组为负透镜组。
- (5) 第1组为负透镜组,第2组为正透镜组,第3组为负透镜组,第4组为正透镜组。
- (6) 第1组为负透镜组,第2组为正透镜组,第3组为正透镜组,第4组为正透镜组。
- (7) 第1组为正透镜组,第2组为负透镜组,第3组为正透镜组,第4组为正透镜组。

另外,在后面描述对于各种类型的详细说明。

在这样的变焦光学系统中,优选为至少1个一体透镜的最薄部厚度满足下述的条件式。

$$0.1\text{mm} < t < 0.5\text{mm} \quad \dots (1)$$

其中, t : 一体透镜的最薄部厚度。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。如果减小一体透镜的最薄部的厚度,则可以较小地对透镜进行成形。其结果是,可缩短镜头全长。因此,可通过满足条件式(1),在保持光学性能的同时,实现小型化。如果低于条件式(1)的下限0.1mm,则由于透镜过薄,由外压、温度等而导致变形,难以保持光学性能。如果超过上限0.5mm,则由于最薄部厚度增加,透镜也变大。

而且,优选为满足下述的条件式(1-2)。在此情况下,可在保持光学性能的同时,使光学系统小型化。

$$0.15\text{mm}<t<0.4\text{mm} \quad \dots (1-2)$$

而且,更好为满足下述的条件式(1-3)。在此情况下,可在保持光学性能的同时,使光学系统进一步小型化。

$$0.2\text{mm}<t<0.35\text{mm} \quad \dots (1-3)$$

另外,优选为满足上述条件的一体透镜具有正屈光力。

对采用该结构的理由及其作用进行说明。如果使正透镜成为一体透镜,则可减小正透镜的边缘厚度。由此,可缩短全长。

此外,优选为,在对一体镜成形时,通过1个成型机,同时对多个光学功能面进行成形。

对采用该结构的理由及其作用进行说明。如果通过1个成型机,并列地同时对多个面进行成形,则可缩短每个面的加工时间。另外,可通过这样由1个成型机来同时对多个面进行成形,延长与面数对应的压模的寿命。由此,可大幅减小成本。

另外,第1坯料优选为玻璃。

对采用该结构的理由及其作用进行说明。通过使用呈现高折射率的玻璃作为第1坯料,能够以较少的个数良好地校正球面像差、像面弯曲等的各种像差。另外,通过使用玻璃,难以受到温度变化的影响。因此,可实现温度变化时的后焦点变化较小的光学系统。当然,也可以使用其它的塑料、有机无机复合材料作为第1坯料。

另外,优选为,第2坯料具有遮光性。

对采用该结构的理由及其作用进行说明。如果第2坯料具有遮光性,则可将来自光学功能面以外的面的光线到达像面的情况抑制在最小限度。由此,能够抑制重影、眩光,所以是适合的。

此外,优选为,第2坯料为金属、金属陶瓷或陶瓷。

对采用该结构的理由及其作用进行说明。如果第2坯料为金属、金属陶瓷(陶瓷与金属的复合材料)、陶瓷,则形状的加工变得容易。

此外,优选为,使用有机无机复合材料作为构成光学系统的至少1个光学元件的光学材料。

对采用该结构的理由及其作用进行说明。如果使用有机无机复合材

料作为光学元件的光学材料，则与有机成分和无机成分的类型和配比相应地表现出（获得）各种光学特性（折射率、色散）。这样，可通过按照任意的比例配合有机成分和无机成分，实现具有预期的光学特性、或较高的光学特性的光学材料。由此，由于可获得高性能的光学元件，因此能以更少的个数校正各种像差。由此，可实现光学系统的低成本、小型化。

此外，优选为，有机无机复合体包含氧化锆的纳米粒子。

此外，优选为，有机无机复合体包含氧化锆和氧化铝的纳米粒子。

此外，优选为，有机无机复合体包含铌氧化物的纳米粒子。

此外，优选为，有机无机复合体包含锆醇盐（zirconium alkoxide）的水解物和氧化铝的纳米粒子。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。这些材料的纳米粒子是无机成分的示例。另外，可通过按照预定的配比，将这样的纳米粒子分散于有机成分的塑料中，开发出各种光学特性（折射率、色散）。

接着，利用图1对一体透镜的制造方法进行说明。在图1(a)中，标号14是一体透镜成形模的下压模，标号15是一体透镜成形模的上压模。在下压模14的预定区域形成有一体透镜下模面（下面，称为“下模面”）。该下模面在成形后的一体透镜中对应于光学功能面的部分。此外，在上压模15的预定的区域也形成有一体透镜上模面（上面，称为“上模面”）。该上模面也在成形后的一体透镜中对应于光学功能面的部分。

一体透镜10采用第1坯料11和第2坯料12而成形。在第1坯料11中，在一体透镜的成形之后，形成至少包括光学功能面的面。此外，在第2坯料12中，在一体透镜的成形之后，形成至少包括光学功能面的面以外的面。该包括光学功能面的面以外的面是在由第1坯料11形成的面的外周部上形成的面。该面例如是与镜筒接触而支撑一体透镜的面，或进行磨圆的面。

在第2坯料12上形成有孔13。由此，在制造一体透镜10时，如图1(a)所示的那样，第1坯料11与第2坯料12一起载置于一体透镜成形模的下压模14上。此时，第1坯料11以嵌入到孔13中的状态进行配

置。在该状态下,对第1坯料11进行加热,直至达到可变形的温度。该温度为高于第1坯料11的转化点的适宜的温度。接着,在达到适宜的温度时,一体透镜成形模的上压模15从上方下降至与第2坯料12的面接触为止。由此,通过下模面和上模面,挤压第1坯料11。其结果是,第1坯料11成形为与下模面和上模面对应的形状,作为整体,如图1(b)所示的那样,成形了一体透镜10。

可在去除图1(b)的上压模15之后,容易地从下压模14内取出该一体透镜10。另外,该一体透镜10如图2的立体图所示的那样,第1坯料11熔合于第2坯料12的孔中而形成一体。另外,在图1中,在一对压模14、15中载置有一组第1坯料11和第2坯料12,但并不限于这样的结构。下面示出另一例。

图3为另一例,其中,分别在一对压模的下压模14、上压模15上并列配置多个面模。另外,分别与面模对应地配置多个第1坯料11和第2坯料12。这样,同时对多个一体透镜进行成形。在图3(a)中,标号14是一体透镜成形模的下压模,标号15是一体透镜成形模的上压模。在下压模14的预定区域形成有多个一体透镜下模面(下面,称为“下模面”)。该下模面在成形后的一体透镜中对应于光学功能面的部分。另外,在上压模15的预定区域也形成有多个一体透镜上模面(下面称为“上模面”)。该上模面也在成形后的一体透镜中对应于光学功能面的部分。

如图3(a)所示的那样,本例的一体透镜也采用第1坯料11和第2坯料12成形。第1坯料11在一体透镜的成形后,形成至少包括光学功能面的面。另外,第2坯料12在一体透镜的成形后,形成至少包括光学功能面的面以外的面。该包括光学功能面的面以外的面是在由第1坯料11形成的面的外周部上形成的面。该面例如是与镜筒接触而支撑一体透镜的面,或进行磨圆的面。

在第2坯料12中形成有多个孔13。由此,在本例中,一体透镜呈阵列状。另外,对形成图4所示的阵列状的一体透镜10'(下面称为“阵列状透镜10'”)进行切断,获得图2所示的一体透镜10。在制造阵列状透镜10'时,如图3(a)所示的那样,多个第1坯料11与第2坯料12

一起载置于一一体透镜成形模的下压模 14 上。此时，各个第 1 坯料 11 以嵌入到各孔 13 中的状态进行配置。在该状态下，对第 1 坯料 11 进行加热，直至达到可变形的温度。该温度为高于第 1 坯料 11 的转化点的适宜的温度。接着，在达到适宜的温度时，一体透镜成形模的上压模 15 从上方下降至与第 2 坯料 12 的面接触为止。由此，通过下模面和上模面，挤压各个第 1 坯料 11。其结果是，第 1 坯料 11 成形为与下模面和上模面对应的形状，作为整体，如图 3(b) 所示的那样，成形了阵列状透镜 10'。

另外，在该例中，如图 3 所示的那样，在上压模 15 上设置凸起部 16，进行挤压，由此，在第 2 坯料 12 上同时加工出凹部 17。可在去除图 3(b) 的上压模 15 后，容易地从下压模 14 内取出阵列状透镜 10'。此外，该阵列状透镜 10' 如图 4 中的立体图所示的那样，各个第 1 坯料 11 熔合于第 2 坯料 12 的各孔 13 中而形成一体。然后，切断第 2 坯料 12，获得多个一体透镜 10。另外，在图 3 和图 4 中为 3×3 的透镜阵列，但是，其个数不限于此。

而且，图 5 和图 6 中示出了另一实例。在本例中与图 3、图 4 的实例相比，不同之处仅是未在上压模 15 中设置凸起部 16。因此，未在第 2 坯料 12 上加工出与其对应的凹部 17。

接着，对上述的各种类型的变焦光学系统进行说明。

(1) 第 1 组为负透镜组，第 2 组为正透镜组。

第 1 变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由具有负屈光力的第 1 组和具有正屈光力的第 2 组构成。并且，至少 1 个透镜采用成形后成为至少包括光学功能面的面的第 1 坯料和成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第 2 坯料而形成。即，至少 1 个透镜由第 1 坯料和第 2 坯料一体化而成的一体透镜构成。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。这样的负、正的组配置的变焦光学系统可通过较少的透镜数来构成光学系统。由此，适合于小型化、低成本化。并且，通过使用一体透镜，可以进一步实现光学系统的小型化。其原因是：在一一体透镜中，与现有的加工法相比，不必确保磨圆时的外周部分厚度。对这一点进行说明。

在现有的加工法中，以进行磨圆为前提。因此，在进行磨圆之前的透镜的外周部需要具有一定的厚度（边缘厚度）。由此，现有的透镜成了中心壁厚（中心部的厚度）较大的透镜。相对于此，第1变焦光学系统所使用的一体透镜为边缘厚度较小的透镜。因此，可缩短光学系统的全长。此外，在现有的加工法中，正透镜的屈光力越大，必要外径处的外周部厚度变得越厚。相对于此，在第1变焦光学系统中，无需确保磨圆时的外周部分厚度。由此，正透镜的屈光力越大，小型化的效果变得越大。

另外，由于这样的一体透镜容易进行处理，所以可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

这里，在第1变焦光学系统中，从广角端向望远端的变焦例如，如下述那样进行。即，第1组沿着凹状的轨迹向物体侧移动。并且，第2组移向物体侧。

此外，优选为，在第1变焦光学系统中，一体透镜与其它的透镜接合。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。这样，通过接合一体透镜和其它透镜，与单独地组装各个透镜相比，更能减小偏心敏感度（偏心误差）。由此，光学系统的装配变得容易，实现低成本化。

此外，优选为，在第1变焦光学系统中，一体透镜的至少1个光学功能面为非球面。即，优选为，一体透镜为非球面一体透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。使用这样的非球面，可以抑制各种像差。其结果是，可减少整体系统的透镜个数。此外，可实现光学系统的低成本化、以及小型化。

此外，优选为，在第1变焦光学系统中，第1组具有至少1个正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第1组具有负的屈光力，所以具有至少1个负透镜。因此，可通过在该第1组中包括正透镜，抑制伴随着变焦的球面像差、慧形像差/倍率色像差等的各种像差的变化。

此外,优选为,在第1变焦光学系统中,在第1组的最靠近物体侧具有负透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。这样,可缩小第1组透镜的有效直径、镜头全长。

此外,优选为,在第1变焦光学系统中,第1组具有至少1个一体透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第1组透镜的有效直径较大,所以所需的体积也增加。因此,可通过在第1组透镜中使用一体透镜,减小光学材料的体积。其结果是,可减少成本。

此外,由于透镜本身的体积也减小,所以可使光学系统小型化。此外,由于一体透镜容易处理,所以可减少光学系统的制造所花费的成本。

此外,优选为,在第1变焦光学系统中,第1组一体透镜的至少1个具有正屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。为了进行倍率色像差等的校正,优选为,在第1组中配置正透镜。因此,通过将该正透镜作成一体透镜,可减小正透镜的边缘厚度,可缩短全长。

此外,优选为,为了进行倍率色像差、望远端的球面像差等的校正,第1组的正透镜使用高折射率高色散的光学材料。但是,一般高折射率高色散的光学材料成本较高。而且不仅如此,由于第1组的正透镜的有效直径较大,所以所需的体积也增加。因此,可通过将该正透镜作成一体透镜,减小正透镜所需的光学材料的体积。由此,可减少成本。并且,由于透镜本身的体积也减小,所以可使光学系统小型化。

此外,优选为,在第1变焦光学系统中,第1组的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 10 \quad \dots (2A)$$

其中,HH1是第1组正透镜的主点间距(mm), $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。如果在第1组中配置负透镜(最靠近物体侧),则产生倍率色像差。为了以较少的透镜个数即低

成本对该倍率色像差等进行校正,优选为,在第1组中具有大屈光力的正透镜。

但是,在现有的加工法中,比必要外径稍大地成形透镜,进行磨圆(外径修圆)以组装到透镜镜筒中。因此,在对正透镜进行成形时,必要外径处的外周部厚度变得比磨圆时的外周部厚度更厚。而且,如果增加正透镜的屈光力,则由于必须确保磨圆时的外周部厚度,必要外径处的外周部厚度进一步增加。其结果是,难以兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化,或难以兼顾低成本和小型化。

但是,通过一体地成形第1组的正透镜,无需大于必要外径地成形。此外,可通过满足条件式,以较薄的透镜来实现较大的屈光力。因此,可同时达成低成本化和小型化。

如果低于条件式(2A)的下限0.1,则与主点间距相比,屈光力过大。因此,偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。此外,如果超过上限10,则与主点间距相比,屈光力较小。因此,无法完全校正在第1组的负透镜中产生的倍率色像差等。或者,为了对倍率色像差等进行校正,透镜个数增加。

而且,优选为,满足下述的条件式(2A-2)。在此情况下,可低成本地实现光学系统的小型化。

$$0.5 < HH1 / \phi 1 < 6 \quad \dots (2A-2)$$

而且,更好为,满足下述的条件式(2A-3)。在此情况下,可低成本地实现光学系统的进一步小型化。

$$1 < HH1 / \phi 1 < 3 \quad \dots (2A-3)$$

此外,优选为,在第1变焦光学系统中,第1组的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第1变焦光学系统的广角端,第1组的光线高度较高。因此,在第1组中,具有至少1个非球面。这样,能以更少的透镜个数来良好地校正像散、畸变像差、慧形像差等的离轴像差。由此,可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外,在望远端,第1组的光束直径较大。因此,可通过在第1组

中包括至少 1 个非球面,以更少的透镜个数来良好地校正球面像差、慧形像差等。在此情况下,也能实现光学系统的小型化、低成本化。

此外,优选为,在第 1 变焦光学系统中,第 2 组具有至少 1 个负透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第 2 组为正屈光力,所以具有至少 1 个正透镜。因此,可通过包括负透镜,抑制伴随着变焦的慧形像差、像散、轴向色差等的各种像差的变化。

此外,优选为,在第 1 变焦光学系统中,在第 2 组的最靠近物体侧具有正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第 2 组中,需要会聚通过负屈光力的第 1 组而发散的光。因此,优选为,最靠近物体侧的透镜为正透镜。

此外,优选为,在第 1 变焦光学系统中,在第 2 组的最靠近像侧具有负透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。通过将第 2 组的最靠近像侧设定为负透镜,获得如下的效果。(1) 由于主点位置移动到第 1 组侧,因此可缩短第 1 组和第 2 组的主点间距。其结果是,可缩短镜头全长。(2) 由于可增大第 2 组的倍率,因此可减小伴随着变焦的第 2 组的移动量。其结果是,可缩短全长。

此外,优选为,在第 1 变焦光学系统中,第 2 组具有至少 1 个一体透镜,一体透镜中的至少 1 个具有正屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过将正透镜作成一体透镜,减小正透镜的边缘厚度。其结果是,可缩短全长。

此外,优选为,为了抑制轴向色差、球面像差、像散等,第 2 组的正透镜使用高折射率低色散的光学材料。但是,一般,高折射率低色散的光学材料要花费成本。因此,可通过将该正透镜作成一体透镜,减小正透镜所需的光学材料的体积。由此,由于可减少成本,所以是适合的。

此外,由于透镜本身的体积也变小,所以可使光学系统小型化。此外,由于该一体透镜容易处理,所以可减少变焦光学系统的制造所花费

的成本。

此外,优选为,在1变焦光学系统中,第2组的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (3A)$$

其中,HH2是第2组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第2组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过增大配置于第2组中的正透镜的屈光力,缩短第2组的移动距离。这关系到镜头全长的缩短。但是,在现有的加工法中,难以兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。(现有的加工法的详细说明如由条件(2A)所述)

但是,通过一体地成形该正透镜,无需大于必要外径地成形。并且,可通过满足条件式,以较薄的透镜来实现较大的屈光力。因此,可实现进一步的小型化。

如果低于条件式(3A)的下限0.1,则与主点间距相比,屈光力过大。因此,偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。此外,如果超过上限10,则与主点间距相比,屈光力较小。因此,无法缩短第2组的移动量。其结果是,镜头全长增加。

而且,优选为,满足下述的条件式(3A-2)。在此情况下,可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH2 / \phi 2 < 2 \quad \dots (3A-2)$$

而且,优选为满足下述的条件式(3A-3)。在此情况下,更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH2 / \phi 2 < 1.5 \quad \dots (3A-3)$$

此外,优选为,在第1变焦光学系统中,第2组的至少1个一体透镜与其它透镜接合。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过在第2组中包括接合透镜,减小偏心敏感度。因此,光学系统的组装变得容易,实现低成本化。

此外,优选为,在第1变焦光学系统中,第2组中的至少1个一体

透镜具有至少 1 个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。第 1 组具有负屈光力。在此情况下，由于通过第 1 组扩大了光束直径，所以直径较大的光束入射到第 2 组中。这样，由于第 2 组的光束直径较大，所以可通过在第 2 组中包括至少 1 个非球面，进行良好的像差校正。此外，为了减小透镜直径，需要增大各组的屈光力。但是，如果增大第 2 组的正屈光力，则伴随变焦的第 2 组的横向倍率、像差的变化增加。因此，可通过在第 2 组中包括非球面，对在第 2 组中产生的像差进行校正，抑制伴随变焦的像差变化。

(2) 第 1 组为正透镜组，第 2 组为负透镜组。

第 2 变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由具有正屈光力的第 1 组和具有负屈光力的第 2 组构成。并且，至少 1 个透镜采用在成形后成为至少包括光学功能面的面的第 1 坯料和在成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第 2 坯料而成形。即，至少 1 个透镜由第 1 坯料和第 2 坯料形成一体而构成的一体透镜构成。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。这样的正/负的组配置的变焦光学系统与负/正的组配置的变焦光学系统相同，能以较少的透镜个数构成光学系统。由此，适合于小型化、低成本化。并且，可通过使用一体透镜，实现光学系统的进一步小型化。其原因是：在一体透镜中，与现有的加工法相比，无需确保磨圆时的外周部分厚度。对于现有的加工法，与第 1 变焦光学系统的说明相同。

此外，由于这样的一体透镜容易处理，因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

这里，在第 2 变焦光学系统中，从广角端向望远端的变焦例如，如下述那样进行。即，将第 1 组和第 2 组移向物体侧。此时，在减小第 1 组和第 2 组之间的间距的同时，使其移动。

此外，在第 2 变焦光学系统中，优选为，一体透镜与其它透镜接合。此外，优选为，在第 2 变焦光学系统中，一体透镜中的至少 1 个光学功能面为非球面。即，优选为，一体透镜为非球面一体透镜。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统的说明相同。

此外,优选为,在第2变焦光学系统中,第1组具有至少1个负透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第1组具有正屈光力,因此具有至少1个正透镜。因此,可通过在第1组中包括负透镜,抑制伴随变焦的像散、倍率色像差等的各种像差的变化。

此外,优选为,在第2变焦光学系统中,在第1组的最靠近像侧具有正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过在第1组的最靠近像侧具有正透镜,减小第1组的后侧主点和第2组的前侧主点之间的间距。其结果是,可达成小型化。

此外,优选为,在第2变焦光学系统中,第1组具有至少1个一体透镜,一体透镜为正透镜。

上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统的说明相同。此外,可通过将正透镜作成一体透镜,减小正透镜的边缘厚度。由此,可缩短全长。

此外,优选为,在第2变焦光学系统中,第1组的正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 15 \quad \dots (2B)$$

其中,HH1是第1组正透镜的主点间距(mm), $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。为了将光学系统作为望远型而缩短镜头全长,优选为,第1组的正透镜具有较大的屈光力。但是,在现有的加工法中,难以兼顾低成本和小型化。(现有的加工法的详细说明如第1变焦光学系统中所描述的那样)

但是,通过一体地成形第1组的正透镜,无需大于必要外径地成形。此外,可通过满足条件式(2B),以较薄的透镜来实现较大的屈光力。因此,可同时达成低成本化和小型化。

如果低于条件式(2B)的下限0.1,则与主点间距相比,屈光力过

大。因此，偏心敏感度也增大，难以保持光学性能。此外，如果超过其上限 15，则与主点间距相比，屈光力较小，所以望远型的效果变弱。由此，镜头全长增加。或者，为了形成望远型，透镜个数增加。

而且，优选为，满足下述的条件式（2B-2）。在此情况下，可同时达成镜头全长的缩短化和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH1 / \phi 1 < 6 \quad \dots (2B-2)$$

而且，更好为，满足下述的条件式（2B-3）。在此情况下，更能同时实现镜头全长的缩短化和各透镜的小型化。

$$1 < HH1 / \phi 1 < 2 \quad \dots (2B-3)$$

此外，优选为，在第 2 变焦光学系统中，第 1 组中的至少 1 个一体透镜与其它透镜接合。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过在第 1 组中包括这样的接合透镜，减小偏心敏感度。因此，光学系统的组装变得容易，实现低成本化。

此外，优选为，在第 2 变焦光学系统中，第 1 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在正/负的组配置的变焦光学系统中，第 1 组中的光束直径较大。因此，可通过在第 1 组中包括至少 1 个非球面，进行球面像差、彗形像差等的良好的像差校正。

此外，优选为，在第 2 变焦光学系统中，第 2 组具有至少 1 个正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在正/负的组配置的变焦光学系统的广角端，第 2 组的光线高度较高。因此，可通过在第 2 组中包括至少 1 个正透镜，抑制伴随变焦的像散、倍率色像差等的各种像差的变化。

此外，在望远端，第 2 组中的光束直径较大。因此，可通过在第 2 组中包括至少 1 个正透镜，抑制伴随变焦的球面像差、彗形像差等的各种像差的变化。

此外，优选为，在第 2 变焦光学系统中，在第 2 组的最靠近像侧具

有负透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过将第2组的最靠近像侧设定为负透镜，获得如下的效果。(1) 由于主点位置移向第1组侧，因此可缩短第1组和第2组的主点间距。其结果是，可缩短镜头全长。(2) 由于可增大第2组的倍率，因此可减小伴随变焦的第2组的移动量。其结果是，可缩短全长。

此外，优选为，在第2变焦光学系统中，第2组具有至少1个一体透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第2组的透镜的有效直径较大，因此所需的体积也变大。因此，可通过在第2组的透镜中使用一体透镜，减小光学材料的体积。其结果是，可减少成本。

此外，由于透镜本身的体积也变小，因此可实现光学系统的小型化。此外，由于一体透镜容易处理，因此可减少光学系统的制造所花费的成本。

此外，优选为，在第2变焦光学系统中，第2组的一体透镜中的至少1个为正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过将正透镜作成一体透镜，减小正透镜的边缘厚度。其结果是，可缩短全长。

此外，优选为，为了抑制倍率色像差、球面像差等，第2组的正透镜使用高折射率低色散的光学材料。但是，一般，高折射率低色散的光学材料要花费成本。而且，由于第2组的正透镜的有效性较大，因此所需的体积也增加。因此，可通过将该正透镜作成一体透镜，减小正透镜所需的光学材料的体积。由此，可减少成本。

此外，由于透镜本身的体积也变小，因此可使光学系统小型化。此外，由于该一体透镜容易处理，因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

此外，优选为，在第2变焦光学系统中，第2组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 6 \quad \dots (3B)$$

其中，HH2 是第 2 组正透镜的主点间距（mm）， $\phi 2$ 是第 2 组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。通过增大配置于第 2 组中的正透镜的屈光力，形成望远型，实现镜头全长的缩短。在广角端，以较少的个数来良好地抑制伴随变焦的像散、倍率色像差的变化。此外，在望远端，以较少的个数良好地抑制伴随变焦的球面像差、彗形像差等的各种像差的变化。这样，由于在上述结构中能以较少的个数来构成镜头系统，因此可实现小型化和低成本化。但是，难以兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。（现有的加工法的详细说明如第 1 变焦光学系统中所描述的那样）

但是，通过一体地成形该正透镜，无需大于必要外径地成形。此外，可通过满足条件式（3B），以较薄的透镜来实现较大的屈光力。因此，可实现进一步的小型化。

如果低于条件式（3B）的下限 0.1，则与主点间距相比，屈光力过大。因此，偏心敏感度也增大，难以保持光学性能。如果超过上限 6，则与主点间距相比，屈光力较小。因此，通过 1 个正透镜，难以抑制上述各种像差的变化。由于为了获得良好的性能而需要多个透镜，所以是不合适的。

而且，优选为，满足下述的条件式（3B-2）。在此情况下，能以较少的个数来获得良好的性能。

$$0.5 < HH2 / \phi 2 < 3 \quad \dots (3B-2)$$

而且，更好为，满足下述的条件式（3B-3）。在此情况下，更能以较少的个数来获得良好的性能。

$$1 < HH2 / \phi 2 < 1.5 \quad \dots (3B-3)$$

此外，优选为，在第 2 变焦光学系统中，第 2 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第 2 组中，光线高度较高。因此，可通过在第 2 组中包括至少 1 个非球面，有效地对像散、彗形像差等的离轴像差进行校正。

(3) 第1组为负透镜组, 第2组为正透镜组, 第3组为正透镜组

第3变焦光学系统按照从物体侧起的顺序, 由具有负屈光力的第1组、具有正屈光力的第2组、以及具有正屈光力的第3组构成。并且, 至少1个透镜采用在成形后成为至少包括光学功能面的面的第1坯料和在成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第2坯料而成形。即, 至少1个透镜由第1坯料和第2坯料形成一体而构成的一体透镜构成。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。按照负屈光力透镜组、正屈光力透镜组、正屈光力透镜组的顺序构成的变焦光学系统可由较少的透镜个数而构成, 适合于小型化、低成本化。并且, 可通过使用一体透镜, 实现光学系统的进一步小型化。其原因是: 在一体透镜中, 与现有的加工法相比, 无需确保磨圆时的外周部分厚度。对于现有的加工法, 与第1变焦光学系统的说明相同。

此外, 由于这样的一体透镜容易处理, 所以可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

这里, 在第3变焦光学系统中, 从广角端向望远端的变焦例如, 至少如下述那样进行。即, 第1组沿着凹状的轨迹移向物体侧。此外, 第2组移向物体侧。另外, 也可以使第3组移动的同时, 进行变焦。

此外, 优选为, 在第3变焦光学系统中, 一体透镜与其它透镜接合。

此外, 优选为, 在第3变焦光学系统中, 一体透镜中的至少1个光学功能面是作为非球面的非球面一体透镜。

此外, 优选为, 在第3变焦光学系统中, 第1组具有至少1个正透镜。

此外, 优选为, 在第3变焦光学系统中, 在第1组的最靠近物体侧具有负透镜。

此外, 优选为, 在第3变焦光学系统中, 第1组具有至少1个一体透镜。

此外, 优选为, 在第3变焦光学系统中, 一体透镜中的至少1个具有正屈光力。

采用这些上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统的说明相

同。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第1组中的至少1个正透镜满足下述的条件。

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 15 \quad \dots (2C)$$

其中,HH1 是第1组正透镜的主点间距 (mm), $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统的说明相同。

如果低于条件式(2C)的下限0.1,则与主点间距相比,屈光力过大。因此,偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。此外,如果超过上限15,则与主点间距相比,屈光力较小。因此,无法完全校正第1组的负透镜中所产生的倍率色像差等。或者,为了对倍率色像差等进行校正,增加透镜个数。

而且,优选为满足下述的条件式(2C-2)。在此情况下,可低成本地使光学系统小型化。

$$0.5 < HH1 / \phi 1 < 7 \quad \dots (2C-2)$$

而且,更好为满足下述的条件式(2C-3)。在此情况下,可低成本地使光学系统进一步小型化。

$$1 < HH1 / \phi 1 < 4 \quad \dots (2C-3)$$

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第1组中的至少1个一体透镜与其它透镜接合。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过在第1组中包括这样的接合透镜,减小偏心敏感度。因此,光学系统的装配变得容易,实现低成本化。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第1组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第2组具有至少1个负透镜。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,在第2组的最靠近物体侧具有正透镜。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,在第2组的最靠近像侧具有负透镜。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第2组具有至少1个一体透镜,一体透镜的至少1个具有正屈光力。

采用这些上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统的说明相同。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第2组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (3C)$$

其中,HH2是第2组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第2组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统的说明相同。

如果低于条件式(3C)的下限0.1,则与主点间距相比,屈光力过大。因此,偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。此外,如果超过上限10,则与主点间距相比,屈光力较小。因此,无法缩短第2组的移动量。其结果是,镜头全长增加。

而且,优选为,满足下述的条件式(3C-2)。在此情况下,可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH2 / \phi 2 < 2 \quad \dots (3C-2)$$

而且,更好为,满足下述的条件式(3C-3)。在此情况下,更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH2 / \phi 2 < 1.5 \quad \dots (3C-3)$$

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第2组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。入射到第1组中的光束的光束直径由于具有负屈光力的第1组而扩大。因此,第2组中的光束直径增大。因此,可通过在第2组中包括至少1个非球面,以更少的透镜个数来良好地校正伴随变焦的球面像差、彗形像差等的各种像差的变化。由此,可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第3组具有至少1个一体透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第3组透镜的有效直径较大,因此透镜所需的光学材料的体积也增加。因此,通过在第3组透镜中使用一体透镜,其光学材料的体积减小。由此,可减少成本。此外,由于一体透镜容易处理,所以可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第3组的一体透镜中的至少1个为具有正屈光力的正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。通过将正透镜作为一体透镜,可减小正透镜的边缘厚度,可缩短全长。此外,由于第3组的正透镜的有效直径较大,因此透镜所需的光学材料的体积也增加。因此,通过将该正透镜作为一体透镜,减小了该光学材料的体积。由此,可减少成本。

此外,优选为,在第3变焦光学系统中,第3组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 20 \quad \dots (4C)$$

其中,HH3是第3组正透镜的主点间距(mm), $\phi 3$ 是第3组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。增大第3组的正透镜的屈光力关系到增大第3组整体的屈光力。通过增大第3组的正透镜的屈光力,获得如下的效果。(1)由于可将广角端的出瞳位置远离像面,因此容易确保像侧远心性。(2)在调焦时沿着光轴方向移动第3组的情况下,可减小移动范围。在此情况下,由于其与第2组之间的间距可以较小,因此可减小全长。但是,难以兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。(现有的加工法的详细说明如第1变焦光学系统中所描述的那样)

但是,如果一体地成形该正透镜,则无需大于必要外径地成形。此外,可通过满足条件式,以较薄的透镜来实现较大的屈光力。因此,可实现进一步的小型化。

如果低于条件式(4C)的下限 0.1, 则由于与主点间距相比, 屈光力过大, 而偏心敏感度也增大, 难以保持光学性能。如果超过上限 20, 则由于与主点间距相比, 屈光力较小, 因此广角端的出瞳位置接近像面。其结果是, 由于无法确保像侧远心性, 所以是不适合的。

而且, 优选为满足下述的条件式(4C-2)。在此情况下, 可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH3 / \phi 3 < 8 \quad \dots (4C-2)$$

而且, 更好为, 满足下述的条件式(4C-3)。在此情况下, 更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH3 / \phi 3 < 5 \quad \dots (4C-3)$$

此外, 优选为, 在第3变焦光学系统中, 第3组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第3变焦光学系统中, 在望远端, 第3组中的光线高度较高。因此, 在第3组中包括了至少1个非球面。这样, 能以更少的个数来良好地校正像散、畸变像差、彗形像差等的离轴像差。由此, 可实现光学系统的小型化、低成本化。

(4) 第1组为负透镜组, 第2组为正透镜组, 第3组为正透镜组, 第4组为负透镜组。

第4变焦光学系统按照从物体侧起的顺序, 由具有负屈光力的第1组、具有正屈光力的第2组、具有正屈光力的第3组、以及具有负屈光力的第4组构成。并且, 至少1个透镜采用在成形后成为至少包括光学功能面的面的第1坯料和在成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第2坯料而成形。即, 至少1个透镜由第1坯料和第2坯料形成一体而构成的一体透镜构成。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。按照负屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组、负屈光力的透镜组的顺序构成的变焦光学系统可由较少的透镜个数构成, 适合于小型化、低成本化。并且, 可通过使用一体透镜, 使光学系统进一步小型化。其原因是: 在一体透镜中, 与现有的加工法相比, 无需确保磨圆时的外周部分厚度。

对于现有的加工法，与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外，由于这样的一体透镜容易处理，因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

这里，在第4变焦光学系统中，从广角端向望远端的变焦例如，至少如下述那样进行。即，在变焦时，第1组和第2组之间的间距发生变化。而且，第2组和第3组之间的间距也发生变化。另外，也可以在改变其它组间距、以及第4组和像面之间的间距的同时，进行变焦。此外，也可以将第3组作为移动的透镜组以进行对焦。

此外，优选为，在第4变焦光学系统中，一体透镜与其它透镜接合。此外，优选为，在第4变焦光学系统中，一体透镜中的至少1个光学功能面是作为非球面的非球面一体透镜。

此外，优选为，在第4变焦光学系统中，第1组具有至少1个正透镜。

此外，优选为，在第4变焦光学系统中，在第1组的最靠近物体侧具有负透镜。

此外，优选为，在第4变焦光学系统中，第1组具有至少1个一体透镜。

此外，优选为，在第4变焦光学系统中，第1组的一体透镜中的至少1个具有正屈光力。

采用这些上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外，优选为，在第4变焦光学系统中，第1组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 10 \quad \dots (2D)$$

其中，HH1 是第1组正透镜的主点间距 (mm)， $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式(2D)的下限 0.1，则与主点间距相比，屈光力过大。因此，偏心敏感度也增大，难以保持光学性能。此外，如果超过上

限 10，则与主点间距相比，屈光力较小。因此，无法完全校正第 1 组的负透镜中所产生的倍率色像差等。或者，为了校正倍率色像差等，透镜个数增加。

而且，优选为，满足下述的条件式 (2D-2)。在此情况下，可低成本地使光学系统小型化。

$$0.5 < HH1 / \phi 1 < 5 \quad \dots (2D-2)$$

而且，更好为，满足下述的条件式 (2D-3)。在此情况下，可低成本地使光学系统进一步小型化。

$$1 < HH1 / \phi 1 < 2.5 \quad \dots (2D-3)$$

此外，优选为，在第 4 变焦光学系统中，第 1 组中的至少 1 个一体透镜与其它透镜接合。

采用上述结构的理由及其作用与第 3 变焦光学系统中的说明相同。

此外，优选为，在第 4 变焦光学系统中，第 1 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

此外，优选为，在第 4 变焦光学系统中，第 2 组具有至少 1 个负透镜。

此外，优选为，在第 4 变焦光学系统中，在第 2 组的最靠近物体侧具有正透镜。

此外，优选为，在第 4 变焦光学系统中，第 2 组的最靠近像侧具有负透镜。

此外，优选为，在第 4 变焦光学系统中，第 2 组具有至少 1 个一体透镜，一体透镜中的至少 1 个具有正屈光力。

采用这些上述结构的理由及其作用与第 1 变焦光学系统中的说明相同。

此外，优选为，在第 4 变焦光学系统中，第 2 组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (3D)$$

其中，HH2 是第 2 组正透镜的主点间距 (mm)， $\phi 2$ 是第 2 组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式(3D)的下限0.1,则与主点间距相比,屈光力过大。因此,偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。此外,如果超过上限10,则与主点间距相比,屈光力较小。因此,无法缩短第2组的移动量。其结果是,镜头全长增加。

而且,优选为,满足下述的条件式(3D-2)。在此情况下,可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH2 / \phi 2 < 5 \quad \dots (3D-2)$$

而且,更好为,满足下述的条件式(3D-3)。在此情况下,更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH2 / \phi 2 < 2.5 \quad \dots (3D-3)$$

此外,优选为,在第4变焦光学系统中,第2组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

此外,优选为,在第4变焦光学系统中,第3组具有至少1个一体透镜。

此外,优选为,在第4变焦光学系统中,第3组的一体透镜中的至少1个为具有正屈光力的正透镜。

采用这些上述结构的理由及其作用与第3变焦光学系统中的说明相同。

此外,优选为,第3组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 20 \quad \dots (4D)$$

其中,HH3是第3组正透镜的主点间距(mm), $\phi 3$ 是第3组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第3变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式(4D)的下限0.1,则由于与主点间距相比,屈光力过大,因此偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。如果超过上限20,则由于与主点间距相比,屈光力较小,因此广角端的出瞳位置接近像面。其结果是,无法确保像侧远心性,所以是不合适的。

而且,优选为,满足下述的条件式(4D-2)。在此情况下,可兼顾镜

头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH3 / \phi 3 < 9 \quad \dots (4D-2)$$

而且,更好为,满足下述的条件式(4D-3)。在此情况下,更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH3 / \phi 3 < 4 \quad \dots (4D-3)$$

此外,优选为,在第4变焦光学系统中,第3组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第4变焦光学系统中,在广角端,第3组中的光束直径较大。因此,在第3组中包括了至少1个非球面。这样,能以更少的个数来良好地校正伴随变焦的球面像差、彗形像差等的各种像差的变化。由此,可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外,优选为,在第4变焦光学系统中,第4组中使用一体透镜(第4组具有至少1个一体透镜)。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第4组的有效直径较大,因此透镜所需的光学材料的体积也增加。因此,通过在第4组的透镜中使用一体透镜,其光学材料的体积变小。由此,可减少成本。此外,由于一体透镜容易处理,因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

此外,优选为,在第4变焦光学系统中,第4组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第4组中,光线高度较高。因此,可通过在第4组中包括至少1个非球面,以更少的个数来良好地校正畸变像差、像散等的离轴像差。由此,可实现光学系统的小型化、低成本化。

(5) 第1组为负透镜组,第2组为正透镜组,第3组为负透镜组,第4组为正透镜组。

第5变焦光学系统按照从物体侧起的顺序,由具有负屈光力的第1组、具有正屈光力的第2组、具有负屈光力的第3组、以及具有正屈光

力的第4组构成。并且,至少1个透镜采用在成形后成为至少包括光学功能面的面的第1坯料和在成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第2坯料而成形。即,至少1个透镜由第1坯料和第2坯料形成一体而构成的一体透镜构成。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。按照负屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组、负屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组的顺序构成的变焦光学系统能以较少的个数来实现全长的固定。由此,这样的变焦光学系统适合于小型化、低成本化。并且,可通过使用一体透镜,使光学系统进一步小型化。其原因是:在一体透镜中,与现有的加工法相比,无需确保磨圆时的外周部分厚度。对于现有的加工法,与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外,由于这样的一体透镜容易处理,因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

这里,在第5变焦光学系统中,从广角端向望远端的变焦例如,如下述那样进行。即,使第2组和第3组移向物体侧。此时,使第2组和第3组独立地移动。当然,也可以在移动第1组或第1组的同时,进行变焦。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,一体透镜与其它透镜接合。此外,优选为,在第5变焦光学系统中,一体透镜中的至少1个光学功能面是作为非球面的非球面一体透镜。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,第1组具有至少1个正透镜。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,在第1组的最靠近物体侧具有负透镜。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,第1组具有至少1个一体透镜。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,第1组的一体透镜中的至少1个具有正屈光力。

采用这些上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相

同。

此外, 优选为, 在第5变焦光学系统中, 第1组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 10 \quad \dots (2E)$$

其中, HH1 是第1组正透镜的主点间距 (mm), $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式(2E)的下限0.1, 则与主点间距相比, 屈光力过大。因此, 偏心敏感度也增大, 难以保持光学性能。此外, 如果超过上限10, 则与主点间距相比, 屈光力较小。因此, 无法完全校正第1组的负透镜中所产生的倍率色像差等。或者, 为了校正倍率色像差等, 透镜个数增加。

而且, 优选为, 满足下述的条件式(2E-2)。在此情况下, 可低成本地使光学系统小型化。

$$0.5 < HH1 / \phi 1 < 6 \quad \dots (2E-2)$$

而且, 更好为, 满足下述的条件式(2E-3)。在此情况下, 可低成本地使光学系统进一步小型化。

$$1 < HH1 / \phi 1 < 4 \quad \dots (2E-3)$$

此外, 优选为, 在第5变焦光学系统中, 第1组中的至少1个一体透镜与其它透镜接合。

采用上述结构的理由及其作用与第3变焦光学系统中的说明相同。

此外, 优选为, 在第5变焦光学系统中, 第1组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外, 优选为, 在第5变焦光学系统中, 第2组具有至少1个负透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第2组为正的屈光力, 因此具有至少1个正透镜。因此, 可通过包括负透镜, 抑制伴随变焦的倍率色像差等的各种像差的变化。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,在第2组的最靠近物体侧具有正透镜。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,在第2组的最靠近像侧具有负透镜。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,第2组具有至少1个一体透镜,一体透镜中的至少1个具有正屈光力。

采用这些上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,第2组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 6 \quad \dots (3E)$$

