



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1957620 B

(45) 授权公告日 2010. 11. 17

(21) 申请号 200580017075. X

(22) 申请日 2005. 05. 11

(30) 优先权数据

10/854, 116 2004. 05. 25 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006. 11. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2005/016531 2005. 05. 11

(87) PCT申请的公布数据

W02005/117459 EN 2005. 12. 08

(73) 专利权人 伊斯曼柯达公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·M·科布

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 龚海军 张志醒

(51) Int. Cl.

H04N 13/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 4799763, 1989. 01. 24, 说明书第 6 栏第 10-15 行、第 49-50 行, 图 5-7.

CN 1444094 A, 2003. 09. 24, 全文.

US 6416181 B1, 2002. 07. 09, 说明书第 9 栏第 6-8 行、第 9 栏第 29-31 行、第 12 栏第 51-53、说明书第 13 栏 17-46 行、第 5 栏第 54-58 行、第 13 栏第 47-48 行, 图 1-13.

审查员 张玥瑒

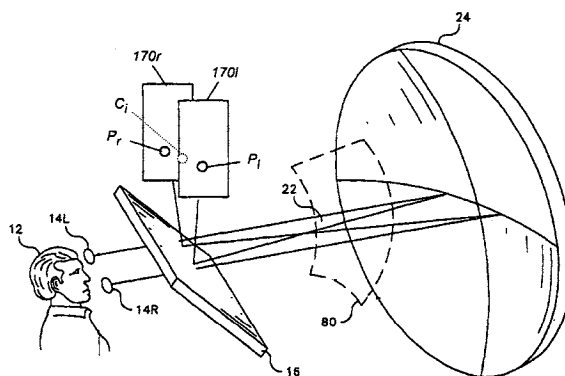
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 8 页

(54) 发明名称

自动立体显示设备

(57) 摘要

一种用于观看立体图像的自动立体光学设备 (10), 该自动立体图像包括由观看者 (12) 在左观察光瞳 (14L) 处观看的左图像和由观看者在右观察光瞳 (14R) 处观看的右图像。左图像生成系统 (70L) 在弯曲反射镜 (24) 的焦面 (22) 附近形成左弯曲中间图像。右图像生成系统 (70R) 在弯曲反射镜的焦面附近形成右弯曲中间图像。使弯曲反射镜的曲率中心在光学上基本上位于左光学系统 (110L) 的出射光瞳与右光学系统 (110R) 的出射光瞳之间的中间位置上。将分束器设置在弯曲反射镜的焦面与曲率中心之间。



1. 一种用于观看立体图像的自动立体光学设备,该立体图像包括由观看者在左观察光瞳处观看的左图像和由观看者在右观察光瞳处观看的右图像,该设备包括:

(a) 左图像生成系统,用于在弯曲反射镜的焦面附近形成左弯曲中间图像,该左图像生成系统包括:

(i) 包括发射或透射显示器的左图像源,用于形成左源图像;

(ii) 左光学系统,包括至少一个用于会聚来自左图像源的光的透镜和用于引导经过会聚的光以形成左弯曲中间图像的左图像折转表面,其中左光学系统形成中心在光学上处于左弯曲中间图像的曲率中心附近的出射光瞳;

(b) 右图像生成系统,用于在弯曲反射镜的焦面附近形成右弯曲中间图像,该右图像生成系统包括:

(i) 包括发射或透射显示器的右图像源,用于形成右源图像;

(ii) 右光学系统,包括至少一个用于会聚来自右图像源的光的透镜和用于引导经过会聚的光以形成右弯曲中间图像的右图像折转表面,其中右光学系统形成中心在光学上处于右弯曲中间图像的曲率中心附近的出射光瞳;

(c) 在光学上基本上位于左光学系统的出射光瞳与右光学系统的出射光瞳之间的中间位置上的弯曲反射镜的曲率中心;

(d) 设置在弯曲反射镜的镜面面与曲率中心之间的分束器,弯曲反射镜和分束器协同工作,以在左观察光瞳处形成:

(i) 左光学系统的出射光瞳的实像;和

(ii) 看起来处于弯曲反射镜后面的左弯曲中间图像的图像;

弯曲反射镜和分束器进一步协同工作,以在右观察光瞳处形成:

(i) 右光学系统的出射光瞳的实像;和

(ii) 看起来处于弯曲反射镜后面的右弯曲中间图像的图像。

2. 按照权利要求 1 所述的自动立体光学设备,其中左图像源是从投影仪、CRT、发射阵列、LCD 显示器和 OLED 组成的组中取得的。

3. 按照权利要求 1 所述的自动立体光学设备,还包括与左图像折转表面光耦合的棱镜。

4. 按照权利要求 1 所述的自动立体光学设备,其中左图像折转表面基本上设置在左光学系统的孔径光阑上。

5. 按照权利要求 1 所述的自动立体光学设备,其中左光学系统的孔径光阑和出射光瞳相距 4mm 以上远。

6. 按照权利要求 1 所述的自动立体光学设备,其中左光学系统的输出透镜的直径处于 65-200mm 的范围之内。

7. 按照权利要求 1 所述的自动立体光学设备,其中左图像折转表面是反射镜。

8. 按照权利要求 1 所述的自动立体光学设备,其中对左和右源图像中的至少一个进行了预变形,以修正光学象差。

自动立体显示设备

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及显示设备,并且更加具体地涉及用于提供宽视场、大左右观察光瞳和高亮度的具有改善了成本和减小了尺寸的自动立体显示器的图像生成设备。

背景技术

[0002] 对于广阔范围的数据可视化用途并且对于包括娱乐、工程、医疗、政府、保安和仿真领域的广泛应用,自动立体显示系统的潜在价值得到了很好的认识。自动立体显示系统包括“浸没”系统,设计成用来通过用具有非常宽视场的三维(3-D)图像从视觉上围绕观看者而为观看者提供逼真的观看感受。与包括“浸没”系统的一大组立体显示器不同,自动立体显示器的特征在于,根本不需要任何类型的可佩戴制品,比如例如护目镜、头戴受话器或者专用偏振或滤光镜片。就是说,自动立体显示器试图为观看者提供“自然的”观看条件。

[0003] Siegmund Pastoor 和 Mathias Wopking 在《Displays 17》(1997)上发表的题为《3-D displays:A review of current technologies》的文章综述了为了获得针对一个或多个观看者的自动立体显示图像已经得到应用的各种不同途径。在 Pastoor 等人的文章中介绍的多种技术当中,有用于自动立体显像的电子摄影术、体显示法、方向多路复用法、基于衍射的方法、基于折射的方法和基于反射的方法。虽然这些途径中的每一种都可能在一中或多种具体应用中表现出优势,但是这些途径具有数种约束可用性和总体性能的特有缺点。总地来说,这些传统途径已经适合于自动立体显示器,但是仅能实现很窄的视场和给出有限的亮度和不理想的对亮度。采用基于时间的或空间多路复用的成像系统要求采用复杂的图像处理算法才能给出以正确顺序或者具有必需的空间间隔的左右眼图像。基于时间的多路复用引入了图像闪烁的固有问题。空间多路复用一般会产生分辨率减低的图像。象欧洲专利申请 764869A2 (Ezra 等人)中公开的那样,将这些多路复用技术组合起来,可以给出数量得到增多的视图,但是并不能补救这些固有的缺陷。多种多路复用技术还要求跟踪观看者眼睛的位置和补偿头部位置的变化。另一种缺点是, Pastoor 等人的文章中介绍的各种成像技术给观看者呈现的是实像而不是虚像,随后将详细介绍其间的区别。

[0004] 在 Klaus Hopf 在《IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology》(第 10 卷,第 3 期,2000 年 4 月)中发表的题为《An Autostereoscopic Display Providing Comfortable Viewing Conditions and a High Degree of Telepresence》的文章中,公开了一种采用球面反射镜的远程会议系统,因其在减小色差方面的价值而备受推崇。不过,这篇文章中公开的光学系统受到场曲率的约束,限制了它的视场。值得注意的是, Hopf 的文章中介绍的系统提供了虚像;不过,由于场曲率相当大,这样的系统的总视场局限于少于约 15 度。虽然这样的窄视场对于电视会议应用场合是可以接受的,但是这种层次的性能对桌面显示系统是没有用的。

[0005] 使用弯曲反射面来形成实像的三维(3-D)成像是公知的技术。例如,美国专利第 3447854 号 (Minter) 公开了一种采用弯曲反射镜的 3-D 取景器,该弯曲反射镜起到用于为独立的左眼和右眼图像平移观察光瞳的位置的场透镜的作用。类似地,在 McKay 等人

