



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104160317 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 19

(21) 申请号 201380010109. 7

G02B 17/08(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 01. 09

H04N 5/232(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/584, 566 2012. 01. 09 US

13/737, 296 2013. 01. 09 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 08. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/020826 2013. 01. 09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/106427 EN 2013. 07. 18

(71) 申请人 眼见 360 股份有限公司

地址 美国宾夕法尼亚

(72) 发明人 S · K · 埃克哈特

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 罗银燕

(51) Int. Cl.

G02B 13/06(2006. 01)

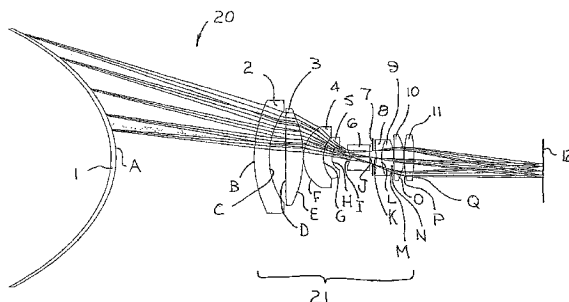
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

全景光学系统

(57) 摘要

本发明公开了一种全景光学系统 (20, 120), 该全景光学系统包括椭球面反射镜 (1, 101) 和减小像散的透镜系统 (21, 121)。透镜系统 (21, 121) 能够以快速操作。简单且高度可制造的透镜系统被提供以捕获和/或投影高质量 360 度全景场景。



1. 一种全景光学系统 (20,120),包括:
椭球面反射镜 (1,101);和
像散减小透镜系统 (21,121),该像散减小透镜系统包括被布置为透射来自椭球面反射镜 (1,101) 的图像的一系列透镜 (2-6 和 8-11;102,103 和 105-108),其中该透镜系统 (21,121) 具有快于 $F/10$ 的 $F/$ 数并将像散减小到小于 ± 500 微米。
2. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中透镜系统 (21,121) 将像散减小到小于 ± 200 微米。
3. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中椭球面反射镜 (1,101) 包括从 -0.3 到 -0.9 的圆锥常数。
4. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中椭球面反射镜 (1,101) 包括从 -0.6 到 -0.85 的圆锥常数。
5. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中椭球面反射镜 (1,101) 是反折射的。
6. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中透镜系统 (21,121) 包括至少 5 个透镜。
7. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中透镜系统 (21,121) 包括小于 10 个透镜。
8. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中透镜 (21,121) 是旋转对称的。
9. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),相对于垂直于系统的光轴的平面具有至少 $\pm 30^\circ$ 的全景视场。
10. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),相对于垂直于系统的光轴的平面具有至少 $\pm 40^\circ$ 的全景视场。
11. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),相对于垂直于系统的光轴的平面具有至少 $\pm 50^\circ$ 的全景视场。
12. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中 $F/$ 数快于 $F/8$ 。
13. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中 $F/$ 数快于 $F/6$ 。
14. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),具有小于百分之 15 的 $F-\theta$ 畸变。
15. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),具有小于百分之 5 的 $F-\theta$ 畸变。
16. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),其中光学系统是远焦的。
17. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),进一步包括用于对通过透镜系统之后的图像进行检测的检测器 (12)。
18. 根据权利要求 1 的全景光学系统 (20,120),进一步包括用于对通过透镜系统之后的图像进行投影的投影仪 (12)。

全景光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及全景光学系统,并且特别地,它涉及包括反射镜和多个透射元件的反折射全景光学系统。

背景技术

[0002] 这些年来已描述了许多旋转对称透镜,并且它们中的大部分都能够关于旋转的轴(也称为光轴)对 360° 的方位场成像。区别全景透镜之处在于它们的视场不是从光轴处 0° 到它们的最大场被测量,而是它们的视场相对于垂直于光轴的平面被测量。该平面通常被称为水平面。例如,对于全景透镜,视场可被称为 $+5^\circ / -20^\circ$,这意味着图片包含直至水平线以上5度且水平线以下20度。

[0003] 已提出了诸如使用多个照相机或扫描单个照相机获得全景视图的手段。然而,利用多个照相机的主要问题在于将图像缝接(stitch)在一起以形成全景。仔细地扫描单个照相机可以缓和该困难,但是精确地移动照相机引入了额外的一组困难。

[0004] 光学系统可以被划分成三个类别:折射、反射和反折射。这些类别中的第一个,折射,含有仅具有透射元件的所有光学系统。类似地,反射光学系统仅具有反射元件。反折射光学系统具有透射元件和反射元件二者,并且可以被划分成两个子类别。这些子类别中的一个包含其内具有既反射光又透射光的单个元件的所有光学系统,而另一个子类别被限制为反射或透射、但不是二者均进行的元件。后一个子类别包含这样的光学系统:该光学系统具有在其边缘周围或通过孔透射光(只要该光不被反射镜基底折射)的反射镜。

