



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101821658 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 26

(21) 申请号 200880111594. 6

(22) 申请日 2008. 11. 20

(30) 优先权数据

60/992, 244 2007. 12. 04 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 04. 14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2008/084232 2008. 11. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/073387 EN 2009. 06. 11

(73) 专利权人 黑眼睛光学有限公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 詹姆士·H·詹纳德 艾恩·A·尼尔

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理

有限责任公司 11204

代理人 余滕 王艳春

(51) Int. Cl.

G02B 15/173 (2006. 01)

G02B 3/14 (2006. 01)

G02B 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 20070247727 A1, 2007. 10. 25, 说明书第 2-9、51-63 段, 图 1(A)-1(C).

US 20050200973 A1, 2005. 09. 15, 说明书第 94-111 段, 图 5-6.

CN 1705901 A, 2005. 12. 07, 说明书第 10 页 第 2 段至第 13 页第 1 段, 图 7-14.

CN 1942787 A, 2007. 04. 04, 全文.

审查员 王娜

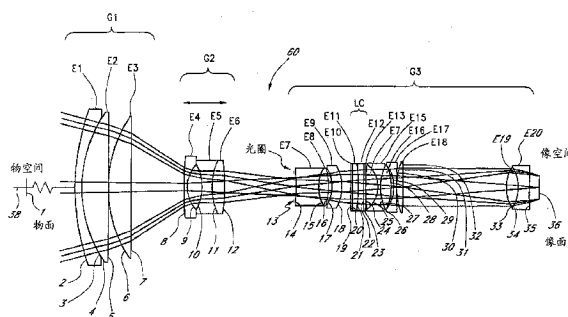
权利要求书1页 说明书11页 附图14页

(54) 发明名称

变焦透镜系统和照相机系统

(57) 摘要

一种摄远镜头类型的变焦透镜 (60), 包括: 可轴向移动的变焦透镜组 (G2); 轴向静止的透镜组, 包括一个液体透镜单元 (LC), 所述一个液体透镜单元包括第一接触液体和第二接触液体, 接触液体之间的接触光学表面 (21) 具有可变的形状; 以及使辐射轴变向的光学元件; 其中, 所述可轴向移动的变焦透镜组 (G2) 和所述轴向静止的透镜组 (LC) 在公共的光轴 (38) 上对准, 并且收集从所述变焦透镜系统的物侧 (1) 发出的辐射并将所述辐射传送至像侧 (36)。在某些实施中, 该系统还通过变焦组的调整和液体透镜单元中的可变形的光学表面提供对不希望的热所引起的效应的补偿。



1. 一种变焦透镜系统,包括:

正倍率的物镜组;

可轴向移动的变焦透镜组;

轴向静止的透镜组,包括至少一个液体透镜单元,所述至少一个液体透镜单元包括第一接触液体和第二接触液体,接触液体之间的接触光学表面具有可变的形状;

光圈,具有动态直径,所述光圈位于所述可轴向移动的变焦透镜组与所述轴向静止的透镜组之间,其中,所述光圈相对于所述轴向静止的透镜组轴向静止;以及

使辐射轴变向的光学元件,当沿着所述辐射轴测量时基本没有增加所述系统的长度;

其中,所述物镜组、所述可轴向移动的变焦透镜组、所述轴向静止的透镜组和所述使辐射轴变向的光学元件在公共的光轴上对准,并且所述可轴向移动的变焦透镜组、所述轴向静止的透镜组和所述使辐射轴变向的光学元件被布置以收集从所述变焦透镜系统的物侧空间发出的辐射并将所述辐射传送至像侧空间,所述物镜组沿着公共的光轴被定位在所述可轴向移动的变焦透镜组之前,所述可轴向移动的变焦透镜组沿着公共的光轴被定位在所述轴向静止的透镜组之前,所述可轴向移动的变焦透镜组沿着公共的光轴被定位在所述使辐射轴变向的光学元件之前。

2. 权利要求1所述的变焦透镜系统,其中,所述使辐射轴变向的光学元件包括反射镜。

3. 权利要求1所述的变焦透镜系统,其中,所述使辐射轴变向的光学元件包括棱镜。

4. 一种变焦透镜系统,包括:

正倍率的物镜组;

可移动的透镜组;

液体单元透镜组;

轴向静止的光圈,被配置为具有动态直径;以及

使辐射轴变向的光学元件,当沿着所述辐射轴测量时基本没有增加所述系统的长度,所述可移动的透镜组、所述液体单元透镜组和所述使辐射轴变向的光学元件在公共的光轴上对准,所述正倍率的物镜组沿着公共的光轴被定位在所述可移动的透镜组之前,所述可移动的透镜组沿着公共的光轴被定位在所述液体单元透镜组之前,所述轴向静止的光圈位于所述可移动的透镜组与所述液体单元透镜组之间,所述可移动的透镜组沿着公共的光轴被定位在所述使辐射轴变向的光学元件之前。

5. 一种照相机系统,包括:

变焦透镜,包括正倍率的物镜组、可移动的透镜组、具有动态直径的轴向静止的光圈、液体单元透镜组、以及当沿着辐射轴测量时基本没有增加所述系统的长度的使所述辐射轴变向的光学元件;

图像捕获元件,被定位在所述变焦透镜的焦点位置,

其中,所述正倍率的物镜组沿着公共的光轴被定位在所述可移动的透镜组之前,所述可移动的透镜组沿着公共的光轴被定位在所述轴向静止的光圈之前,所述轴向静止的光圈沿着公共的光轴被定位在所述液体单元透镜组之前,所述可移动的透镜组沿着公共的光轴被定位在所述使辐射轴变向的光学元件之前。

6. 如权利要求5所述的照相机系统,其中,所述图像捕获元件是CCD。

7. 如权利要求5所述的照相机系统,其中,所述图像捕获元件是胶片。

变焦透镜系统和照相机系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请涉及并要求于 2007 年 12 月 4 号提交的第 60/992,244 号美国临时申请的优先权,该临时申请通过引用并入本文并作为本说明书的一部分。

背景技术

技术领域

[0003] 本发明涉及采用液体光学器件以及辐射轴的变向的光学透镜系统。

[0004] 相关领域的描述

[0005] 历史上,成像装置已经使用两个或更多可移动变焦透镜组以提供变焦和不同的焦距。还可能需要附加的透镜组以进行聚焦。

[0006] 然而,在变焦和聚焦透镜系统中,存在与使用具有移动透镜组相关联的固有缺点。具体地,具有移动透镜组意味着需要复杂的以机械方式移动的部件。每个可移动透镜组都需要支撑结构和驱动机构,如凸轮和电机,并且某些情况下还需要控制电子装置以便于进行运动。这种系统复杂性可能会增加尺寸、重量和成本,并且可能使系统操作在一定时期内不可靠。在具有至少两个可移动变焦透镜组的一些之前可获得的变焦透镜中存在这些缺点以及不希望的局限性,诸如焦距的受限范围、无法在整个焦距范围内进行充分地聚焦、无法在近处物体上聚焦、在整个焦距范围和聚焦距离上缺乏足够的光学性能。需要机械复杂性较低但性能高的变焦透镜系统。

发明内容

[0007] 液体透镜单元在腔中包括两种或更多种流体。这些流体接触以形成通过例如电节点可变的表面。流体可以是例如一种或多种气体、一种或多种液体、或者一种或多种固体以及一种或多种液体的混合物。采用液体透镜单元来替换一个或多个移动透镜组产生用于光路的额外配置选择。用液体透镜单元来替换移动透镜组产生更紧凑的系统。然而,线性光学设计会产生比所期望的更长的透镜。液体透镜单元代替移动组的使用便于诸如折曲的光学元件的使用,以便减少透镜的物理长度。尽管通过透镜的光路的总长度可以保持不变,但是液体透镜单元提供在一个或多个方向上减小长度的用于对辐射轴进行变向的基本空间。这允许在更小的照相机包装中使用更长的总体透镜长度。例如,许多全自动照相机和移动电话照相机不具有用于较长透镜的大量空间。采用液体单元结合折曲或对辐射轴进行变向,允许在这些较小的照相机包装中的更好的透镜系统。更大的照相机还能够得益于减小照相机包装长度,这对于不对辐射轴进行变向的透镜系统将会是需要的。

[0008] 应该理解,本文所描述的实施方式旨在对本发明进行解释,本发明的范围不受限于所述的实施方式。

附图说明

[0009] 图 1 是照相机的方块图；

[0010] 图 2 是采用液体的变焦透镜系统的光学示意图。

[0011] 图 3A 和 3B 是图 2 的变焦透镜系统的液体单元的光学示意图，其中示出了液体之间的表面形状。

[0012] 图 4A、4B 和 4C 是图 1 的变焦透镜系统的光学示意图，其中图示了用于产生不同焦距和对焦距离的变焦透镜组的不同位置和液体之间的表面形状。

[0013] 图 5A、5B 和 5C 是图 4A、4B 和 4C 的变焦透镜系统的调制传递函数性能图。

[0014] 图 6 是应用液体和单个折曲的变焦透镜系统的光学示意图。

[0015] 图 7 是应用液体和双折曲的变焦透镜系统的光学示意图。

[0016] 图 8A 和 8B 是具有折曲的变焦透镜系统的光学示意图，其中图示了变焦透镜组的不同位置以及液体之间的表面形状。

[0017] 图 9A、9B 和 9C 是变焦透镜系统的光学示意图，其中图示了辐射轴的变向，通过用于产生不同焦距和对焦距离的变焦透镜组的不同位置和液体之间的表面形状。

具体实施方式

[0018] 在以下对优选实施方式的描述中参照了附图，附图形成描述一部分，并且在附图中以图示方式示出了本发明可得以实施的特定实施方式。可以理解，可以采用其它实施方式，并且在不背离本发明的范围的情况下可以进行结构上的改变。

[0019] 于 2007 年 10 月 8 号提交的且题为“Liquid Optics Zoom Lens and Imaging Apparatus(液体光学变焦透镜和成像装置)”的第 60/783,338 号美国临时专利申请(其全部内容通过引用并入本文)，公开了一种应用液体光学器件来提供变焦和聚焦功能的变焦透镜系统。用于变焦和聚焦的液体光学器件的使用提供了具有辐射轴的变向的可选透镜系统。首先描述应用液体光学器件来提供变焦和聚焦功能的示例性变焦透镜系统，然后描述应用辐射轴的变向的实施方式。

[0020] 变焦透镜系统中的液体光学器件

[0021] 图 1 图示了具有变焦透镜 102 的照相机 100 的方块图。变焦透镜是能够改变焦距的透镜元件的组件。单个透镜元件可以固定就位，或者沿透镜本体轴向滑动。透镜组可包括一个或多个透镜元件。至少一个可移动透镜组提供物体放大的变化。当至少一个可移动透镜组移动以完成放大时，焦平面的位置也可能移动。至少一个其它可移动透镜组可移动以补偿焦平面的移动，从而保持恒定的焦平面位置。还可以在透镜的放大倍数改变时通过使整个透镜组件移动以通过机械方式实现对焦平面移动的补偿。

