



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102388332 A

(43) 申请公布日 2012.03.21

(21) 申请号 201080016154.X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010.03.29

G02B 15/00 (2006.01)

(30) 优先权数据

G02B 15/14 (2006.01)

61/168,523 2009.04.10 US

G02B 3/14 (2006.01)

G02B 3/12 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011.10.10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/029069 2010.03.29

(87) PCT申请的公布数据

W02010/117731 EN 2010.10.14

(71) 申请人 黑眼睛光学有限公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 艾恩·A·尼尔 詹姆士·H·詹纳德

(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 余朦 王艳春

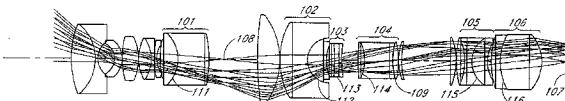
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 9 页

(54) 发明名称

可变焦度光学系统

(57) 摘要

液体透镜单元用于在物体与最终图像之间形成中间图像的复合可变焦度光学系统。第一可变焦度光学部件位于物体与中间实像之间。第一可变焦度光学部件使焦度发生变化，以改变中间实像的放大率。第二可变焦度光学部件位于中间实像与最终图像之间。第二可变焦度光学部件使焦度发生变化，以改变最终图像的放大率。第一可变焦度光学部件和第二可变焦度光学部件中的至少一个静止在光轴上并且包括至少两种具有不同折射性质的液体和这两种液体之间的至少一个可变形状接触表面，通过接触表面的形状变化使光学系统中的光焦度发生了改变。



1. 一种位于公共光轴上并用于形成物体的最终图像的可变焦度光学系统，所述系统具有物侧和像侧以及位于所述物体与所述最终图像之间的至少一个中间实像，所述系统包括：

至少第一可变焦度光学部件，位于所述物体与中间实像之间，所述第一可变焦度光学部件使焦度发生变化以改变所述中间实像的放大率；以及

至少第二可变焦度光学部件，位于所述中间实像与最终图像之间，所述第二可变焦度光学部件使焦度发生变化以改变所述最终图像的放大率，

所述第一可变焦度光学部件和所述第二可变焦度光学部件中的至少一个静止在所述光轴上并且包括至少两种具有不同折射性质的液体和两种液体之间的至少一个可变形接触表面，所述接触表面的形状的变化使所述光学系统中的光焦度发生了改变。

2. 如权利要求 1 所述的可变焦度光学系统，其中，所述第一可变焦度光学部件和所述第二可变焦度光学部件的变化提供变焦。

3. 如权利要求 2 所述的可变焦度光学系统，其中，所述第一可变焦度光学部件和所述第二可变焦度光学部件的变化提供聚焦。

4. 如权利要求 2 所述的可变焦度光学系统，其中，所述第一可变焦度光学部件的变化提供聚焦。

5. 如权利要求 2 所述的可变焦度光学系统，其中，所述第二可变焦度光学部件的变化提供聚焦。

6. 如权利要求 1 所述的可变焦度光学系统，其中，所述第一可变焦度光学部件和所述第二可变焦度光学部件的变化提供变焦和聚焦的组合。

7. 如权利要求 1 所述的可变焦度光学系统，其中，光阑位于所述物体与所述中间图像之间。

8. 如权利要求 1 所述的可变焦度光学系统，其中，光阑位于所述中间图像与所述最终图像之间。

9. 如权利要求 1 所述的可变焦度光学系统，其中，所述第一可变焦度光学部件包括至少一个移动透镜组。

10. 如权利要求 1 所述的可变焦度光学系统，其中，所述第二可变焦度光学部件包括至少一个移动透镜组。

11. 如权利要求 1 所述的可变焦度光学系统，其中，所述第二可变焦度光学部件是静止的，所述可变焦度光学系统还包括位于所述中间实像与最终图像之间的至少一个移动透镜组。

12. 如权利要求 1 所述的可变焦度光学系统，其中，至少一个光学表面具有非球面轮廓。

13. 如权利要求 7 所述的可变焦度光学系统，其中，光圈基本设置在所述光阑位置处以提供可变的孔径。

14. 如权利要求 8 所述的可变焦度光学系统，其中，光圈基本设置在所述光阑位置处以提供可变的孔径。

## 可变焦度光学系统

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于 2009 年 4 月 10 日提交的第 61/168,523 号美国临时申请的优先权，该临时申请的全部内容通过引用并入本文并成为本说明书的一部分。

### 背景技术

[0003] 本发明涉及可变焦度 (power) 光学系统。

[0004] 一些变焦透镜设计对在设计中使用的透镜分组，其中，一组主要用于变焦，第二组主要用于保持图像聚焦，第三组用于保持像平面静止。第四组还可用于形成清晰的图像。聚焦组可被调节以使变焦透镜在任一焦距位置处聚焦而不需要对该变焦透镜的其他焦距重新聚焦。变焦组（或“变化器”）在变焦期间引起显著的放大率变化。稳定像平面的透镜组还可用于提供放大率。

[0005] 变焦透镜中的期望特征包括高变焦比和广角视场。随着透镜系统的变焦范围增加，通常长度和重量也增加。因为消费产品（诸如蜂窝电话或傻瓜相机）通常小且轻，所以包含在这些产品中的变焦透镜受到尺寸和重量的约束。此外，随着透镜系统的焦距范围增加，通常聚焦问题也常常在广角视场变焦位置处增加。

### 发明内容

[0006] 液体透镜单元在腔内包括两种或多种流体。流体接触以形成例如通过电节点可变的表面。流体可以是例如一种或多种气体、一种或多种液体、或一种或多种固体与一种或多种液体的混合物。使用液体透镜单元替换一个或多个移动透镜组导致光路的额外配置选择。液体单元可用于复合变焦透镜系统以利用这些性质的优点。许多傻瓜相机和手机相机不具有用于长透镜的大量空间。使用结合折叠的液体单元或重定向放射轴线允许在这些小的相机封装中提供更好的变焦透镜系统。更大的相机也能够获益。

### 附图说明

[0007] 图 1A-1D 是采用 6 个液体透镜单元的复合变焦透镜系统的光学图，其中通过改变液体的表面来提供一系列变焦位置；

[0008] 图 2A-2D 是采用 5 个液体透镜单元的复合变焦透镜系统的光学图，其中通过改变液体的表面来提供一系列变焦位置；

[0009] 图 3A-3D 是采用 5 个液体透镜单元的复合变焦透镜系统的光学图，其中通过改变液体的表面来提供一系列变焦位置；

[0010] 图 4A-4D 是采用 4 个液体透镜单元的复合变焦透镜系统的光学图，其中通过改变液体的表面来提供一系列变焦位置；

[0011] 图 5A-5D 是采用 3 个液体透镜单元的复合变焦透镜系统的光学图，其中通过改变液体的表面来提供一系列变焦位置；

[0012] 图 6A-6D 是采用 3 个液体透镜单元的复合变焦透镜系统的光学图，其中通过改变

液体的表面来提供一系列变焦位置；

[0013] 图 7A-7D 是采用 2 个液体透镜单元的复合变焦透镜系统的光学图，其中通过改变液体的表面来提供一系列变焦位置；

[0014] 图 8A-8D 是采用 1 个移动透镜组和 2 个液体透镜单元的复合变焦透镜系统的光学图，其中通过改变液体表面来提供一系列变焦位置；以及

[0015] 图 9 示出具有变焦透镜的相机的框图。

## 具体实施方式

[0016] 下面将参照附图进行描述。应理解，在不背离本发明的范围的情况下可使用其它结构和 / 或实施方式。

[0017] 液体透镜单元能够在不依靠液体单元的机械运动的情况下改变光路。包括第一和第二接触液体的液体透镜单元可被配置为使得接触液体之间的接触光学表面具有可变形形状，该可变形状可相对于液体透镜单元的光轴基本对称。多个透镜元件可沿着公共光轴对齐并被配置为收集从物侧空间发出并传输至像侧空间的放射。液体透镜单元可被插入由沿着公共光轴对齐的多个透镜元件形成的光路中。液体透镜单元的光轴可平行于公共光轴，或其可与公共光轴成一角度或偏离公共光轴。