[0005] 已知诸如鱼眼透镜的折射广角透镜来实现从光轴测量的大于半球的视场,其中半场角直至 140° 。这样的透镜经常通过它们的全场角来描述,因此具有 140° 的半场角的透镜将被称为 280° 鱼眼。作为全景透镜,它将被描述为 $+90^\circ / -50^\circ$ 透镜。然而,鱼眼透镜通常在视场的边缘处具有显著的图像压缩(畸变),从而导致水平面附近的场部分中的降低的分辨率。Zimmerman的美国专利No. 5, 185, 667描述了鱼眼透镜作为全景透镜的使用。

[0006] 反射光学系统也已被提出作为全景透镜。例如,Bruckstein等人的美国专利No. 5, 920, 376描述了一种纯反射、仅由一个或多个反射镜和针孔照相机布置组成的照相机。这种类型的系统的显著问题在于针孔不允许太多光到达图像。通常需要针孔将像差减小到可接受的水平。表达该问题的另一种方式是反射全景透镜通常被它们的像差限制到大的F数或小的数值孔径。

[0007] Parodi的美国专利No. 1, 616, 279和Buchele的美国专利No. 2, 638, 033描述了反折射全景光学系统。尽管这样的设计存在某些优点,但是首要的困难在于制造元件的困难和复杂性。

[0008] 已知具有仅反射或透射元件的反折射全景光学系统。多个反折射系统可以能够实现高性能,但是遭受对反射镜进行对准并将它们保持对准的困难。复杂的反射镜对准的一个示例在Davis等人的美国专利No. 5, 627, 675中公开。尽管示出了在F/1.5处小于10微米的模糊尺寸,但是光学布置极其复杂。

[0009] 单个反射镜反折射全景光学系统已在多篇专利中被描述。Ayres 的美国专利 No. 2, 244, 235 提出了一种球面反射镜, 其具有校正像差的可能性。Conant 的美国专利 No. 2, 299, 682 公开了抛物面反射镜和修改圆锥曲率的其它, 例如圆锥和球面形式。Benford 的美国专利 No. 2, 371, 495 脱离了简单的二次曲面形式, 并规定了一种成形为产生对角度均匀照明的反射镜。

[0010] 如以上所引用的 Ayres 2, 244, 235 专利或 Young 的美国专利 No. 2, 430, 595 中提到的像差是设计全景光学系统中的重要因素。它们可以被分类为色像差或单色像差。色像差引起点图像 (images of points) 根据光的波长展开。这样的像差可以通过仅使用反射镜消除或可通过使用消色差透镜减小。

[0011] 单色像差典型地被划分成初级或更高级像差。初级像差包含球面像差, 其将模糊引入到跨越视场恒定的图像。慧差和像散使幅度随场角分别线性地和二次地变化的图像模糊。场曲使最佳图像不位于平面上, 使得形成在胶片的平坦部分或平坦阵列检测器上的图像模糊。畸变不模糊图像, 但是引起随场角的立方变化的放大率, 使得方形的图像具有弯曲的边。

[0012] 这样的像差不利地影响图像的质量。由于场角如此大, 因此在全景透镜中最显著的像差是像散和畸变。由于它不模糊图像, 因此直至大约百分之十或百分之二十的畸变通常是可容忍的。这留下了像散作为全景透镜中最重要像差。

[0013] 已提出了多种将像散减小到可接受的水平的方式。一种方式是使用诸如在 Davis 等人的 5, 627, 675 专利中所描述的具有多个反射镜的光学系统。另一种方式是使用非常慢 (高 F/数) 的光学系统, 诸如在 Bruckstein 等人的 5, 920, 376 专利中所提到的针孔照相机。前一种方法由于其复杂性而对于商业目的的制造是不实际的, 而后一种方法由于它需要被明亮照明的场景, 因此对于摄影可是不实际的。另一种方法在 Driscoll, Jr 等人的美国专利 No. 7, 242, 425 中被描述, 该专利在此通过引用被并入。Driscoll, Jr 等人的 7, 242, 425 提出了使用具有像散校正透镜的抛物面反射镜。

[0014] 已利用多个设计基本原理提出了用于反折射全景透镜的特别成形的反射镜。Benford 的美国专利 No. 2, 371, 495 提出了一种校正照明的余弦衰减的形状。Geng 的美国专利 No. 6, 304, 285 提出了一种对于单个虚拟视点的双曲面反射镜。Hicks 的美国专利 No. 6, 412, 961 建议了一种将物体空间中的距离映射到图像上的距离的反射镜形式。Herman 的美国专利 No. 6, 856, 472 公开了反射镜设计的另一种类型。这样的设计主要处理畸变, 其通常被描述为物体空间中的角度或距离到图像空间中的角度或距离的映射。Ayres 的美国专利 No. 2, 244, 235 提到了球面反射器的壳和表面的形状可以对于像差校正, 但是没有提供特定类型的像差或者如何对它进行校正的描述。