其中,HH2是第2组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第2组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式(3E)的下限0.1,则与主点间距相比,屈光力过大。因此,偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。此外,如果超过上限6,则与主点间距相比,屈光力较小。因此,无法缩短第2组的移动量。其结果是,镜头全长增加。而且,优选为,满足下述的条件式(3E-2)。在此情况下,可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH2 / \phi 2 < 3 \quad \dots (3E-2)$$

而且,更好为,满足下述的条件式(3E-3)。在此情况下,更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH2 / \phi 2 < 2 \quad \dots (3E-3)$$

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,第2组中的至少1个一体透镜与其它透镜接合。

采用这些上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外,优选为,在第5变焦光学系统中,第2组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

入射到第 1 组中的光束通过具有负屈光力的第 1 组而扩大了光束直径。因此，第 2 组中的光束直径增大。因此，可通过在第 2 组中包括至少 1 个非球面，良好地校正各种像差的变化。由此，可实现光学系统的小型化、低成本化。此外，为了减小透镜直径，需要增大各组的屈光力。但是，如果增大第 2 组的正屈光力，则伴随变焦的第 2 组的横向倍率、像差的变化增加。因此，为了校正第 2 组中所产生的像差，并且也为了抑制伴随变焦的像差变化，优选为，第 2 组包括非球面。

此外，优选为，在第 5 变焦光学系统中，第 3 组具有至少 1 个一体透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。如前述那样，由于一体透镜容易处理，因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

此外，优选为，在第 5 变焦光学系统中，第 4 组具有至少 1 个一体透镜。

采用上述结构的理由及其作用与第 4 变焦光学系统中的说明相同。

此外，优选为，在第 5 变焦光学系统中，第 4 组的一体透镜中的至少 1 个为具有正屈光力的正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过将正透镜作成一体透镜，减小正透镜的边缘厚度。其结果是，可缩短镜头系统的全长。

此外，由于第 4 组透镜的有效直径较大，因此透镜所需的光学材料的体积也增加。因此，通过在第 4 组的透镜中使用一体透镜，其光学材料的体积变小。由此，可减少成本。此外，由于一体透镜容易处理，因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

此外，优选为，在第 5 变焦光学系统中，第 4 组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH4 / \phi 4 < 10 \quad \dots (5E)$$

其中，HH4 是第 4 组正透镜的主点间距 (mm)， $\phi 4$ 是第 4 组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。增大第 4 组的正透镜的屈光力关系到增大第 4 组整体的屈光力。其结果是，可缩短镜头系统的

全长。此外，由于可通过增大第4组的正透镜的屈光力，使广角端的出瞳位置远离像面，因此容易确保像侧远心性。但是，在现有的加工法中，难以兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。（现有的加工法的详细说明如第1变焦光学系统中所描述的那样）

但是，如果一体地成形该正透镜，则无需大于必要外径地成形。此外，可通过满足条件式，以较薄的透镜来实现较大的屈光力。因此，可实现更进一步的小型化。

如果低于条件式（5E）的下限0.1，则由于与主点间距相比，屈光力过大，因此偏心敏感度也增大，难以保持光学性能。如果超过上限10，则由于与主点间距相比，屈光力较小，因此广角端的出瞳位置靠近像面，无法确保像侧远心性，所以是不合适的。

而且，优选为，满足下述的条件式（5E-2）。在此情况下，可兼顾镜头全长的缩短以及像侧远心性确保和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH4 / \phi 4 < 7 \quad \dots (5E-2)$$

而且，优选为，满足下述的条件式（5E-3）。在此情况下，更容易兼顾镜头全长的缩短以及像侧远心性确保和各透镜的小型化。

$$1 < HH4 / \phi 4 < 5 \quad \dots (5E-3)$$

（6）第1组为负透镜组，第2组为正透镜组，第3组为正透镜组，第4组为正透镜组。

第6变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由具有负屈光力的第1组、具有正屈光力的第2组、具有正屈光力的第3组、以及具有正屈光力的第4组构成。并且，至少1个透镜采用在成形后成为至少包括光学功能面的面的第1坯料和在成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第2坯料而成形。即，至少1个透镜由第1坯料和第2坯料形成一体而构成的一体透镜构成。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。按照负屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组的顺序构成的变焦光学系统能以较少的透镜个数来构成光学系统。由此，这样的光学系统适合于光学系统的小型化、低成本化。并且，可通过使用一体透

镜，实现光学系统的进一步小型化。其原因是：在一体透镜中，与现有的加工法相比，无需确保磨圆时的外周部分厚度。对于现有的加工法，与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外，由于这样的一体透镜容易处理，因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

这里，在第6变焦光学系统中，从广角端向望远端的变焦例如，至少如下述那样进行。即，在变焦时，第1组沿着凹状的轨迹移向物体侧。此外，第2组移向物体侧。当然，此时，也可以在移动第3组和第4组的同时，进行变焦。

此外，优选为，在第6变焦光学系统中，一体透镜与其它透镜接合。

此外，优选为，在第6变焦光学系统中，一体透镜中的至少1个光学功能面是作为非球面的非球面一体透镜。

此外，优选为，在第6变焦光学系统中，第1组具有至少1个正透镜。

此外，优选为，在第1组的最靠近物体侧具有负透镜。

此外，优选为，在第6变焦光学系统中，第1组具有至少1个一体透镜。

此外，最好，在第6变焦光学系统中，一体透镜中的至少1个具有正屈光力。

采用这些上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外，优选为，在第6变焦光学系统中，第1组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 15 \quad \dots (2F)$$

其中，HH1 是第1组正透镜的主点间距 (mm)， $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式 (2F) 的下限 0.1，则与主点间距相比，屈光力过大。因此，偏心敏感度也增大，难以保持光学性能。此外，如果超过上

限 10, 则与主点间距相比, 屈光力较小。因此, 无法完全校正第 1 组的负透镜中所产生的倍率色像差等。或者, 为了校正倍率色像差等, 透镜个数增加。

而且, 优选为, 满足下述的条件式 (2F-2)。在此情况下, 可低成本地使光学系统小型化。

$$0.5 < HH1 / \phi 1 < 7 \quad \dots (2F-2)$$

而且, 更好为, 满足下述的条件式 (2F-3)。在此情况下, 可低成本地使光学系统进一步小型化。

$$1 < HH1 / \phi 1 < 4 \quad \dots (2F-3)$$

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 1 组中的至少 1 个一体透镜与其它透镜接合。

采用上述结构的理由及其作用与第 3 变焦光学系统中的说明相同。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 1 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第 6 变焦光学系统的广角端, 第 1 组中的光束直径较大。因此, 在第 1 组中包括了至少 1 个非球面。这样, 能以更少的透镜个数来良好地校正球面像差、彗形像差等的离轴像差。由此, 可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外, 在望远端, 第 1 组中的光束直径增大。因此, 可通过在第 1 组中包括至少 1 个非球面, 以更少的透镜个数来良好地校正球面像差、彗形像差等。在此情况下, 也可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 2 组具有至少 1 个负透镜。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 在第 2 组的最靠近物体侧具有正透镜。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 在第 2 组的最靠近像侧具有负透镜。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 2 组具有至少 1 个一体透镜, 一体透镜中的至少 1 个具有正屈光力。

采用这些上述结构的理由及其作用与第 1 变焦光学系统中的说明相同。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 2 组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 10 \quad \dots (3F)$$

其中, HH2 是第 2 组正透镜的主点间距 (mm), $\phi 2$ 是第 2 组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第 1 变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式 (3F) 的下限 0.1, 则与主点间距相比, 屈光力过大。因此, 偏心敏感度也增大, 难以保持光学性能。此外, 如果超过上限 10, 则与主点间距相比, 屈光力较小。因此, 无法缩短第 2 组的移动量。其结果是, 镜头全长增加。

而且, 优选为, 满足下述的条件式 (3F-2)。在此情况下, 可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH2 / \phi 2 < 2 \quad \dots (3F-2)$$

而且, 更好为, 满足下述的条件式 (3F-3)。在此情况下, 更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH2 / \phi 2 < 1.5 \quad \dots (3F-3)$$

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 2 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 3 组具有至少 1 个一体透镜。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 3 组的一体透镜中的至少 1 个为具有正屈光力的正透镜。

采用这些上述结构的理由及其作用与第 3 变焦光学系统中的说明相同。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 3 组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 20 \quad \dots (4F)$$

其中, HH3 是第 3 组正透镜的主点间距 (mm), $\phi 3$ 是第 3 组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第 3 变焦光学系统的说明相同。

如果低于条件式 (4F) 的下限 0.1, 则由于与主点间距相比, 屈光力过大, 因此偏心敏感度也增大, 难以保持光学性能。如果超过上限 20, 则由于与主点间距相比, 屈光力较小, 因此广角端的出瞳位置靠近像面。其结果是, 无法确保像侧远心性, 所以是不合适的。

而且, 优选为, 满足下述的条件式 (4F-2)。在此情况下, 可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH3 / \phi 3 < 8 \quad \dots (4F-2)$$

而且, 更好为, 满足下述的条件式 (4F-3)。在此情况下, 更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH3 / \phi 3 < 5 \quad \dots (4F-3)$$

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 3 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 4 组具有至少 1 个一体透镜。

采用这些上述结构的理由及其作用与第 4 变焦光学系统中的说明相同。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 一体透镜中的至少 1 个具有正屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第 5 变焦光学系统中的说明相同。

此外, 优选为, 在第 6 变焦光学系统中, 第 4 组中的至少 1 个正透镜满足下述条件式。

$$0.1 < HH4 / \phi 4 < 20 \quad \dots (5F)$$

其中, HH4 是第 4 组正透镜的主点间距 (mm), $\phi 4$ 是第 4 组正透镜的屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第 5 变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式 (5F) 的下限 0.1, 则与主点间距相比, 屈光力过

大。因此，偏心敏感度也增大，难以保持光学性能。如果超过上限 20，则与主点间距相比，屈光力较小。因此，广角端的出瞳位置靠近像面，无法确保像侧远心性。

而且，优选为，满足下述的条件式（5F-2）。在此情况下，可兼顾镜头全长的缩短、像侧远心性确保和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH4 / \phi 4 < 8 \quad \dots (5F-2)$$

而且，更好为，满足下述的条件式（5F-3）。在此情况下，更容易兼顾镜头全长的缩短、像侧远心性确保和各透镜的小型化。

$$1 < HH4 / \phi 4 < 5 \quad \dots (5F-3)$$

此外，优选为，在第 6 变焦光学系统中，第 4 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在广角端，第 4 组中的光束直径较大。因此，通过在第 4 组中包括至少 1 个非球面，以更少的个数来良好地校正伴随变焦的球面像差、彗形像差等的各种像差的变化。即，适合实现小型、低成本。

（7）第 1 组为正透镜组，第 2 组为负透镜组，第 3 组为正透镜组，第 4 组为正透镜组。

第 7 变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由具有正屈光力的第 1 组、具有负屈光力的第 2 组、具有正屈光力的第 3 组、以及具有正屈光力的第 4 组构成。并且，至少 1 个透镜采用在成形后成为至少包括光学功能面的面的第 1 坯料和在成形后成为至少包括光学功能面的面以外的面的第 2 坯料而成形。即，至少 1 个透镜由第 1 坯料和第 2 坯料形成一体而构成的一体透镜构成。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。按照正屈光力的透镜组、负屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组、正屈光力的透镜组的顺序构成的变焦光学系统能以较少的透镜个数来实现全长固定、且高性能的光学系统。此外，这样的变焦光学系统适合于小型化、低成本化。并且，可通过使用一体透镜，使光学系统进一步小型化。其原因是：在一体透镜中，与现有的加工法相比，无需确保磨圆时的外周部分厚度。对于现有

的加工法，与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外，由于这样的一体透镜容易处理，因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

这里，在第7变焦光学系统中，从广角端向望远端的变焦例如，如下述那样进行。即，使第2组移向像侧。此外，使第3组和第4组移向物体侧。另外，使第3组和第4组在扩大间距的同时移动。当然，也可以在还移动第1组的同时进行变焦。

此外，优选为，在第7变焦光学系统中，一体透镜与其它透镜接合。此外，优选为，在第7变焦光学系统中，一体透镜中的至少1个光学功能面是作为非球面的非球面一体透镜。

采用这些上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外，优选为，在第7变焦光学系统中，第1组具有至少1个正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第1组的透镜的有效直径较大，因此所需的体积也增加。但是，可通过在第1组透镜中使用一体透镜，减小光学材料的体积。其结果是，可减少成本。此外，透镜本身的体积也变小，因此可使光学系统小型化。此外，由于一体透镜容易处理，因此可减少光学系统的制造所花费的成本。

此外，优选为，在第7变焦光学系统中，第1组的一体透镜中的至少1个具有正屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。优选为，第1组的正透镜由高折射率高色散的光学材料构成，以对倍率色像差、球面像差等进行校正。但是，一般，高折射率高色散的光学材料要花费成本。而且，不仅如此，由于第1组的正透镜的有效直径较大，因此所需的体积也增加。但是，如果使用一体透镜作为该正透镜，则可减小这样的光学材料的体积。由此，由于可减少成本，所以是合适的。

此外，由于透镜本身的体积也变小，因此可使光学系统小型化。此外，可通过将该正透镜作成一体透镜，减小正透镜的边缘厚度。由此，

可缩短光学系统的全长。

此外,优选为,在第7变焦光学系统中,第1组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH1 / \phi 1 < 20 \quad \dots (2G)$$

其中,HH1 是第1组正透镜的主点间距 (mm), $\phi 1$ 是第1组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。如果第1组的正透镜的屈光力较弱,则导致在镜头全长增加的同时,前透镜直径也增加。因此,优选为,第1组的正透镜具有较大的屈光力。但是,在现有的加工法中,难以兼顾低成本和小型化。(现有的加工法的详细说明如第1变焦光学系统中所描述的那样)

但是,通过将该正透镜成形为一体透镜,无需大于必要外径地成形。此外,可通过满足条件式(2G),以较薄的透镜来实现较大的屈光力。因此,可同时达成低成本化和小型化。

如果低于条件式(2G)的下限0.1,则与主点间距相比,屈光力过大。因此,偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。此外,如果超过其上限20,则由于与主点间距相比,屈光力较小,因此镜头全长变长。而且,由于前透镜直径增加,因此光学系统的小型化变得困难。

而且,优选为,满足下述的条件式(2G-2)。在此情况下,可低成本地使光学系统小型化。

$$0.5 < HH1 / \phi 1 < 10 \quad \dots (2G-2)$$

而且,优选为满足下述的条件式(2G-3)。在此情况下,可低成本地使光学系统进一步小型化。

$$1 < HH1 / \phi 1 < 5 \quad \dots (2G-3)$$

此外,优选为,在第7变焦光学系统中,第2组具有至少1个正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第2组具有负屈光力,因此具有至少1个负透镜。因此,可通过在该第2组中包括正透镜,抑制伴随变焦的球面像差、彗形像差、倍率色像差等的各种像差的变化。

此外,优选为,在第7变焦光学系统中,在第2组的最靠近物体侧具有负透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。这样,可缩短第2组的透镜有效直径、镜头全长。

此外,优选为,在第7变焦光学系统中,第2组具有至少个一体透镜。

采用上述结构的理由及其作用与第2变焦光学系统中的说明相同。

此外,优选为,在第7变焦光学系统中,第2组的一体透镜中的至少1个具有正屈光力。

由于第2组具有负屈光力,因此具有至少1个负透镜。因此,可通过包括正透镜,抑制伴随变焦的球面像差、彗形像差等的各种像差的变化。

此外,优选为,为了抑制伴随变焦的球面像差、彗形像差等的各种像差,在第2组的正透镜中使用高折射率高色散的光学材料。但是,一般,高折射率高色散的光学材料要花费成本。而且,不仅如此,由于第2组的正透镜的有效直径较大,因此所需的体积也增加。因此,可通过将该正透镜作成一体透镜,减小正透镜所需的光学材料的体积。由此,由于可减少成本,所以是合适的。

此外,由于透镜本身的体积也变小,因此可使光学系统小型化。此外,由于一体透镜容易处理,因此可减少光学系统的制造所花费的成本。

此外,优选为,在第7变焦光学系统中,第2组中的至少1个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH2 / \phi 2 < 15 \quad \dots (3G)$$

其中,HH2是第2组正透镜的主点间距(mm), $\phi 2$ 是第2组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。优选为,为了缩短透镜的有效直径、镜头全长,第2组的负透镜具有较大的屈光力。由此,优选为,为了良好地校正伴随变焦的球面像差、彗形像差等的变化,在第2组中具有较大屈光力的正透镜。难以兼顾低成本和小型化。(现有的加工

法的详细说明如第1变焦光学系统中所描述的那样)

但是, 通过将该正透镜作成一体透镜, 无需大于必要外径地成形。此外, 可通过满足条件式(2), 以较薄的透镜来实现较大的屈光力。因此, 可实现兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

如果低于条件式(3G)的下限0.1, 则与主点间距相比, 屈光力过大。因此, 偏心敏感度也增大, 难以保持光学性能。如果超过上限15, 则与主点间距相比, 屈光力较小。因此, 难以抑制第2组的负透镜中所产生的球面像差、彗形像差等的各种像差伴随变焦的变化。其结果是, 为了获得良好的性能, 需要多个透镜。

而且, 优选为, 满足下述的条件式(3G-2)。在此情况下, 可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH2 / \phi 2 < 7 \quad \dots (3G-2)$$

而且, 更好为, 满足下述的条件式(3G-3)。在此情况下, 更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜小型化。

$$1 < HH2 / \phi 2 < 4 \quad \dots (3G-3)$$

此外, 优选为, 在第7变焦光学系统中, 第2组中的至少1个一体透镜与其它透镜接合。

采用上述结构的理由及其作用与第1变焦光学系统中的说明相同。

此外, 优选为, 在第7变焦光学系统中, 第2组中的至少1个一体透镜具有至少1个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第7变焦光学系统的广角端, 第2组中的光线高度较高。因此, 在第2组中包括至少1个非球面。这样, 能以更少的透镜个数来良好地校正像散、畸变像差、彗形像差等的离轴像差。由此, 可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外, 在望远端, 第2组中的光束直径较大。因此, 可通过在第2组中包括至少1个非球面, 以更少的透镜个数来良好地校正球面像差、彗形像差等。在该情况下, 也可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外, 优选为, 在第7变焦光学系统中, 第3组具有至少1个负透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。由于第3组为正屈光力，因此具有至少1个正透镜。因此，可通过包括负透镜，抑制伴随变焦的彗形像差、像散、轴向色差等的各种像差的变化。

此外，优选为，在第7变焦光学系统中，在第3组的最靠近物体侧具有正透镜。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。通过在第3组的最靠近物体侧配置正透镜，主点位置移向第2组侧。由此，由于可缩短第2组和第3组的主点间距，因此实现镜头全长的缩短。

此外，优选为，在第7变焦光学系统中，第3组具有至少1个一体透镜，一体透镜中的至少1个具有正屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过将正透镜作成一体透镜，减小正透镜的边缘厚度。其结果是，可缩短镜头系统的全长。

此外，优选为，为了抑制轴向色差、球面像差、像散等，在第3组的正透镜中使用高折射率低色散的光学材料。但是，一般，高折射率低色散的光学材料要花费成本。因此，通过将该正透镜作成一体透镜，光学材料的体积变小。其结果是，可减少成本。

此外，由于透镜本身的体积也变小，因此可使光学系统小型化。此外，由于一体透镜容易处理，因此可减少变焦光学系统的制造所花费的成本。

此外，优选为，在第7变焦光学系统中，第3组中的至少1个正透镜满足下述的条件。

$$0.1 < HH3 / \phi 3 < 8 \quad \dots (4G)$$

其中，HH3是第3组正透镜的主点间距(mm)， $\phi 3$ 是第3组正透镜的屈光力。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。可通过增大配置于第3组中的正透镜的屈光力，缩短第3组的移动距离。由此，这样，可缩短镜头全长。但是，在现有的加工法中，难以兼顾低成本和小型化。(现有的加工法的详细说明如第1变焦光学系统中所描述的那样)

但是，通过将该正透镜作成一体透镜，无需大于必要外径地成形。

此外,由于可通过满足条件式(4G),以较薄的透镜来实现较大的屈光力,因此可实现更进一步的小型化。

如果低于条件式(4G)的下限 0.1,则与主点间距相比,屈光力过大。因此,偏心敏感度也增大,难以保持光学性能。此外,如果超过上限 8,则与主点间距相比,屈光力较小。因此,无法缩短第 3 组的移动量,镜头全长增加。

而且,优选为,满足下述的条件式(4G-2)。在此情况下,可兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH3 / \phi 3 < 5 \quad \dots (4G-2)$$

而且,更好为,满足下述的条件式(4G-3)。在此情况下,更容易兼顾镜头全长的缩短和各透镜的小型化。

$$1 < HH3 / \phi 3 < 2.5 \quad \dots (4G-3)$$

此外,优选为,在第 7 变焦光学系统中,第 3 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在第 3 变焦光学系统中,通过具有负屈光力的第 2 组来扩大光束直径,因此在广角端,第 3 组中的光束直径较大。因此,在第 3 组中包括至少 1 个非球面。这样,能以更少的个数来良好地校正伴随变焦的球面像差、彗形像差等的各种像差的变化。由此,可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外,优选为,在第 7 变焦光学系统中,第 4 组具有至少 1 个一体透镜。

采用上述结构的理由及其作用与第 4 变焦光学系统中的说明相同。

此外,优选为,在第 7 变焦光学系统中,第 4 组的一体透镜中的至少 1 个具有正屈光力。

采用上述结构的理由及其作用与第 5 变焦光学系统中的说明相同。

此外,优选为,在第 7 变焦光学系统中,第 4 组中的至少 1 个正透镜满足下述的条件式。

$$0.1 < HH4 / \phi 4 < 10 \quad \dots (5G)$$

其中,HH4 是第 4 组正透镜的主点间距(mm), $\phi 4$ 是第 4 组正透镜的屈

光力。

采用上述结构的理由及其作用与第 5 变焦光学系统中的说明相同。

如果低于条件式 (5G) 的下限 0.1, 则与主点间距相比, 屈光力过大。因此, 偏心敏感度也增大, 难以保持光学性能。此外, 如果超过上限 10, 则与主点间距相比, 屈光力较小。因此, 广角端的出瞳位置靠近像面, 无法确保像侧远心性。

而且, 优选为, 满足下述的条件式 (5G-2)。在此情况下, 可兼顾镜头全长的缩短、像侧远心性的确保和各透镜的小型化。

$$0.5 < HH4 / \phi 4 < 7 \quad \dots (5G-2)$$

而且, 更好为, 满足下述的条件式 (5G-3)。在此情况下, 更容易兼顾镜头全长的缩短、像侧远心性确保和各透镜的小型化。

$$1 < HH4 / \phi 4 < 4 \quad \dots (5G-3)$$

此外, 优选为, 在第 7 变焦光学系统中, 第 4 组中的至少 1 个一体透镜具有至少 1 个非球面。

对采用上述结构的理由及其作用进行说明。在广角端, 在第 4 组中, 光线高度较高。因此, 可通过在第 4 组中包括至少 1 个非球面, 以更少的个数来良好地校正畸变像差、像散等的离轴像差。由此, 可实现光学系统的小型化、低成本化。

此外, 优选为, 本发明的电子设备具有以上的变焦光学系统、配置于其像侧的电子摄像元件。

以上的变焦光学系统为小型、且低成本的光学系统。由此, 在搭载了这样的变焦光学系统作为摄像光学系统的电子设备中, 可实现设备的小型化、低成本化。另外, 作为电子设备, 有数字照相机、摄像机、数字视频单元、个人计算机、移动式计算机、便携电话、信息便携终端等。

接着, 对于变焦光学系统 (变焦镜头) 的实施例, 分为上述的第 1 变焦光学系统至第 7 变焦光学系统, 参照附图进行说明。实施例的序号标记为第 1 变焦光学系统的实施例 1 为“实施例 1-1”、第 5 变焦光学系统的实施例 2 为“实施例 5-2”。各实施例均示出了透镜剖面图和像差图。透镜剖面图为沿光轴的透镜剖面, 示出了无限远物点对焦时的广角端

(a)、中间状态(b)、望远端(c)的透镜剖面。在各图中, G1表示第1透镜组, G2表示第2透镜组, G3表示第3透镜组, G4表示第4透镜组, S表示孔径光阑, F表示近红外截止滤波器、低通滤波器、电子摄像元件的防护玻璃罩等的平行平板组, I表示像面。此外, 像差图为球面像差、像散、倍率色(像差)、畸变像差的像差, 表示无限远物点对焦时的广角端(a)、中间状态(b)、望远端(c)的像差。另外, 在这些像差图中, “FIY”表示像高。

(1) 第1组为负透镜组, 第2组为正透镜组。

参照附图, 对第1变焦光学系统(变焦镜头)的实施例1-1和实施例1-2进行说明。在图7、图8中分别示出了实施例1-1、1-2的无限远物点对焦时的广角端(a)、中间状态(b)、望远端(c)的沿光轴的透镜剖面图。此外, 在图9、图10中分别示出了实施例1-1、1-2的无限远物点对焦时的广角端(a)、中间状态(b)、望远端(c)的球面像差、像散、倍率色(像差)、畸变像差的像差图。

在图7中示出了实施例1-1的变焦光学系统。实施例1-1的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序, 由第1透镜组G1、孔径光阑S、以及第2透镜组G2构成。并且, 在从广角端向望远端变焦时, 第1透镜组G1沿着凹状的轨迹地移向物体侧, 在望远端位于与广角端相同的位置, 第2透镜组G2与孔径光阑S一体地移向物体侧。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1按照从物体侧起的顺序, 由双凹负透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且, 非球面为双凹负透镜的两个面。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序, 由双凸正透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。并且, 非球面为第2透镜组G2的最靠近物体侧的面和最靠近像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第2透镜组G2的像侧的双凹负透镜以外, 均为一体透镜。该一体透镜是通过图1所示的方法制造出的。

在图 11 中示出了一体化透镜 10 的实例。该一体化透镜 10 用于本实施例的变焦光学系统中。图 11 为第 2 透镜组 G2 的接合透镜的剖面图。该透镜是将物体侧的双凸正透镜作成一体化透镜 10 而得到的。并且，在其像侧接合有双凹负透镜。第 2 坯料 12 的厚度为 0.3mm。虽然图 11 中没有示出，但此时，也可在第 2 坯料 12 上成形孔或凹凸形状时，同时进行加工。

在图 8 中示出了实施例 1-2 的变焦光学系统。实施例 1-2 的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第 1 透镜组 G1、孔径光阑 S、以及第 2 透镜组 G2 构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第 1 透镜组 G1 沿着凹状的轨迹移向物体侧，在望远端位于与广角端大致相同的位置，第 2 透镜组 G2 与孔径光阑 S 一体地移向物体侧。

第 1 透镜组 G1 整体上具有负屈光力。该第 1 透镜组 G1 按照从物体侧起的顺序，由双凹负透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为双凹负透镜的物体侧的面。

第 2 透镜组 G2 整体上具有正屈光力。该第 2 透镜组 G2 按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜与凸面朝向像侧的负弯月形透镜的接合透镜和凸面朝向像侧的负弯月形透镜构成。并且，非球面为第 2 透镜组 G2 的最靠近物体侧的面和最靠近像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第 2 透镜组 G2 的物体侧的负弯月形透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图 3 所示的方法制造出的。

在图 12、图 13 中示出了本实施例中的一体化透镜 10 的实例。该一体化透镜 10 用于本实施例的变焦光学系统。图 12 为第 2 透镜组 G2 的接合透镜的剖面图。在该接合透镜中，将物体侧的双凸正透镜作成一体化透镜 10。并且，在其像侧接合有负弯月形透镜。第 2 坯料 12 的厚度为 0.25mm。此外，图 13 为第 2 透镜组 G2 的像侧的透镜的剖面图。在该透镜中，将负弯月形透镜作成一体化透镜 10。第 2 坯料 12 的厚度为 1.5mm。此时，虽然未在图 12 和图 13 中示出，但也可在第 2 坯料 12 上成形孔或凹凸形状时，同时进行加工（参照图 3）。

在后面示出上述各实施例的数值数据。

(2) 第1组为正透镜组，第2组为负透镜组。

参照附图，对第2变焦光学系统（变焦镜头）的实施例2-1和实施例2-2进行说明。在图14、图15中分别示出了实施例2-1、2-2的无限远物点对焦时的广角端（a）、中间状态（b）、望远端（c）的沿光轴的透镜剖面图。此外，在图16、图17中分别示出了实施例2-1、2-2的无限远物点对焦时的广角端（a）、中间状态（b）、望远端（c）的球面像差、像散、倍率色（像差）、畸变像差的像差图。

在图14中示出了实施例2-1的变焦光学系统。实施例2-1的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由孔径光阑S、第1透镜组G1、以及第2透镜组G2构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第1透镜组G1与孔径光阑S一体地移向物体侧，第2透镜组G2在缩小与第1透镜组G1之间的间距的同时移向物体侧。

第1透镜组G1整体上具有正屈光力。该第1透镜组G1按照从物体侧起的顺序，由凹面朝向物体侧的正弯月形透镜、凸面朝向物体侧的负弯月形透镜、以及双凸正透镜构成。非球面为正弯月形透镜的两个面和双凸正透镜的像侧的面。

第2透镜组G2整体上具有负屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序，由凹面朝向物体侧的正弯月形透镜和双凹负透镜构成。非球面为双凹负透镜的物体侧面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第2透镜组G2的双凹负透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图1所示的方法制造出的。

在图18中示出了一体化透镜10的实例。该一体化透镜10用于本实施例的变焦光学系统。图18为第2透镜组G2的透镜的剖面图。在该透镜中，将物体侧的正弯月形透镜作成一体化透镜10。第2坯料12的厚度为0.4mm。此时，虽未在图18中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时同时进行加工。

在图15中示出了实施例2-2的变焦光学系统。实施例2-2的变焦光

学系统按照从物体侧起的顺序，由孔径光阑 S、第 1 透镜组 G1、以及第 2 透镜组 G2 构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第 1 透镜组 G1 与孔径光阑 S 一体地移向物体侧，第 2 透镜组 G2 在缩短与第 1 透镜组 G1 之间的间距的同时，移向物体侧。

第 1 透镜组 G1 整体上具有正屈光力。该第 1 透镜组 G1 由凸面朝向像侧的负弯月形透镜、以及凸面朝向物体侧的负弯月形透镜与双凸正透镜的接合透镜构成。并且，非球面为正弯月形透镜的两个面和接合透镜的最靠近像侧的面。

第 2 透镜组 G2 整体上具有负屈光力。该第 2 透镜组 G2 按照从物体侧起的顺序，由凹面朝向物体侧的正弯月形透镜和双凹负透镜构成。并且，非球面为双凹负透镜的物体侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第 1 透镜组 G1 的像侧的负弯月形透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图 3 所示的方法制造出的。

在图 19 中示出了本实施例中的一体化透镜 10 的实例。该一体化透镜 10 用于本实施例的变焦光学系统中。图 19 为第 1 透镜组 G1 的接合透镜的剖面图。在该接合透镜中，将像侧的双凸正透镜作成一体化透镜 10。并且，在其物体侧接合有负弯月形透镜。第 2 坯料 12 的厚度为 0.2mm。此时，虽未在图 19 中示出，但也可以在第 2 坯料 12 上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工（参照图 3）。

在后面示出上述各实施例的数值数据。

（3）第 1 组为负透镜组，第 2 组正透镜组，第 3 组为正透镜组。

参照附图，对第 3 变焦光学系统（变焦镜头）的实施例 3-1 和实施例 3-2 进行说明。在图 20、图 21 中分别示出了实施例 3-1、3-2 的无限远物点对焦时的广角端（a）、中间状态（b）、望远端（c）的沿光轴的透镜剖面图。此外，在图 22、图 23 中分别示出了实施例 3-1、3-2 的无限远物点对焦时的广角端（a）、中间状态（b）、望远端（c）的球面像差、像散、倍率色（像差）、畸变像差的像差图。

在图 20 中示出了实施例 3-1 的变焦光学系统。实施例 3-1 的变焦光

学系统按照从物体侧起的顺序，由第1透镜组G1、孔径光阑S、第2透镜组G2、以及第3透镜组G3构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第1透镜组G1沿着凹状的轨迹移向物体侧，在望远端位于与广角端相同的位置。此外，第2透镜组G2与孔径光阑S一体地移向物体侧。第3透镜组G3移向像侧。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1按照从物体侧起的顺序，由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为负弯月形透镜的像侧的面。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜、双凹负透镜、以及双凸正透镜构成。并且，非球面为最靠近物体侧的双凸正透镜的物体侧的面。

第3透镜组G3具有正屈光力。该第3透镜组G3由凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为正弯月形透镜物体侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第1透镜组G1的物体侧的负弯月形透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图1所示的方法制造出的。

在图24中示出了一体化透镜10的实例。该一体化透镜10用于本实施例的变焦光学系统中。图24为第1透镜组G1的像侧的正弯月形透镜的剖面图。在该透镜中，将正弯月形透镜作成一体化透镜。第2坯料12的厚度为0.45mm。此时，虽未在图24中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工。

在图21中示出了实施例3-2的变焦光学系统。实施例3-2的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第1透镜组G1、孔径光阑S、第2透镜组G2、以及第3透镜组G3构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第1透镜组G1沿着凹状的轨迹移向物体侧，在望远端位于与广角端大致相同的位置。此外，第2透镜组G2与孔径光阑S一体地移向物体侧。第3透镜组G3是固定的。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1由双凹负透镜与凹面朝向像侧的正弯月形透镜的接合透镜构成。并且，非球面为双

凹负透镜的物体侧的面。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。并且，非球面为最靠近物体侧的双凸正透镜的物体侧的面。

第3透镜组G3具有正屈光力。该第3透镜组G3由凹面朝向物体侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为正弯月形透镜的像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第2透镜组G2的双凹负透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图3所示的方法制造出的。

在图25中示出了一体化透镜10的实例。该一体化透镜10用于本实施例的变焦光学系统中。图25为第2透镜组G2的接合透镜剖面图。在该透镜中，将物体侧的双凸正透镜作成一体化透镜10。并且，在其像侧接合有双凹负透镜。第2坯料12的厚度为0.3mm。此时，虽未在图25中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工（参照图3）。

在后面示出上述各实施例的数值数据。

（4）第1组为负透镜组，第2组为正透镜组，第3组为正透镜组，第4组为负透镜组。

参照附图，对第4变焦光学系统（变焦镜头）的实施例4-1和实施例4-2进行说明。在图26、图27中分别示出了实施例4-1、4-2的无限远物点对焦时的广角端（a）、中间状态（b）、望远端（c）的沿光轴的透镜剖面图。并且，在图28、图29中分别示出了实施例4-1、4-2的无限远物点对焦时的广角端（a）、中间状态（b）、望远端（c）的球面像差、像散、倍率色（像差）、畸变像差的像差图。

在图26中示出了实施例4-1的变焦光学系统。实施例4-1的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第1透镜组G1、孔径光阑S、第2透镜组G2、第3透镜组G3、以及第4透镜组G4构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第1透镜组G1沿着凹状的轨迹移向物体侧，在望远端位于与广角端大致相同的位置，第2透镜组G2与孔径光阑S一体地移向

物体侧，第3透镜组G3、第4透镜组G4是固定的。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1按照从物体侧起的顺序，由双凹负透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为双凹负透镜的像侧的面。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。并且，非球面为单透镜的双凸正透镜的物体侧的面和接合透镜的最靠近物体侧的面。

第3透镜组G3具有正屈光力。该第3透镜组G3由双凸正透镜构成。该第3透镜组G3仅在对焦时在光轴方向上移动。

第4透镜组G4具有负屈光力。该第4透镜组G4由凸面朝向像侧的负弯月形透镜构成。非球面为负弯月形透镜像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜为一体透镜。该一体透镜是通过图1所示的方法制造出的。

在图30中示出了一体化透镜10的实例。该一体化透镜10用于本实施例的变焦光学系统中。图30为从第1透镜组G1的物体侧起第2个透镜的剖面图。在该透镜中，将正弯月形透镜作成一体化透镜。这里，第2坯料12的厚度为0.4mm。此时，虽未在图30中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工。

在图27中示出了实施例4-2的变焦光学系统。实施例4-2的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第1透镜组G1、第2透镜组G2、第3透镜组G3、以及第4透镜组G4构成。并且，孔径光阑S一体地配置于第2透镜组G2中的第1透镜和第2透镜之间。此外，在从广角端向望远端变焦时，第1透镜组G1沿着凹状的轨迹移向物体侧，在望远端位于与广角端大致相同的位置，第2透镜组G2与孔径光阑S一体地移向物体侧，第3透镜组G3、第4透镜组G4是固定的。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1由双凹负透镜与凹面朝向像侧的正弯月形透镜的接合透镜构成。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体

侧起的顺序，由凹面朝向像侧的正弯月形透镜、孔径光阑 S、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。非球面为正弯月形透镜的物体侧的面、接合透镜的最靠近物体侧的面和最靠近像侧的面。

第 3 透镜组 G3 具有正屈光力。该第 3 透镜组 G3 由凸面朝向像侧的正弯月形透镜构成。该第 3 透镜组 G3 仅在对焦时在光轴方向上移动。

第 4 透镜组 G4 具有负屈光力。该第 4 透镜组 G4 由凸面朝向像侧的负弯月形透镜构成。非球面为负弯月形透镜像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第 1 透镜组 G1 的双凹负透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图 3 所示的方法制造出的。

在图 31 中示出了一体化透镜 10 的实例。该一体化透镜 10 用于本实施例的变焦光学系统中。图 31 为第 1 透镜组 G1 的接合透镜的剖面图。在该接合透镜中，将像侧的正弯月形透镜作成一体化透镜 10。并且，在其物体侧接合有双凹负透镜。第 2 坯料 12 的厚度为 0.3mm。此时，虽未在图 31 中示出，但也可以在第 2 坯料 12 上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工（参照图 3）。

在后面示出上述各实施例的数值数据。

(5) 第 1 组为负透镜组，第 2 组为正透镜组，第 3 组为负透镜组，第 4 组为正透镜组。

参照附图，对第 5 变焦光学系统（变焦镜头）的实施例 5-1 和实施例 5-2 进行说明。在图 32、图 33 中分别示出了实施例 5-1、5-2 的无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 的沿光轴的透镜剖面图。此外，在图 34、图 35 中分别示出了实施例 5-1、5-2 的无限远物点对焦时的广角端 (a)、中间状态 (b)、望远端 (c) 的球面像差、像散、倍率色（像差）、畸变像差的像差图。

在图 32 中示出了实施例 5-1 的变焦光学系统。实施例 5-1 的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第 1 透镜组 G1、第 2 透镜组 G2、孔径光阑 S、第 3 透镜组 G3、以及第 4 透镜组 G4 构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第 1 透镜组 G1 是固定的，第 2 透镜组 G2 与孔径光阑 S

一体地移向物体侧，第3透镜组G3先缩小与第4透镜组G4之间的间距之后，边扩大边移向物体侧，第4透镜组G4是固定的。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1由双凹负透镜与凹面朝向像侧的正弯月形透镜的接合透镜构成。并且，非球面为该接合透镜的最靠近物体侧的面和最靠近像侧的面。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。并且，非球面为双凸正透镜的物体侧的面和接合透镜的最靠近物体侧的面及最靠近像侧的面。

第3透镜组G3具有负屈光力。该第3透镜组G3由凸面朝向物体侧的负弯月形透镜构成。并且，非球面为负弯月形透镜的像侧的面。

第4透镜组G4具有正屈光力。该第4透镜组G4由凹面朝向物体侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为正弯月形透镜的像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第3透镜组G3的负弯月形透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图1所示的方法制造出的。

在图36中示出了构成一体化透镜10的实例。该一体化透镜10用于本实施例的变焦光学系统中。图36为第2透镜组G2的物体侧的双凸正透镜的剖面图。在该透镜中，将双凸状正透镜作成一体化透镜。第2坯料12的厚度为0.4mm。此时，虽未在图36中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工。

在图33中示出了实施例5-2的变焦光学系统。实施例5-2的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第1透镜组G1、第2透镜组G2、孔径光阑S、第3透镜组G3、以及第4透镜组G4构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第1透镜组G1是固定的，第2透镜组G2与孔径光阑S一体地移向物体侧，第3透镜组G3先稍稍缩小与第4透镜组G4之间的间距之后，边扩大边移向物体侧，第4透镜组G4是固定的。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1由双凹负透镜与凹面朝向像侧的正弯月形透镜的接合透镜构成。并且，非球面为接

合透镜的最靠近物体侧的面和最靠近像侧的面。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。并且，非球面为单透镜的双凸正透镜的物体侧的面、接合透镜的最靠近物体侧的面和最靠近像侧的面。

第3透镜组G3具有负屈光力。该第3透镜组G3由双凹负透镜构成。并且，非球面为负弯月形透镜的像侧的面。

第4透镜组G4具有正屈光力。该第4透镜组G4由双凸正透镜构成。并且，非球面为双凸正透镜的像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第2透镜组G2的双凹负透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图3所示的方法制造出的。

在图37中示出了一体化透镜10的实例。该一体化透镜10用于本实施例的变焦光学系统中。图37为第2透镜组G2的接合透镜的剖面图。在该接合透镜中，将物体侧的双凸正透镜作成一体化透镜10。并且，在其像侧接合有双凹负透镜。第2坯料12的厚度为0.5mm。此时，虽未在图37中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工（参照图3）。

在后面示出上述各实施例的数值数据。

（6）第1组为负透镜组，第2组为正透镜组，第3组为正透镜组，第4组为正透镜组。

参照附图，对第6变焦光学系统（变焦镜头）的实施例6-1～实施例6-3进行说明。在图38～图40中分别示出了实施例6-1～6-3的无限远物点对焦时的广角端（a）、中间状态（b）、望远端（c）的沿光轴的透镜剖面图。此外，在图41～图43中分别示出了实施例6-1～6-3的无限远物点对焦时的广角端（a）、中间状态（b）、望远端（c）的球面像差、像散、倍率色（像差）、畸变像差的像差图。