[0018] 目前预期的液体透镜系统的折射率之差为约 0.2 或更大，优选地至少约 0.3，在一些实施方式中至少约 0.4。水具有约 1.3 的折射率，且加盐后折射率可变为约 1.48。适合的光学油可具有至少约 1.5 的折射率。即使利用具有较高、较低、或较高和较低折射率的液体，例如较高折射率的油，焦度变化的范围仍然有限。焦度变化的有限范围提供的放大率变化通常比可移动透镜组的放大率变化小。因此，在简单的可变焦度光学系统中，为了提供变焦的同时保持恒定的像面位置，大部分的放大率变化可通过一个可移动透镜组提供，放大率变化期间像面处的大部分散焦补偿可通过一个液体单元提供。

[0019] 应注意，可利用更多的可移动透镜组或更多的液体单元，或可利用更多的可移动透镜组和更多的液体单元。在 2008 年 10 月 6 日提交的题为“Liquid Optics Zoom Lens and Imaging Apparatus(液体光学变焦透镜和成像装置)”的第 12/246,224 号美国专利申请中描述了结合一个或多个液体单元使用的一个或多个移动透镜组的实施例，其全部内容通过引用并入本文。

[0020] 在系统中使用的透镜元件的尺寸和性质引入了在设计透镜系统时将要考虑的约束。例如，一个或多个透镜元件的直径可限制在像面上形成的图像的尺寸。对于具有可变性质的透镜系统，诸如可变焦度光学系统，光学器件可基于透镜元件的变化而改变。因此，第一个透镜元件可将透镜系统约束在第一变焦配置中，而第二透镜元件将透镜系统约束在第二变焦配置中。例如，光束的边缘光线可在变焦范围的一个极端处接近透镜元件的外边缘，并在变焦范围的另一个极端处显著远离相同透镜元件的外边缘。

[0021] 图 1A-1D 示出形成中间图像 108 和最终图像 107 的简化的复合可变焦度光学系统的光学图。如图所述，光阑 109 被设置为刚好位于透镜的中继部分中的液体透镜单元 104 之后。可变焦度光学系统可以例如与相机一起使用。图 1A 示出广角位置中的变焦比，而图 1D 示出长焦位置 (telephoto position) 中的变焦比。

[0022] 图 1A-1D 所示的可变焦度光学系统不具有移动透镜组。相反，通过 6 个液体透镜

单元 101、102、103、104、105 和 106 完成了最终图像处的变焦和恒定聚焦，其中液体透镜单元 101、102、103、104、105 和 106 各自具有可变的表面 111、112、113、114、115 和 116。可使用控制系统来控制液体透镜单元 101、102、103、104、105 和 106 中的接触光学表面的可变形形状。

[0023] 应理解，每个液体透镜单元可包括多个表面，这些表面是可控的和 / 或固定的。在一些实施方式中，液体透镜单元可包括两个或多个液体单元的组合。在组合的单元之间可放置板。该板可具有可以根据设计需要而设置的光焦度。液体透镜单元还可具有位于外表面上的板。在一些实施方式中，外表面上的板可提供光焦度或折叠功能。板和其它透镜元件可以是球面或非球面的，以提供改进的光学特性。

[0024] 单独的透镜元件可由例如玻璃、塑料、结晶体或半导体材料的固相材料构成，或它们可利用例如水或油的液态或气态材料构成。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为真空。当本公开中使用“空气”时，应该理解使用的是广义含义，其可包括一种或多种气体，或真空。透镜元件可以具有诸如紫外线滤光片的覆层。

[0025] 液体透镜单元中的液体可具有固定的体积，并且液体透镜单元的外表面的形状可以是固定的。在附图中，液体透镜单元中的一些以建议液体体积变化和 / 或液体透镜单元的外表面的形状变化的方式示出。这还意味着表面的顶点轴向移动。图示通过计算机软件在不对液体透镜单元的体积或形状进行约束的情况下生成。附图示出了在可变焦度光学系统中使用液体透镜单元的概念，并且可以对可能使用的各种液体透镜单元进行适当的修改。

[0026] 图 1A-1D 中所示的透镜元件被设置为形成中间图像 108。虽然中间图像 108 的位置和尺寸随着变焦位置的变化而变化，但其仍然位于液体透镜单元 101 与 102 之间。虽然图 1A-1D 示出了在物镜组之后跟随着一个中继光学器件组，但是还可以使用多个中继光学器件组以获得更高的放大率。附加的放大率可用高折射率流体获得。

[0027] 使用液体透镜单元替换一个或多个移动透镜组导致光路的附加的配置选择。通过用液体透镜单元替换移动透镜组有助于附加的设计可能性。例如，线性光学设计可能导致透镜比所需的长。使用液体透镜单元代替移动组有助于使用光学元件（诸如折叠）以重定向放射轴线并减少透镜的物理长度。虽然穿过透镜的光路的总长度可保持不变，但液体透镜单元可以为减少一个或多个方向上长度的折叠提供策略性空间。这允许在更小的相机封装中使用更长的总透镜长度。例如，许多傻瓜相机和手机相机不具有用于长透镜的大量空间。使用结合折叠的液体单元允许在这些小相机封装中提供更好的透镜系统。更大的相机也能够从减少相机封装的长度中获益，这将是不使用折叠的透镜系统所需要的。使用液体透镜单元还可允许更小的直径，特别是朝向透镜设计的前部并且特别是广角视场位置。与传统的移动组变焦透镜设计相比，与较小前部直径结合的折叠可提供更加紧凑且按照人体工学成形的相机封装。

[0028] 图 2A-2D 示出采用 5 个液体单元 121、122、123、124 和 125 的简化的复合可变焦度光学系统的光学图，其中液体透镜单元各自具有可变表面 131、132、133、134 和 135。光阑 129 被设置为刚好位于中继光学器件组中的液体单元 123 之后。光学系统形成中间图像 128 和最终图像 127。

[0029] 图 3A-3D 示出采用 5 个液体单元 121、122、123、124 和 125 的简化的复合可变焦度光学系统的光学图, 其中液体透镜单元各自具有可变表面 131、132、133、134 和 135。这个设计类似于图 2A-2D 中所示的设计, 但光阑 129 设置在物镜组中。这可以改善图像质量并且可允许液体单元具有更小的直径, 但也可以降低相对照度。

[0030] 图 4A-4D 示出采用 4 个液体单元 141、142、143 和 144 的简化的复合可变焦度光学系统的光学图, 其中液体透镜单元各自具有可变表面 151、152、153 和 154。光阑 149 设置在中继透镜组中。光学系统形成中间图像 148 和最终图像 147。

[0031] 图 5A-5D 示出采用 3 个液体单元 161、162 和 163 的简化的复合可变焦度光学系统的光学图, 其中液体透镜单元各自有可变表面 171、172 和 173。光阑 169 设置在中继透镜组中。光学系统形成中间图像 168 和最终图像 167。

[0032] 图 6A-6D 示出采用 3 个液体单元 161、162 和 163 的简化的复合可变焦度光学系统的光学图, 其中液体透镜单元各自具有可变表面 171、172 和 173。光阑 169 设置在物镜组中。光学系统形成中间图像 168 和最终图像 167。

[0033] 图 7A-7D 示出采用 2 个液体单元 181 和 182 的简化的复合可变焦度光学系统的光学图, 其中液体透镜单元各自具有可变表面 191 和 192。光阑 189 设置在物镜组中。光学系统形成中间图像 188 和最终图像 187。