的题为《Stereoscopic Display Using a 1.2-M Diameter Stretchable MembraneMirror》的文章中,将很大的弯曲反射镜与用来提供实像的左和右分束器结合起来使用,将左和右图像不均衡的会聚点沿着关于弯曲反射镜表面的主光轴平移到某个位置。显然,在使用 US 专利第 3447854 号的设备和 McKay 等人的设备的情况下,都要将投影图像聚焦到弯曲反射镜自身的表面上。在使用这种方案的情况下,由于要将投影图像聚焦到弯曲反射镜上;反射镜本身并不形成图像,而是简单地将光引导到观看者的光瞳中。因为对于这种类型的实像投影系统来说,反射镜起的是显示表面的作用,所以在使用放置在与观看者相距充分距离的位置上的很大的弯曲反射镜的时候,会获得最佳观看条件和很大的视场。

[0006] 这些现有成像系统显示与虚像相反的实像。分清实成像与虚成像之间的区别是很重要的。将实像定义为聚焦在表面上或者聚焦在可达到的位置上的图像。就是说,可以将屏幕放在实像的位置上,以便显示图像。

[0007] 与实成像投影不同,虚成像系统形成的是不聚焦在可达到位置上的图像。就是说,虚像并不是通过在显示表面上的投影来形成的;如果将显示表面放置在可看到虚像的位置上,则不会在该表面上形成图像。而是虚像是由光学系统形成的。可以将虚像看成是由眼睛本身形成的,依照入射在视网膜上的光形成图像。虚像出现在例如物体处于凹面镜面反射表面的焦点与顶点之间的時候。

[0008] 虚成像在某些类型的应用中给出相对实像投影更有优势的可选方案。美国专利第 5625372 号 (Hildebrand 等人) 概括了虚成像优于作为比较的通常用于图像投影的实成像的数种固有优点。对于立体观看的一个重要优点是,虚像的大小不受显示表面的大小或位置的限制。此外,虚像对应的源物体可以很小。举一个简单的例子来说,放大镜片可以给出小物体的放大虚像。通过放大镜片观看的照片不仅看起来大了,而且它看起来还象是实质上处于照片实际所处的纸张的表面后面的。按照定义,于是,虚像可以存在于不存在显示表面的位置上。这样,可以看出,与投影实像的现有系统相比,通过形成被形成得看起来相距一定距离的虚拟图像,可以给出更加逼真的观看感受。提供虚像还避免了补偿屏幕伪像的必要,在投影实像的时候必须要补偿屏幕伪像。

[0009] 为了建立正确的认识,需要指出:术语“虚像”本身在与通常被描述为“虚拟现实”系统的浸没成像系统和其它设备有关的专利和相关文献中经常不规则地遭到滥用。举例来说,美国专利第 5976017 号 (Omori 等人) 多次提到了“虚像”,而此处使用的是这一术语的不规则的解釋,仅仅将该术语解释为某种类型的用电子方式产生的图像,并不是使用光学专业人员所理解的定义。(在专利文献中很容易找到这种令人遗憾的情况的其它例子——不规则的使用术语“虚像”;仅举几个其它的例子,见美国专利第 6636234 号 (Endo 等人) 和第 6674881 号 (Bacus 等人),这两个专利文献都以不规则的意义使用了术语“虚像”,而没有遵守光学中使用的定义。)在本申请的公开内容中,是从真正的光学意义上使用术语“虚像”的。

[0010] 一般认为,为了使聚散度/眼调节的影响最小,3-D 观看系统应当将它的立体图像对(不管是实像还是虚像)显示在距观看者相对较远的距离上。对于实像投影而言,这意味着必须采用很大的显示表面,最好该显示表面放置于与观看者相距充分距离的位置上。不过,对于虚像,可以采用相对较小的弯曲反射镜,就象美国专利第 5908300 号 (Walker 等人) 中公开的那种情况。虚成像系统中的弯曲反射镜起到的是准直器的作用,形成看起来似乎

处于与观看者相距相对较远的位置上的虚像。相对于焦距而言,这样的虚成像系统中形成的图像看起来象是处在无穷远处。

[0011] 从光学的观点出发,可以看出,使用光瞳成像对自动立体设计应该是有利的。为光瞳成像设计的系统必须满足一组相当苛刻的要求,包括下列要求:

[0012] (a) 在左右光瞳上相应形成独立的图像;

[0013] (b) 尽可能提供最自然的观看条件,消除任何对护目镜或专用头戴受话器的需求;

[0014] (c) 给观看者呈现最大可能光瞳径,同时限制左右视图之间的串扰;

[0015] (d) 允许观看者有合理的运动自由度;

[0016] (e) 提供超宽视场;和

[0017] (f) 为逼真成像提供足够的分辨率,同时提供高亮度和对比度。

[0018] 在光学领域中认识到,这些要求中的每一个本身就很难实现。理想的自动立体成像系统必须解决每一个这些要求的难题,一给出更加彻底令人满意且逼真的观看感受。而且,必须要考虑由系统要具有较小占地面积的要求造成的额外实际约束条件和对两眼间间隔的尺寸约束条件,从而使送往各个眼睛的独立图像可以方便地间隔开并且对观看而言正确地分开。注意到两眼间距离的约束条件限制了在给定超宽视场下通过简单缩放投影透镜来实现较大的光瞳径的能力是有益的。

[0019] 显然,由使用光瞳成像的自动立体显示系统提供的观看感受的价值和逼真质量是通过呈现具有宽视场和大出射光瞳的立体 3-D 图像来得到提高的。对于完全令人满意的 3-D 观看,这样的系统应当为左右眼提供独立的、高分辨率的图像。为了创造视场深度和宽度的逼真错觉,应当为观看者呈现需要观看者聚焦在某一距离处的虚像。

[0020] 众所周知,与聚散度和眼调节相关的深度暗示(depth cues)之间的矛盾可能对观看感受造成不利的影响。聚散度指的是这样一个角度:观看者的双眼必须以这个角度交叉,才能将视场内物体的独立图像融合在一起。聚散度逐渐减小,然后消失,就象所观看到的物体变得越来越远。眼调节指的是观看者的眼晶体改变形状来保持对关注物体的视网膜聚焦的要求。我们知道,当观看者持续一段时间受到对聚散度和眼调节配合不当的深度暗示时,观看者的深度感会有暂时降低。我们还知道,当眼调节暗示(accommodation cues)对应于远距离图像位置时,这种对深度感的负面影响可以得到缓解。

[0021] 在使用任何类型的提供宽视场的光学投影的情况下,对浸没系统还有其它一些基本光学限制必须加以解决。一项重要的限制是由拉格朗日不变量造成的。发射装置的尺寸与数值孔径的乘积——拉格朗日不变量决定输出亮度并且是使一个光学系统的输出与另一个光学系统的输入相匹配的一项重要考虑内容。任何成像系统都遵循拉格朗日不变量,据此,光瞳尺寸和半场角度的乘积与图像尺寸和数值孔径的乘积成比例。当使用在相对较小的数值孔径的范围内进行工作的相对较小的空间光调制器或者类似的像素矩阵作为图像生成器的时候,应用于整个光学系统的不变量——拉格朗日不变量可能是一项限制条件,因为与装置相关联的拉格朗日数值较小。在实践中,图像源的尺寸越大,就越容易形成具有宽视场和大光瞳的图像。

[0022] 顺应于对给出宽视场的更加逼真的自动立体显示解决方案的需求,共同转让的美国专利第 6416181(Kessler 等人)(以引用的方式并入本文并且将其称为'181 专利)

公开了一种使用光瞳成像来将经过准直的左右虚像显示给观看者的自动立体成像系统。在' 181 的公开内容中,采用弯曲反射镜与成像源、弯曲漫射面、球形透镜组件和分束器相组合,来对左右观察光瞳提供虚像。总地来说,' 181 公开的单心光学设备给出了具有大观看光瞳径、非常宽的视场和极小像差的自动立体成像。

[0023] 虽然' 181 公开的自动立体系统给出了高性能的浸没显示器,但是仍有对实施方式改进的余地。例如,虽然' 181 的系统给出了很大的观察光瞳,但是获得光瞳大小的更进一步增加会有优势。

[0024] 在小的空间光调制器装置上产生它的源图像,' 181 的系统通过在弯曲漫射面上形成用于投影的中间弯曲图像而克服了固有的拉格朗日不变量的条件。与' 181 的设备一起使用散射器是必需的,因为成像装置(典型地是反射型硅载液晶(LCOS)或其它空间光调制器)是相对较小的图像源装置,测量结果典型地不超过1平方英寸。不过同时,利用漫射面显著降低了总体亮度、对图像引入了某种程度的颗粒性并且限制了可达到的对比度。

[0025] 随后共同转让的申请解决了对更加小型的为光瞳成像提供虚像的自动立体设备和对实现改进亮度水平的需求。例如,前面提到的美国专利申请序列号第10/662208号公开了得到改进的用于形成弯曲的左右中间图像的设备和方法,该设备和方法使用了消除使用漫射面的必要性和允许使用能够提供额外亮度的较大图像源的手段。

