



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101208627 B

(45) 授权公告日 2012.09.19

(21) 申请号 200680018590.4

(56) 对比文件

(22) 申请日 2006.03.23

JP 特开平 5-215987 , 1993.08.27, 全文 .

(30) 优先权数据

US 4147410 A, 1979.04.03, 全文 .

11/101, 933 2005.04.08 US

US 2004/0021953 A1, 2004.02.05, 附图

(85) PCT申请进入国家阶段日

1, 9A, 9B, 60 及说明书中相关内容 .

2007.11.27

US 2003/0133200 A1, 2003.07.17, 全文 .

审查员 章锦

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/010621 2006.03.23

(87) PCT申请的公布数据

W02006/110283 EN 2006.10.19

(73) 专利权人 潘那维申国际有限公司

地址 美国加州

(72) 发明人 詹姆斯·布莱恩·寇德威尔

伊恩·A·尼尔

(74) 专利代理机构 北京中原华和知识产权代理

有限责任公司 11019

代理人 寿宁

(51) Int. Cl.

G02B 23/14 (2006.01)

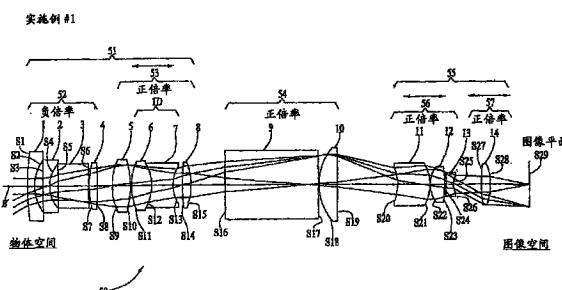
权利要求书 4 页 说明书 32 页 附图 36 页

(54) 发明名称

具有简化的变焦结构的宽范围广角复合变焦

(57) 摘要

本发明揭示一种变焦镜头，其具有大于 4 的变焦比，其中在短焦距位置处的视野大于 85 度，且具有最少数目的移动组。所述变焦镜头利用包括 NP 或 NPP 变焦核心和其后的 P 或 PP 变焦中继器的复合变焦结构，其中仅两个或三个移动组可用于变焦、对焦和无热化。通过使用多个用以在战略位置折叠光路的棱镜来实现整体紧凑的封装尺寸。可选的可变倍率液体单元可提供具有极小或不具有焦点涨缩的近对焦。



1. 一种用于形成物体的最终图像的变焦镜头系统，所述系统具有物体侧和图像侧且在所述物体与所述最终图像之间形成第一中间实像，其特征在于，所述系统从所述物体侧到所述图像侧依次包括：

镜头组 X，其包含变焦子组 A，所述变焦子组 A 含有位于所述物体与所述第一中间实像之间的至少一个镜头元件；以及

镜头组 Y，其包含变焦子组 B，所述变焦子组 B 含有位于所述第一中间实像与所述最终图像之间的至少一个镜头元件；

其中，所述变焦子组 A 和 B 可沿着用于提供变焦的光轴而同时移动；且

其中，仅通过单个可移动、具有正倍率的变焦子组，而在所述镜头组 X 和 Y 中的至少一者中执行变焦。

2. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统，其特征在于，进一步包括在所述变焦子组 A 的物体侧的相对于所述最终图像是固定的负倍率第一镜头子组。

3. 根据权利要求 2 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述第一镜头子组用于接受至少 65 度的最大视野。

4. 根据权利要求 2 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述第一镜头子组包含用于折叠已聚集的光和所述光轴的折叠棱镜。

5. 根据权利要求 4 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述折叠棱镜和所述折叠棱镜的物体侧的所有镜头元件可作为一个单元以围绕所述光轴而旋转。

6. 根据权利要求 2 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 A 和 B 均具有正倍率。

7. 根据权利要求 2 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述第一镜头子组或所述变焦子组 A 内的一个镜头元件以及所述一个镜头元件的物体侧的所有镜头元件可作为一个单元以围绕所述光轴而旋转。

8. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统，其特征在于，进一步包括位于所述变焦子组 A 与所述变焦子组 B 之间的镜头组 Z，所述镜头组 Z 包含所述第一中间实像或使所述第一中间实像与其邻近。

9. 根据权利要求 8 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述第一中间实像形成在所述镜头组 Z 中的镜头元件之间的空气空间中。

10. 根据权利要求 8 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述镜头组 Z 包含用于折叠已聚集的光和所述光轴的折叠棱镜。

11. 根据权利要求 10 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述折叠棱镜和所述折叠棱镜的物体侧的所有镜头元件可作为一个单元以围绕所述光轴而旋转。

12. 根据权利要求 8 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述镜头组 Z 具有正倍率。

13. 根据权利要求 8 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述镜头组 Z 相对于所述最终图像是固定的。

14. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 B 内的一个镜头元件和所述一个镜头元件的物体侧的所有镜头元件可作为一个单元以围绕所述光轴而旋转。

15. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统，其特征在于，进一步包括位于不干扰所述变

焦子组 A 和 B 的移动的区域中的至少一个折叠棱镜。

16. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 进一步包括至少一个非球形光学表面。

17. 根据权利要求 16 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述至少一个非球形光学表面有助于对失真和球形像差中的至少一者进行校正。

18. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 进一步包括位于所述变焦子组 B 与所述最终图像之间的折叠镜面。

19. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 进一步包括位于所述变焦子组 B 与所述最终图像之间的折叠棱镜。

20. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 B 包括用于对焦的至少一个可变的镜头元件曲率半径。

21. 根据权利要求 20 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 B 包括至少一个液体镜头元件。

22. 根据权利要求 20 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 B 包括一光圈光阑,

其中, 所述镜头元件可变曲率半径位于所述光圈光阑附近, 以用于最小化焦点涨缩。

23. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者可沿着用于提供对焦和变焦的光轴而移动。

24. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者可沿着用于提供热补偿和变焦的光轴而移动。

25. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者可沿着用于提供对焦、热补偿和变焦的光轴而移动。

26. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述镜头组 Y 进一步包含变焦子组 C, 所述变焦子组 C 含有位于所述变焦子组 B 与所述最终图像之间的至少一个镜头元件;

其中所述三个变焦子组 A、B 和 C 中的至少两者可沿着用于提供变焦的所述光轴同时移动。

27. 根据权利要求 26 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 C 具有正倍率。

28. 根据权利要求 26 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 A、B 和 C 中的至少一者可沿着用于提供对焦和变焦的光轴而移动。

29. 根据权利要求 26 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 A、B 和 C 中的至少一者可沿着用于提供热补偿和变焦的光轴而移动。

30. 根据权利要求 26 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述变焦子组 A、B 和 C 中的至少一者可沿着用于提供对焦、热补偿和变焦的光轴而移动。

31. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统, 其特征在于, 所述镜头组 X 进一步包含变焦子组 C, 所述变焦子组 C 含有至少一个镜头元件且位于所述变焦子组 A 与所述第一中间实像之间;

其中所述三个变焦子组 A、B 和 C 中的至少两者可沿着用于提供变焦的光轴同时移动; 以及

其中当所述变焦子组 A 和 C 沿着所述用于提供变焦的光轴而同时移动，且所述变焦子组 B 暂时固定时，所述变焦镜头系统具有小于 10 : 1 的变焦比。

32. 根据权利要求 31 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 C 具有正倍率。

33. 根据权利要求 31 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 A、B 和 C 中的至少一者可沿着用于提供对焦和变焦的光轴而移动。

34. 根据权利要求 31 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 A、B 和 C 中的至少一者可沿着用于提供热补偿和变焦的光轴而移动。

35. 根据权利要求 31 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 A、B 和 C 中的至少一者可沿着用于提供对焦、热补偿和变焦的光轴而移动。

36. 根据权利要求 1 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述镜头组 X 仅包括单个变焦子组，且所述镜头组 Y 仅包括单个变焦子组。

37. 根据权利要求 36 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者可沿着用于提供对焦和变焦的光轴而移动。

38. 根据权利要求 36 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者可沿着用于提供热补偿和变焦的光轴而移动。

39. 根据权利要求 36 所述的变焦镜头系统，其特征在于，所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者可沿着用于提供对焦、热补偿和变焦的光轴而移动。

40. 一种用于形成物体的最终图像的变焦镜头系统，所述系统具有物体侧和图像侧且在所述物体与所述最终图像之间形成第一中间实像，其特征在于，所述系统从所述物体侧到所述图像侧依次包括：

第一变焦部分，其包含第一变焦子部分，所述第一变焦子部分含有：位于所述物体与所述第一中间实像之间的至少一个镜头元件；以及

第二变焦部分，其包含第二变焦子部分，所述第二变焦子部分含有：位于所述第一中间实像与所述最终图像之间的至少一个镜头元件；

其中所述第一和第二变焦子部分可沿着用于提供变焦的光轴连续地且同时移动；且

其中仅通过单个可移动、具有正倍率的变焦子部分，在所述第一和第二变焦部分中的至少一者中执行变焦。

41. 一种用于形成物体的最终图像的变焦镜头系统，所述系统在所述物体与所述最终图像之间形成第一中间实像，其特征在于，所述系统包括复合变焦子组 A 和 B，其中所述变焦子组 A 和 B 可沿着用于提供变焦的光轴连续地且同时移动，所述复合变焦子组 A 和 B 相对于彼此具有受控的光瞳成像，且仅通过单个可移动、具有正倍率的变焦子组，而在所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者中执行变焦。

42. 一种用于形成物体的最终图像的变焦镜头系统，其特征在于，所述系统具有物体侧和图像侧且从所述物体侧到所述图像侧依次包括：

变焦子组 A，其形成中间实像；以及

可变焦距变焦子组 B，其接收所述中间实像并改变其放大率以形成所述最终图像；

其中所述变焦子组 A 和 B 可沿着用于提供变焦的光轴连续地且同时移动；且

其中仅通过单个可移动、具有正倍率的变焦子组，而在所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者中执行变焦。

43. 一种用于形成物体的最终图像的变焦镜头系统,所述变焦镜头系统具有在最大焦距与最小焦距之间的焦距范围,且针对所述焦距范围内的所有焦距在所述物体与所述最终图像之间形成至少一第一中间实像,其特征在于,所述变焦镜头系统具有物体侧和图像侧且从所述物体侧到所述图像侧依次包括:

变焦子组 A,其具有经改变以改变所述第一中间实像的大小的焦距,所述变焦子组 A 位于所述物体与所述第一中间实像之间;以及

变焦子组 B,其用于改变所述最终图像的放大率,所述变焦子组 B 位于所述第一中间实像与所述最终图像之间;

其中所述变焦子组 A 和 B 可沿着用于提供变焦和对焦的光轴连续地且同时移动;且

其中仅通过单个可移动、具有正倍率的变焦子组,而在所述变焦子组 A 和 B 中的至少一者中执行变焦。

44. 一种变焦镜头系统,其特征在于,包括:

变焦核心,其用于形成中间实像;以及

变焦中继器,其进行变焦以用于放大所述中间实像以形成最终图像;

其中所述变焦核心和中继器包含可沿着用于提供变焦的光轴而连续地且同时移动的变焦子组;且

其中仅通过单个可移动、具有正倍率的变焦子组,而在所述变焦核心或变焦中继器中的至少一者中执行变焦。

具有简化的变焦结构的宽范围广角复合变焦

技术领域

[0001] 本发明一般涉及变焦镜头，且在特定实施例中，涉及具有最小数目的移动镜头组的可视需要 (optionally) 而旋转的复合变焦镜头，其提供较宽的焦距范围以及较广的视野，且尺寸较小以配合用在例如蜂窝式电话的消费产品以及具有紧凑镜头的其它产品中。

背景技术

[0002] 现有技术中大量缺乏的是以在 85 度或 85 度以上的短焦距位置处具有最大视野而组合的、具有大于约 4 的变焦比的变焦镜头。尽管此类变焦镜头在广播变焦镜头的领域中是已知的，但这些通常是大型、复杂和昂贵的设计。在第 5,745,300 号美国专利以及在第 62-153,913 号、第 08-136,808 号、第 09-015,501 号、第 09-033,812 号和第 11-030,749 号日本专利中可找到实例。

[0003] 在第 6,038,084 号美国专利中可找到更紧凑的宽范围广角变焦，但除了非常复杂之外，所述实例的性能还较差。

[0004] 所需要的是一种可以经济地大量生产的具有较宽的变焦范围和较广的视野角的紧凑且相对简单的变焦镜头。此类变焦镜头在数字静态画面和视频相机、手机、个人数字助理 (PDA) 等中将具有广泛的应用。

[0005] 目前，在相关的第 20040021953 号美国专利申请公开案中描述了新颖的复合变焦系统。此系统包括形成中间图像的变焦核心，随后是将中间图像再成像为最终图像平面的变焦中继器 (relay)。变焦系统整体的变焦比等于核心的变焦比乘以中继器的变焦比。此类设计方法具有优于常规变焦镜头设计的许多潜在优点，包含大变焦范围、广视野、高图像质量以及布置折叠镜面或棱镜时的灵活性 (flexibility)。然而，所述变焦系统并没有提供适合于大批量市场应用的紧凑的宽范围广角变焦镜头。

[0006] 最近，在相关的 2005 年 3 月 2 日申请的第 11/071,125 号美国专利申请案中描述了广角复合变焦系统。此系统包括四个独立移动的组以实现约 8.6 的变焦比以及在短焦距位置处为 90 度的视野。系统充分紧凑而可用于手机、PDA 或紧凑型数码相机中。

[0007] 然而，随着个人电子装置的尺寸不断增加，仍需要可以经济地大量生产的具有宽变焦范围和广视野角的更紧凑且相对简单的变焦镜头。此类变焦镜头在数字静态画面和视频相机、手机、PDA 等中将具有广泛应用。

发明内容

[0008] 本发明的实施例对相关的第 11/071,125 号美国专利申请案中描述的复合变焦设计提出改进，其将独立移动的镜头组的数目减少到仅 2 或 3，同时保持较大的变焦比并维持或放大最短焦距处的视野。根据本发明实施例的复合变焦系统也可利用变焦组作为对焦 (或称为聚焦) 组且用于无热化 (athermalization)，进而维持相对简单的机械结构。应了解，温度改变可能导致镜头散焦，因此变焦组的额外移动 (类似于移动多个变焦组以用于对焦) 补偿了这些温度改变。此温度补偿被称为无热化。

[0009] 本文详细描述的镜头系统是宽范围超广角、可视需要旋转的复合变焦装置，其具有简化的变焦结构，其具有足够的性能以与具有 $2.4 \mu\text{m}$ 像素大小的 3 百万像素级传感器一起使用。由变焦范围覆盖的焦距等效于 35mm 相机在短焦距端的约 18mm 或 21mm 到长焦距端的约 100mm。

[0010] 本发明实施例的重要方面 (aspect) 是极广角开始点。尽管可能用常规非复合技术设计宽范围变焦装置，但此类设计通常在广端限于 35mm 格式等效焦距的约 24mm 到 28mm。

[0011] 复合变焦技术允许甚至具有大变焦范围和极宽视野的直径非常小的前方元件，但顶焦距趋于较大，因为复合变焦系统有效地包括串联的两个单独变焦系统。在本发明的实施例中，当针对 6mm 的图像对角线进行标度时，顶焦距范围在约 70mm 到约 80mm。为了允许系统用于紧凑封装，设计中可包含一个或一个以上折叠棱镜或镜面。在本发明的第一实施例中，折叠光学元件链 (train) 为“U”形，且足够小而占用约 4.7cc (例如，约 34.6mm × 16.7mm × 8.2mm) 的盒形体积。在第二实施例中，用矩形玻璃块代替第一折叠棱镜以说明可选的 (optional) 封装格式。折叠的光学元件链也是“U”形的，且足够小以占用约 4.9cc (例如，约 34.5mm × 15.1mm × 9.4mm) 的盒形体积。在第三实施例中，折叠光学元件链也是“U”形的，且足够小以占用约 6.9cc (例如，约 42.2mm × 20.5mm × 8.0mm) 的盒形体积。在第四实施例中，折叠光学元件链也是“U”形的，且足够小以占用约 7.1cc (例如，约 42.7mm × 20.7mm × 8.0mm) 的盒形体积。系统的工作距离足以将三折叠镜面或棱镜恰好放置在图像平面之前。此三折叠镜面或棱镜可用于简化传感器的放置，或者其可用于并入 (incorporate) 实际的 SLR 光学取景器 (viewfinder)。

[0012] 光学设计由变焦核心和其后的变焦中继器组成，固定的 P 镜头组位于其中间。变焦核心具有 NP 或 NPP 结构，且变焦中继器具有 P 或 PP 结构。本文界定的核心包含在固定的 P 镜头组的物体空间侧的所有镜头组，而变焦中继器包含在固定的 P 镜头组的图像空间侧的所有变焦组。总共仅有两个或三个独立移动的组，其中的一个或两个在中间图像的每一侧。前方组相对于图像平面是固定的，例如折叠棱镜。仅包括一个或两个独立移动的正 (positive) 组的变焦中继器具有简单很多的结构，其非常有助于系统整体的简单性。

附图说明

[0013] 图 1 说明根据本发明第一实施例的具有所识别的镜头元件和表面的复合变焦镜头的展开布局。

[0014] 图 2 说明根据本发明第一实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z1 处的展开布局。

[0015] 图 3 说明根据本发明第一实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z2 处的展开布局。

[0016] 图 4 说明根据本发明第一实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z3 处的展开布局。

[0017] 图 5 是根据本发明第一实施例的复合变焦镜头系统的三维视图。

[0018] 图 6 说明根据本发明第一实施例的复合变焦镜头的折叠布局。

[0019] 图 7 说明根据本发明第一实施例的复合变焦镜头的折叠布局。

[0020] 图 8 说明根据本发明第一实施例的在变焦位置 Z1 处的横向光线像差绘图，其中有效焦距 (EFL) 为 2.5mm 且视野 (FOV) 为 100.4 度。

[0021] 图 9 说明根据本发明第一实施例的在变焦位置 Z2 处的横向光线像差绘图，其中 EFL 为 5.7mm 且 FOV 为 5.8 度。

[0022] 图 10 说明根据本发明第一实施例的在变焦位置 Z3 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 13.9mm 且 FOV 为 24.4 度。

[0023] 图 11 说明根据本发明第二实施例的具有所识别的镜头元件和表面的复合变焦镜头的展开布局。

[0024] 图 12 说明根据本发明第二实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z1 处的展开布局。

[0025] 图 13 说明根据本发明第二实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z2 处的展开布局。

[0026] 图 14 说明根据本发明第二实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z3 处的展开布局。

[0027] 图 15 是根据本发明第二实施例的复合变焦镜头系统的三维视图。

[0028] 图 16 说明根据本发明第二实施例的复合变焦镜头的折叠布局。

[0029] 图 17 说明根据本发明第一实施例的复合变焦镜头的折叠布局。

[0030] 图 18 说明根据本发明第二实施例的在变焦位置 Z1 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 2.5mm 且 FOV 为 100.4 度。

[0031] 图 19 说明根据本发明第二实施例的在变焦位置 Z2 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 5.5mm 且 FOV 为 56.8 度。

[0032] 图 20 说明根据本发明第二实施例的在变焦位置 Z3 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 13.9mm 且 FOV 为 24.4 度。

[0033] 图 21 说明根据本发明第三实施例的具有所识别的镜头元件和表面的复合变焦镜头的展开布局。

[0034] 图 22 说明根据本发明第三实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z1 处的展开布局。

[0035] 图 23 说明根据本发明第三实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z3 处的展开布局。

[0036] 图 24 说明根据本发明第三实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z5 处的展开布局。

[0037] 图 25 是根据本发明第三实施例的复合变焦镜头系统的三维视图。

[0038] 图 26 说明根据本发明第三实施例的复合变焦镜头的折叠布局。

[0039] 图 27 说明根据本发明第三实施例的复合变焦镜头的折叠布局。

[0040] 图 28 说明根据本发明第三实施例的在变焦位置 Z1 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 3.0mm 且 FOV 为 90.0 度, 且物距无穷大。

[0041] 图 29 说明根据本发明第三实施例的在变焦位置 Z2 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 3.0mm 且 FOV 为 88.5 度, 且物距为 100mm。

[0042] 图 30 说明根据本发明第三实施例的在变焦位置 Z3 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 6.0mm 且 FOV 为 53.4 度, 且物距无穷大。

[0043] 图 31 说明根据本发明第三实施例的在变焦位置 Z4 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 6.0mm 且 FOV 为 54.8 度, 且物距为 100mm。

[0044] 图 32 说明根据本发明第三实施例的在变焦位置 Z5 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 13.9mm 且 FOV 为 24.4 度, 且物距无穷大。

[0045] 图 33 说明根据本发明第三实施例的在变焦位置 Z6 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 13.9mm 且 FOV 为 26.0 度, 且物距为 100mm。

[0046] 图 34 说明根据本发明第四实施例的具有所识别的镜头元件和表面的复合变焦镜头的展开布局。

[0047] 图 35 说明根据本发明第四实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z1 处的展开布局。

- [0048] 图 36 说明根据本发明第四实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z3 处的展开布局。
- [0049] 图 37 说明根据本发明第四实施例的复合变焦镜头在变焦位置 Z5 处的展开布局。
- [0050] 图 38 是根据本发明第四实施例的复合变焦镜头系统的三维视图。
- [0051] 图 39 说明根据本发明第四实施例的复合变焦镜头的折叠布局。
- [0052] 图 40 说明根据本发明第四实施例的复合变焦镜头的折叠布局。
- [0053] 图 41 说明根据本发明第四实施例的在变焦位置 Z1 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 3.0mm 且 FOV 为 90.0 度, 且物距无穷大。
- [0054] 图 42 说明根据本发明第四实施例的在变焦位置 Z2 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 3.0mm 且 FOV 为 90.4 度, 且物距为 100mm。
- [0055] 图 43 说明根据本发明第四实施例的在变焦位置 Z3 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 6.0mm 且 FOV 为 53.4 度, 且物距无穷大。
- [0056] 图 44 说明根据本发明第四实施例的在变焦位置 Z4 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 6.0mm 且 FOV 为 54.2 度, 且物距为 100mm。
- [0057] 图 45 说明根据本发明第四实施例的在变焦位置 Z5 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 13.9mm 且 FOV 为 24.4 度, 且物距无穷大。
- [0058] 图 46 说明根据本发明第四实施例的在变焦位置 Z6 处的横向光线像差绘图, 其中 EFL 为 13.9mm 且 FOV 为 25.2 度, 且物距为 100mm。

具体实施方式

[0059] 在以下对优选实施例的描述中, 对形成其一部分的附图作出参考, 且其中借助于可实践本发明的示例性特定实施例来绘示。应了解, 在不脱离本发明优选实施例的范围的情况下, 可利用其它实施例并作出结构上的改变。

[0060] 本发明的实施例是针对仅具有两个或三个独立移动的镜头组、大变焦比以及最短焦距处的广视野、且具有足够的性能与具有 $2.4 \mu\text{m}$ 像素大小的 3 百万像素等级传感器一起使用的可视需要来旋转的复合变焦设计。根据本发明实施例的复合变焦系统也可利用变焦组作为对焦组且用于无热化, 进而维持相对简单的机械结构。

[0061] 第一示范性实施例。图 1 说明具有所识别的镜头元件和表面的可视需要来旋转的复合变焦镜头的第一示范性实施例的展开布局。第一示范性实施例(没有旋转特征)的规格近似如下:

- [0062] 变焦比 :5.5 : 1
- [0063] 焦距 :2.5-13.9mm
- [0064] 光圈 :f/2.8-f/6.0
- [0065] 全视野 :100.4 度 -24.4 度
- [0066] 35mm 相机等效 :18mm-100mm
- [0067] 35mm 电影镜头等效 :12mm-67mm
- [0068] 展开的顶焦距 :69.5mm
- [0069] 格式 :1/3" (6mm 对角线)
- [0070] 折叠的封装尺寸 :34.6mm × 16.7mm × 8.2mm
- [0071] 离开主光线角 :在整个变焦范围内小于 19.7 度。

[0072] 在此第一示范性实施例中,由变焦范围覆盖的焦距等效于 35mm 相机的约 18mm 到 100mm。在短焦距位置处的大于 100 度的超宽视野是此设计的显著特征。尽管如此,前方元件直径异常小,且折叠的封装尺寸非常紧凑。此单一变焦中的焦距范围对于定向于消费者的光学系统来说是不寻常的,且涵盖先前无法实现却极其需要的超宽到短远望 (short tele) 的范围。

[0073] 使此设计尤其吸引人的是极端的广角开始点。常规的具有大于 100 度的广角视野的非复合变焦镜头在此项技术中是已知的,但这些一般具有仅约 2 : 1 的变焦比。

[0074] 尽管复合变焦技术提供针对宽范围广角光学元件的独特能力,但其具有的缺点在于顶焦距趋向于相当长。在此情况下顶焦距为 69.6mm。为了使系统可用于紧凑封装中,设计中包含了两个折叠棱镜。这些折叠棱镜允许系统配合 (fit) 至约 34.6mm×16.7mm×8.2mm 的封装尺寸中。应注意,其它配置是可能的。如果去除折叠棱镜,那么将可能使顶焦距缩短约 10–15mm,这在一些应用中是可接受或甚至优选的。

[0075] 系统的工作距离足以将三折叠镜面或棱镜恰好放置在图像平面之前。此三折叠镜面或棱镜可用于简化传感器的放置,或者其可用于并入实际的 SLR 光学取景器。

[0076] 现将参看附图和表格更详细描述图 1 说明的本发明的第一示范性非旋转实施例。参看图 1,通过从 1 到 14 的标号来识别每个镜头元件,且描绘每个镜头元件的一般配置,但下文在表格中陈述每个镜头表面的实际半径。通过字母“S”和其后的从 S1 到 S29 的标号来识别镜头表面。