在图38中示出了实施例6-1的变焦光学系统。实施例6-1的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第1透镜组G1、孔径光阑S、第2透

镜组 G2、第 3 透镜组 G3、以及第 4 透镜组 G4 构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第 1 透镜组 G1 沿着凹状的轨迹移向物体侧，在望远端位于与广角端大致相同的位置。此外，第 2 透镜组 G2 与孔径光阑 S 一体地移向物体侧。第 3 透镜组 G3 稍稍地移向物体侧。第 4 透镜组 G4 沿着凸状的轨迹稍稍地移向物体侧，在望远端位于比广角侧更偏向像侧的位置。

第 1 透镜组 G1 整体上具有负屈光力。该第 1 透镜组 G1 按照从物体侧起的顺序，由双凹负透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为双凹负透镜的像侧的面。

第 2 透镜组 G2 整体上具有正屈光力。该第 2 透镜组 G2 按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。并且，非球面为双凸正透镜的物体侧的面和接合透镜的最靠近物体侧的面。

第 3 透镜组 G3 具有正屈光力。该第 3 透镜组 G3 由凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为正弯月形透镜的像侧的面。

第 4 透镜组 G4 具有正屈光力。该第 4 透镜组 G4 由凸面朝向像侧的平凸正透镜构成。并且，非球面为平凸正透镜的像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第 2 透镜组 G2 的双凹负透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图 1 所示的方法制造出的。

在图 44 中示出了一体化透镜 10 的实例。该一体化透镜 10 用于本实施例的变焦光学系统中。图 44 为第 2 透镜组 G2 的接合透镜的剖面图。在该透镜中，将物体侧的双凸正透镜作成一体化透镜 10。并且，在其像侧接合有双凹负透镜。第 2 坯料 12 的厚度为 0.35mm。此时，虽未在图 44 中示出，但也可以在第 2 坯料 12 上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工。

在图 39 中示出了实施例 6-2 的变焦光学系统。实施例 6-2 的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第 1 透镜组 G1、孔径光阑 S、第 2 透镜组 G2、第 3 透镜组 G3、以及第 4 透镜组 G4 构成。并且，在从广角端

向望远端变焦时,第1透镜组G1沿着凹状的轨迹移向物体侧,在望远端位于与广角端大致相同的位置。此外,第2透镜组G2与孔径光阑S一体地移向物体侧。第3透镜组G3在扩大与第2透镜组G2之间的间距的同时,移向物体侧。第4透镜组G4沿着凸状的轨迹移向物体侧,在望远端位于比广角端更偏向像侧的位置。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1按照从物体侧起的顺序,由凹面朝向像侧的平凹负透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且,非球面为平凹负透镜的像侧的面。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序,由双凸正透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。并且,非球面为物体侧的双凸正透镜的物体侧的面和接合透镜的最靠近物体侧的面。

第3透镜组G3具有正屈光力。该第3透镜组G3由凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且,非球面为正弯月形透镜的像侧的面。

第4透镜组G4具有正屈光力。该第4透镜组G4由凹面朝向物体侧的正弯月形透镜构成。并且,非球面为正弯月形透镜的像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜为一体透镜。该一体透镜是通过图3所示的方法制造出的。

在图45中示出了一体化透镜10的实例。该一体化透镜10用于本实施例的变焦光学系统。图45为第1透镜组G1的正弯月形透镜的剖面图。在该透镜中,将正弯月形透镜作成一体化透镜10。第2坯料12的厚度为0.5mm。此时,虽未在图45中示出,但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时,同时进行加工(参照图3)。

在图40中示出了实施例6-3的变焦光学系统。实施例6-3的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序,由第1透镜组G1、孔径光阑S、第2透镜组G2、第3透镜组G3、以及第4透镜组G4构成。并且,在从广角端向望远端变焦时,第1透镜组G1沿着凹状的轨迹移向物体侧,在望远端位于与广角端大致相同的位置。此外,第2透镜组G2与孔径光阑S一体地移向物体侧。第3透镜组G3沿着凹状的轨迹移向物体侧。在望远端位

于比广角端更偏向物体侧的位置。第4透镜组G4是固定的。

第1透镜组G1整体上具有负屈光力。该第1透镜组G1按照从物体侧起的顺序，由双凹负透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为双凹负透镜的像侧的面。

第2透镜组G2整体上具有正屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜、以及双凸正透镜与双凹负透镜的接合透镜构成。并且，非球面为物体侧的双凸正透镜的物体侧的面和接合透镜的最靠近物体侧的面。

第3透镜组G3具有正屈光力。该第3透镜组G3由凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为正弯月形透镜的像侧的面。

第4透镜组G4具有正屈光力。该第4透镜组G4由凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为正弯月形透镜的像侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜除了第2透镜组G2的双凹负透镜以外，均为一体透镜。该一体透镜是通过图5所示的方法制造出的。

在图46中示出了一体化透镜10的实例。该一体化透镜10用于本实施例的变焦光学系统中。图46为第2透镜组G2的接合透镜的剖面图。在该透镜中，将物体侧的双凸正透镜作成一体化透镜10。并且，在其像侧接合有双凹负透镜。第2坯料12的厚度为0.3mm。此时，虽未在图46中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工（参照图3）。

在后面示出上述各实施例的数值数据。

(7) 第1组为正透镜组，第2组为负透镜组，第3组为正透镜组，第4组为正透镜组。

参照附图，对第7变焦光学系统（变焦镜头）的实施例7-1～实施例7-3进行说明。在图47～图49中分别示出了实施例7-1～7-3的无限远物点对焦时的广角端(a)、中间状态(b)、望远端(c)的沿光轴的透镜剖面图。此外，在图50～图52中分别示出了实施例7-1～7-3的无限远物点对焦时的广角端(a)、中间状态(b)、望远端(c)的球面像差、

像散、倍率色（像差）、畸变像差的像差图。

在图 47 中示出了实施例 7-1 的变焦光学系统。实施例 7-1 的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第 1 透镜组 G1、第 2 透镜组 G2、孔径光阑 S、第 3 透镜组 G3、以及第 4 透镜组 G4 构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第 1 透镜组 G1 是固定的，第 2 透镜组 G2 移向像侧，孔径光阑 S 移向物体侧，第 3 透镜组 G3 和第 4 透镜组 G4 均移向物体侧。此时，第 3 透镜组 G3 和第 4 透镜组 G4 在扩大间距的同时移动。

第 1 透镜组 G1 整体上具有正屈光力。该第 1 透镜组 G1 由双凸正透镜构成。此外，非球面为双凸正透镜的物体侧的面。

第 2 透镜组 G2 整体上具有负屈光力。该第 2 透镜 G2 由双凹负透镜与凹面朝向像侧的正弯月形透镜的接合透镜构成。并且，非球面为接合透镜的最靠近物体侧的面。

第 3 透镜组 G3 具有正屈光力。该第 3 透镜组 G3 按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜和双凹负透镜构成。非球面为双凸正透镜的物体侧的面和双凹负透镜的像侧的面。

第 4 透镜组 G4 具有正屈光力。该第 4 透镜组 G4 由双凸正透镜构成。非球面为双凸正透镜的物体侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜为一体透镜。该一体透镜是通过图 1 所示的方法制造出的。

在图 53 中示出了本实施例中的一体化透镜 10 的实例。图 53 为将第 4 透镜组 G4 的双凸正透镜作成一体化透镜时的剖面图。第 2 坯料 12 的厚度为 0.4mm。此时，虽未在图 53 中示出，但也可以在第 2 坯料 12 上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工。

在图 48 中示出了实施例 7-2 的变焦光学系统。实施例 7-2 的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第 1 透镜组 G1、第 2 透镜组 G2、孔径光阑 S、第 3 透镜组 G3、以及第 4 透镜组 G4 构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第 1 透镜组 G1 是固定的，第 2 透镜组 G2 移向像侧，孔径光阑 S 移向物体侧，第 3 透镜组 G3 和第 4 透镜组 G4 均移向物体侧。此时，第 3 透镜组 G3 和第 4 透镜组 G4 在扩大间距的同时移动。

第1透镜组G1整体上具有正屈光力。该第1透镜组G1由双凸正透镜构成。此外，非球面为双凸正透镜的物体侧的面。

第2透镜组G2整体上具有负屈光力。该第2透镜组G2由双凹负透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。并且，非球面为双凹负透镜的物体侧的面。

第3透镜组G3具有正屈光力。该第3透镜组G3按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜和双凹负透镜构成。非球面为双凸正透镜的物体侧的面和双凹负透镜的像侧的面。

第4透镜组G4具有正屈光力。该第4透镜组G4由凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。非球面为正弯月形透镜的物体侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜为一体透镜。该一体透镜是通过图3所示的方法制造出的。

在图54、图55中示出了本实施例的一体化透镜10的实例。图54为将第2透镜组G2的正弯月形透镜作成一体化透镜10时的剖面图。第2坯料12的厚度为0.4mm。此外，图55为将第3透镜G3的双凹负透镜作成一体化透镜时的剖面图。第2坯料12的厚度为1.2mm。此时，虽未在图54、55中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工（参照图3）。

在图49中示出了实施例7-3的变焦光学系统。实施例7-3的变焦光学系统按照从物体侧起的顺序，由第1透镜组G1、第2透镜组G2、孔径光阑S、第3透镜组G3、以及第4透镜组G4构成。并且，在从广角端向望远端变焦时，第1透镜组G1是固定的，第2透镜组G2移向像侧，孔径光阑S是固定的，第3透镜组G3移向物体侧，第4透镜组G4沿着凸状的轨迹移向物体侧。另外，第4透镜组G4在望远端位于比广角端更偏向像侧的位置。

第1透镜组G1整体上具有正屈光力。该第1透镜组G1由双凸正透镜构成。非球面为双凸正透镜的物体侧的面。

第2透镜组G2整体上具有负屈光力。该第2透镜组G2按照从物体侧起的顺序，由双凹负透镜和凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。非球

面为双凹负透镜的物体侧的面。

第3透镜组G3具有正屈光力。该第3透镜组G3按照从物体侧起的顺序，由双凸正透镜和双凹负透镜构成。非球面为双凸正透镜的物体侧的面和双凹负透镜的像侧的面。

第4透镜组G4具有正屈光力。该第4透镜组G4由凹面朝向像侧的正弯月形透镜构成。非球面为正弯月形透镜的物体侧的面。

构成本实施例的变焦光学系统的所有透镜为一体透镜。该一体透镜是通过图5所示的方法制造出的。

在图56中示出了本实施例中的一体化透镜10的实例。图56为将第4透镜组G4的正弯月形透镜作成一体化透镜时的剖面图。第2坯料12的厚度为0.3mm。此时，虽未在图56中示出，但也可以在第2坯料12上形成孔或凹凸形状时，同时进行加工（参照图3）。

下面示出上述各实施例的数值数据。标号除了上述以外， f 是整体系统焦距， F_{N0} 是F值， ω 是半视场角，WE是广角端，ST是中间状态，TE是望远端， r_1 、 r_2 ...是各透镜面的曲率半径， d_1 、 d_2 ...是各透镜面之间的间距， n_{d1} 、 n_{d2} ...是各透镜的d线上的折射率， v_{d1} 、 v_{d2} ...是各透镜的阿贝（Abbe）数。另外，在将x取为以光的前进方向为正的光轴，将y取为与光轴正交的方向时，由下述的公式表示非球面形状。

$$X = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1)(y / r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

其中， r 是近轴曲率半径， K 是圆锥系数， A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} 分别是4次、6次、8次、10次的非球面系数。

实施例 1-1

$r_1 =$	- 41.781	（非球面）	$d_1 =$	0.60	$n_{d1} =$	1.80610	$v_{d1} =$	40.92
$r_2 =$	3.177	（非球面）	$d_2 =$	0.66				
$r_3 =$	6.332		$d_3 =$	0.62	$n_{d2} =$	1.84666	$v_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	24.596		$d_4 =$	（可变）				
$r_5 =$	∞ （光阑）		$d_5 =$	0.10				
$r_6 =$	2.662	（非球面）	$d_6 =$	0.95	$n_{d3} =$	1.51633	$v_{d3} =$	64.14

$r_7 =$	- 6.827	$d_7 =$	0.10		
$r_8 =$	9.099	$d_8 =$	0.86	$n_{d4} =$	1.80610
$r_9 =$	- 2.887	$d_9 =$	0.61	$n_{d5} =$	1.68893
$r_{10} =$	3.039 (非球面)	$d_{10} =$	(可变)		
$r_{11} =$	∞	$d_{11} =$	0.50	$n_{d6} =$	1.51633
$r_{12} =$	∞			$v_{d4} =$	40.92
				$v_{d5} =$	31.07
				$v_{d6} =$	64.14

非球面系数

第 1 面

$$K = 298.089$$

$$A_4 = -1.32975 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 2.40059 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -1.12956 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

第 2 面

$$K = -6.673$$

$$A_4 = 7.26462 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.67280 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.15842 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -1.24655 \times 10^{-4}$$

第 6 面

$$K = -1.680$$

$$A_4 = 3.59073 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -9.37097 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.54936 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -3.54681 \times 10^{-5}$$

第 10 面

$$K = 1.840$$

$$A_4 = 6.69764 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 0$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.4	6.23	8.78
F_{No}	2.8	3.3	4.1
$\omega (^{\circ})$	33.2	22.5	15.9
d_4	3.16	1.38	0.14
d_{10}	4.24	5.47	7.26

实施例 1-2

$r_1 = -20.127$ (非球面)	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.67790$	$v_{d1} = 55.34$
$r_2 = 2.853$	$d_2 = 1.23$		
$r_3 = 4.097$	$d_3 = 0.72$	$n_{d2} = 1.84666$	$v_{d2} = 23.78$
$r_4 = 5.809$	$d_4 =$ (可变)		
$r_5 = \infty$ (光阑)	$d_5 = 0.10$		
$r_6 = 2.549$ (非球面)	$d_6 = 0.84$	$n_{d3} = 1.69350$	$v_{d3} = 53.21$
$r_7 = -3.172$	$d_7 = 0.60$	1.80518	25.42
$r_8 = -9.327$	$d_8 = 1.04$	$n_{d4} =$	$v_{d4} =$
$r_9 = -3.278$	$d_9 = 0.60$	$n_{d5} = 1.81474$	$v_{d5} = 37.03$
$r_{10} = -7.604$ (非球面)	$d_{10} =$ (可变)		
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 0.50$	$n_{d6} = 1.51633$	$v_{d6} = 64.14$
$r_{12} = \infty$			

非球面系数

第 1 面

$$K = -228.497$$

$$A_4 = -1.41365 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.48862 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -4.35387 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = -0.176$$

$$A_4 = -4.34973 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.10461 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.52554 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -1.39801 \times 10^{-4}$$

第10面

$$K = -7.497$$

$$A_4 = 1.45179 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 7.85336 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 2.70499 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -5.60770$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
$f(\text{mm})$	3.0	5.2	9.0
F_{No}	3.5	4.5	6.3
$\omega(^{\circ})$	50.4	26.7	15.6
d_4	5.05	1.96	0.19
d_{10}	3.06	4.82	7.93

实施例 2-1

$r_1 = \infty$	(光阑)	$d_1 = 0.55$		
$r_2 = -2.158$	(非球面)	$d_2 = 0.69$	$n_{d1} = 1.49700$	$v_{d1} = 81.54$
$r_3 = -2.071$	(非球面)	$d_3 = 0.10$		
$r_4 = 10.989$		$d_4 = 0.60$	$n_{d2} = 1.84666$	$v_{d2} = 23.78$
$r_5 = 4.313$		$d_5 = 0.12$		
$r_6 = 4.932$		$d_6 = 1.16$	$n_{d3} = 1.51633$	$v_{d3} = 64.14$
$r_7 = -2.401$	(非球面)	$d_7 = (\text{可变})$		
$r_8 = -6.483$		$d_8 = 0.62$	$n_{d4} = 1.84666$	$v_{d4} = 23.78$
$r_9 = -3.958$		$d_9 = 0.79$		

$$r_{10} = -2.597 \text{ (非球面)} \quad d_{10} = 0.60 \quad n_{d5} = 1.80610 \quad v_{d5} = 40.92$$

$$r_{11} = 61.065 \quad d_{11} = \text{(可变)}$$

$$r_{12} = \infty \quad d_{12} = 0.50 \quad n_{d6} = 1.51633 \quad v_{d6} = 64.14$$

$$r_{13} = \infty$$

非球面系数

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.84390 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 9.11709 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 7.00659 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 0$$

第3面

$$K = -0.894$$

$$A_4 = -6.81547 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 5.63263 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 5.81608 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = -0.359$$

$$A_4 = -4.65568 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.56716 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.86252 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -7.14500 \times 10^{-5}$$

第10面

$$K = -4.566$$

$$A_4 = -2.78392 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 4.86515 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -5.40423 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
$f(\text{mm})$	5.5	7.8	10.9
F_{NO}	2.8	4.0	5.5
$\omega(^{\circ})$	25.3	18.0	13.0
d_7	1.71	0.76	0.10
d_{11}	0.49	3.03	6.62

实施例 2-2

$r_1 = \infty$ (光阑)	$d_1 = 0.61$		
$r_2 = -2.480$ (非球面)	$d_2 = 0.60$	$n_{d1} = 1.49700$	$v_{d1} = 81.54$
$r_3 = -2.820$ (非球面)	$d_3 = 0.63$		
$r_4 = 8.606$	$d_4 = 0.60$	$n_{d2} = 1.68893$	$v_{d2} = 31.07$
$r_5 = 2.625$	$d_5 = 1.24$	$n_{d3} = 1.58913$	$v_{d3} = 61.14$
$r_6 = -2.953$ (非球面)	$d_6 = (\text{可变})$		
$r_7 = -7.436$	$d_7 = 0.63$	$n_{d4} = 1.84666$	$v_{d4} = 23.78$
$r_8 = -4.115$	$d_8 = 0.73$		
$r_9 = -2.736$ (非球面)	$d_9 = 0.60$	$n_{d5} = 1.80610$	$v_{d5} = 40.92$
$r_{10} = 26.678$	$d_{10} = (\text{可变})$		
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 0.50$	$n_{d6} = 1.51633$	$v_{d6} = 64.14$
$r_{12} = \infty$			

非球面系数

第 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -5.18890 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 6.43068 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 2.08572 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 0$$

第 3 面

$$K = -1.389$$

$A_4= -3.33499 \times 10^{-4}$

$A_6= 5.27759 \times 10^{-3}$

$A_8= 2.05797 \times 10^{-3}$

$A_{10}= 0$

第6面

$K = -0.816$

$A_4= -2.04253 \times 10^{-3}$

$A_6= -1.18792 \times 10^{-3}$

$A_8= 3.09456 \times 10^{-4}$

$A_{10}= -7.24211 \times 10^{-5}$

第9面

$K = -3.385$

$A_4= -1.65664 \times 10^{-2}$

$A_6= 1.45807 \times 10^{-3}$

$A_8= -8.20014 \times 10^{-5}$

$A_{10}= 0$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f(mm)	5.5	7.78	10.96
F_{No}	2.8	4.0	5.6
$\omega(^{\circ})$	25.2	18.0	12.9
d_6	1.82	0.81	0.10
d_{10}	0.39	2.92	6.55

实施例 3-1

$r_1= 12.646$	$d_1 =0.60$	$n_{d1} =1.69350$	$v_{d1}= 53.21$
$r_2= 3.067$ (非球面)	$d_2 =1.08$		
$r_3= 4.805$	$d_3 =0.75$	$n_{d2} =1.84666$	$v_{d2}= 23.78$
$r_4= 7.074$	$d_4=$ (可变)		
$r_5= \infty$ (光阑)	$d_5 =0.10$		

$r_6 = 3.743$ (非球面)	$d_6 = 0.80$	$n_{d3} = 1.67790$	$v_{d3} = 55.34$
$r_7 = -15.671$	$d_7 = 0.89$		
$r_8 = -5.791$	$d_8 = 0.60$	$n_{d4} = 1.76182$	$v_{d4} = 26.52$
$r_9 = 4.399$	$d_9 = 0.39$		
$r_{10} = 14.092$	$d_{10} = 0.96$	$n_{d5} = 1.78590$	$v_{d5} = 44.20$
$r_{11} = -4.706$	$d_{11} = (\text{可变})$		
$r_{12} = 5.551$ (非球面)	$d_{12} = 0.80$	$n_{d6} = 1.78800$	$v_{d6} = 47.37$
$r_{13} = 6.983$	$d_{13} = (\text{可变})$		
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 0.50$	$n_{d7} = 1.51633$	$v_{d7} = 64.14$
$r_{15} = \infty$			

非球面系数

第2面

$$K = -1.200$$

$$A_4 = 3.55109 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 2.56305 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -2.33716 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 2.07830 \times 10^{-6}$$

第6面

$$K = -0.728$$

$$K = 7.03429 \times 10^{-4}$$

$$A_4 = -1.42131 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 5.98131 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.12393 \times 10^{-5}$$

A_{10} 2面

$$K = -3.851$$

$$A_4 = 1.74180 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 8.82987 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
$f(\text{mm})$	4.4	6.2	8.8
F_{No}	2.8	3.2	4.0
$\omega(^{\circ})$	30.8	22.3	15.7
d_4	4.77	1.78	0.22
d_{11}	0.10	2.61	8.22
d_{13}	4.13	3.49	0.56

实施例 3-2

$r_1 = -6.951$ (非球面)	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.67790$	$v_{d1} = 55.34$
$r_2 = 6.574$	$d_2 = 0.64$	$n_{d2} = 1.84666$	$v_{d2} = 23.78$
$r_3 = 15.485$	$d_3 = (\text{可变})$		
$r_4 = \infty$ (光阑)	$d_4 = 0.10$		
$r_5 = 4.706$ (非球面)	$d_5 = 0.69$	$n_{d3} = 1.69350$	$v_{d3} = 53.21$
$r_6 = -6.848$	$d_6 = 0.17$		
$r_7 = 6.792$	$d_7 = 0.92$	$n_{d4} = 1.80610$	$v_{d4} = 40.92$
$r_8 = -2.029$	$d_8 = 0.60$	$n_{d5} = 1.68893$	$v_{d5} = 31.07$
$r_9 = 2.447$	$d_9 = (\text{可变})$		
$r_{10} = -5.488$	$d_{10} = 0.77$	$n_{d6} = 1.68893$	$v_{d6} = 31.07$
$r_{11} = -3.434$ (非球面)	$d_{11} = 1.78$		
$r_{12} = \infty$	$d_{12} = 0.50$	$n_{d7} = 1.51633$	$v_{d6} = 64.14$
$r_{13} = \infty$			

非球面系数

第 1 面

$$K = -4.615$$

$$A_4 = -1.30227 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 0$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

第5面

$K = -3.406$
 $A_4 = -3.94764 \times 10^{-3}$
 $A_6 = -7.90797 \times 10^{-4}$
 $A_8 = 2.03424 \times 10^{-4}$
 $A_{10} = -1.31727 \times 10^{-4}$

第11面

$K = -0.035$
 $A_4 = 3.45595 \times 10^{-3}$
 $A_6 = 0$
 $A_8 = 0$
 $A_{10} = 0$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.4	6.2	8.8
F_{No}	2.8	3.3	4.1
$\omega (^{\circ})$	32.9	21.8	15.4
d_3	3.26	1.43	0.14
d_9	1.88	3.18	4.99

实施例 4-1

$r_1 = -8.544$	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.69350$	$v_{d1} = 53.21$
$r_2 = 5.795$ (非球面)	$d_2 = 0.44$		
$r_3 = 7.279$	$d_3 = 0.67$	$n_{d2} = 1.84666$	$v_{d2} = 23.78$
$r_4 = 19.919$	$d_4 =$ (可变)		
$r_5 = \infty$ (光阑)	$d_5 = 0.10$		
$r_6 = 3.655$ (非球面)	$d_6 = 1.38$	$n_{d3} = 1.69350$	$v_{d3} = 53.21$
$r_7 = -14.166$	$d_7 = 0.10$		
$r_8 = 9.263$ (非球面)	$d_8 = 0.99$	$n_{d4} = 1.78800$	$v_{d4} = 47.37$
$r_9 = -2.793$	$d_9 = 0.60$	$n_{d5} = 1.68893$	$v_{d5} = 31.07$

$r_{10}= 3.038$	$d_{10}=(\text{可变})$		
$r_{11}= 44.064$	$d_{11}=1.60$	$n_{d6}=1.78800$	$v_{d6}= 47.37$
$r_{12}= -4.323$	$d_{12}=0.16$		
$r_{13}= -3.912$	$d_{13}=1.60$	$n_{d7}=1.51633$	$v_{d7}= 64.14$
$r_{14}= -18.192$ (非球面)	$d_{14}=0.10$		
$r_{15}= \infty$	$d_{15}=0.50$	$n_{d8}=1.51633$	$v_{d8}= 64.14$
$r_{16}= \infty$			

非球面系数

第2面

$$K = -0.856$$

$$A_4 = -5.31098 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.90922 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -6.35097 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 5.38366 \times 10^{-6}$$

第6面

$$K = 0.057$$

$$A_4 = -2.33967 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 6.09317 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 8.12573 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -1.66984 \times 10^{-5}$$

第8面

$$K = -33.940$$

$$A_4 = -1.48982 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.35589 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

第14面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 7.17227 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -6.23670 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.4	6.2	8.8
F_{No}	2.8	3.3	4.1
$\omega (^{\circ})$	33.1	22.1	15.6
d_4	3.63	1.58	0.14
d_{10}	2.14	3.59	5.65

实施例 4-2

$r_1 = -6.328$	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.69350$	$v_{d1} = 53.21$
$r_2 = 3.092$	$d_2 = 1.03$	$n_{d2} = 1.81474$	$v_{d2} = 37.03$
$r_3 = 11.872$	$d_3 = (\text{可变})$		
$r_4 = 3.024$ (非球面)	$d_4 = 1.08$	$n_{d3} = 1.69350$	$v_{d3} = 53.21$
$r_5 = 36.382$	$d_5 = 0.12$		
$r_6 = \infty$ (光阑)	$d_6 = 0.10$		
$r_7 = 4.427$ (非球面)	$d_7 = 0.99$	$n_{d4} = 1.78800$	$v_{d4} = 47.37$
$r_8 = -7.290$	$d_8 = 1.20$	$n_{d5} = 1.84666$	$v_{d5} = 23.78$
$r_9 = 3.680$ (非球面)	$d_9 = (\text{可变})$		
$r_{10} = -7.523$	$d_{10} = 1.20$	$n_{d6} = 1.80610$	$v_{d6} = 40.92$
$r_{11} = -2.849$	$d_{11} = 0.16$		
$r_{12} = -2.632$	$d_{12} = 1.16$	$n_{d7} = 1.49700$	$v_{d7} = 81.54$
$r_{13} = -6.396$ (非球面)	$d_{13} = 0.79$		
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 0.50$	$n_{d8} = 1.51633$	$v_{d8} = 64.14$
$r_{15} = \infty$			

非球面系数

第 4 面

$$K = 0.396$$

$A_4= 2.09373 \times 10^{-3}$
 $A_6= -1.62524 \times 10^{-4}$
 $A_8= 2.20952 \times 10^{-4}$
 $A_{10}= -2.31731 \times 10^{-5}$

第 7 面

$K = -8.236$
 $A_4= 1.60630 \times 10^{-3}$
 $A_6= -3.38827 \times 10^{-3}$
 $A_8= -3.72604 \times 10^{-4}$
 $A_{10}= 0$

第 9 面

$K = 0.344$
 $A_4= 8.07095 \times 10^{-3}$
 $A_6= -7.93864 \times 10^{-4}$
 $A_8= 0$
 $A_{10}=0$

第 13 面

$K = 0.000$
 $A_4= 3.88351 \times 10^{-3}$
 $A_6= -5.71375 \times 10^{-4}$
 $A_8= 0$
 $A_{10}=0$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.4	6.2	8.8
F _{No}	2.8	3.4	4.3
$\omega (^{\circ})$	33.5	22.2	15.8
d ₃	2.76	1.21	0.10
d ₉	0.65	1.78	3.33

实施例 5-1

$r_1 = -15.253$	(非球面)	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.69350$	$v_{d1} = 53.21$
$r_2 = 4.141$		$d_2 = 0.96$	$n_{d2} = 1.68893$	$v_{d2} = 31.07$
$r_3 = 12.214$	(非球面)	$d_3 = (\text{可变})$		
$r_4 = \infty$	(光阑)	$d_4 = 0.10$		
$r_5 = 9.919$	(非球面)	$d_5 = 0.68$	$n_{d3} = 1.49700$	$v_{d3} = 81.54$
$r_6 = -11.002$		$d_6 = 0.10$		
$r_7 = 3.141$	(非球面)	$d_7 = 1.33$	$n_{d4} = 1.74320$	$v_{d4} = 49.34$
$r_8 = -6.830$		$d_8 = 0.62$	$n_{d5} = 1.68893$	$v_{d5} = 31.07$
$r_9 = 3.671$	(非球面)	$d_9 = (\text{可变})$		
$r_{10} = 11.080$		$d_{10} = 1.06$	$n_{d6} = 1.68893$	$v_{d6} = 31.07$
$r_{11} = 3.943$	(非球面)	$d_{11} = (\text{可变})$		
$r_{12} = -13.947$		$d_{12} = 1.11$	$n_{d7} = 1.68893$	$v_{d7} = 31.07$
$r_{13} = -4.584$	(非球面)	$d_{13} = 1.69$		
$r_{14} = \infty$		$d_{14} = 0.50$	$n_{d8} = 1.51633$	$v_{d8} = 64.14$
$r_{15} = \infty$				

非球面系数

第 1 面

$$K = 19.399$$

$$A_4 = -9.52491 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.99000 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.01862 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第 3 面

$$K = -14.812$$

$$A_4 = -8.97149 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 4.01691 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.68687 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第 5 面

$$K = 19.348$$

$$A_4 = -4.82828 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 8.06209 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.99532 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

第 7 面

$$K = -1.011$$

$$A_4 = 7.47480 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.60867 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 8.69323 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第 9 面

$$K = -9.730$$

$$A_4 = 3.91180 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -4.30584 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.54137 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 0$$

第 11 面

$$K = -5.280$$

$$A_4 = 1.20789 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -8.05017 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.88007 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第 13 面

$$K = -1.512$$

$$A_4 = 1.20543 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.73187 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 5.42052 \times 10^{-6}$$

$$A_{10}=0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
$f(\text{mm})$	4.7	7.6	13.0
F_{NO}	2.8	3.8	5.1
$\omega(^{\circ})$	30.3	18.1	10.7
d_3	5.47	2.88	0.18
d_9	0.74	0.35	1.39
d_{11}	0.74	3.72	5.38

实施例 5-2

$r_1 = -8.395$	(非球面)	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.67790$	$v_{d1} = 55.34$
$r_2 = 4.439$		$d_2 = 0.98$	$n_{d2} = 1.68893$	$v_{d2} = 31.07$
$r_3 = 21.458$	(非球面)	$d_3 = (\text{可变})$		
$r_4 = \infty$	(光阑)	$d_4 = 0.08$		
$r_5 = 13.194$	(非球面)	$d_5 = 0.65$	$n_{d3} = 1.49700$	$v_{d3} = 81.54$
$r_6 = -10.912$		$d_6 = 0.19$		
$r_7 = 2.999$	(非球面)	$d_7 = 1.34$	$n_{d4} = 1.74320$	$v_{d4} = 49.34$
$r_8 = -5.935$		$d_8 = 0.60$	$n_{d5} = 1.68893$	$v_{d5} = 31.07$
$r_9 = 3.541$	(非球面)	$d_9 = (\text{可变})$		
$r_{10} = -54.527$		$d_{10} = 0.60$	$n_{d6} = 1.68893$	$v_{d6} = 31.07$
$r_{11} = 6.260$	(非球面)	$d_{11} = (\text{可变})$		
$r_{12} = 30.988$		$d_{12} = 1.48$	$n_{d7} = 1.68893$	$v_{d7} = 31.07$
$r_{13} = -5.446$	(非球面)	$d_{13} = 1.00$		
$r_{14} = \infty$		$d_{14} = 0.50$	$n_{d8} = 1.51633$	$v_{d8} = 64.14$
$r_{15} = \infty$				

非球面系数

第 1 面

$$K = 0.576$$

$$A_4 = -6.63222 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.19142 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 3.41858 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第3面

$$K = -31.443$$

$$A_4 = -4.24448 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.32455 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 1.82275 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第5面

$$K = 32.850$$

$$A_4 = -2.19377 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -7.72833 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 7.53132 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = -1.055$$

$$A_4 = 7.33888 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 4.41996 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.81717 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第9面

$$K = -10.179$$

$$A_4 = 4.50999 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -4.61578 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.84744 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 0$$

第11面

$$K = -24.461$$

$$A_4 = 1.24411 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -2.06313 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.94143 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

第 13 面

$$K = -11.947$$

$$A_4 = -4.12632 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 2.43311 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -7.32948 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.7	7.6	13.0
F_{No}	2.8	3.8	5.0
$\omega (^{\circ})$	31.6	18.2	10.6
d_3	6.04	3.32	0.55
d_9	1.34	1.32	2.66
d_{11}	1.76	4.49	5.93

实施例 6-1

$r_1 = -235.855$	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.69350$	$v_{d1} = 53.21$
$r_2 = 3.549$ (非球面)	$d_2 = 1.59$		
$r_3 = 6.625$	$d_3 = 0.91$	$n_{d2} = 1.84666$	$v_{d2} = 23.78$
$r_4 = 12.436$	$d_4 = (\text{可变})$		
$r_5 = \infty$ (光阑)	$d_5 = 0.10$		
$r_6 = 3.797$ (非球面)	$d_6 = 1.06$	$n_{d3} = 1.69350$	$v_{d3} = 53.21$
$r_7 = -17.794$	$d_7 = 0.10$		
$r_8 = 7.931$ (非球面)	$d_8 = 0.78$	$n_{d4} = 1.78800$	$v_{d4} = 47.37$
$r_9 = -4.713$	$d_9 = 0.60$	$n_{d5} = 1.68893$	$v_{d5} = 31.07$
$r_{10} = 2.574$	$d_{10} = (\text{可变})$		

$$\begin{aligned}
r_{11} &= 4.259 & d_{11} &= 0.66 & n_{d6} &= 1.49700 & v_{d6} &= 81.54 \\
r_{12} &= 6.233 \text{ (非球面)} & d_{12} &= (\text{可变}) & & & & \\
r_{13} &= \infty & d_{13} &= 0.79 & n_{d7} &= 1.74320 & v_{d6} &= 49.34 \\
r_{14} &= -8.029 \text{ (非球面)} & d_{14} &= (\text{可变}) & & & & \\
r_{15} &= \infty & d_{15} &= 0.50 & n_{d8} &= 1.51633 & v_{d8} &= 64.14 \\
r_{16} &= \infty & & & & & &
\end{aligned}$$

非球面系数

第2面

$$\begin{aligned}
K &= -0.565 \\
A_4 &= -1.29926 \times 10^{-4} \\
A_6 &= 1.05590 \times 10^{-4} \\
A_8 &= -7.93901 \times 10^{-6} \\
A_{10} &= 2.72375 \times 10^{-7}
\end{aligned}$$

第6面

$$\begin{aligned}
K &= -0.137 \\
A_4 &= -1.31726 \times 10^{-3} \\
A_6 &= -1.41891 \times 10^{-4} \\
A_8 &= 6.88204 \times 10^{-5} \\
A_{10} &= -1.74013 \times 10^{-5}
\end{aligned}$$

第8面

$$\begin{aligned}
K &= -1.367 \\
A_4 &= -1.60327 \times 10^{-3} \\
A_6 &= -1.35433 \times 10^{-4} \\
A_8 &= 0 \\
A_{10} &= 0
\end{aligned}$$

第12面

$$\begin{aligned}
K &= 0.000 \\
A_4 &= 1.72530 \times 10^{-3} \\
A_6 &= 2.23148 \times 10^{-5}
\end{aligned}$$

$A_8=0$

$A_{10}=0$

第14面

$K=-14.842$

$A_4=-1.74997\times 10^{-4}$

$A_6=2.64295\times 10^{-6}$

$A_8=0$

$A_{10}=0$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f(mm)	3.0	5.2	9.0
F_{No}	2.8	3.7	5.3
$\omega(^{\circ})$	45.5	25.7	15.3
d_4	7.91	3.24	0.91
d_{10}	0.24	2.88	6.07
d_{12}	2.12	2.25	4.11
d_{14}	1.01	1.07	0.18

实施例6-2

$r_1=\infty$	$d_1=0.60$	$n_{d1}=1.51633$	$v_{d1}=64.14$
$r_2=2.950$ (非球面)	$d_2=2.52$		
$r_3=5.433$	$d_3=0.80$	$n_{d2}=1.84666$	$v_{d2}=23.78$
$r_4=6.933$	$d_4=(\text{可变})$		
$r_5=\infty$ (光阑)	$d_5=0.10$		
$r_6=3.215$ (非球面)	$d_6=0.81$	$n_{d3}=1.58313$	$v_{d3}=59.38$
$r_7=-88.640$	$d_7=0.10$		
$r_8=5.867$ (非球面)	$d_8=0.74$	$n_{d4}=1.78800$	$v_{d4}=47.37$
$r_9=-8.024$	$d_9=0.60$	$n_{d5}=1.68893$	$v_{d5}=31.07$
$r_{10}=2.566$	$d_{10}=(\text{可变})$		
$r_{11}=7.991$	$d_{11}=0.60$	$n_{d6}=1.49700$	$v_{d6}=81.54$

$$r_{12}= 27.210 \quad (\text{非球面}) \quad d_{12}= (\text{可变})$$

$$r_{13}= -29.417 \quad d_{13}= 0.99 \quad n_{d7}=1.49700 \quad v_{d7}= 81.54$$

$$r_{14}= -5.069 \quad (\text{非球面}) \quad d_{14}= (\text{可变})$$

$$r_{15}= \infty \quad d_{15}= 0.50 \quad n_{d8}=1.51633 \quad v_{d8}= 64.14$$

$$r_{16}= \infty$$

非球面系数

第2面

$$K = -0.893$$

$$A_4= 1.45261 \times 10^{-3}$$

$$A_6= 1.41038 \times 10^{-4}$$

$$A_8= -7.01509 \times 10^{-6}$$

$$A_{10}= 4.11221 \times 10^{-7}$$

第6面

$$K = 0.128$$

$$A_4= 1.53677 \times 10^{-5}$$

$$A_6= -8.68099 \times 10^{-5}$$

$$A_8= 2.50336 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}= -3.99233 \times 10^{-5}$$

第8面

$$K = -2.777$$

$$A_4= -2.28635 \times 10^{-3}$$

$$A_6= -5.33394 \times 10^{-4}$$

$$A_8= -1.51884 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}= 0$$

第12面

$$K = 0.000$$

$$A_4= 2.30056 \times 10^{-3}$$

$$A_6= -1.45665 \times 10^{-4}$$

$$A_8= 2.87717 \times 10^{-5}$$

$$A_{10}=0$$

第 14 面

$$K = -2.859$$

$$A_4 = -1.27245 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.60322 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -3.26441 \times 10^{-6}$$

$$A_{10}=0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	3.0	5.2	9.0
F_{No}	2.8	3.3	5.4
$\omega (^{\circ})$	43.9	25.8	15.8
d_4	7.57	1.59	0.74
d_{10}	0.37	0.66	3.80
d_{12}	1.44	1.79	6.68
d_{14}	1.96	3.15	0.10

实施例 6-3

$r_1 = -39.641$	$d_1 = 0.60$	$n_{d1} = 1.69350$	$v_{d1} = 53.21$
$r_2 = 3.758$ (非球面)	$d_2 = 1.62$		
$r_3 = 7.085$	$d_3 = 0.83$	$n_{d2} = 1.84666$	$v_{d2} = 23.78$
$r_4 = 13.743$	$d_4 = (\text{可变})$		
$r_5 = \infty$ (光阑)	$d_5 = 0.10$		
$r_6 = 3.644$ (非球面)	$d_6 = 1.36$	$n_{d3} = 1.69350$	$v_{d3} = 53.21$
$r_7 = -23.518$	$d_7 = 0.10$		
$r_8 = 8.588$ (非球面)	$d_8 = 0.82$	$n_{d4} = 1.78800$	$v_{d4} = 47.37$
$r_9 = -3.659$	$d_9 = 0.60$	$n_{d5} = 1.68893$	$v_{d5} = 31.07$
$r_{10} = 2.800$	$d_{10} = (\text{可变})$		
$r_{11} = 4.441$	$d_{11} = 1.29$	$n_{d6} = 1.49700$	$v_{d6} = 81.54$
$r_{12} = 4.321$ (非球面)	$d_{12} = (\text{可变})$		

$$r_{13}= 5.613 \quad d_{13}=1.20 \quad n_{d7} =1.69350 \quad v_{d7}= 53.21$$

$$r_{14}= 556.044 \quad (\text{非球面}) \quad d_{14}= 0.22$$

$$r_{15}= \infty \quad d_{15}=0.50 \quad n_{d8} =1.51633 \quad v_{d8}= 64.14$$

$$r_{16}= \infty$$

非球面系数

第2面

$$K = -0.730$$

$$A_4= 1.40877 \times 10^{-6}$$

$$A_6= 1.25212 \times 10^{-4}$$

$$A_8= -9.63026 \times 10^{-6}$$

$$A_{10}= 3.57391 \times 10^{-7}$$

第6面

$$K = 0.181$$

$$A_4= -3.50134 \times 10^{-4}$$

$$A_6= -9.65305 \times 10^{-5}$$

$$A_8= 1.52691 \times 10^{-4}$$

$$A_{10}= -3.81912 \times 10^{-5}$$

第8面

$$K = -19.376$$

$$A_4= -1.33804 \times 10^{-3}$$

$$A_6= -1.00926 \times 10^{-3}$$

$$A_8= 0$$

$$A_{10}= 0$$

第12面

$$K = 0.000$$

$$A_4= -1.98092 \times 10^{-4}$$

$$A_6= 1.58372 \times 10^{-4}$$

$$A_8= 0$$

$$A_{10}= 0$$

第 14 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 4.78191 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -3.69614 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	3.0	5.2	9.0
F_{No}	2.8	3.7	5.2
$\omega (^{\circ})$	46.4	25.8	14.8
d_4	7.08	2.79	0.22
d_{10}	0.23	4.07	6.51
d_{12}	1.91	0.90	2.49