[0034] 图 8A-8D 示出采用 2 个液体单元 201 和 202 的简化的复合可变焦度光学系统的光学图, 其中液体透镜单元各自具有可变表面 211 和 212。所示实施方式还具有移动透镜组 203。中间图像形成于像面 208 处, 位于液体单元 201 与 202 之间。光学元件的这种配置导致最终图像 207 大于在先前实施方式中获得的最终图像。这允许使用更大的图像传感器, 诸如 11mm 至 28mm 及以上的传感器。因为液体单元的直径可能不足以大到获得所需的性能, 所以移动透镜组在传感器附近使用。值得注意, 最终图像 207 还大于液体透镜单元的可变表面 211 和 212 处的边缘光线。

[0035] 对于图 1-8 中所示的每一种透镜设计, 附上由市面上可买到的来自美国加利福尼亚州帕萨迪纳市的 Optical Research Associates 公司的第 9.70 版 CodeV 光学设计软件所产生的列表作为本说明书的一部分, 并且其全部内容通过引用并入本文。

[0036] 图 9 示出了具有变焦透镜 302 的相机 300 的框图。图 9 还示出了透镜控制模块 304, 其控制透镜 302 中的透镜组的移动和操作。控制模块 304 包括控制液体透镜单元的曲率半径的电子电路。用于各种聚焦位置和变焦位置的适当的电子信号电平可被预先确定和设置在一个或多个查找表中。可选地, 模拟电路或电路与一个或多个查找表的组合可生成适当的信号电平。在一个实施方式中, 使用一个或多个多项式确定适当的电子信号电平。沿着多项式的点可被存储在查找表中, 或者多项式可通过电路实现。查找表、多项式、和 / 或其他电路可以使用用于变焦位置、聚焦位置、温度、或其他条件的变量。

[0037] 在控制液体之间的表面的曲率半径时还可考虑热效应。多项式或查找表可包括与热效应相关的额外的变量。

[0038] 控制模块 304 可包括用于特定变焦设置或焦距的预置控制。这些设置可由使用者或相机制造商存储。

[0039] 图 9 进一步示出图像捕获模块 306, 图像捕获模块 306 接收与外部物体相对应的光学图像。该图像沿着穿过透镜 302 的光轴被传输至图像捕获模块 306。图像捕获模块 306

可采用不同的形式,诸如胶片(例如生胶片或静止影像胶片),或电子图像检测技术(例如CCD阵列、CMOS装置或视频拾取电路)。光轴可为线状的,或者光轴可包括折叠。

[0040] 图像存储模块308将所捕获的图像保存在例如板上存储器或胶片、磁带或磁盘上。在一个实施方式中,存储介质为可移除的(例如闪存、胶片卷、盒式磁带或磁盘)。

[0041] 图像传输模块310将所捕获的图像传输至其他装置。例如,图像传输模块310可使用一种或多种连接,例如USB端口、IEEE 1394多媒体连接、以太网端口、蓝牙无线连接、IEEE 802.11无线连接、视频部件连接或S视频连接。

[0042] 相机300可以以多种方式实施,诸如摄像机、手机相机、数字图像摄像机或胶片摄像机。

[0043] 聚焦和变焦组中的液体单元可用于提供稳定性,如2008年12月3日提交的题为“liquid Optics Image Stabilization(液体光学图像稳定性)”的第12/327,666号美国专利申请所描述的,其全部内容通过引用并入本文。通过使用非移动透镜组,折叠可用于减少总体尺寸,如2008年12月3日提交的题为“Liquid Optics with Folds Lens and Imaging Apparatus(具有折叠透镜的液体光学器件和成像装置)”的第12/327,651号美国专利申请所描述的,其全部内容通过引用并入本文。一个或多个移动透镜组可结合一个或多个液体单元使用,如2008年10月6日提交的题为“Liquid Optics Zoom Lens and Imaging Apparatus(液体光学变焦透镜和成像装置)”的第12/246,224号美国专利申请所描述,其全部内容通过引用并入本文。

[0044] 应该注意,各种改变和修改对于本领域技术人员而言是显而易见的。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。