[0077] 每个镜头元件的相对表面由单独但连续的表面号 (number) 来识别,例如镜头元件 1 具有镜头表面 S1 和 S2,镜头元件 5 具有镜头表面 S9 和 S10,以此类推,如图 1 所示,但对于配对 (doublet) 镜头组件 1D 除外,对一致面向 (facing) 镜头的各表面给予单一表面号 S12。举例来说,配对 1D 包含具有前镜头表面 S11 和后镜头表面 S12 的镜头元件 6,以及具有前镜头表面 S12(重合) 和后镜头表面 S13 的镜头元件 7。实像表面由标号 S29 来识别。除了镜头表面 S3、S4、S18、S20、S22 和 S23 之外,其为非球形、非平面但关于光轴旋转对称的非球形表面,所有镜头表面都是球形的。

[0078] 在描述镜头元件的详细特性之前,将针对本发明此第一示范性实施例的变焦镜头系统 (一般指定为 50) 给出对镜头组及其轴向位置和移动的概括性描述。

[0079] 从面向待拍摄物体的一端 (即,图 1 的左端) 开始,第一镜头组 51 包括第一镜头子组 52 和第一变焦子组 53。第一镜头子组 52 是负倍率 (power) 子组且包括单一镜头元件 1–4,其收集来自物体空间的光并减小主光线相对于光轴 (识别为 \odot) 的角度。第一变焦子组 53 是正倍率子组且包括单一镜头元件 5、包含镜头元件 6 和 7 的第一配对 1D,以及单一镜头元件 8。第二镜头组 54 是固定的且是正倍率组,且包括棱镜元件 9、单一镜头元件 10 以及位于元件 10 附近或元件 10 内的中间图像。镜头元件 10 可称为场透镜 (fieldlens)。第三镜头组 55 包括第二变焦子组 56 和第三变焦子组 57。第二变焦子组 56 是正倍率子组,其包含 S26 处的光阑并包括单一镜头元件 11–13,且第四变焦子组 57 包括单一镜头元件 14。应注意,在整个申请案中,词语“变焦元件”指至少一个元件,其改变关于所述至少一个元件的物体共轭到图像共轭的放大。上文描述的各个组和子组可视为镜头单元或部分,其中第一镜头单元或部分可被界定为包含场透镜的物体侧的所有镜头元件,而第二镜头单元或部分可被界定为包含场透镜的图像侧的所有镜头元件。

[0080] 下文在表 1 中陈述本发明第一示范性实施例中每个镜头元件的正倍率或负倍率。如上文所述,每一组镜头的所得光学倍率如下:第一镜头子组 52 为负,第一变焦子组 53 为正,第二镜头组 54 为正,第二变焦子组 56 为正,且第三变焦子组 57 为正。

[0081] 第一示范性实施例的光学设计包括 NP 核心和其后的 PP 中继器。总共存在三个独立移动的组:一个在中间图像的物体侧,两个在中间图像的图像侧。前面的负倍率组相对于图像平面是固定的,对于两个折叠棱镜也是如此。5.5 : 1 的变焦比大于目前市场上大多数紧凑型数码相机的变焦比,且广端处 100.4 度的视野显著宽于任何目前的紧凑型数码相机的视野。

[0082] 包括两个独立移动的正组的 PP 中继器具有特别简单的结构,其显著地有助于系统整体的简单性。因为两个组均为正,所以使元件的总数最少,同时维持非常高的图像质量。

[0083] 系统的光圈 (aperture) 范围是从约 f/2.8 到 f/6.0,但在从约 2.5mm 到 5.5mm 的焦距下在约 f/2.8 处是恒定的。从约 5.5mm 到 13.9mm,光圈从 f/2.8 逐渐下降到 f/6.0。

[0084] 变焦子组 53、56 和 57 中的每一者可依据其位置而沿着用于对焦、变焦和无热化的光轴在两个方向上移动。特定来说,三个变焦子组 53、54 和 57 中的至少两者可沿着用于变焦的光轴而同时移动,且变焦子组 53、56 和 57 中的至少一者也可沿着用于对焦和 / 或热补偿的光轴而移动。固定的第一镜头子组 52 和第二镜头组 54 在变焦期间保持固定且保持在与实像表面 S29 相距一固定距离处。图 1 上部中两端有箭头的水平箭头指出变焦子组 53、56 和 57 中的每一者都可在两个轴向方向上但以单调方式(即,当从调节的一个极端前进到另一极端时仅在一个方向上)移动。

[0085] 尽管图 1 中实体上绘示了镜头元件,但应了解,提供常规机械装置和机构以用于支持镜头元件,且用于促使可移动组在常规镜头外壳或筒中的轴向移动。

[0086] 下文在表 1 中陈述上述第一示范性实施例 50 的镜头构造和制造数据,其是从可从 ZEMAX Development Corporation, San Diego, Calif., U. S. A. 购得的 ZEMAX \odot 光学设计软件产生的数据中取得的,在本申请案中所述数据也用于产生光学图。在包含表格的本说明书中,所有测量值均以毫米 (mm) 为单位,除了以下物理量之外:波长,以纳米 (nm) 为单位;给定为 n_d 的折射率,约 587.6nm 波长处的折射率;以及阿贝 (Abbe) 数 #,指出玻璃的散射且给定为 $d = (n_d - 1) / (n_F - n_c)$,其中 n_F 是大约 486.1nm 处的折射率,且 n_c 是大约 656.3nm 处的折射率。应注意,阿贝数越大,散射越小。

[0087] 在表 1 中,第一列“项目”识别每个光学元件,其具有如图 1 中所使用的相同的标号或标记。第二和第三列分别识别所述光学元件(镜头)所从属的具有如图 1 中使用的相同标号的“组”和“子组”。第四列“表面”是如图 1 中识别的光阑(可变光阑 (iris))S26 和镜头的每个实际表面的表面号的列表。第五列“变焦位置”识别变焦子组 53、56 和 57(图 2-4 中说明)的三个典型变焦位置 (Z1-Z3),其中在第四列中列出的一些表面之间存在距离改变(隔开),如下文更彻底地描述。以说明性文字“曲率半径”为首第六列是每个表面的光学表面曲率半径的列表,其中负号 (-) 表示曲率半径的中心在表面的左边,如图 1 中所看到者,且“无穷大”表示光学平坦的表面。针对表面 S3、S4、S18、S20、S22 和 S23 的星号 (*) 指出这些是“曲率半径”是基圆半径的非球形表面,且针对那两个表面的公式和系数设为对表 1 在*(星号) 处的脚注 (footnote)。第七列“厚度或间隔”是所述表面(第四列)

与下一表面之间的轴向距离。举例来说,表面 S2 与表面 S3 之间的距离是 1.137mm。

[0088] 表 1 的第八和第九列提供每个镜头元件的折射率和阿贝数 #。表 1 的以“光圈直径”为首的最后一列提供光线通过的每个表面的最大直径。假定 6mm 的图像对角线以及范围从最短焦距处的 f/2.8 到最长焦距处的 f/6.0 的相对光圈,来计算所有最大光圈直径,除了光阑表面 S26 之外。对于变焦位置 Z1-Z3 的光阑表面 S26 的最大光圈直径分别是 2.052mm、2.301mm 和 1.642mm。对于变焦位置 Z1-Z3 的相对光圈 (f 数) 分别是 f/2.8、f/2.8 和 f/6.0。

[0089] 表 1

[0090]

光学质量要求									
项目	组	子组	表面	变 焦 位 置	曲率半径 (mm)	厚度或间 隔(mm)	折射率 (n _d)	阿贝数# (V _d)	光 圈 直 径 (mm)
0				全部	无穷大	无穷大			
1	51	52	S1	全部	39.037	1.000	1.74400	44.72	9.17

[0091]

			S2	全部	5.775	1.137			6.99
2	51	52	S3	全部	-182.543*	0.910	1.58913	61.27	6.99
			S4	全部	3.820*	1.138			5.77
3	51	52	S5	全部	无穷大	4.200	1.78472	25.76	5.77
			S6	全部	无穷大	0.140			5.88
4	51	52	S7	全部	17.861	1.073	1.78472	25.76	6.08
			S8	Z1 Z2 Z3	-47.335	6.973 2.041 0.008			6.18
5	51	53	S9	全部	9.166	2.516	1.57960	53.89	6.92
			S10	全部	-11.649	0.140			7.00
6	51	53	S11	全部	8.173	2.787	1.62004	36.37	6.62
7	51	53	S12	全部	-5.687	3.025	1.84666	23.83	6.01
			S13	全部	4.724	1.320			5.05
8	51	53	S14	全部	28.963	1.200	1.62004	36.37	5.87
			S15	Z1 Z2 Z3	-8.382	0.095 4.761 6.795			6.12
9	54		S16	全部	无穷大	13.000	1.71300	53.83	6.37
			S17	全部	无穷大	0.140			9.23
10	54		S18	全部	6.339*	2.500	1.81600	46.60	9.97
			S19	Z1 Z2 Z3	无穷大	10.284 8.423 5.122			9.70
11	55	56	S20	全部	-5.578*	4.437	1.77250	49.60	4.84
			S21	全部	-5.868	0.100			5.75
12	55	56	S22	全部	3.333*	2.000	1.77250	49.60	4.84
			S23	全部	-19.539*	0.199			4.17
13	55	56	S24	全部	无穷大	1.000	1.84666	23.83	3.20
			S25	全部	2.185	0.500			2.31
光阑			S26	Z1 Z2 Z3	无穷大	1.664 3.404 1.356			2.30
14	55	57	S27	全部	17.862	1.260	1.77250	49.60	5.26
			S28	Z1 Z2 Z3	-7.768	4.886 5.290 10.606			5.48
图像			S29	全部	无穷大				6.00

[0092] * 通过以下传统等式 (equation) 来控制非球形表面 S3、S4、S18、S20 和 S23 的表面轮廓：

$$[0093] Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + (1 - (1 + K)(CURV)^2 Y^2)^{1/2}} + (A)Y^4 + (B)Y^6 + (C)Y^8 + (D)Y^{10}$$

[0094] 其中：

- [0095] CURV = 1/(曲率半径)
- [0096] Y = 光圈高度, 垂直于光轴测得
- [0097] K、A、B、C、D = 系数
- [0098] Z = 对于给定 Y 值的表面轮廓的位置, 沿着光轴从表面的极点 (pole, 即, 轴向顶点) 测得。
- [0099] 项目 2 的表面 S3 的系数为 :
- [0100] K = 0.00000
- [0101] A = -5.34659E-04
- [0102] B = 9.26878E-05
- [0103] C = 3.24510E-07
- [0104] D = -3.30602E-08
- [0105] 项目 2 的表面 S4 的系数为 :
- [0106] K = -2.62061
- [0107] A = 3.32166E-03
- [0108] B = -2.33880E-04
- [0109] C = 5.47697E-05
- [0110] D = -3.15557E-06
- [0111] 项目 10 的表面 S18 的系数为 :
- [0112] K = 0.00000
- [0113] A = -8.83354E-04
- [0114] B = 1.30200E-05
- [0115] C = -8.93854E-07
- [0116] D = 7.85338E-09
- [0117] 项目 11 的表面 S20 的系数为 :
- [0118] K = -2.36804
- [0119] A = 3.71978E-04
- [0120] B = -4.11465E-04
- [0121] C = 3.84247E-05
- [0122] D = -3.62581E-06
- [0123] 项目 12 的表面 S22 的系数为 :
- [0124] K = 0.00000
- [0125] A = -2.53984E-03
- [0126] B = -3.92970E-04
- [0127] C = 3.96547E-05
- [0128] D = -1.50072E-05
- [0129] 项目 12 的表面 S23 的系数为 :
- [0130] K = 0.00000
- [0131] A = -9.43773E-04
- [0132] B = -2.58120E-04

[0133] $C = -9.84934E-05$

[0134] $D = 1.36421E-05$

[0135] 上文对表 1 的脚注 * 包含用于针对值 Z 来计算非球形表面 S3、S4、S18、S20、S22 和 S23 的形状的等式, 其中 CURV 是表面极点处的曲率, Y 是与玻璃表面上特定点的光轴相距的高度或距离, K 是二次曲线 (conic) 系数, 且 A、B、C 和 D 分别是 4 阶 (order)、6 阶、8 阶和 10 阶变形系数。如上所述, 为说明本发明的范围和多样性, 在表 1 的数据中陈述三个不同的变焦位置 Z1、Z2 和 Z3, 其针对三个可移动的变焦子组提供三个不同位置的具体数据。变焦位置 Z1、Z2 和 Z3 代表变焦子组 53、56 和 57 的三个位置, 其中变焦位置 Z1 和 Z3 是极端 (extreme) 位置且 Z2 是中间位置。当然, 将了解的是, 在极端变焦位置 Z1 与 Z3 之间可使用连续变焦, 且在镜头系统 50 的所述变焦范围内可使用连续变焦的任何组合。

[0136] 镜头系统 50 的有效焦距 (EFL)、全视野 (FFOV) 和 F- 数对于不同的变焦位置而变化。现参看图 2-4, 变焦镜头系统 50 展示为具有在各个变焦位置的变焦组, 且具有这些位置的光线轨迹。图 2 表示上文在表 1 中陈述其数据的变焦位置 Z1, 其 EFL 为约 2.5mm, FFOV 为约 100.4°, 且 F- 数为约 2.8。图 3 表示来自表 1 的变焦位置 Z2, 其 EFL 为约 5.7mm, FFOV 为约 55.8°, 且 F- 数为约 2.8。图 4 表示来自表 1 的变焦位置 Z3, 其 EFL 为约 13.9mm, FFOV 为约 24.4°, 且 F- 数为约 6.0。

[0137] 从表 1 中陈述的针对个别镜头元件 (项目 1-14) 的规格以及镜头元件之间的间隔, 可通过使用上述 ZEMAX \otimes 光学设计软件来计算每个镜头元件的焦距且接着计算每组镜头元件 (即, 第一镜头组 52、第一变焦子组 53、第二镜头组 54、第二变焦子组 56 和第三变焦子组 57) 的焦距, 且那些计算出的组的焦距如下:

[0138] 第一镜头组 52 (元件 1-4) = -6.419mm;

[0139] 第一变焦子组 53 (元件 5-8) = 9.351mm;

[0140] 第二镜头组 54 (元件 9 和 10) = 7.768mm;

[0141] 第二变焦子组 56 (元件 11-13) = 7.610mm; 以及

[0142] 第三变焦子组 57 (元件 14) = 7.161mm。

[0143] 而且应注意, 第一示范性实施例 50 在表面 S26 处具有一个光阑, 其控制在所述点处光线可通过的光圈的直径, 借此促使变焦镜头系统中任何在径向上超过所述直径的光线被阻挡。光阑位于物理可变光阑 (iris) 所在处的位置。可变光阑位于第二变焦子组 56 内或位于其一端处, 且随着所述变焦子组而移动。应注意在图 4 中, 举例来说, 边缘光线在有多余空间的情况下通过 S26, 而在图 3 中, 边缘光线在其通过光阑时几乎接触 S26 的极端边缘。这表明位于 S26 处的可变光阑必须在焦距增加时打开。为了在图像处维持恒定的 f 数, 可变光阑必须“变焦”或改变。换句话说, 必须调节可变光阑以获得恒定光圈。单独的凸轮可用于在变焦期间打开或关闭可变光阑。另外, 应注意, 表 1 中陈述的所有镜头元件表面光圈在图 2-4 中描绘的所有对焦和变焦位置处均充当场阑 (field stops)。

[0144] 三个变焦子组 53、56 和 57 中的每一者可独立地在轴向上移动, 且通过例如常规机械装置 (例如凸轮等) 的任何便利装置来协调其各自的移动, 以实现所需的对焦、变焦和无热化功能。

[0145] 变焦镜头系统 50 具有位于第二变焦子组 56 内的可变光阑 S26, 且因此可变光阑 S26 与其一起轴向移动。相对于表 1 中列出的最大光圈直径而在第二变焦子组 56 如上所述

轴向移动时调节可变光阑 S26 的光圈大小,且在表 1 中给出其最大值。

[0146] 图 5 绘示第一示范性实施例的系统的三维视图。如图 5 指示,前面两个元件和两个场透镜可在非旋转实施例中缩短为矩形轮廓以最小化体积。图 6 和 7 绘示具有整体尺寸的折叠式非旋转系统的两个不同视图。

[0147] 在本申请案中描述和说明的规格、性能和光学质量要求实质上对应于非旋转的复合变焦镜头。然而,图 5 中说明复合变焦镜头的可选的旋转能力。在一个实施例中,第一折叠棱镜 500 和前方元件 502(在旋转实施例中可为圆形而不缩短)可相对于镜头元件 508 和第一折叠棱镜 500 的图像侧的所有其它镜头元件和棱镜,作为一个单元而围绕光轴 506 来旋转(如箭头 510 所示)。然而在替代实施例中,在镜头元件 512 中的任一者之间可发生旋转。在另一实施例中,第二折叠棱镜 514 和第二折叠棱镜 514 的物体侧的所有元件和棱镜可相对于第二折叠棱镜 514 的图像侧的元件和棱镜,作为一个单元而围绕光轴 516 来旋转(如箭头 518 所示)。应注意,元件 520 在旋转实施例中可为圆形而不缩短。然而在替代(alternative)实施例中,在镜头元件 524 中的任一者之间可发生旋转。在进一步的替代实施例中,两种旋转都是可能的。这些旋转可允许复合变焦镜头的一部分位于例如蛤壳(clamshell)型蜂窝电话的铰链中。

[0148] 还应了解,为了保留本文描述和说明的示范性规格、性能和光学质量要求以及避免渐晕(vignetting),本发明的旋转实施例要求检测器具有方形纵横比,检测器的每一侧等同于由本文描述的非旋转实施例的光学质量要求形成的矩形图像的最小尺寸。或者,为了保留本文描述的非旋转实施例的光学质量要求所形成的图像以及避免渐晕,本发明的旋转实施例要求对光学质量要求作一些修正,所述修正不要求过度的实验且恰好在所属领域的技术人员的能力以内,以提供较大棱镜和对其它镜头元件的改变。通过这样做,无论变焦镜头如何旋转,均可捕捉到矩形图像或任何图像形状。

[0149] 现参看图 8-10,以常规方式通过单独六对曲线图且针对三种波长(486nm、588nm 和 656nm)绘示分别针对变焦位置 Z1-Z3 的光线像差曲线图,其中在右下角为最大图像高度 45°,且在左上角为零图像高度。每一对中的左边曲线图是 Y-FAN,而每一对中的右边曲线图是 X-FAN。垂直轴上的每个抖动标记表示 10 微米,且因此最大刻度是 +/-50 微米。如所属领域的技术人员容易了解,这些性能曲线确立在全部三个变焦位置中,变焦镜头系统对于当前广播电视台 NTSC 质量表现得异常良好,且对于 HDTV 广播电视质量表现得非常好。

[0150] 第二示范性实施例。

[0151] 图 11 说明具有所识别的镜头元件和表面的可视需要旋转的复合变焦镜头的第二示范性实施例的展开布局。第二示范性实施例在规格和性能上类似于第一示范性实施例,但在核心中使用两个移动组且在中继器中仅使用单个移动组。

[0152] 第二示范性实施例(没有旋转特征)的规格近似如下:

[0153] 变焦比:5.5 : 1

[0154] 焦距:2.5-13.9mm

[0155] 光圈:f/2.8-f/6.0

[0156] 全视野:100.4 度-24.4 度

[0157] 35mm 相机等效:18mm-100mm

[0158] 35mm 电影镜头等效:12mm-67mm

- [0159] 展开的顶焦距 :69. 5mm
- [0160] 格式 :1/3" (6mm 对角线)
- [0161] 折叠的封装尺寸 :34. 5mm×15. 1mm×9. 4mm
- [0162] 离开主光线角 :在整个变焦范围中小于 24. 7 度。
- [0163] 如同第一示范性实施例,由第二示范性实施例的变焦范围覆盖的焦距等效于 35mm 相机的约 18mm 到 100mm,前方元件的直径显著较小,且折叠的封装尺寸非常紧凑。
- [0164] 第二示范性实施例的顶焦距为约 69. 5mm,且提供单个折叠棱镜以允许系统配合至大约 34. 5mm×15. 1mm×9. 4mm 的封装尺寸中。应注意,其它配置是可能的。包含在第一镜头组中的玻璃块可用作第二折叠棱镜。如果去除折叠棱镜,那么将可能使顶焦距缩短大约 10-15mm,这在一些应用中是可接受或甚至是优选的。
- [0165] 系统的工作距离足以将三折叠镜面或棱镜恰好放置在图像平面之前。此三折叠镜面或棱镜可用于简化传感器的放置,或者其可用于并入 (incorporate) 实际的 SLR 光学取景器。
- [0166] 现将参看附图和表格更详细描述图 11 说明的本发明的第二示范性非旋转实施例。参看图 11,通过从 1 到 14 的标号来识别每个镜头元件,且描绘每个镜头元件的一般配置,但下文在表格中陈述每个镜头表面的实际半径。通过字母“S”和其后的从 S1 到 S29 的标号来识别镜头表面。
- [0167] 每个镜头元件的相对表面由单独但连续的表面号来识别,例如镜头元件 1 具有镜头表面 S1 和 S2,镜头元件 5 具有镜头表面 S9 和 S10,以此类推,如图 11 所示,但对于配对镜头组件 1D 除外,对一致面向镜头的各表面给定单一表面号 S12。举例来说,配对 1D 包含具有前镜头表面 S11 和后镜头表面 S12 的镜头元件 6,以及具有前镜头表面 S12(重合)和后镜头表面 S13 的镜头元件 7。实像表面由标号 S29 来识别。除了镜头表面 S3、S4、S18、S20、S22 和 S23 之外,其为非球形、非平面但关于光轴旋转对称的非球形表面,所有镜头表面都是球形的。
- [0168] 在描述镜头元件的详细特性之前,将针对本发明此第二示范性实施例的变焦镜头系统(一般指定为 150)给出对镜头组及其轴向位置和移动的概括性描述。
- [0169] 从面向待拍摄物体的一端(即,图 11 的左端)开始,第一镜头组 151 包括第一镜头子组 152、第一变焦子组 153 和第二变焦子组 154。第一镜头子组 152 是负倍率子组且包括单镜头元件 1-4,其收集来自物体空间的光并减小主光线相对于光轴(识别为 \bigcirc)的角度。第一变焦子组 153 是正倍率子组且包括单一镜头元件 5 以及包含镜头元件 6 和 7 的第一配对 1D。第二变焦子组 154 包括单一镜头元件 8。第二镜头组 155 是固定的且是正倍率组,且包括棱镜元件 9、单一镜头元件 10 以及位于元件 10 附近或元件 10 内的中间图像。镜头元件 10 可称为场透镜。第三镜头组 156 包括第三变焦子组 157,其为正倍率子组,且包含 S26 处的光阑并包括单一镜头元件 11-14。
- [0170] 下文在表 2 中陈述本发明第一示范性实施例中每个镜头元件的正倍率或负倍率。如上文所述,每一组镜头的所得光学倍率如下:第一镜头子组 152 为负,第一变焦子组 153 为正,第二变焦子组 154 为正,第二镜头组 155 为正,且第三变焦子组 157 为正。
- [0171] 第二示范性实施例的光学设计包括 NPP 核心和其后的 P 中继器。总共存在三个独立移动的组:两个在中间图像的物体侧,一个在中间图像的图像侧。前方的负倍率组相对于

图像平面是固定的,对于两个折叠棱镜也是如此。5.5 : 1 的变焦比大于目前市场上大多数紧凑型数码相机的变焦比,且 100.4 度的广端处的视野显著广于任何目前的紧凑型数码相机的视野。

[0172] 包括单一独立移动的正组的 P 中继器具有特别简单的结构,其显著地有助于系统整体的简单性。

[0173] 系统的光圈范围是从约 f/2.8 到 f/6.0,但在从大约 2.5mm 到 5.5mm 的焦距下在约 f/2.8 处是恒定的。从大约 5.5mm 到 13.9mm,光圈从 f/2.8 逐渐下降到 f/6.0。

[0174] 变焦子组 153、154 和 156 中的每一者可依据其位置而沿着用于对焦、变焦和无热化的光轴在两个方向上移动。特定来说,三个变焦子组 153、154 和 156 中的至少两者可沿着用于变焦的光轴而同时移动。此外,当变焦子组 153 和 154 沿着用于变焦的光轴同时移动,且变焦子组 156 暂时固定时,变焦镜头系统具有小于 10 : 1 的变焦比。另外,变焦子组 153、154 和 156 中的至少一者也可沿着用于对焦和 / 或热补偿的光轴而移动。

[0175] 固定的第一镜头子组 152 和第二镜头组 155 在变焦期间保持固定且保持在与实像表面 S29 相距一固定距离处。图 11 上部中两端有箭头的水平箭头指示变焦子组 153、154 和 157 中的每一者都可在两个轴向方向上但以单调方式(即,当从调节的一个极端前进到另一极端时仅在一个方向上)移动。

[0176] 尽管图 11 中以实体仅绘示镜头元件,但应了解,提供常规机械装置和机构以用于支持镜头元件,且用于促使可移动组在常规镜头外壳或筒中的轴向移动。

[0177] 下文在表 2 中陈述上述示范性第一变焦镜头系统实施例 150 的镜头构造和制造数据。

[0178] 在表 2 中,第一列“项目”识别每个光学元件,其具有如图 11 中使用的相同的标号或标记。第二和第三列分别识别所述光学元件(镜头)所从属的具有如图 11 中使用的相同标号的“组”和“子组”。第四列“表面”是如图 11 中识别的光阑(可变光阑)S26 和镜头的每个实际表面的表面号的列表。第五列“变焦位置”识别变焦子组 153、154 和 157(图 12-14 中所说明)的三个典型变焦位置(Z1-Z3),其中在第四列中列出的一些表面之间存在距离改变(间隔),如下文更彻底地描述。以说明性文字“曲率半径”为首第六列是每个表面的光学表面曲率半径的列表,其中负号(-)表示曲率半径的中心在表面的左边,如图 11 中所看到者,且“无穷大”表示光学平坦的表面。针对表面 S3、S4、S18、S20、S22 和 S23 的星号(*)指出这些是“曲率半径”是基圆半径的非球形表面,且针对该两个表面的公式和系数设为对表 2 在*(星号)处的脚注。第七列“厚度或间隔”是所述表面(第四列)与下一表面之间的轴向距离。举例来说,表面 S2 与表面 S3 之间的距离是 1.143mm。