[0022] 单个透镜元件可由固相材料，如玻璃、塑料、结晶体、或半导体材料构成，或者单个透镜元件可通过使用液体或气体材料，如水或油构成。透镜元件之间的空间可包含一种或多种气体。例如可使用标准空气、氮气或氦气。可选地，透镜元件之间的空间可以是真空。当在本公开中使用“空气”时，应理解其在较宽泛的意义上使用并可包含一种或多种气体或者真空。

[0023] 变焦透镜通常具有三个或更多移动透镜组以实现变焦和聚焦功能。机械凸轮可将两个可移动透镜组连接以进行变焦，第三可移动透镜可用于聚焦。

[0024] 变焦范围部分地由可移动透镜组的移动范围决定。较大的变焦范围需要用于透镜

组移动的附加空间。一个或多个可移动透镜组可由采用液体单元技术的透镜组所替代。由于液体单元不需要用于轴向移动的空间,因此可以减小包含可移动透镜组的透镜设计的长度。可替换地,本用于可移动透镜组轴向移动的空间能够用于包括附加的光学元件或折曲。尽管液体单元不需要用于移动的空间,但可以是可移动透镜组的一部分。

[0025] 液体单元可用于变焦和聚焦。在一个实施方式中,可移动透镜组与采用液体单元技术的透镜组一同使用。无需带有一个可移动透镜组的机械凸轮。不具有凸轮允许额外的移动。

[0026] 一个或多个可移动透镜组与一个或多个液体单元一同使用以实现变焦和聚焦。单一的可移动透镜组和单一的液体单元可进行变焦、聚焦以及对于热效应的补偿。在一个实施方式中,聚焦系统至少具有第一透镜组和第二透镜组。第一透镜组是相对较高倍率的,第二透镜组是相对较低倍率的,透镜倍率等于透镜焦距的倒数。第一透镜组包括传统的玻璃透镜或其它固体透镜,第二透镜组包括至少一个液体透镜。

[0027] 液体透镜使用两种或更多种液体以形成透镜。透镜的焦距部分地由液体之间的接触角度和液体折射率的差异决定。倍率变化的范围受到所采用液体的折射率的差异和因空间约束在液体之间的表面交界处产生的曲率半径的有限范围限制。以引用方式并入本文的美国专利申请公开 No. 2006/0126190 公开了采用通过电润湿法产生液滴变形的透镜。

[0028] 现在提出的液体透镜系统的折射率差异至少约为 0.2,优选地至少约为 0.3,在一些实施方式中至少约为 0.4。水具有约为 1.3 的折射率,添加盐可允许折射率变化到约 1.48。适当的光学油可具有至少约为 1.5 的折射率。甚至采用具有较高、或高或低和较低折射率的液体,例如较高折射率的油,倍率变化范围都仍受限。这种受限的倍率变化范围通常提供比可移动透镜组的放大倍数变化低的放大倍数变化。因此,在简单的变焦透镜系统中,为了在保持恒定的像面位置的同时提供变焦,可以通过一个可移动透镜组提供大部分的放大倍数变化,并且可以通过一个液体单元在放大倍数变化期间提供对像面处的离焦的补偿。然而,应该注意,可以采用更多的透镜组或更多的液体单元,或者采用更多的透镜组和更多的液体单元。

[0029] 可移动透镜组可具有正的或负的倍率。液体单元可具有一定范围的可变倍率,其中倍率一直为正、一直为负或从正变化到负或相反。可移动透镜组和液体单元的正确布置提供大于 2 倍且优选地大于 3 倍的扩展的变焦比,并且在整个变焦范围中提供良的成像质量。除了变焦以外,该布置还通过采用来自液体单元、可移动透镜组或液体单元和可移动透镜组两者,在扩展的变焦范围上提供不同物距处的聚焦。由液体单元、可移动透镜组或液体单元和可移动透镜组两者所提供的该附加的倍率变化可容易获得。由于一个可移动透镜组不必需要具有固定运动轨迹的凸轮,因此可以对可移动变焦透镜组的位置进行调整以进行变焦和聚焦。通过采用可移动透镜组和液体单元以进行变焦和聚焦实现了高性能成像。

[0030] 还可以用至少一个液体单元替换可移动透镜组。这样可能会增加光学系统的复杂性并可能使光学系统具有其它缺点,如减少的放大倍数变化。

[0031] 图 1 还图示了控制透镜中的透镜组 102 的移动和操作的透镜控制模块 104。控制模块 104 包括控制液体透镜单元中的曲率半径的电子线路。电子线路还可控制可移动透镜组的位置。可预先确定用于各种焦点位置和变焦位置的合适的电子信号水平并将其置于查找表中。可替换地,模拟线路或线路与查找表的组合可以产生合适的信号水平。在一个实

施方式中,使用多项式来确定合适的电子信号水平。可将沿多项式的点存储在查找表中,或者可以通过电路实现多项式。

[0032] 在对液体之间表面的曲率半径或可移动透镜组的位置或表面的曲率半径和可移动透镜组的位置两者进行的控制中还可以考虑热效应。多项式或查找表可包括有关热效应的附加变量。

[0033] 控制模块 104 可包括用于特定变焦设定或焦距的预设控制。这些设定可由使用者或照相机制造商存储。

[0034] 图 1 还图示了接收与外界物体相对应的光学图像的图像捕获模块 106。图像沿穿过透镜 102 的光轴传输到图像采集模块 106。图像捕获模块 106 可使用多种形式,如胶片(例如,生胶片或静态影像胶片)、或电子图像检测技术(例如,CCD 阵列、CMOS 设备或视频图像采集电路)。光轴可以是直线的或可以包括折曲或者辐射轴的其他变向。应该理解的是本文使用的折曲意在具有宽泛的解释。可以利用对辐射轴进行变向的多种光学元件,并且本发明的范围不应限制为特定类型的光学元件。

[0035] 图像存储模块 108 例如将图像保持在板载存储器中或保持在胶片、磁带或磁盘上。在一个实施方式中,存储介质是可移除的(例如,闪存、胶卷盒、磁带盒或磁盘)。

[0036] 图像传输模块 110 提供将所捕获的图像传输至其它装置。例如,图像传输模块 110 可以使用一种或多种连接,如 USB 接口、IEEE1394 多媒体连接、以太接口、蓝牙无线连接、IEEE802.11 无线连接、视频分量连接、或 S- 视频连接。

[0037] 照相机 100 可以实现为多种方式,如摄像机、移动电话照相机、数字照相机、或胶片照相机。

[0038] 现在通过设计示例对变焦透镜的实施方式进行描述。首先参照图 2,每个透镜元件均由跟有数字从 1 到 20 的文字“E”表示,尽管显示了每个透镜元件的一般构造,但是每个透镜表面的实际半径在以下的表 1 中列出。透镜、物体、光圈装置(stop)或光圈和图像表面由数字从 1 到 36 表示。3 个透镜组在图 2 中由跟有数字从 1 到 3 的文字“G”表示,液体透镜单元由字母“LC”表示并包括光学表面 19 到 23。光轴在图 2 中由数字 38 表示。

[0039] 每个透镜元件均具有由单独但连续的表面数表示的该透镜元件的相反表面,例如,如图 2 中所示,透镜元件 E1 具有透镜表面 2 和 3,透镜元件 E9 具有透镜表面 17 和 18,等等。待成像物体的位置特别由于其与对焦距离有关而由位于光轴 38 上的竖直线和数字 1 表示,实像表面由数字 36 表示。除了透镜表面 4 和 8 是非球形、非平面的非球面而是相对于光轴转动对称的,所有的透镜表面都是球形或平面的。

[0040] 在描述透镜元件的详细特征之前,为变焦透镜系统 60,对透镜组及其轴向位置和移动、以及液体透镜单元和接触液体表面形状的变化进行概括的描述。

[0041] 将每个透镜组的正倍率或负倍率定义为焦距的倒数。所得到的每个透镜组的光学倍率如下:物镜组 G1 为正,变焦透镜组 G2 为负,后透镜组 G3 为正且随着液体单元中的表面形状变化而从较低的正值变化到较高的正值。位于图 2 上部两端的带有箭头的水平箭头标志指示变焦透镜组 G2 可在两个轴向方向上移动。

[0042] 尽管在图 2 中仅物理地示出了透镜元件,但是应该理解,提供机械装置和机构以支撑透镜元件并使可移动透镜组在透镜壳体或筒体中进行轴向移动。另外可以理解,电子线路改变液体透镜单元中的形状可变化的光学表面的轮廓。

[0043] 以下在表 1 中列出了用于上述变焦透镜系统 60 的透镜构造和制造数据。以 25°C (77° F) 和标准大气压 (760mm Hg) 给出表 1 中的数据。在整个说明书中,除了波长单位为纳米 (nm) 外,测量的单位都是毫米 (mm)。在表 1 中,第一栏“项目”表示每个光学元件和每个位置,即,具有与图 2 中所使用的相同的数字或标记的物面、像面等。第二栏表示具有在图 2 中所使用的相同数字的光学元件 (透镜) 所属的“组”。第三栏“表面”是图 2 中所示的物体的表面数字 (图 2 中的线“1”和表 1 中的“物体”)、光圈装置 (光圈) 13 和透镜的实际表面的每一个的列示。第四栏“焦点位置”表示对于变焦透镜系统 60 的 3 个典型的焦点位置 (F1、F2 和 F3),其中如以下将更全面描述的那样,在第三栏中所列示的表面中的一些之间的距离 (分离) 存在变化,并且在第三栏中所列示的表面 21 的曲率半径存在变化。第五栏“分离”是该表面 (第三栏) 与下一表面之间的轴向距离。例如,表面 S2 与表面 S3 之间的距离是 1.725mm。

[0044] 标题为文字“曲率半径”的第六栏是每个表面的光学表面曲率半径的列示,其中负号 (-) 意指如图 2 所示地曲率半径的中心处于表面的左侧,“无穷大”意指光学平面。表面 4 和 8 的星号 (*) 表示这些表面是非球面表面,为此“曲率半径”是基圆半径。使用非球面表面提供了对变焦透镜中的像差的校正,并且实现了较小的总尺寸和较为简单的构造。以下等式给出了非球面表面 4 和 8 的表面轮廓的公式和系数:

$$[0045] \quad z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1 + \kappa)c^2 y^2]^{1/2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14}$$

[0046] 式中:

[0047] c 是表面曲率 ($c = 1/r$, 其中 r 是曲率半径),

[0048] y 是从 X 轴和 Y 轴测量的表面的径向孔径高度,其中:

$$[0049] \quad y = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

[0050] κ 是二次曲面系数,

[0051] A、B、C、D、E 和 F 分别是第 4、第 6、第 8、第 10、第 12 和第 14 阶变形系数,

[0052] z 是对于给定 y 值的表面轮廓位置或沿光轴从表面的极点 (即,轴向顶点) 测量的表面轮廓的位置,

[0053] 表面 4 的系数为:

$$[0054] \quad \kappa = -0.6372$$

$$[0055] \quad A = +0.9038 \times 10^{-6}$$

$$[0056] \quad B = +0.2657 \times 10^{-8}$$

$$[0057] \quad C = -0.1105 \times 10^{-10}$$

$$[0058] \quad D = +0.4301 \times 10^{-13}$$

$$[0059] \quad E = -0.8236 \times 10^{-16}$$

$$[0060] \quad F = +0.6368 \times 10^{-19}$$

[0061] 表面 8 的系数为:

$$[0062] \quad \kappa = +0.0000$$

$$[0063] \quad A = +0.5886 \times 10^{-4}$$

$$[0064] \quad B = -0.5899 \times 10^{-6}$$

$$[0065] \quad C = +0.8635 \times 10^{-8}$$

[0066] $D = -0.5189 \times 10^{-10}$

[0067] $E = -0.1186 \times 10^{-11}$

[0068] $F = +0.1631 \times 10^{-13}$

[0069] 表 1 的第七到第九栏有关于该表面（第三栏）与向图 2 中右侧的下一表面之间的“材料”，栏“类型”表示在这两个表面之间是否存在透镜（玻璃）或空的空间（空气）或液体透镜（液体）。玻璃和液体透镜由栏“代号”中的光学玻璃或液体表示。为了方便，所有的透镜玻璃都选自可从 Ohara 公司获得的玻璃，但是应该理解，可以使用任何等同的、类似的或适当的玻璃。而且，油的透镜液体选自可从 Cargille Laboratories 有限公司获得的液体，并且水通常可从各种水源获得，但是应该理解，可以使用任何等同的、类似的或适当的液体。表面 20 处的水液体在 656.27、589.29、546.07 和 486.13 纳米的波长下分别具有 1.331152、1.332987、1.334468 和 1.337129 的折射率。表面 21 处的油液体在 656.27、589.29、546.07 和 486.13 纳米的波长下分别具有 1.511501、1.515000、1.518002 和 1.523796 的折射率。

[0070] 表 1 的标题为“孔径”的最后一栏提供光线穿过的每个表面的最大直径。对于所有的变焦和聚焦位置，在对于像面处的约 6mm 的最大图像直径的 546.1 纳米的波长下以及 F/2.8 至 F/4.0 的 F 数下给出除光圈装置表面 13 以外的所有最大孔径。表 1 中，对于变焦位置 Z1 和聚焦位置 Z1，在 546.1 纳米的波长下以及像面处 F/2.8 的 F 数下给出了光圈装置表面 13 的最大孔径。在像面 36 处，以近似值给出了最大孔径。

[0071] 表 1

[0072]

项目	组	表面	焦点位置		光学参数		材料		孔径(mm)
			位置	分离	曲率半径 (mm)	类型	名称	代号	
物体		1	F1	无穷大	无穷大	空气			
			F2	1016.2500					
			F3	378.7500					
E1	G1	2	全部	1.7250	59.1716	玻璃	SLAM66	801350	37.161
		3	全部	0.0750	34.5954	空气			35.567
E2	G1	4	全部	6.7565	*33.0488	玻璃	SFPL51	497816	35.618
		5	全部	0.0750	2758.9929	空气			35.182
E3	G1	6	全部	5.8657	32.7151	玻璃	SFPL53	439950	33.680
		7	F1	表 2	-2981.4301	空气			33.034
			F2	表 2					
			F3	表 2					
E4	G2	8	全部	0.7652	*461.6464	玻璃	SLAH64	788474	14.273
		9	全部	3.8333	8.3339	空气			11.605
E5	G2	10	全部	2.6582	-12.6370	玻璃	SFPL53	439950	11.587
E6	G2	11	全部	3.2165	18.1883	玻璃	SLAM66	801350	12.383
		12	F1	表 3	-55.4718	空气			12.337
			F2	表 3					
			F3	表 3					
光圈 装置/ 光圈	G3	13	全部	0.6371	无穷大				6.708
E7	G3	14	全部	5.7168	-26.3844	玻璃	SLAH65	804466	6.757
E8	G3	15	全部	2.6250	9.3177	玻璃	STIH53	847238	8.304
		16	全部	0.8432	-16.3366	空气			8.533
E9	G3	17	全部	2.5647	-9.2859	玻璃	SLAH58	883408	8.508
		18	全部	2.2767	-11.1961	空气			9.665
E10	G3	19	全部	0.4500	无穷大	玻璃	SBSL7	516641	10.151
E11	G3	20	全部	1.5000	无穷大	液体	水		10.201
E12	G3	21	F1	1.5000	表 4	液体	油	T300	10.367
								04091-AB	
			F2		表 4				
			F3		表 4				
E13	G3	22	全部	0.4500	无穷大	玻璃	SBSL7	516641	10.584
		23	全部	0.0750	无穷大	空气			10.642
E14	G3	24	全部	3.1583	120.2680	玻璃	SLAH65	804466	10.680
E15	G3	25	全部	0.6000	-7.2241	玻璃	STIH10	728285	10.724
		26	全部	0.0750	13.8153	空气			10.634
E16	G3	27	全部	3.0844	13.7118	玻璃	SBSM10	623570	10.696
		28	全部	0.3424	-11.1618	空气			10.713
E17	G3	29	全部	0.6000	-9.5071	玻璃	STIH13	741278	10.652
		30	全部	0.0750	68.8748	空气			11.180
E18	G3	31	全部	1.7063	18.2078	玻璃	SLAL13	694532	11.589
		32	全部	26.6908	-115.6915	空气			11.592
E19	G3	33	全部	3.1085	10.2784	玻璃	SNPH1	808228	9.888
E20	G3	34	全部	2.7193	-9.9003	玻璃	SLAH58	883408	9.581
		35	全部	2.6192	58.0014	空气			7.805
图像		36	全部	0.0000	无穷大	空气			6.008

[0073] 变焦透镜系统 60 设置有位于表面 13 处的光学光圈装置,该光学光圈装置控制在该位置光线可穿过孔隙的直径。光学光圈装置是物理光圈(或光阑)所处的位置。光圈位于后透镜组 G3 前方并相对于该透镜组轴向静止。注意,在图 4A 中,边缘光线穿过光学光圈表面 13 的等值记号(tic mark)的轴线侧,使得变焦透镜系统在任何场位置、变焦位置和聚焦位置都不具有任何光束的渐晕。然而,注意,F 数在所有的变焦和聚焦位置变化,并且光圈

相应地打开或关闭。对于焦点位置 F1 的变焦位置 Z1-Z8 处的光圈直径为 6.71、6.39、5.96、5.53、5.18、4.84、4.63 和 4.61。这表明,位于 13 处的光圈应该随着焦距增大而关闭。与焦点位置 F1 相对比,对于焦点位置 F2 和 F3 的变焦位置 Z1-Z8 处的光圈直径以小于 0.3mm 直径的小量而发生改变,以保持与对于焦点位置 F1 相同的 F 数。

[0074] 参照表 1,为了说明设计的范围和多样性,数据中记录了 8 个不同的变焦位置 Z1、Z2、Z3、Z4、Z5、Z6、Z7 和 Z8 以及 3 个不同的焦点位置 F1、F2 和 F3,这些数据实际上提供了用于可移动变焦透镜组 G2 和形状可变的光学表面 21 的 24(8x3 = 24) 个不同位置组合。

[0075] 在 546.1 纳米波长下,变焦透镜系统 60 在焦点位置 F1 处的对于变焦位置 Z1-Z8 的焦距分别为 5.89、7.50、11.25、15.00、18.75、30.00、41.25 和 45.00mm。在 546.1 纳米波长下,对于数据位置 Z1-Z8 的焦距的对应 F 数分别为 2.80、2.90、3.05、3.25、3.45、3.70、3.95 和 4.00。

[0076] 对于焦点位置 F1,假设物面 1 位于无穷远,对于 F2,物面 1 处于约 1016.25mm 的中间距离,而对于 F3,物面 1 位于约 378.75mm 的近距离处(即,离开像面 378.75mm)。在 3 个焦点位置 F1、F2 和 F3 中的每一个处,透镜组 G1 和 G3 在变焦透镜组 G2 的整个移动范围内保持在相同的位置。表 2 和 3 提供了表面 7 和 12 的分离值,表 4 提供了表面 21 对于焦点位置 Z1-Z8 和 F1-F3 的曲率半径。

[0077] 表 2

[0078] 对于表面 7 的分离值

[0079]

表面	焦点	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
7	F1	0.0832	5.7132	13.7126	18.4633	21.6974	27.4007	30.5400	31.3096
7	F2	0.0902	5.7486	13.6468	18.3289	21.5154	27.0776	30.0174	30.7361
7	F3	0.0750	5.6942	13.4674	18.1217	21.3355	26.7467	29.5798	30.2701

[0080] 表 3

[0081] 对于表面 12 的分离值

[0082]

表面	焦点	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
12	F1	31.5294	25.8992	17.8996	13.1486	9.9140	4.2101	1.0701	0.3000
12	F2	31.5178	25.8581	17.9590	13.2762	10.0892	4.5268	1.5870	0.8729
12	F3	31.5324	25.9120	18.1380	13.4831	10.2689	4.8577	2.0248	1.3384

[0083] 表 4

[0084] 对于表面 21 的曲率半径

[0085]

表面	焦点	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
21	F1	-33.9902	-40.9700	-60.9667	-84.8892	-106.7630	-101.7297	-58.3998	-48.6792
21	F2	-34.3890	-42.0587	-65.5384	-101.1799	-154.9184	-370.2777	-263.5374	-212.3139
21	F3	-35.0134	-43.6001	-72.6330	-133.7178	-351.2333	214.4454	125.5481	115.8049

[0086] 可以理解,在两端的焦点位置 F1 与 F3 之间可以获得连续聚焦,在两端的变焦位置 Z1 与 Z8 之间可以获得连续变焦,在通过透镜系统 60 所描述的聚焦和变焦范围内可以获得连续聚焦和变焦的任何组合。

[0087] 图 2 中所示和表 1 中所列示的变焦透镜系统 60 具有分别对于透镜组 G1 和 G2 的

54.30 和 -12.25mm 的焦距。而且,由于液体之间的光学表面 21 的可变形状,透镜组 G3 具有可变焦距,该可变焦距在变焦位置 Z1 和焦点位置 F1 处、以及变焦位置 Z8 和焦点位置 F3 处分别具有最小值 +30.18mm 和最大值 +38.97mm。图 3A 和 3B 中示出了变焦透镜系统 60 的液体单元 LC,其中显示了液体之间的形状可变的光学表面 21 的来自表 1 的两个极值曲率半径。在图 3A 和 3B 中,表面 21 的两个曲率半径分别约为 -33.99 和 +115.80mm。在图 3A 和 3B 中,液体单元 LC 的两个极值焦距分别为 -185.20 和 +630.97mm。这种差异在变焦位置 Z1 和焦点位置 F1 处以及变焦位置 Z8 和焦点位置 F3 处发生。在该实施方式中,表面 20、21 和 21、22 之间的两个液体的体积随着可变表面形状的变化而变化。然而,也可以通过使表面 20、21 和 21、22 之间的轴向分离发生小的且相等但相反的改变,保持每个液体的恒定体积。

