



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101893760 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 05

(21) 申请号 201010178177. 2

(22) 申请日 2010. 05. 13

(30) 优先权数据

2009-119593 2009. 05. 18 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 东原正和 山崎章市 猪口和隆

齐藤贤一 露木智美

(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 康建忠

(51) Int. Cl.

G02B 27/01 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 3524569 B2, 2004. 02. 20, 全文.

US 2008/0316606 A1, 2008. 12. 25, 附图 6B

及说明书中相关内容.

US 6008778 A, 1999. 12. 28, 全文.

JP 11-326820 A, 1999. 11. 26, 全文.

JP 10-246865 A, 1998. 09. 14, 全文.

US 5751494 A, 1998. 05. 12, 全文.

JP 7-274097 A, 1995. 10. 20, 全文.

审查员 章锦

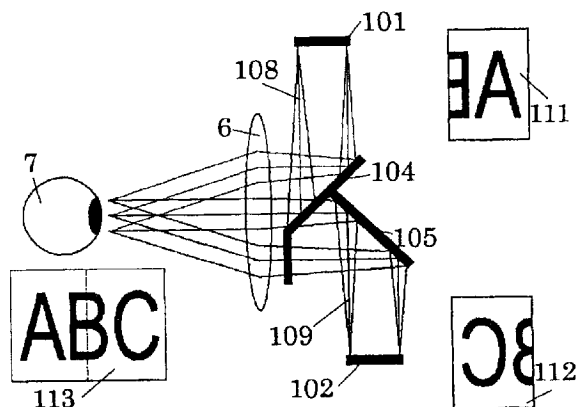
权利要求书 1 页 说明书 23 页 附图 12 页

(54) 发明名称

图像显示装置

(57) 摘要

本发明公开了一种图像显示装置, 该图像显示装置包括: 分别显示第一和第二原始图像 (111、112) 的第一和第二显示元件 (101、102), 和通过来自第一和第二显示元件的第一和第二光束 (108、109) 呈现第一和第二原始图像的放大合成图像 (113) 的光学系统 (104、105、6)。光学系统包含至少一个反射表面 (104、105)。当在其上第一和第二光束的光路通过反射表面上的反射而转向的光学系统的截面被定义为偏心截面时, 第一和第二原始图像在偏心截面中与不同的视角对应。分别包含于第一和第二光束中并被引向放大合成图像中的相同像点的光束分量在出射光瞳面上相互重叠。



1. 一种图像显示装置,包括:

第一显示元件 (101),被配置为显示第一原始图像 (111);

第二显示元件 (102),被配置为显示第二原始图像 (112);和

光学系统 (104, 105, 6),被配置为通过来自第一显示元件 (101) 的第一光束 (108) 和来自第二显示元件 (102) 的第二光束 (109) 向观察者呈现所述第一原始图像和所述第二原始图像的放大合成图像 (113),

其中,所述光学系统包含至少一个反射面 (104, 105),并且,

其中,当在其上所述第一光束和所述第二光束的光路通过所述反射面处的反射而转向的光学系统的截面被定义为偏心截面时,所述第一原始图像和所述第二原始图像在偏心截面中与相互不同的视角对应,

其特征在于,分别被包含于第一光束和第二光束中并被引向放大合成图像 (113) 中的相同像点的光束分量在所述光学系统 (104, 105, 6) 的出射光瞳面上相互重叠,并且

被引向相同像点的光束分量以所述光学系统 (104, 105, 6) 的出射光瞳的 95%或更小且 55%或更大的重叠比在出射光瞳中相互重叠。

2. 根据权利要求 1 的图像显示装置,

其中,所述反射面 (104, 105) 是偏心反射曲面,并且,

其中,所述偏心反射曲面的局部子午截面与所述偏心截面一致。

3. 根据权利要求 1 的图像显示装置,

其中,所述第一原始图像 (111) 和所述第二原始图像 (112) 不包含相同的原始图像部分。

4. 根据权利要求 1 或 2 的图像显示装置,

其中,放大合成图像 (113) 包括第一原始图像 (111) 和第二原始图像 (112) 之间的重叠区域,所述重叠区域具有对应于 10 度的视角的尺寸。

5. 根据权利要求 3 的图像显示装置,

其中,被引向相同像点的光束分量以所述光学系统 (104, 105, 6) 的出射光瞳的 95%或更小且 72%或更大的重叠比在出射光瞳中相互重叠。

图像显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及合成来自多个显示元件的光束以呈现一个放大的合成图像的图像显示装置,特别地,涉及适用于头戴式显示器(HMD)的图像显示装置。

背景技术

[0002] 对于用于诸如 HMD 的图像显示装置的观察光学系统,需要具有宽视角的图像呈现以使得能够实现图像的自然观察并增加逼真的感觉。此外,希望这种被安装在观察者的头上的图像显示装置又小又薄。

[0003] 能够以宽视角呈现图像的这种又小又薄的图像显示装置中的一些使用对于相互不同的视角显示原始图像的多个显示元件,并且通过合成与原始图像对应的多个放大图像形成一个图像,以使得能够观察放大的合成图像。使用多个显示元件使得能够减小多个显示元件中的每一个的光学系统的尺寸和厚度,这实现了能够以宽视角呈现图像的整体又小又薄的图像显示装置。