[0026] 虽然对真正的自动立体成像有能力提供的得到增强的显示质量相当感兴趣,但是对适于桌面应用的小型自动立体显示器的广泛商业化仍然存在多种障碍。在减小成本和大小以及增加亮度、提供更加自然的观看条件和提高总体图像质量的改进方面,应该是有特别的价值的。

[0027] 因此,可以看出,对在大小和成本得到减小的前提下提供亮度得到改善、观察光瞳尺寸得到提高、图像像差得到减小和分辨率较高的经过改进的自动立体成像设备是有需求的。

[0028] 发明内容

[0029] 本发明的目的是提供一种在尺寸和成本得到降低前提下改善了观察光瞳尺寸、亮度和分辨率、同时减小了光学象差的自动立体显示装置。鉴于这一目的,本发明给出了一种用于观看立体图像的自动立体光学设备,该立体图像包括由观看者在左观察光瞳处观看的左图像和由观看者在右观察光瞳处观看的右图像,该设备包括:

[0030] (a) 左图像生成系统,用于在弯曲反射镜的焦面附近形成左弯曲中间图像,该左图像生成系统包括:

[0031] (i) 包括发射或透射显示器的左图像源,用于形成左源图像;

[0032] (ii) 左光学系统,包括至少一个用于会聚来自左图像源的光的透镜和用于对经过会聚的光进行引导以形成左弯曲中间图像的左图像折转(folding)表面,其中左光学系统形成中心在光学上处于左弯曲中间图像的曲率中心附近的出射光瞳;

[0033] (b) 右图像生成系统,用于在弯曲反射镜的焦面附近形成右弯曲中间图像,该右图像生成系统包括:

[0034] (i) 包括发射或透射显示器的右图像源,用于形成右源图像;

[0035] (ii) 右光学系统,包括至少一个用于会聚来自右图像源的光的透镜和用于对经过会聚的光进行引导以形成右弯曲中间图像的右图像折转表面,其中右光学系统形成中心在

光学上处于右弯曲中间图像的曲率中心附近的出射光瞳；

[0036] (c) 在光学上基本上位于左光学系统的出射光瞳与右光学系统的出射光瞳之间的中间位置上的弯曲反射镜的曲率中心；

[0037] (d) 设置在弯曲反射镜的镜面与曲率中心之间的分束器，弯曲反射镜和分束器协同工作，以在左观察光瞳处形成；

[0038] (i) 左光学系统的出射光瞳的实像；和

[0039] (ii) 看起来处于弯曲反射镜后面的左弯曲中间图像的图像；

[0040] 弯曲反射镜和分束器进一步协同工作，以在右观察光瞳处形成；

[0041] (i) 右光学系统的出射光瞳的实像；和

[0042] (ii) 看起来处于弯曲反射镜后面的右弯曲中间图像的图像。

[0043] 从另一个方面，本发明给出了一种用于观看立体虚图像的自动立体光学设备，该立体图像包括由观看者在左观察光瞳处观看的左图像和由观看者在右观察光瞳处观看的右图像，该设备包括：

[0044] (a) 左图像生成系统和右图像生成系统，各个图像生成系统包括：

[0045] (i) 图像源，用于形成源图像；

[0046] (ii) 光学系统，包括至少一个用于会聚来自图像源的光的透镜和用于对经过会聚的光进行引导以形成弯曲中间图像的图像折转表面，其中光学系统形成中心在光学上处于弯曲中间图像的曲率中心附近的出射光瞳；

[0047] (b) 分束器，设置成用来在左弯曲反射镜的焦面附近形成左图像生成系统的弯曲中间图像和在右弯曲反射镜的焦面附近形成右图像生成系统的弯曲中间图像；

[0048] 其中，左弯曲反射镜具有与用于左图像生成系统的左光学系统的出射光瞳基本一致的曲率中心；

[0049] 其中，右弯曲反射镜具有与用于右图像生成系统的右光学系统的出射光瞳基本一致的曲率中心；

[0050] 其中，分束器与左弯曲反射镜协同工作，以在左观察光瞳处形成用于左图像生成系统的左光学系统的出射光瞳的实像和看起来处于左弯曲反射镜后面的由左图像生成系统形成的弯曲中间图像的图像；和

[0051] 其中，分束器与右弯曲反射镜协同工作，以在右观察光瞳处形成用于右图像生成系统的光学系统的光瞳的实像和看起来处于右弯曲反射镜后面的由右图像生成系统形成的弯曲中间图像的图像。

[0052] 本发明的特征是，它给出了一种不需要弯曲漫射面就可形成中间图像的自动立体成像显示设备。这使得图像亮度能够得到最佳化并且能够实现优于其它设计方案的得到改善的对比度。

[0053] 本发明的一个优点是，不需要分束器就可以形成弯曲中间图像。这提高了显示亮度并且消除了可能由这样的分束器引入的象差。

[0054] 本发明的一个优点是，能够实现比以前的解决方案大的成像显示器的使用，放松了拉格朗日不变量对可得到的亮度的约束。

[0055] 本发明的另一个优点是，它给出了较大的观察光瞳。

[0056] 本发明的另一个优点是，它给出了提供虚像的小型自动立体显示系统。本发明的

设备通过在最佳位置上折转图像路径克服了对用于左和右眼图像的投影设备的放置位置和大小约束。这样,可以使用具有相对较大透镜的常规投影系统来形成立体图像。

[0057] 本发明的再另一个优点是,它使用产生弯曲图像的成像光学器件的另一种可选途径给出对高度球面形透镜的选项,比如球形透镜和球形透镜段。

[0058] 当在结合示出且描述了本发明的说明性实施方式的附图的情况下阅读了后面的详细介绍之后,本发明的这些和其它的目的、特征和优点对本领域技术人员来说将会变得显而易见。

附图说明

[0059] 虽然说明书由具体指出和明确要求保护本发明的主题的权利要求书给出结论,但是我们相信,从下面结合附图的说明中,本发明将会得到更好的理解,其中:

[0060] 附图 1 表示现有的使用光瞳成像来提供虚像的自动立体显示系统;

[0061] 附图 2 表示附图 1 的现有系统的图像生成系统的组成部分的详细视图;

[0062] 附图 3 是表示按照本发明的图像生成系统的基本组成部分和光学特性的侧视图;

[0063] 附图 4 是使用本发明的图像生成系统的自动立体成像系统的基本组成部分的立体图;

[0064] 附图 5 是表示左和右图像生成系统的侧视图;

[0065] 附图 6 是表示左和右图像生成系统的顶视图;

[0066] 附图 7 是表示左和右图像生成系统的立体图;和

[0067] 附图 8 是表示按照本发明的单反射镜实施方式中的图像生成系统的基本组成部分和光学特性的立体图。

具体实施方式

[0068] 本说明书具体针对的是形成按照本发明的设备的一部分的单元或者比较直接地与按照本发明的设备协同工作的单元。应当理解,没有具体示出或介绍的单元可以采取本领域技术人员熟知的各种各样的形式。

[0069] 对本申请而言,弯曲图像对于最佳焦点处于基本上为球面的形状的图像。当弯曲图像本身就是球形弯曲的时候,光路是最简单的。通过形成和使用弯曲的中间图像,例如,非平坦、平面图像的图像,本发明的光学系统利用了对使用虚像的光瞳成像有利的对称排列布局 and 关系,在本节中将对进行介绍。

[0070] 类似地,出于在阅读了本详细说明之后将会变得显而易见的原因,本申请中介绍的弯曲反射镜最好是具有单一曲率中心的球面。

[0071] 在美国专利第 6416181 号中介绍的和附图 1 中所示的现有自动立体投影设备 10 中,采用了弯曲反射镜 24 与分束器 16 相结合,来为观看者 12 提供左右观察光瞳 14l 和 14r 上的自动立体虚像。对于各个观察光瞳 14l 和 14r,所形成的虚像看起来象是位于弯曲反射镜 24 后面。对于左右观察光瞳 14l 和 14r 二者,对应的图像生成系统 70l 和 70r 提供初始中间弯曲图像,然后经过对应的左或右球形透镜组件 30l、30r 对该初始中间弯曲图像进行投影,以便在弯曲反射镜 24 的焦面附近形成中间弯曲图像 80。如附图 1 所示,由于使用弯

曲反射镜 24 成像的特性,左和右光路在分束器 16 与弯曲反射镜 24 之间相交。分束器 16 设置在镜像面与弯曲反射镜 24 的中心之间。很重要的一点是,要注意,因为左和右中间弯曲图像 80 具有不完全一致的曲率中心,所以实际的中间弯曲图像 80 不能精确地落在彼此之上,也不能完全地落在弯曲反射镜 24 的焦面上。