[0179] 表 2 的第八和第九列提供每个镜头元件的折射率和阿贝数#。表 2 的以“光圈直径”为首的最后一列提供光线通过的每个表面的最大直径。假定 6mm 的图像对角线以及范围从最短焦距处的 f/2.8 到最长焦距处的 f/6.0 的相对光圈,来计算所有最大光圈直径,除了光阑表面 S26 之外。对于变焦位置 Z1-Z3 的光阑表面 S26 的最大光圈直径分别是 1.989mm、2.185mm 和 1.569mm。对于变焦位置 Z1-Z3 的相对光圈(f 数)分别是 f/2.8、f/2.8 和 f/6.0。

[0180] 表 2

[0181]

光学质量要求									
项目	组	子组	表面	变 焦 位置	曲率半径 (mm)	厚 度 或 间 隔 (mm)	折 射 率 (n _d)	阿 贝 数 # (V _d)	光 圈 直 径 (mm)
0				全部	无穷大	无穷大			
1	151	152	S1	全部	31.809	1.000	1.74400	44.72	9.39
			S2	全部	5.617	1.143			7.11
2	151	152	S3	全部	-1381.299*	0.910	1.58913	61.27	7.11
			S4	全部	3.790*	1.142			5.72
3	151	152	S5	全部	无穷大	4.200	1.78472	25.76	5.72
			S6	全部	无穷大	0.140			6.15
4	151	152	S7	全部	16.545	0.936	1.78472	25.76	6.43
			S8	Z1	1 -62.821	8.076			6.50
				Z2		1.741			
5	151	153	S9	全部	9.353	2.333	1.57960	53.89	6.91
			S10	全部	-11.419	0.140			6.70
				全部	8.170	2.792	1.62004	36.37	6.44
6	151	153	S11	全部	-5.671	2.984	1.84666	23.83	5.96
			S13	Z1	4.694	1.819			5.19
				Z2		3.333			
7	151	153	S12	全部	-5.671	2.984			
			S13	Z3		1.934			
				全部	24.277	1.200	1.62004	36.37	6.58
8	151	154	S14	全部	-8.915	0.092			6.74
			S15	Z2		5.178			
				Z3		7.778			
9	155		S16	全部	无穷大	13.000	1.71300	53.83	9.28
			S17	全部	无穷大	0.140			9.28
10	155		S18	全部	6.527*	2.500	1.81600	46.60	9.85
			S19	Z1	无穷大	9.472			9.53
				Z2		8.221			
11	156	157	S20	全部	-5.614*	4.389	1.77250	49.60	4.72
			S21	全部	-5.866	0.107			5.55
				全部	3.306	2.000	1.77250	49.60	4.73
12	156	157	S22	全部	-19.745*	0.199			4.02
			S23	全部					

[0182]

13	156	157	S24	全部	无穷大	1.000	1.84666	23.83	3.05
			S25	全部	2.185	0.500			2.20
光阑			S26	全部	无穷大	0.892			2.19
14	156	157	S27	全部	13.533	1.260	1.77250	49.60	2.90
			S28	Z1 Z2 Z3	-8.762 5.516 9.651	4.861 5.516 9.651			3.20
图像			S29	全部	无穷大				6.00

[0183] * 通过以下传统等式来控制非球形表面 S3、S4、S18、S20、S22 和 S23 的表面轮廓：

$$[0184] Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + \left(1 - (1+K)(CURV)^2 Y^2\right)^{1/2}} + (A)Y^4 + (B)Y^6 + (C)Y^8 + (D)Y^{10}$$

[0185] 其中：

[0186] CURV = 1/(曲率半径)

[0187] Y = 光圈高度, 垂直于光轴测得

[0188] K、A、B、C、D = 系数

[0189] Z = 对于给定 Y 值的表面轮廓的位置, 沿着光轴从表面的极点 (即, 轴向顶点) 测得。

[0190] 项目 2 的表面 S3 的系数为：

[0191] K = 0.00000

[0192] A = -4.92392E-04

[0193] B = 1.01829E-04

[0194] C = 3.93142E-06

[0195] D = -2.99149E-07

[0196] 项目 2 的表面 S4 的系数为：

[0197] K = -2.50191

[0198] A = 3.33430E-03

[0199] B = -2.53054E-04

[0200] C = 5.73234E-05

[0201] D = 8.41399E-06

[0202] 项目 10 的表面 S18 的系数为：

[0203] K = 0.00000

[0204] A = -9.13121E-04

[0205] B = 1.55486E-05

[0206] C = 3.83553E-07

[0207] D = 7.85338E-09

[0208] 项目 11 的表面 S20 的系数为：

[0209] K = -2.07603

[0210] A = 1.86374E-04

[0211] B = -4.19463E-04

[0212] $C = 3.84247E-05$

[0213] $D = -4.02336E-06$

[0214] 项目 12 的表面 S22 的系数为：

[0215] $K = 0.00000$

[0216] $A = -2.60448E-03$

[0217] $B = -4.28207E-04$

[0218] $C = 3.49618E-05$

[0219] $D = -1.46515E-05$

[0220] 项目 12 的表面 S23 的系数为：

[0221] $K = 0.00000$

[0222] $A = -1.28492E-03$

[0223] $B = -2.88524E-04$

[0224] $C = -9.90931E-05$

[0225] $D = 1.53404E-05$

[0226] 上文对表 2 的脚注 * 包含用于针对值 Z 来计算非球形表面 S3、S4、S18、S20、S22 和 S23 的形状的等式，其中 CURV 是表面极点处的曲率，Y 是与玻璃表面上特定点的光轴相距的高度或距离，K 是二次曲线系数，且 A、B、C 和 D 分别是 4 阶、6 阶、8 阶和 10 阶变形系数。如上所述，为说明本发明的范围和多样性，在表 2 的数据中陈述三个不同的变焦位置 Z1、Z2 和 Z3，其针对三个可移动的变焦子组提供三个不同位置的具体数据。变焦位置 Z1、Z2 和 Z3 代表变焦子组 153、154 和 157 的三个位置，其中变焦位置 Z1 和 Z3 是极端位置且 Z2 是中间位置。当然，将了解的是，在极端变焦位置 Z1 与 Z3 之间可使用连续变焦，且在镜头系统 150 的所述变焦范围内可使用连续变焦的任何组合。

[0227] 镜头系统 150 的有效焦距 (EFL)、全视野 (FFOV) 和 F- 数对于不同的变焦位置而变化。现参看图 12-14，变焦镜头系统 150 绘示为具有在各个变焦位置的变焦组，且具有对于这些位置的光线轨迹。图 12 表示上文在表 2 中陈述其数据的变焦位置 Z1，其 EFL 为约 2.5mm，FFOV 为约 100.4°，且 F- 数为约 2.8。图 13 表示来自表 2 的变焦位置 Z2，其 EFL 为约 5.5mm，FFOV 为约 56.8°，且 F- 数为约 2.8。图 14 表示来自表 2 的变焦位置 Z3，其 EFL 为约 13.9mm，FFOV 为约 24.4°，且 F- 数为约 6.0。

[0228] 从表 2 中陈述的针对个别镜头元件（项目 1-14）的规格以及镜头元件之间的间隔，可通过使用上述 ZEMAX  光学设计软件来计算每个镜头元件的焦距且接着计算每一组镜头元件（即，第一镜头组 152、第一变焦子组 153、第二变焦子组 154、第二镜头组 155 和第三变焦子组 157）的焦距，且那些计算出的组的焦距如下：

[0229] 第一镜头组 152（元件 1-4）= -6.440mm；

[0230] 第一变焦子组 153（元件 5-7）= 11.084mm；

[0231] 第二变焦子组 154（元件 8）= 10.664mm；

[0232] 第二镜头组 155（元件 9 和 10）= 7.999mm；以及

[0233] 第三变焦子组 157（元件 11-14）= 5.197mm。

[0234] 而且应注意，变焦镜头系统 150 在表面 S26 处具有一个光阑，其控制在所述点处光线可通过的光圈的直径，借此促使变焦镜头系统中任何在径向上超过所述直径的光线被阻

挡。光阑位于物理可变光阑所在处的位置。可变光阑位于第二变焦子组 156 内或位于其一端处,且随着所述变焦子组而移动。应注意在图 14 中,举例来说,边缘光线在有多余空间的情况下通过 S26,而在图 13 中,边缘光线在其通过光阑时几乎接触 S26 的极端 (extreme) 边缘。这表明位于 S26 处的可变光阑必须在焦距增加时打开。为了在图像处维持恒定的 f 数,可变光阑必须“变焦”或改变。换句话说,必须调节可变光阑以获得恒定光圈。单独的凸轮可用于在变焦期间打开或关闭可变光阑。另外,应注意,表 2 中陈述的所有镜头元件表面光圈在图 12-14 中描绘的所有对焦和变焦位置处均充当场阑。

[0235] 三个变焦子组 153、154 和 157 中的每一者可独立地在轴向上移动,且通过例如常规的机械装置(例如凸轮等)的任何便利装置来协调其各自的移动,以实现所需的对焦、变焦和无热化功能。

[0236] 变焦镜头系统 150 具有位于第三变焦子组 157 内的可变光阑 S26,且因此可变光阑 S26 与其一起轴向移动。相对于表 2 中列出的最大光圈直径而在第三变焦子组 157 如上所述轴向移动时调节可变光阑 S26 的光圈大小,且在表 2 中给出其最大值。

[0237] 图 15 绘示第二示范性实施例的系统的三维视图。如图 15 所示,场透镜 1528 可在非旋转的实施例中缩短为矩形轮廓以最小化体积。在第一镜头组中包含的玻璃块 1530 可用作第二折叠棱镜,但图 18 中的三维图说明展开的配置。图 16 和 17 绘示具有整体尺寸的折叠式非旋转系统的两个不同视图。

[0238] 现参看图 18-20,以常规方式通过单独六对曲线图且针对三种波长 (486nm、588nm 和 656nm) 绘示分别针对变焦位置 Z1-Z3 的光线像差曲线图,其中在右下角为最大图像高度 45°,且在左上角为零图像高度。每一对中的左边曲线图是 Y-FAN,而每一对中的右边曲线图是 X-FAN。垂直轴上的每个抖动标记表示 10 微米,且因此最大刻度是 +/-50 微米。如所属领域的技术人员容易了解,这些性能曲线确立在全部三个变焦位置中,变焦镜头系统对于当前广播电视 NTSC 质量表现得异常良好,且对于 HDTV 广播电视质量表现得非常良好。

[0239] 第三示范性实施例。

[0240] 图 21 说明具有所识别的镜头元件和表面的可视需要而旋转的复合变焦镜头的第三示范性实施例的展开布局。第三示范性实施例在规格和性能上类似于第一和第二示范性实施例,但表现出对前两个实施例的显著简化,因为独立移动组的数目已减少到仅为二。还并入了若干弹性非球形元件以增强可制造性。为这些元件选择的塑料材料具有商标名 Zeonex,且由于其抗吸水性而在当前被认为是模制塑料光学元件的材料选择。

[0241] 第二示范性实施例(没有旋转特征)的规格近似如下:

[0242] 变焦比 :4.8 : 1

[0243] 焦距 :3.0-13.9mm

[0244] 光圈 :f/3.0-f/6.3

[0245] 全视野 :90.0 度 -24.4 度

[0246] 35mm 相机等效 :21mm-100mm

[0247] 35mm 电影镜头等效 :14mm-67mm

[0248] 展开的顶焦距 :80.6mm

[0249] 格式 :1/3" (6mm 对角线)

[0250] 折叠的封装尺寸 :42.2mm×20.5mm×8.0mm

[0251] 离开主光线角 :在整个变焦范围中小于 20.0 度。

[0252] 由第三示范性实施例的变焦范围覆盖的焦距等效于 35mm 相机的约 21mm 到 100mm, 前方元件的直径显著较小, 且折叠的封装尺寸非常紧凑。

[0253] 顶焦距为 80.6mm, 且提供两个折叠棱镜以允许系统配合至大约 42.2mm×20.5mm×8.0mm 的封装尺寸中。应注意, 其它配置是可能的。顶点比先前两个实施例中的顶点长, 主要是因为 180 度折叠棱镜已伸长若干毫米。此伸长的直接作用是加宽光径的折叠部分之间的间隙, 因此允许较多空间用于机械和电气组件。

[0254] 系统的工作距离足以将三折叠镜面或棱镜恰好放置在图像平面之前。此三折叠镜面或棱镜可用于简化传感器的放置, 或者其可用于并入实际的 SLR 光学取景器。

[0255] 现将参看附图和表格更详细地描述图 21 所说明的本发明的第三示范性非旋转实施例。参看图 21, 通过从 1 到 14 的标号来识别每个镜头元件, 且描绘每个镜头元件的一般配置, 但下文在表格中陈述每个镜头表面的实际半径。通过字母“S”和其后的从 S1 到 S28 的标号来识别镜头表面。

[0256] 每个镜头元件的相对表面由单独但连续的表面号来识别, 例如镜头元件 1 具有镜头表面 S1 和 S2, 镜头元件 5 具有镜头表面 S9 和 S10, 以此类推, 如图 21 所示, 但对于配对镜头组件 1D 除外, 对一致面向镜头的各表面给定单一表面号 S12。举例来说, 配对 1D 包含具有前镜头表面 S11 和后镜头表面 S12 的镜头元件 6, 以及具有前镜头表面 S12(重合)和后镜头表面 S13 的镜头元件 7。实像表面由标号 S28 来识别。除了镜头表面 S4、S18、S19、S20、S22 和 S23 之外, 其为非球形、非平面但关于光轴旋转对称的非球形表面, 所有镜头表面都是球形的,。

[0257] 在描述镜头元件的详细特性之前, 将针对本发明此第三示范性实施例的变焦镜头系统 (一般指定为 250) 给出对镜头组及其轴向位置和移动的概括性描述。

[0258] 从面向待拍摄物体的一端 (即, 图 21 的左端) 开始, 第一镜头组 251 包括第一镜头子组 252 和第一变焦子组 253。第一镜头子组 252 是负倍率子组且包括单镜头元件 1-4, 其收集来自物体空间的光并减小主光线相对于光轴 (识别为 \bigcirc) 的角度。第一变焦子组 253 是正倍率子组且包括单一镜头元件 5、包含镜头元件 6 和 7 的第一配对 1D, 以及单一镜头元件 8。第二镜头组 254 是固定的且是正倍率组, 且包括棱镜元件 9、单一镜头元件 10 以及位于元件 10 附近或元件 10 内的中间图像。镜头元件 10 可称为场透镜。第三镜头组 255 包括第二变焦子组 256, 其为正倍率子组, 且包含 S25 处的光阑并包括单一镜头元件 11-14。

[0259] 下文在表 3 中陈述本发明第三示范性实施例中每个镜头元件的正倍率或负倍率。如上文所述, 每一组镜头的所得光学倍率如下: 第一镜头子组 252 为负, 第一变焦子组 253 为正, 第二镜头组 254 为正, 且第二变焦子组 256 为正。

[0260] 光学设计包括 NP 核心和其后的 P 中继器。总共仅存在两个独立移动的组: 一个在中间图像的物体侧, 一个在中间图像的图像侧。这表示制造真实变焦镜头所必需的移动组的最小数目。前方的负倍率组相对于图像平面是固定的, 对于两个折叠棱镜两者也是如此。4.8 : 1 的变焦比大于目前市场上大多数紧凑型数码相机的变焦比, 且 90 度的广端处的视野相当多地广于任何目前的紧凑型数码相机的视野。

[0261] 包括单一独立移动的正组的 P 中继器具有特别简单的结构, 其显著地有助于系统整体的简单性。

[0262] 系统的光圈范围是从约 f/3.0 到 f/6.0,但在从大约 3.0mm 到 6.0mm 的焦距下在约 f/3.0 处是恒定的。从 6.0mm 到 13.9mm 焦距,光圈从 f/3.0 逐渐下降到 f/6.0。

[0263] 此两组复合变焦结构的显著优点在于相同的两个移动组可用于对焦以及变焦,同时保持优良的图像质量。因此最外部的镜头组相对于镜头系统的全部配置保持完全固定,这允许良好环境密封下的更稳健的光学 - 机械设计。

[0264] 用于对焦的最佳的组运动取决于焦距设定。在短焦距处优选使用一用于对焦的图像侧移动组,而在长焦距处优选使用一用于对焦的物体侧移动组。对于中间焦距来说,可使用两个组的组合运动。重要的是应注意这些偏好是一般化的,且实际存在用于对焦的组运动的非常多的选择。为将此设计对焦到 100mm 的物距而选择的特定组运动经选择以在移动最少可能的组的情况下提供良好的图像质量。在此情况下可能在大部分变焦范围上仅移动一用于对焦的单个组,且在变焦范围的受限中间部分中仅需要两组运动。

[0265] 另外,用于变焦和对焦的相同的移动组可用于热补偿。举例来说,在本实施例中,从 20°C 到 40°C 的温度增加将需要等同于聚焦在距前顶点约 900mm 的物体上的补偿。尽管在设计中使用三个塑料元件,这也是非常微小的补偿,且对像差校正几乎完全没有影响。因为此实施例的热特性几乎是线性的,所以此镜头可在约 0°C (32 °F) 到约 40°C (104 °F) 的范围内工作。此范围可取决于应用上的需要而扩展。

[0266] 变焦子组 253 和 256 中的每一者可依据其位置而沿着用于对焦、变焦和无热化的光轴在两个方向上移动。特定来说,变焦子组 253 和 256 中的至少一者可沿着用于对焦和变焦、热补偿和变焦或用于对焦、热补偿和变焦的光轴而移动。固定的第一镜头子组 252 和第二镜头组 254 在变焦期间保持固定且保持在与实像表面 S28 相距一固定距离处。图 21 上部中两端有箭头的水平箭头指出变焦子组 253 和 256 中的每一者都可在两个轴向方向上但以单调方式(即,当从调节的一个极端前进到另一极端时仅在一个方向上)移动。

[0267] 尽管图 21 中以实体仅绘示镜头元件,但应了解的是,提供常规机械装置和机构以用于支持镜头元件且用于促使可移动组在常规镜头外壳或筒中的轴向移动。

[0268] 下文在表 3 中陈述上述示范性第一变焦镜头系统实施例 250 的镜头构造和制造数据。

[0269] 在表 3 中,第一列“项目”识别每个光学元件,其具有如图 21 中使用的相同的标号或标记。第二和第三列分别识别所述光学元件(镜头)所从属的具有如图 21 中使用的相同标号的“组”和“子组”。第四列“表面”是如图 21 中识别的光阑(可变光阑)S25 和镜头的每个实际表面的表面号的列表。第五列“变焦位置”识别变焦子组 253 和 256(图 22-24 中说明)的六个典型变焦位置(Z1-Z6),其中在第四列中列出的一些表面之间存在着距离改变(间隔),如下文更彻底地描述。以说明性文字“曲率半径”为首的第六列是每个表面的光学表面曲率半径的列表,其中负号(-)表示曲率半径的中心在表面的左边,如图 21 中所看到者,且“无穷大”表示光学平坦的表面。针对表面 S4、S18、S19、S20、S22 和 S23 的星号(*) 指出这些是“曲率半径”是基圆半径的非球形表面,且针对该两个表面的公式和系数设为对表 3 在*(星号)处的脚注。第七列“厚度或间隔”是所述表面(第四列)与下一表面之间的轴向距离。举例来说,表面 S2 与表面 S3 之间的距离是 2.144mm。

[0270] 表 3 的第八和第九列提供每个镜头元件的折射率和阿贝数#。表 3 的以“光圈直径”为首的最后一列提供光线通过的每个表面的最大直径。假定 6mm 的图像对角线以及

范围从最短焦距处的 f/3.0 到最长焦距处的 f/6.3 的相对光圈, 来计算所有的最大光圈直径, 除了光阑表面 S25 之外。对于变焦位置 Z1-Z6 的光阑表面 S25 的最大光圈直径分别是 2.414mm、2.426mm、2.548mm、2.500mm、1.986mm 和 1.790mm。对于变焦位置 Z1-Z6 的相对光圈 (f- 数) 分别是 f/3.0、f/3.0、f/3.0、f/3.1、f/6.0 和 f/6.6。

[0271] 表 3

[0272]

光学质量要求									
项目	组	子组	表面	变 焦 位 置	曲率半径 (mm)	厚度或间隔 (mm)	折射率 (n _d)	阿 贝 数 # (V _d)	光 圈 直 径 (mm)
0				Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6		无穷大 100.000 无穷大 100.000 无穷大 100.000			
1	251	252	S1	全部	7.653	1.000	1.74400	44.72	9.28
			S2	全部	3.647	2.144			6.59
2	251	252	S3	全部	-82.240	0.900	1.52996	55.87	6.59
			S4	全部	3.520*	1.004			5.68
3	251	252	S5	全部	无穷大	4.200	1.78472	25.76	5.68
			S6	全部	无穷大	0.150			6.11
4	251	252	S7	全部	14.124	1.200	1.78472	25.76	6.34
			S8	Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6	-211.503	7.120 7.120 1.313 1.883 0.500 1.120			6.38
5	251	253	S9	全部	10.650	2.000	1.57960	53.89	6.46

[0273]

			S10	全部	-15.563	0.150			6.21
6	251	253	S11	全部	6.574	2.800	1.62004	36.37	5.94
7	251	253	S12	全部	-7.293	2.336	1.84666	23.83	5.13
			S13	全部	4.640	1.444			4.16
8	251	253	S14	全部	36.819	1.400	1.62004	36.37	5.21
			S15	Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6	-8.741	0.150 0.150 5.958 5.388 6.770 6.150			5.64
9	254		S16	全部	无穷大	16.000	1.77250	49.60	9.85
			S17	全部	无穷大	0.150			9.85
10	254		S18	全部	10.047*	5.000	1.52996	55.87	10.72
			S19	Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6	-8.560*	11.589 11.439 11.114 10.964 5.997 5.997			10.72
11	255	256	S20	全部	-4.606*	2.000	1.52996	55.87	5.59
			S21	全部	-12.713	2.357			5.71
12	255	256	S22	全部	4.689*	3.636	1.77250	49.60	5.19
			S23	全部	-7.449*	0.150			5.19
13	255	256	S24	全部	-62.170	2.499	1.84666	23.83	3.80
光阑			S25	全部	3.281	0.530			2.55
14	255	256	S26	全部	12.439	2.000	1.77250	49.60	2.72
			S27	Z1 Z2 Z3 Z4	-9.610	6.713 6.863 7.188 7.338			3.39
				Z5 Z6		12.305 12.305			
图像			S28	全部	无穷大				6.00

[0274] * 通过以下传统等式来控制非球形表面 S4、S18、S19、S20、S22 和 S23 的表面轮廓：

[0275]

$$Z = \frac{(\text{CURV})Y^2}{1 + (1 - (1 + K)(\text{CURV})^2 Y^2)^{\frac{1}{2}}} + (A)Y^4 + (B)Y^6 + (C)Y^8 + (D)Y^{10} + (E)Y^{12} + (F)Y^{14} + (G)Y^{16}$$

[0276] 其中：

[0277] CURV = 1/(曲率半径)

[0278] Y = 光圈高度, 垂直于光轴测得

[0279] K、A、B、C、D、E、F、G = 系数

[0280] Z = 对于给定 Y 值的表面轮廓的位置, 沿着光轴从表面的极点(即, 轴向顶点)测得。

[0281] 项目 2 的表面 S4 的系数为 :

[0282] K = -1.89477

[0283] A = 1.44889E-03

[0284] B = -5.88728E-04

[0285] C = 1.31651E-04

[0286] D = -2.99149E-05

[0287] E = 1.41310E-07

[0288] F = 8.64508E-08

[0289] G = -4.47413E-09

[0290] 项目 10 的表面 S18 的系数为 :

[0291] K = 1.20801

[0292] A = -7.62699E-04

[0293] B = 5.22283E-05

[0294] C = -2.37254E-06

[0295] D = 3.31184E-08

[0296] E = 0.00000

[0297] F = 0.00000

[0298] G = 0.00000

[0299] 项目 10 的表面 S19 的系数为 :

[0300] K = 0.00000

[0301] A = 2.75081E-04

[0302] B = 4.52938E-05

[0303] C = -2.19723E-06

[0304] D = 3.72702E-08

[0305] E = 0.00000

[0306] F = 0.00000

[0307] G = 0.00000

[0308] 项目 11 的表面 S20 的系数为 :

[0309] K = -4.17760

[0310] A = 4.82288E-04

[0311] B = -1.05427E-04

[0312] C = 1.45621E-05

[0313] D = -8.69523E-07

[0314] E = 0.00000

[0315] F = 0.00000

[0316] G = 0.00000

[0317] 项目 12 的表面 S22 的系数为 :