[0088] 现在参照 4A、4B、和 4C,其中示出了变焦透镜系统 60 具有处于不同位置的变焦透镜组、处于不同位置的液体单元中的可变表面的形状以及对于这些位置的光线路径。图 4A 图示了焦点位置 F1 和变焦位置 Z1,为此表 1 中所记录的数据具有无穷远的焦点和约为 5.9mm 的小焦距。图 4B 图示了来自表 1 中的中间焦点和约 11.3mm 焦距的焦点位置 F2 和变焦位置 Z3。图 4C 图示了来自表 1 中的近焦点和约 44.8mm 焦距的焦点位置 F3 和变焦位置 Z8。

[0089] 图 4A、4B 和 4C 示出了分别对于各自的变焦位置和焦点位置 Z1、F1 和 Z3、F2 和 Z8、F3 的具有相应的可变光学表面 21 的 3 个表面形状的变焦透镜组 G2 的 3 个轴向位置。

[0090] 图 5A、5B 和 5C 中给出了变焦透镜系统 60 的光学性能,其中以百分比 (%) 示出了对于以表 1 中所记录的变焦位置和焦点位置,即作为代表性示例的 (Z1, F1)、(Z3, F2) 以及 (Z8, F3) 的 3 种不同组合而得到的 5 个不同的场位置的基于衍射的多色调制传递函数 (“MTF”) 数据 (调制相对空间频率)。场位置记录为两个数值,归一化的图像高度 (mm) 和相对于光轴的实际物空间角度 (度)。MTF 百分比处于在图 5A、5B 和 5C 的右上角所记录的波长和权重处并以图形方式示出用于在像面 36 处的切向 (T) 和径向 (R)。注意,切向和径向数值在轴向场位置 (轴) 处是相等的并仅以一个图形绘制。所示最大空间频率为 90 周期/mm,这样,给定约 6mm 的图像直径和对探测器像素尺寸的选择可以提供至少高达高清电视 (HDTV) 分辨率,即 1920 个水平像素乘 1080 个竖直像素的高质量图像。处于空间频率的 MTF 是光学性能的相对标准的测量,其中数值“90 周期/mm”意味着位于用于确定清晰度的图上的每毫米 90 对黑线和白线。最高的 MTF 值约为 89%,处于对于变焦位置 Z1 和焦点位置 F2 的完全径向场。最低的 MTF 值约为 58%,处于对于变焦位置 Z8 和焦点位置 F3 的完全切向场。最小的相对照度约为 75%,处于变焦位置 Z1 和焦点位置 F1。通常,相对照度值越高越好,因为低的数值意味着光在图片的角落中减少。对于现有技术的探测器而言,高的完全场相对照度是优选的,现有技术的探测器在所有区域中具有对光的恒定响应,并且忠实地重现图像角落中的阴影以及在变焦过程图像的改变。小于 50% 的照明可能导致电子探测器中的阴影,但是对于胶片而言可能被接受。最高正畸变为变焦位置 Z3 和焦点位置 F1 处的 +3.04%,最低负畸变为变焦位置 Z1 和焦点位置 F3 处的 -2.98%。通常,所谓透镜的“呼吸”问题 (但是可能在变焦透镜中更为普遍),其中从远焦到近焦图像的尺寸改变,在变焦透镜系统 60 中在变焦范围的短焦距处实际上是不存在的,而由于大的景深这种问题在变焦范围的短焦距处最可能被注意到。最低呼吸为变焦位置 Z1 和焦点位置 F3 处的 -0.2%,最高呼吸为变焦位置 Z8 和焦点位置 F3 处的 -19.5%。呼吸是从无穷远焦点到选定焦点的

最大场角中的百分比变化。因此,在无穷远的焦点(F1)处,呼吸为零,因为它是参考视场。

[0091] 在 25°C (77° F) 的温度、标准大气压 (760mm Hg) 下以及在变焦透镜系统 60 中可获得的全部孔隙处给出全部的性能数据。然而,变焦透镜系统 60 在 0°C 至 40°C (32° F 至 104° F) 的温度范围内的确提供了基本恒定的性能,例如 MTF 值,并且如果可以接受性能 (MTF) 的小的下降,那么操作温度范围可以扩展至 -10°C 至 50°C (14° F 至 122° F) 或更多。对于温度的变化,可以通过对变焦透镜组 G2 进行进一步的轴向调整或对接触的光学表面 21 的形状进行进一步的改变或二者的结合实现最优性能。这可以发生在所有的变焦及聚焦位置。在约 0°C (32° F) 或以下的低温,为了避免结冰(形成固体),液体可能需要加热或替换为含添加剂的液体,以与为了低温运行而将防冻剂添加到汽车散热器水中的相似方式。然而,注意这些材料温度优选地不应显著改变液体的光学特征。

[0092] 尽管使用变焦透镜系统 60 的所述实施方式具有用于与 6mm 直径(所谓 1/3 英寸芯片传感器)一同使用的适当尺寸,但是该变焦透镜系统的尺寸可以适当地放大或缩小以与各种胶片和电子探测器图像形式一同使用。

[0093] 液体透镜单元可以具有有限的通光孔径直径。如果使用足够小的探测器,则液体透镜单元可以位于探测器附近。可选地,当光束“腰”足够窄时,液体透镜单元可以位于中间图像附近。液体透镜单元可以位于中间图像之前、中间图像之后,或者液体透镜单元可以位于中间图像之前和之后。在光圈装置或光圈附近能够产生腰效应。如表 2 所示,光圈处的直径约为 6.7mm。由于光圈装置或光圈处的较小直径,可以适当的将液体透镜单元定位在光圈装置或光圈的附近。

[0094] 变焦透镜系统 60 的众多优点之一在于仅通过使用一个轴向移动变焦透镜组在大范围的焦距上提供变焦。变焦透镜系统 60 的设计产生具有高性能以及机械复杂性低于大多数传统高性能变焦透镜系统的透镜系统,大多数传统高性能变焦透镜系统需要至少两个可轴向移动的变焦透镜组和相应的机械装置。变焦透镜系统 60 的独特透镜设计在大范围的焦距上提供聚焦而无需附加的可移动透镜组和相应的机械装置。所公开的变焦透镜系统 60 是示例性的,其它设计落入本发明的范围内。通过上述描述和附图,本领域技术人员会了解变焦透镜系统 60 的其它特征和优点。

[0095] 变焦透镜系统中的液体光学器件以及辐射轴的变向

[0096] 采用液体透镜单元来替换一个或多个移动透镜组产生用于光路的额外配置选择。用液体透镜单元来替换移动透镜组产生更紧凑的系统。然而,线性光学设计会产生比所期望的更长的透镜。液体透镜单元代替移动组的使用便于诸如折曲的光学元件的使用,以便对辐射轴进行变向,减少透镜的物理长度。尽管通过透镜的光路的总长度可以保持不变,但是液体透镜单元提供用于在一个或多个方向上减小长度的折曲的基本空间。这允许在更小的照相机包装中使用更长的总体透镜长度。例如,许多全自动照相机和移动电话照相机不具有用于较长透镜的大量空间。采用液体单元结合折曲允许在这些较小的照相机包装中的更好的透镜系统。更大的照相机还能够得益于减小照相机包装长度,这对于不使用折曲的透镜系统将会是所需要的。

[0097] 图 6 示出了应用液体和单个折曲 41 的变焦透镜系统的光学示意图。液体代替可移动透镜组的使用减少了空间需求并提供了对用于折曲反射镜或棱镜的空间的基本布置的额外选择。图 6 示出了折曲将不会妨碍移动透镜组的布置。

[0098] 可以减小变焦透镜系统 60 的全长,但具有性能上的退化,除非引入诸如更多的透镜元件和 / 或非球面的增加的光学复杂性。然而,可以通过变焦透镜系统的折曲来实现减小的长度。图 6 示出了在后透镜组 G3 中的较大空间中的单个 45 度折曲 41,以使辐射路径变向了 90 度。

[0099] 图 7 是应用液体和双折曲的变焦透镜系统的光学示意图。图 7 示出了在后透镜组 G3 中的较大空间中的双重 45 度折曲 42 和 43,以使辐射路径变向了两次共计 180 度,以使得辐射具有相反的方向。对于变焦透镜系统 60 在照相机盒中的包装,该布置可以是优选的。此外,变焦透镜系统可以具有通过所有的变焦和聚焦位置的常数孔径 $F/2.8$,但保持基本相同的变焦透镜系统直径,可能出现某些渐晕。在这种情况下,会出现图像质量的一定退化,但可以通过变焦透镜系统的参数的再优化来进行部分地的修正。可以将变焦透镜系统布置为使得不出现渐晕。

[0100] 图 8A 和 8B 是变焦透镜系统的光学示意图,其中图示了辐射轴的变向,通过变焦透镜组的不同位置和液体之间的表面形状。该实施方式图示了可选透镜设计。图 8A 图示了将图像放大至超过透镜系统的光学路线的一点的变焦位置。该实施方式图示了一个设计选择,能够对该设计作出小的改变来修正这种效应。

[0101] 折曲 44 和 45 基本上是平行的,以使得离开透镜元件 50 的光线基本上与通过透镜 46 进入透镜系统的光线平行。透镜组 47 保持固定,而透镜组 48 移动以主要提供变焦。透镜组 49 包括执行变焦和聚焦功能的液体透镜单元。

[0102] 图 9A、9B 和 9C 是变焦透镜系统的光学示意图,其中已经战略上地放置液体透镜单元和折曲以便有利地缩短透镜系统的长度。光通过透镜组 200 进入透镜系统。透镜组 201 移动以主要提供变焦。光线穿过光圈或光圈装置 202 并进入包括液体透镜单元的透镜组 203。折曲 204 将光引导通过透镜组 205,透镜组 205 包括具有可变表面 206 的液体透镜单元。然后光线穿过透镜组 207。折曲 208 使光线变向通过透镜组 209 并朝向像平面 210。图 9A 图示了约 6mm 的焦距, $F/2.8$,以及无穷远焦点。图 9B 图示了约 15mm 的焦距, $F/2.8$,以及无穷远焦点。图 9C 图示了约 51mm 的焦距, $F/2.8$,以及无穷远焦点。