发明内容

[0015] 本发明提供一种具有被设计为使像散最小化的单个反射镜的周视透镜系统。简单、高度可制造的透镜系统被提供以用于仅需要单个反射镜就能捕获和 / 或投影 360 度全景场景。尽管它们的简单性, 但是透镜系统被设计为以快速使用, 例如快于 F/10。为了实现简单性和速度的这种结合, 椭球面反射镜与折射透镜组相结合地被使用以使像散最小化, 该折射透镜组抵消由椭球面反射镜引入的像差。

[0016] 本发明的一方面在于提供一种全景光学系统,该全景光学系统包括椭球面反射镜和像散减小透镜系统,该像散减小透镜系统包括被布置为透射来自椭球面反射镜的图像的一系列透镜,其中该透镜系统具有快于 F/10 的 F/ 数并将像散减小到小于 ± 500 微米,例如 ± 200 微米。

[0017] 本发明的该方面和其它方面将从以下的描述中更清楚。

附图说明

[0018] 图 1 是根据本发明的实施例的包括椭球面反射镜和一系列透镜的全景光学系统的部分示意性截面图。

[0019] 图 2 是图 1 的全景光学系统的像散图。

[0020] 图 3 是图 1 的全景光学系统的畸变图。

[0021] 图 4 是图 1 的全景光学系统的多色衍射调制传递函数 (MTF) 图。

[0022] 图 5 是根据本发明的另一实施例的包括椭球面反射镜和一系列透镜的全景光学系统的部分示意性截面图。

具体实施方式

[0023] 本发明的全景光学系统包括椭球面反射镜和多个折射透镜元件。该椭球面反射镜被设计为使像散最小化,并且该折射透镜元件抵消由反射镜引入的像差。

[0024] 参考图 1,根据本发明的实施例的全景光学系统 20 包含单个椭球面反射镜 1 和折射组或透镜系统 21。与显著地引入更多像散的球面、抛物面或双曲面反射镜相比,反射镜 1 在形式上为椭圆以使像散最小化。

[0025] 折射组 21 包含多个折射元件 2-6 和 8-11 以及孔径光阑 7。光在从反射镜 1 反射之后进入折射组 21。随着它通过折射组 21,它通过孔径光阑 7,其限制了光束的 F/ 数。

[0026] 孔径光阑 7 可以由单个部分(例如诸如金属片)制成,或者可以是可调节的。可调节的孔径光阑的一个示例是虹彩光圈,但是本领域已知的其它可调节的孔径也可以被使用。

[0027] 在通过折射组 21 之后,光在像平面 12 处变为焦点。诸如胶片或电子检测器(例如 CCD 或 CMOS 阵列)的传统成像设备可以被放置在像平面的附近以接收图像。可替代地,全景透镜可以被用作投影透镜,在该情况下,要被投影的胶片或将图像印记(imprint)在光束上的电子成像设备,诸如 LCD 或微反射镜设备(例如 DLP,其从 Texas Instruments, Inc. of Richardson, TXUSA 可获得),可以被放置在像平面的附近。来自光源的照射通过成像设备或从成像设备反射的光然后可被投影到屏幕上,该屏幕可以是圆柱形,球形或某个其它形状。

[0028] 图 1 的透镜系统和全景反射镜的光学特性在表 1 中描述。

表 1

元件号/ 表面	曲率	厚度	玻璃	半直径	圆锥 常数
(物体)	0.000000	1.00E+10		0.00	
1/A	0.028021	-55.336	反射镜	50.00	-0.742
2/B	-0.020143	-6.000	S-TIH10	22.00	
2/C	-0.032501	-6.523		18.00	
3/D	-0.001116	-7.000	S-BSM16	19.00	
3/E	0.024014	-0.100		19.00	
4/F	-0.073438	-8.000	S-TIH10	12.00	
4/G	-0.083500	-3.300		8.00	
5/H	-0.180784	-7.223	S-LAL14	5.00	
6/I	0.151028	-8.000	S-LAL14	3.30	
6/J	-0.014538	-1.363		5.00	
7	0.000000	-1.363		2.58	
8/K	0.067420	-2.200	S-TIH10	3.50	
8/L	-0.058102	-4.800		7.00	
9/M	0.064329	-0.100	S-LAL14	7.00	
10/N	0.000598	-4.000	S-BSM16	7.69	
10/O	0.053090	-0.100		9.00	
11/P	-0.025641	-3.800	S-BSL7	9.00	
11/Q	0.016432	-52.000		9.00	
12 (图像)	0.000000	0.000		7.51	