[0318] $K = -0.29273$

[0319] $A = -3.44108E-03$

[0320] $B = -4.55219E-05$

[0321] $C = -1.13048E-05$

[0322] $D = -1.26399E-06$

[0323] $E = 0.00000$

[0324] $F = 0.00000$

[0325] $G = 0.00000$

[0326] 项目 12 的表面 S23 的系数为：

[0327] $K = 3.69958 A = 1.24196E-03$

[0328] $B = -7.54294E-04$

[0329] $C = 1.97648E-05$

[0330] $D = -9.60029E-05$

[0331] $E = 2.91221E-06$

[0332] $F = -5.00753E-07$

[0333] $G = 3.95930E-08$

[0334] 上文对表 3 的脚注 * 包含用于针对值 Z 来计算非球形表面 S4、S18、S19、S20、S22 和 S23 的形状的等式, 其中 CURV 是表面极点 (pole) 处的曲率, Y 是与玻璃表面上特定点的光轴相距的高度或距离, K 是二次曲线系数, 且 A、B、C、D、E、F 和 G 分别是 4 阶、6 阶、8 阶、10 阶、12 阶、14 阶和 16 阶变形系数。如上所述, 为说明本发明的范围和多样性, 在表 3 的数据中陈述六个不同的变焦位置 Z1-Z6, 其针对两个可移动的变焦子组提供三个不同位置的具体数据。变焦位置 Z1、Z3 和 Z5 代表变焦子组 253 和 256 的经调节以用于无穷远物体的三个位置, 其中变焦位置 Z1 和 Z5 是极端位置且 Z3 是中间位置。当然, 将了解, 在极端变焦位置 Z1 与 Z5 之间可使用连续变焦, 且在镜头系统 250 的所述变焦范围内可使用连续变焦的任何组合。变焦位置 Z2、Z4 和 Z6 代表变焦子组 253 和 256 的经调节以用于位于距镜头系统的前顶点 100mm 处的物体的三个近焦 (close-focus) 位置。在变焦位置 Z2 是针对 100mm 物距的最短焦距位置的意义上, 变焦位置 Z2 是变焦位置 Z1 的近焦对应者 (companion)。类似地, 变焦位置 Z4 和 Z6 分别是变焦位置 Z3 和 Z5 的近焦对应者。

[0335] 镜头系统 250 的有效焦距 (EFL)、全视野 (FFOV) 和 F- 数对于不同的变焦位置而变化。现参看图 22-24, 变焦镜头系统 250 绘示为具有在各个变焦位置的变焦组, 且具有对于这些位置的光线轨迹。图 22 表示上文在表 3 中陈述数据时的变焦位置 Z1, 其 EFL 为约 3.0mm, FFOV 为约 90.0°, 且 F- 数为约 3.0。图 23 表示来自表 3 的变焦位置 Z2, 其 EFL 为约 6.0mm, FFOV 为约 53.4°, 且 F- 数为约 3.0。图 24 表示来自表 3 的变焦位置 Z3, 其 EFL 为约 13.9mm, FFOV 为约 24.4°, 且 F- 数为约 6.0。

[0336] 从表 3 中陈述的针对个别镜头元件 (项目 1-14) 的规格以及镜头元件之间的间隔, 可通过使用上述 ZEMAX \otimes 光学设计软件来计算每个镜头元件的焦距且接着计算每一组镜头元件 (即, 第一镜头组 252、第一变焦子组 253、第二镜头组 254 和第二变焦子组 256) 的焦距, 且那些计算出的组的焦距如下：

[0337] 第一镜头组 252 (元件 1-4) = -6.510mm;

[0338] 第一变焦子组 253(元件 5-8) = 9.834mm;

[0339] 第二镜头组 254(元件 9 和 10) = 9.617mm; 以及

[0340] 第二变焦子组 256(元件 11-14) = 6.687mm。

[0341] 而且应注意, 变焦镜头系统 250 在表面 S25 处具有一个光阑, 其控制在所述点处光线可通过的光圈的直径, 借此促使变焦镜头系统中任何在径向上超过所述直径的光线被阻挡。光阑位于物理可变光阑所在处的位置。可变光阑位于第二变焦子组 256 内或位于其一端处, 且随着所述变焦子组而移动。应注意在图 24 中, 举例来说, 边缘光线在有多余空间的情况下通过 S25, 而在图 23 中, 边缘光线在其通过光阑时几乎接触 S25 的极端边缘。这表明位于 S25 处的可变光阑必须在焦距增加时打开。为了在图像处维持恒定的 f 数, 可变光阑必须“变焦”或改变。换句话说, 必须调节可变光阑以获得恒定光圈。单独的凸轮可用于在变焦期间打开或关闭可变光阑。另外, 应注意, 表 3 中陈述的所有镜头元件表面光圈在图 22-24 中描绘的所有对焦和变焦位置处均充当场阑。

[0342] 两个变焦子组 253 和 256 中的每一者可独立地在轴向上移动, 且通过例如常规机械装置(例如凸轮等)的任何便利装置来协调其各自的移动, 以实现所需的对焦、变焦和无热化功能。

[0343] 变焦镜头系统 250 具有位于第二变焦子组 256 内的可变光阑 S25, 且因此可变光阑 S25 与其一起而轴向移动。相对于表 3 中列出的最大光圈直径而在第二变焦子组 256 如上所述轴向移动时调节可变光阑 S25 的光圈大小, 且在表 3 中给出其最大值。

[0344] 图 25 绘示第一示范性实施例的系统的三维视图。如图 25 所示, 前方两个元件和两个场透镜可在非旋转的实施例中缩短为矩形轮廓以最小化体积。图 26 和 27 绘示具有整体尺寸的折叠式非旋转系统的两个不同视图。

[0345] 在本申请案中描述和说明的规格、性能和光学质量要求实质上对应于非旋转的复合变焦镜头。然而, 图 25 中说明复合变焦镜头的可选的旋转能力。在一个实施例中, 第一折叠棱镜 2500 和前方元件 2502(在旋转实施例中可为圆形而不缩短)可相对于镜头元件 2508 和第一折叠棱镜 2500 的图像侧的所有其它镜头元件和棱镜, 作为一个单元而围绕光轴 2506 来旋转(如箭头 2510 所示)。然而在替代实施例中, 在镜头元件 2512 中的任一者之间可发生旋转。在另一实施例中, 第二折叠棱镜 2514 和第二折叠棱镜 2514 的物体侧的所有元件和棱镜可相对于第二折叠棱镜 2514 的图像侧的元件和棱镜, 作为一个单元而围绕光轴 2516 来旋转(如箭头 2518 所示)。应注意, 元件 2520 在旋转实施例中可为圆形而不缩短。然而在替代实施例中, 在镜头元件 2524 中的任一者之间可发生旋转。在进一步的替代实施例中, 两种旋转都是可能的。这些旋转可允许复合变焦镜头的一部分位于例如蛤壳型蜂窝电话的铰链中。

[0346] 还应了解的是, 为了保留本文描述和说明的示范性规格、性能和光学质量要求以及避免渐晕, 本发明的旋转实施例要求检测器具有方形纵横比(aspect ratio), 检测器的每一侧等同于由本文描述的非旋转实施例的光学质量要求形成的矩形图像的最小尺寸。或者, 为了保留本文描述的非旋转实施例的光学质量要求形成的图像以及避免渐晕, 本发明的旋转实施例要求对光学质量要求作一些修正, 所述修正不要求过度的实验且恰好在所属领域的技术人员的能力以内, 以提供较大棱镜和对其他镜头元件的改变。通过这样做, 无论变焦镜头如何旋转, 均可捕捉到矩形图像或任何图像形状。

[0347] 现参看图 28-33, 以常规方式通过单独六对曲线图且针对三种波长 (486nm、588nm 和 656nm) 来绘示分别针对变焦位置 Z1-Z6 的光线像差曲线图, 其中在右下角为最大图像高度 45°, 且在左上角为零图像高度。每一对中的左边曲线图是 Y-FAN, 而每一对中的右边曲线图是 X-FAN。垂直轴上的每个抖动 (tic) 标记表示 10 微米, 且因此最大刻度是 +/-50 微米。如所属领域的技术人员容易了解, 这些性能曲线确立在全部六个变焦位置中, 变焦镜头系统对于当前广播电视 NTSC 质量表现得异常良好, 且对于 HDTV 广播电视质量表现非常好。

[0348] 第四示范性实施例。

[0349] 图 34 说明具有所识别的镜头元件和表面的可视需要来旋转的复合变焦镜头的第四示范性实施例的展开布局。第四示范性实施例在规格和性能上类似于第三示范性实施例, 但利用了用于聚焦到近物体距离的可变焦点液体镜头。

[0350] 第四示范性实施例 (没有旋转特征) 的规格近似如下:

[0351] 变焦比 : 4.8 : 1

[0352] 焦距 : 3.0-13.9mm

[0353] 光圈 : f/3.0-f/6.3

[0354] 全视野 : 90.0 度 -24.4 度

[0355] 35mm 相机等效 : 21mm-100mm

[0356] 35mm 电影镜头等效 : 14mm-67mm

[0357] 展开的顶焦距 : 80.9mm

[0358] 格式 : 1/3" (6mm 对角线)

[0359] 折叠的封装尺寸 : 42.7mm × 20.7mm × 8.0mm

[0360] 离开主光线角 : 在整个变焦范围中小于 20.0 度。

[0361] 由第四示范性实施例的变焦范围覆盖的焦距等效于 35mm 相机的约 21mm 到 100mm, 前方元件的直径显著较小, 且折叠的封装尺寸非常紧凑。

[0362] 顶焦距为 80.9mm, 且提供两个折叠棱镜以允许系统配合至大约 42.7mm × 20.7mm × 8.0mm 的封装尺寸中。应注意, 其它配置是可能的。起初两个实施例中的顶点较长, 主要是因为 180 度折叠棱镜已伸长若干毫米。此伸长具有的直接作用是加宽光径的折叠部分之间的间隙, 进而允许较多空间用于机械和电气组件。

[0363] 系统的工作距离足以将三个折叠镜面或棱镜恰好放置在图像平面之前。此三个折叠镜面或棱镜可用于简化传感器的放置, 或者其可用于并入实际的 SLR 光学取景器。

[0364] 现将参看附图和表格更详细描述图 34 所说明的本发明的第四示范性非旋转实施例。参看图 34, 通过从 1 到 18 的标号来识别每个镜头元件, 且描绘每个镜头元件的一般配置, 但下文在表格中陈述每个镜头表面的实际半径。通过字母“S”和其后的从 S1 到 S33 的标号来识别镜头表面。

[0365] 每个镜头元件的相对表面由单独但连续的表面号来识别, 例如镜头元件 1 具有镜头表面 S1 和 S2, 镜头元件 5 具有镜头表面 S9 和 S10, 以此类推, 如图 34 所示, 但对于配对镜头组件 1D 除外, 对一致面向镜头的各表面给定单一表面号 S12。举例来说, 配对 1D 包含具有前镜头表面 S11 和后镜头表面 S12 的镜头元件 6, 以及具有前镜头表面 S12(一致) 和后镜头表面 S13 的镜头元件 7。实像表面由标号 S33 来识别。除了镜头表面 S4、S18、S19、

S20、S22 和 S23 之外,其为非球形、非平面但关于光轴旋转对称的非球形表面,所有镜头表面都是球形的。

[0366] 在描述镜头元件的详细特性之前,将针对本发明此第四示范性实施例的变焦镜头系统(一般指定为 350)给出对镜头组及其轴向位置和移动的概括性描述。

[0367] 从面向待拍摄物体的一端(即,图 34 的左端)开始,第一镜头组 351 包括第一镜头子组 352 和第一变焦子组 353。第一镜头子组 352 是负倍率子组且包括单镜头元件 1-4,其收集来自物体空间的光并减小主光线相对于光轴(识别为 \bigcirc)的角度。第一变焦子组 353 是正倍率子组且包括单镜头元件 5、包含镜头元件 6 和 7 的第一配对 1D,以及单镜头元件 8。第二镜头组 354 是固定的且是正倍率组,且包括棱镜元件 9、单镜头元件 10 以及位于元件 10 附近或元件 10 内的中间图像。镜头元件 10 可称为场透镜(field lens)。第三镜头组 355 包括第二变焦子组 356,其为正倍率子组,且包含 S25 处的光阑并包括单镜头元件 11-14 以及包含镜头元件 15-18 的可变焦点液体镜头腔室。

[0368] 下文在表 4 中陈述本发明第四示范性实施例中每个镜头元件的正倍率或负倍率。如上文所述,每一组镜头的所得光学倍率如下:第一镜头子组 352 为负,第一变焦子组 353 为正,第二镜头组 354 为正,且第二变焦子组 356 为正。

[0369] 光学设计包括 NP 核心和其后的 P 中继器。总共存在仅两个独立移动的组:一个在中间图像的物体侧,一个在中间图像的图像侧。这表示制造真实变焦镜头所必需的移动组的最小数目。前方的负倍率组相对于图像平面是固定的,对于两个折叠棱镜也是如此。4.8 : 1 的变焦比大于目前市场上大多数紧凑型数码相机的变焦比,且 90 度的广端处的视野相当多地广于任何目前的紧凑型数码相机的视野。

[0370] 包括单一独立移动的正组的 P 中继器具有特别简单的结构,其显著地有助于系统整体的简单性。

[0371] 系统的光圈范围是从约 f/3.0 到 f/6.0,但在从大约 3.0mm 到 6.0mm 的焦距下在约 f/3.0 处是恒定的。从 6.0mm 到 13.9mm 焦距,光圈从 f/3.0 逐渐下降到 f/6.0。

[0372] 此第四实施例的意义在于其使用可变焦点液体镜头腔室来实现近对焦。此类液体对焦腔室包括封闭一对具有不同折射率的不可混溶液体的玻璃单元,且在以引用方式并入本文的第 6,369,954 号美国专利中有详细描述。使用此可变倍率液体元件的优点在于,不需要任何移动部件来用于对焦。这可增加对焦动作的速度和可靠性。

[0373] 为了最小化液体对焦单元的大小和光学倍率,其优选位于光圈光阑附近。通过将单元放置在光阑的图像侧,系统的入射光瞳在对焦期间保持恒定。这将大大地消除任何的焦点涨缩(focus breathing),这对于预期用于摄像机的镜头来说是重要的特征。

[0374] 变焦子组 353 和 356 中的每一者可依据其位置而沿着用于对焦的光轴在两个方向上移动。特定来说,变焦子组 353 和 356 中的至少一者可沿着用于对焦和变焦、热补偿和变焦或用于对焦、热补偿和变焦的光轴而移动。固定的第一镜头子组 352 和第二镜头组 354 在变焦期间保持固定且保持在与实像表面 S33 相距一固定距离处。图 34 上部中在两端有箭头的水平箭头指出变焦子组 353 和 356 中的每一者都可在两个轴向方向上但以单调方式(即,当从调节的一个极端前进到另一极端时仅在一个方向上)移动。

[0375] 尽管图 34 中以实体仅绘示镜头元件,但应了解,提供常规机械装置和机构以用于支持镜头元件,且用于促使可移动组在常规镜头外壳或筒中的轴向移动。

[0376] 下文在表 4 中陈述上述示范性第四变焦镜头系统实施例 350 的镜头构造和制造数据。

[0377] 在表 4 中, 第一列“项目”识别每个光学元件, 其具有如图 34 中使用的相同的标号或标记。第二和第三列分别识别所述光学元件(镜头)所从属的具有如图 34 中使用的相同标号的“组”和“子组”。第四列“表面”是如图 34 中识别的光阑(可变光阑)S25 和镜头的每个实际表面的表面号的列表。第五列“变焦位置”识别变焦子组 353 和 356(图 35-37 中说明者)的六个典型变焦位置(Z1-Z6), 其中在第四列中列出的一些表面之间存在着距离改变(间隔), 如下文更彻底地描述。以说明性文字“曲率半径”为首第六列是每个表面的光学表面曲率半径的列表, 其中负号(-)表示曲率半径的中心在表面的左边, 如图 34 中所看到者, 且“无穷大”表示光学平坦的表面。针对表面 S4、S18、S19、S20、S22 和 S23 的星号(*)指出这些是“曲率半径”是基圆半径的非球形表面, 且针对该两个表面的公式和系数设为对表 4 在*(星号)处的脚注。第七列“厚度或间隔”是所述表面(第四列)与下一表面之间的轴向距离。举例来说, 表面 S2 与表面 S3 之间的距离是 2.124mm。

[0378] 表 4 的第八和第九列提供每个镜头元件的折射率和阿贝数#。表 4 的以“光圈直径”为首的最后一列提供光线通过的每个表面的最大直径。假定 6mm 的图像对角线以及范围从最短焦距处的 f/3.0 到最长焦距处的 f/6.3 的相对光圈, 来计算所有最大光圈直径, 除了光阑表面 S25 之外。对于变焦位置 Z1-Z6 的光阑表面 S25 的最大光圈直径分别是 2.406mm、2.366mm、2.517mm、2.392mm、1.976mm 和 1.718mm。对于变焦位置 Z1-Z6 的相对光圈(f-数)分别是 f/3.0、f/3.0、f/3.0、f/3.1、f/6.0 和 f/6.7。

[0379] 表 4

[0380]

光学质量要求									
项目	组	子组	表面	变焦位置	曲率半径 (mm)	厚度或间 隔(mm)	折射率 (n _d)	阿 贝 数 # (V _d)	光圈直径 (mm)
0				Z1 Z2 Z3 Z4		无穷大 100.000 无穷大 100.000			

[0381]

				Z5 Z6		无穷大 100.000			
1	351	352	S1	全部	7.649	1.000	1.74400	44.72	9.25
			S2	全部	3.632	2.124			6.56
2	351	352	.S3	全部	-99.644	0.900	1.52996	55.87	6.56
			S4	全部	3.458	1.006			5.64
3	351	352	S5	全部	无穷大	4.200	1.78472	25.76	5.64
			S6	全部	无穷大	0.150			6.15
4	351	352	S7	全部	14.535	1.200	1.78472	25.76	6.39
			S8	Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6	-174.397	7.039 7.039 1.302 1.302 0.500 0.500			6.43
5	351	353	S9	全部	11.059	2.000	1.57960	53.89	6.54
			S10	全部	-14.959	0.150			6.32
6	351	353	S11	全部	6.740	2.800	1.62004	36.37	5.94
7	351	353	S12	全部	-7.405	2.379	1.84666	23.83	5.14
			S13	全部	4.849	1.280			4.13
8	351	353	S14	全部	34.344	1.400	1.62004	36.37	5.01
			S15	Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6	-8.717	0.130 0.130 5.866 5.866 6.670 6.670			5.44
9	354		S16	全部	无穷大	16.000	1.77250	49.60	6.66
			S17	全部	无穷大	0.150			9.75
10	354		S18	全部	10.384	5.000	1.52996	55.87	10.53
			S19	Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6	-8.243	11.633 11.633 11.239 11.239 6.068 6.068			10.53
11	355	356	S20	全部	-4.581	2.000	1.52996	55.87	5.67
			S21	全部	-11.018	2.335			5.84
12	355	356	S22	全部	4.648	3.667	1.77250	49.60	5.26
			S23	全部	-7.441	0.150			5.26
13	355	356	S24	全部	-79.308	2.422	1.84666	23.83	3.79
光阑			S25	全部	3.160	0.530			2.52
14	355	356	S26	全部	14.997	2.000	1.77250	49.60	2.66
			S27	全部	-9.299	0.200			3.36
15	355	356	S28	全部	无穷大	0.400	1.51680	64.17	4.00

[0382]

16	355	356	S29	全部	无穷大	0.500	1.51500	47.50	4.00
17	355	356	S30	Z1	无穷大	0.500	1.33953	57.92	4.00
				Z2	59.981				
				Z3	无穷大				
				Z4	-21.131				
				Z5	无穷大				
				Z6	-13.357				
18	355	356	S31	全部	无穷大	0.400	1.51680	64.17	4.00
			S32	Z1	无穷大	5.242			4.00
				Z2		5.242			
				Z3		5.637			
				Z4		5.637			
				Z5		10.807			
				Z6		10.807			
图像			S33	全部	无穷大				6.00

[0383] * 通过以下传统等式来控制非球形表面 S4、S18、S19、S20、S22 和 S23 的表面轮廓：

[0384]

$$Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + (1 - (1 + K)(CURV)^2 Y^2)^{1/2}} + (A)Y^4 + (B)Y^6 + (C)Y^8 + (D)Y^{10} + (E)Y^{12} + (F)Y^{14} + (G)Y^{16}$$

[0385] 其中：

[0386] CURV = 1/(曲率半径)

[0387] Y = 光圈高度, 垂直于光轴测得

[0388] K、A、B、C、D、E、F、G = 系数

[0389] Z = 对于给定 Y 值的表面轮廓的位置, 沿着光轴从表面的极点 (即, 轴向顶点) 测得。

[0390] 项目 2 的表面 S4 的系数为：

[0391] K = -1.89477

[0392] A = 1.44889E-03

[0393] B = -5.88728E-04

[0394] C = 1.31651E-04

[0395] D = -2.99149E-05

[0396] E = 1.41310E-07

[0397] F = 8.64508E-08

[0398] G = -4.47413E-09

[0399] 项目 10 的表面 S18 的系数为：

[0400] K = 1.20801

[0401] A = -7.62699E-04

[0402] B = 5.22283E-05

[0403] C = -2.37254E-06

[0404] D = 3.31184E-08

- [0405] E = 0.00000
- [0406] F = 0.00000
- [0407] G = 0.00000
- [0408] 项目 10 的表面 S19 的系数为：
 - [0409] K = 0.00000
 - [0410] A = 2.75081E-04
 - [0411] B = 4.52938E-05
 - [0412] C = -2.19723E-06
 - [0413] D = 3.72702E-08
- [0414] E = 0.00000
- [0415] F = 0.00000
- [0416] G = 0.00000
- [0417] 项目 11 的表面 S20 的系数为：
 - [0418] K = -4.17760
 - [0419] A = 4.82288E-04
 - [0420] B = -1.05427E-04
 - [0421] C = 1.45621E-05
 - [0422] D = -8.69523E-07
- [0423] E = 0.00000
- [0424] F = 0.00000
- [0425] G = 0.00000
- [0426] 项目 12 的表面 S22 的系数为：
 - [0427] K = -0.29273
 - [0428] A = -3.44108E-03
 - [0429] B = -4.55219E-05
 - [0430] C = -1.13048E-05
 - [0431] D = -1.26399E-06
- [0432] E = 0.00000
- [0433] F = 0.00000
- [0434] G = 0.00000
- [0435] 项目 12 的表面 S23 的系数为：
 - [0436] K = 3.69958
 - [0437] A = 1.24196E-03
 - [0438] B = -7.54294E-04
 - [0439] C = 1.97648E-05
 - [0440] D = -9.60029E-05
 - [0441] E = 2.91221E-06
 - [0442] F = -5.00753E-07
 - [0443] G = 3.95930E-08

[0444] 上文对表 4 的脚注 * 包含用于针对值 Z 来计算非球形表面 S4、S18、S19、S20、S22 和 S23 的形状的等式, 其中 CURV 是表面极点处的曲率, Y 是与玻璃表面上特定点的光轴相距的高度或距离, K 是二次曲线 (conic) 系数, 且 A、B、C、D、E、F 和 G 分别是 4 阶、6 阶、8 阶、10 阶、12 阶、14 阶和 16 阶变形系数。如上所述, 为说明本发明的范围和多样性, 在表 4 的数据中陈述六个不同的变焦位置 Z1、Z2、Z3、Z4、Z5 和 Z6, 其针对两个可移动的变焦子组和可变焦点液体而提供六个不同位置的具体数据。变焦位置 Z1、Z3 和 Z5 代表变焦子组 253 和 256 的经调节以用于无穷远物体的三个位置, 其中变焦位置 Z1 和 Z5 是极端位置且 Z3 是中间位置。当然, 将了解, 在极端变焦位置 Z1 与 Z5 之间可使用连续变焦, 且在镜头系统 350 的所述变焦范围内可使用连续变焦的任何组合。

[0445] 变焦位置 Z2、Z4 和 Z6 代表变焦子组 353 和 356 的经调节以用于位于距镜头系统的前顶点 100mm 处的物体的三个近焦位置。在变焦位置 Z2 是针对 100mm 的物体距离的最短焦距位置的意义上, 变焦位置 Z2 是变焦位置 Z1 的近焦对应者。类似地, 变焦位置 Z4 和 Z6 分别是变焦位置 Z3 和 Z5 的近焦对应者。

[0446] 镜头系统 350 的有效焦距 (EFL)、全视野 (FFOV) 和 F- 数对于不同的变焦位置而变化。现参看图 35-37, 变焦镜头系统 350 绘示为具有在各个变焦位置的变焦组, 且具有对于这些位置的光线轨迹。图 35 表示上文在表 4 中陈述其数据的变焦位置 Z1, 其 EFL 为约 3.0mm, FFOV 为约 90.0°, 且 F- 数为约 3.0。图 36 表示来自表 4 的变焦位置 Z3, 其 EFL 为约 6.0mm, FFOV 为约 53.4°, 且 F- 数为约 30。图 37 表示来自表 4 的变焦位置 Z5, 其 EFL 为约 13.9mm, FFOV 为约 24.4°, 且 F- 数为约 6.0。

[0447] 从表 4 中陈述的针对个别镜头元件 (项目 1-18) 的规格以及镜头元件之间的间隔, 可通过使用上述 ZEMAX \otimes 光学设计软件来计算每个镜头元件的焦距且接着计算每一组镜头元件 (即, 第一镜头组 352、第一变焦子组 353、第二镜头组 354 和第二变焦子组 356) 的焦距, 且那些计算出的组的焦距如下:

[0448] 第一镜头组 352 (元件 1-4) = -6.357mm;

[0449] 第一变焦子组 353 (元件 5-8) = 9.645mm;

[0450] 第二镜头组 354 (元件 9 和 10) = 9.560mm; 以及

[0451] 第二变焦子组 356 (元件 11-14) = 6.777mm。

[0452] 而且应注意, 变焦镜头系统 350 在表面 S25 处具有一个光阑, 其控制在所述点处光线可通过的光圈的直径, 借此促使变焦镜头系统中任何在径向上超过所述直径的光线被阻挡。光阑位于物理可变光阑所在处的位置。可变光阑位于第二变焦子组 356 内或位于其一端处, 且随着所述变焦子组而移动。应注意在图 37 中, 举例来说, 边缘光线在有多余空间的情况下通过 S25, 而在图 36 中, 边缘光线在其通过光阑时几乎接触 S25 的极端边缘。这表明位于 S25 处的可变光阑必须在焦距增加时打开。为了在图像处维持恒定的 f- 数, 可变光阑必须“变焦”或改变。换句话说, 必须调节可变光阑以获得恒定光圈。单独的凸轮可用于在变焦期间打开或关闭可变光阑。另外, 应注意, 表 4 中陈述的所有镜头元件表面光圈在图 35-37 中描绘的所有对焦和变焦位置处均充当场阑。