[0072] 参照附图 2,示出了从前面背景技术部分中提到的' 181 公开的更加详细的现有技术说明书中摘录的图像生成系统 70 的一部分,该部分与球形透镜组件 30 协同工作,提供用于在立体投影系统 82 中对一个观察光瞳 14 进行投影的中间弯曲图像 80。这里,图像生成器 74 给出来自平坦表面的源图像,比如来自反射型 LCOS 空间光调制器的源图像。中继透镜 54 将来自图像生成器 74 的光引导到漫射单元 32 上,从而在漫射面 40 上形成弯曲中间图像 76。然后与分束器 16 协同工作的球形透镜组件 30 向弯曲反射镜 24 的前焦面 22 投影弯曲中间图像 76,以形成中间弯曲图像 80。然后弯曲反射镜 24 为观察光瞳 14 提供中间弯曲图像 80 的虚像。

[0073] 形成弯曲中间图像

[0074] 虽然附图 1 和 2 中所示的图像生成系统 70、球形透镜组件 30 和分束器 16 提供了具有适当曲率并且处于最佳出射光瞳位置上的中间弯曲图像 80 来形成看起来在弯曲反射镜 24 后面的虚像,但是还有其它的方法来形成中间弯曲图像 80。本发明的关键点是用于形成弯曲中间图像 80 的另一种可供选用的设备和方法,这种设备和方法不需要任何额外的分束器,这些分束器会引入轻微的成像像差并且降低亮度,并且这种设备和方法对球形透镜光学器件没有要求,比如附图 1 和 2 的现有方案所使用的那种球形透镜。而且,本发明的设备允许自动立体虚成像系统利用比较常规的投影光学器件。

[0075] 参照附图 3,以横截面侧视图的形式示出了本发明的一种实施方式中的图像生成系统 170。参照附图 1 中所示的自动立体投影设备 10,可以用一个附图 3 的图像生成系统 170 替换各个左和右图像生成系统 70l 和 70r 以及它们对应的左和右球形透镜组件 30l 和 30r。附图 8 中示出这种可供选用的方案。就是说,图像生成系统 170 与分束器 16 协同工作来形成中间弯曲图像 80。

[0076] 在附图 3 的图像生成系统 170 中,图像源 100 向光学组件 110 提供经过调制的光。光学组件 110 具有入射光学器件 102,典型地是附图 3 中所示的组合透镜,入射光学器件 102 与转向棱镜 104 光耦合,该转向棱镜 104 具有反射面 108,该反射面 108 将来自入射光学器件 102 的光重定向,以形成中间图像 80。转向棱镜 104 具有输出透镜 106,该输出透镜 106 典型地是如图所示的平凸透镜。这里,反射面 108 是用于反射从入射光学器件 102 入射的光的转向棱镜 104 的涂层表面。很重要的一点是,观察到棱镜的镜像面处于图像生成系统 170 的孔径光阑 A 上。在本实施方式中,图像生成系统 170 的出射光瞳 P 的位置取决于输出透镜 106 的焦距并且取决于棱镜 104 的厚度和材料。出射光瞳 P 可以与孔径光阑 A 一致,处于反射面 108 上。(例如用附图 1 的现有技术实施方式中的球形透镜组件 30,出射光瞳 P 与孔径光阑 A 一致适用。)在附图 4-8 的方案的情况下,例如,光瞳 P 位于孔径光阑 A 的大约 12mm 之内。

[0077] 理想地,中间弯曲图像 80 的曲率中心 C_i 位于出射光瞳 P 上,如附图 3 中所示。在这种方案的情况下,可以将图像生成系统 170 的光学器件制作得高度小型化,因为孔径光阑 A 具有相对较小的面积。后面将会介绍到,成像路径在孔径光阑 A 处折转会提供小型化

的构形,这对光瞳成像尤其有益。

[0078] 使用转向棱镜 104 还为光学组件 110 提供了缩短孔径光阑的位置周围的光路长度的优点,尤其是在使用高指数玻璃或其它高指数材料的情况下。对转向棱镜 104、入射光学器件 102 和输出透镜 106 使用的材料不必相同,并且不必相互物理接触。

[0079] 系统实施方式

[0080] 为了更好地理解本发明的工作过程和优点,考虑光学组件 110 是如何在自动立体系统中使用是有用的。参照附图 8 的单反射镜实施方式,弯曲反射镜 24 是与左出射光瞳 P_l 和右出射光瞳 P_r 稍稍偏心的。这种偏心状态在左虚像中造成梯形失真并且在右虚像中造成相反梯形失真。这一失真可以通过使用数字成像领域中公知的图像数据操控技术,对提供给左图像源和右图像源 100r 的图像数据进行电子预变形来加以修正。现在参照附图 4,示出了使所形成的虚像中的梯形失真最小的另一种可选实施方式,因为各个出射光瞳处于相对于其自身的弯曲反射镜的轴上。在附图 4 的自动立体显示设备 10 中,按照本发明,左和右光学组件 110l 和 110r 分别构成左和右图像生成系统 170l 和 170r 的一部分。左和右图像源 100l 和 100r 形成用于显示的独立的左和右源图像。在附图 4 的实施方式中,左和右转向反射镜 112l 和 112r 分别将来自图像源 100l 和 100r 的光引导到对应的左和右光学组件 110l 和 110r。然后左和右光学组件 110l 和 110r 与分束器 116 协同作用,在左和右弯曲反射镜 24l 和 24r 的焦面上形成中间弯曲图像 80(是参照附图 1 介绍的,并没有在附图 4 中示出)。然后左和右弯曲反射镜 24l 和 24r 再次通过分束器 16 给出可以在左和右观察光瞳 14l 和 14r 处观看到的虚像。对于观看者,在左和右观察光瞳 14l 和 14r 处,由这种结构形成的左和由虚像看起来分别处于左和右弯曲反射镜 24l 和 24r 的后面。

[0081] 左和右观察光瞳可以处在 20mm 到 50mm 的范围之内。当使用附图 4 的组合结构时,还有副左和右观察光瞳 14l' 和 14r'。在实践中,实际上使用的观察光瞳 14l 和 14r 位于副左和右观察光瞳 14l' 和 14r' 之间,如附图 4 中所示。

[0082] 针对附图 4 的结构,必然会观察到,左和右转向反射镜 112l 和 112r 是可根据需要选用的,取决于左和右图像源 100l 和 100r 的相对位置。在这种结构中,呈现给观看者的图像取向将会与出现在图像源 100l 和 100r 上的图像取向一致。在没有转向反射镜 112l 和 112r 的情况下,必须在图像源 100l 和 100r 上产生场景的镜像图像。附图 8 的单反射镜结构或者附图 4 的双反射镜结构都可以与本发明的左和右图像生成系统 170l 和 170r 一起使用。

[0083] 空间关系的重要性

[0084] 在使用本发明的左和右图像生成系统 170l 和 170r 的时候,对于获得最佳成像条件而言,有数种空间关系具有特殊的重要性。如前文中参照附图 3 指出的,中间弯曲图像 80 的曲率中心 C_i 与光瞳 P 相一致是比较有利的。其它的关键空间关系取决于左和右光学组件 110l 和 110r 相对于彼此的定位。这一定位将参照附图 5、6 和 7 中分别示出的左和右光学组件 110l 和 110r 的侧视图、顶视图和立体图来加以最佳介绍。

[0085] 在附图 5 的侧视图中,中间弯曲图像 80 的曲率中心 C_i 与光瞳 P 一致,该光瞳 P 处于左和右反射面 108l 和 108r 上的孔径光阑 A 与透镜 106l 和 106r 之间。附图 6 表示从顶部观看的左和右曲率中心 C_{il} 和 C_{ir} 以及它们一致的光瞳 P_l 和 P_r 的位置。对于附图 8 的单弯曲反射镜 24 的实施方式,弯曲反射镜 24 的曲率中心 C_i 理想地处于左和右光瞳 P_l 和 P_r

中间。对于附图 4 的双弯曲反射镜 24l、24r 的实施方式,各个曲率中心 C_{1l} 和 C_{1r} 理想地与对应的弯曲反射镜 24l、24r 的曲率中心一致。

[0086] 另一种关键空间关系牵涉到观看者 12 的两眼间距离(附图 1)。如附图 6 和 7 中所示,左和右光学组件 110l 和 110r 的结构使得它们能够在自动立体显示设备 10 内靠近地定位在一起,分开距离 D。对于 1 : 1 成像,可以将距离 D 设置为近似接近于观看者 12 的两眼间距离,这个距离典型地处于 5-8cm 的范围之内。自适应的结构甚至应该能够实现间隔距离 D 的动态调节,以适合于不同的观看者 12。(左入射光学器件是 102l 和右入射光学器件是 102r。左和右转向棱镜分别是 104l 和 104r。)