[0029] 在表 1 中,第一栏列出了图 1 所示的元件号,以及反射镜表面和透镜元件表面,这些表面被作为 A-Q 列出。物体和图像也在表 1 中列出。表 1 中的第二栏是表面曲率,其为曲率半径的倒数。在第三栏中,数字代表到下一表面的距离。显示在第四栏中的玻璃类型从 Ohara Corporation, Rancho Santa Margarita, CA 可购得。该透镜中的所有元件都是旋转对称的,因此第五栏列出了从光轴到元件的边缘的距离。最后,最后一栏中的数字代表反射镜的圆锥常数。

[0030] 圆锥表面由以下等式描述:

$$z = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2y^2}}$$

这里, z 是离在表面与光轴的交点处与该表面相切的平面的距离, c 是表面的曲率 (其曲率半径的倒数), y 是从光轴到 z 要被计算的点的距离, 并且 k 是圆锥常数。圆锥常数可以被透镜设计程序 (诸如 Zemax, 其从 Radiant Zemax LLC, Bellevue, WA 可购得) 使用以描述旋转的圆锥表面的离心率。

[0031] 尽管表 1 中示出的圆锥常数为 -0.742, 但是其它的圆锥常数也可以被使用。等于 0 的圆锥常数代表球, 而等于 -1 的圆锥常数代表抛物线, 其中这些极限之间的值代表椭圆。为了使像散最小化, 根据本发明可以使用 -0.01 与 -0.99 之间的椭圆圆锥常数, 典型地

在 -0.3 与 -0.9 之间。在某些实施例中,圆锥常数在 -0.6 与 -0.85 之间。除了圆锥常数以外,也可以使用具有非球面项的椭球面反射镜。Zemax 程序的使用者可将该表面描述为偶次非球面或奇次非球面或 Q 型非球面。根据本发明可以使用这样的反射镜以减小像散。根据本发明的椭球面反射镜的特征在于形状通常位于具有相同曲率的抛物线和球体之间,至少位于所使用的区域内。

[0032] 本实施例中的全景视场当从垂直于光轴的平面测量时可以为至少 $\pm 50^\circ$ 。在其它实施例中,视场可以关于水平面对称(例如 $\pm 30^\circ$ 或 $\pm 40^\circ$)或非对称(例如 $+50^\circ / -70^\circ$ 或 $+60^\circ / -40^\circ$)。视场可以被选择为更小,以使检测器上的给定数量的像素的分辨率最大化,或视场可以被选择为更大,以使被观察的空间量最大化。

[0033] 图 2 是对于图 1 所示以及表 1 所描述的实施例的副像散场曲线的图。这些曲线示出了像散已被减小到小于 ± 200 微米,这对于许多应用来说被很好地控制。在该图中,基于追踪科丁顿 (Coddington) 光线,像散被计算为径向焦点与切向焦点之间的差。该计算在光学课本(例如 Rudolf Kingslake, "Lens Design Fundamentals", Academic Press, New York, 1978) 中被描述。它可以通过使用工业标准靶标(诸如 US Air Force 1951 三线靶标 (three-bar target)) 来测量。这样的靶标可以从例如 Edmund Optics, Barrington, New Jersey 购买。

[0034] 图 3 示出了对于图 1 所示以及表 1 所描述的实施例的校准的 F- θ (theta) 畸变。F- θ 畸变基于物体空间中的角度将被映射到图像上的距离的假设。它被测量为实际的图像点与基于恒定的放大率所计算的图像点之间的距离,并被表达为离图像的中心两个距离之间的百分比差。小于 5% 的畸变被足够好地控制,从而难以注意到,并且当然足够小以能够进行电子校正。

[0035] 图 4 绘出了图 1 所示以及表 1 所描述的实施例的 MTF。本实施例中的像差足够小以与具有小于 10 微米节距的像素的像素化检测器一起使用。

[0036] 图 1 所示以及表 1 所描述的实施例在快至 F/5.6 是有用的。在其它实施例中, F/ 数可以快至 F/10, 或 F/8, 或 F/4 或 F/2.8。F/ 数值通过本领域中已知的透镜的焦距除以入瞳直径的标准方法确定。较低的 F/ 数对应于允许更多的光到达像平面的透镜,因此较低的 F/ 数对于要求更快的快门速度以停止运动或具有更暗淡的光的情形是更期望的。