实施例 7-1

$r_1 = 16.444$ (非球面)	$d_1 = 1.11$	$n_{d1} = 1.49700$	$v_{d1} = 81.54$
$r_2 = -10.268$	$d_2 = (\text{可变})$		
$r_3 = -6.588$ (非球面)	$d_3 = 0.60$	$n_{d2} = 1.81600$	$v_{d2} = 46.62$
$r_4 = 4.660$	$d_4 = 0.81$	$n_{d3} = 1.84666$	$v_{d3} = 23.78$
$r_5 = 10.739$	$d_5 = (\text{可变})$		
$r_6 = \infty$ (光阑)	$d_6 = (\text{可变})$		
$r_7 = 2.889$ (非球面)	$d_7 = 1.73$	$n_{d4} = 1.72916$	$v_{d4} = 54.68$
$r_8 = -6.939$	$d_8 = 0.10$		
$r_9 = -296.907$	$d_9 = 1.00$	$n_{d5} = 1.84666$	$v_{d5} = 23.78$
$r_{10} = 2.764$ (非球面)	$d_{10} = (\text{可变})$		
$r_{11} = 10.958$ (非球面)	$d_{11} = 0.69$	$n_{d6} = 1.84666$	$v_{d6} = 23.78$
$r_{12} = -38.512$	$d_{12} = (\text{可变})$		
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.50$	$n_{d7} = 1.51633$	$v_{d7} = 64.14$
$r_{14} = \infty$			

非球面系数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.90951 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.51396 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.67063 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第3面

$$K = -8.941$$

$$A_4 = -2.25798 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.84228 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -6.78364 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0.149$$

$$A_4 = -5.76087 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -3.03438 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.86281 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 1.78319 \times 10^{-5}$$

第10面

$$K = -0.789$$

$$A_4 = 1.46423 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 1.70602 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -1.02432 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

第11面

$$K = -1.302$$

$$A_4 = 1.42750 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.40229 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.10139 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.4	7.6	13.2
F_{No}	2.8	3.3	4.3
$\omega (^{\circ})$	33.4	17.9	10.5
d_2	0.21	1.63	3.00
d_5	4.45	1.68	0.16
d_6	1.86	1.55	0.10
d_{10}	0.36	1.53	2.25
d_{12}	3.24	3.73	4.61

实施例 7-2

$r_1 = 12.875$ (非球面)	$d_1 = 1.22$	$n_{d1} = 1.49700$	$v_{d1} = 81.54$
$r_2 = -11.898$	$d_2 = (\text{可变})$		
$r_3 = -6.694$ (非球面)	$d_3 = 0.60$	$n_{d2} = 1.81600$	$v_{d2} = 46.62$
$r_4 = 4.386$	$d_4 = 0.38$		
$r_5 = 5.629$	$d_5 = 0.78$	$n_{d3} = 1.84666$	$v_{d3} = 23.78$
$r_6 = 15.581$	$d_6 = (\text{可变})$		
$r_7 = \infty$ (光阑)	$d_7 = (\text{可变})$		
$r_8 = 2.890$ (非球面)	$d_8 = 2.00$	$n_{d4} = 1.72916$	$v_{d4} = 54.68$
$r_9 = -7.475$	$d_9 = 0.10$		
$r_{10} = -40.151$	$d_{10} = 0.60$	$n_{d5} = 1.84666$	$v_{d5} = 23.78$
$r_{11} = 3.043$ (非球面)	$d_{11} = (\text{可变})$		
$r_{12} = 8.251$ (非球面)	$d_{12} = 0.65$	$n_{d6} = 1.84666$	$v_{d6} = 23.78$
$r_{13} = 110.712$	$d_{13} = (\text{可变})$		
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 0.50$	$n_{d7} = 1.51633$	$v_{d7} = 64.14$
$r_{15} = \infty$			

非球面系数

第1面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.87331 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.36425 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.10759 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第3面

$$K = -6.859$$

$$A_4 = -6.46103 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 6.43816 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.35771 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = 0.202$$

$$A_4 = -4.23004 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -5.62239 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 1.16888 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -2.46485 \times 10^{-5}$$

第11面

$$K = -0.930$$

$$A_4 = 1.38536 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 1.65230 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.48060 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0$$

第12面

$$K = -4.825$$

$$A_4 = 1.27515 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.23670 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -2.14636 \times 10^{-5}$$

$A_{10} = 0$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
$f(\text{mm})$	4.4	7.6	13.2
F_{No}	2.8	3.5	4.1
$\omega(^{\circ})$	33.0	17.9	10.5
d_2	0.25	1.67	2.81
d_6	5.38	3.17	0.15
d_7	1.16	0.15	0.10
d_{11}	0.30	1.42	2.02
d_{13}	3.87	4.53	5.87

实施例 7-3

$r_1 = 11.725$	(非球面)	$d_1 = 1.09$	$n_{d1} = 1.49700$	$v_{d1} = 81.54$
$r_2 = -16.531$		$d_2 = (\text{可变})$		
$r_3 = -8.820$	(非球面)	$d_3 = 0.60$	$n_{d2} = 1.81600$	$v_{d2} = 46.62$
$r_4 = 4.699$		$d_4 = 0.42$		
$r_5 = 5.723$		$d_5 = 0.74$	$n_{d3} = 1.84666$	$v_{d3} = 23.78$
$r_6 = 13.620$		$d_6 = (\text{可变})$		
$r_7 = \infty$	(光阑)	$d_7 = (\text{可变})$		
$r_8 = 3.020$	(非球面)	$d_8 = 1.71$	$n_{d4} = 1.72916$	$v_{d4} = 54.68$
$r_9 = -7.650$		$d_9 = 0.10$		
$r_{10} = -55.896$		$d_{10} = 0.89$	$n_{d5} = 1.84666$	$v_{d5} = 23.78$
$r_{11} = 3.002$	(非球面)	$d_{11} = (\text{可变})$		
$r_{12} = 5.067$	(非球面)	$d_{12} = 0.80$	$n_{d6} = 1.84666$	$v_{d6} = 23.78$
$r_{13} = 12.083$		$d_{13} = (\text{可变})$		
$r_{14} = \infty$		$d_{14} = 0.50$	$n_{d7} = 1.51633$	$v_{d7} = 64.14$
$r_{15} = \infty$				

非球面系数

第 1 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.66609 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.74210 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.85730 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第3面

$$K = -12.939$$

$$A_4 = -1.39316 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 9.75592 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.56373 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第8面

$$K = -0.005$$

$$A_4 = -3.06313 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.32293 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -7.53412 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 3.30742 \times 10^{-6}$$

第11面

$$K = -1.189$$

$$A_4 = 1.28018 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 1.75616 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -7.21525 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第12面

$$K = -4.764$$

$$A_4 = 3.80909 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.52897 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 5.78542 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

变焦数据(∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.4	7.6	13.2
F_{No}	2.8	3.4	3.9
ω (°)	34.3	17.9	10.4
d_2	0.24	2.31	4.55
d_6	4.46	2.39	0.15
d_7	2.61	1.19	0.10
d_{11}	0.25	1.54	3.28
d_{13}	3.31	3.45	2.80

下面示出上述实施例 1-1、1-2 中的条件式 (2A) ~ (3A) 的值。

	实施例 1-1	实施例 1-2
条件式 (2A)	2.85	5.36
条件式 (3A)		
(物体侧透镜)	1.16	0.68
(像侧透镜)	1.03	—

下面示出上述实施例 2-1、2-2 中的条件式 (2B) ~ (3B) 的值。

	实施例 2-1	实施例 2-2
条件式 (2B)	2.85	5.36
条件式 (3B)		
(物体侧透镜)	1.16	0.68
(像侧透镜)	1.03	—

下面示出上述实施例 3-1、3-2 中的条件式 (2C) ~ (4C) 的值。

	实施例 3-1	实施例 3-2
条件式 (2C)	6.08	3.95
条件式 (3C)		
(物体侧透镜)	1.43	1.13
(像侧透镜)	1.89	0.78
条件式 (4C)	12.05	4.34

下面示出上述实施例 4-1、4-2 中的条件式 (2D) ~ (4D) 的值。

	实施例 4-1	实施例 4-2
条件式 (2D)	4.17	2.38
条件式 (3D)		
(物体侧透镜)	2.32	2.11
(像侧透镜)	1.17	1.50
条件式 (4D)	3.50	3.07

下面示出上述实施例 5-1、5-2 中的条件式 (2E) ~ (3E)、(5E) 的值。

	实施例 5-1	实施例 5-2
条件式 (2E)	3.63	3.26
条件式 (3E)		
(物体侧透镜)	2.36	2.55
(像侧透镜)	1.60	1.48
条件式 (5E)	4.56	4.01

下面示出上述实施例 6-1 ~ 6-3 中的条件式 (2F) ~ (5F) 的值。

	实施例 6-1	实施例 6-2	实施例 6-3
条件式 (2F)	6.98	10.65	6.57
条件式 (3F)			
(物体侧透镜)	1.94	1.59	2.50
(像侧透镜)	1.28	1.39	1.17
条件式 (4F)	6.40	4.58	202.83
条件式 (5F)	3.62	4.10	4.03

下面示出上述实施例 7-1 ~ 7-3 中的条件式 (2G) ~ (5G) 的值。

	实施例 7-1	实施例 7-2	实施例 7-3
条件式 (2G)	4.59	4.96	4.92
条件式 (3G)	3.62	3.72	3.97
条件式 (4G)	1.96	2.30	2.06
条件式 (5G)	3.15	3.12	3.81

但是,在以上的实施例的变焦光学系统中对所有的透镜采用了玻璃,然而,可以采用树脂材料。如果透镜由树脂材料形成,则可通过树脂的成形法来生产透镜,可容易而大量地进行生产。此外,由于材料费用较低,因此可实现低廉的光学系统。

此外,也可代替玻璃,而采用有机无机复合材料。对本发明中可利用的有机无机复合体进行说明。

有机无机复合体是在分子级别,或纳米级别下混合并复合有机成分和无机成分而形成的。其形式包括(1)由有机骨架构成的高分子基体和由无机骨架构成的基体相互络合,相互渗入到对方的基体中的结构的类型;(2)在由有机骨架构成的高分子基体中均匀地分散纳米级的比光波长充分小的无机微粒(所谓的“纳米粒子”)的类型;以及(3)它们的复合结构。

在有机成分和无机成分之间有某种氢键、分散力、库仑力等的分子间力、共价键、离子键、 π 电子云的相互作用所引起的引力等的相互作用。在有机无机复合体中,如前述那样,在分子级,或比光波长小的等级区域下混合有机成分和无机成分。因此,几乎没有对光的散射的影响,获得了透明体。此外,又如根据麦克斯韦方程导出的那样,成为反映了有机成分、无机成分各自的光学特性的材料。由此,可与有机成分、无机成分的类型和配比对应地呈现各种光学特性(折射率、色散)。由此,通过以任意的比例配合有机成分和无机成分获得各种光学特性。

下面的表1表示丙烯酸酯树脂(紫外线硬化型)和氧化锆(ZrO_2)纳米粒子的有机无机复合体的成分实例。表2表示丙烯酸酯树脂和氧化锆(ZrO_2)/氧化铝(Al_2O_3)纳米粒子的有机无机复合体的成分实例。表3表示丙烯酸酯系树脂和氧化铌(Nb_2O_5)纳米粒子的有机无机复合体的成分实例。表4表示丙烯酸酯树脂和锆醇盐以及氧化铝(Al_2O_3)的纳米粒子的有机无机复合体的成分实例。

表 1

氧化锆 含量	n_d	v_d	n_c	n_F	n_g	备注
0	1.49236	57.85664	1.48981	1.49832	1.50309	丙烯酸 100%
0.1	1.579526	54.85037	1.57579	1.586355	1.59311	
0.2	1.662128	53.223	1.657315	1.669756	1.678308	
0.3	1.740814	52.27971	1.735014	1.749184	1.759385	
0.4	1.816094	51.71726	1.809379	1.825159	1.836887	
0.5	1.888376	51.3837	1.880807	1.898096	1.911249	

表 2

Al ₂ O ₃ 含量 比	ZrO ₂ 含量 比	n_d	v_d	n_c	n_F	n_g	备注
0.1	0.4	1.83151 5	53.5667 2	1.824851	1.84037 4	1.85195 6	丙烯酸 酯 50%
0.2	0.3	1.77283 2	56.5851 6	1.767125	1.78078 3	1.79070 1	
0.3	0.2	1.71213 8	60.9768 7	1.707449	1.71912 7	1.72727 5	
0.4	0.1	1.64921 3	67.8566 9	1.645609	1.65517 7	1.66142 9	
0.2	0.2	1.69563 2	58.3258 1	1.690903	1.70282 9	1.77489 1	

表 3

Nb ₂ O ₅ 含量	Al ₂ O ₃ 含量	n _d	v _d	n _c	n _F	n _g
0.1	0	1.58986 1	29.5577 2	1.58450 8	1.60446 4	1.617565
0.2	0	1.68171 9	22.6091	1.67385 7	1.70401	1.724457
0.3	0	1.76881 3	19.5232 1	1.75867 3	1.79805 3	1.8251
0.4	0	1.85181 5	17.8081 8	1.83958 3	1.88741 5	1.920475
0.5	0	1.93125 3	16.7329 1	1.91708	1.97273 4	2.011334

表 4

Al ₂ O ₃ (膜) 含量	锆醇盐	n _d	v _d	n _c	n _F
0	0.3	1.53311 3	58.39837	1.530205	1.539334
0.1	0.27	1.54737	62.10192	1.544525	1.553339
0.2	0.24	1.56149 8	66.01481	1.558713	1.567219
0.3	0.21	1.57549 8	70.15415	1.572774	1.580977
0.4	0.18	1.58937 6	74.53905	1.586709	1.594616

下面对具有上述那样的变焦光学系统、成像光学系统的电子设备进行说明。在该电子设备中，使用了通过上述光学系统形成物体像、在 CCD 等摄像元件中接收该像的光而进行拍摄的摄像装置。在电子设备中有数字照相机、摄像机、数字视频单元、作为信息处理装置的实例的个人计

算机、移动式计算机、电话、特别便于携带的便携电话、信息便携终端等。下面列举其实施方式。

图 57~图 59 为数字照相机的实例，其为将基于本发明的变焦光学系统用作摄影光学系统 41 的结构的概念图。图 57 为表示数字照相机 40 的外观的前方立体图，图 58 为该后方立体图，图 59 为表示数字照相机 40 的结构的面剖图。

数字照相机 40 在本实例的情况下，包括摄影光学系统 41、取景器光学系统 43、快门 45、闪光灯 46、以及液晶显示监视器 47 等。摄影光学系统 41 配置于摄影用光路 42 上。此外，取景器光学系统 43 配置在不同于摄影用光路 42 的取景器用光路 44 上。此外，在照相机 40 的上部设置有快门 45。由此，在摄影者按下快门 45 时，随之通过摄影光学系统 41，例如第 1 变焦光学系统的实施例 1-1 的变焦光学系统，进行拍摄。

通过摄影光学系统 41 而形成的物体像通过平行平板 P1 和防护玻璃罩 P2，在 CCD 49 的摄像面上形成。这里，在平行平板 P1 上施加了近紫外线截止涂层。此外，也可使平行平板 P1 具有低通滤波器的作用。由 CCD 49 接受的物体像通过处理装置 51，作为电子图像而显示于液晶显示监视器 47 上。液晶显示监视器 47 设置于照相机背面。此外，也可在该处理装置 51 上连接记录装置 52，记录所拍摄到的电子图像。

另外，该记录装置 52 也可与处理装置 51 分开设置。例如，记录装置 52 也可作为软盘、存储卡或 MO 等。这样，记录装置 52 也可以构成进行电子记录写入。此外，也可构成代替 CCD 49 而配置银盐胶卷的银盐照相机。

在取景器用光路 44 上配置有取景器用物镜光学系统 53。通过该取景器用物镜光学系统 53 形成的物体像在视场框 57 上形成。这里，在视场框 57 上设置有作为正像部件的普罗棱镜 (Porro prism) 55。在该普罗棱镜 55 的后方配置有将形成正像后的像导入观察者眼球 E 中的目镜光学系统 59。另外，在摄影光学系统 41 和取景器用物镜光学系统 53 的入射侧、目镜光学系统 59 的射出侧，分别配置有防护罩部件 50。另外，这里，作为防护罩部件 50 而配置有平行平面板，但是，也可采用具有屈光力的透镜。

这样构成的数字照相机 40 因摄影光学系统 41 的高性能且小型而可以实现高性能/小型化。

接着,图 60~图 62 为信息处理装置的一个实例的个人计算机,其为将变焦光学系统用作物镜光学系统的结构的概念图。图 60 为打开个人计算机 300 的机盖后的前方立体图,图 61 为个人计算机 300 的摄影光学系统 303 的剖面图,图 62 为图 60 的状态的侧视图。

个人计算机 300 具有操作者从外部输入信息用的键盘 301、向操作者显示信息的监视器 302、以及用于拍摄操作者自己或周边的像的摄影光学系统 303。而且,个人计算机 300 具有未图示的信息处理装置、记录装置。这里,监视器 302 也可以是通过未图示的背光灯来从背面进行照明的透射型液晶显示元件、反射来自前面的光而进行显示的反射型液晶显示元件、CRT 显示器等。此外,在图中,摄影光学系统 303 内置于监视器 302 的右上侧,但是并不限于该位置。例如,也可为监视器 302 的周围、键盘 301 的周围的任何位置。

该摄影光学系统 303 在摄影光路 304 上具有由本发明的变焦光学系统(图中省略)构成的物镜 112、对像进行受光的摄像元件芯片 162。这些内置于个人计算机 300 中。

这里,在摄像元件芯片 162 上附加地粘贴有光学低通滤波器等的平行平板组 F。由此,摄像元件芯片 162 和平行平板组 F 形成一体,构成了摄像单元 160。并且,可以通过单触式操作把该摄像单元 160 嵌入安装到物镜 112 的镜身 113 的后端。因此,无需物镜 112 和摄像元件芯片 162 的中心对齐、面间距的调节,从而组装变得简单。此外,在镜身 113 的前端配置有用于保护物镜 112 的玻璃盖 114。另外,省略了镜身 113 中的变焦光学系统的驱动机构的图示。

由摄像元件芯片 162 受光而得到的物体像通过端子 166 输入到个人计算机 300 的处理装置中。并且,物体像作为电子图像而显示在监视器 302 上,在图 60 中作为一个示例显示了由操作者拍摄到的图像 305。此外,该图像 305 也可通过处理装置,通过互联网或电话,从远方显示到通信对方的个人计算机上。

接着,图63是作为信息处理装置的一个实例的电话,其为将变焦光学系统用作摄影光学系统的结构的概念图。这里,电话为便于携带的便携电话。图63(a)为便携电话400的正视图,图63(b)为侧视图,图63(c)为摄影光学系统405的剖面图。

便携电话400具有传声器部401、扬声器部402、输入拨号盘403、监视器404、摄影光学系统405、天线406以及处理装置(未图示)。在传声器部401中输入操作者的声音作为信息。扬声器部402输出通话对方的声音。输入拨号盘403具有操作者输入信息的按键。监视器404显示操作者自己、通话对方等的拍摄影像、电话号码等的信息。天线406进行通信电波的发送和接收。这里,监视器404为液晶显示元件。此外,在图中,各结构的配置位置不特别限于此。

该摄影光学系统405配置于摄影光路407上。并且,该摄影光学系统405具有由本发明的变焦光学系统(图示省略)构成的物镜112、对物体像进行受光的摄像元件芯片162。这些内置于便携电话400中。

这里,在摄像元件芯片162上附加地粘贴有光学低通滤波器等的平行平板组F。由此,摄像元件芯片162和平行平板组F形成一体,构成摄像单元160。并且,可以通过单触式操作把该摄像单元160嵌入安装到物镜112的镜身113的后端。因此,无需物镜112和摄像元件芯片162的中心对齐、面间距的调节,从而组装变得简单。此外,在镜身113的前端配置有用于保护物镜112的玻璃盖114。另外,省略了镜身113中的变焦光学系统的驱动机构的图示。

通过摄像元件芯片162受光而得到的物体像通过端子166输入到未图示的处理装置中。并且,物体像作为电子图像而显示在监视器404上。此外,在处理装置中具有将摄像元件芯片162受光得到的物体像的信息转换为可发送的信号的信号处理功能。由此,由于可向通信对方发送图像,因此也可将物体像显示在通信对方的监视器上。

产业上的可利用性

根据本发明,可有效地兼顾变焦光学系统的低成本化和小型化,且使用了本发明的变焦光学系统的电子设备也同样地可以实现低成本化和小型化。

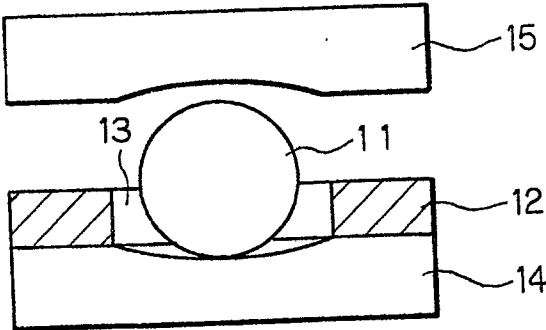


图 1 (a)

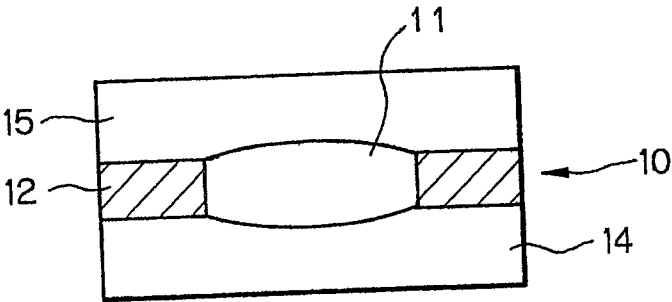


图 1 (b)

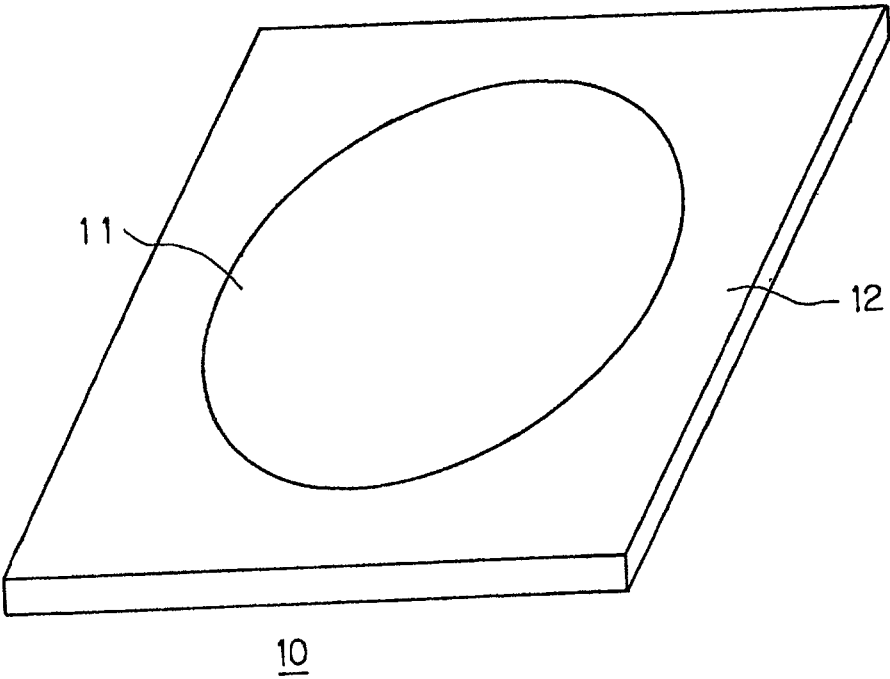


图 2

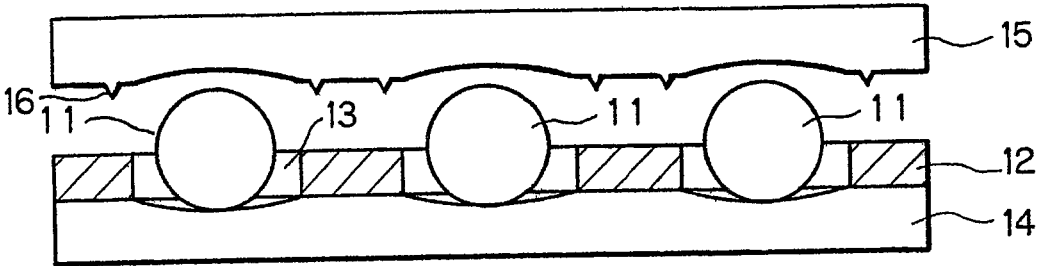


图 3(a)

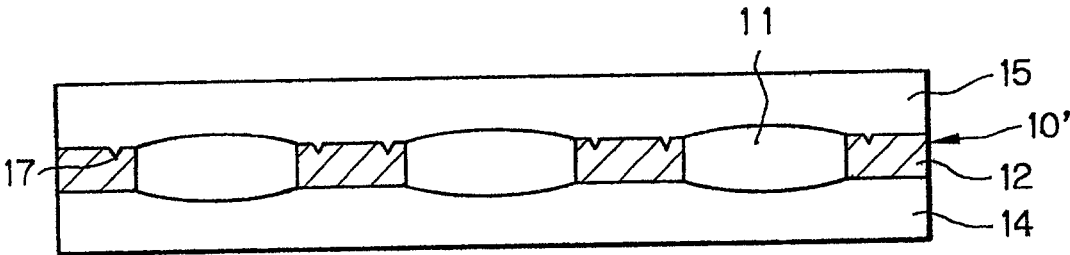


图 3(b)

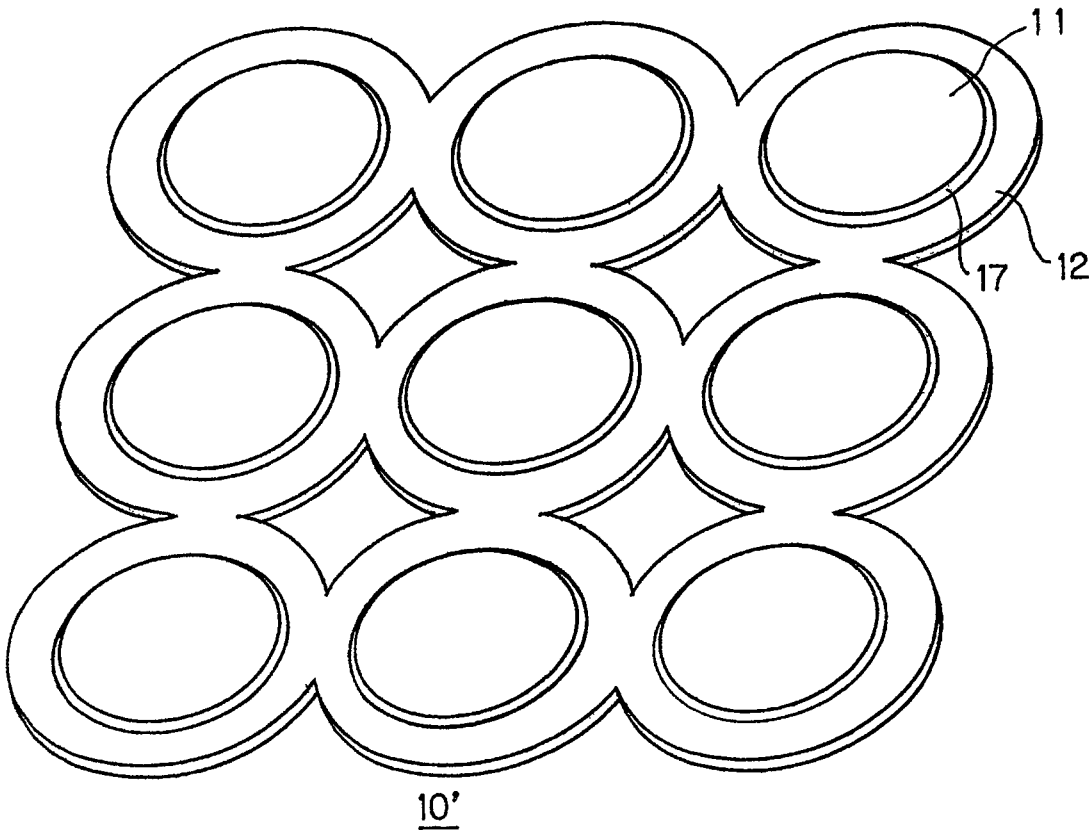


图 4

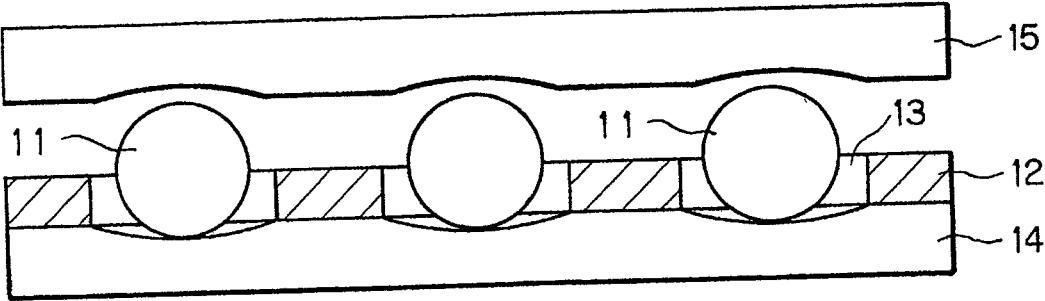


图 5 (a)

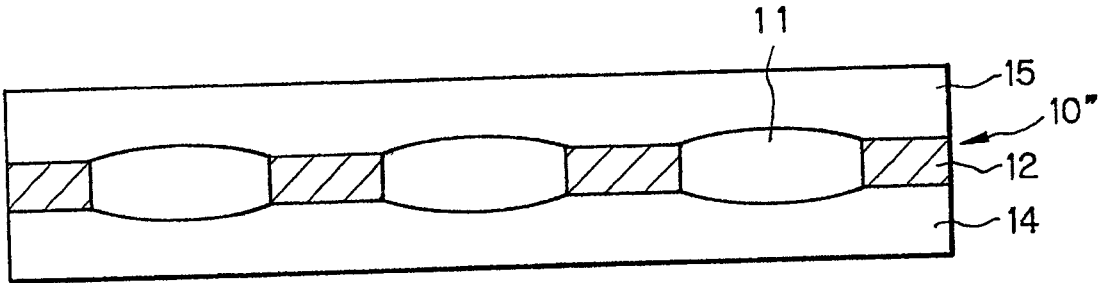
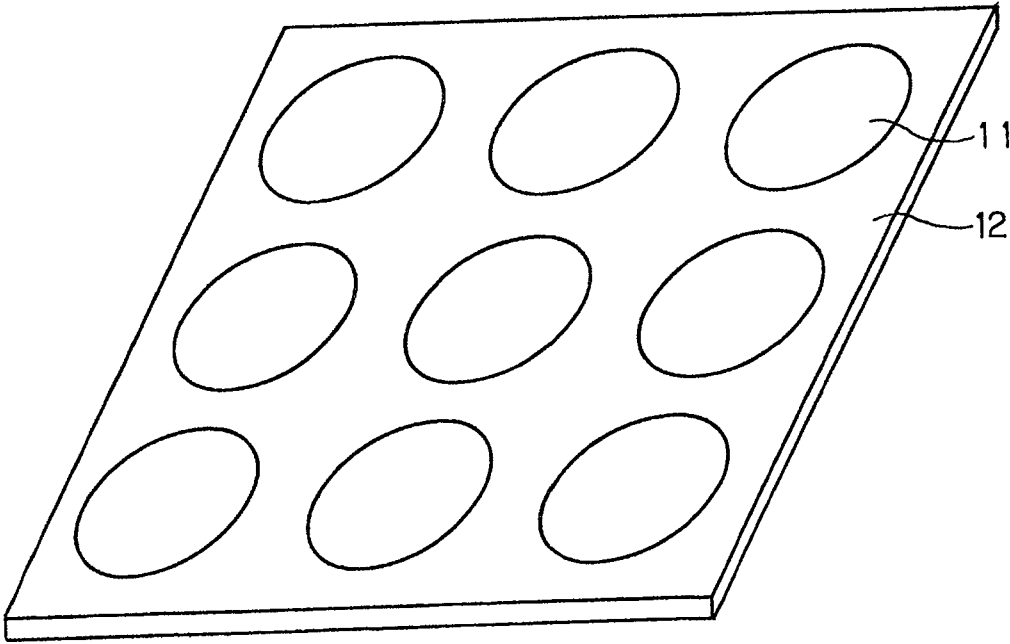


图 5 (b)



10''

图 6

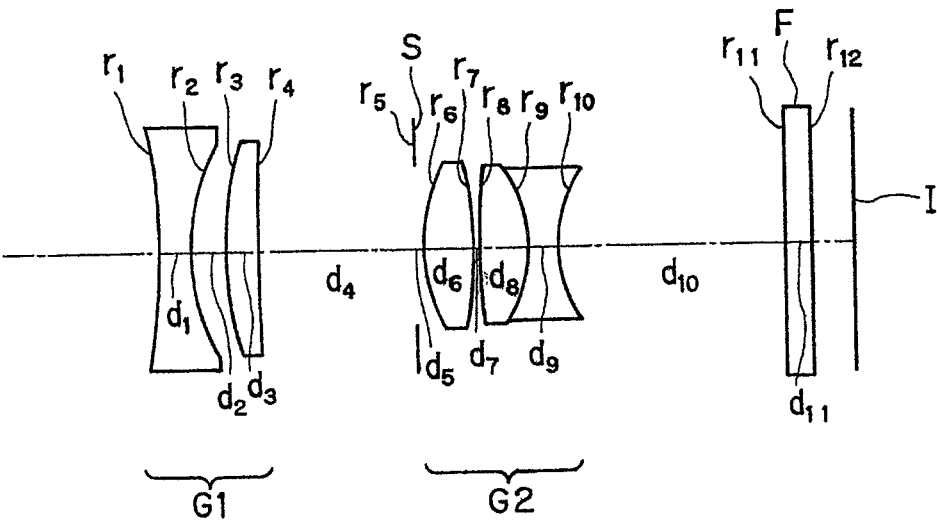


图 7 (a)

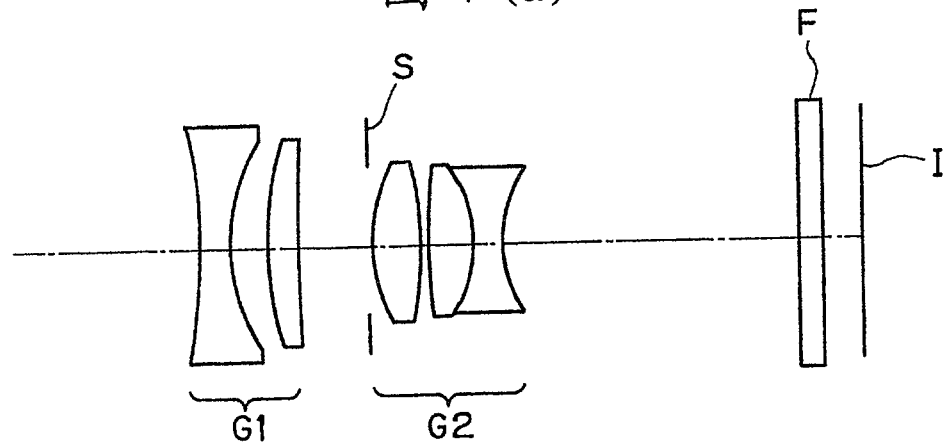


图 7 (b)

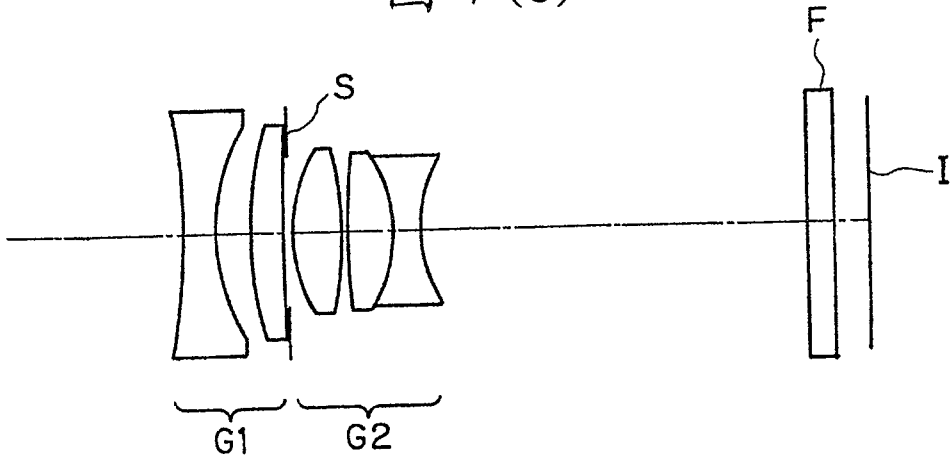


图 7 (c)

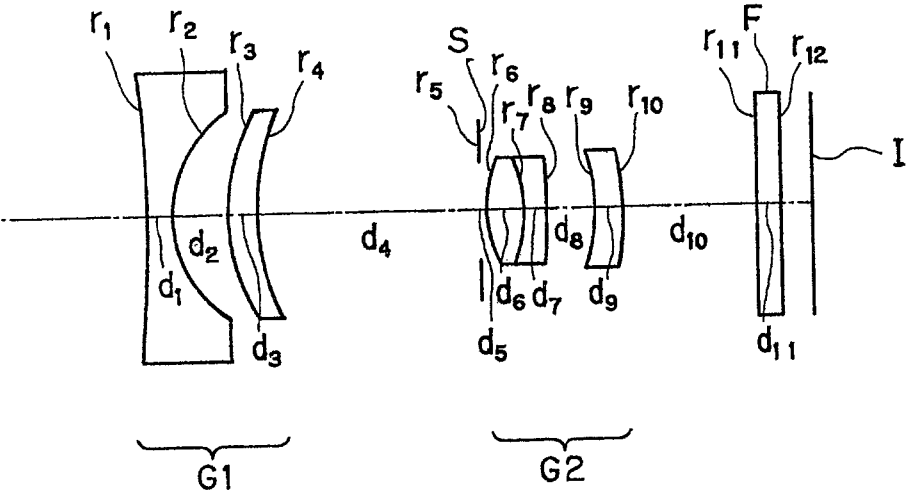


图 8 (a)

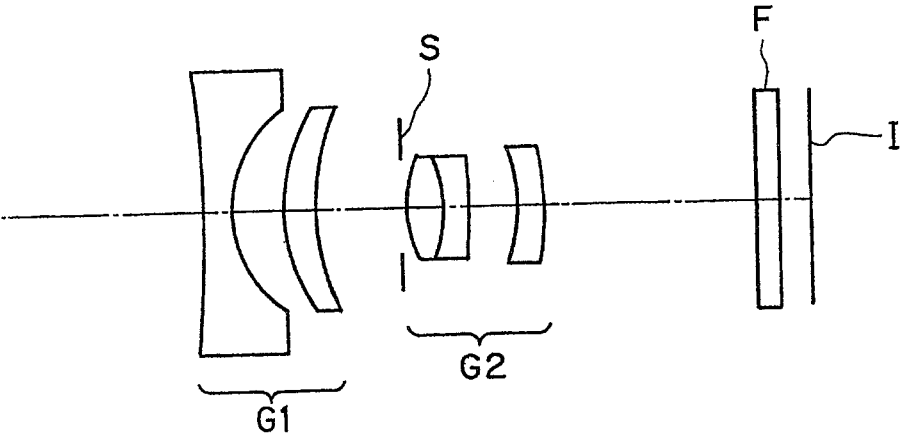


图 8 (b)

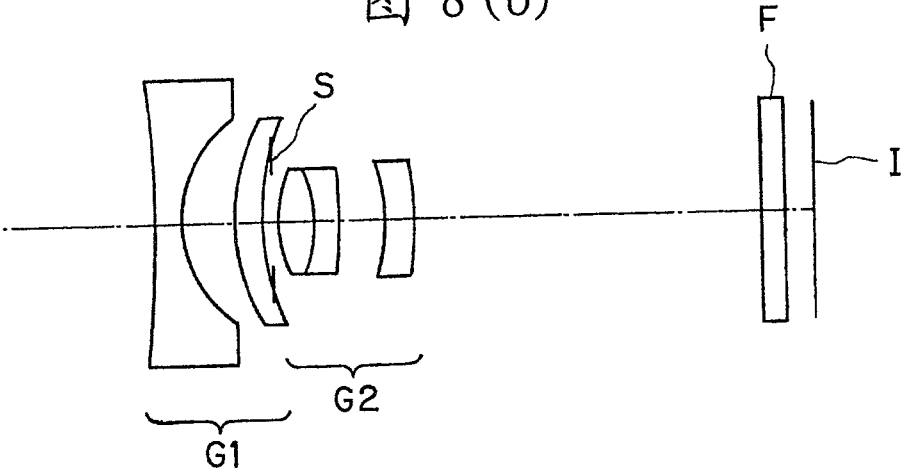


图 8 (c)