[0087] 必须强调的是,附图 4-8 中所示的结构是通过在孔径光阑 A 处折转成像路径来实现小型化的。在这一点处,成像光束宽度最小。在光路在这一点处折转的情况下,用于形成左和右源图像的设备可以是任何适当的投影装置并且可以具有直径处于 65-200mm 范围内的输出透镜。

[0088] 总地来说,在与本发明的左和右图像生成系统 170l 和 170r 一起使用单弯曲反射镜 24 的情况下,处于左和右光瞳 P_l 和 P_r 或者左和右图像的曲率中心 C_{1l} 和 C_{1r} 之间的中央处的中心点对应于弯曲反射镜 24 的曲率中心。在使用成对的左和右弯曲反射镜 24l 和 24r 的情况下,左和右曲率中心 C_{1l} 和 C_{1r} 各自对应于相应的左或右弯曲反射镜 24l 或 24r 的适当曲率中心。所形成的弯曲中间图像具有与左和右光瞳 P_l 和 P_r 一致的曲率中心。

[0089] 在获得了前面介绍的空间关系的时候,可以获得最佳成像性能。不过,在实践中,一定的公差是可以接受的。例如,参照附图 1、3 和 4,中间弯曲图像 80 在曲率上不必是精确的球面形就可以提供可接受的图像质量。类似地,弯曲反射镜 24 和 24l、24r 可以在一定程度上不同于球面曲率,仍然能够提供足够的成像性能。不过,过度偏离球面曲率将会造成成像不能令人满意并且甚至会阻碍应该可以在观察光瞳 14l 和 14r 处看到的虚像的信息。

[0090] 图像源的类型

[0091] 使用附图 3 和 4 的总体结构,图像源 100 可以是多种发射调制光的图像源中的任何一种,比如例如投影仪、显示 LCD、CRT、LED 矩阵或 OLED 或 PLED 装置。就本结构而言,图像源 100 的两种特征尤为重要:

[0092] (i) 图像源 100 上形成的图像基本上是平的。这个图像可以有一定程度的轻微弯曲,比如图像可能是由 CRT 提供的;不过,附图 3 和 4 的结构在图像源 100 平坦的时候效果良好并且表明如何使用本发明的方法形成具有曲率的中间弯曲图像 80。由于大多数图像显示装置形成的是平坦图像,因此没有必要对由这种结构使用的现成显示组成部分进行改造。

[0093] (ii) 图像源 100 的直径可以为数英寸,并且直径可以大于一英尺。在优选实施方式中,图像源 100 是大 LCD 显示器,比如例如 17 英寸显示器。这与其它用于形成弯曲中间图像的设备不同,比如参照附图 2 介绍的那种设备,这种设备使用的是微显示器,比如硅载液晶(LCOS)或 DMD 组件。为图像源 100 使用较大的显示装置对增大图像分辨率和亮度都特别有益。

[0094] 如前面在背景技术部分参照拉格朗日不变量所做介绍,光学系统中的亮度是发射面积与光射入的立体角的乘积。通过使得图像源 100 能够具有较大的发射面积,本发明的方法能够实现相当大的亮度等级,同时,使得光入射角相对较小。较小的光入射角对于最大

化图像对比度和最小化色移和其它相关图像象差是有利的。

[0095] 如附图 4 所示,为左和右眼分别使用了独立的图像源 100l 和 100r。理想地,用于左图像生成系统 170l 的图像源 100l 和用于右图像生成系统 107r 的图像源 100r 对于图像大小和颜色而言是良好匹配的。不过,如果将 CRT 显示用作图像源 100,可能会暴露出缺点。CRT 之间的色差可能降低立体成像性能。此外,显示器老化可能会造成 CRT 图像面积在尺寸上发生变化,显著造成左 / 右像素失配。与 CRT 显示器不同,LCD 显示器通过像素位置稳定、对齐容易和安装简单给出了得到改善的尺寸稳定性。

[0096] 可以看出,使用按照本发明的图像生成系统 170 给出了前面提到的美国专利第 6416181 号中公开的球形透镜段的另外一种可选方案,消除了使用用来支持球面球形透镜的校正光学器件的必要性。图像生成系统 170 并不需要辅助的分束器或者其它高度专用化的光学器件来形成左和右弯曲中间图像。可以用范围很广的图像源 100,放宽了前面给出的背景技术部分中提到的由拉格朗日不变量造成的约束条件。可以为了使两眼间间隔最优,在方便的点上对图像路径进行折转。这样,图像生成系统 170 提供了自动立体系统中成像光学器件的小型化解决方案,实现了尺寸和成本的降低。

[0097] 图像源 100,在一种实施方式中是透射型 LCD 装置,可以是多种类型的图像源中的任何一种,包括胶片投影仪、CRT、LCD 和数字成像装置。图像源 100 可以是发射阵列,比如有机发光二极管 (OLED) 阵列。为了利用单心成像的优势,在大多数实施方式中弯曲反射镜 24 或弯曲反射镜对 24l/24r 基本上是球面形的;不过,在对支持光学器件做出相应改变的前提下,也可以使用形状上稍有改变的反射镜。弯曲反射镜 24 或 24l、24r 可以是使用多种不同材料制成的高反射性表面。

[0098] 因此,所给出的是用于亮度、光瞳大小和分辨率都得到改善的采用小型化设计的自动立体图像显示器的设备和方法。

[0099] 部件列表

- [0100] 10 自动立体显示设备
- [0101] 12 观看者
- [0102] 14 观察光瞳
- [0103] 14l 左观察光瞳
- [0104] 14l' 左观察光瞳
- [0105] 14r 右观察光瞳
- [0106] 14r' 右观察光瞳
- [0107] 16 分束器
- [0108] 22 前焦面
- [0109] 24 弯曲反射镜
- [0110] 24l 弯曲反射镜,左
- [0111] 24r 弯曲反射镜,右
- [0112] 30 球形透镜组件
- [0113] 30l 球形透镜组件,左
- [0114] 30r 球形透镜组件,右
- [0115] 32 漫射单元

[0116]	40	漫射面
[0117]	54	中继透镜
[0118]	70	图像生成系统
[0119]	701	左图像生成系统
[0120]	70r	右图像生成系统
[0121]	74	图像生成器
[0122]	76	弯曲中间图像
[0123]	80	中间弯曲图像
[0124]	82	立体投影系统
[0125]	100	图像源
[0126]	1001	左图像源
[0127]	100r	右图像源
[0128]	102	入射光学器件
[0129]	1021	左入射光学器件
[0130]	102r	右入射光学器件
[0131]	104	转向棱镜
[0132]	1041	左转向棱镜
[0133]	104r	右转向棱镜
[0134]	106	输出透镜
[0135]	1061	左输出透镜
[0136]	106r	右输出透镜
[0137]	108	反射面
[0138]	1081	左反射面
[0139]	108r	右反射面
[0140]	110	光学组件
[0141]	1101	左光学组件
[0142]	110r	右光学组件
[0143]	1121	左转向反射镜
[0144]	112r	右转向反射镜
[0145]	170	图像生成系统
[0146]	1701	左图像生成系统
[0147]	170r	右图像生成系统