[0037] 图 5 示出了根据本发明的实施例的另一全景光学系统 120, 其在表 2 中进一步描述。在表 2 中被称为球 (ball) 的第一光学元件 100 是反折射反射镜, 其具有外表面 A, 具有反射表面 B 的反射镜 101, 以及出射表面 C。外表面 A 可以是如表 2 中所描述的球面, 或它可以是非球面。根据本发明, 反射镜表面 B 截面为椭圆。出射表面 C 可以是如本示例中所示的球面, 或它可以是非球面。图 5 所示以及表 2 所描述的实施例中的所有其它表面 D-0 是折射的, 一些是球面, 而其它是非球面。系统 120 包含透镜系统 121, 其包括一系列透镜 102、103 以及 105-108, 这些透镜具有图 5 所标记以及表 2 所列出的表面 D-0。该全景透镜被设计为操作快至 F/2.8, 但是可以对于其它 F/ 数而被修改。

表 2

元件号/ 表面	注释	曲率	厚度	玻璃	半直径	圆锥 常数	A4	A6
	物体	0.00000	1.00E+10		0.00			
100/A	球外 表面	0.08774	8.815	PMMA	10.51			
101/B	反射镜	0.12257	-6.000	反射镜	9.99	-0.7870		
100/C	球出射 表面	-0.05761	-20.840		6.81			
102/D	第一透镜	-0.12697	-3.897	PMMA	3.98		-1.5982E-04	-8.6866E-06
102/E		-0.03374	-5.147		3.10			
103/F	第二透镜	-0.54701	-1.182	PMMA	1.00		4.1240E-02	
103/G		-0.55179	-0.091		0.57			
104	光阑	0.00000	-0.240		0.45			
105/H	第三透镜	0.65339	-1.601	PMMA	0.61			
105/I		0.64825	-0.132		1.14		-2.5798E-02	
106/J	第四透镜	0.40017	-3.993	PMMA	1.20			
106/K		0.31802	-6.759		2.28		-1.1018E-04	-3.7457E-04
107/L	第五透镜	0.03472	-4.001	PMMA	2.93		-2.3269E-04	2.9449E-05
107/M		0.16259	-15.707		3.25			
108/N	第六透镜	-0.22803	-1.771	PMMA	2.57		-1.7472E-04	-2.0048E-05
108/O		-0.10587	-6.000		2.29			
109	照相机 光瞳	0.00000	0.100		1.13			
110	虚拟照相 机透镜	0.00000	-4.200		1.14			
111	图像	0.00000	0.000		0.93			

[0038] 表 2 中的非球面由以下等式描述，

$$z = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2y^2}} + A_4y^4 + A_6y^6$$

这里， z 是从切平面到表面的轴向距离， c 是表面的曲率， y 是从轴到表面上的点的距离， k 是圆锥常数，并且 A_4 和 A_6 是非球面系数。

[0039] 尽管以上为了说明的目的已描述了本发明的特定实施例，但是对于本领域技术人员明显的是，在不背离如所附权利要求所限定的本发明的情况下，可以对本发明的细节进行大量改变。