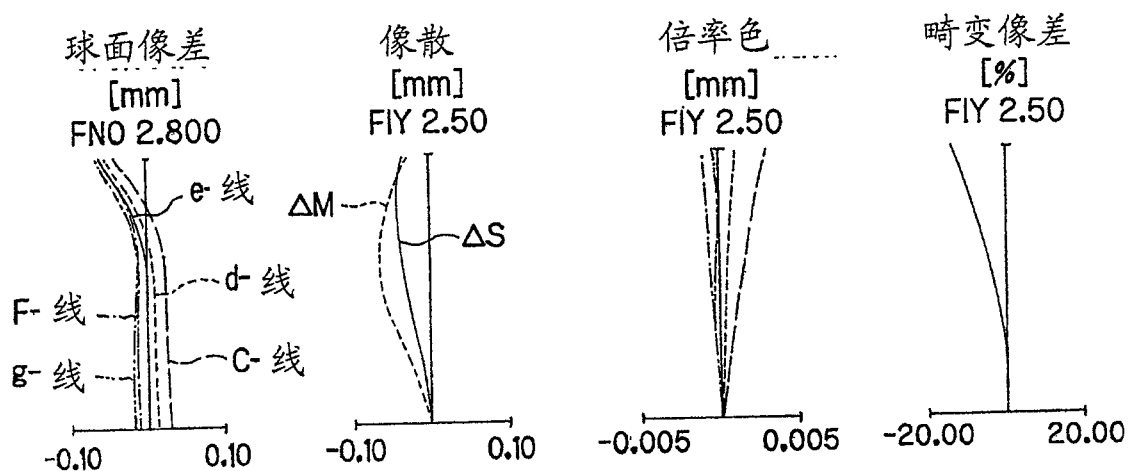


图 9 (a)

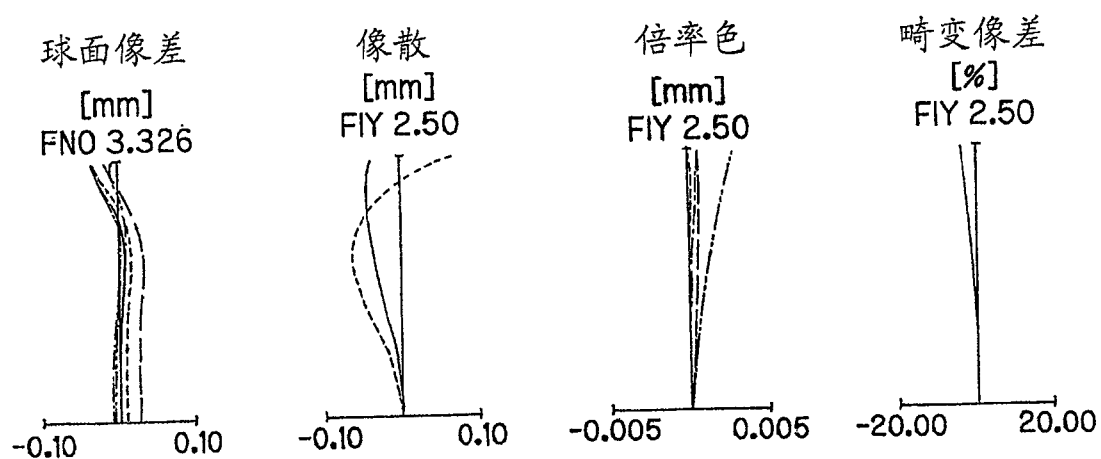


图 9 (b)

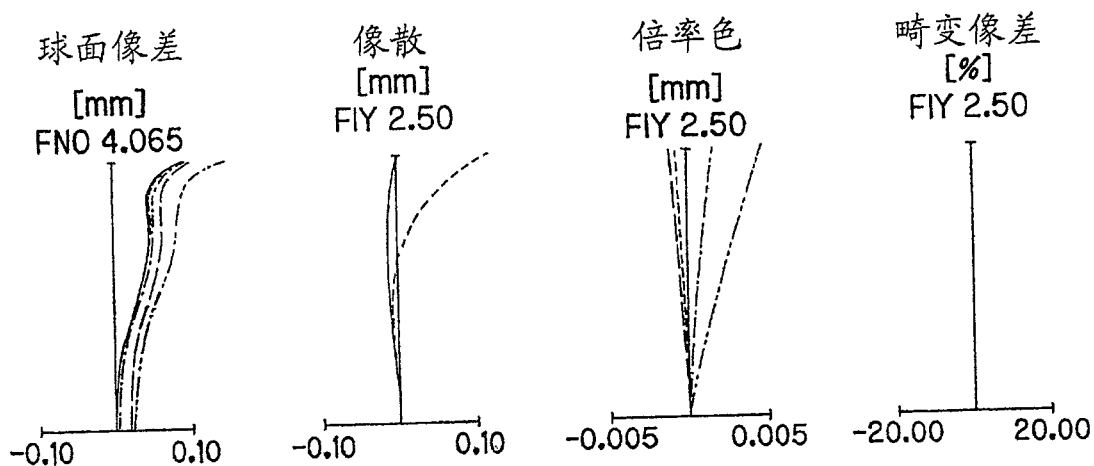


图 9 (c)

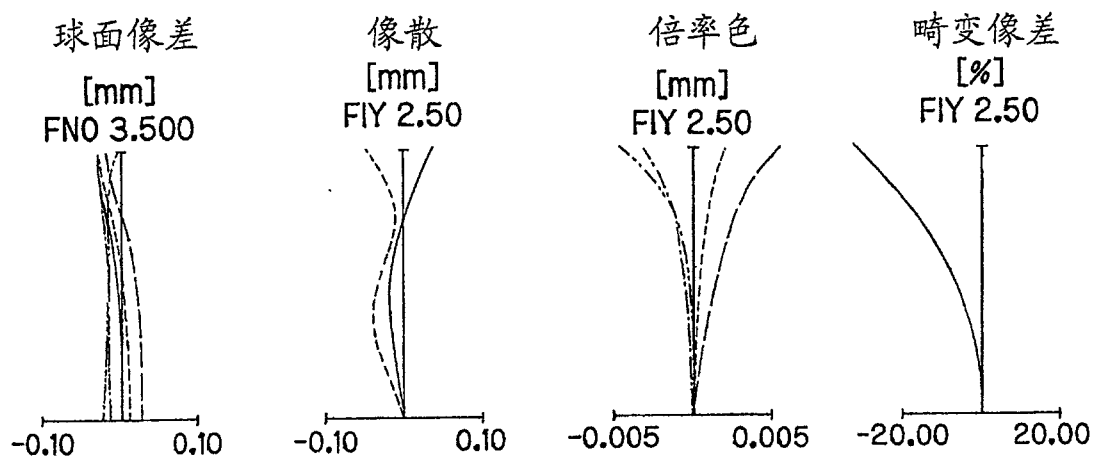


图 10(a)

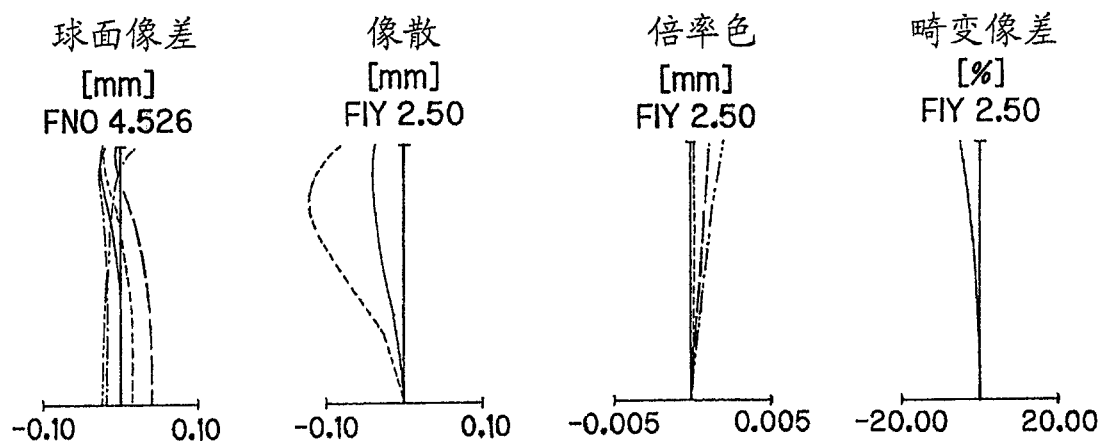


图 10(b)

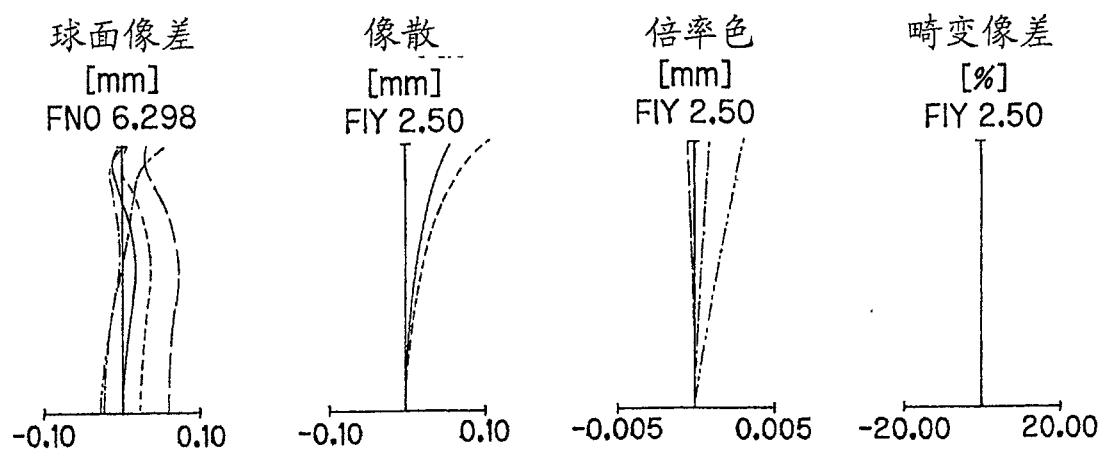


图 10(c)

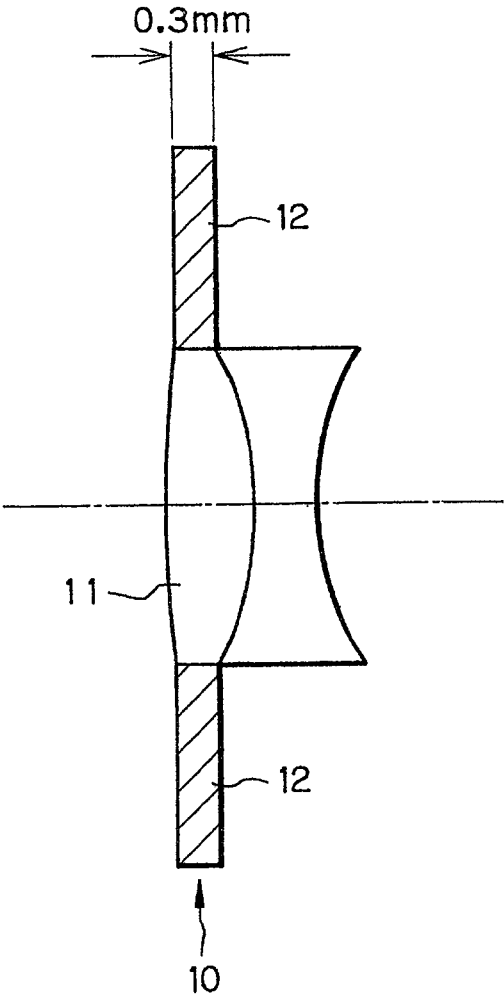


图 11

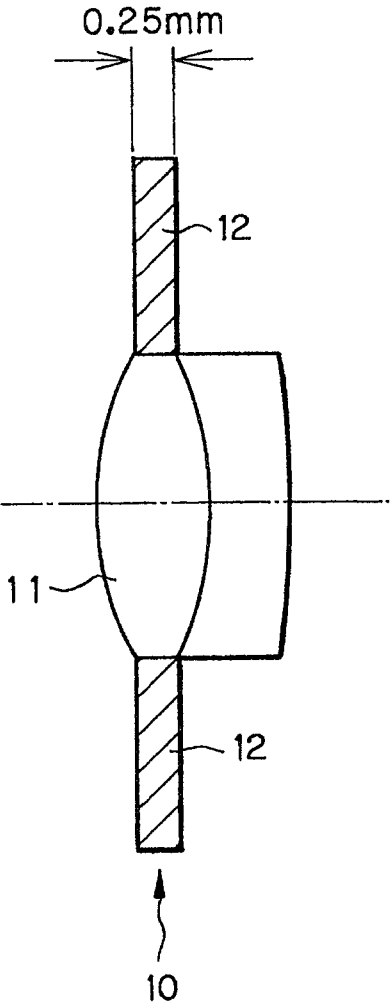


图 12

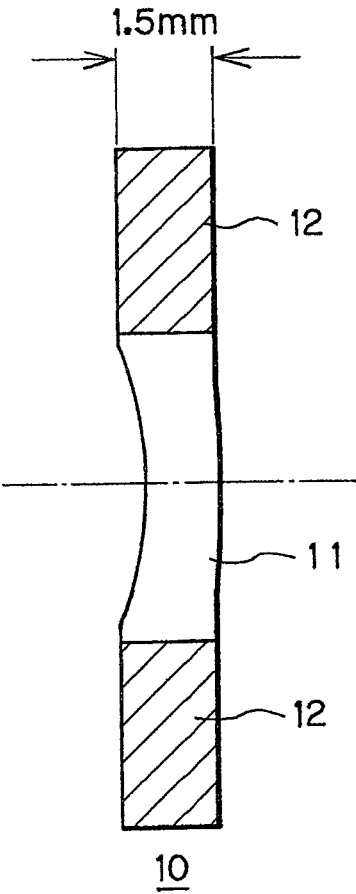


图 13

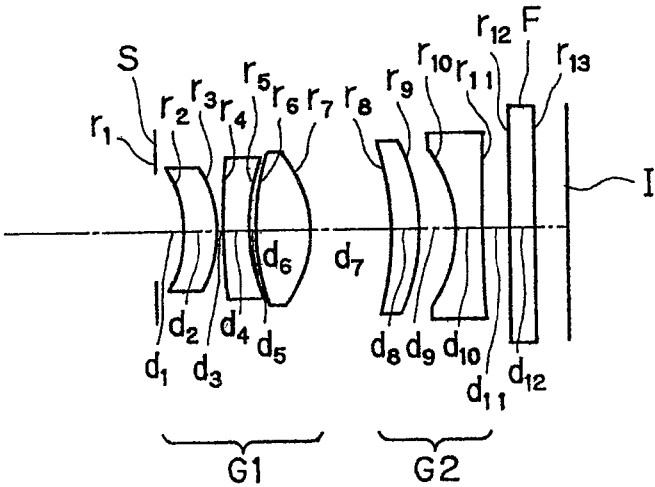


图 14 (a)

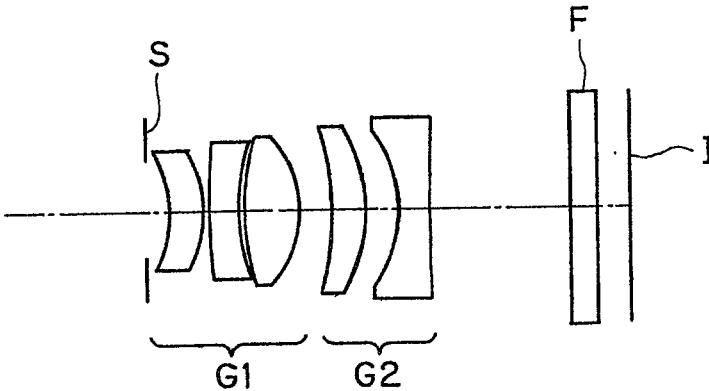


图 14 (b)

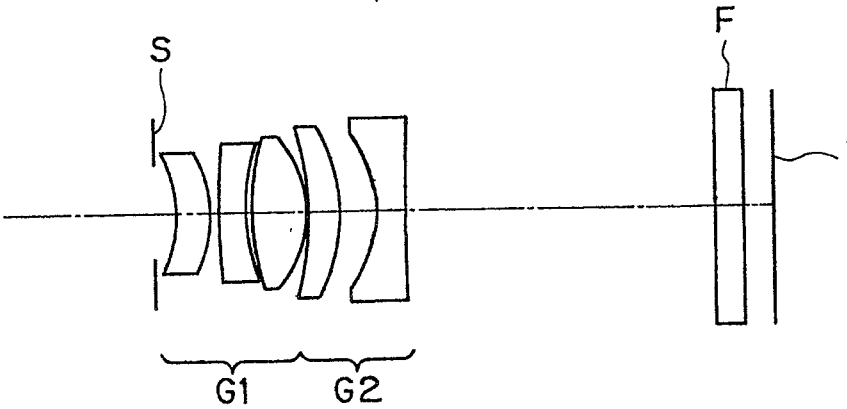


图 14 (c)

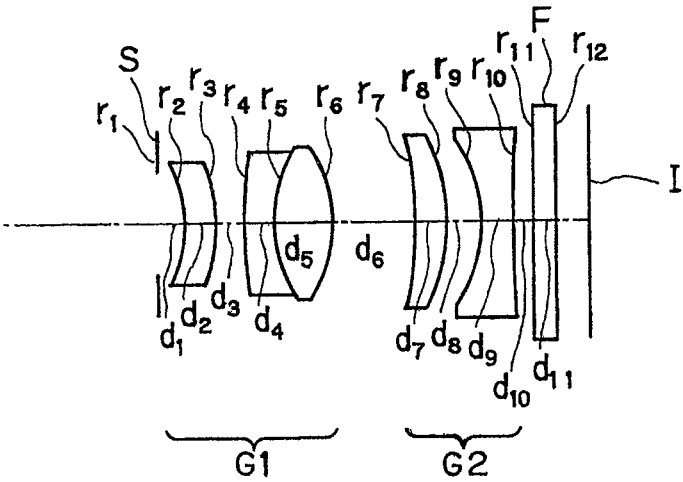


图 15 (a)

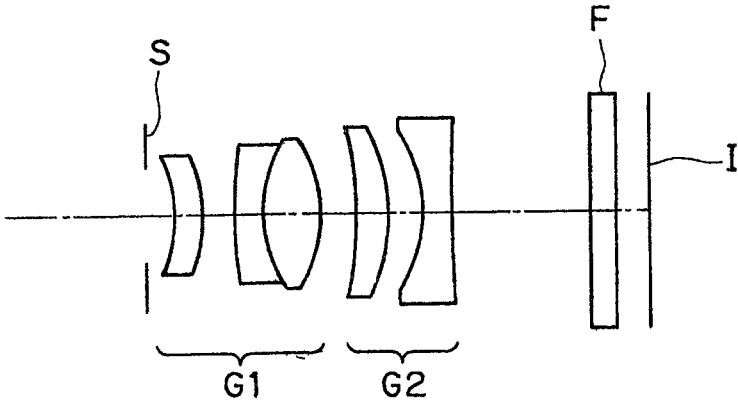


图 15 (b)

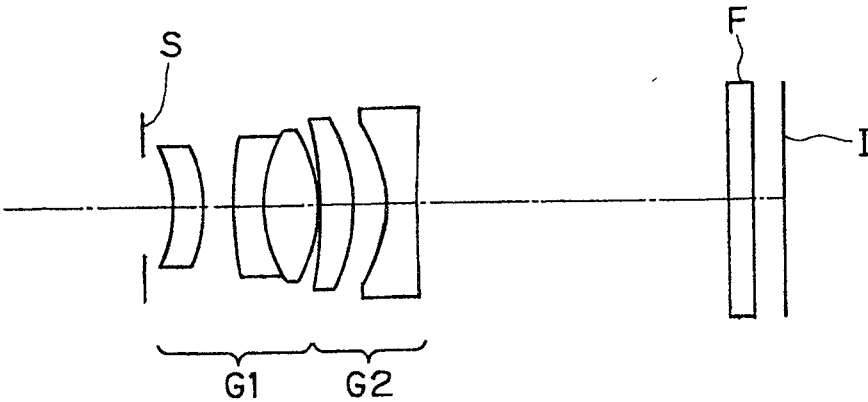


图 15 (c)

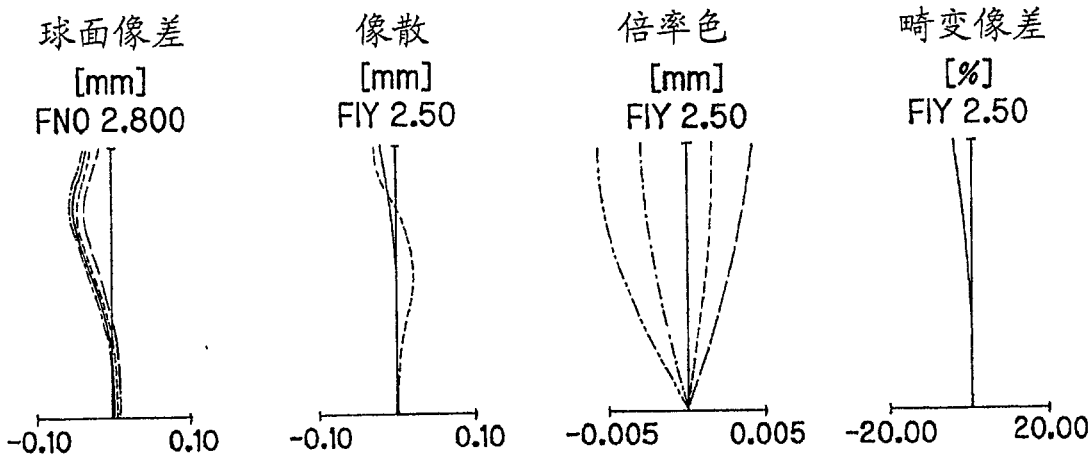


图 16 (a)

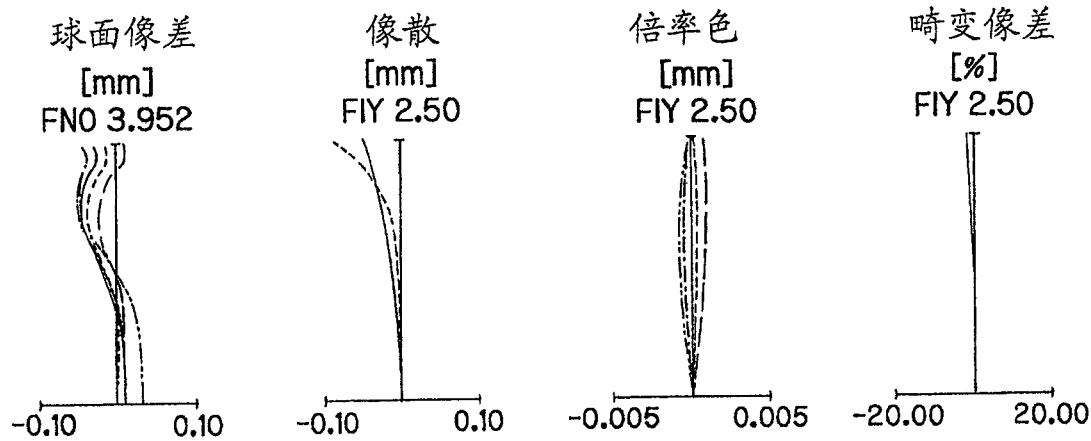


图 16 (b)

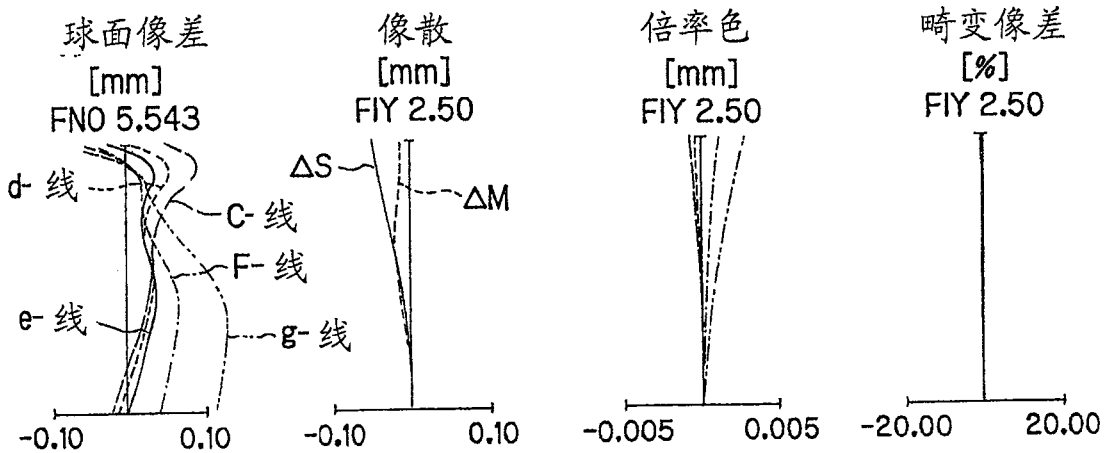


图 16 (c)

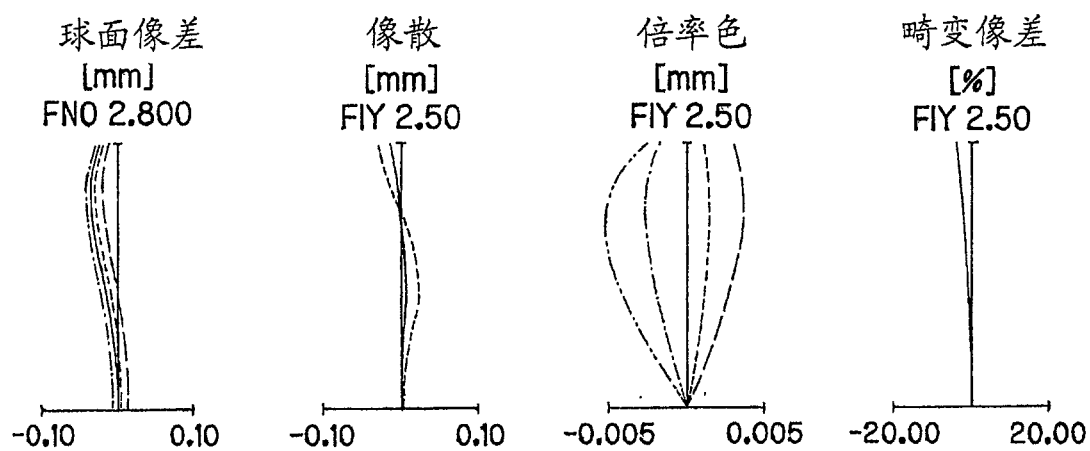


图 17 (a)

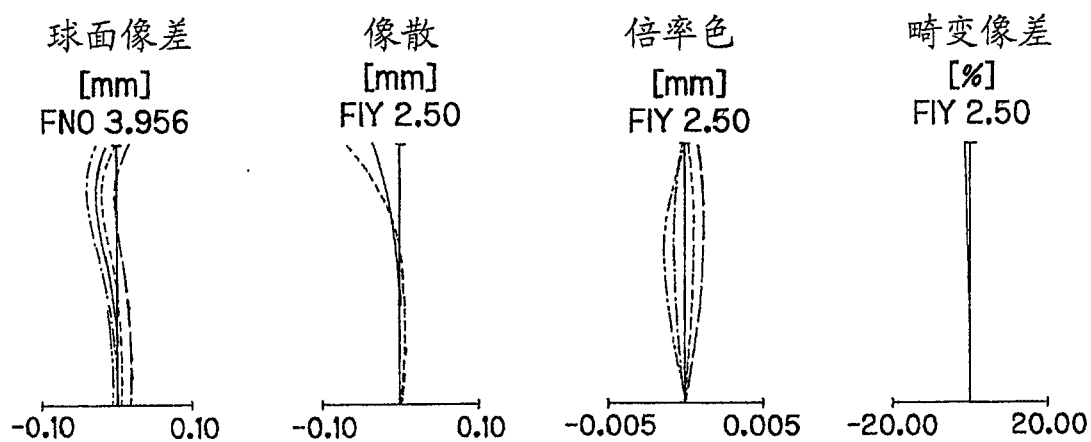


图 17 (b)

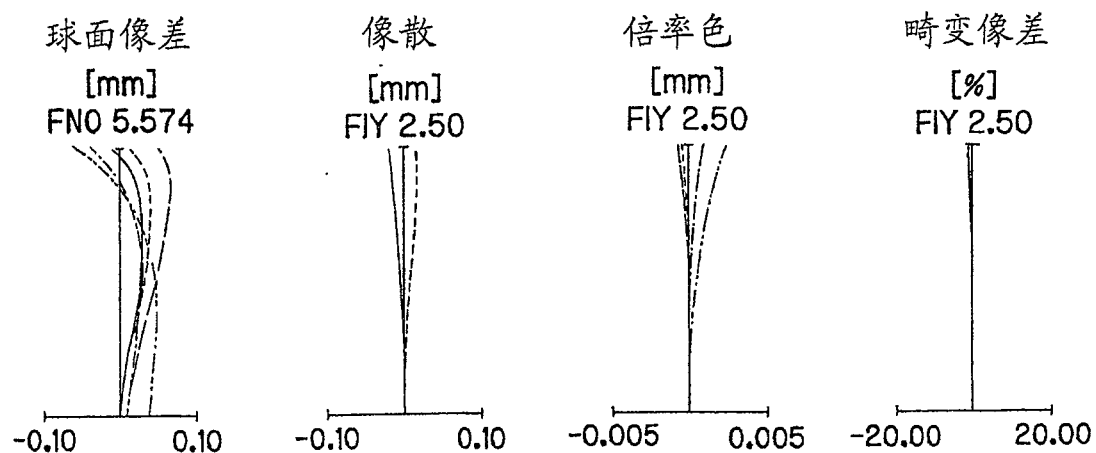


图 17 (c)

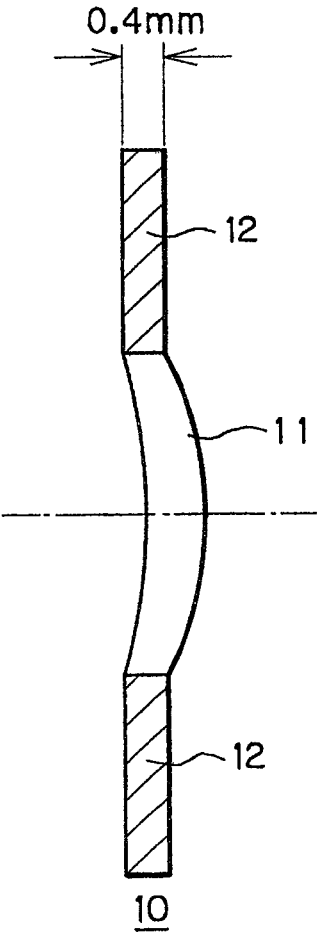


图 18

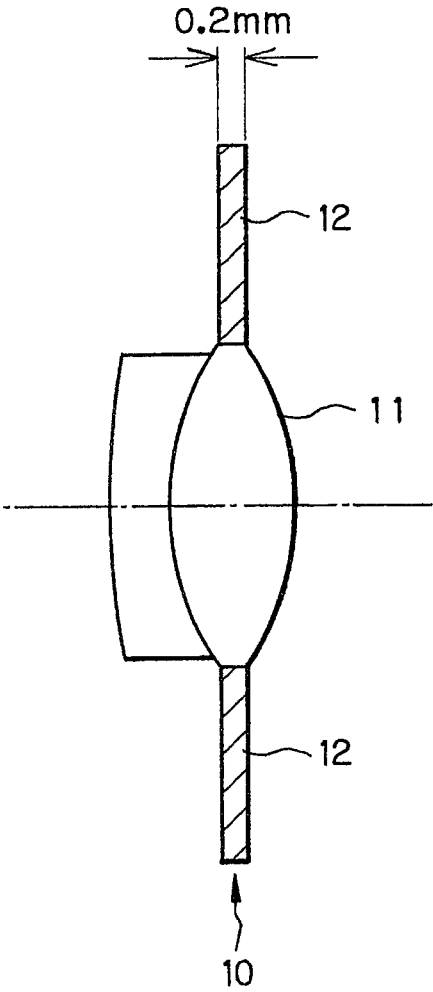


图 19

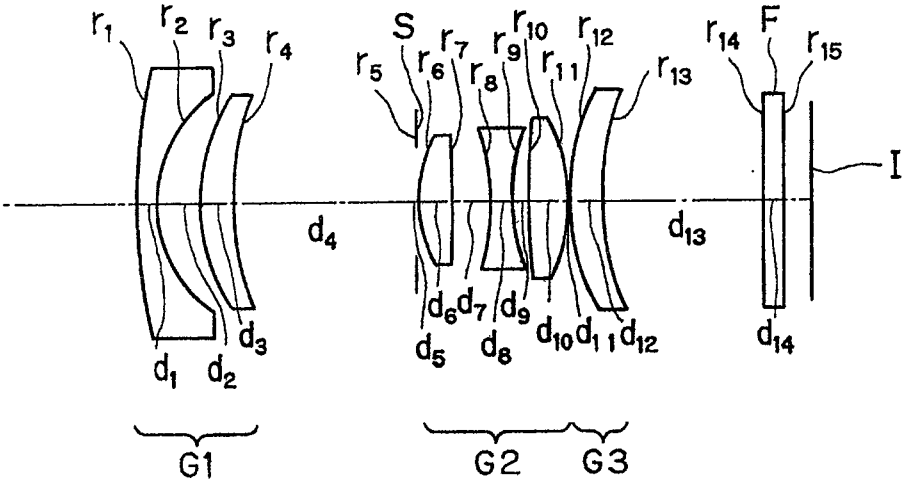


图 20(a)

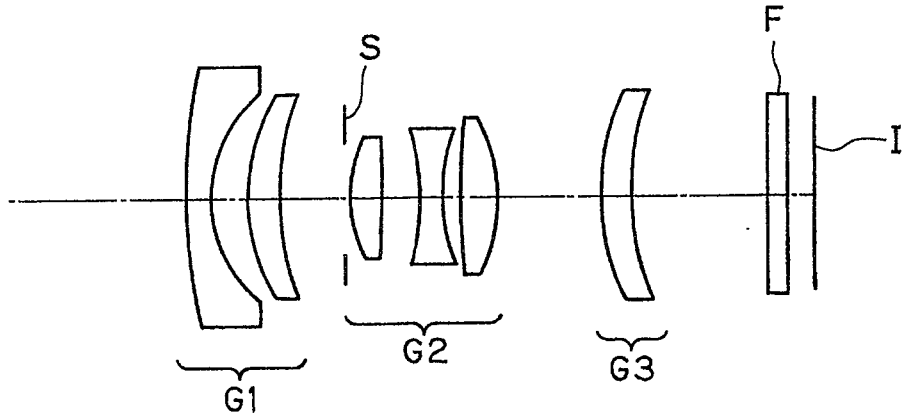


图 20(b)

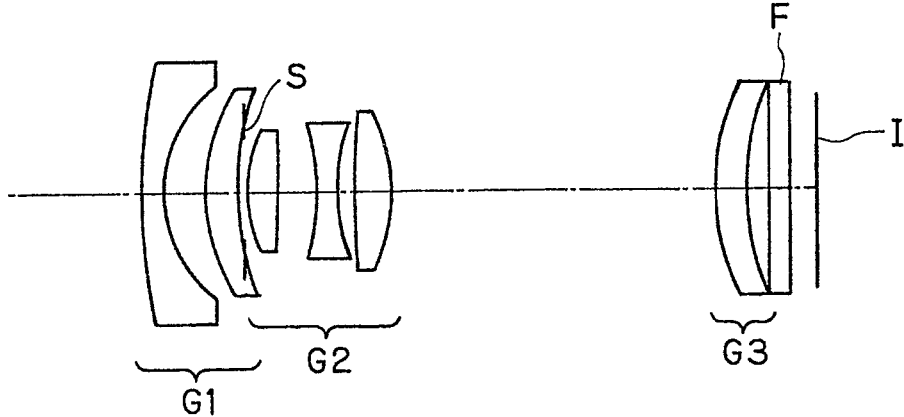


图 20(c)

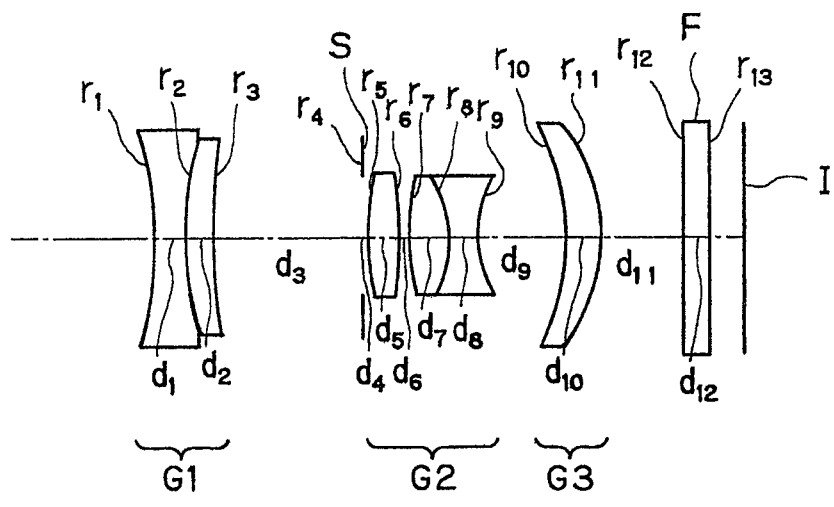


图 21 (a)

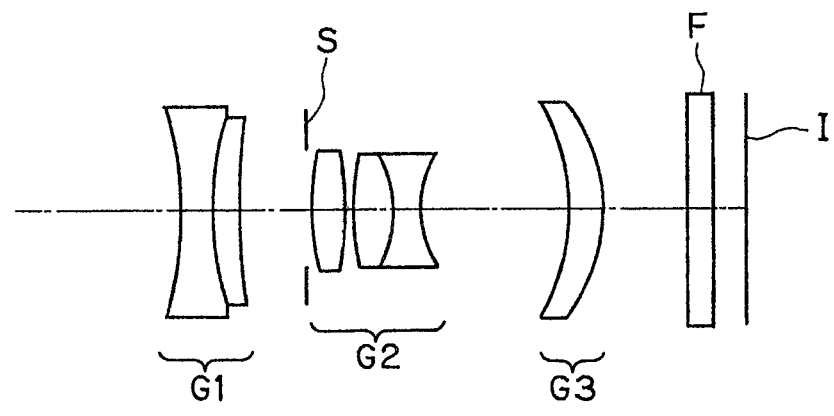


图 21 (b)

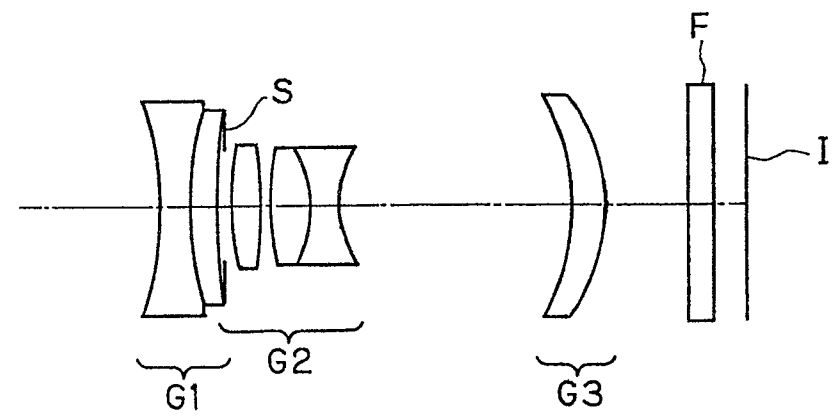


图 21 (c)

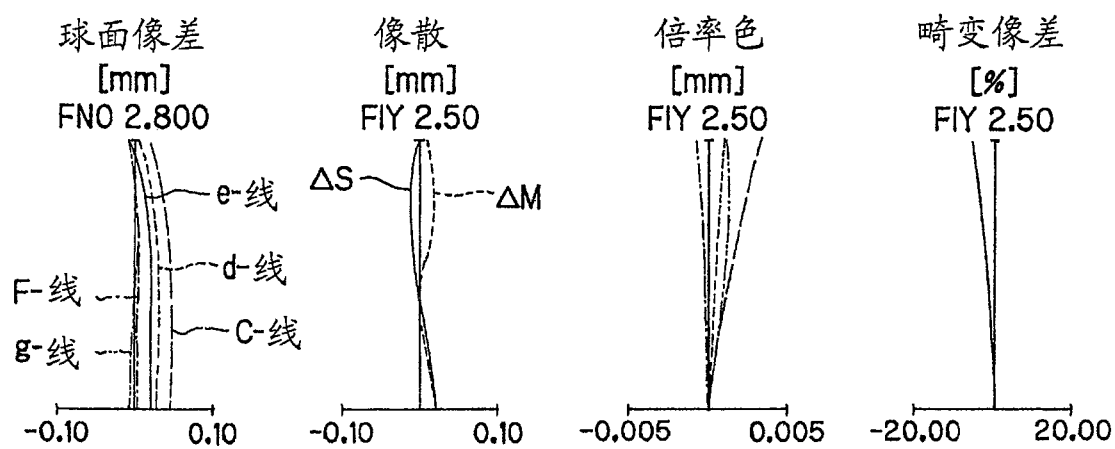


图 22 (a)