[0103] 透镜组 203 中的第一液体透镜单元具有约为 10mm 的最大通光孔径直径。透镜组 205 中的第二液体透镜单元具有约为 16mm 的最大通光孔径直径。通过包括照相机闪光以减慢采用在长焦距处或其附近的孔径,可以回复到一个液体透镜单元。

[0104] 应该注意,对于本领域技术人员而言,各种改变和修改时显而易见的。这些改变和修改应理解为包含在由所附权利要求限定的本发明的范围内。

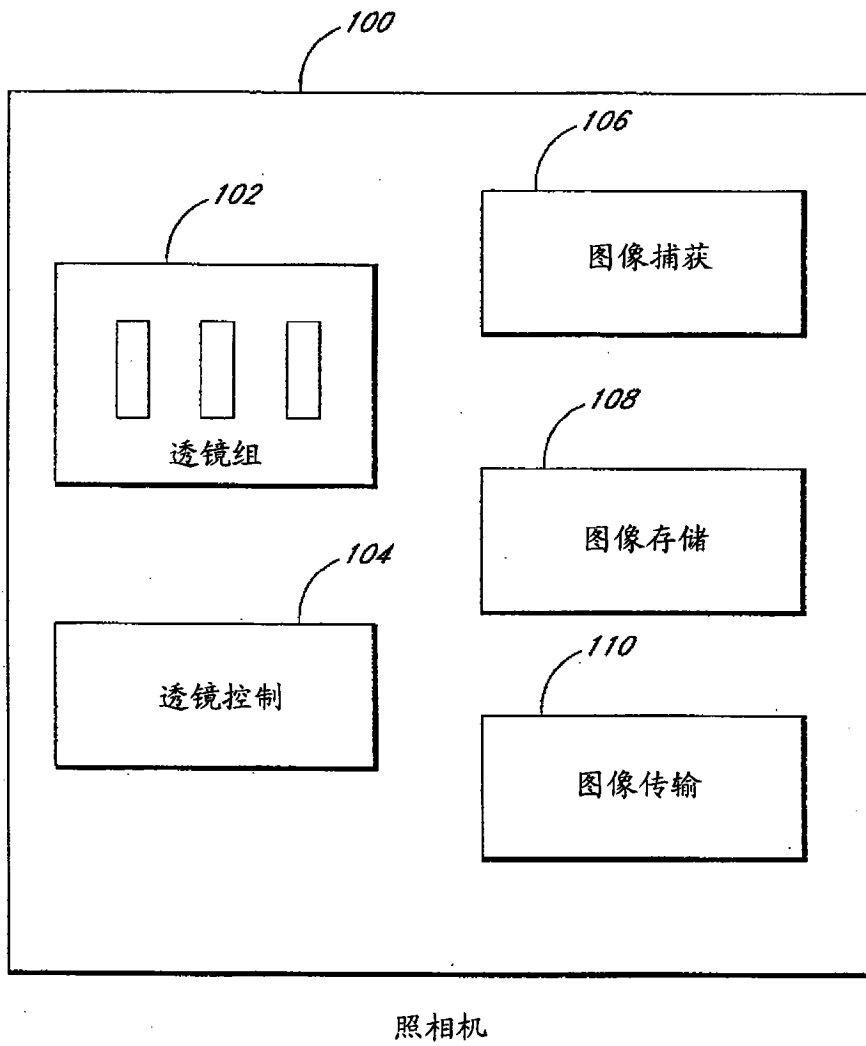


图 1