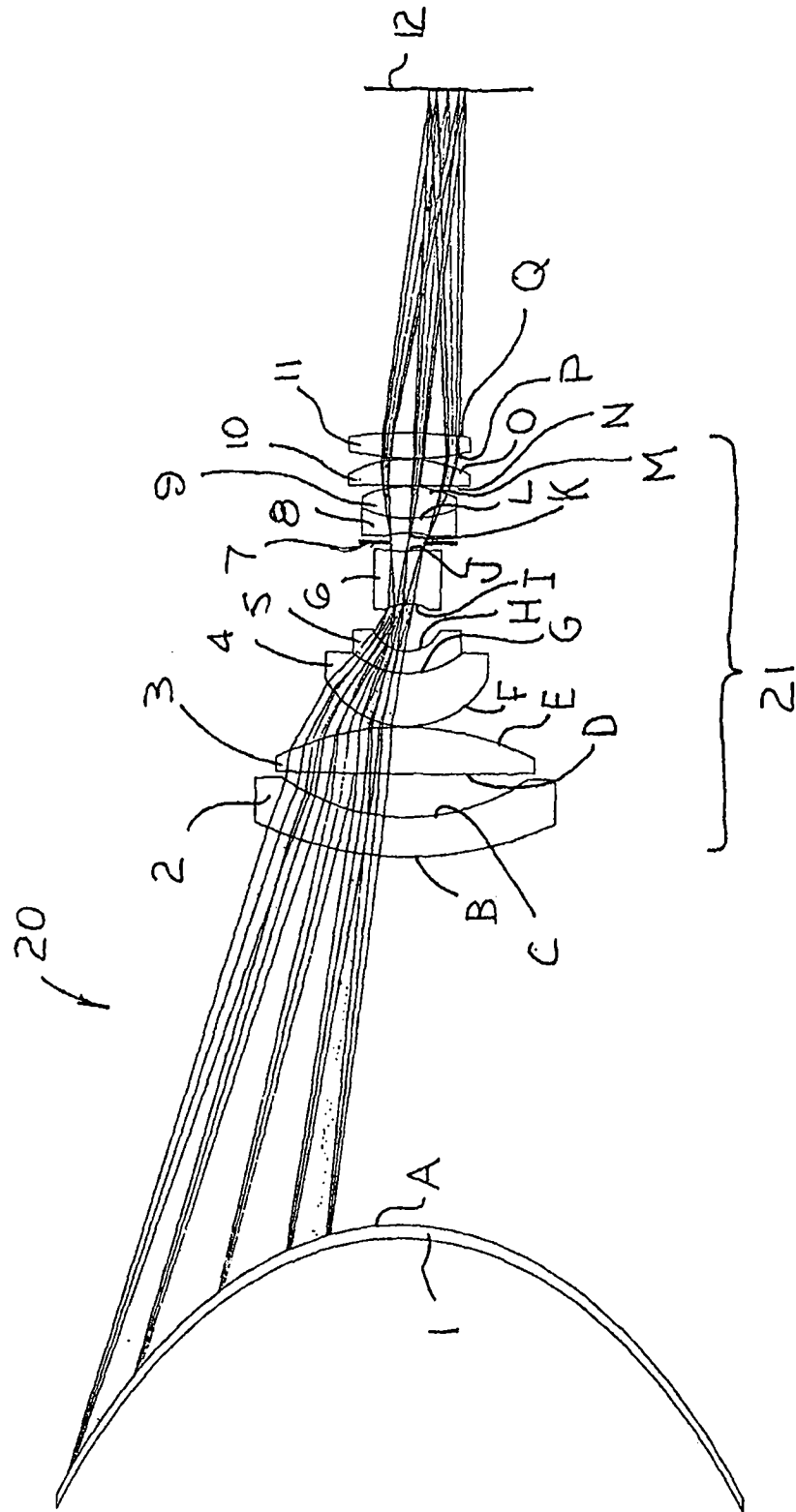


图 1

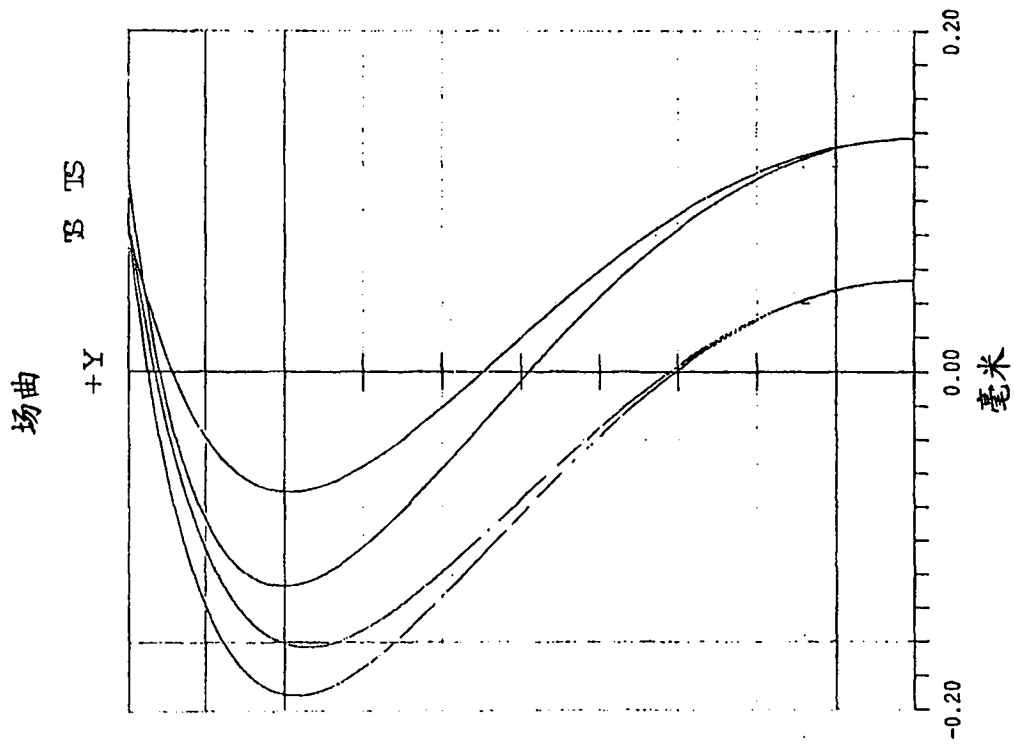