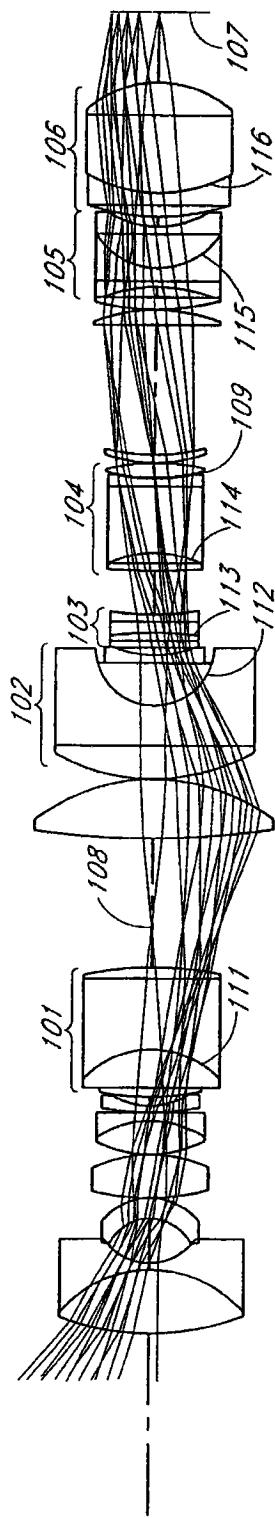


图 1A

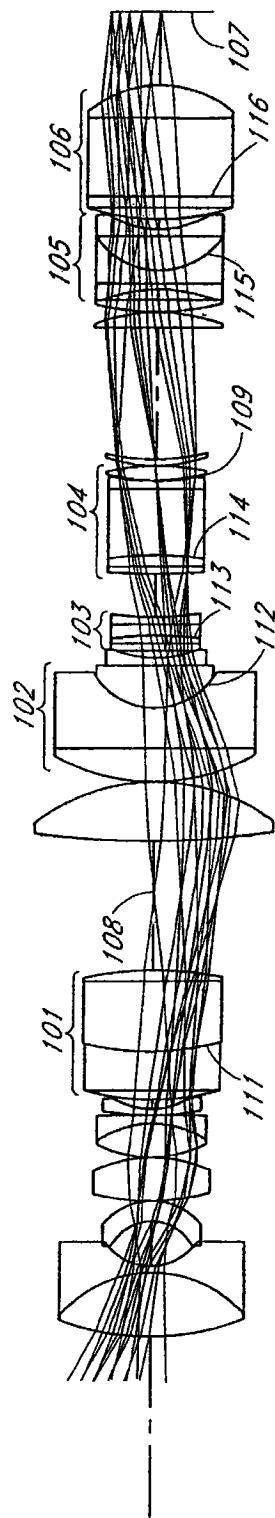


图 1B

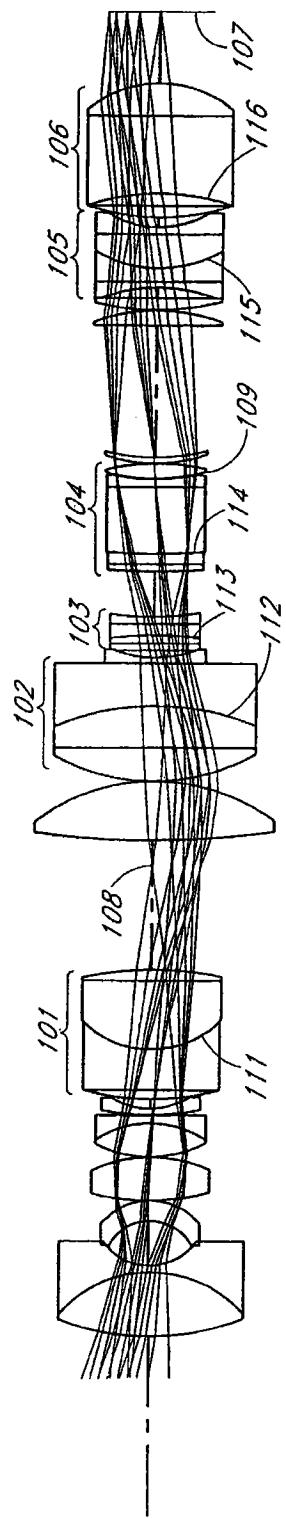


图 1C

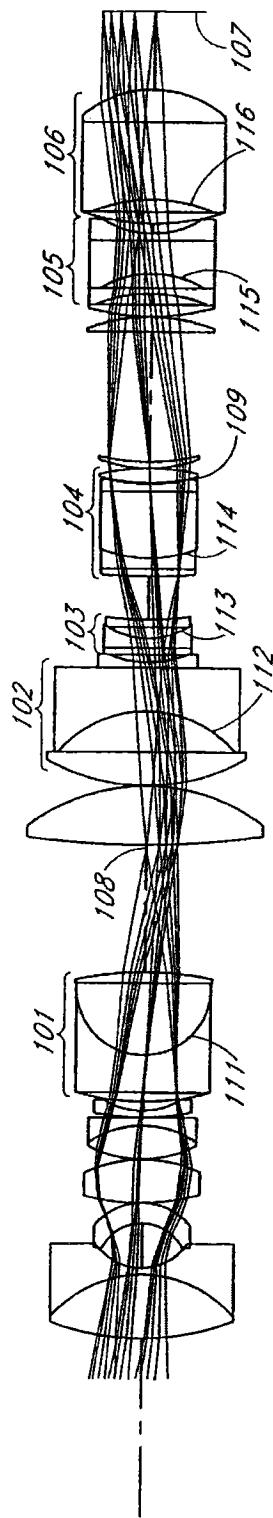


图 1D

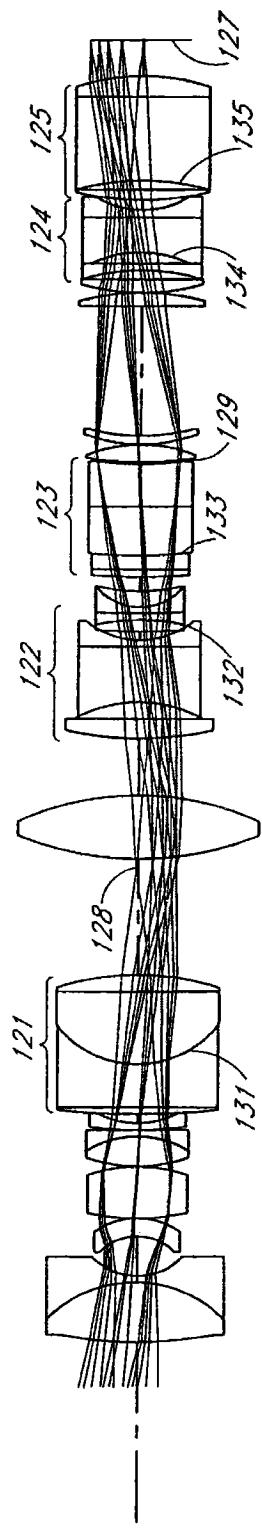
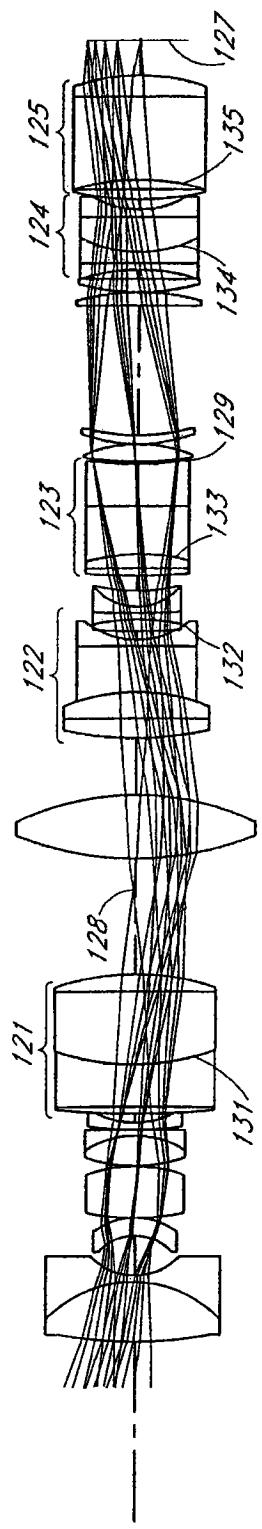