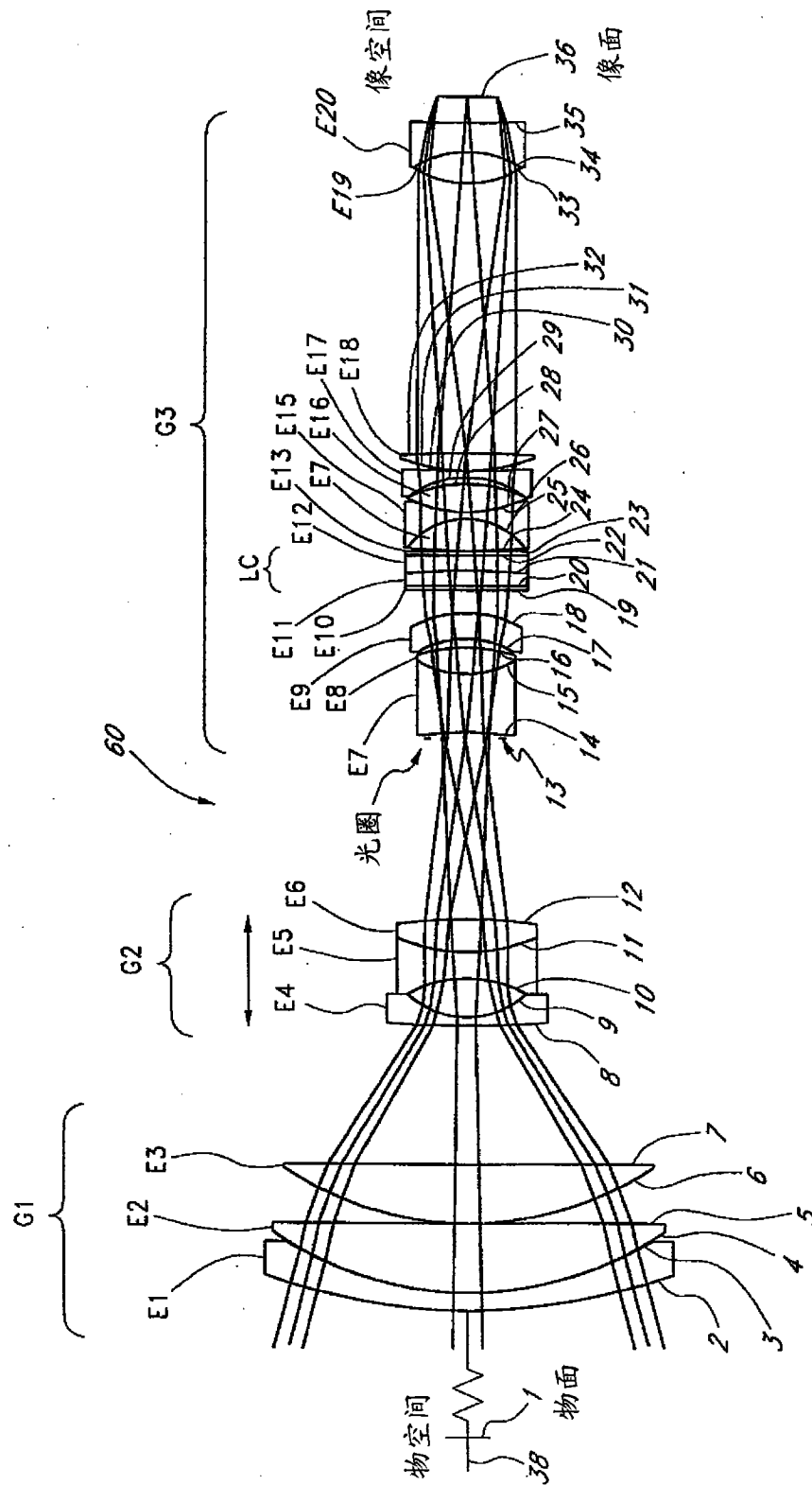


图 2

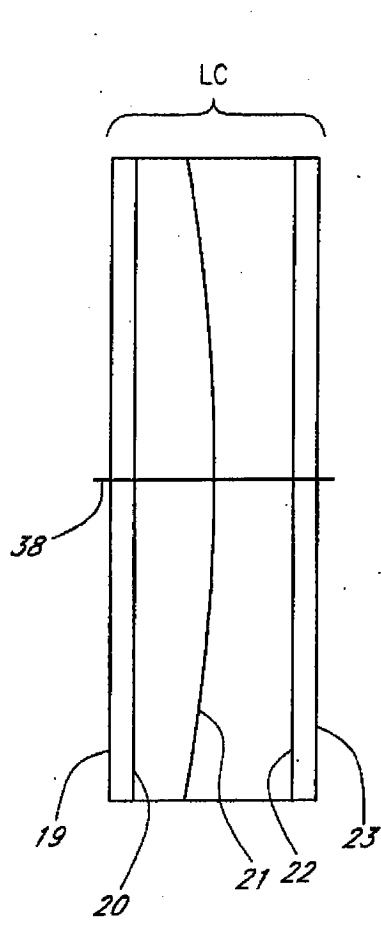


图 3A

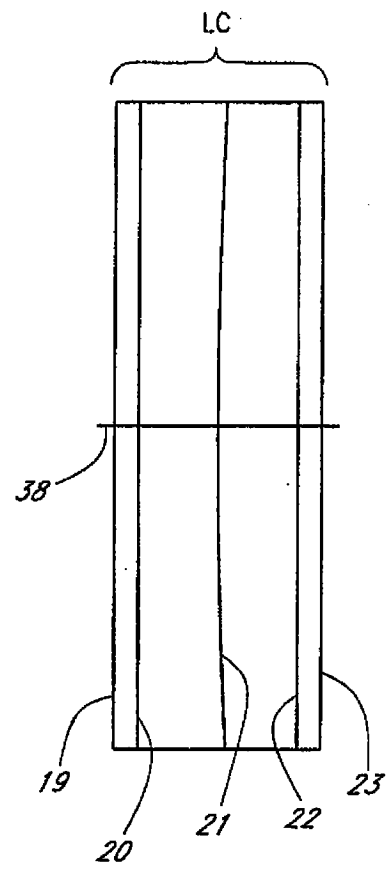


图 3B

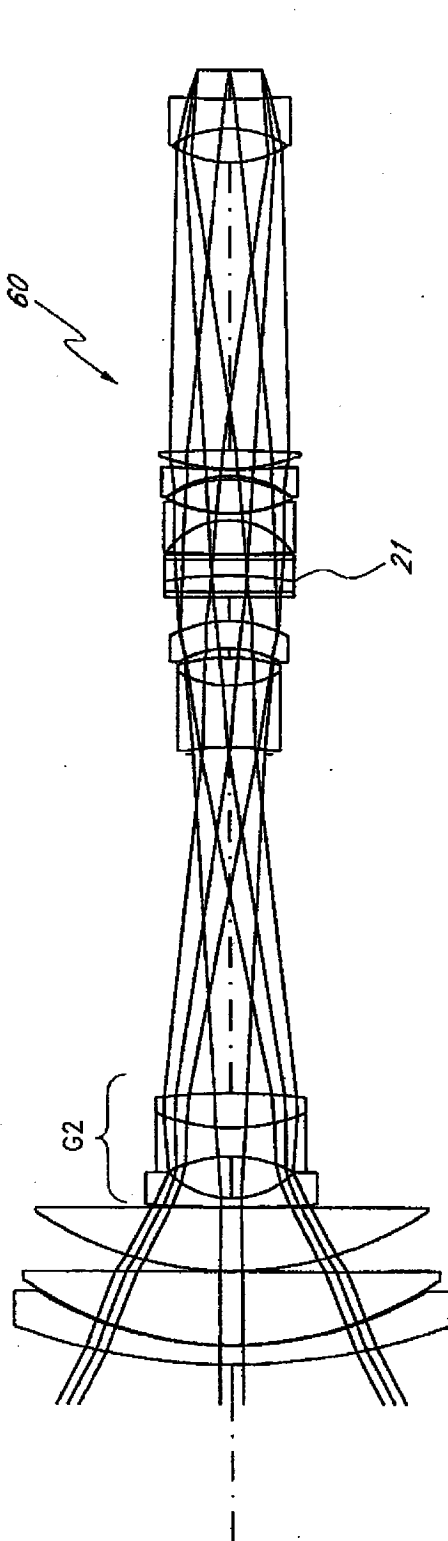


图 4A

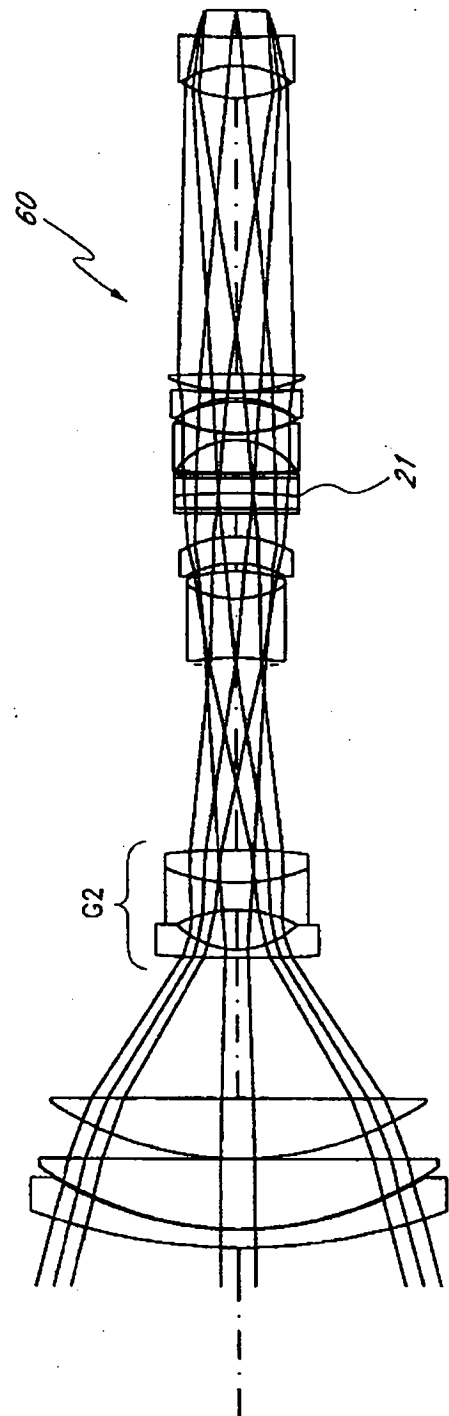


图 4B

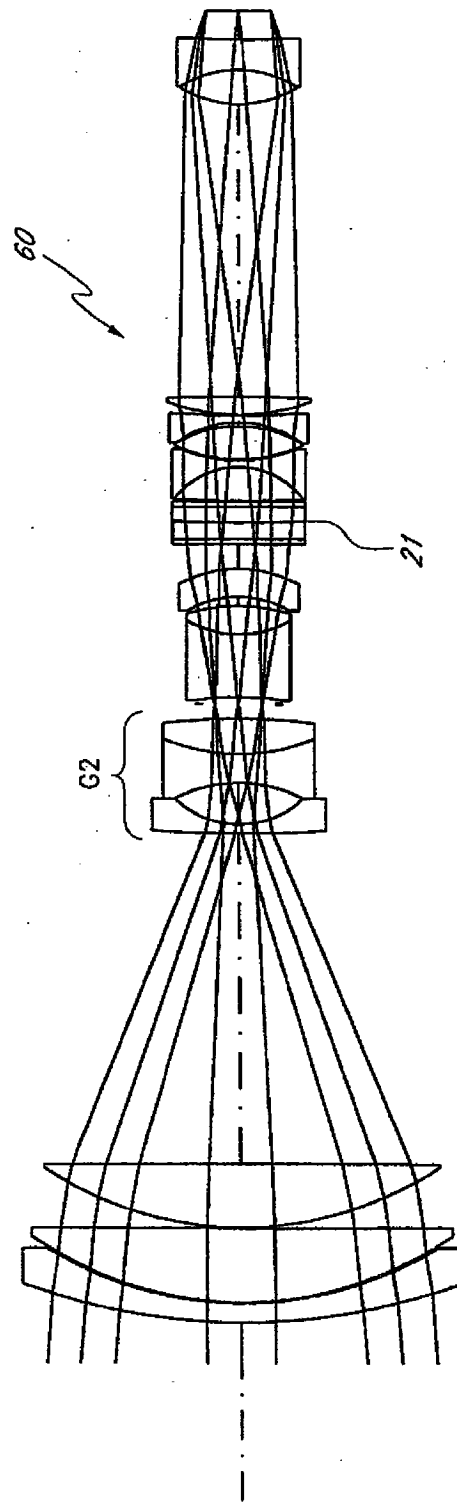