图 2

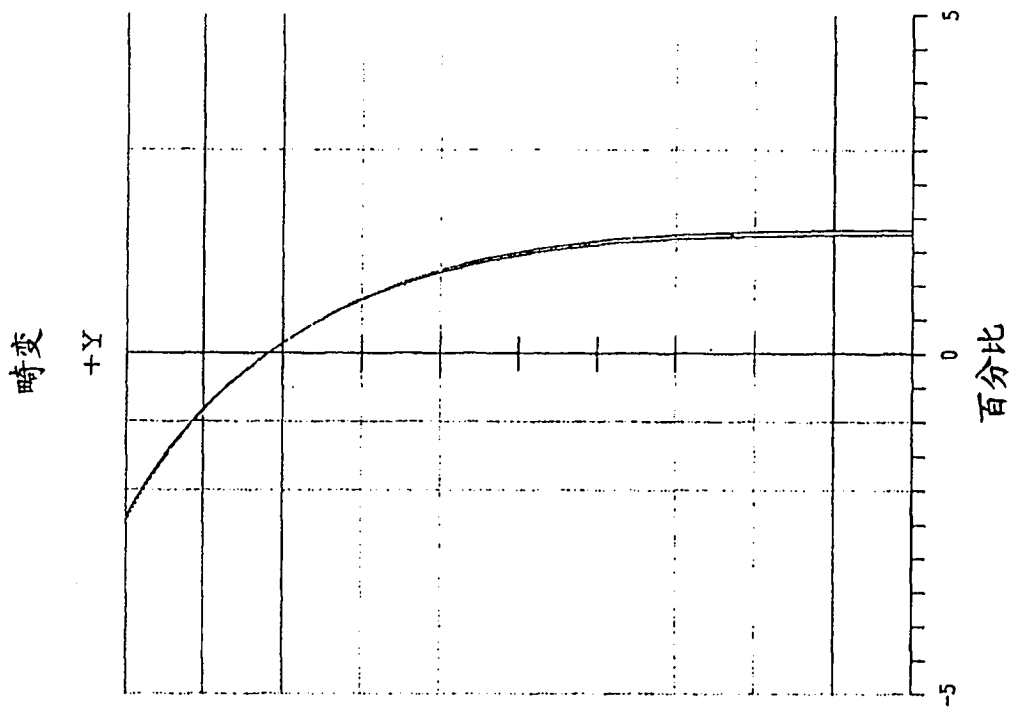


图 3