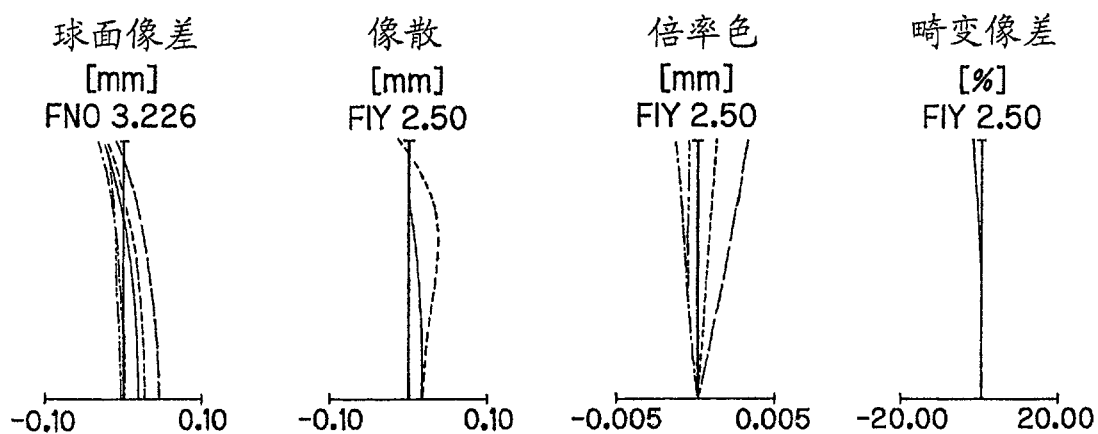


图 22 (b)

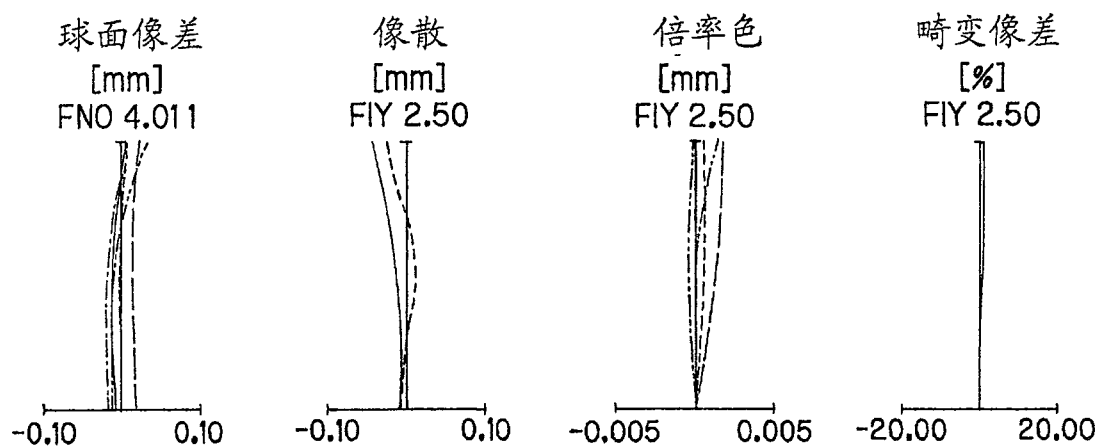


图 22 (c)

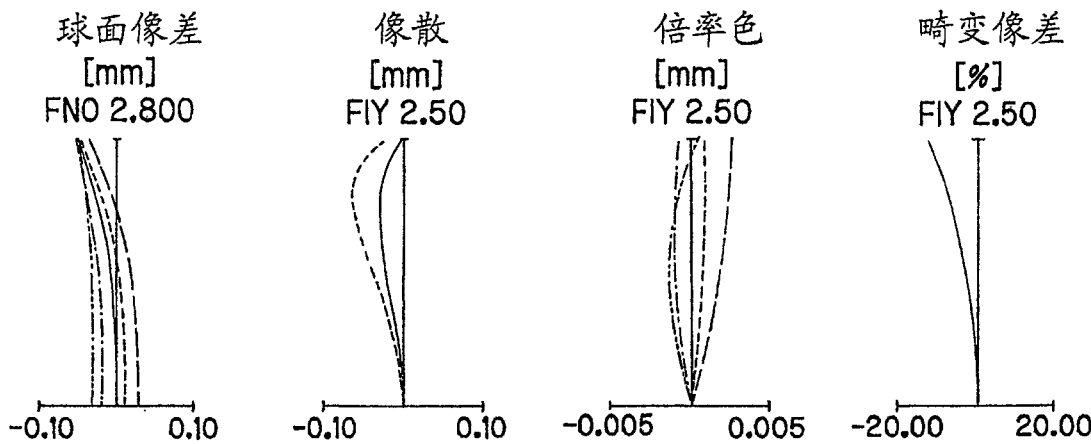


图 23(a)

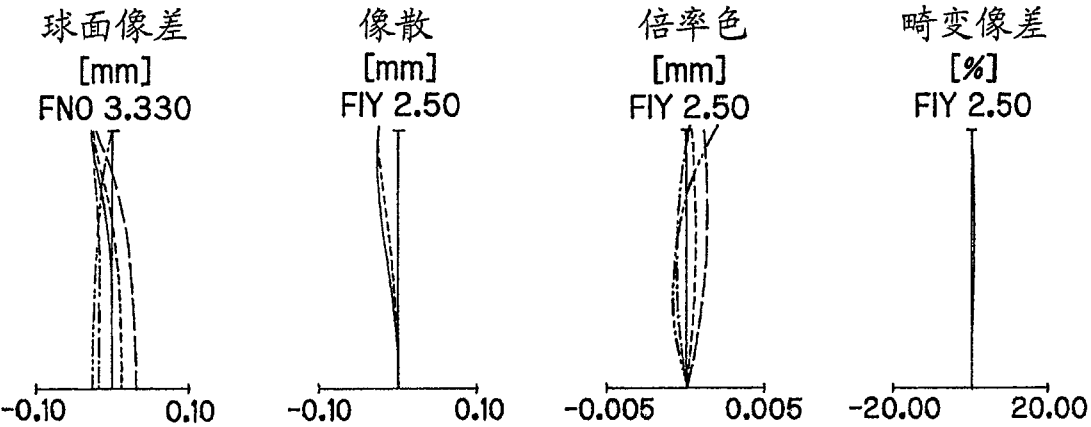


图 23(b)

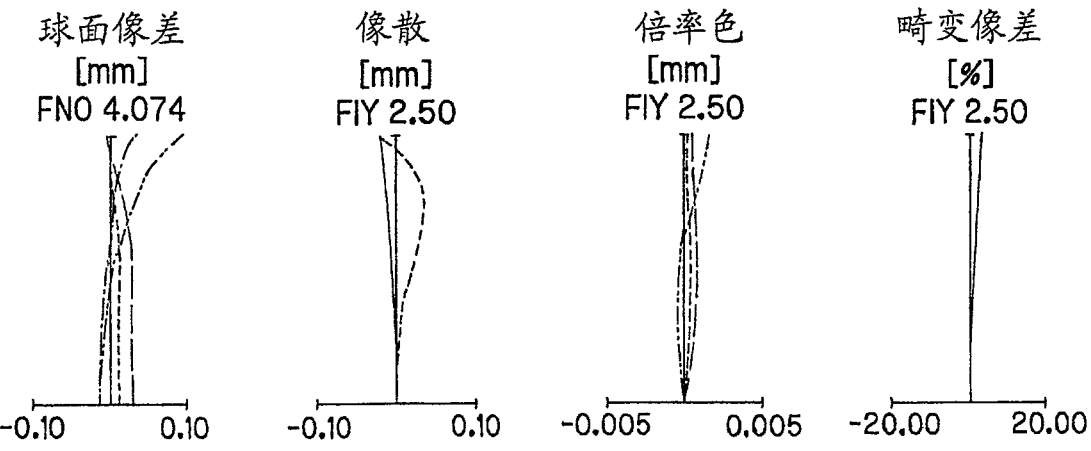


图 23(c)

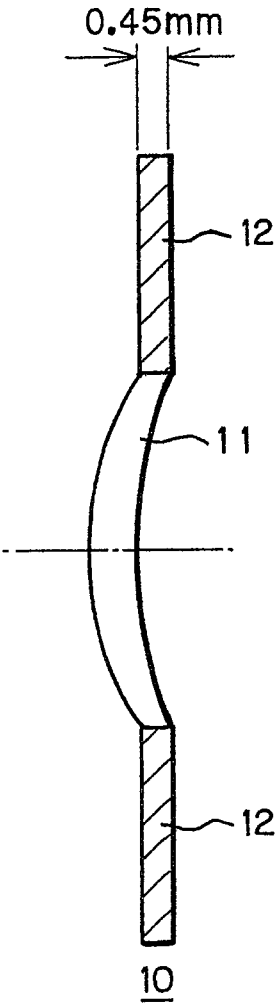


图 24

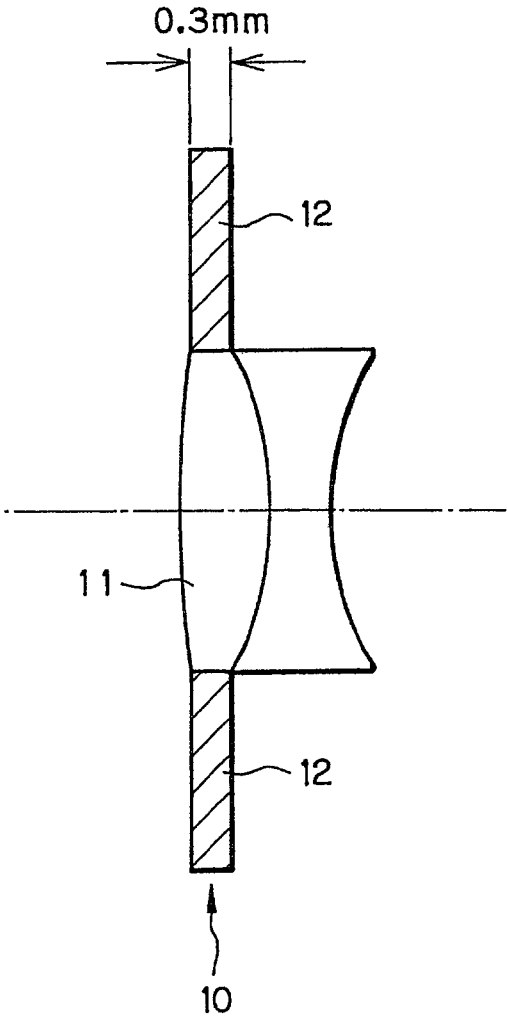


图 25

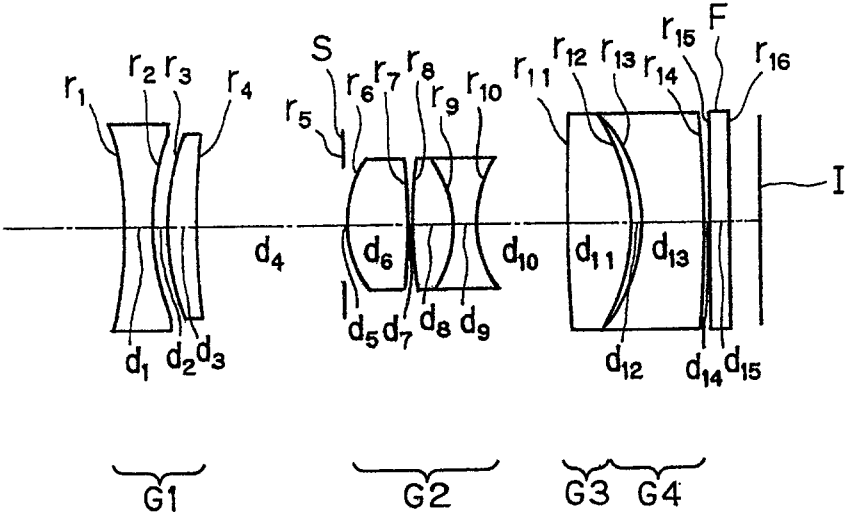


图 26 (a)

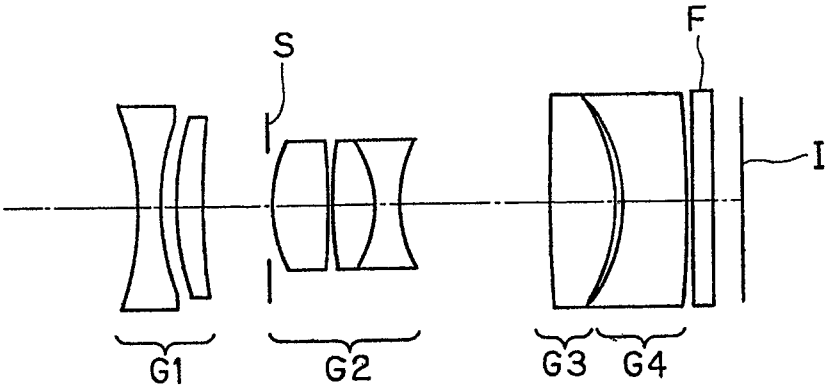


图 26 (b)

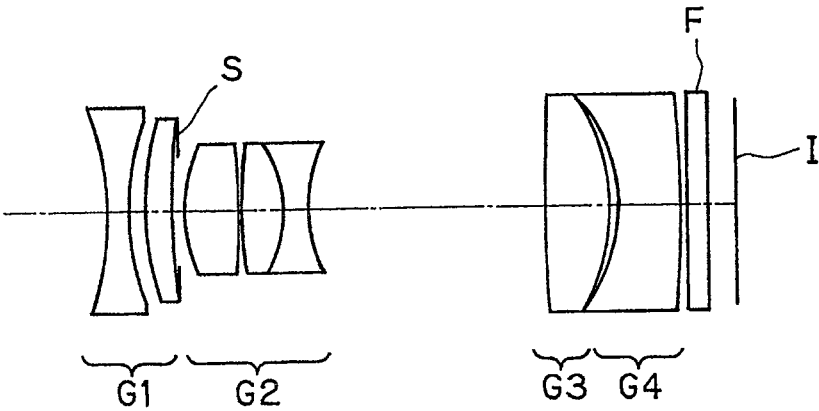


图 26 (c)

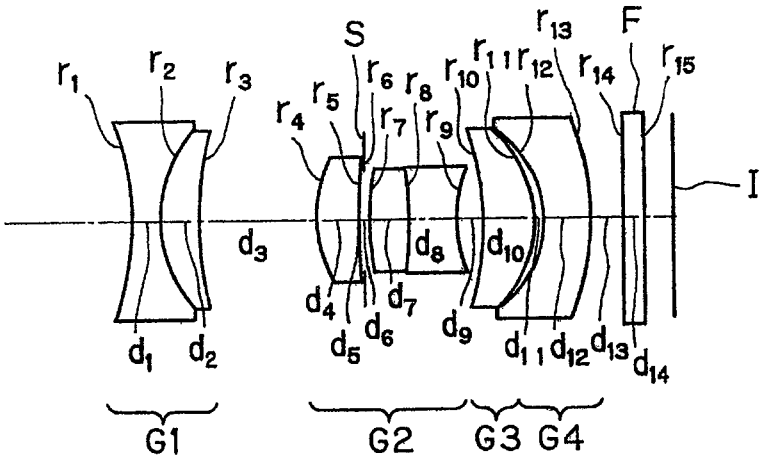


图 27 (a)

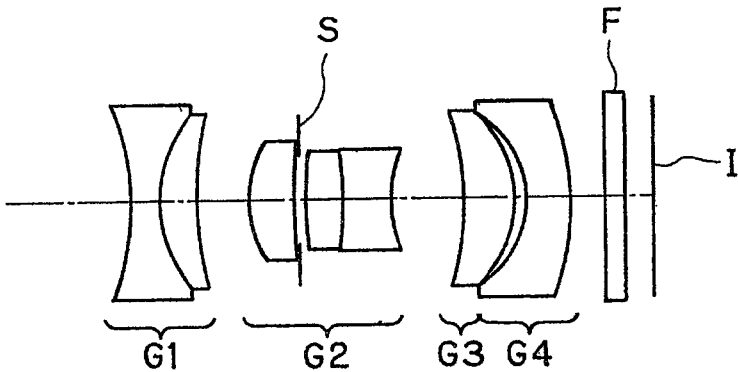


图 27 (b)

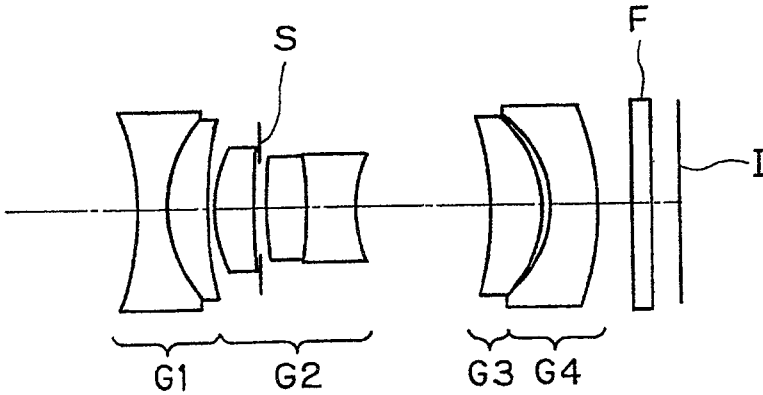


图 27 (c)

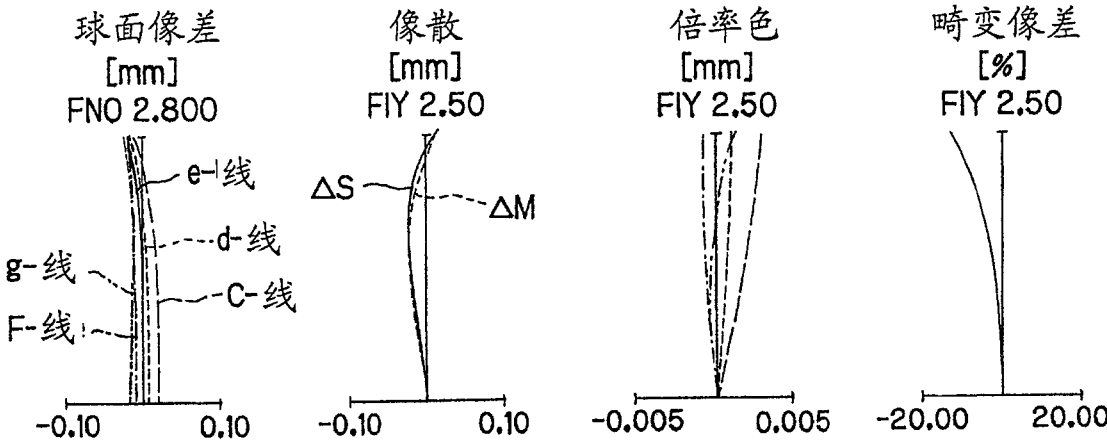


图 28 (a)

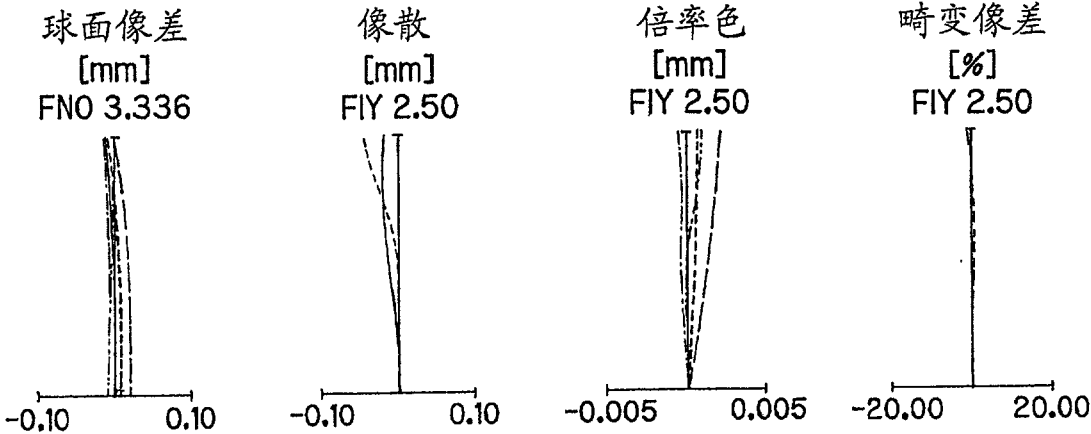


图 28 (b)

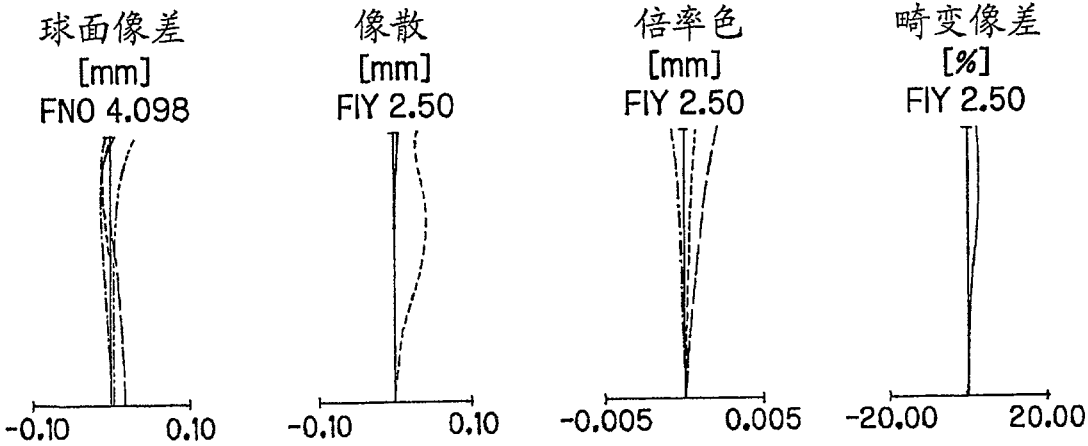


图 28 (c)

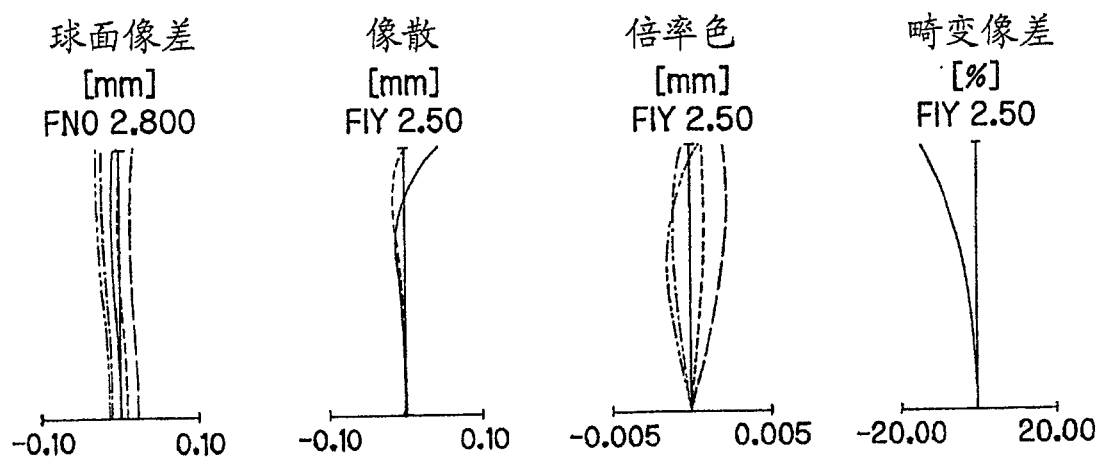


图 29 (a)

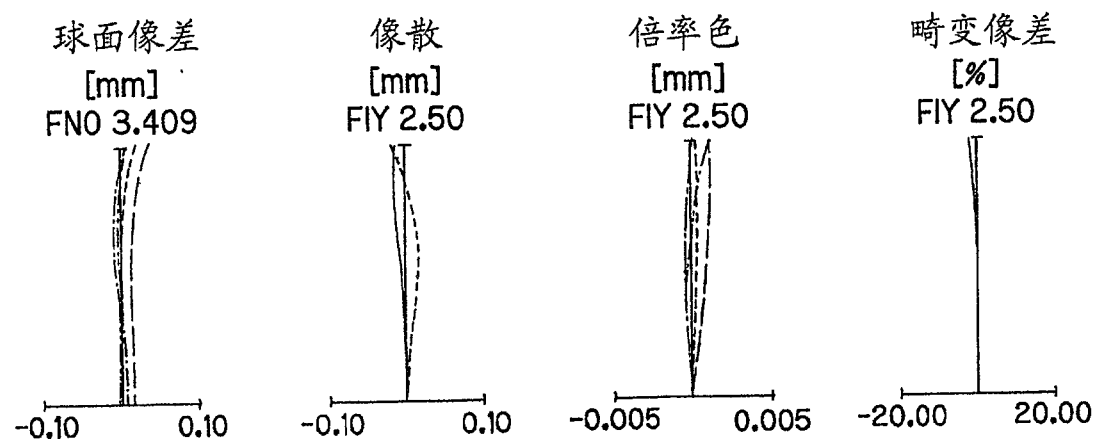


图 29 (b)

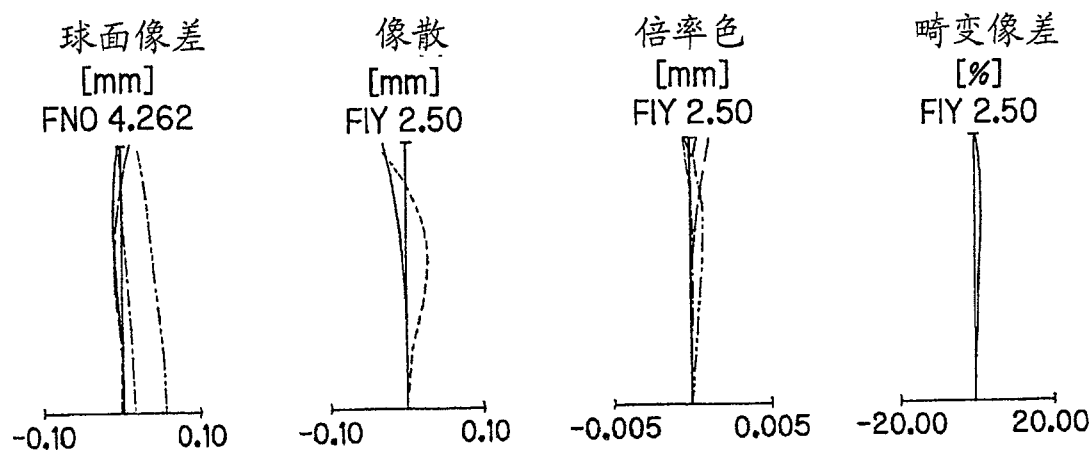


图 29 (c)

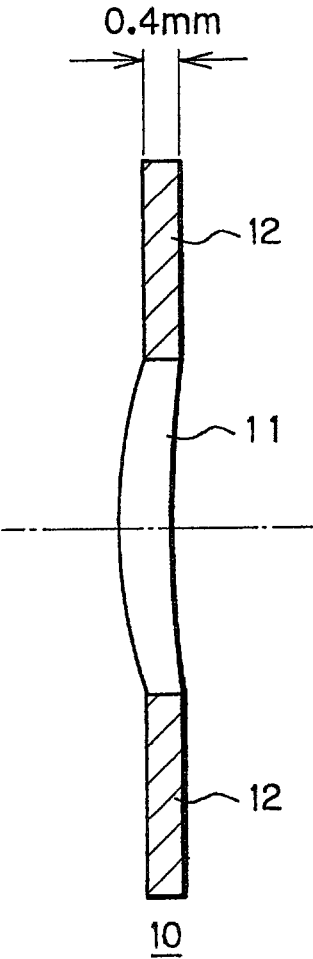


图 30

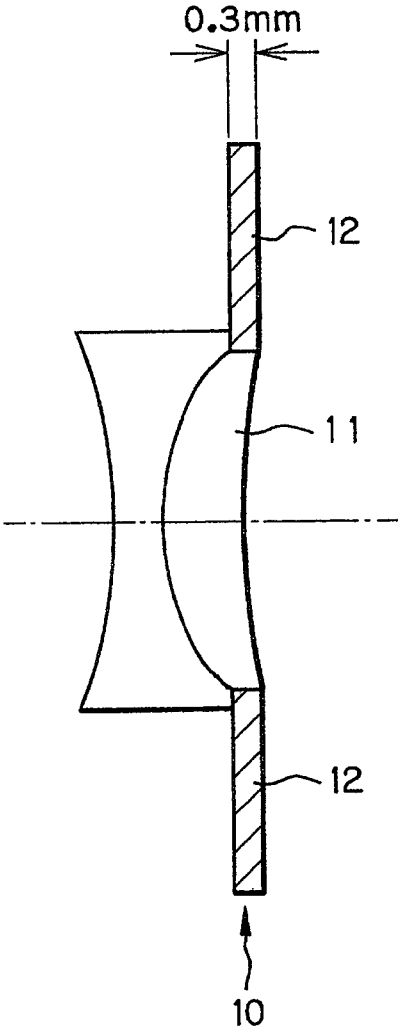


图 31

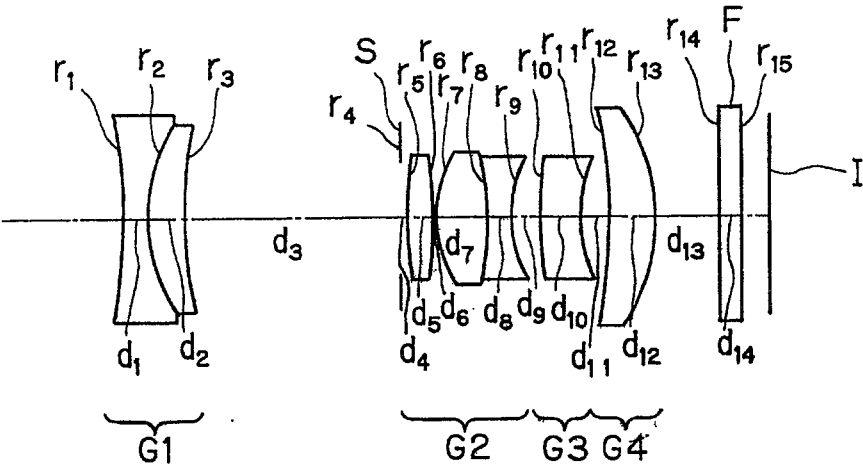


图 32 (a)

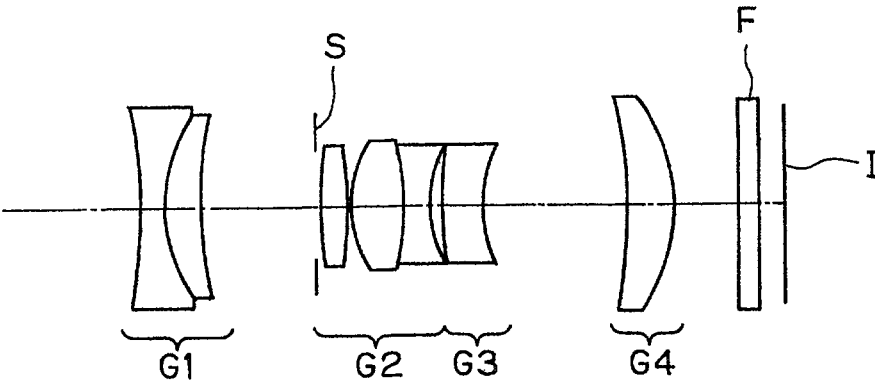


图 32 (b)

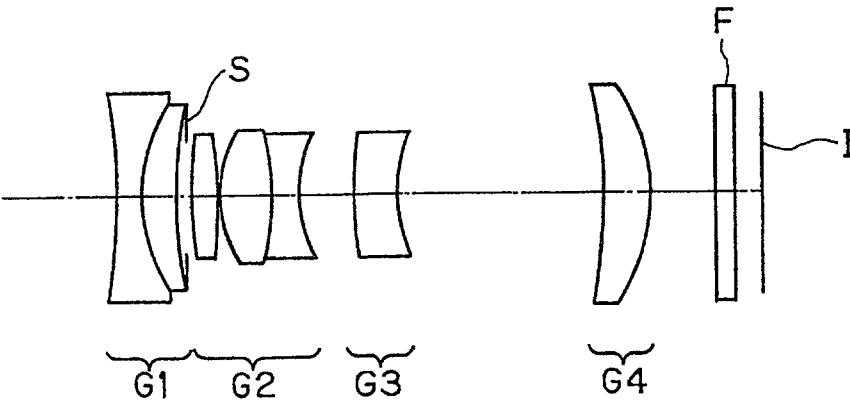


图 32 (c)

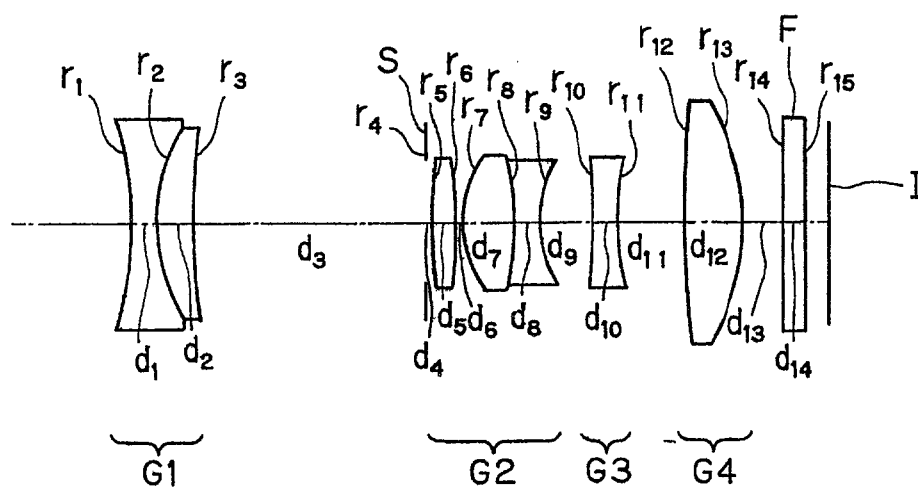


图 33 (a)

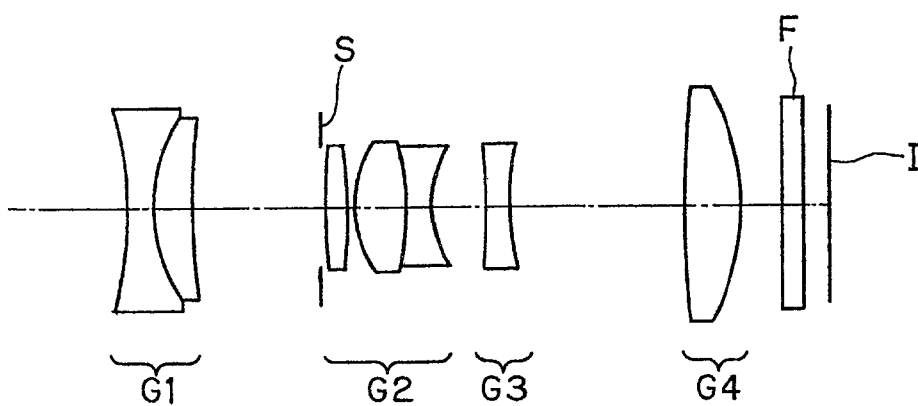


图 33 (b)

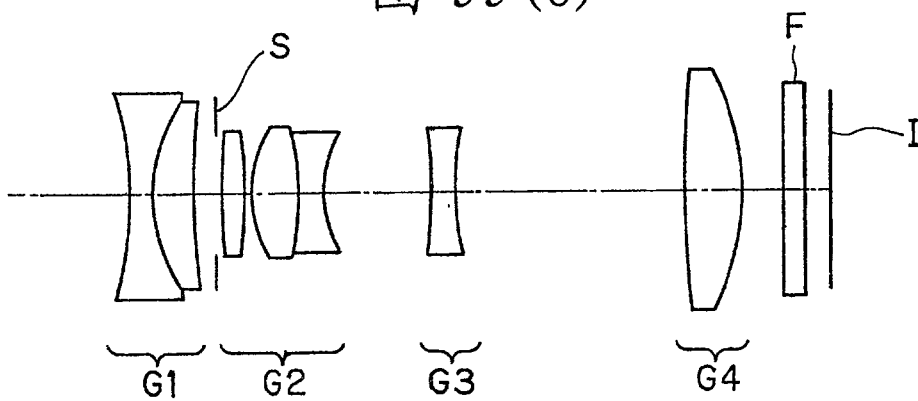


图 33 (c)

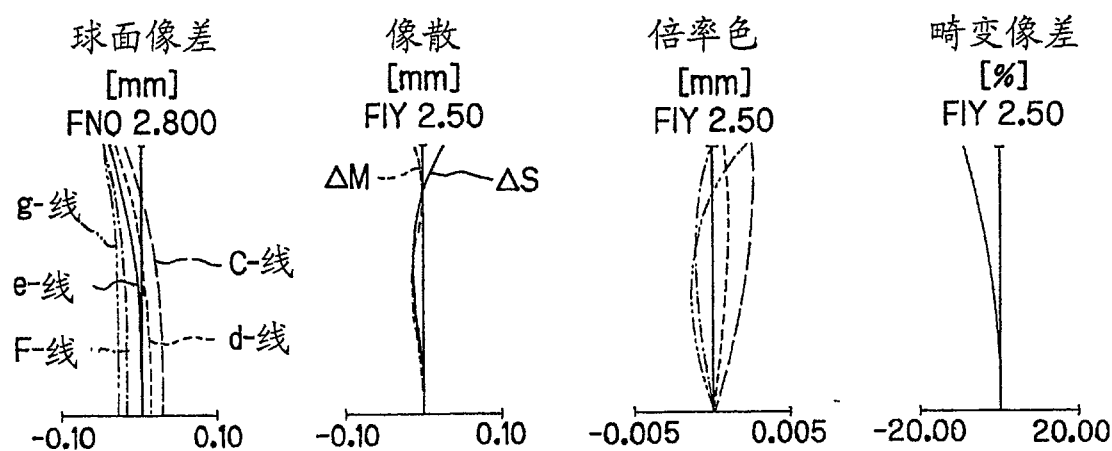


图 34 (a)

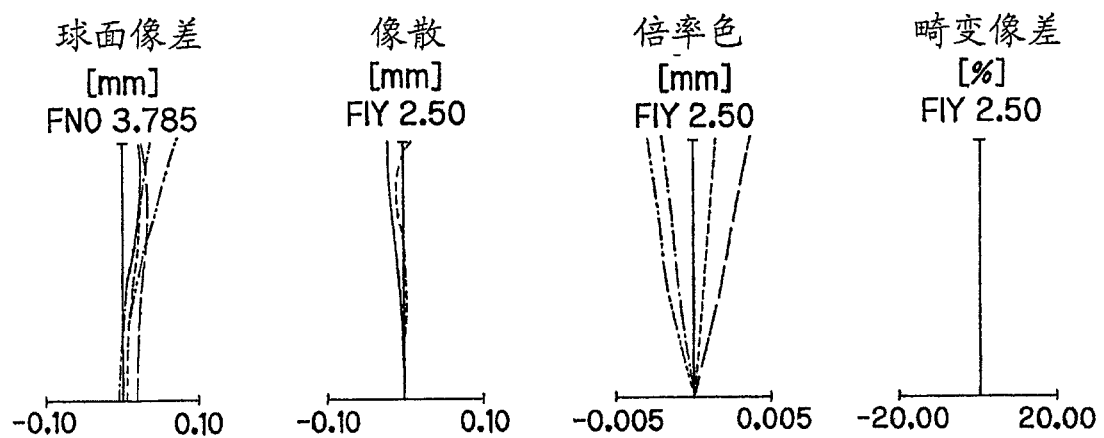


图 34 (b)

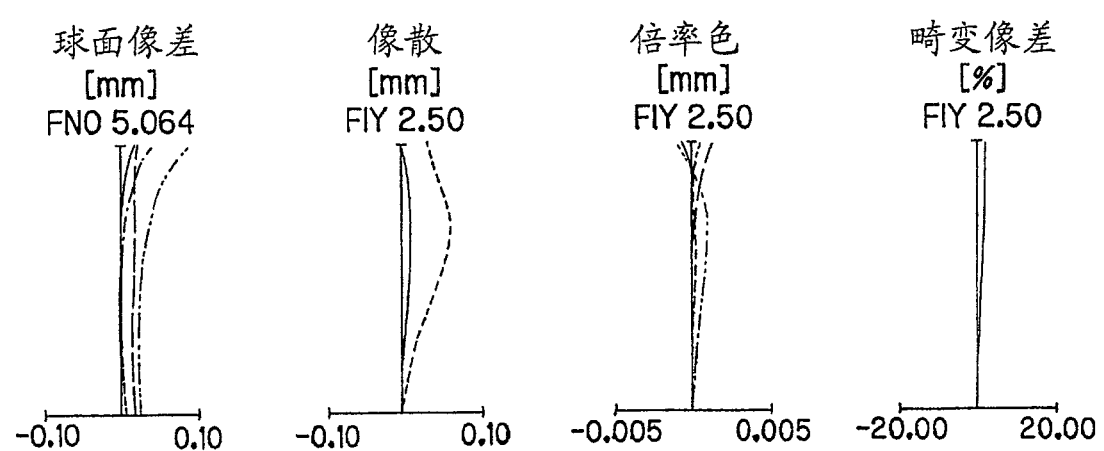


图 34 (c)

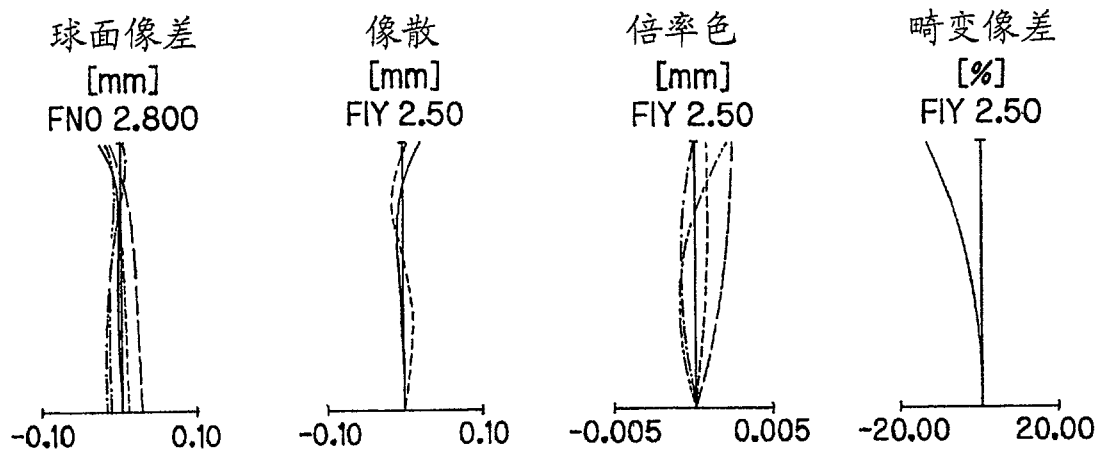


图 35 (a)