[0453] 两个变焦子组 353 和 356 中的每一者可独立地在轴向上移动, 且通过例如常规机械装置 (例如凸轮等) 的任何便利装置来协调其各自的移动, 以实现所需的变焦功能。

[0454] 变焦镜头系统 350 具有位于第二变焦子组 356 内的可变光阑 (iris) S25, 且因此可

变光阑 S25 与其一起轴向地移动。相对于表 4 中列出的最大光圈 (aperture) 直径而在第二变焦子组 356 如上所述轴向移动时调节可变光阑 S25 的光圈大小, 且在表 4 中给出其最大值。

[0455] 图 38 绘示第一示范性实施例的系统的三维视图。如图 38 指示, 前方两个元件和两个场透镜可在非旋转的实施例中缩短为矩形轮廓以最小化体积。图 39 和 40 绘示具有整体尺寸的折叠式非旋转系统的两个不同视图。

[0456] 在本申请案中描述和说明的规格、性能和光学质量要求实质上对应于非旋转的复合变焦镜头。然而, 图 38 中说明复合变焦镜头的可选的旋转能力。在一个实施例中, 第一折叠棱镜 3500 和前方元件 3502 (在旋转的实施例中可为圆形而不缩短) 可相对于镜头元件 3508 和第一折叠棱镜 3500 的图像侧的所有其它镜头元件和棱镜, 作为一个单元而围绕光轴 3506 来旋转 (如箭头 3510 所示)。然而在替代实施例中, 在镜头元件 3512 中的任一者之间可发生旋转。在另一实施例中, 第二折叠棱镜 3514 和第三折叠棱镜 3514 的物体侧的所有元件和棱镜可相对于第二折叠棱镜 3514 的图像侧的元件和棱镜, 作为一个单元而围绕光轴 3516 来旋转 (如箭头 3518 所示)。应注意, 元件 3520 在旋转实施例中可为圆形而不缩短。然而在替代实施例中, 在镜头元件 3524 中的任一者之间可发生旋转。在进一步的替代实施例中, 两种旋转都是可能的。这些旋转可允许复合变焦镜头的一部分位于例如蛤壳型蜂窝电话的铰链中。

[0457] 还应了解的是, 为了保留本文描述和说明的示范性规格、性能和光学质量要求以及避免渐晕, 本发明的旋转的实施例要求检测器具有方形纵横比, 检测器的每一侧等同于由本文描述的非旋转实施例的光学质量要求形成的矩形图像的最小尺寸。或者, 为了保留本文描述的非旋转实施例的光学质量要求形成的图像以及避免渐晕, 本发明的旋转的实施例要求对光学质量要求的一些修正, 所述修正不要求过度的实验且恰好在所属领域的技术人员的能力以内, 以提供较大棱镜和对其它镜头元件的改变。通过这样做, 无论变焦镜头如何旋转, 均可捕捉到矩形图像或任何的图像形状。

[0458] 现参看图 41-46, 以常规方式通过单独六对曲线图且针对三种波长 (486nm、588nm 和 656nm) 来绘示分别针对变焦位置 Z1-Z6 的光线像差曲线图, 其中在右下角为最大图像高度 45°, 且在左上角为零图像高度。每一对中的左边曲线图是 Y-FAN, 而每一对中的右边曲线图是 X-FAN。垂直轴上的每个抖动标记表示 10 微米, 且因此最大刻度是 +/-50 微米。如所属领域的技术人员容易了解者, 这些性能曲线确立在全部六个变焦位置中, 变焦镜头系统对于当前广播电视 NTSC 质量表现得异常良好, 且对于 HDTV 广播电视质量表现得非常良好。

[0459] 应了解的是, 在所有上述实施例中的横向光线像差图中的若干图中展示的偏离仅适用于每个图的光束的非常小的区域, 且因此对性能具有很小的影响。另外, 应了解所有上述实施例中的所有数据都是在 20°C (68 °F) 的温度和标准大气压 (760mmHg) 下给出的。

[0460] 尽管已结合本发明的实施例参考了附图来全面描述了本发明, 但应注意, 所属领域的技术人员将了解各种改变和修改。这些改变和修改将视为包含在本发明的范围内。

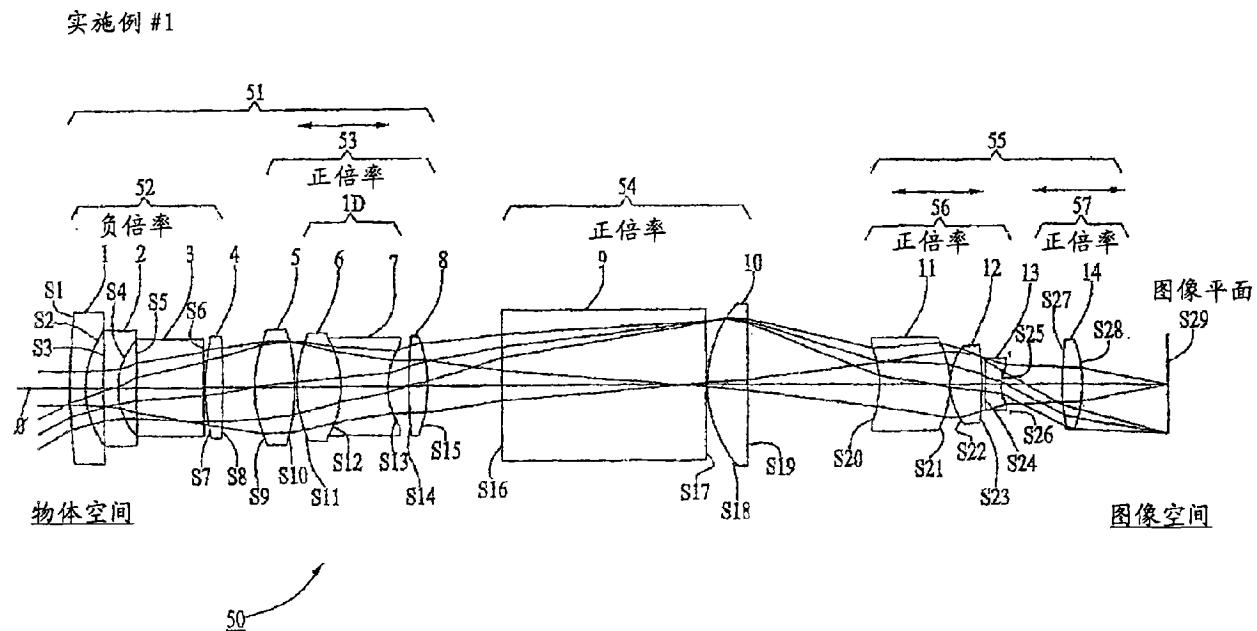


图 1

实施例 #1

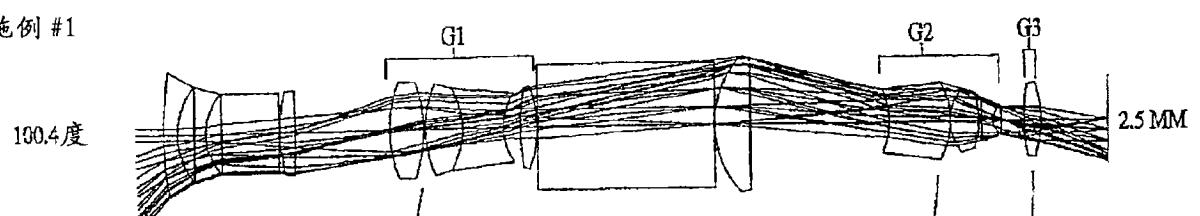


图 2

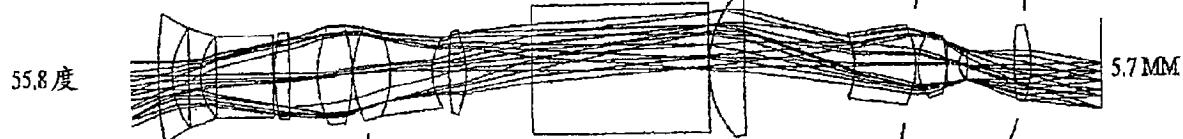


图 3



图 4

实施例 #1

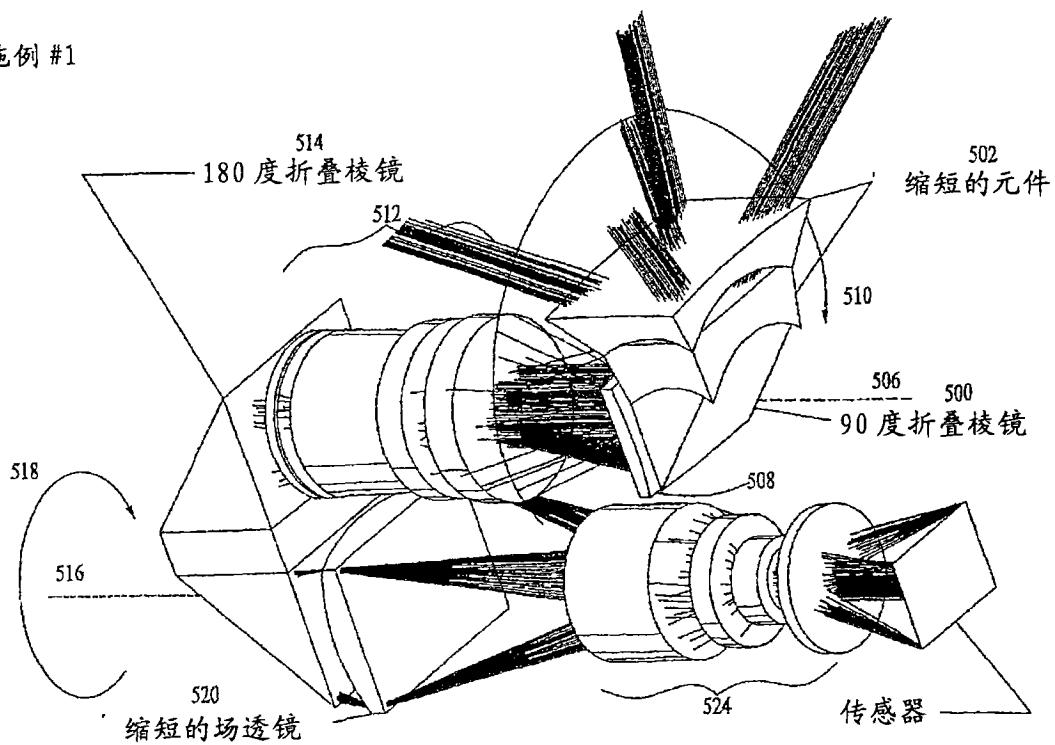


图 5

实施例 #1

16.7 MM

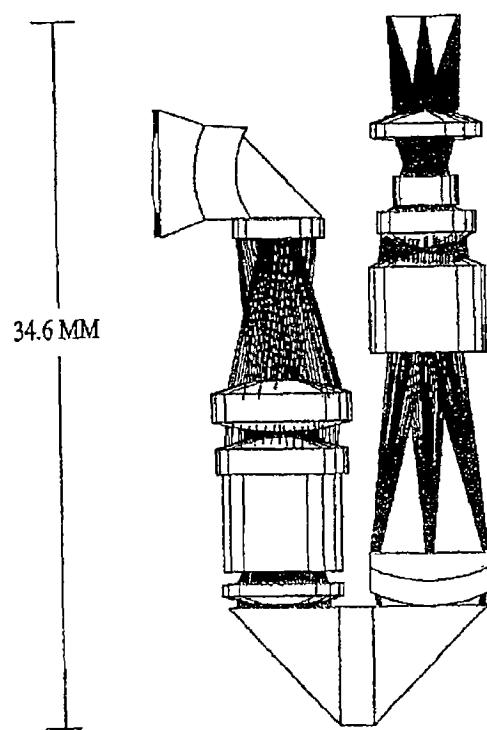


图 6

实施例 #1

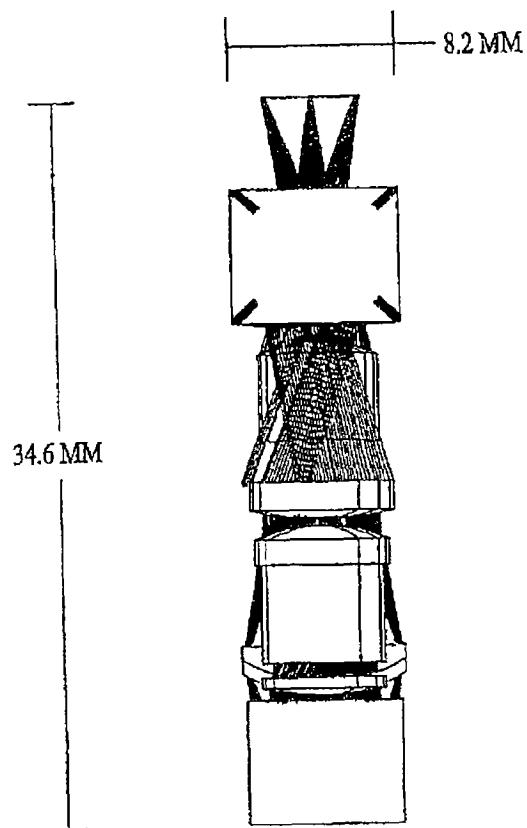


图 7

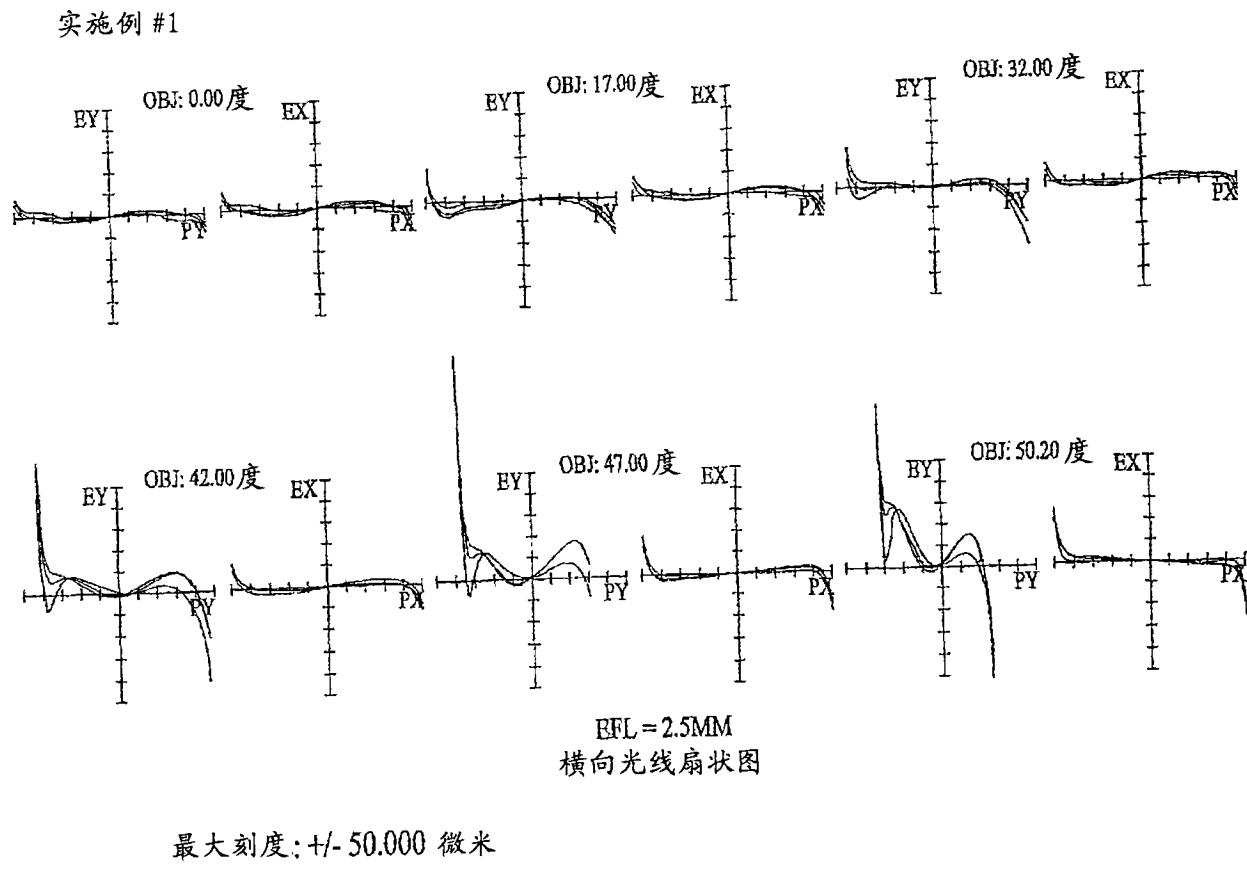
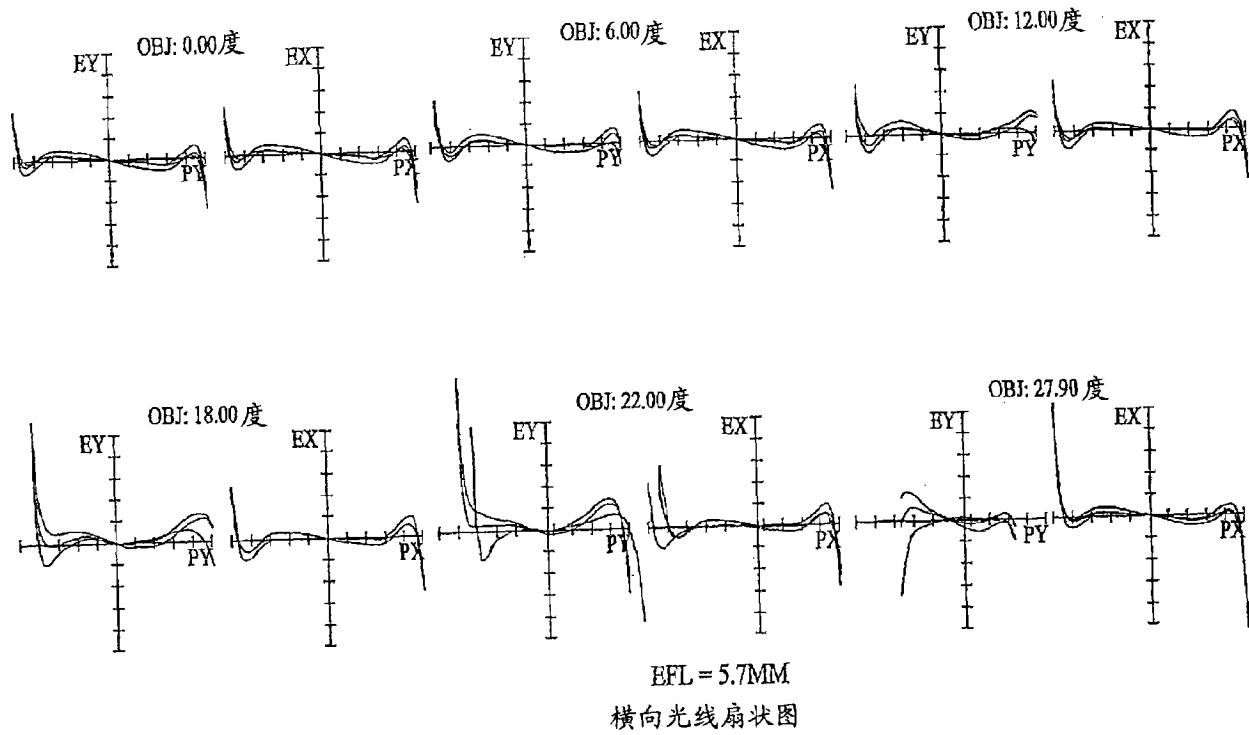


图 8

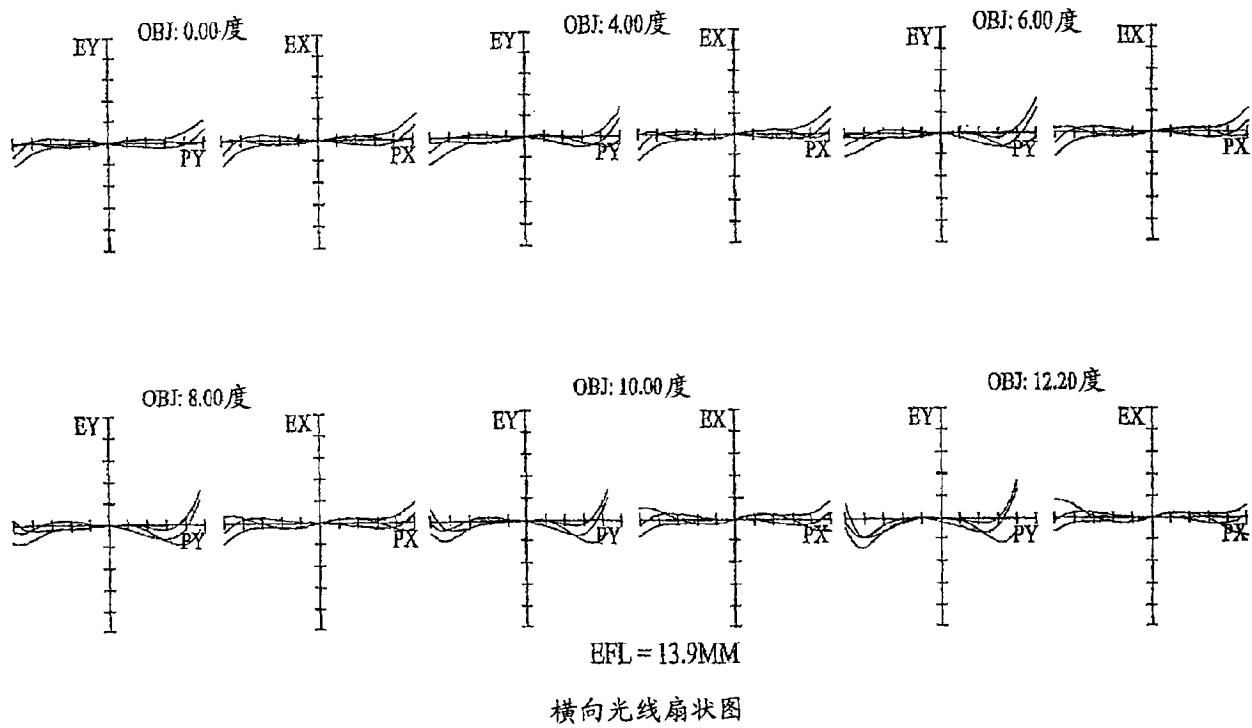
实施例 #1



最大刻度: +/- 50.000 微米

图 9

实施例 #1



最大刻度 : +/- 50.000 微米

图 10

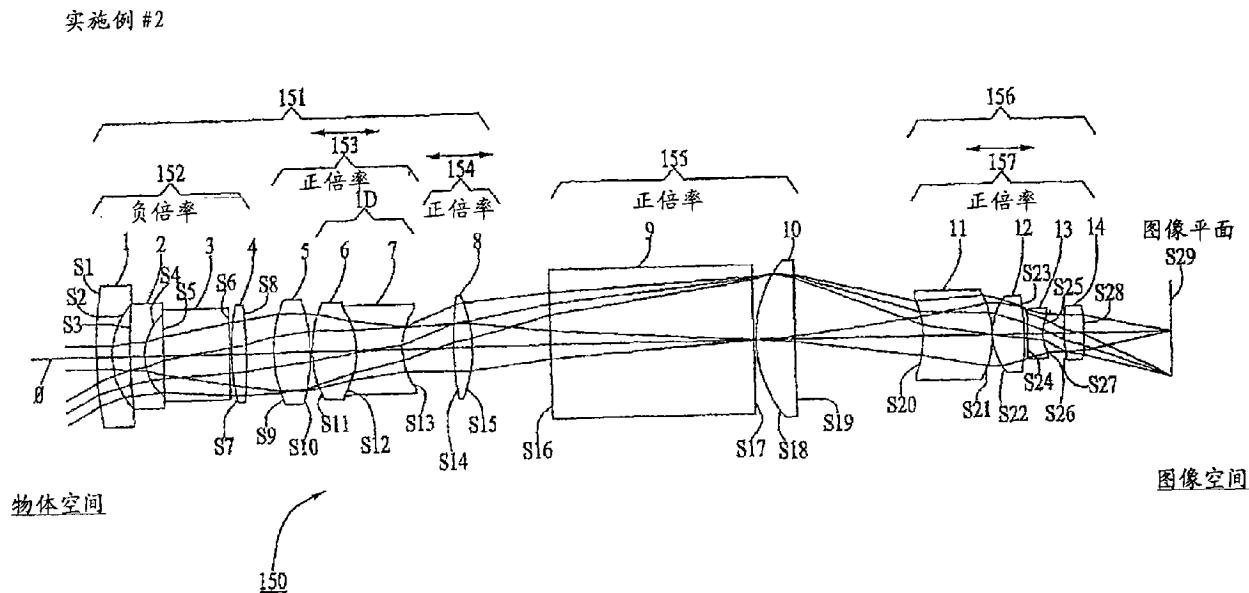
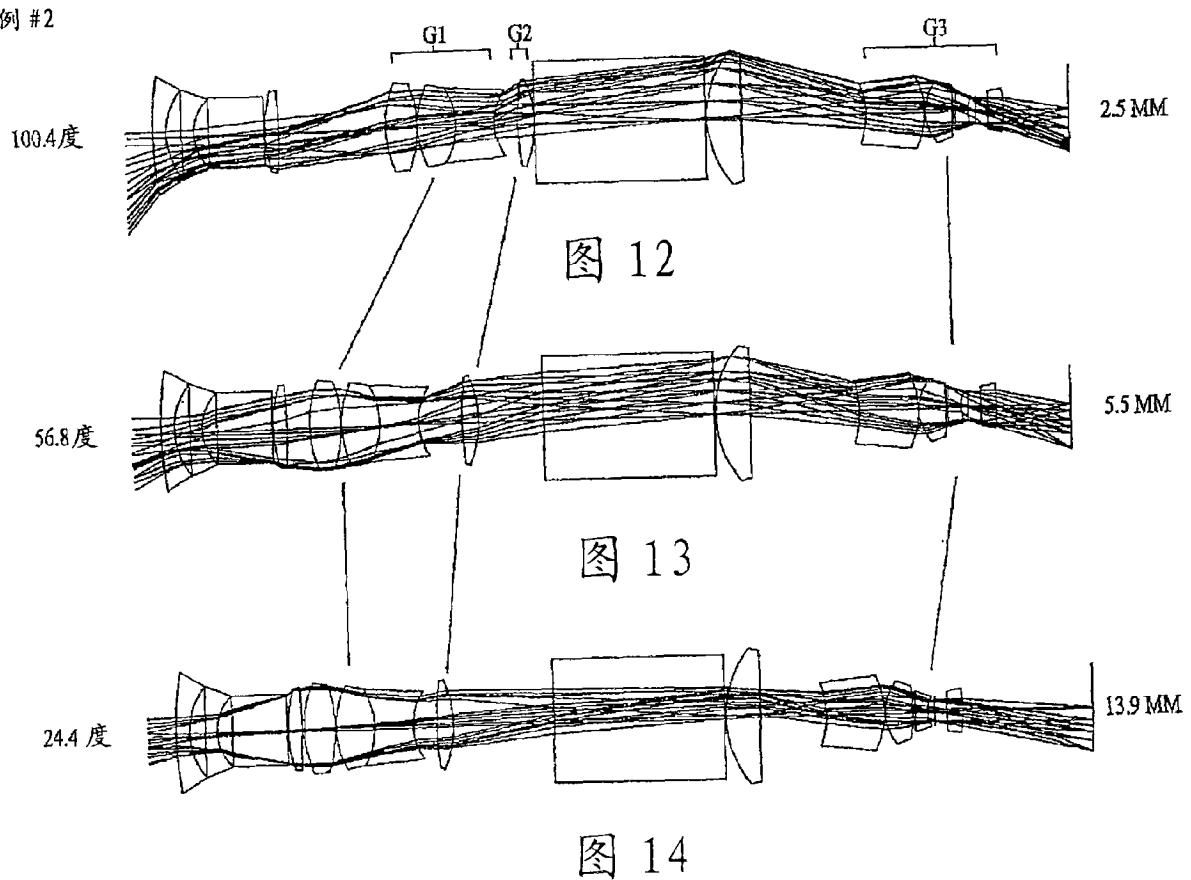