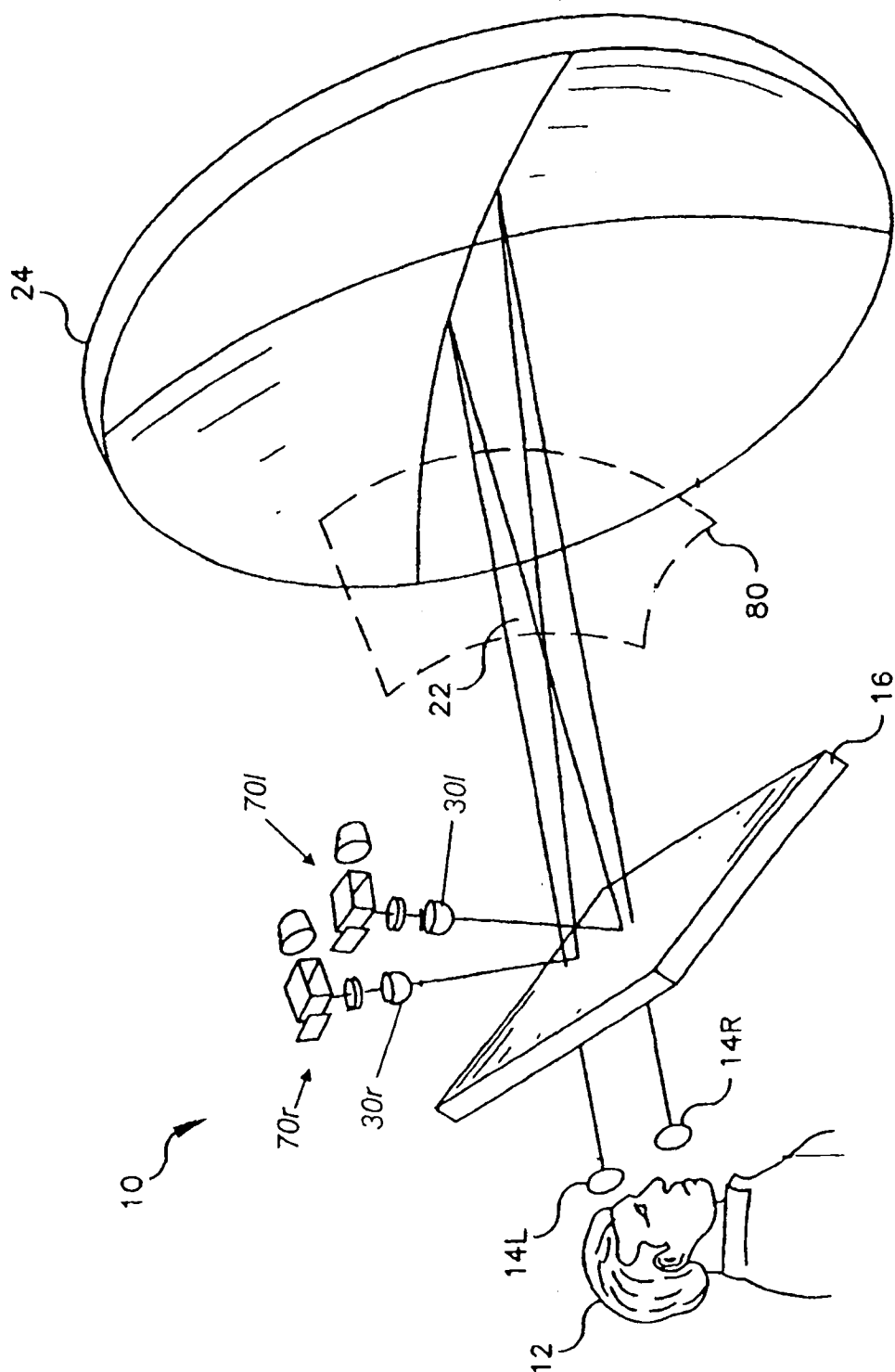


图 1
(现有技术)

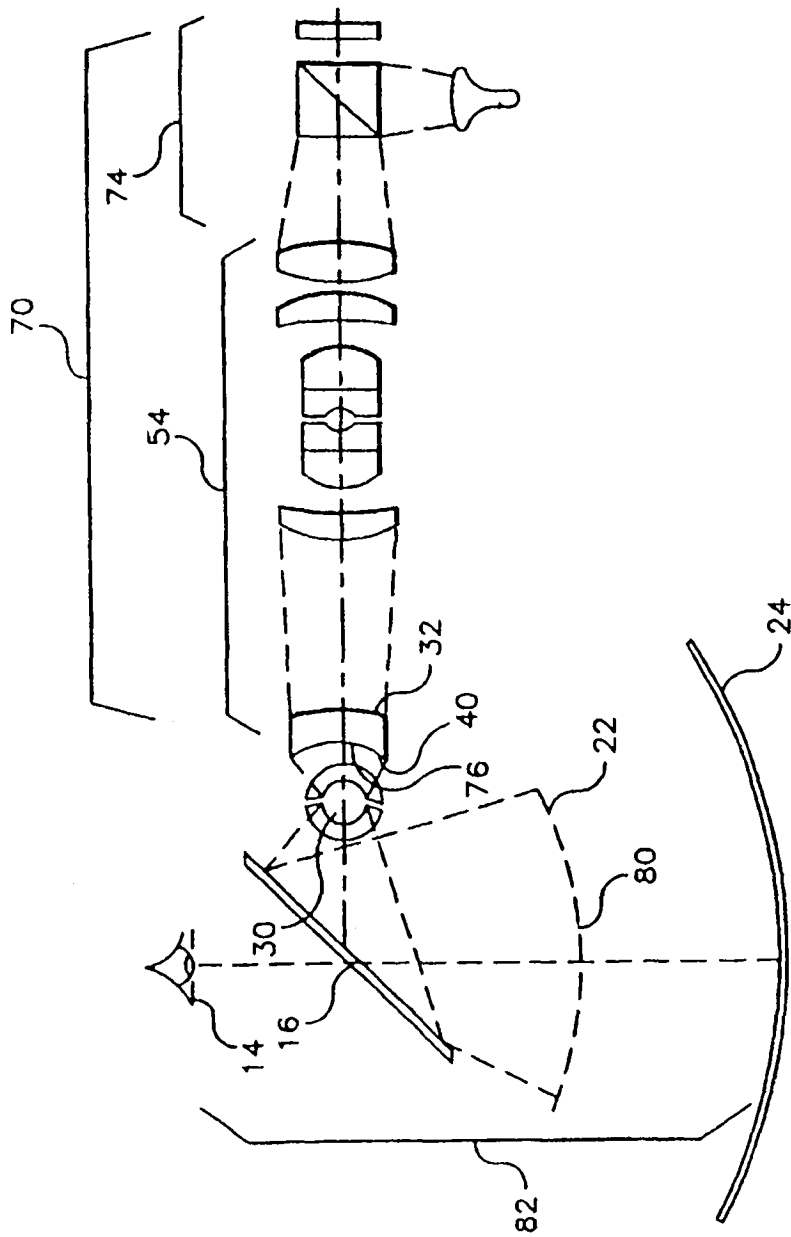


图 2
(现有技术)