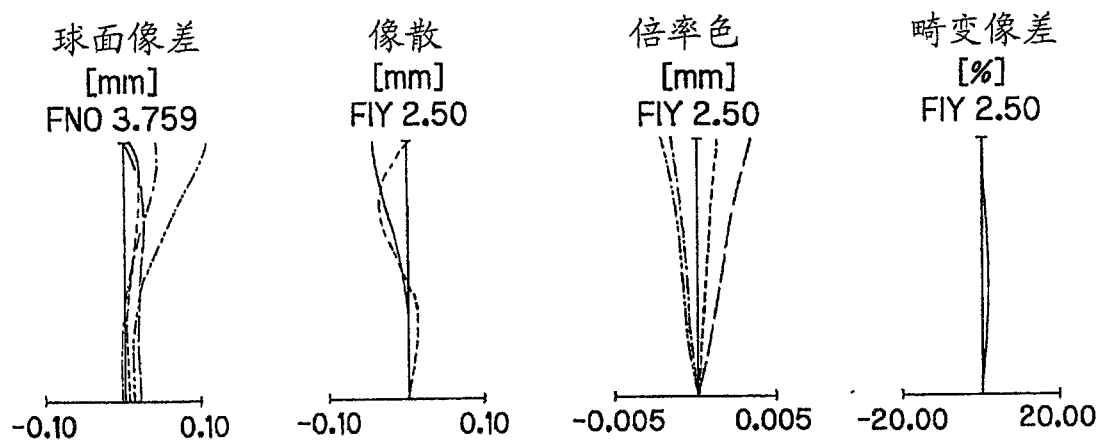


图 35 (b)

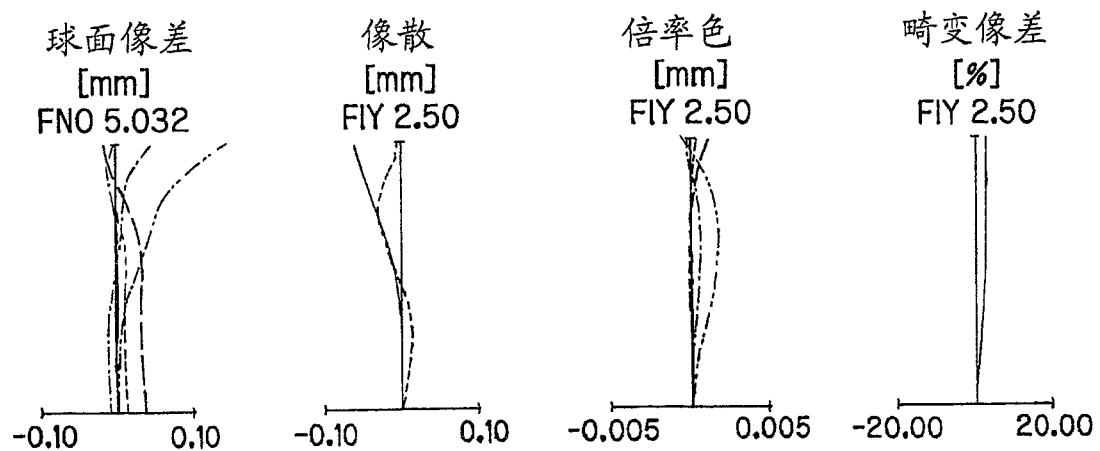


图 35 (c)

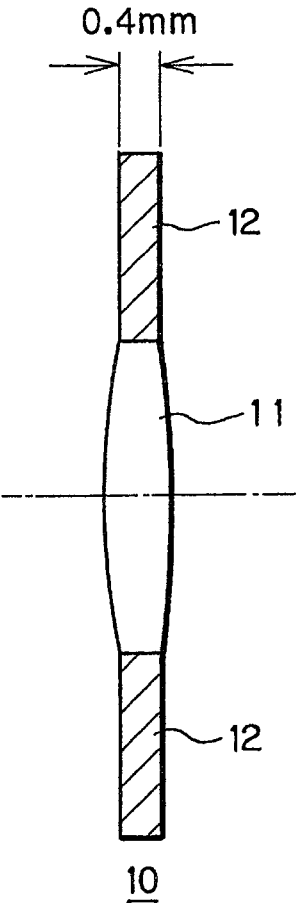


图 36

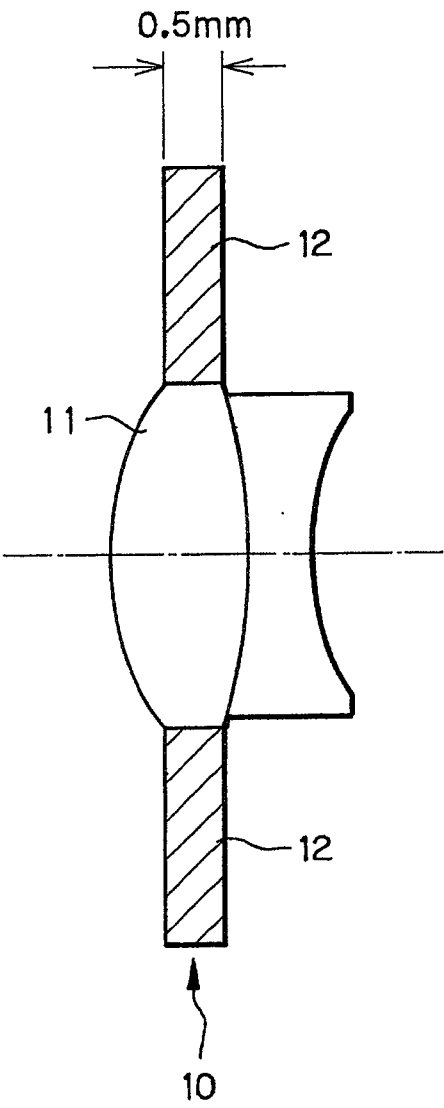


图 37

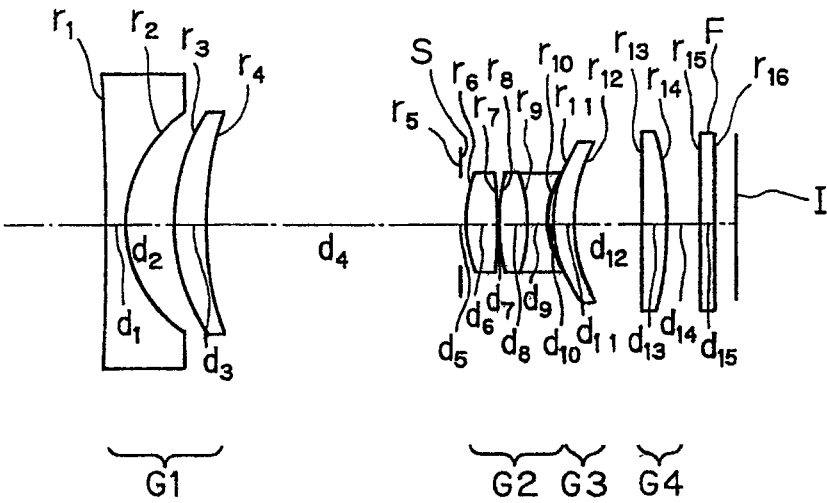


图 38 (a)

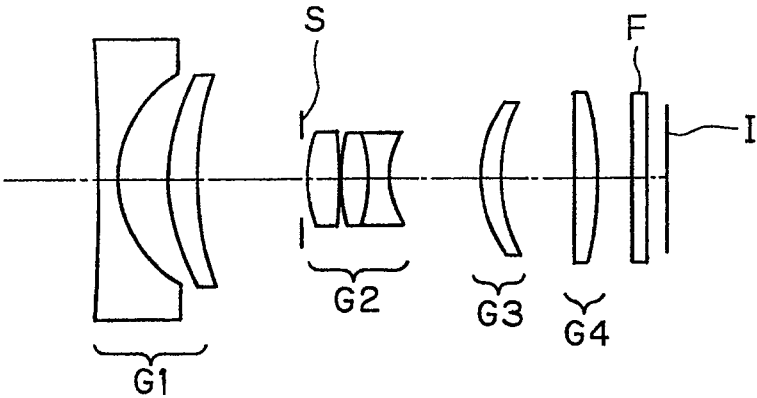


图 38 (b)

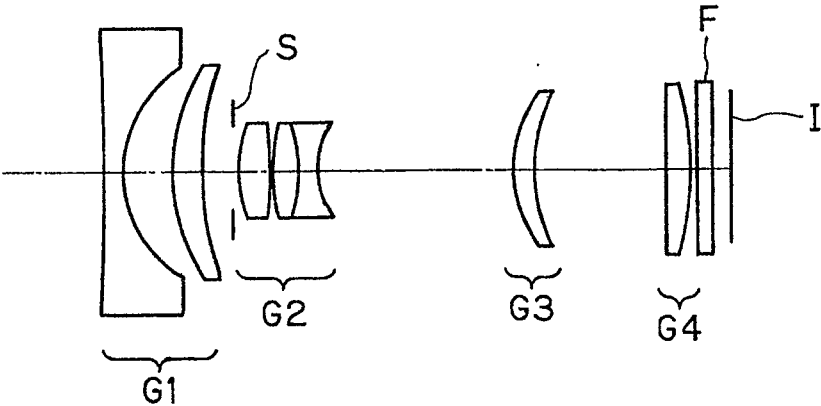


图 38 (c)

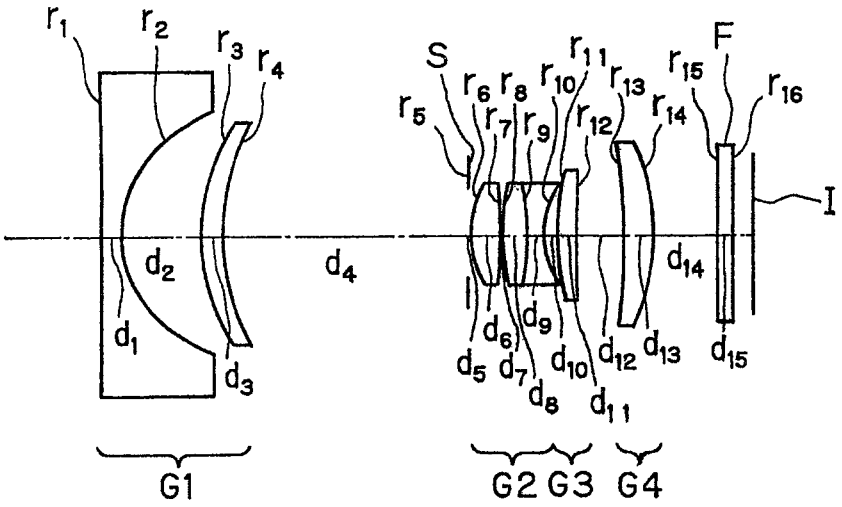


图 39 (a)

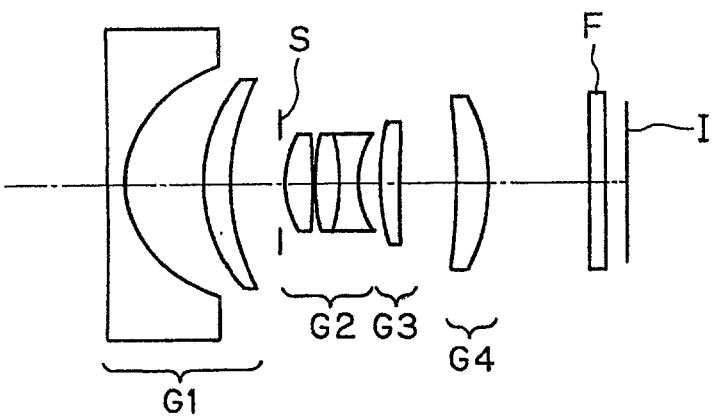


图 39 (b)

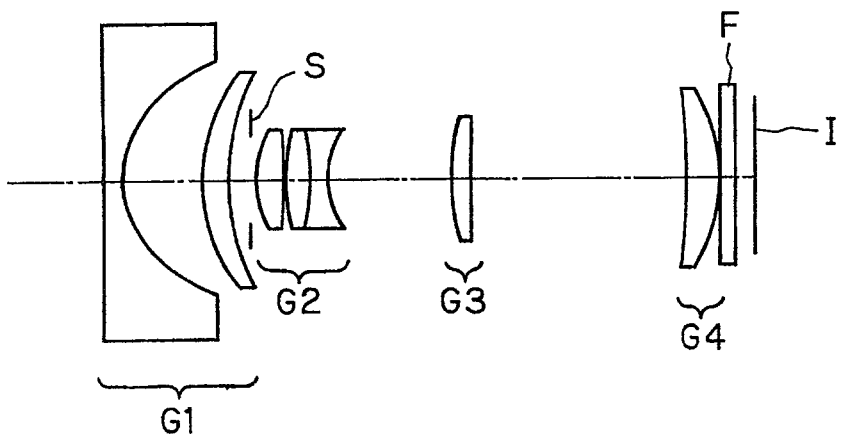


图 39 (c)

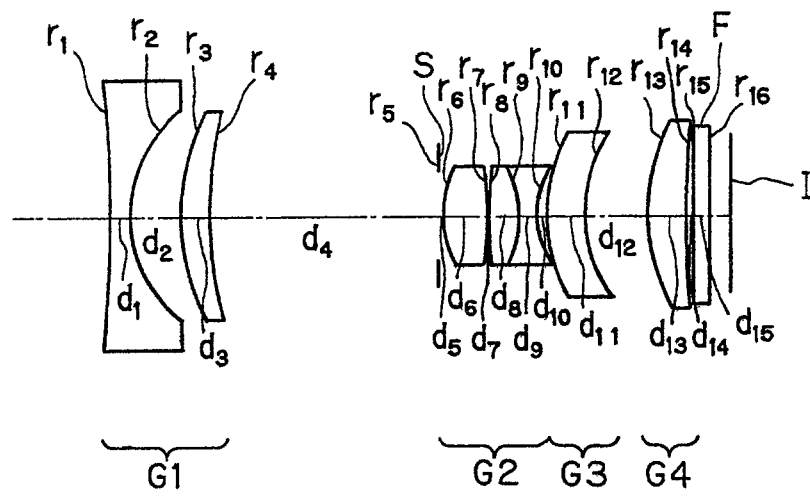


图 40 (a)

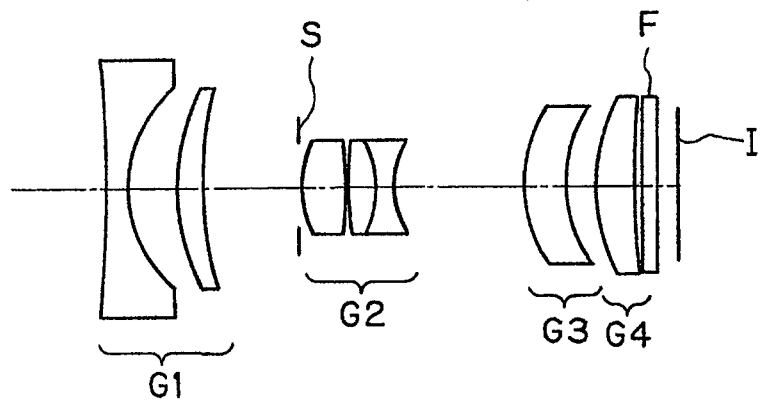


图 40 (b)

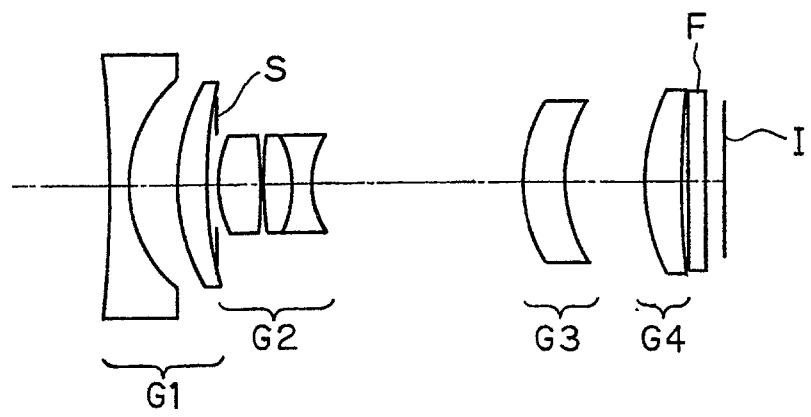


图 40 (c)

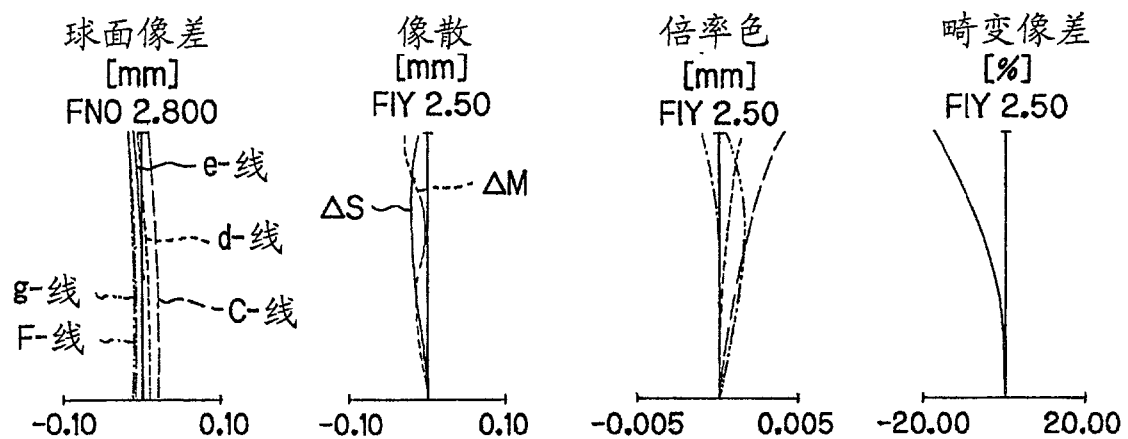


图 41 (a)

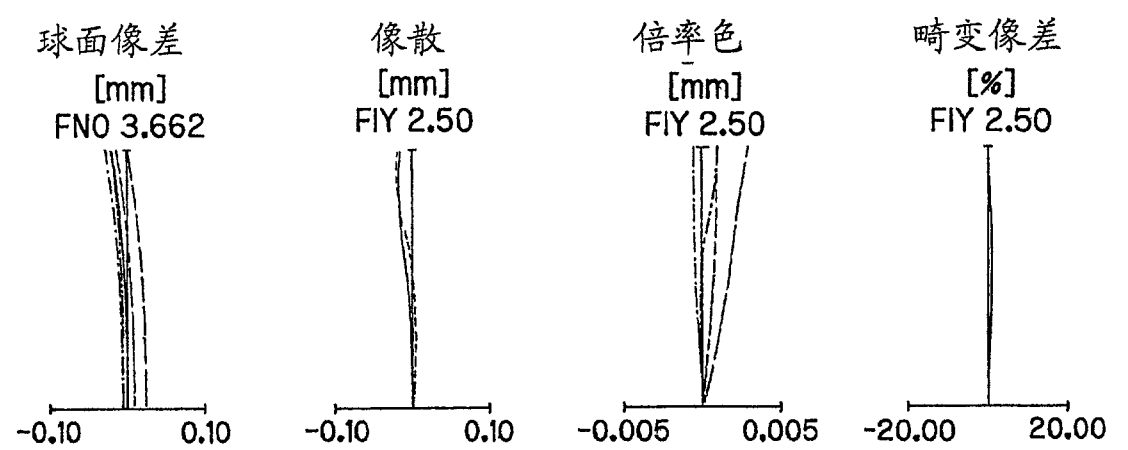


图 41 (b)

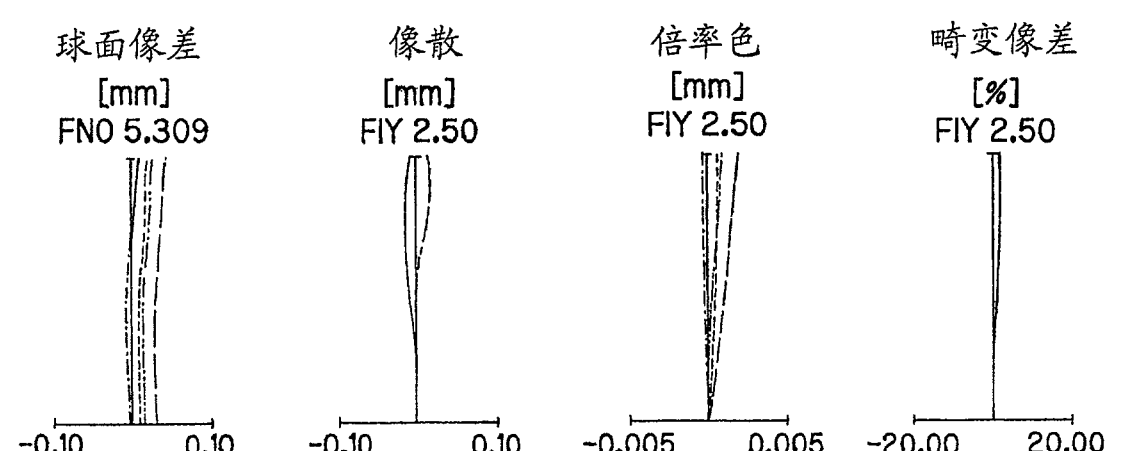


图 41 (c)

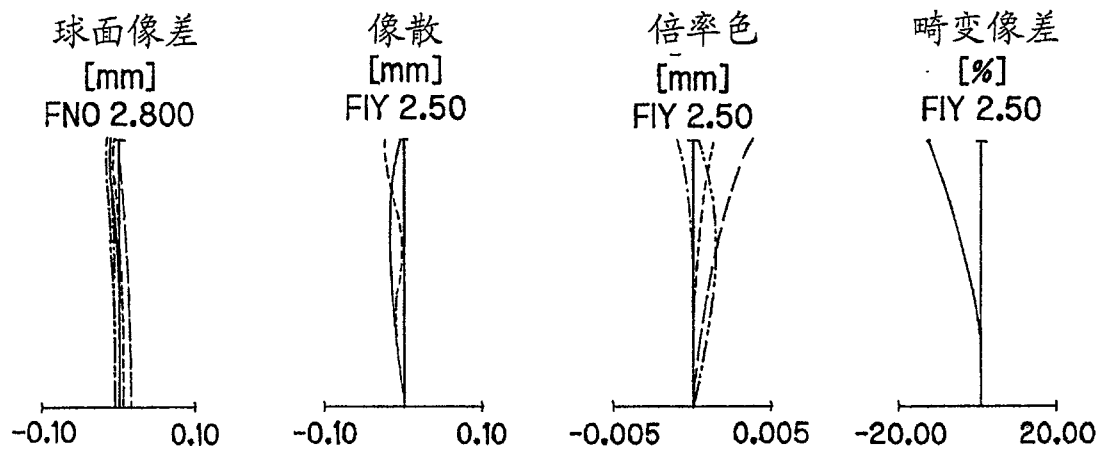


图 42 (a)

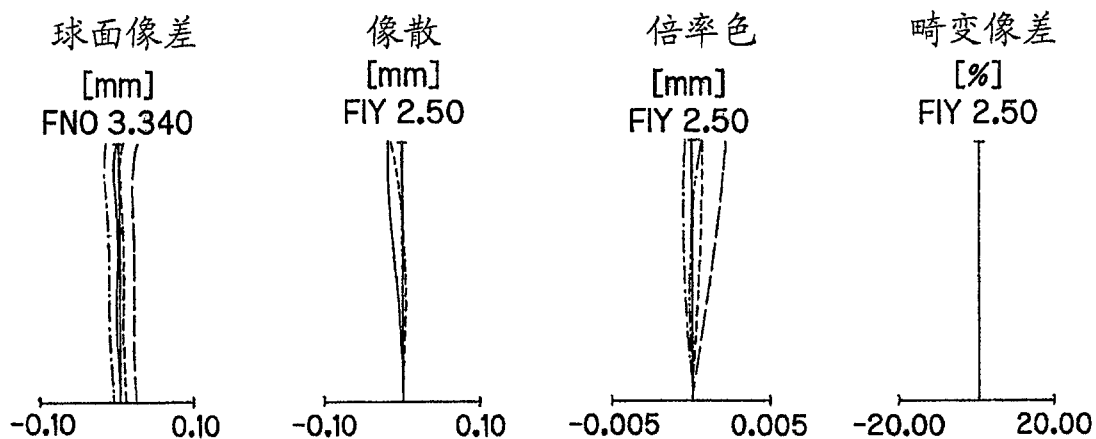


图 42 (b)

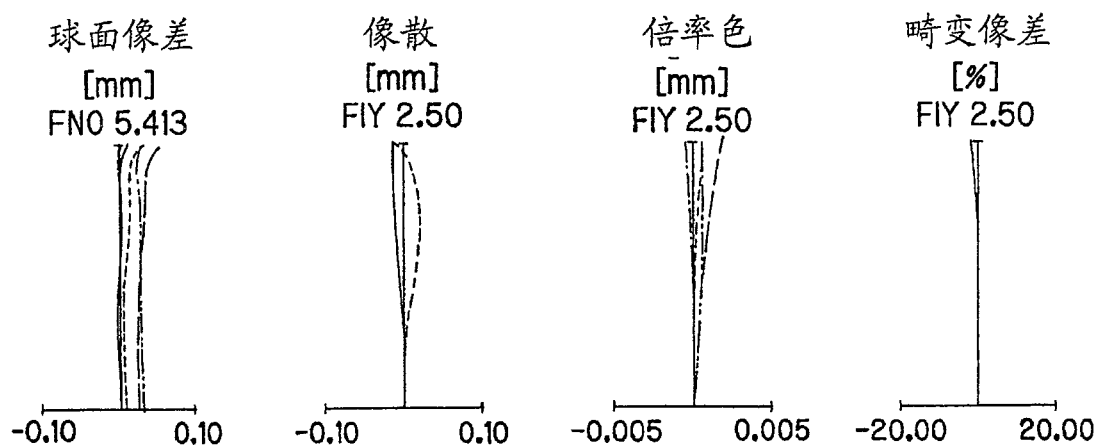


图 42 (c)

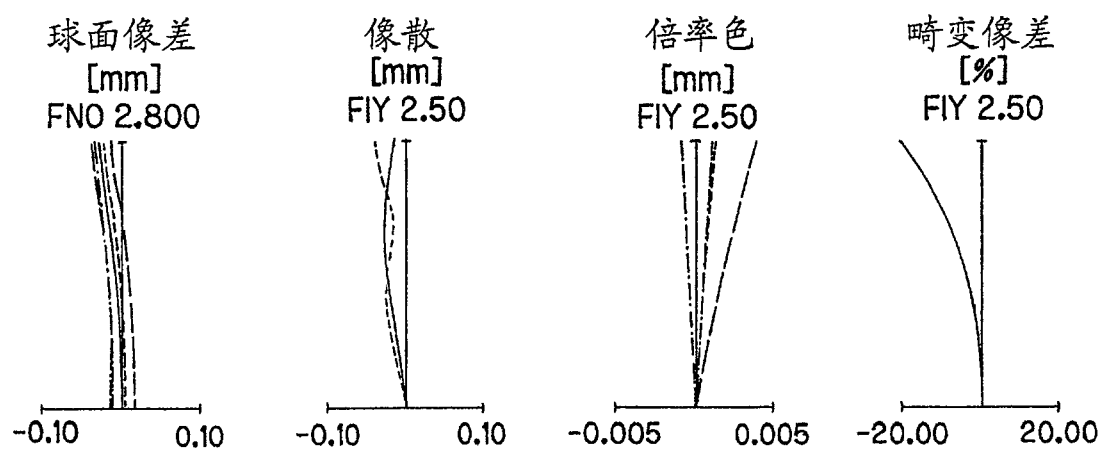


图 43 (a)

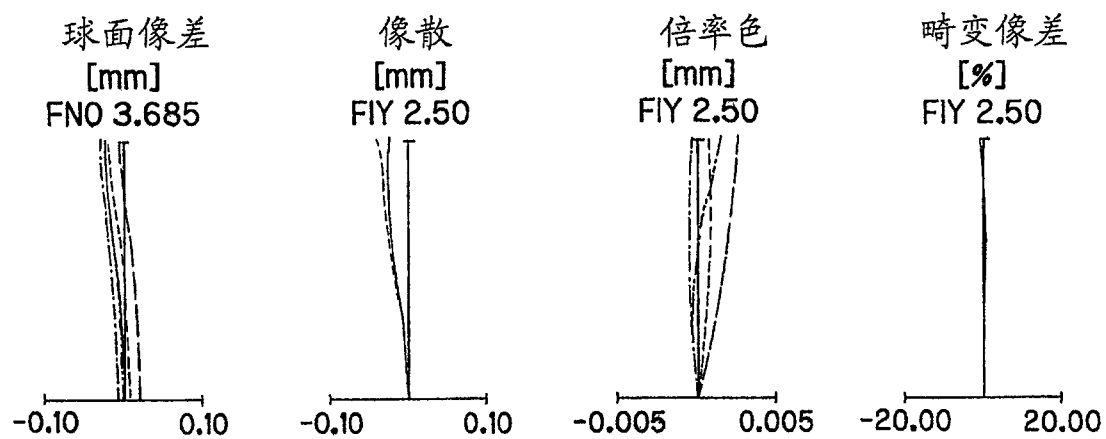


图 43 (b)

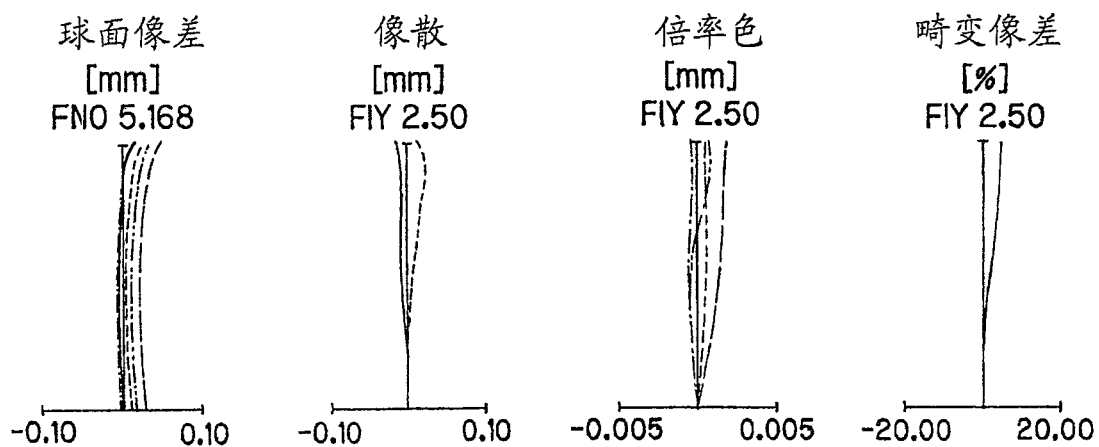


图 43 (c)

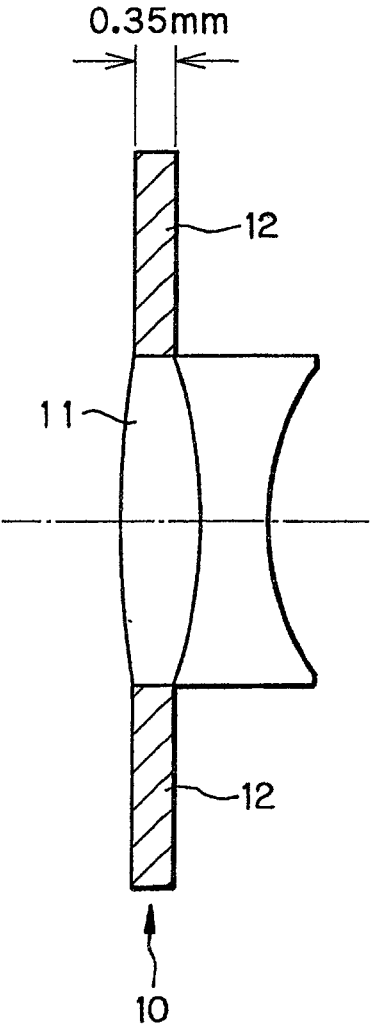


图 44

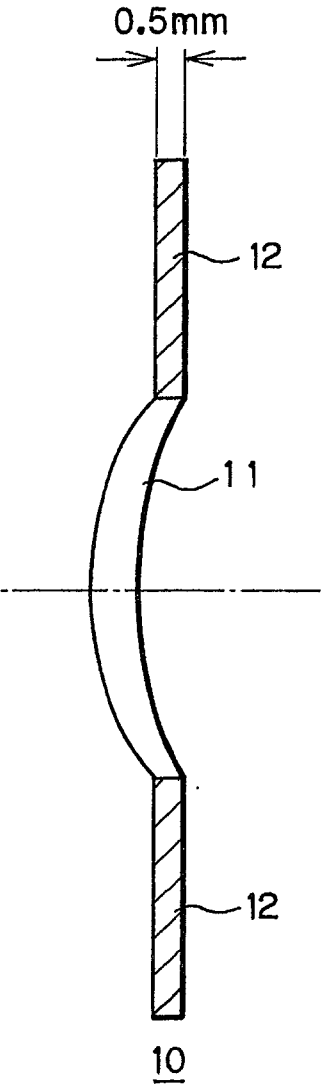


图 45

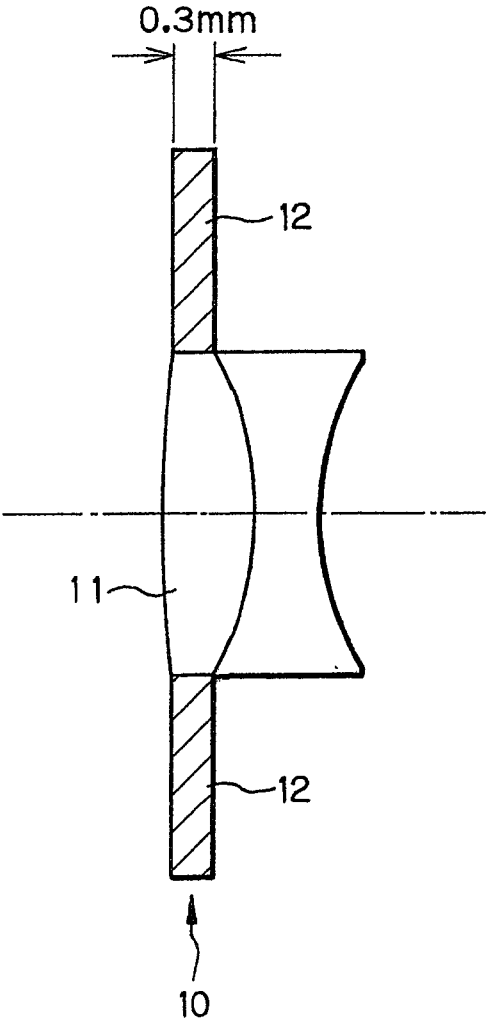


图 46

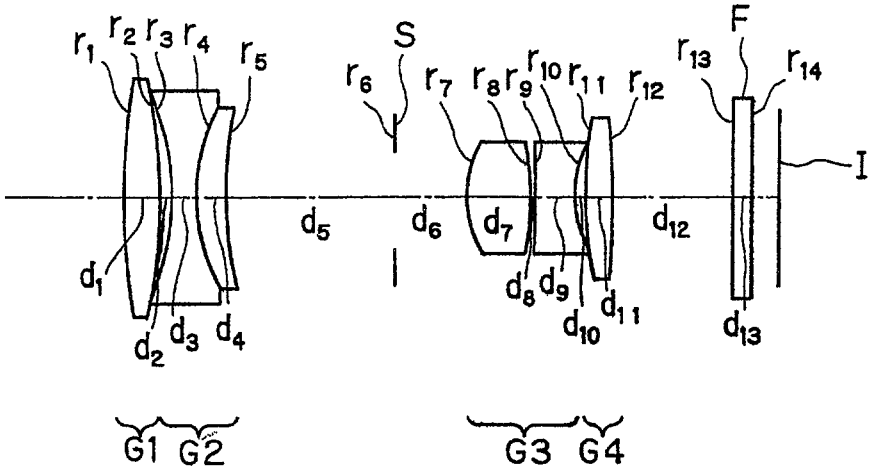


图 47 (a)

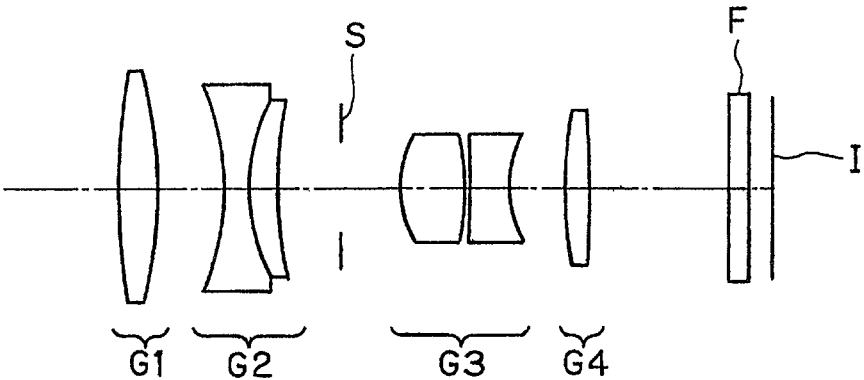


图 47 (b)

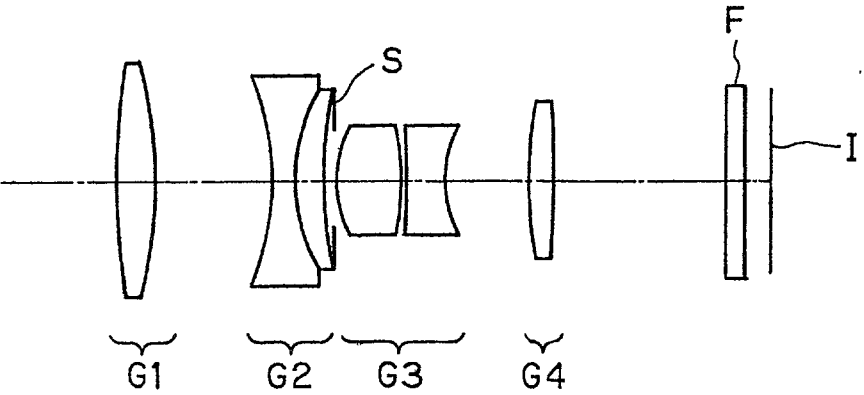


图 47 (c)

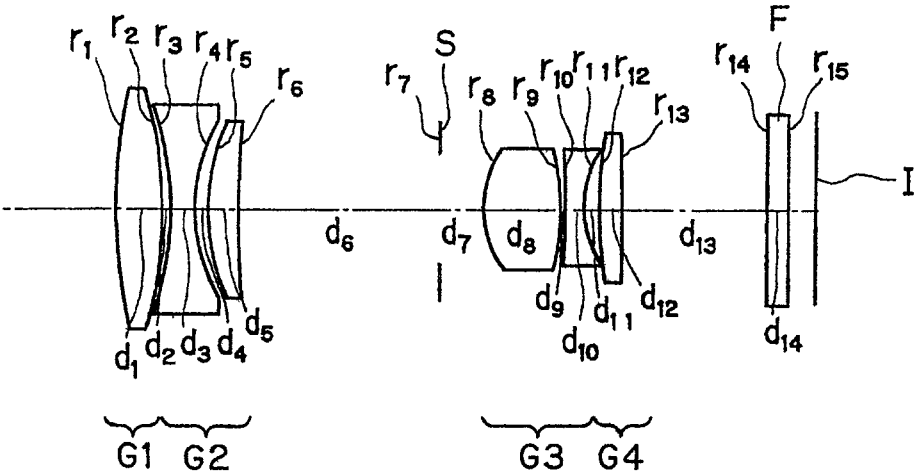


图 48 (a)

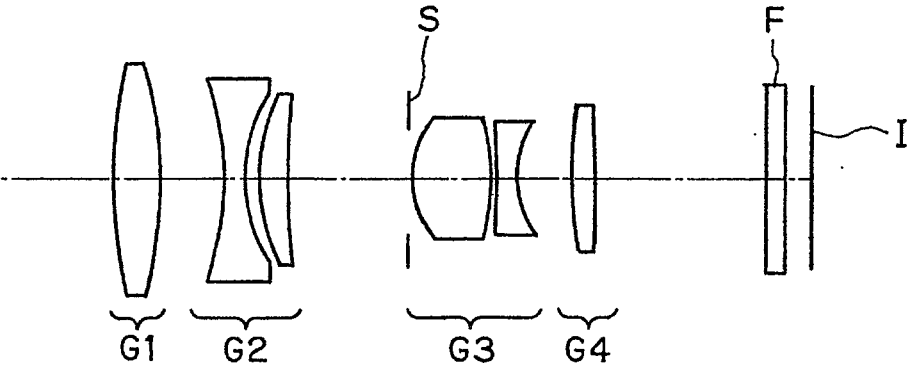


图 48 (b)