图 11

实施例 #2



实施例 #2

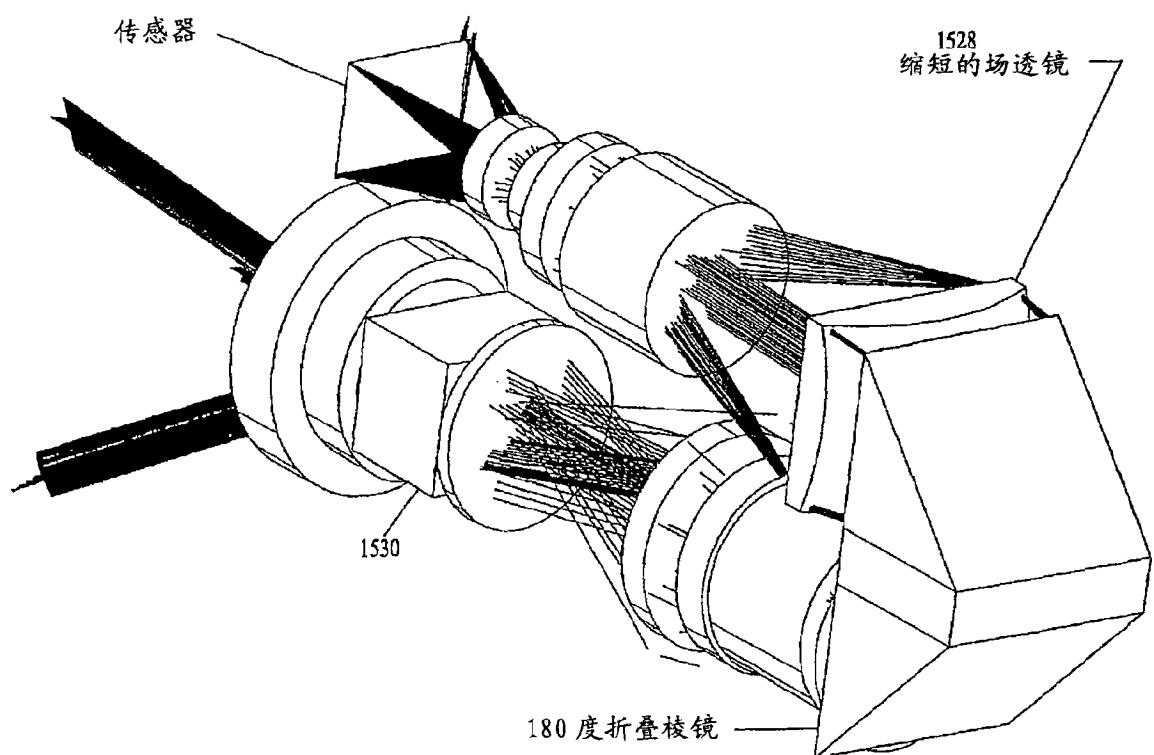


图 15

实施例 #2

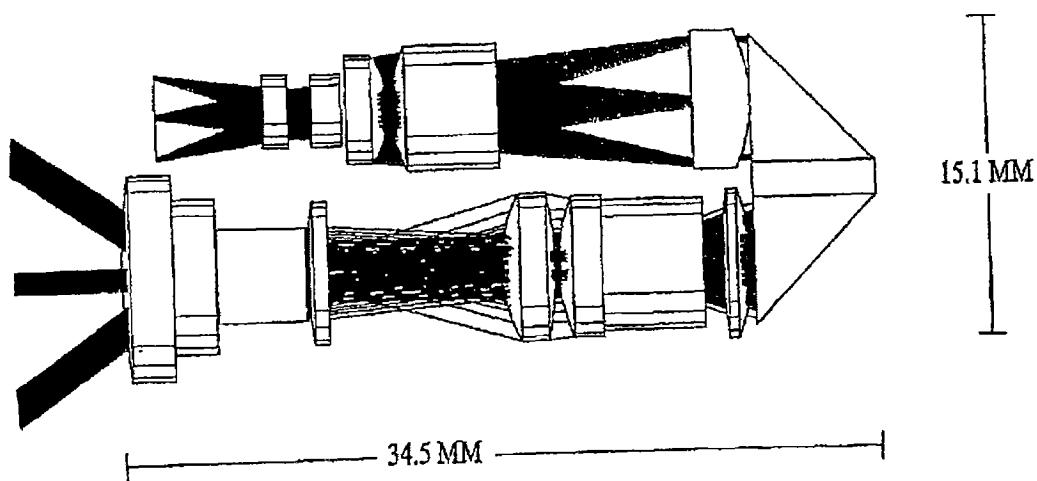


图 16

实施例 #2

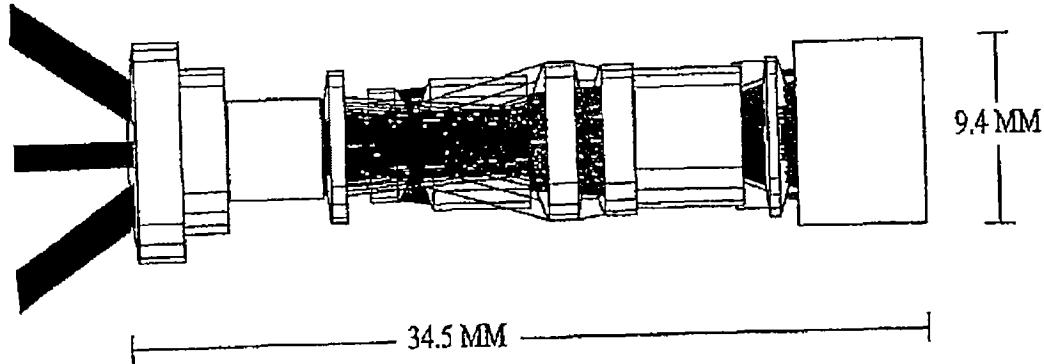
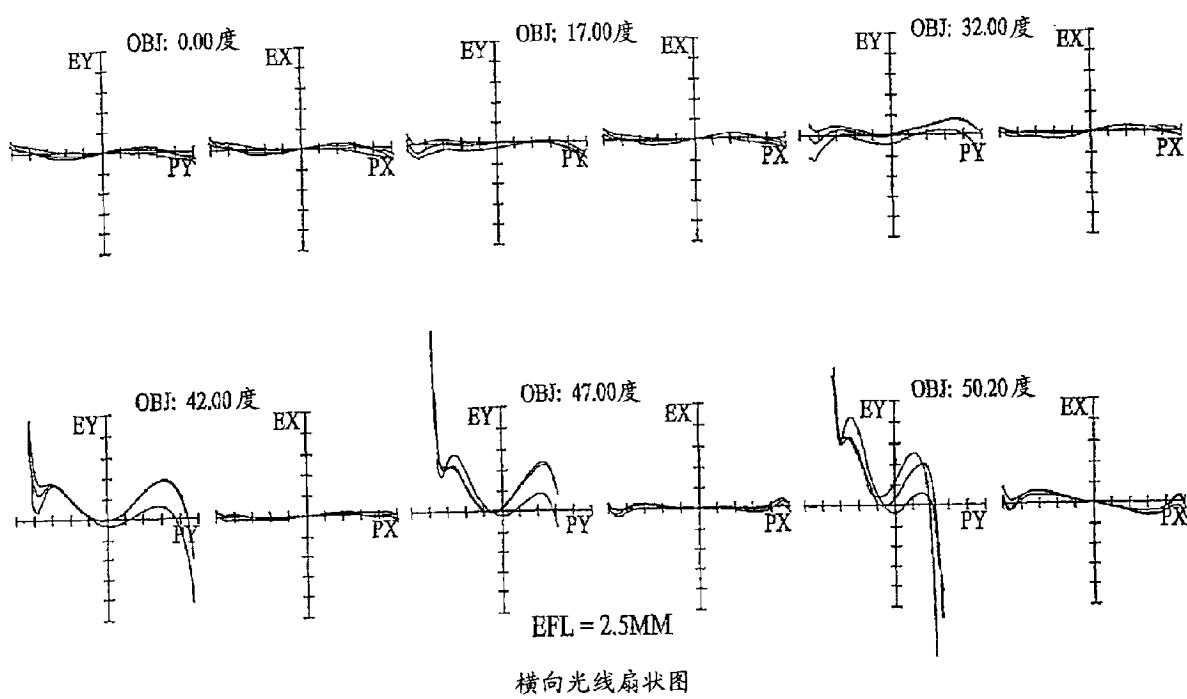


图 17

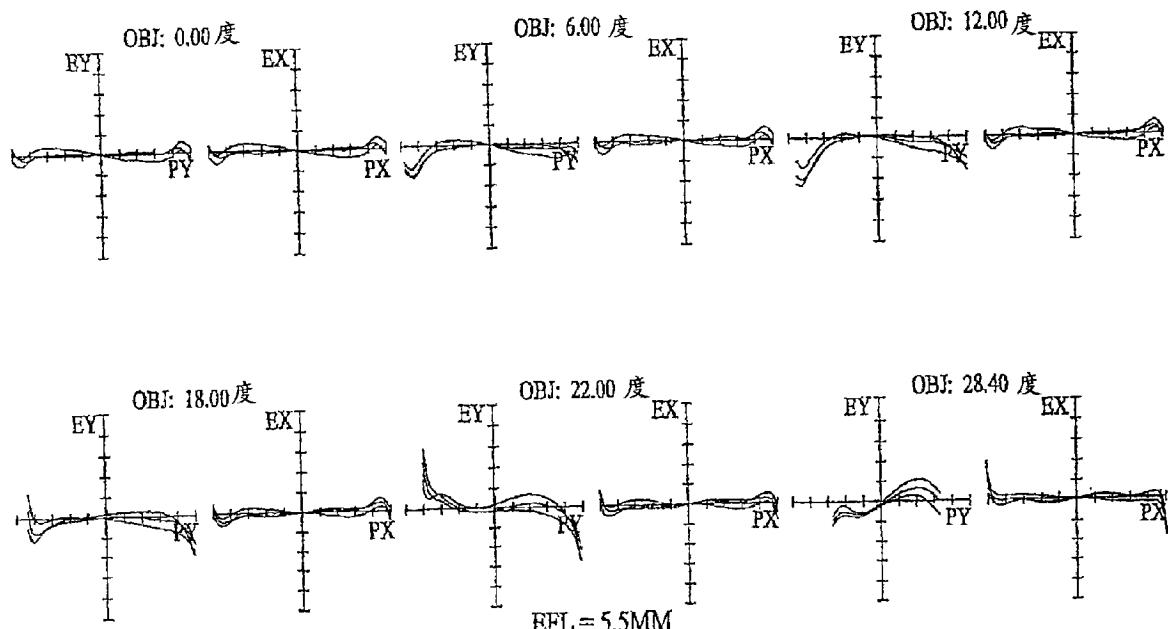
实施例 #2



最大刻度: +/- 50.000 微米

图 18

实施例 #2

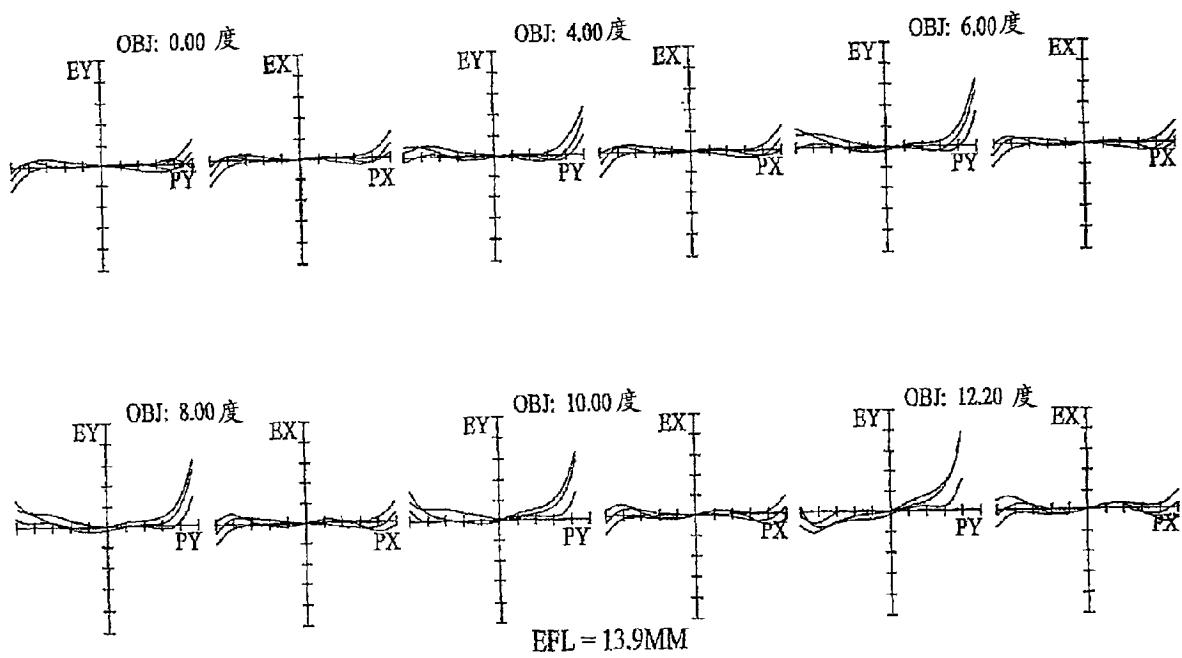


横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50.000 微米

图 19

实施例 #2



横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50.000 微米

图 20

实施例 #3

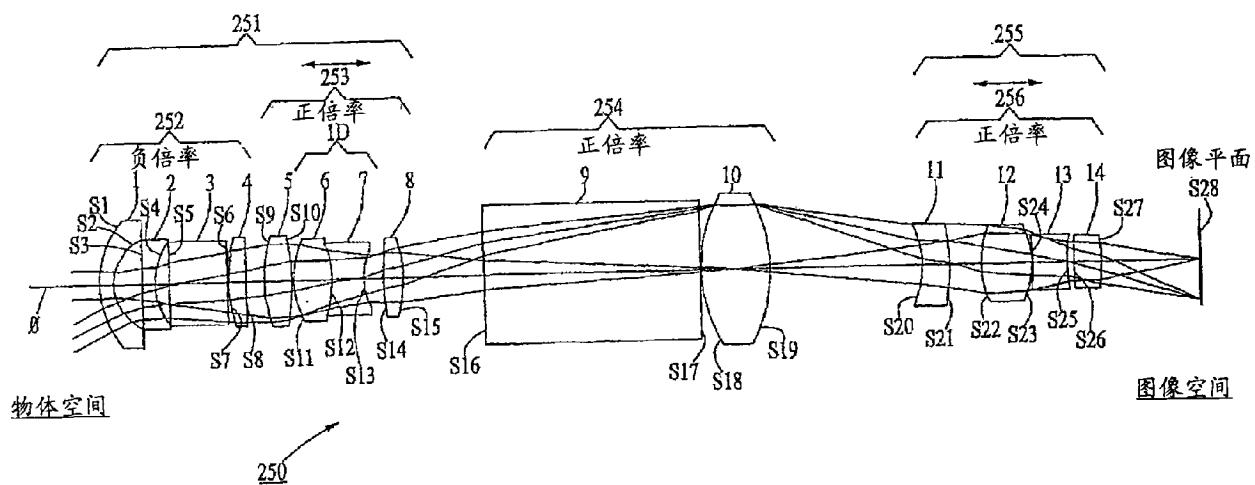
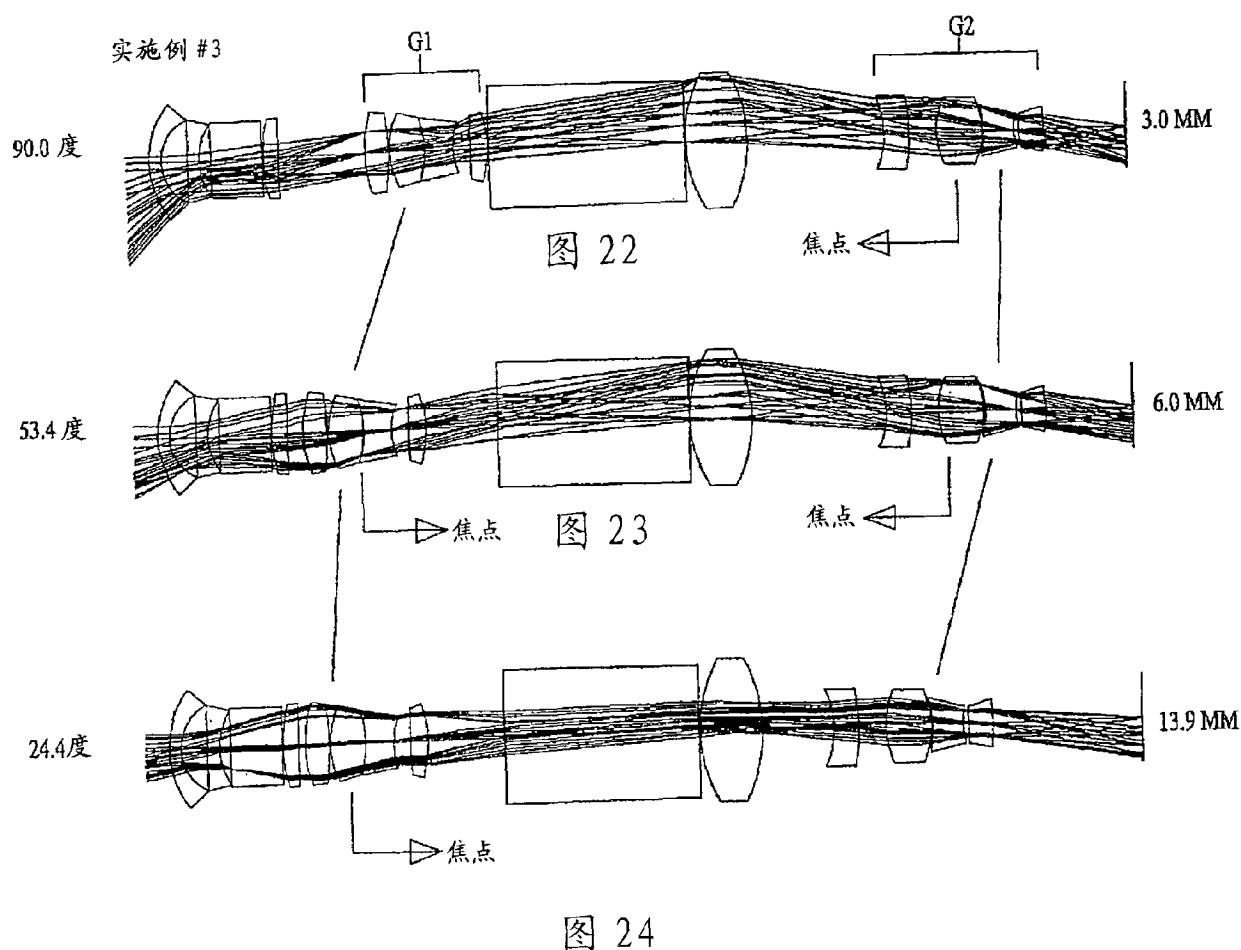