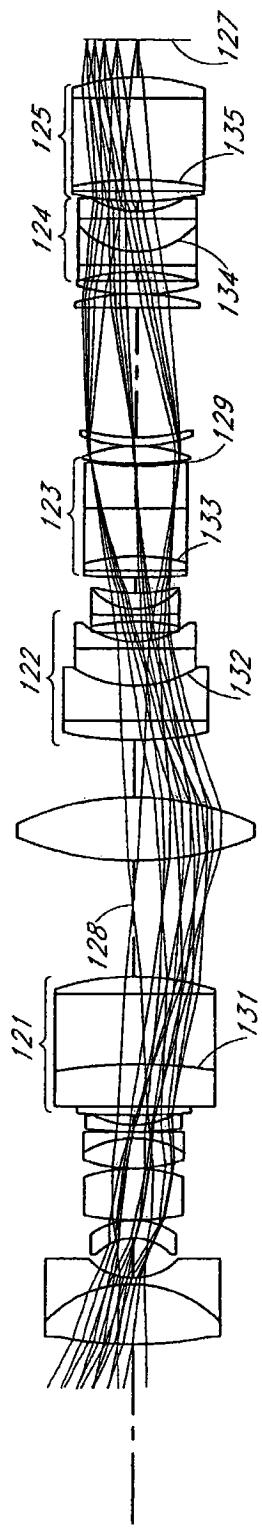
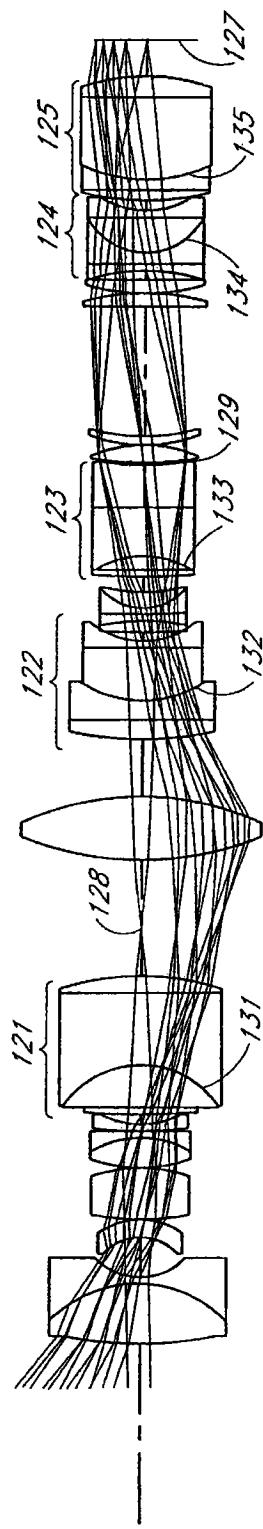
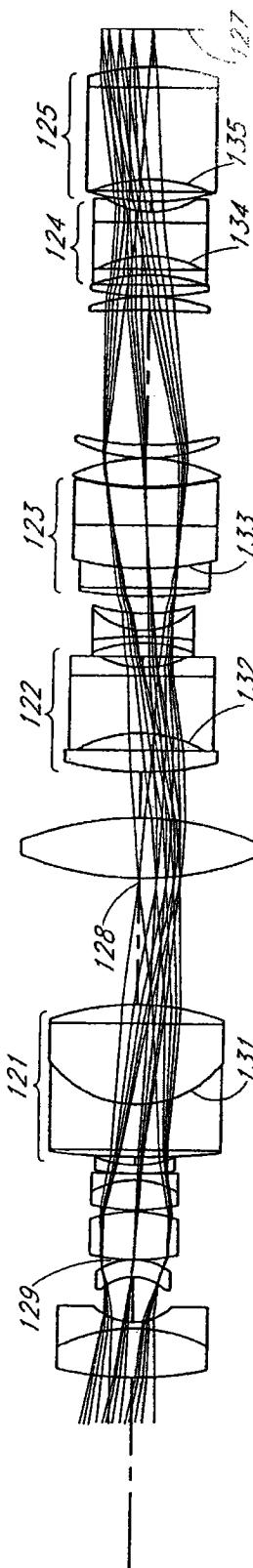
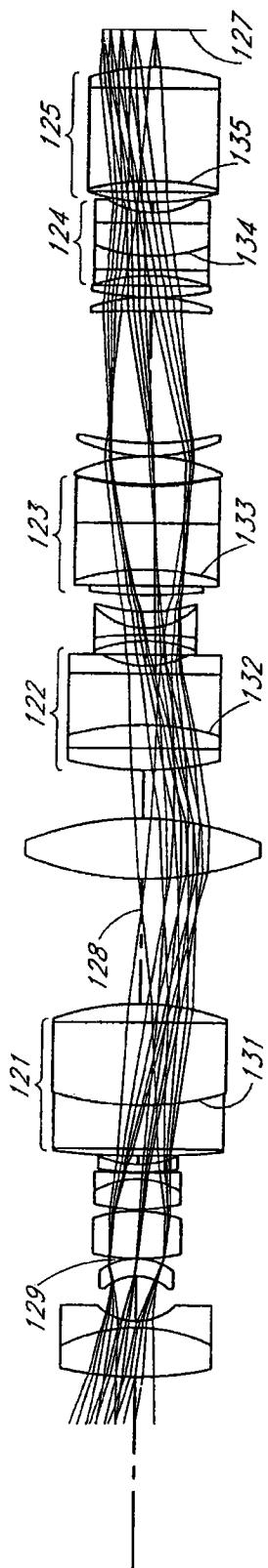
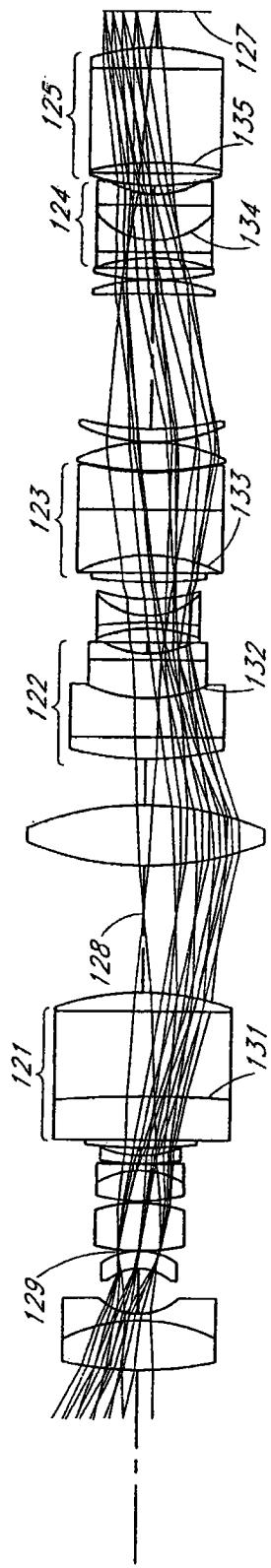
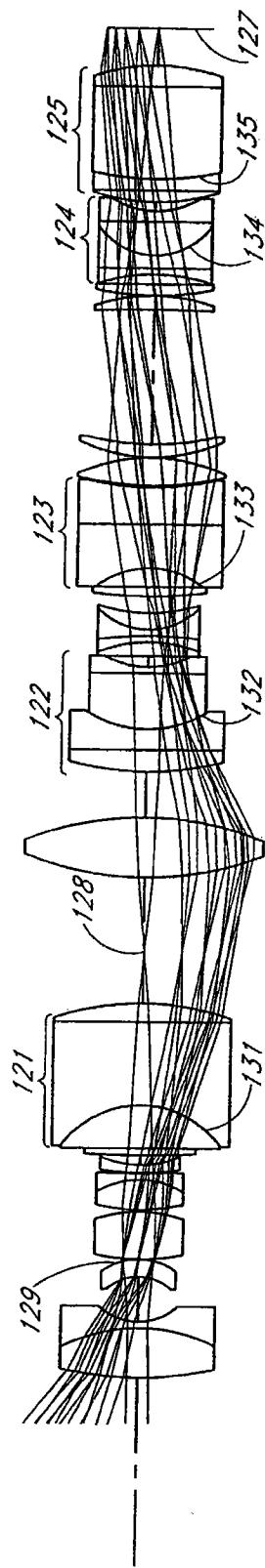