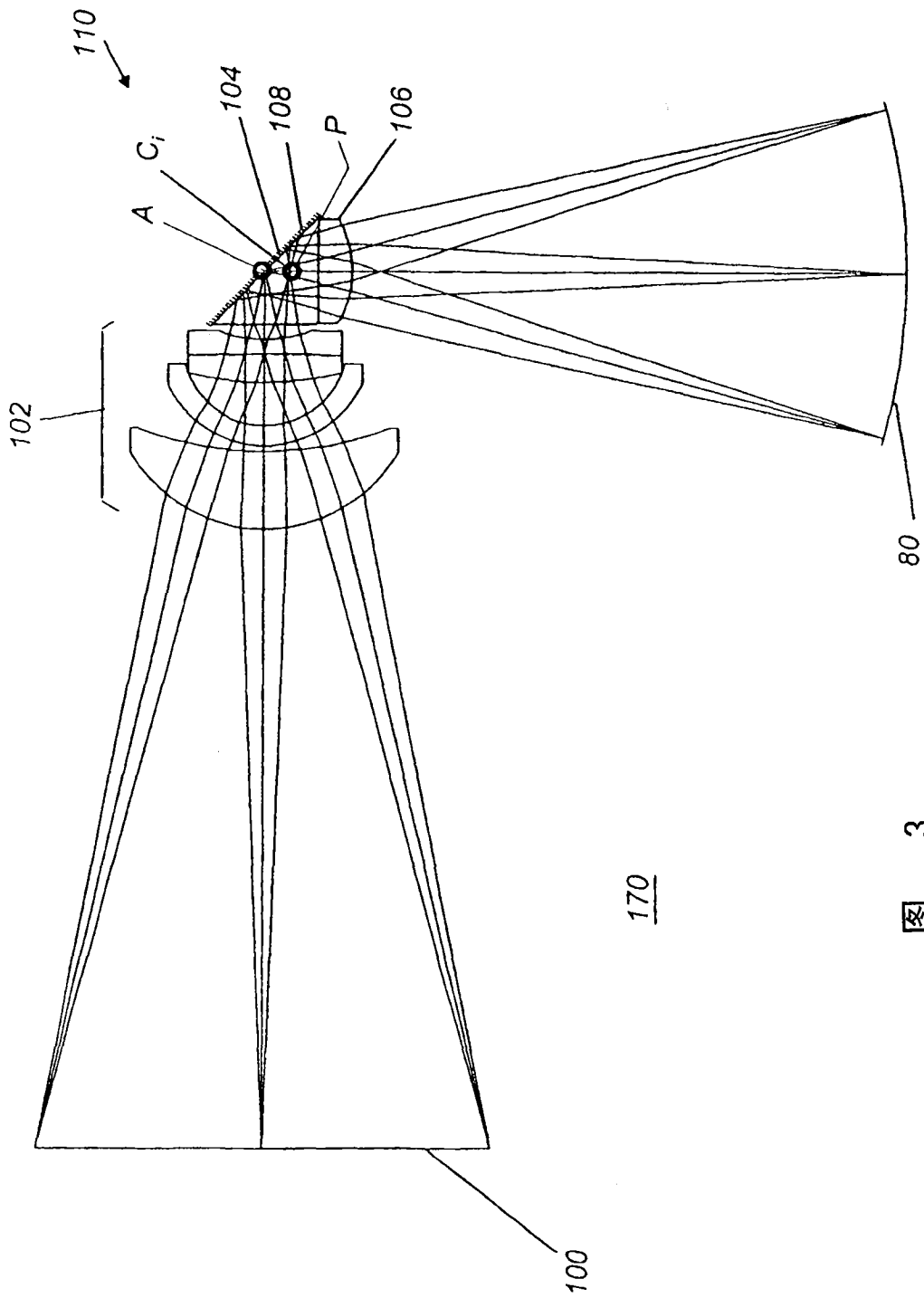


图 3

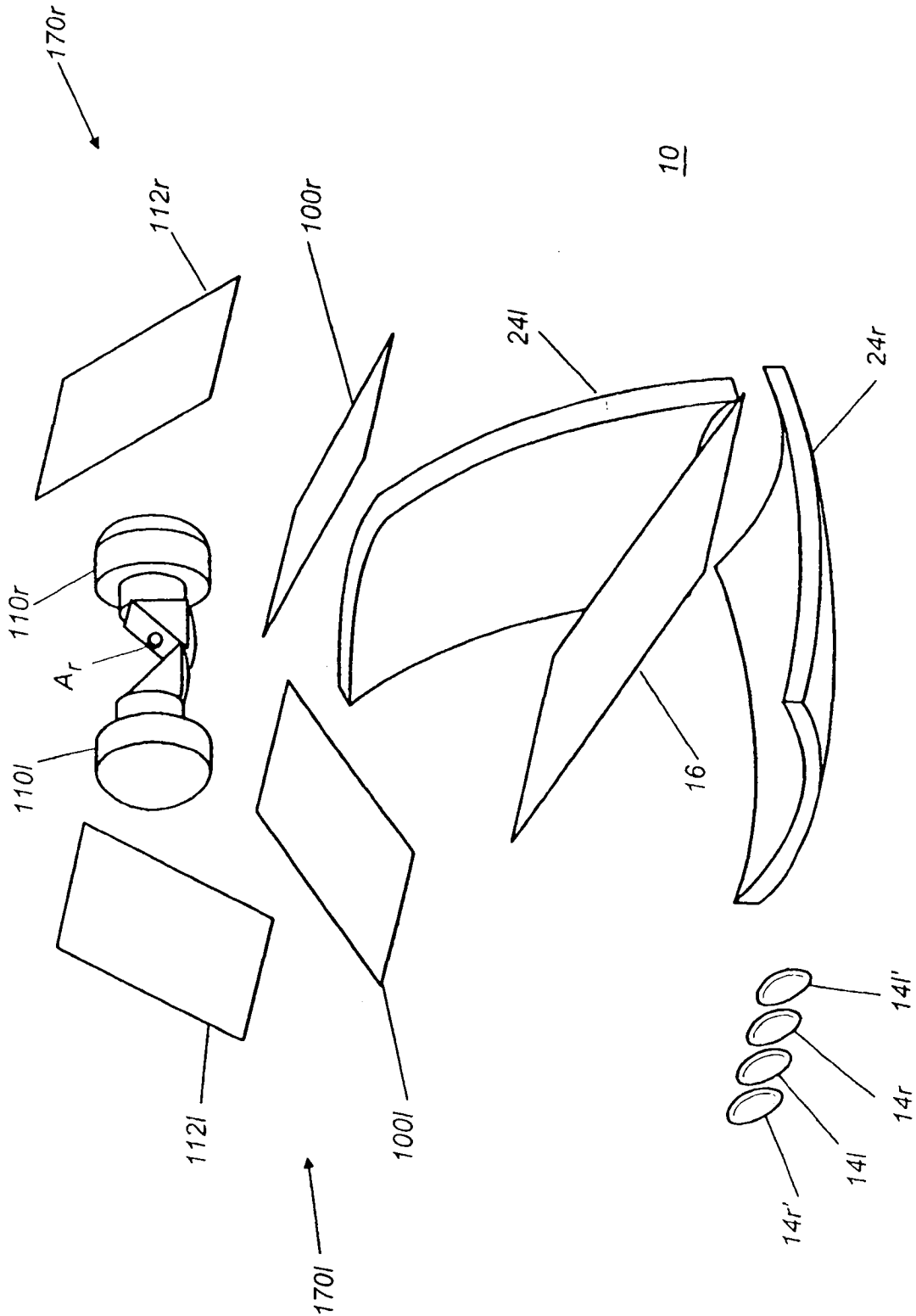


图 4

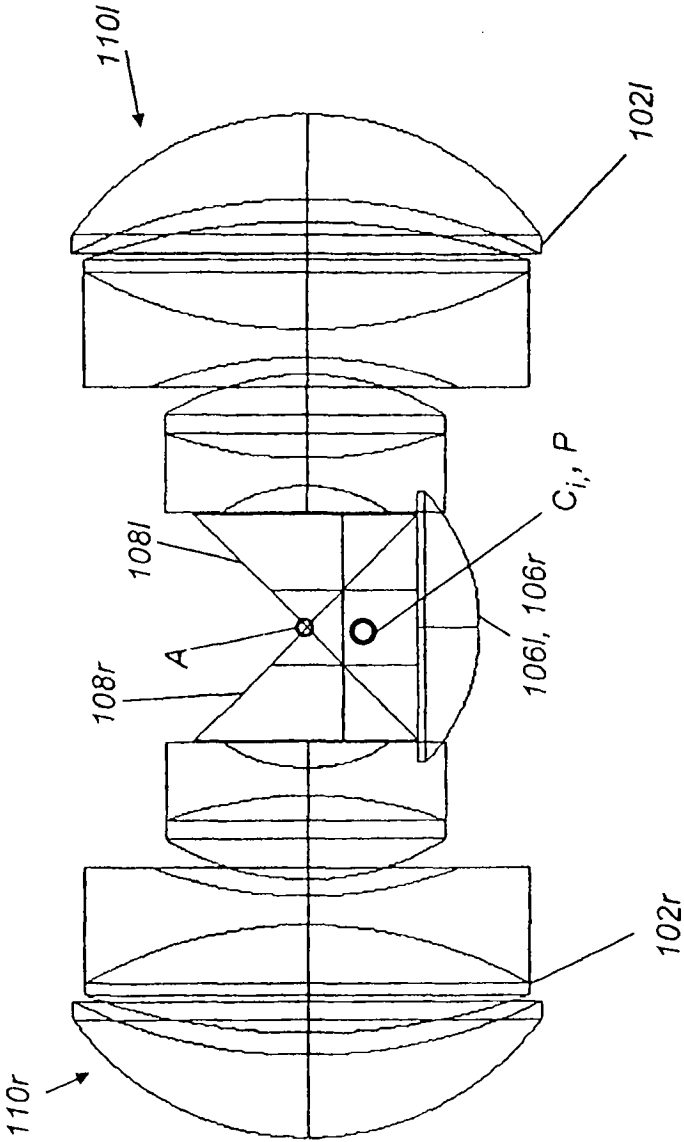


图 5