图 21



实施例 #3

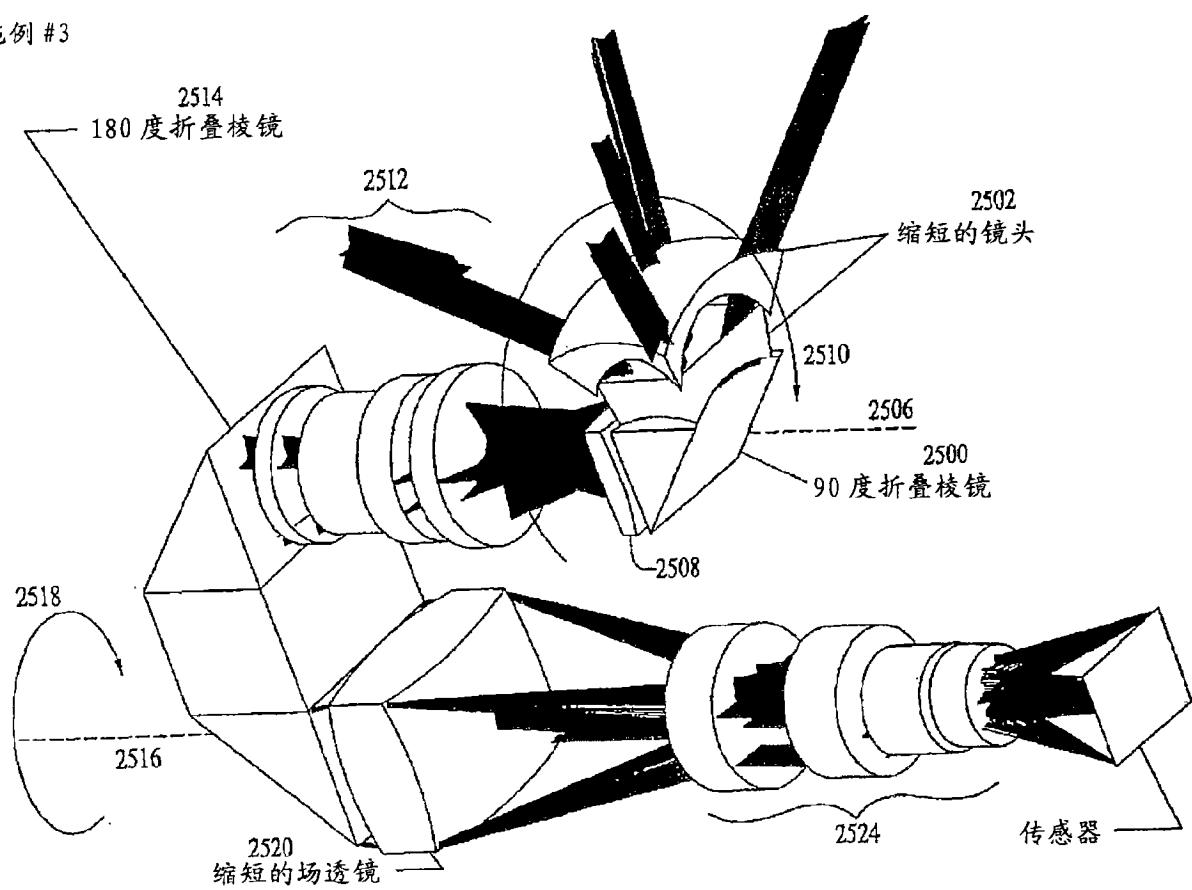


图 25

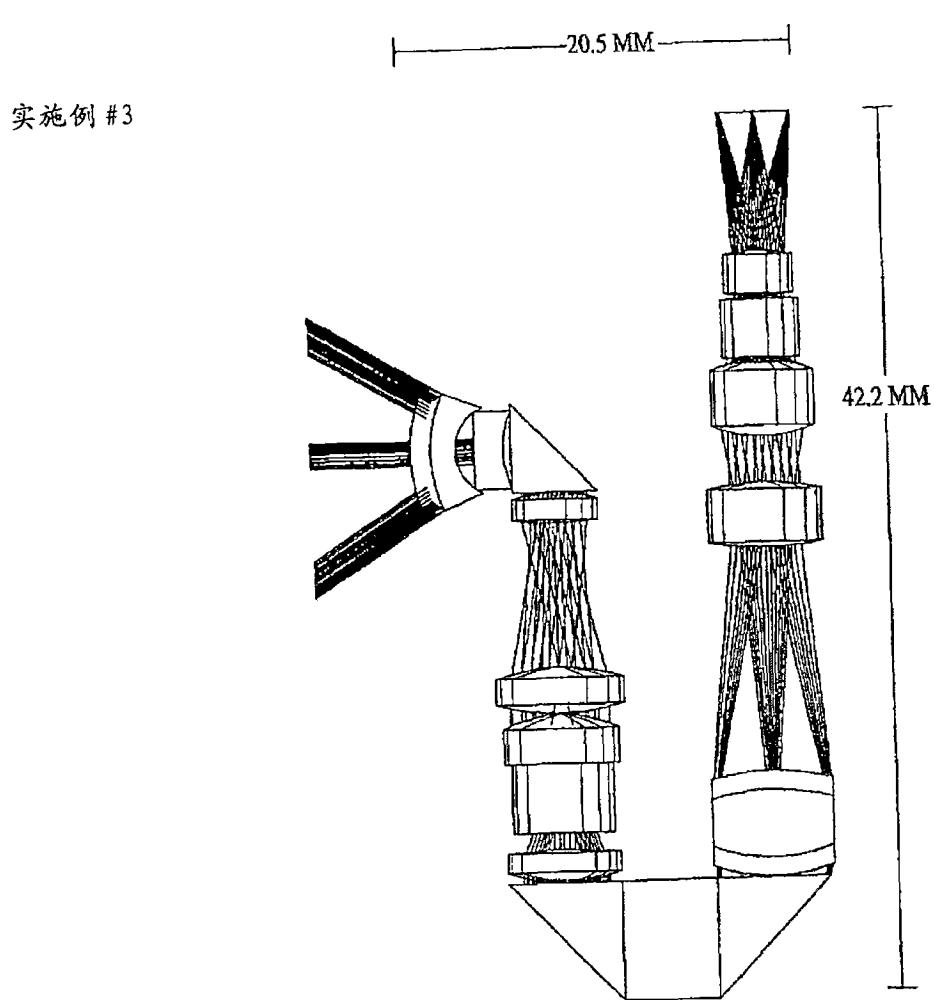


图 26

实施例 #3

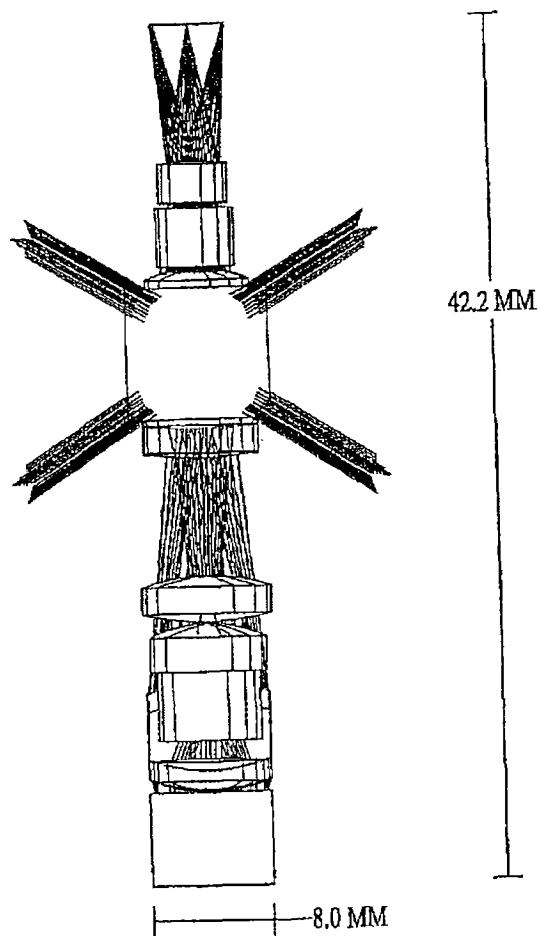
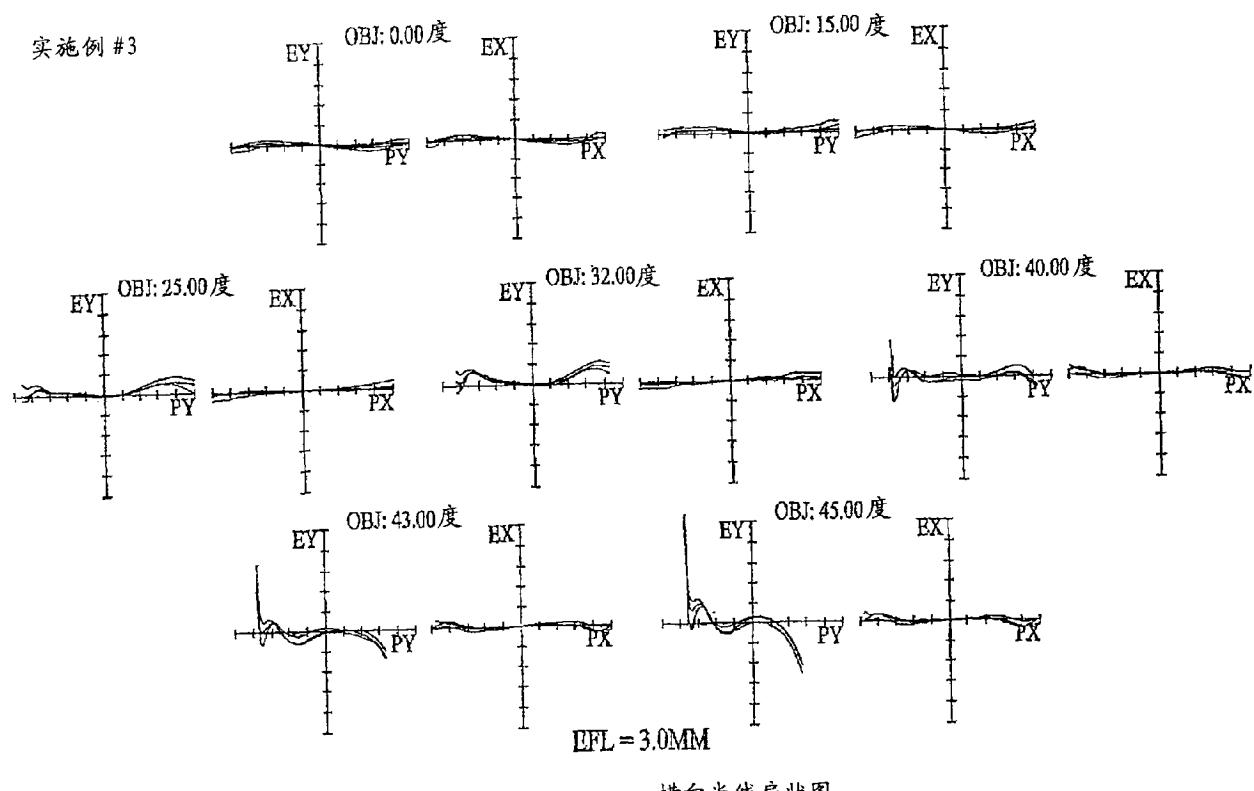