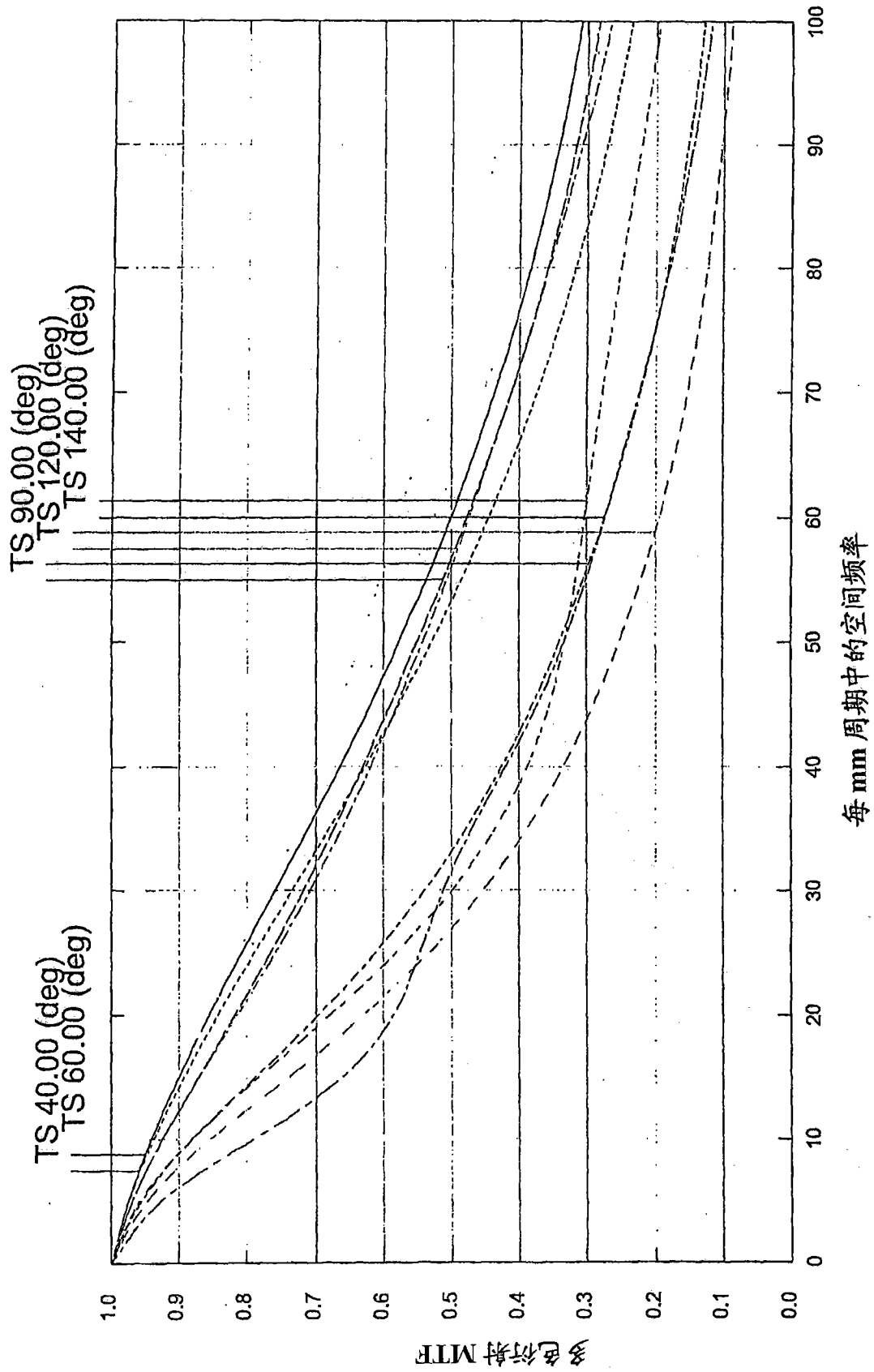


图 4

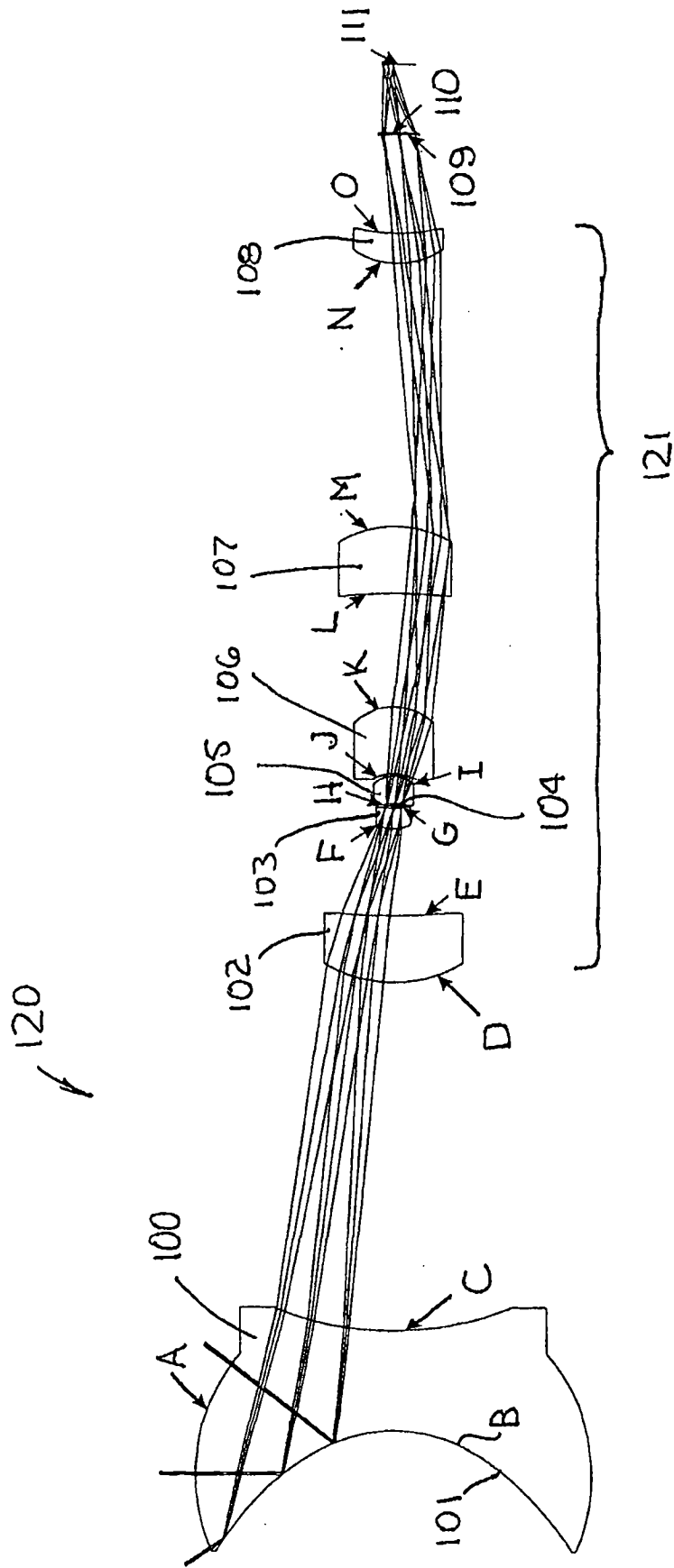


图 5