图 4C

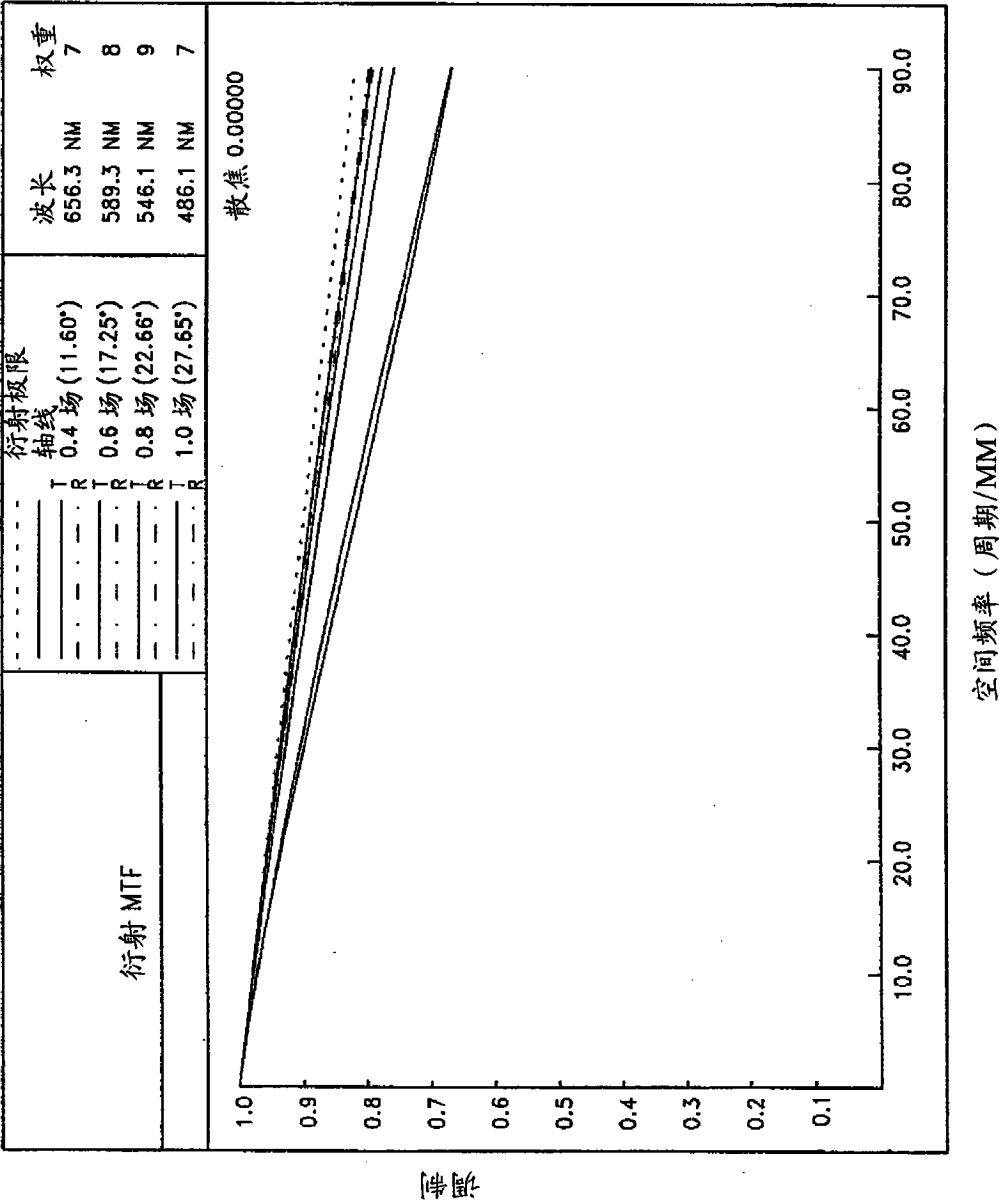


图 5A

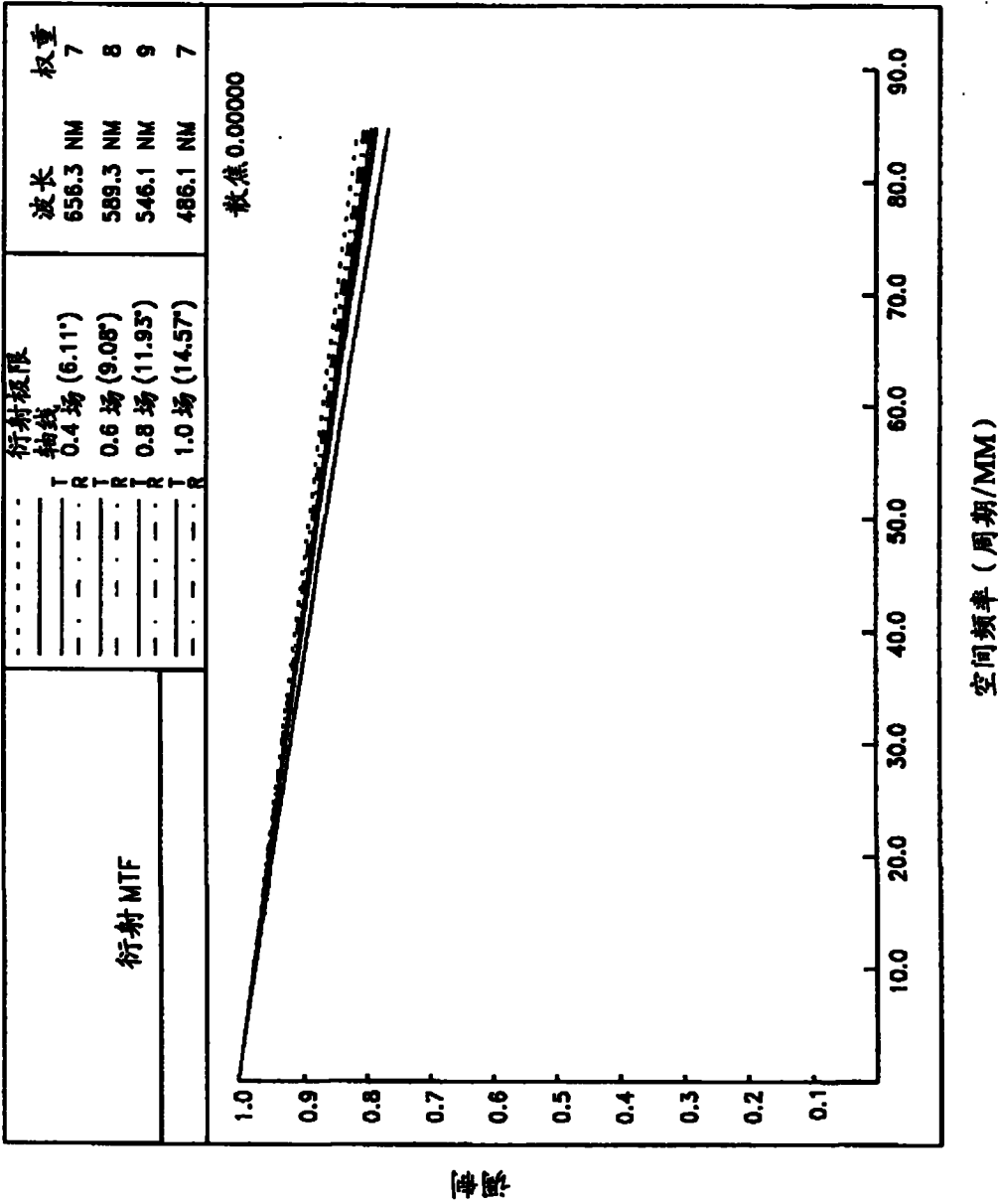


图 5B

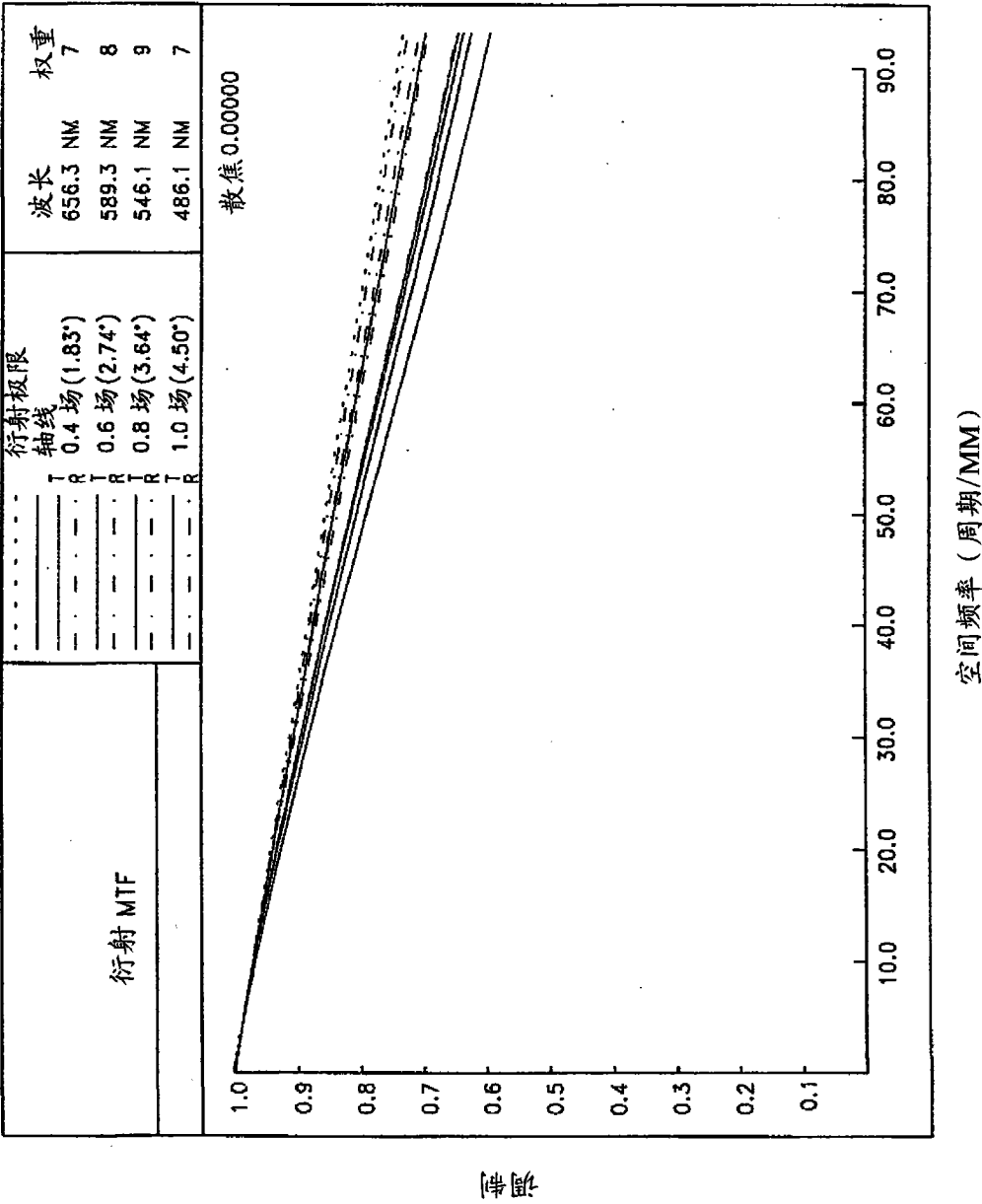


图 5C

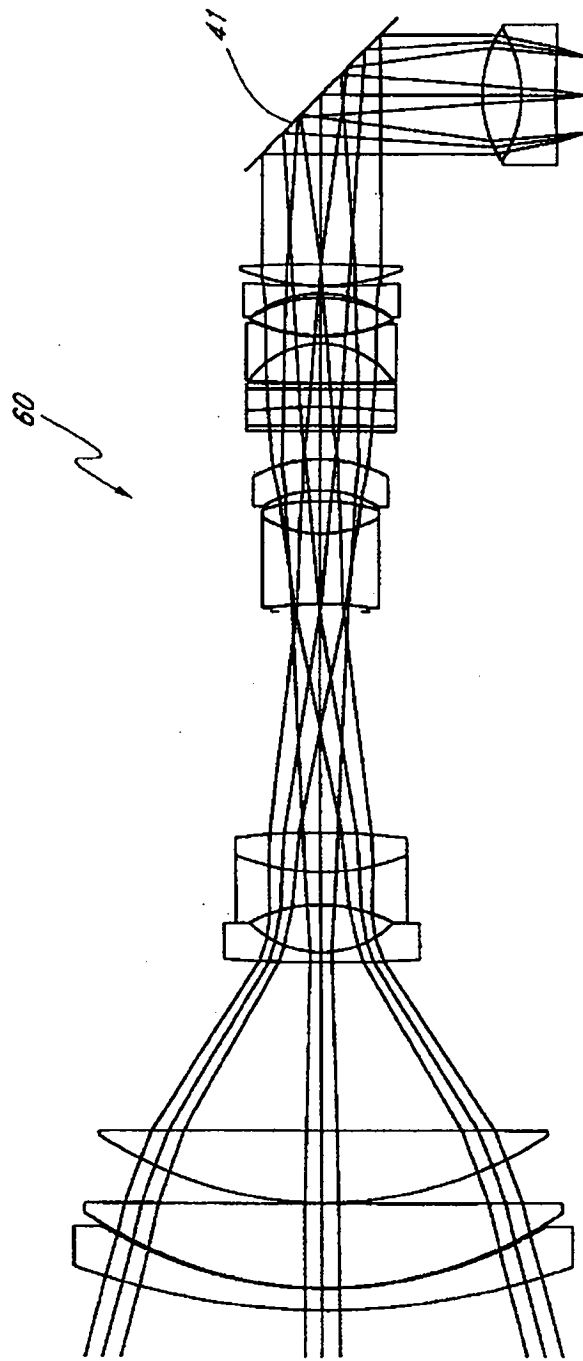


图 6

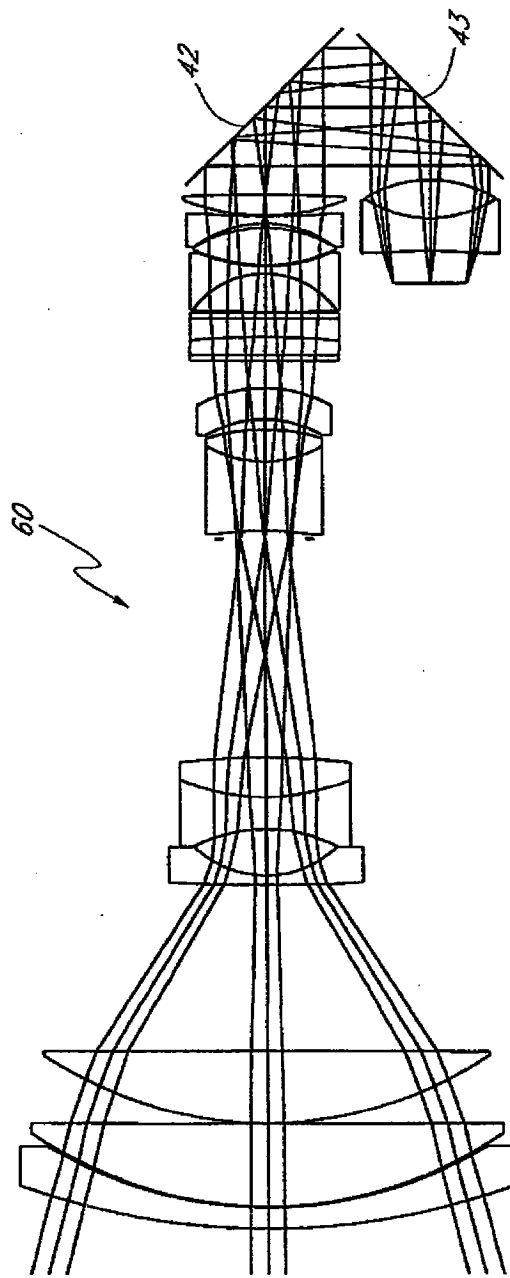