图 2A

图 2B

图 2C

图 2D



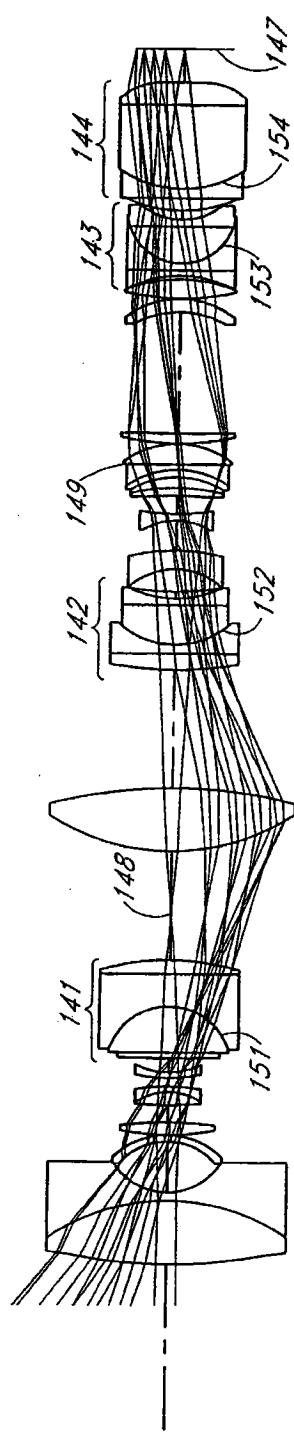


图 4A

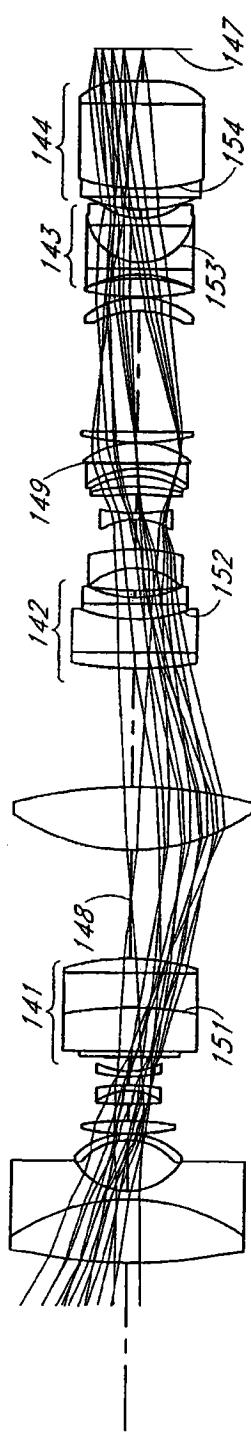


图 4B

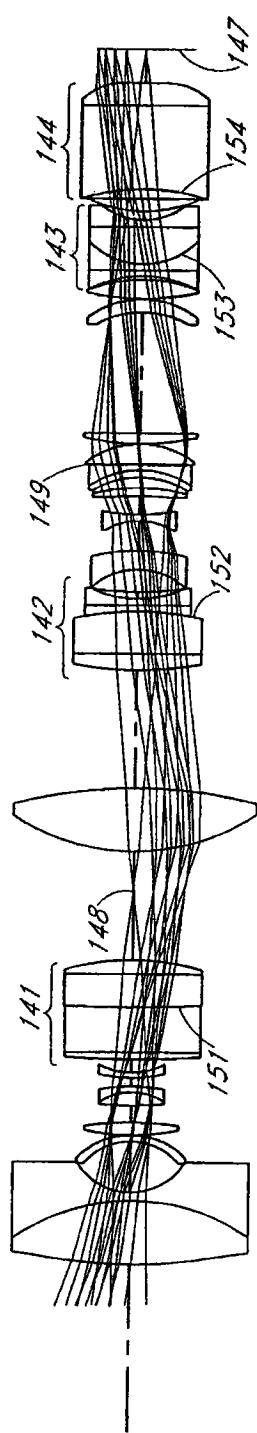


图 4C

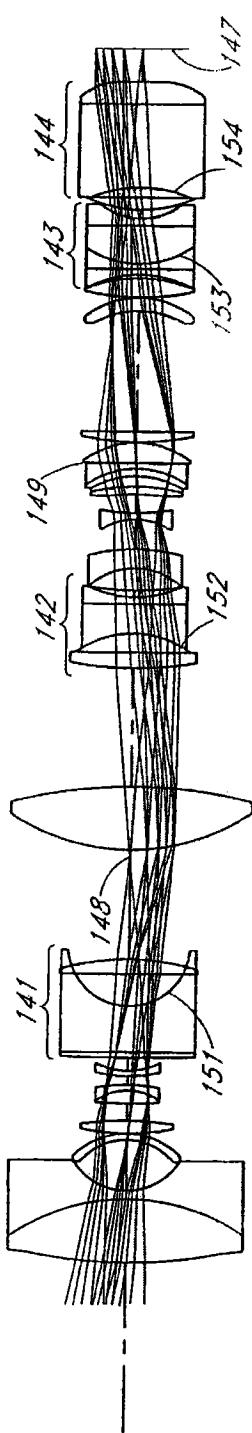


图 4D

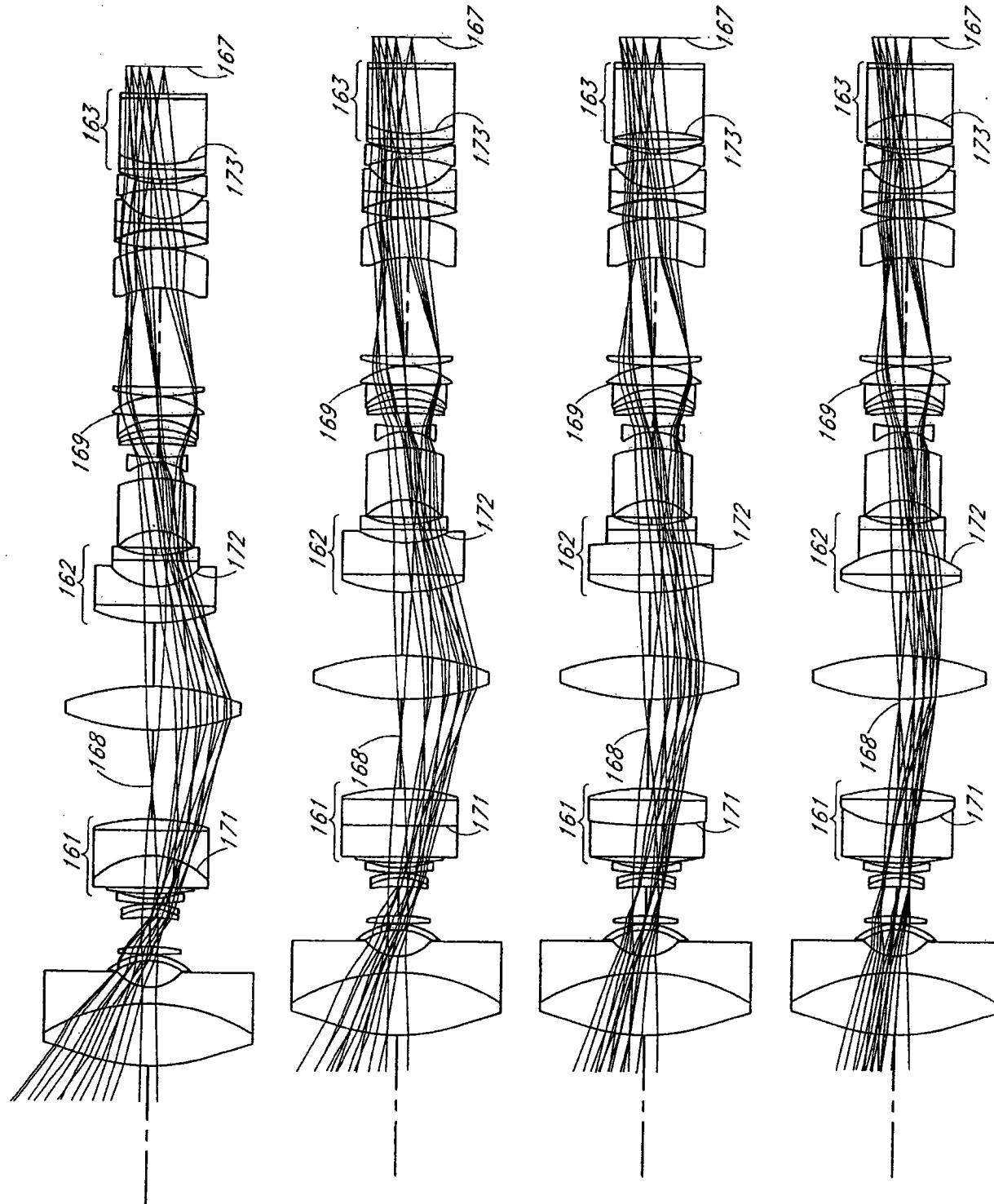


图 5A

图 5B

图 5C

图 5D