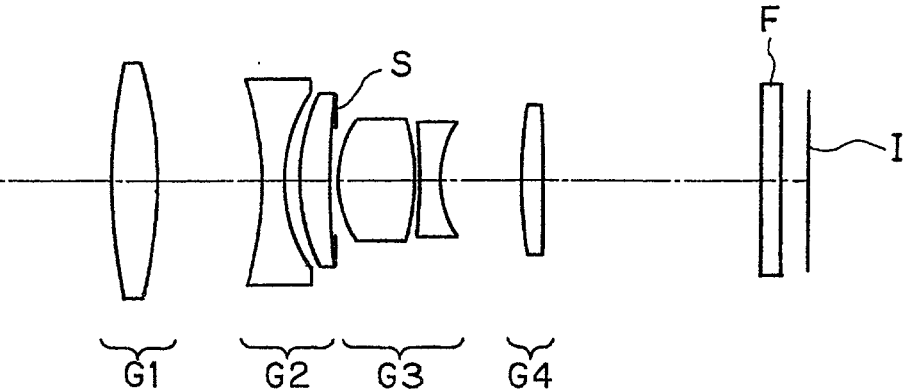


图 48 (c)

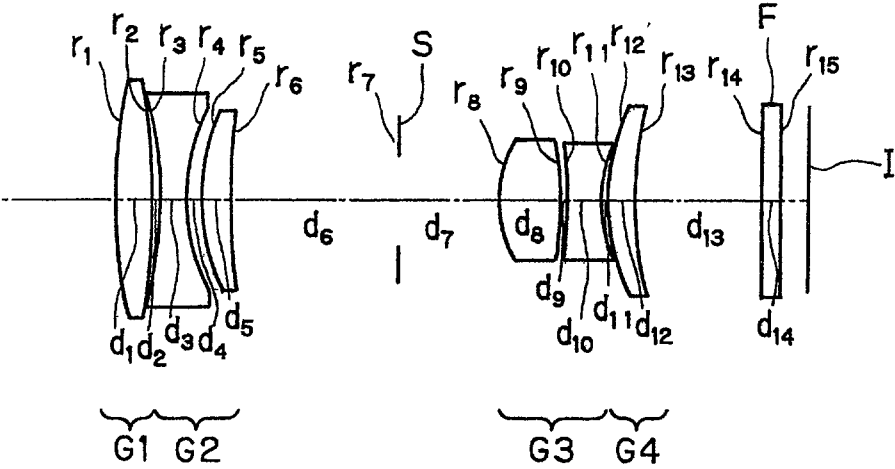


图 49 (a)

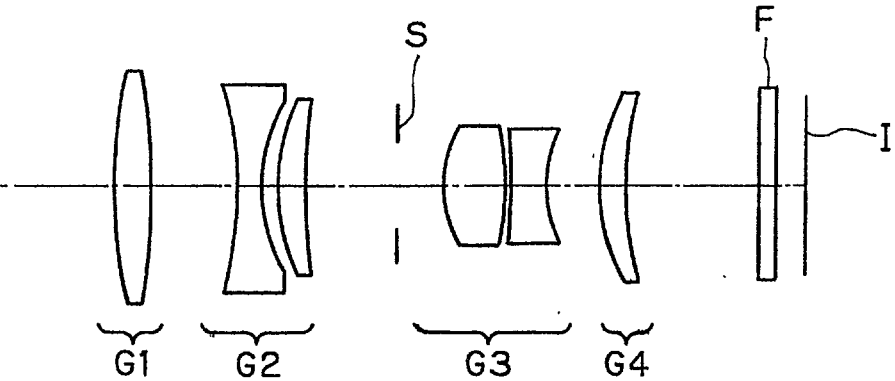


图 49 (b)

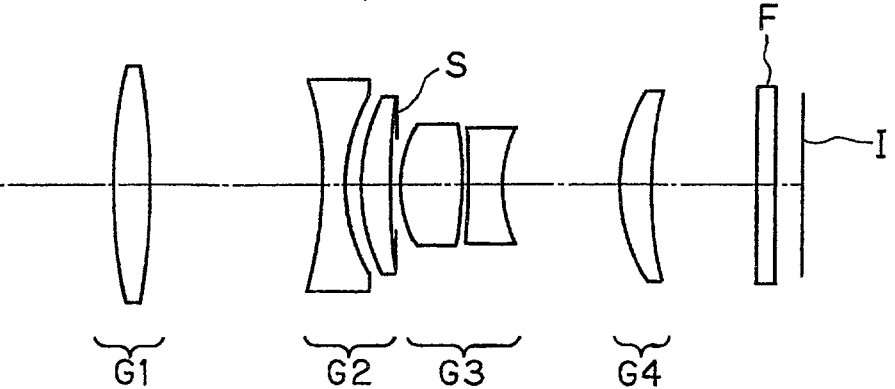


图 49 (c)

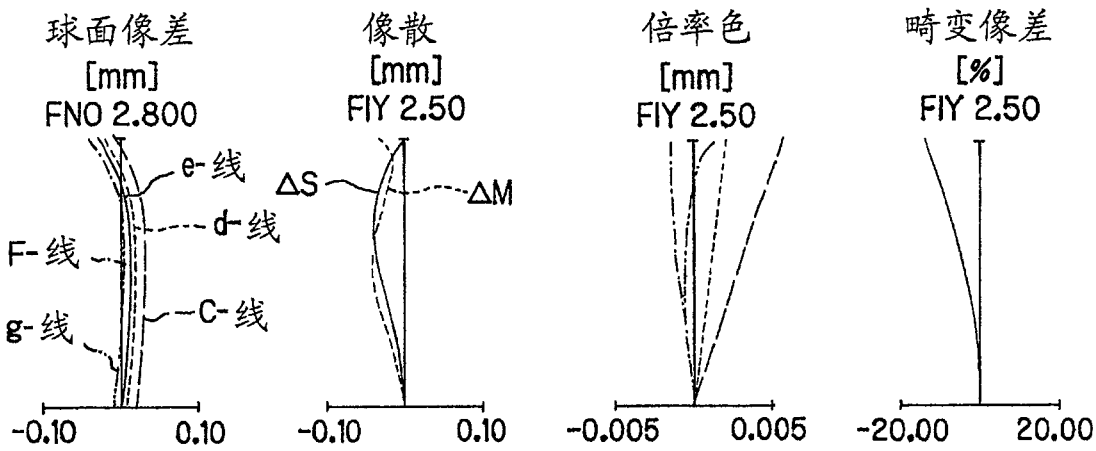


图 50(a)

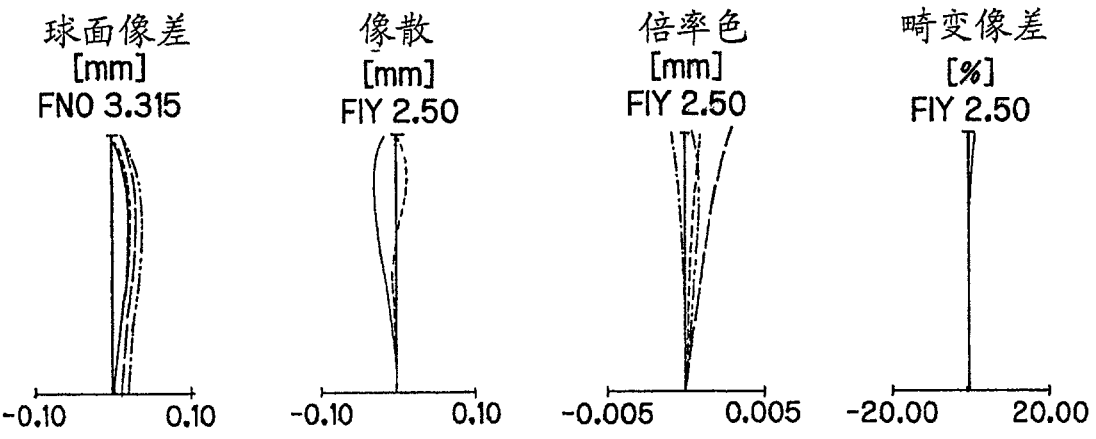


图 50(b)

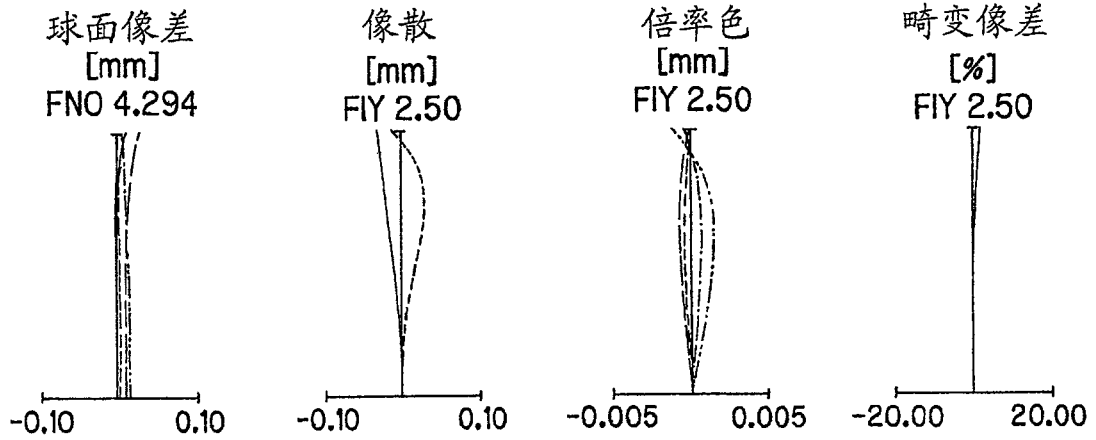


图 50(c)

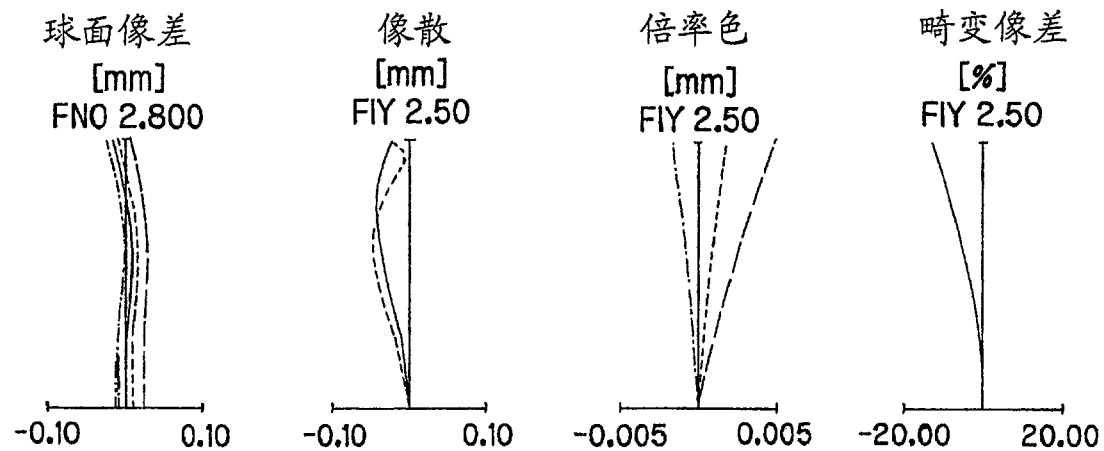


图 51 (a)

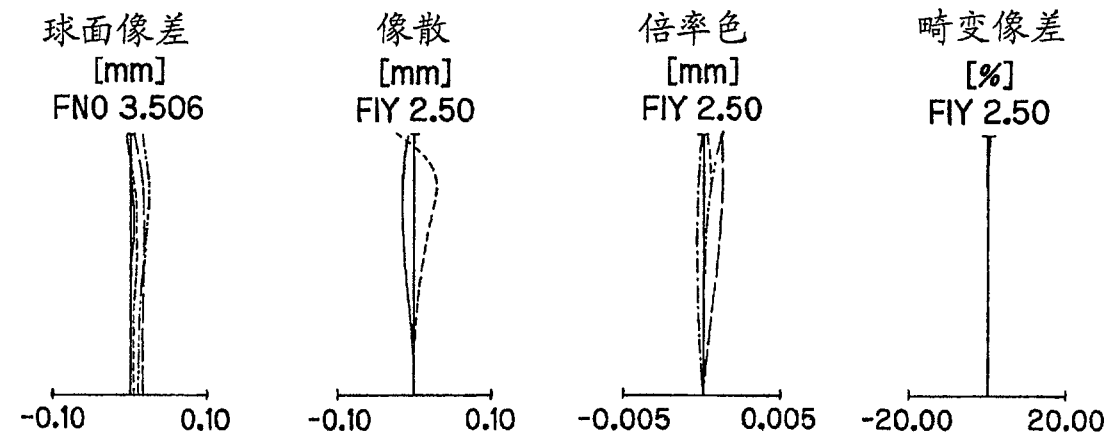


图 51 (b)

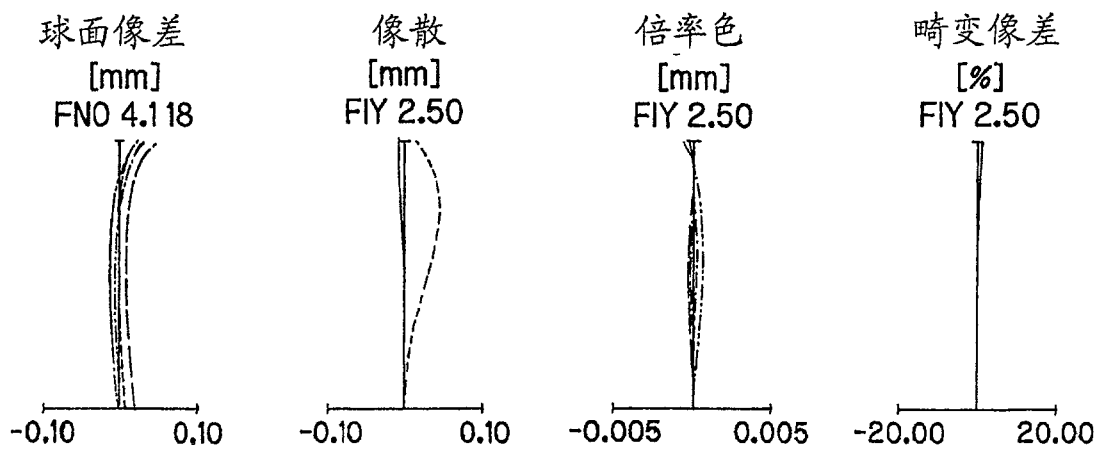


图 51 (c)

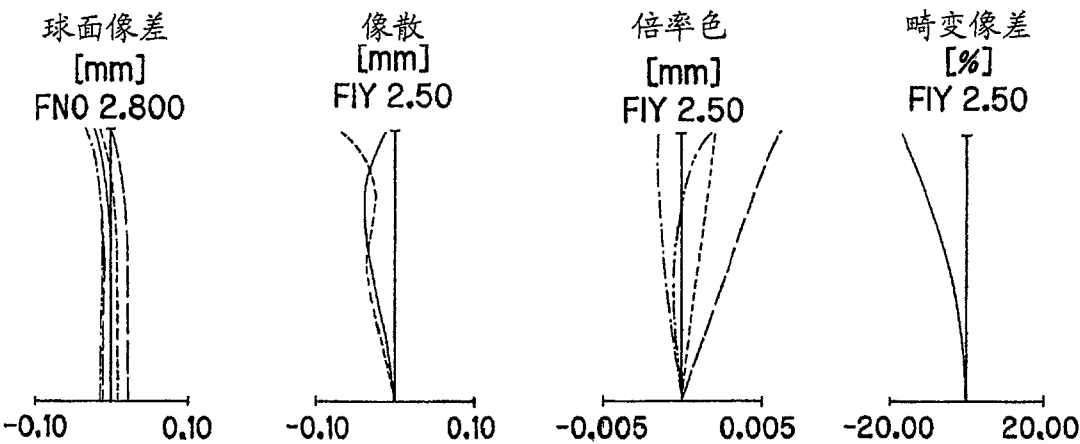


图 52 (a)

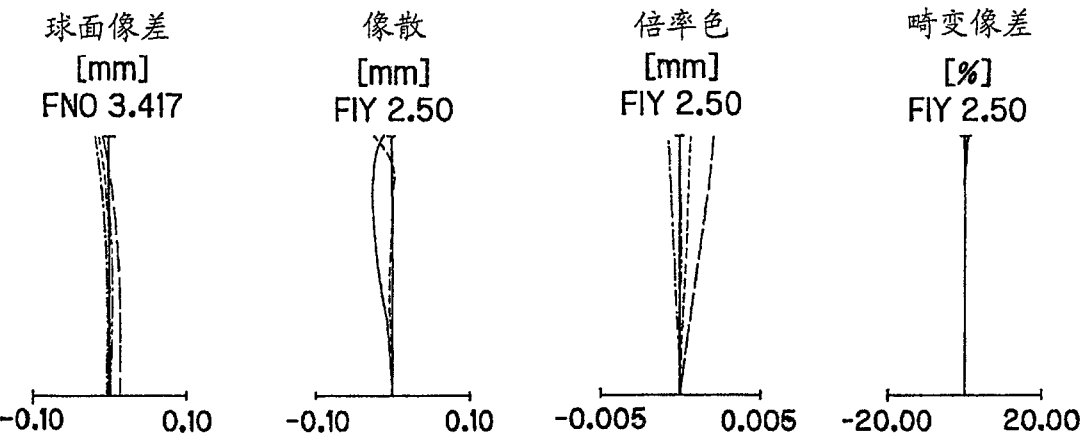


图 52 (b)

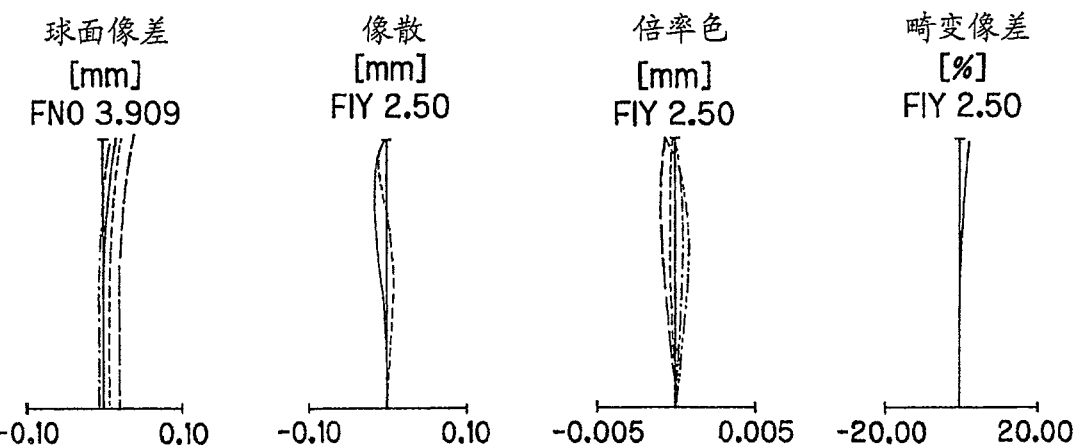


图 52 (c)

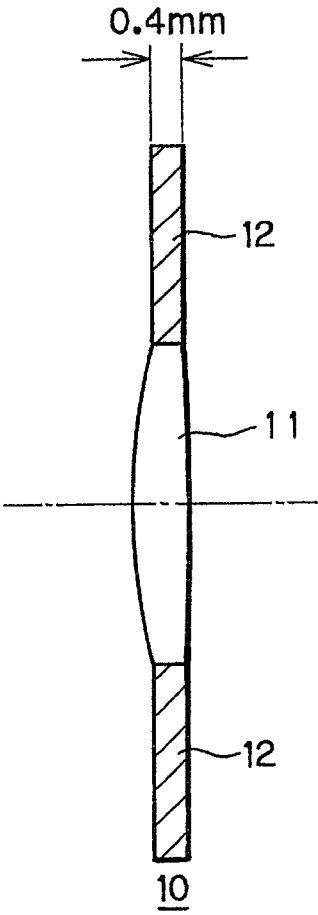


图 53

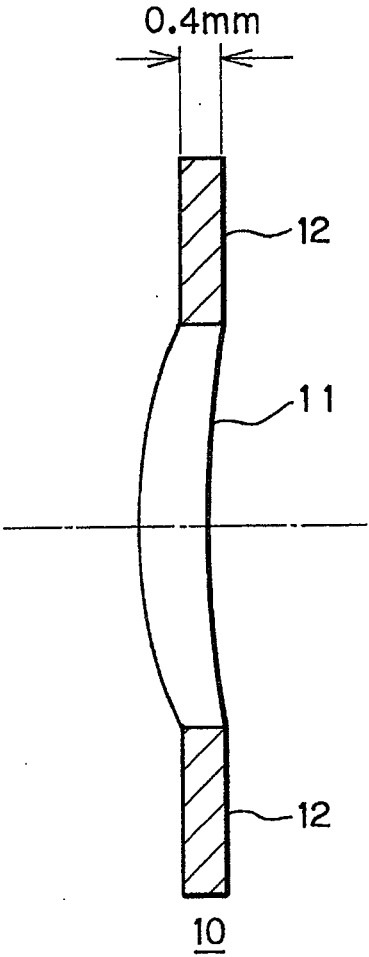


图 54

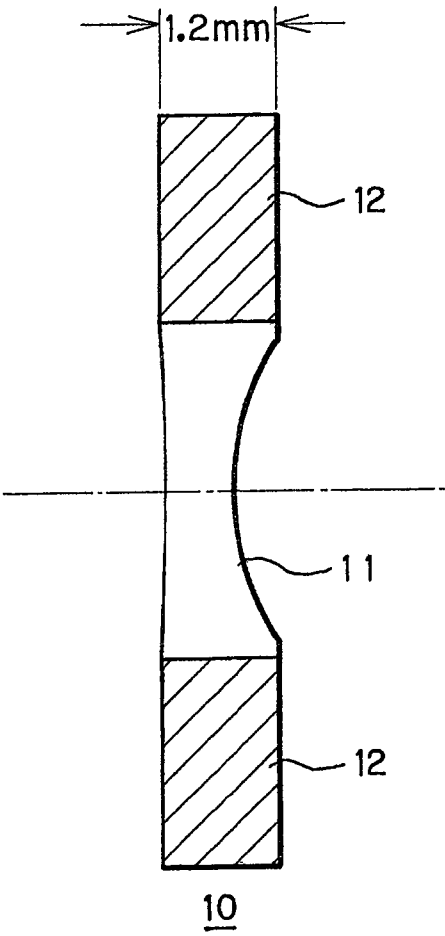


图 55

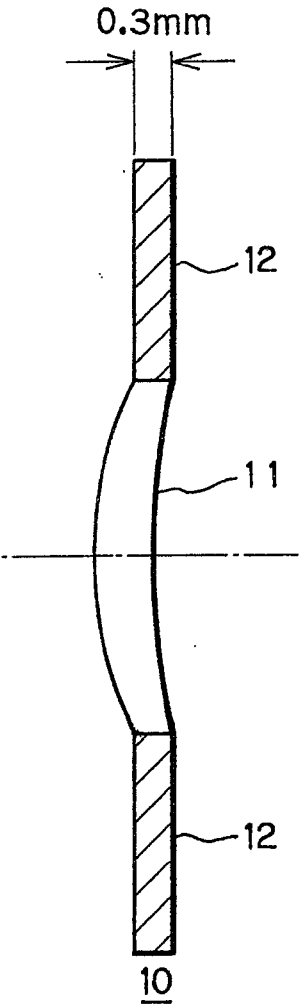


图 56

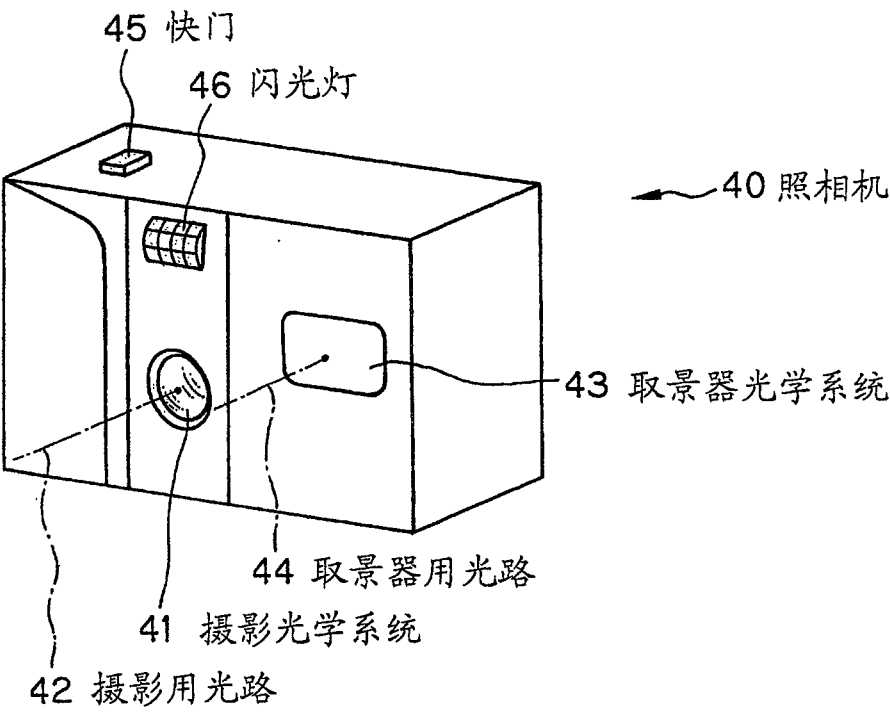


图 57

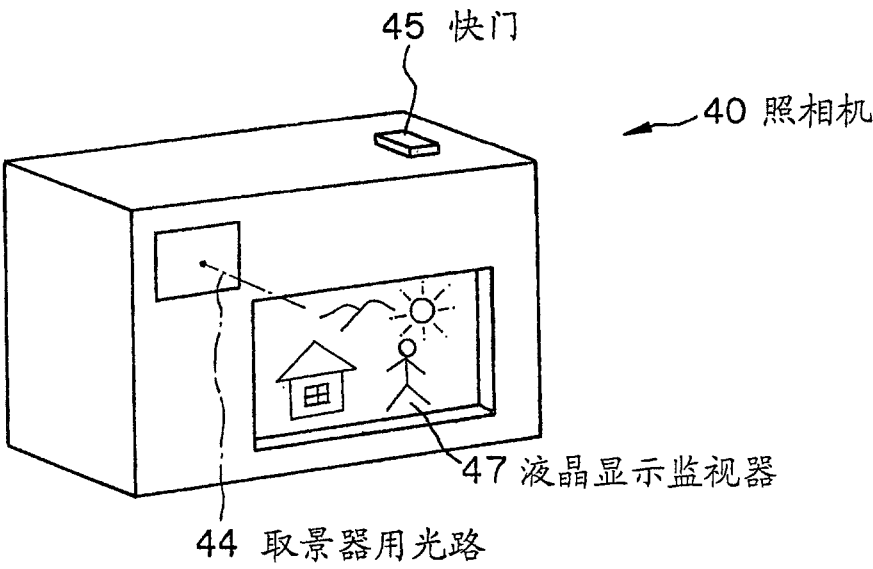


图 58

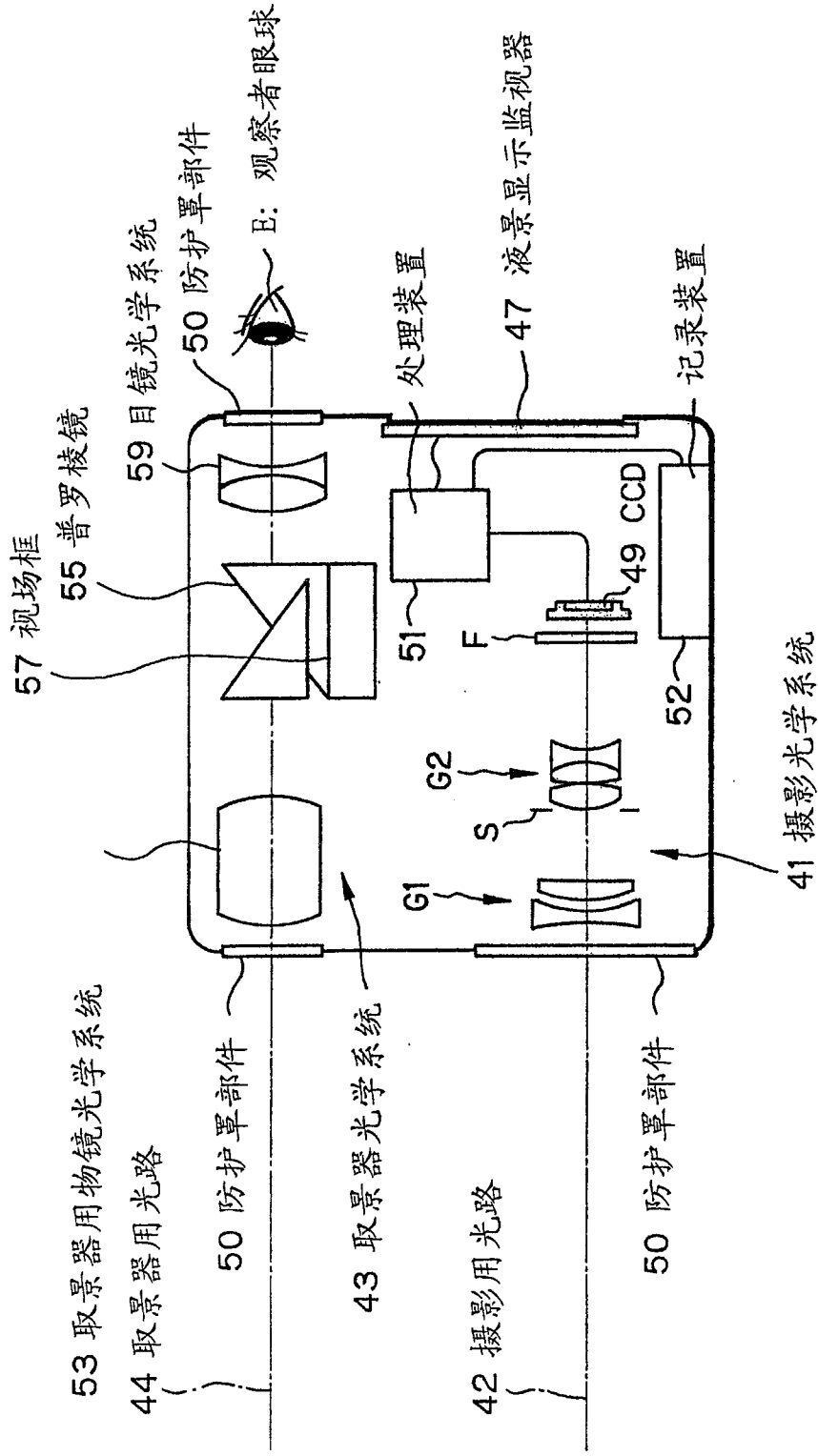


图 59

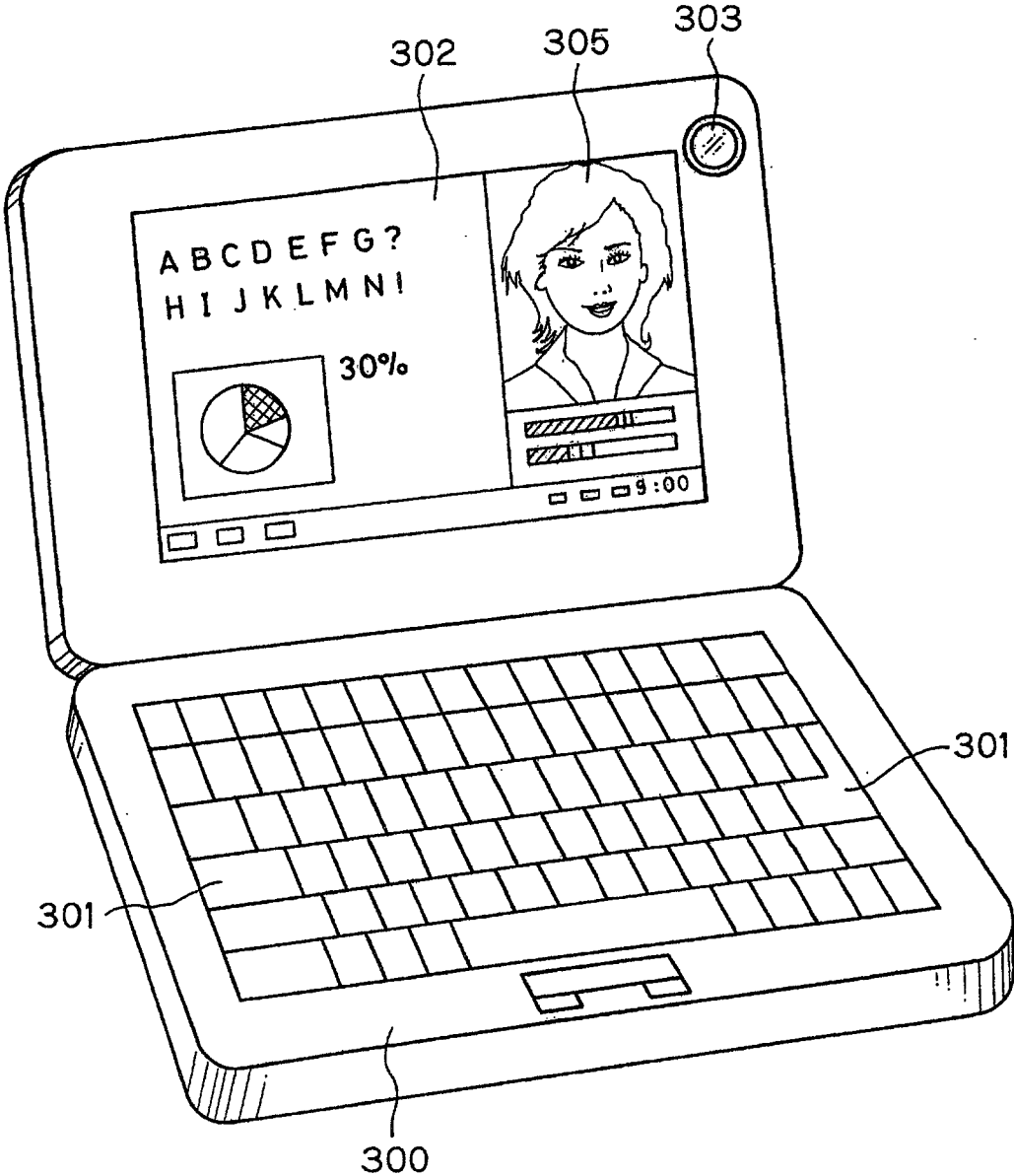


图 60

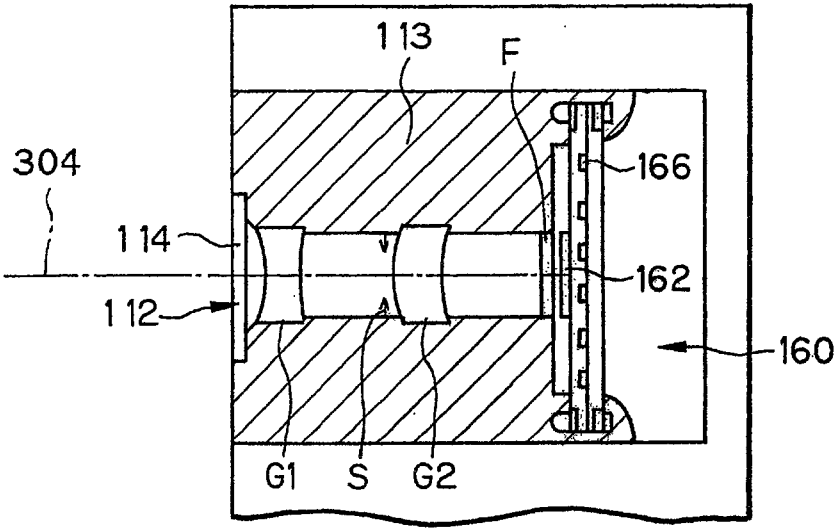


图 61

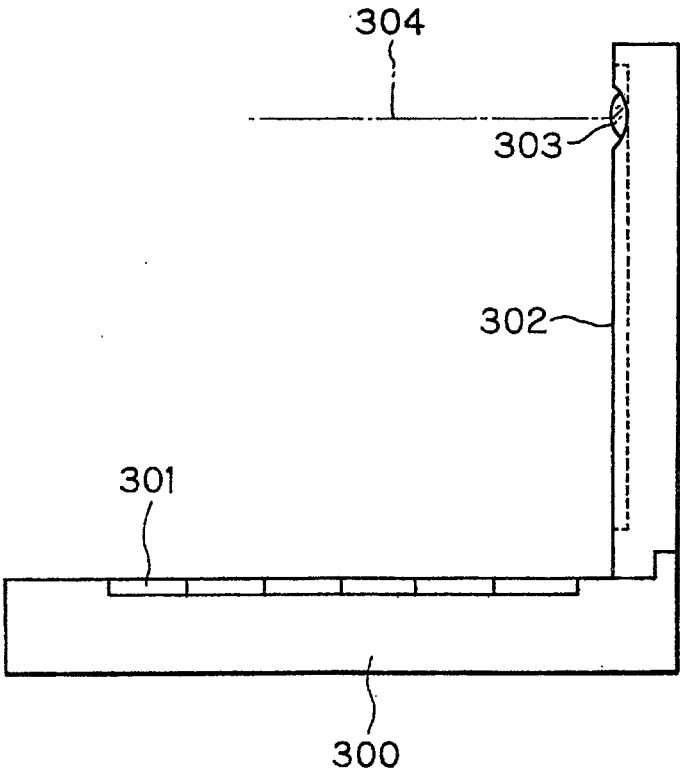


图 62

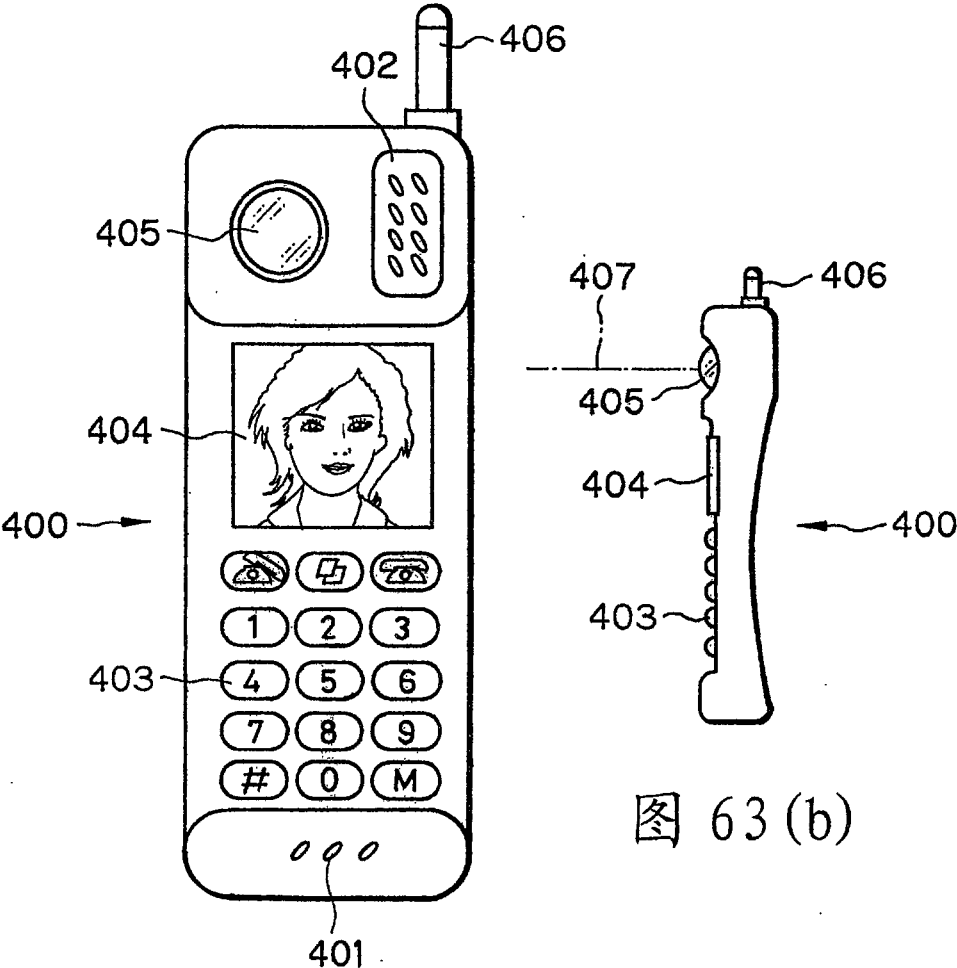


图 63(a)

图 63(b)

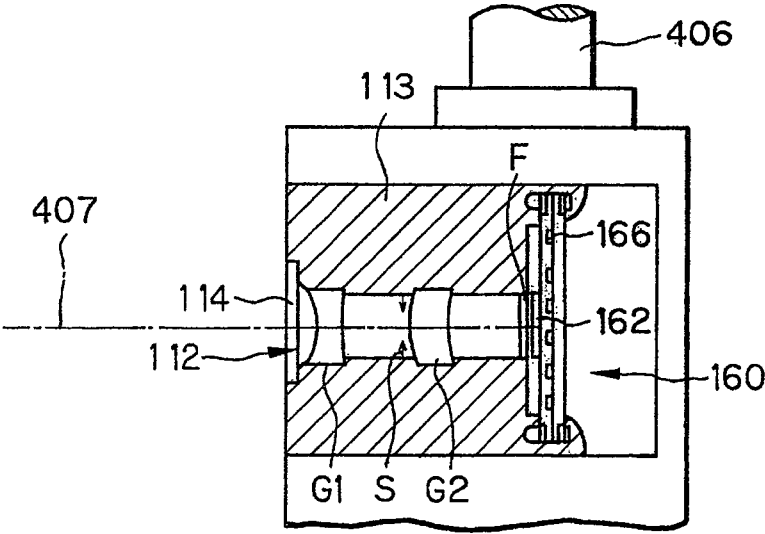


图 63(c)