图 27

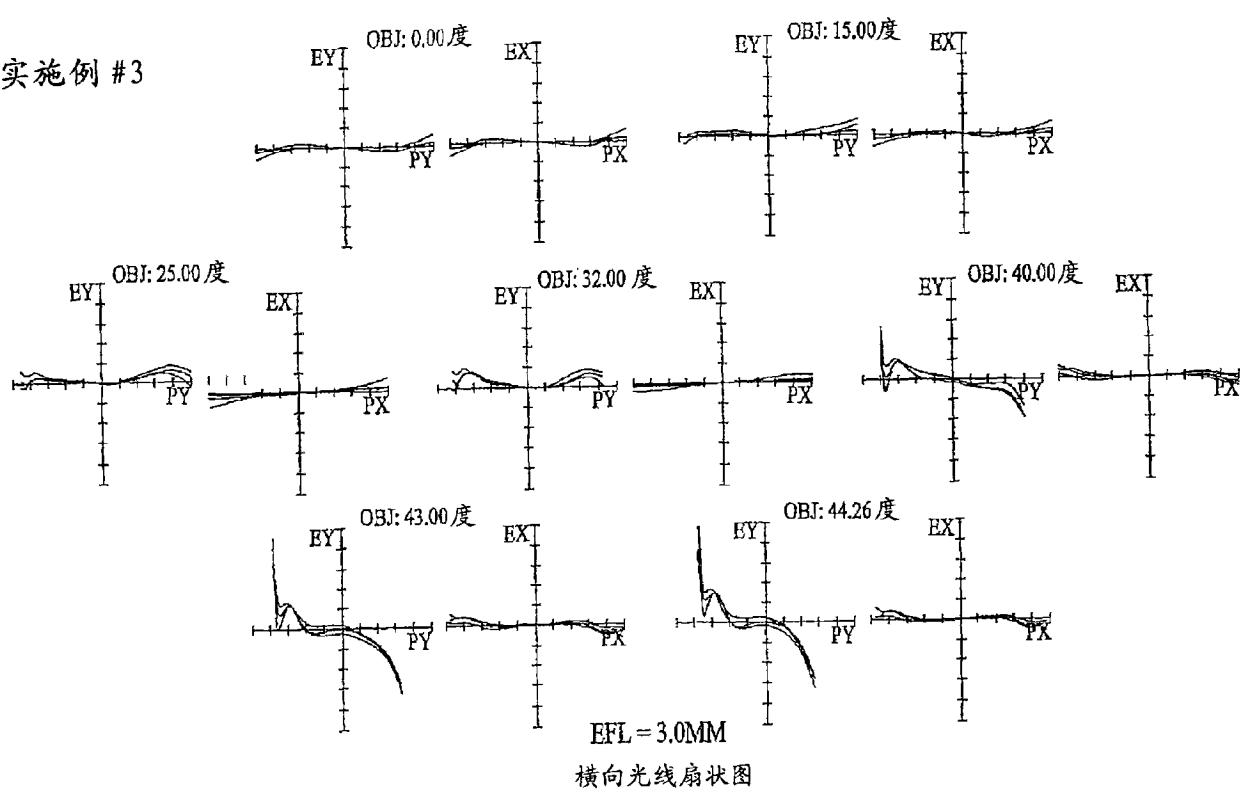


横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50.000 微米

图 28

实施例 #3

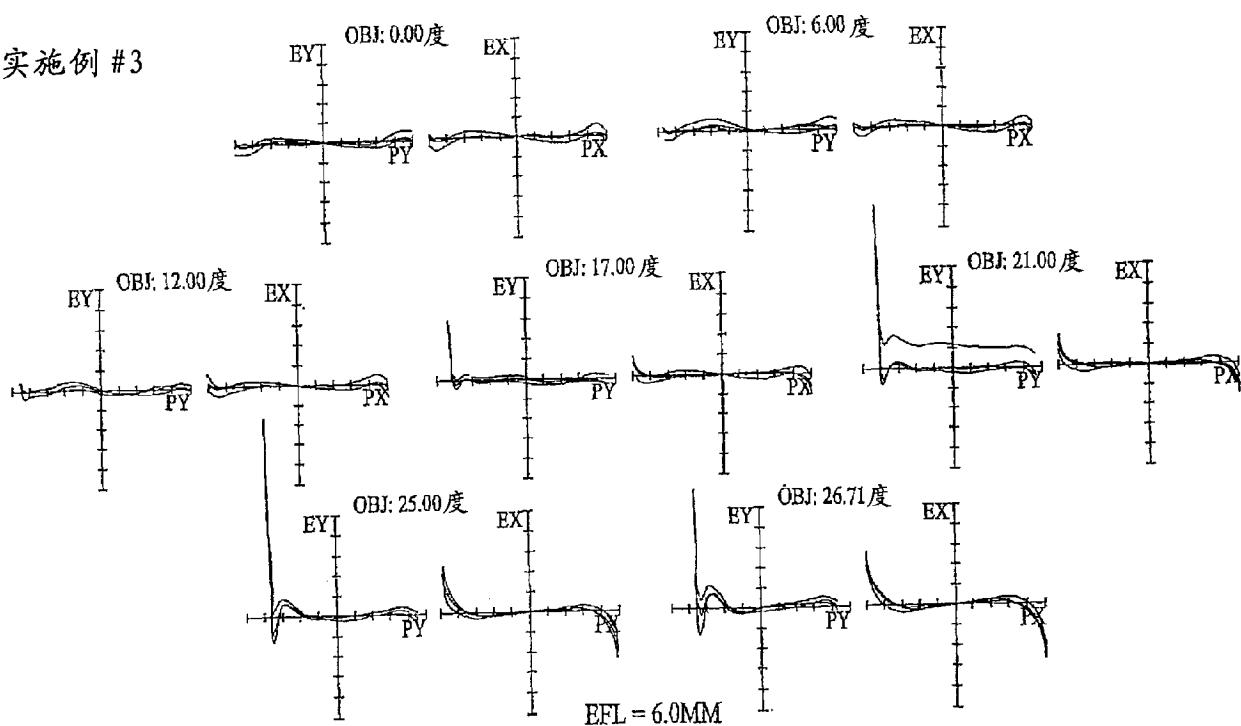


横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50,000 微米

图 29

实施例 #3

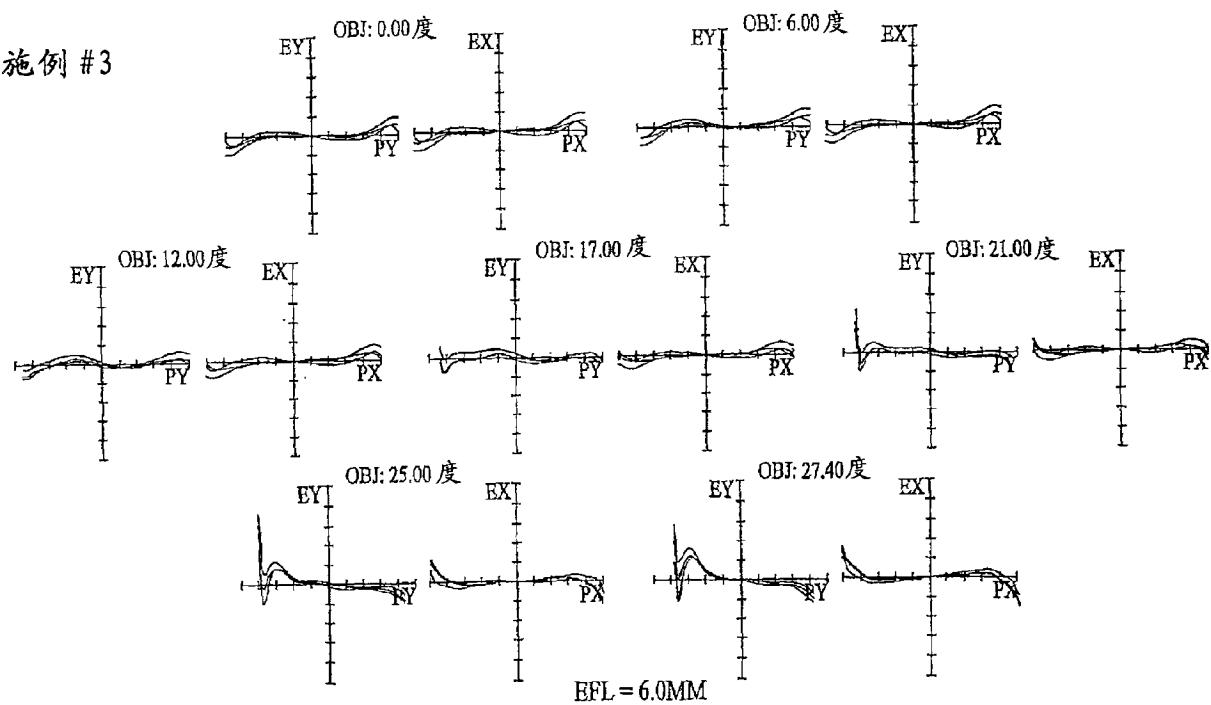


横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50.000 微米

图 30

实施例 #3

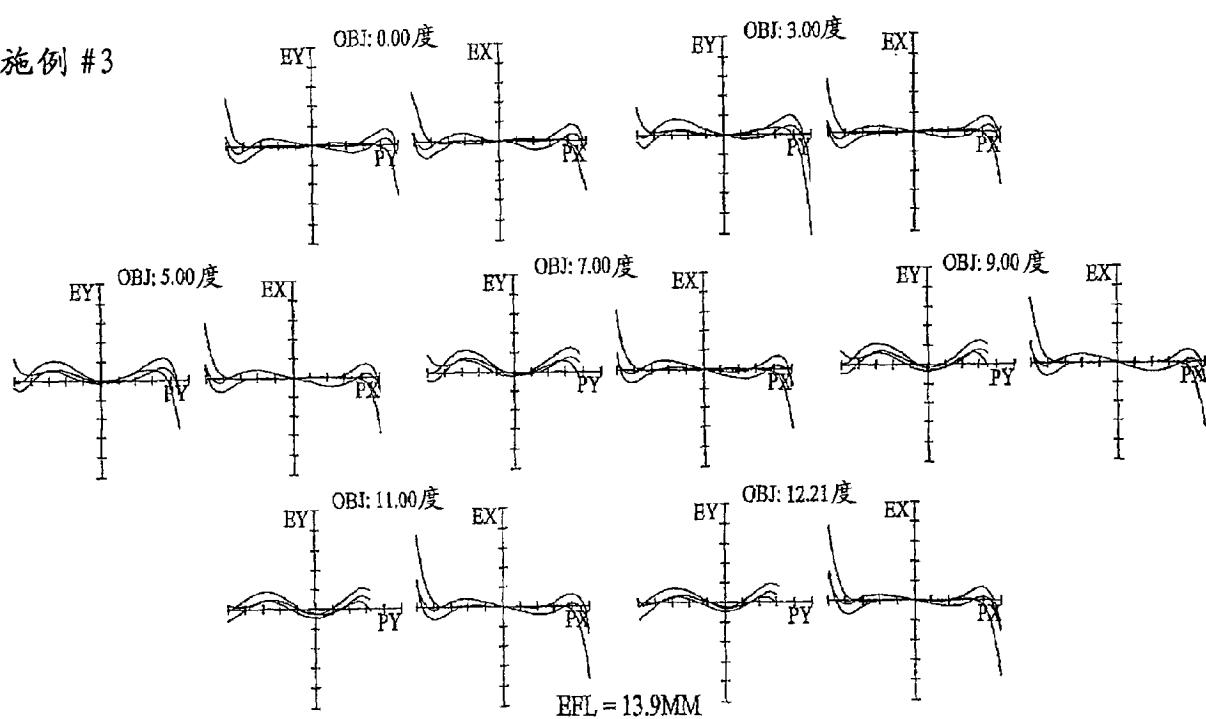


横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50,000 微米

图 31

实施例 #3

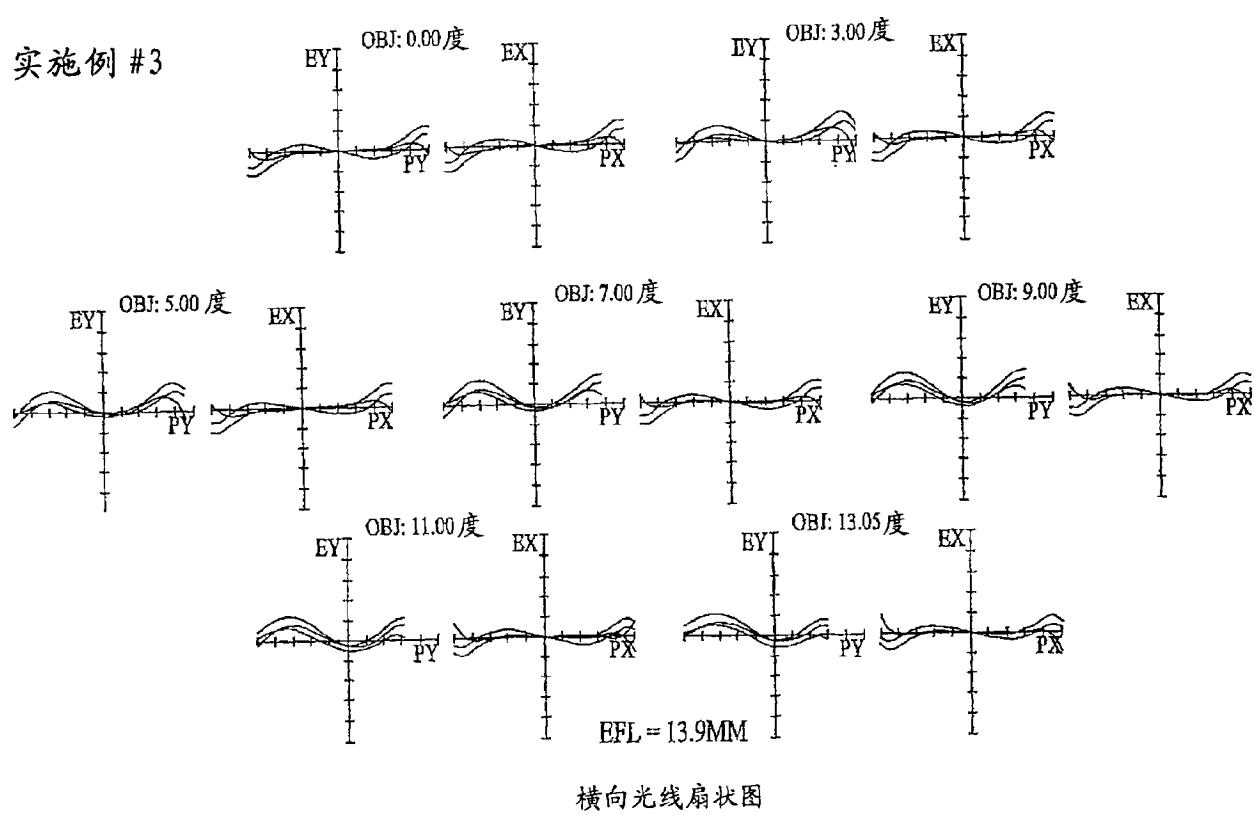


横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50.000 微米

图 32

实施例 #3



横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50.000 微米

图 33

实施例 #4

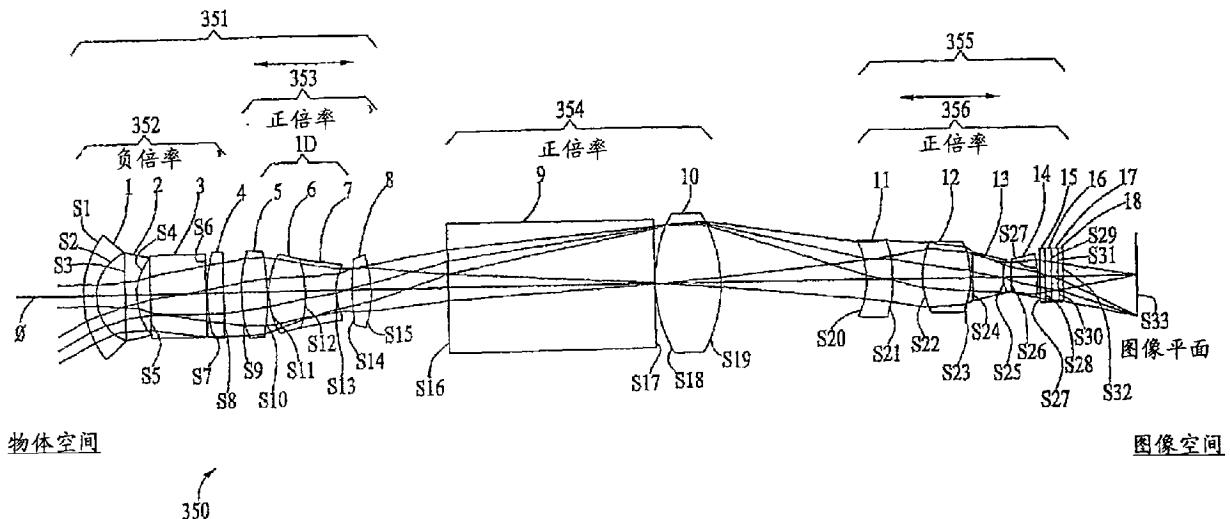


图 34

实施例 #4

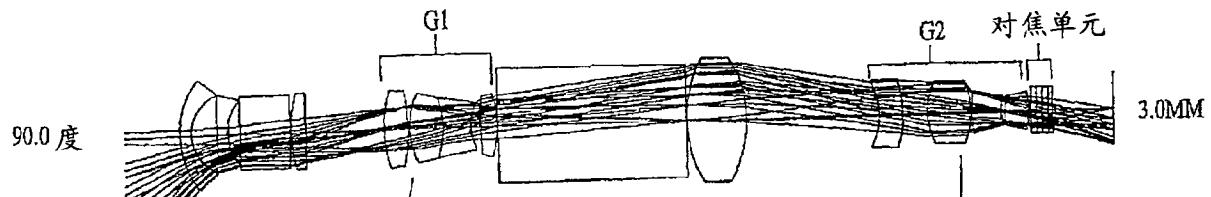


图 35

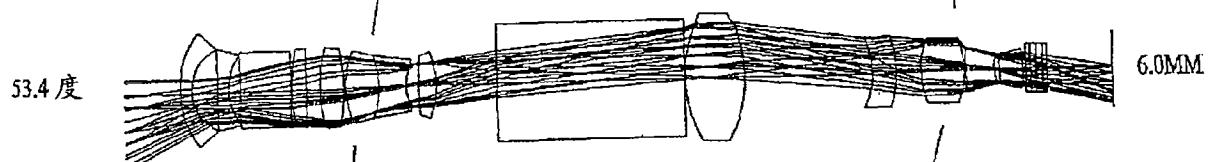


图 36



图 37

实施例 #4

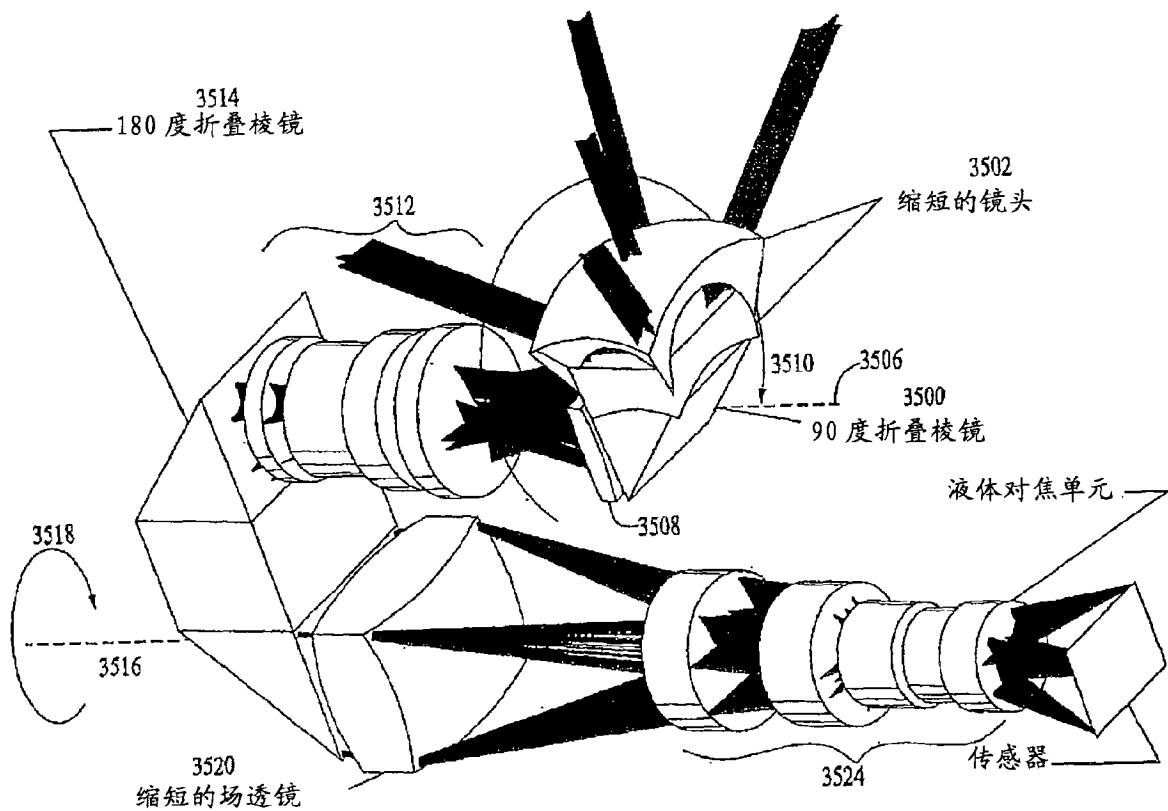


图 38

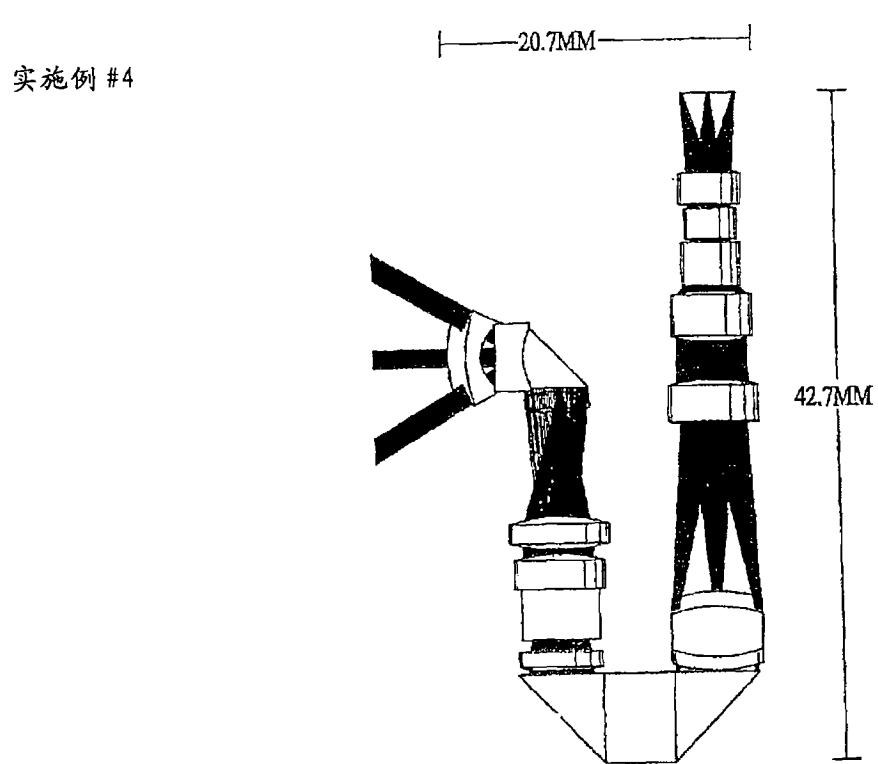


图 39

实施例 #4

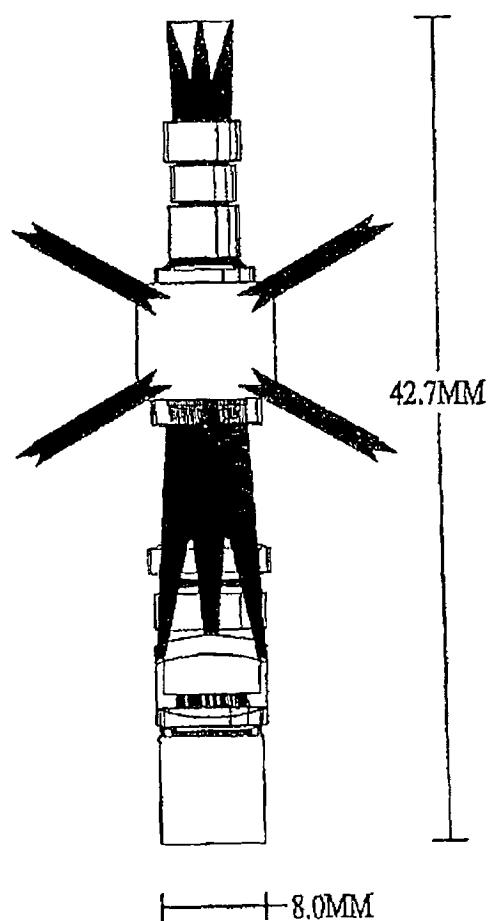
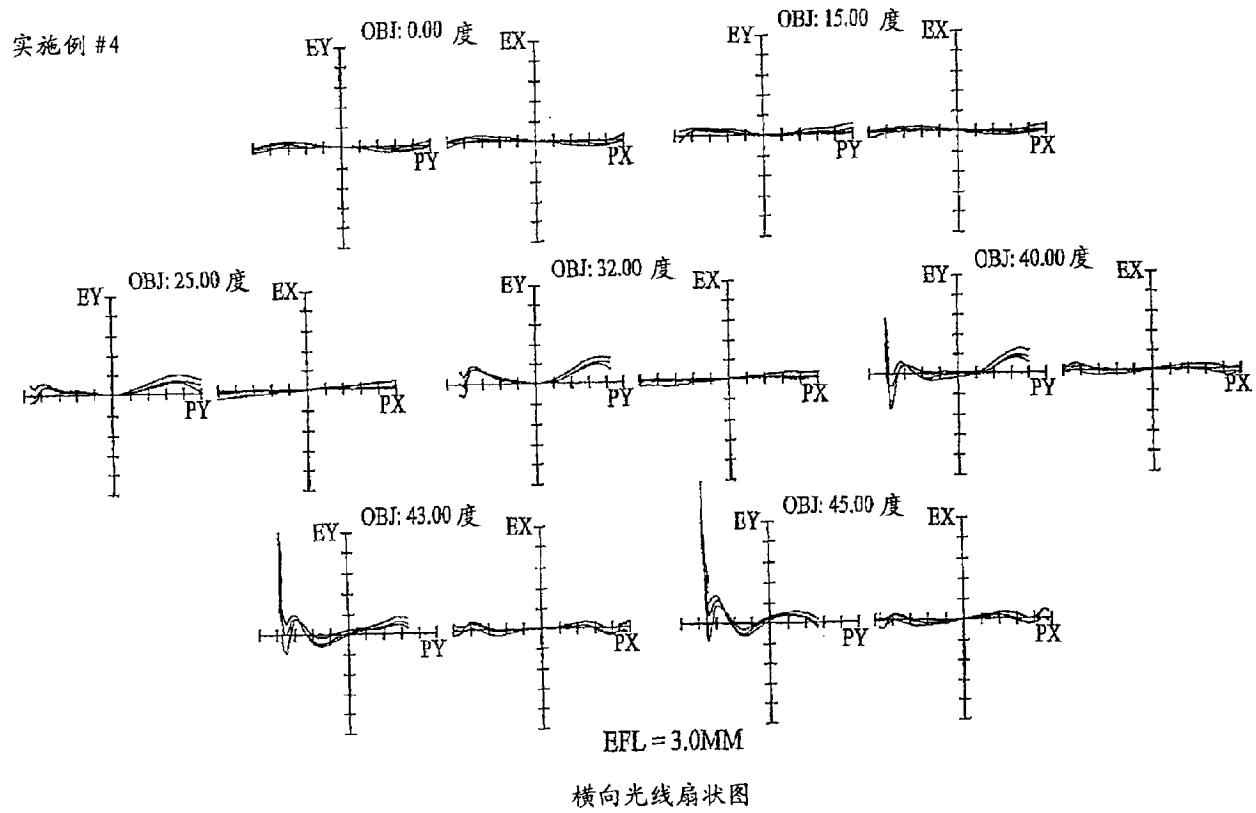
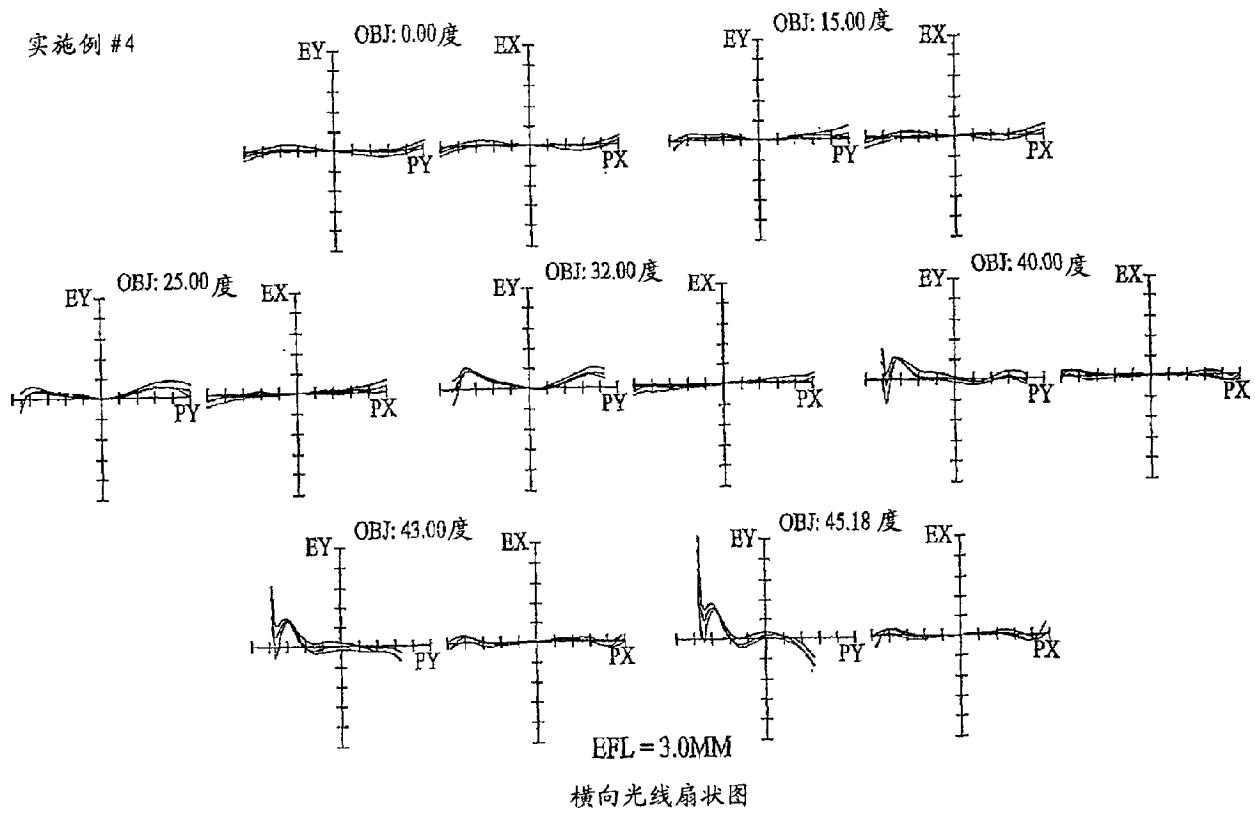


图 40



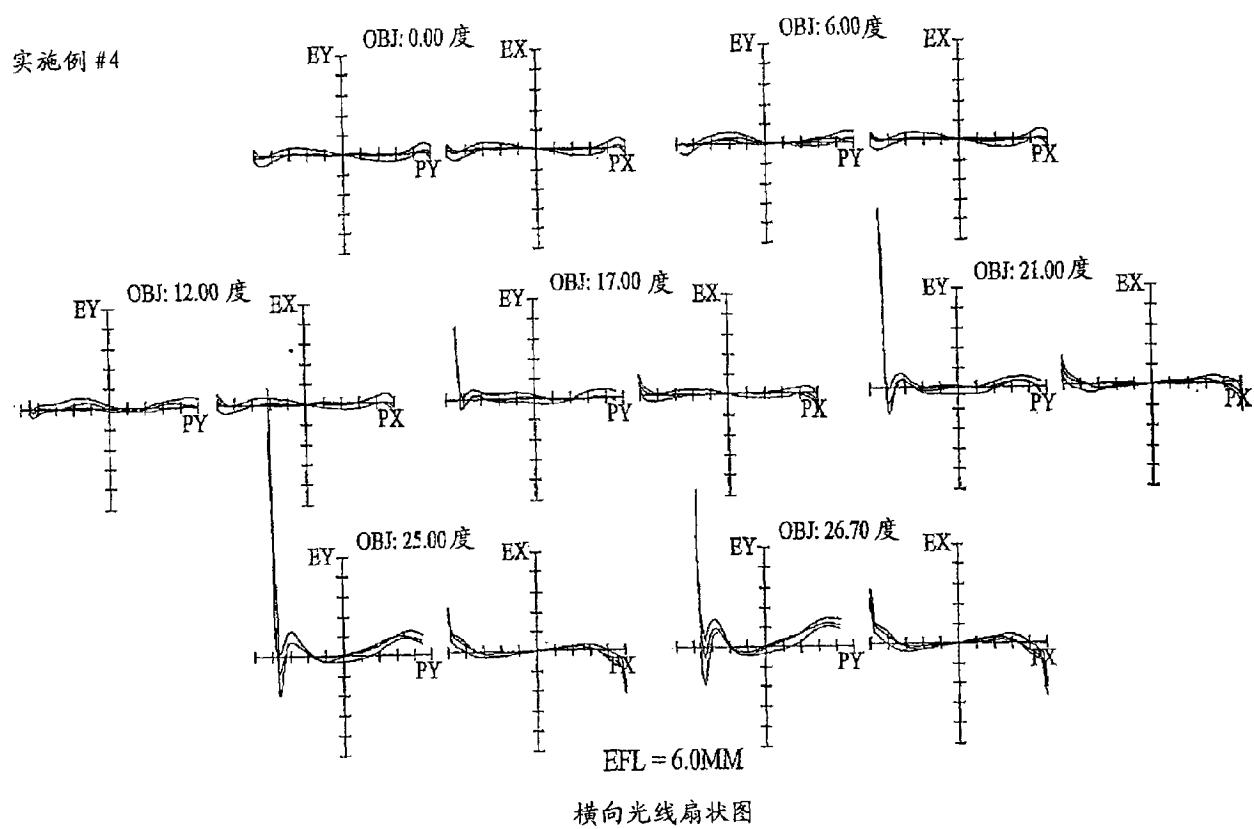
最大刻度: +/- 50.000 微米

图 41



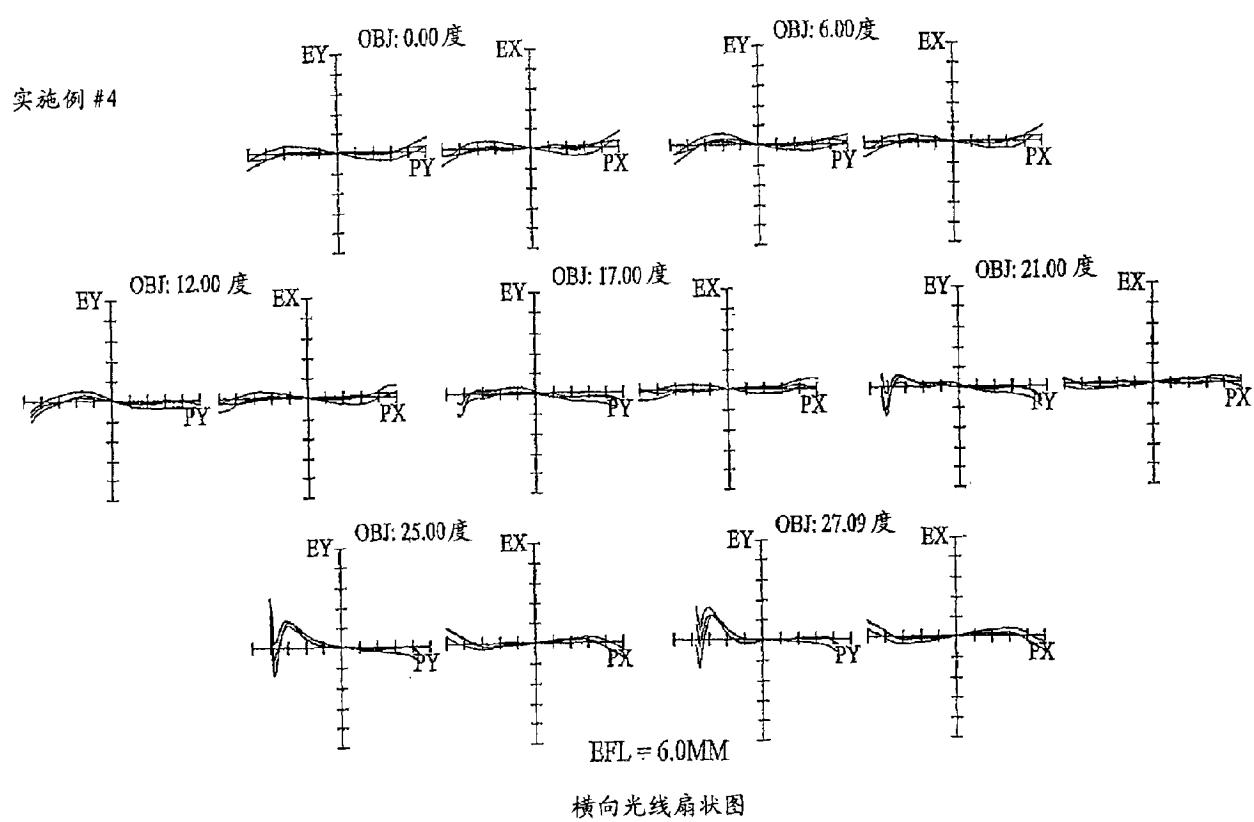
最大刻度: +/- 50.000 微米

图 42



最大刻度: +/- 50.000 微米

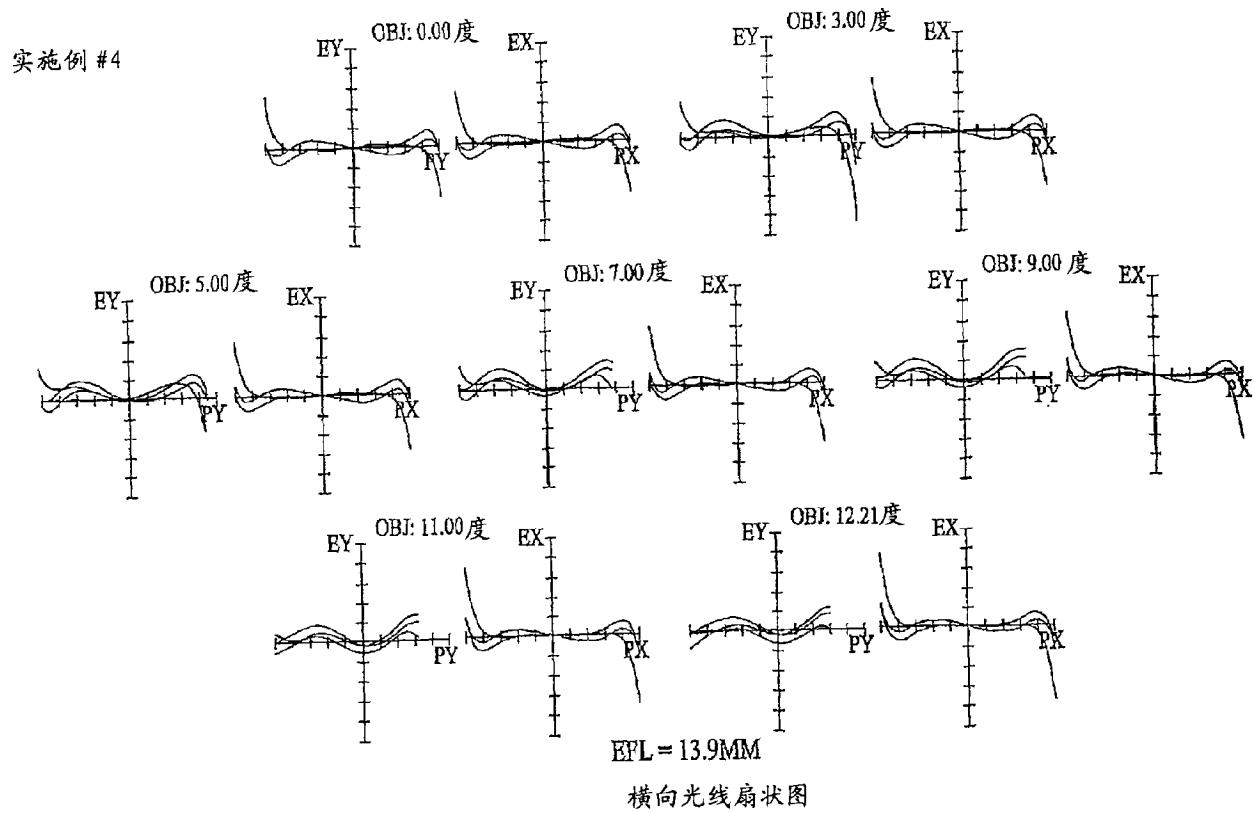
图 43



横向光线扇状图

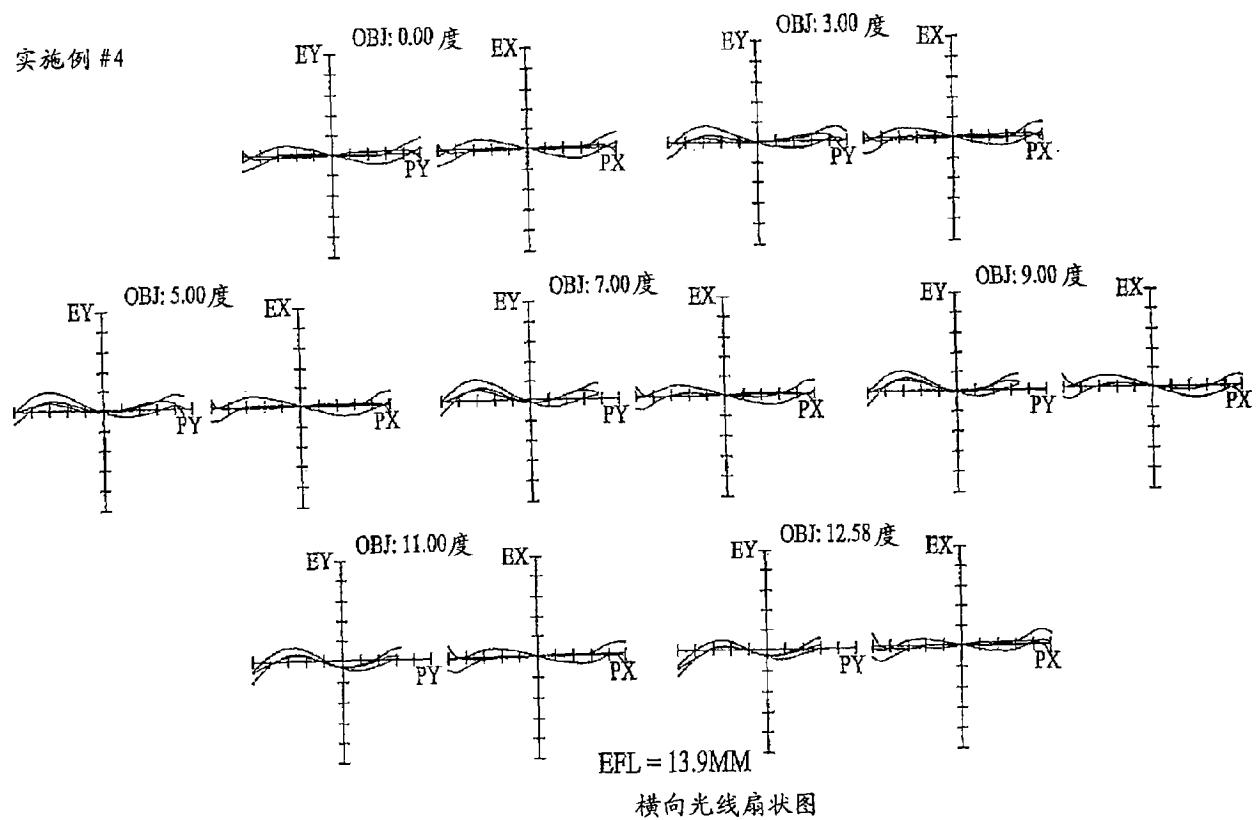
最大刻度: +/- 50.000 微米

图 44



最大刻度: +/- 50.000 微米

图 45



横向光线扇状图

最大刻度: +/- 50.000 微米

图 46