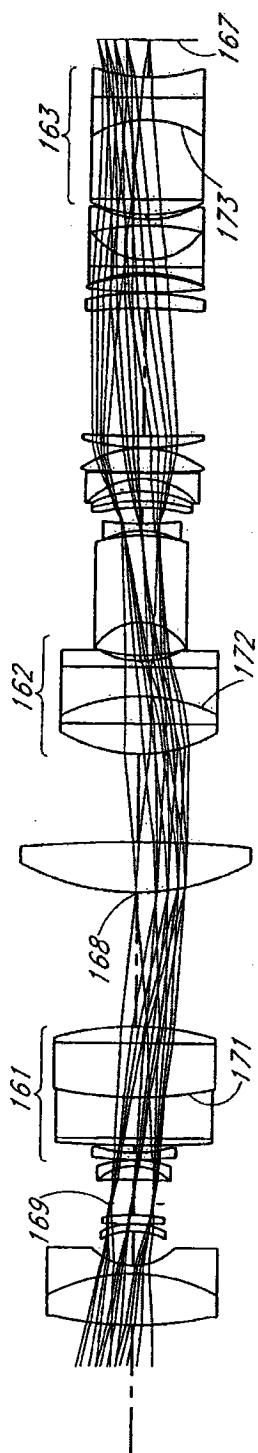
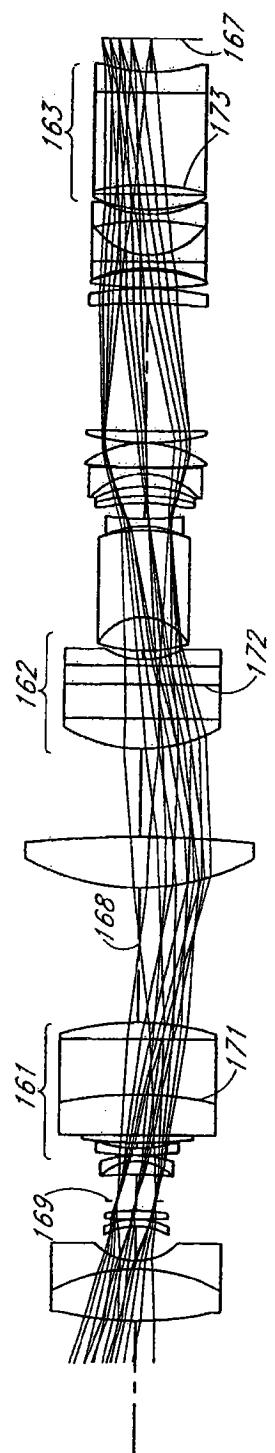
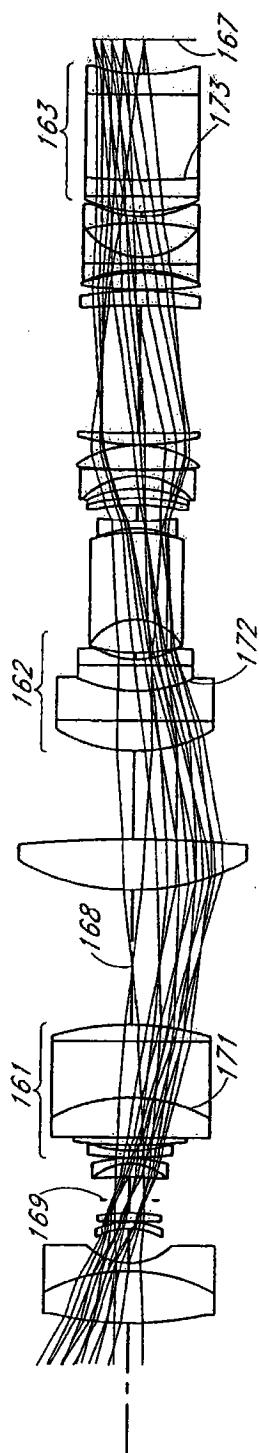
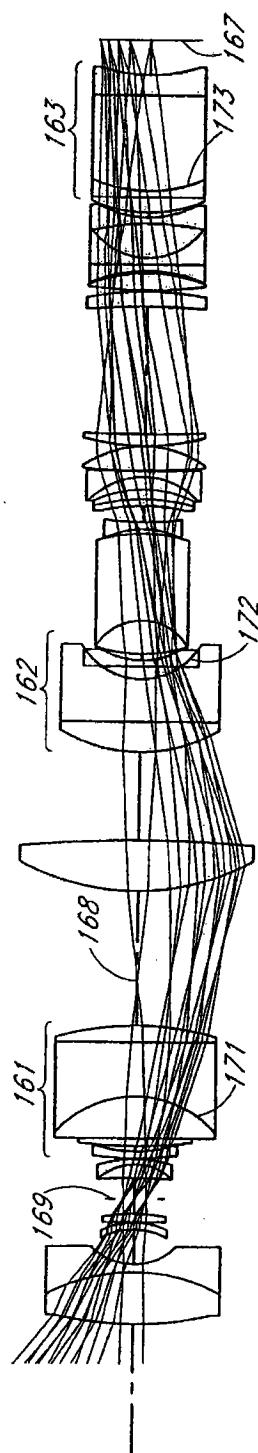
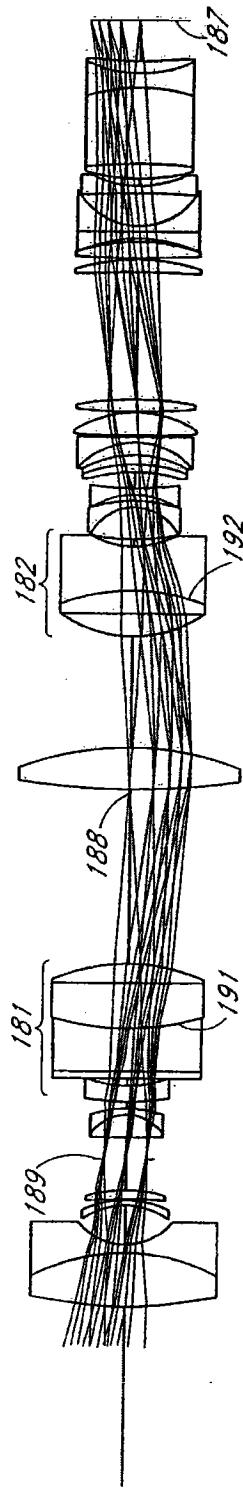
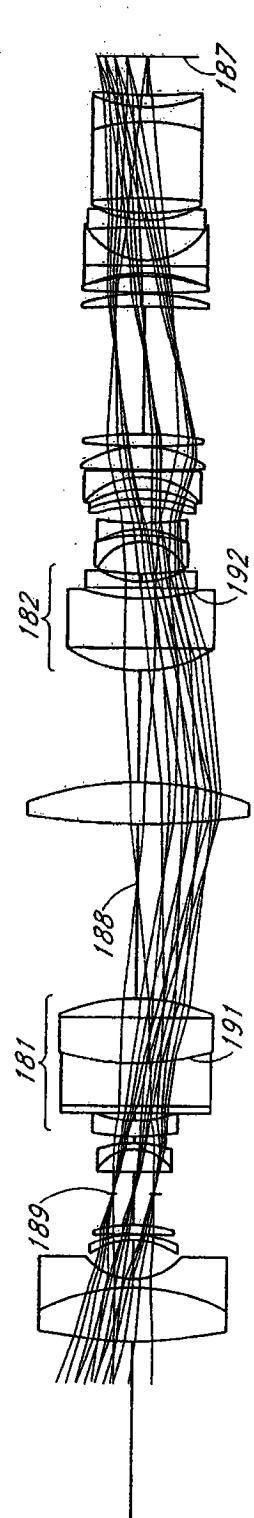
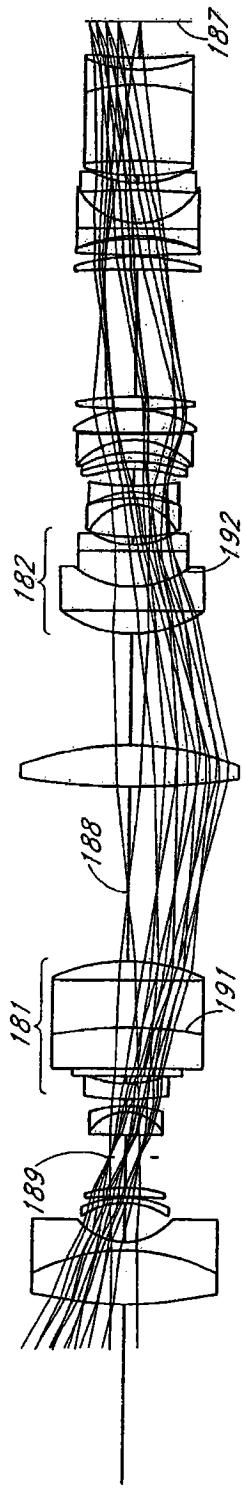
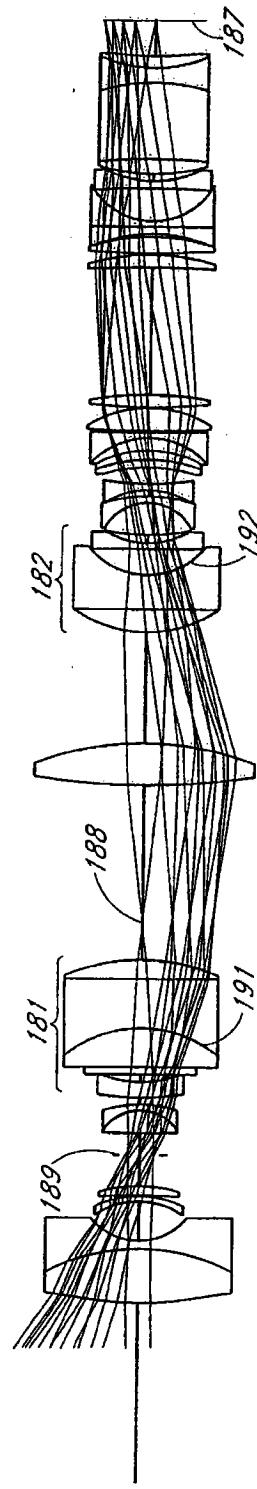