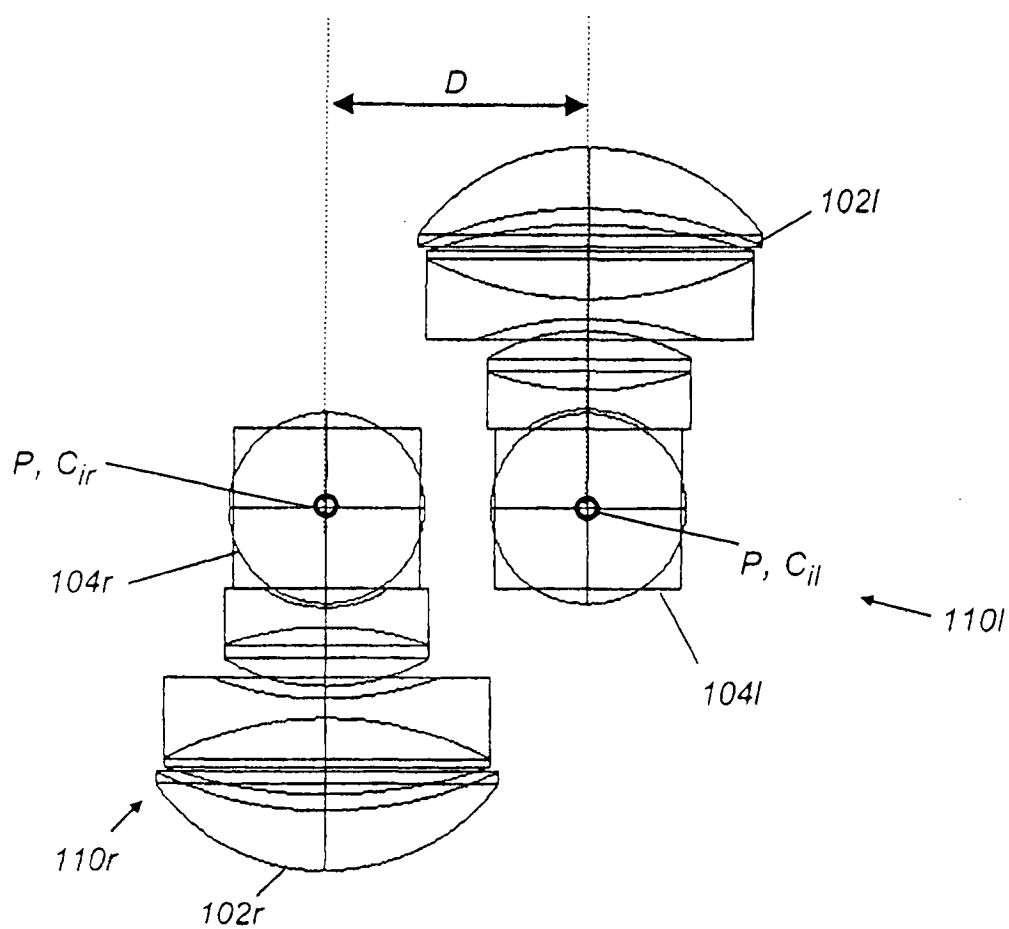


图 6

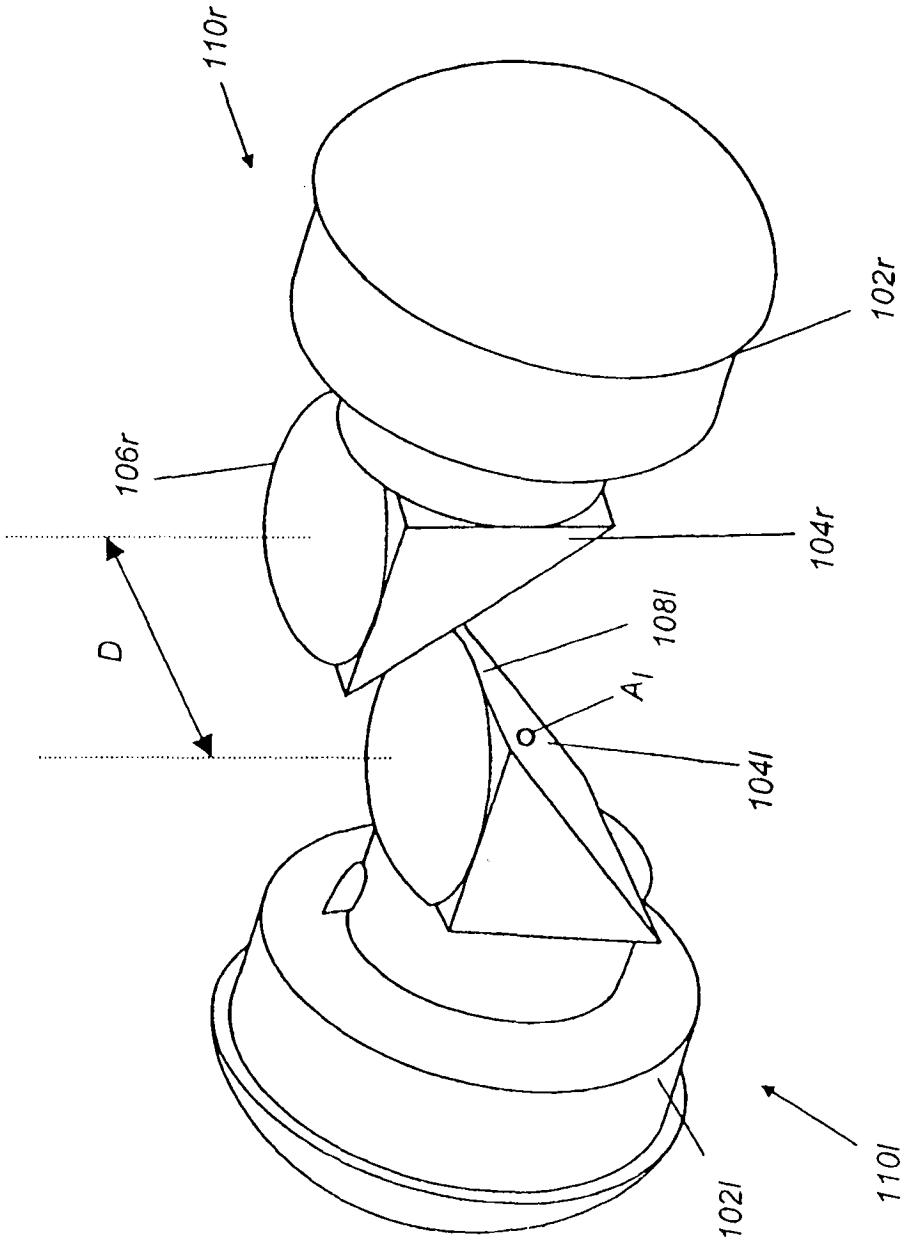


图 7

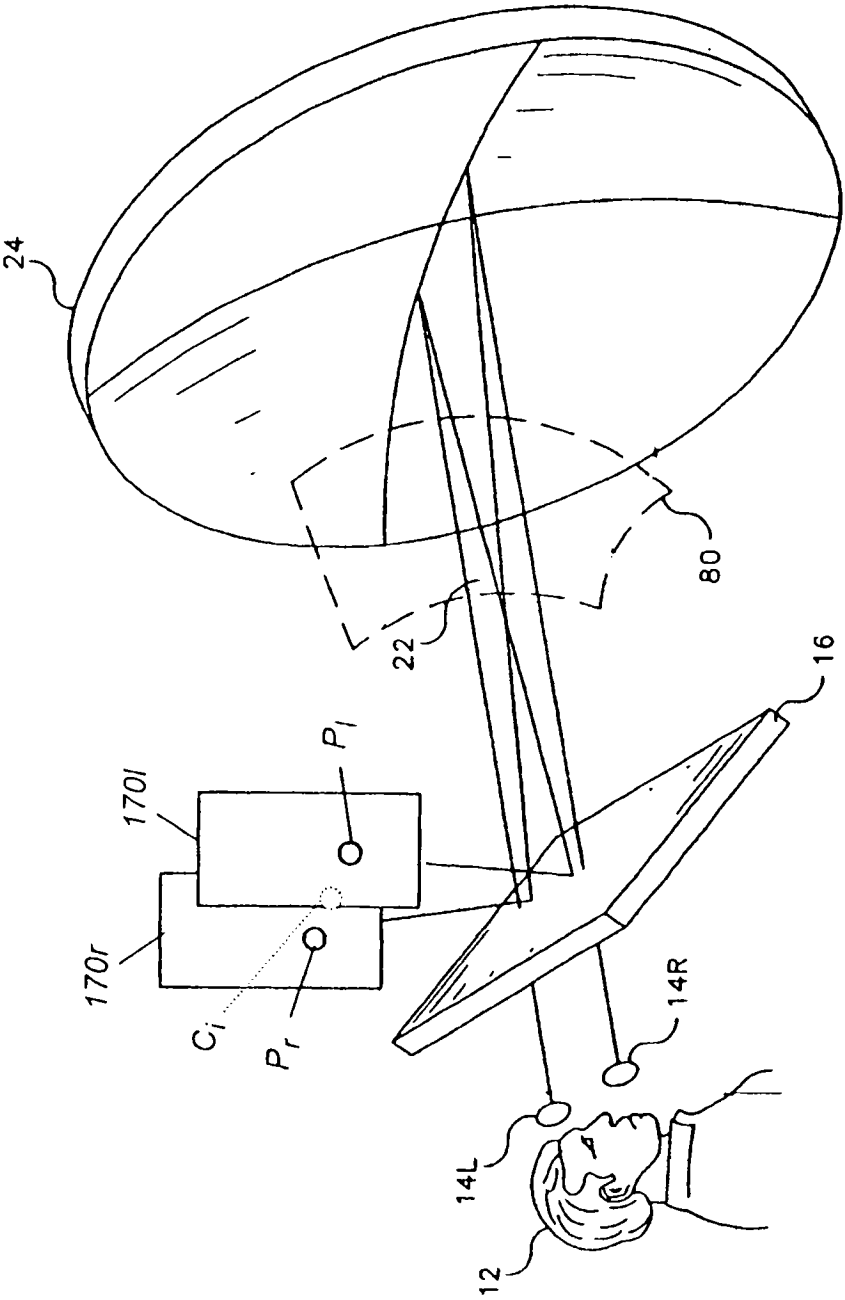


图 8