图 7

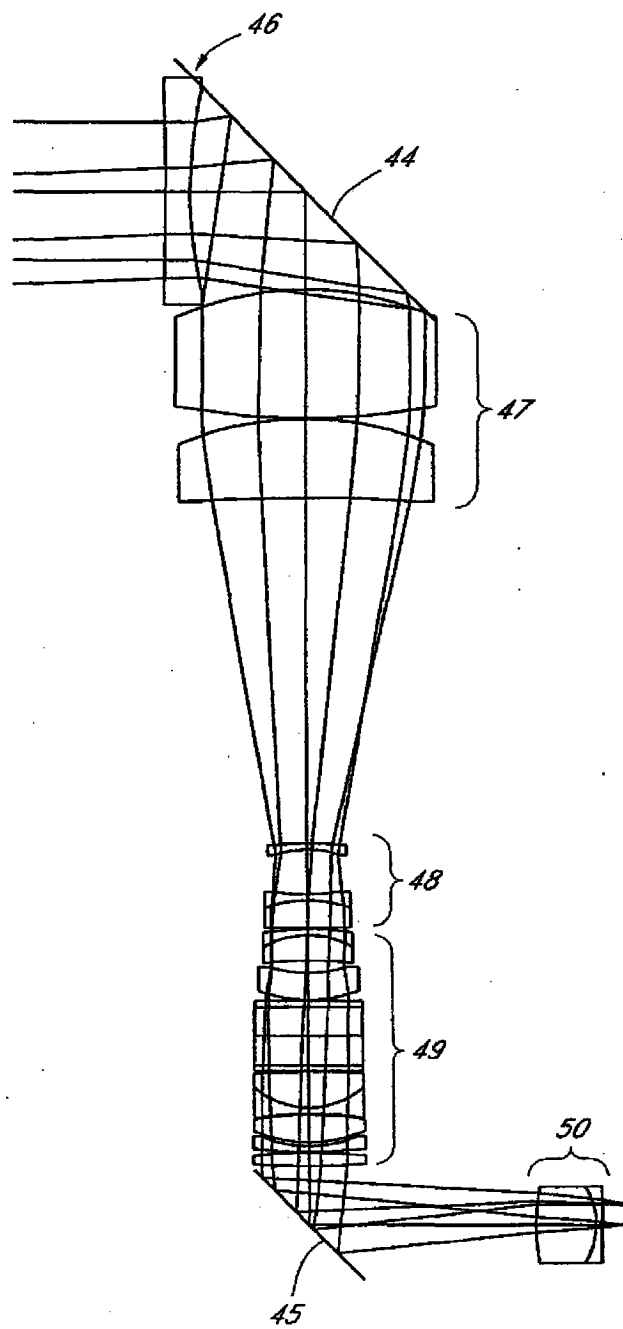


图 8A

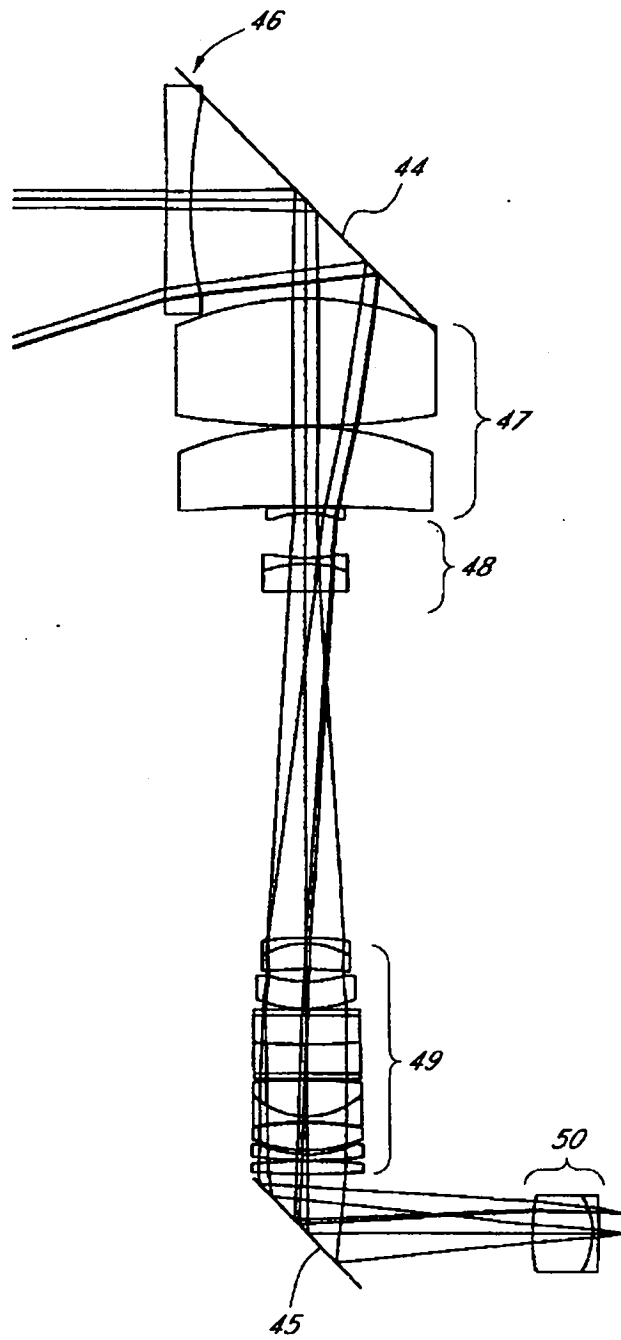


图 8B

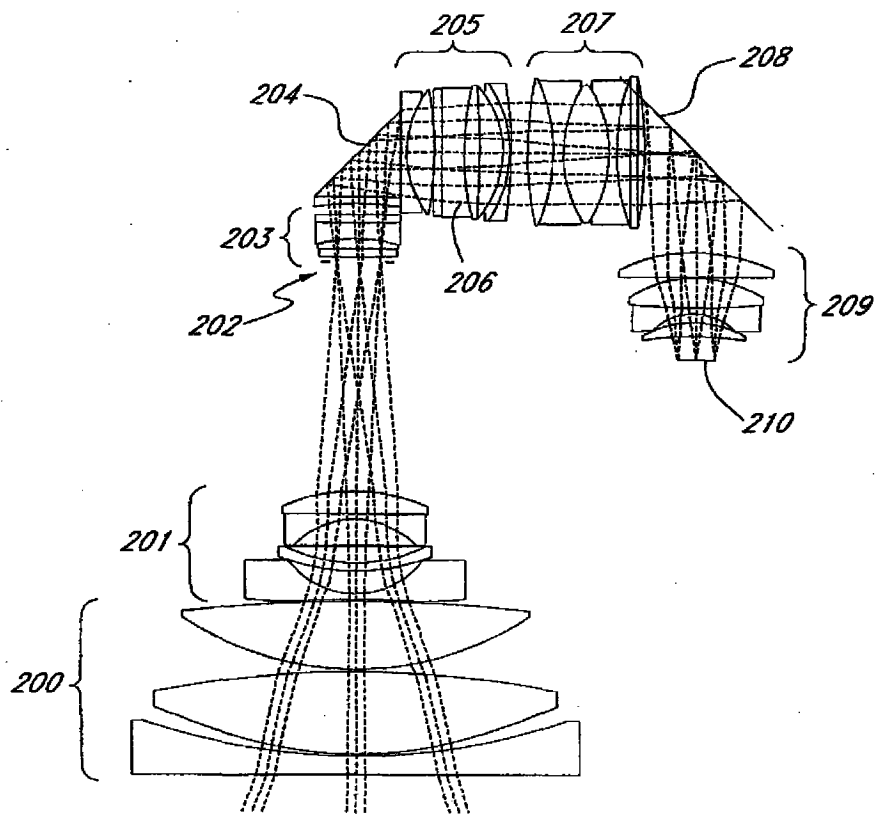


图 9A

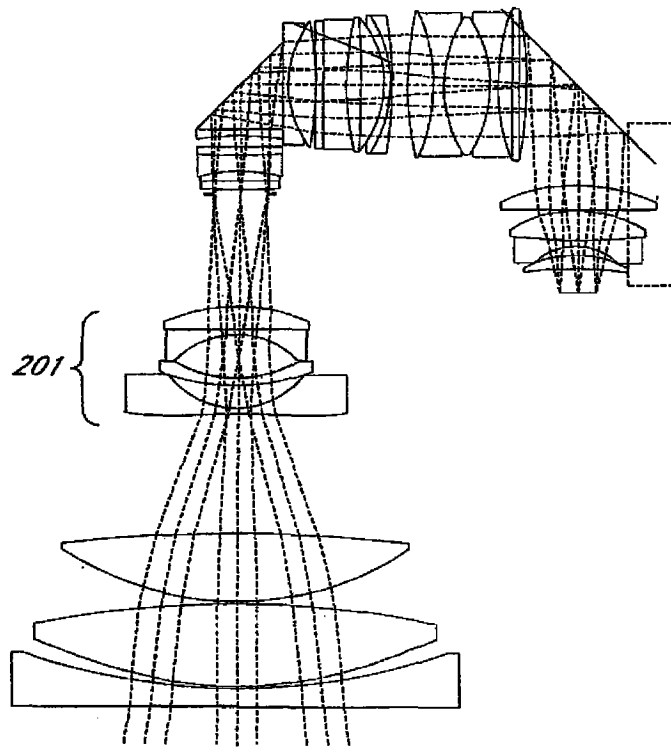


图 9B

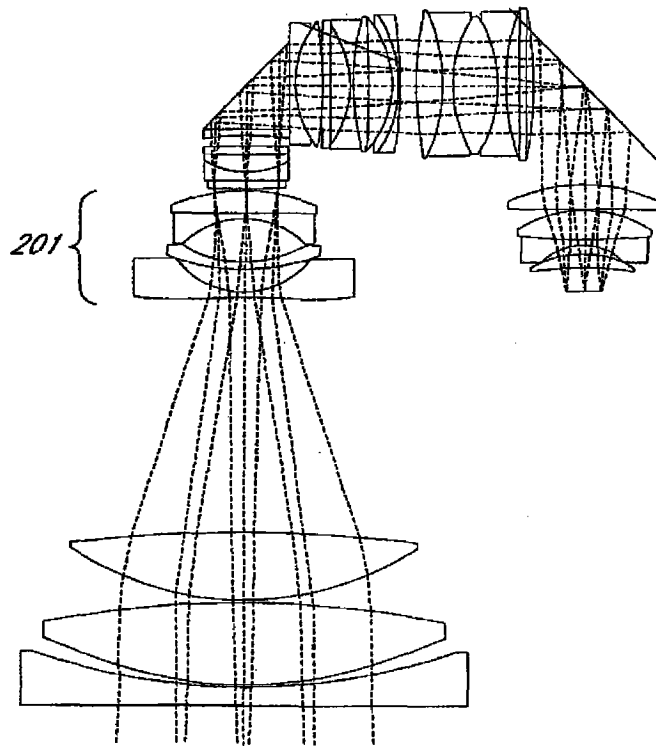


图 9C