图 6A

图 6B

图 6C

图 6D



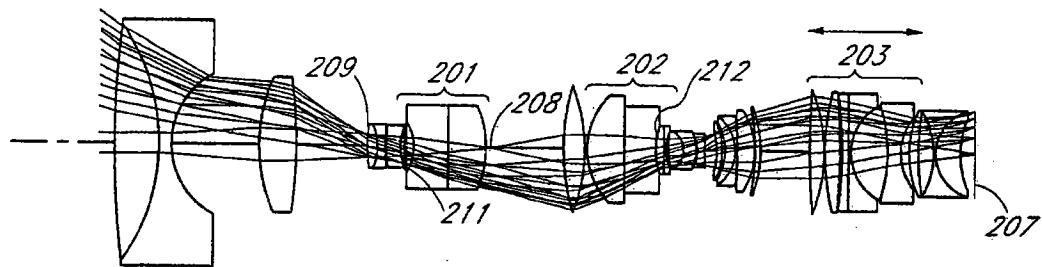


图 8A

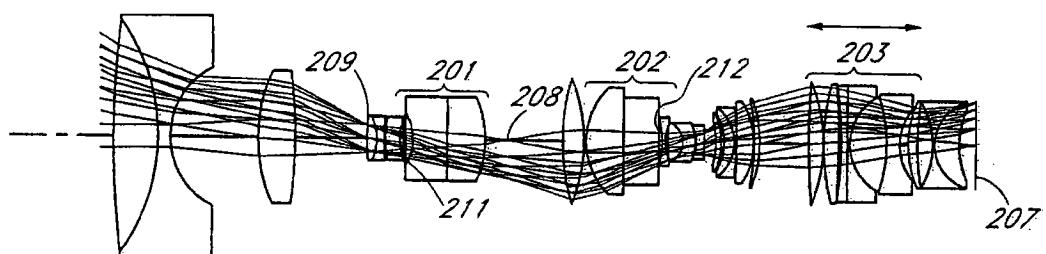


图 8B

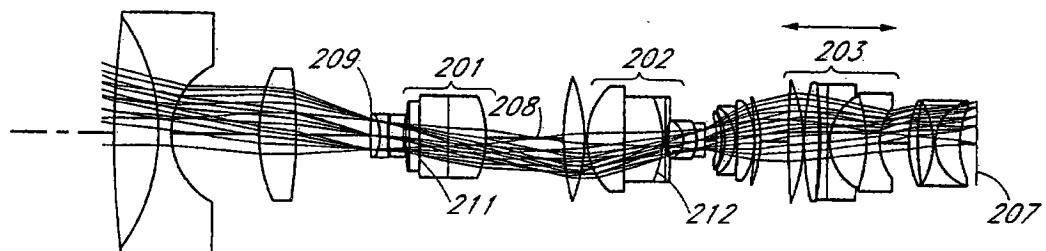


图 8C

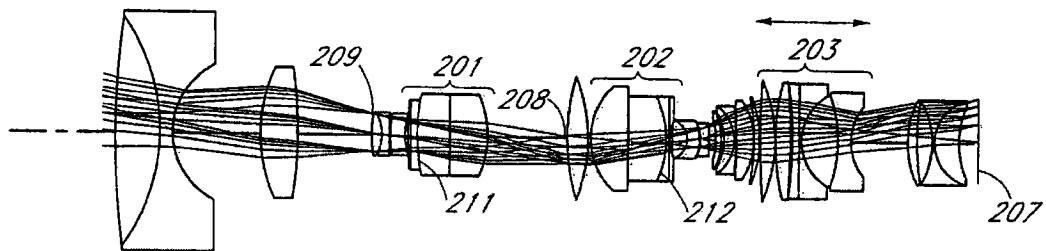


图 8D

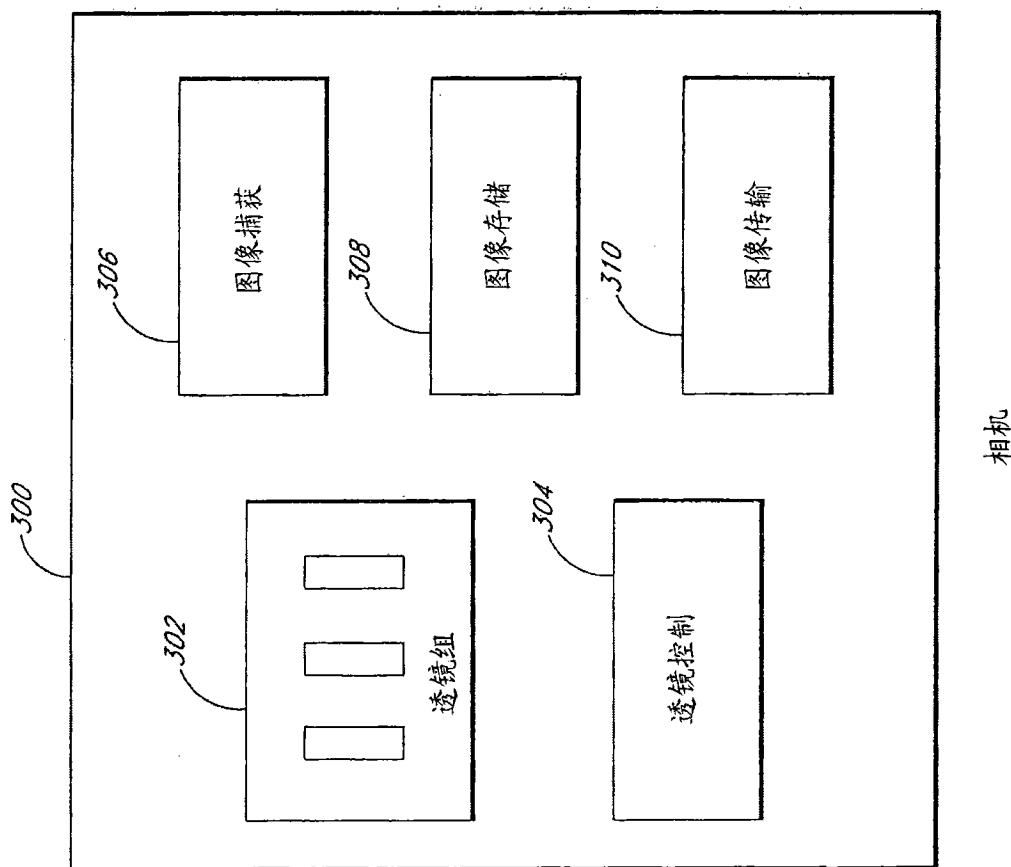


图 9