[0004] 在日本专利特开 No. 07-274097、No. 11-326820、No. 10-246865 和 No. 09-166759 和日本专利 No. 3524569 中公开了这种图像显示装置。

[0005] 在日本专利特开 No. 07-274097、No. 11-326820 和 No. 10-246865 和日本专利 No. 3524569 中公开的图像显示装置使用不能重叠到达相互合成的图像的边界部分的光束的光学系统。因此,当观察者的眼睛转动以在光学系统的出射光瞳和观察者的瞳孔之间(换句话说,在图像显示装置的视轴和观察者的眼睛之间)产生间隙时,来自合成图像的一部分的光束不被引向观察者的瞳孔,由此观察者观察到图像缺失。

[0006] 图 22A 示出在其的光学系统由 V 形反射镜 203 和目镜 204 构成的常规图像显示装置中转动观察者的眼睛 7 的状态。当观察者的眼睛 7 向上转动时,来自显示元件 202 的形成下侧浅视角的光束被引向眼睛(瞳孔)7,但是,来自显示元件 201 的光束不被引向眼睛。因此,只有形成下侧浅视角的光束被引向眼睛(瞳孔)7。

[0007] 为了解决这种问题,如图 22B 所示,日本专利 No. 3524569 公开了沿合成图像的分割方向放大显示元件 205 和 206 中的每一个的显示区域并且向在显示元件 205 和 206 上显示的原始图像提供显示相同的原始图像的重叠区域的方法。这种重叠区域的提供使得在图 22A 所示的图像显示装置中没有被引向眼睛(瞳孔)的光束从显示元件 205 被引向眼睛。

[0008] 但是,为了将来自所有原始图像的光束引向眼睛(瞳孔),必须放大重叠区域。例如,在水平视角为 50 度、垂直视角为 40 度、光学系统的出射光瞳的直径为 12mm、良视距(eye relief)(从出射光瞳到光学系统的距离)为 20mm 并且水平视角通过在日本专利 No. 3524569 中公开的方法被分成多个视角的情况下,为了将来自所有原始图像的光束引向眼睛(瞳孔),必须使得每个显示元件显示与 38.5 度的视角对应的原始图像,该 38.5 度的视角是水平视角(50 度)的一半(25 度)和重叠区域的视角(13.5 度)的和。

[0009] 换句话说,对于 50 度的整个水平视角,重叠区域的视角为 27 度,它是比整个水平视角的一半还要大的视角。这种大的重叠区域使得每个显示元件的图像信息呈现效率低,

这使得难以实现能够以宽视角呈现图像的图像显示装置。

[0010] 而且,在日本专利特开 No. 9-166759 中公开的装置在第一目镜光学系统中使用形成为半透半反镜 (half-mirror) 的凹面镜,以防止由于在日本专利特开 No. 7-274097 和日本专利 No. 3524569 中公开的两个反射镜的接合线(脊线)而在显示的图像的中心附近出现图像变暗或图像缺失的现象。

[0011] 但是,在日本专利特开 No. 9-166759 中公开的装置通过在两个原始图像中提供显示相同的部分图像的重叠区域,以防止当观察者的视轴不与装置的视轴匹配时在放大图像的接合线上出现这种图像缺失。因此,日本专利特开 No. 9-166759 没有提到在两个原始图像中不存在重叠区域的情况。

[0012] 此外,在日本专利特开 No. 9-166759 公开的装置中,来自设置在远离观察者的位置上的棱镜的所有光通过设置在观察者附近的棱镜。因此,设置在观察者附近的棱镜的尺寸增加,由此,整个光学系统的尺寸增加,这不适用于又小又薄的 HMD。

[0013] 具体来说,在日本专利特开 No. 9-166759 中公开的装置中的光学系统的尺寸在以下的两个方向上增加。在水平方向上,从显示元件中的一个射出并然后穿过设置在远离观察者的位置上的棱镜的所有光穿过设置在观察者附近的棱镜。因此,对于来自其它的显示元件的有效光束,设置在观察者附近的棱镜的水平尺寸增加。并且,由于光沿垂直方向以及水平方向被引入,因此设置在远离观察者的位置上的棱镜和设置在观察者附近的棱镜被布置为沿垂直方向几乎完全相互重叠,这使得光学系统的垂直尺寸(厚度)较大。

发明内容

[0014] 本发明提供一种又小又薄图像显示装置,该图像显示装置以宽视角呈现通过合成来自多个显示元件的光束形成的放大合成图像,并且能够抑制由于观察者的眼睛的转动而出现的图像缺失的产生。

[0015] 作为本发明的一个方面,本发明提供一种图像显示装置,该图像显示装置包括:被配置为显示第一原始图像的第一显示元件;被配置为显示第二原始图像的第二显示元件;和被配置为通过来自第一显示元件的第一光束和来自第二显示元件的第二光束向观察者呈现第一原始图像和第二原始图像的放大合成图像的光学系统。光学系统包含至少一个反射面。当光学系统的在其上第一光束和第二光束的光路通过反射面上的反射而转向的截面被定义为偏心截面时,第一原始图像和第二原始图像在偏心截面中与相互不同的视角对应。分别包含于第一光束和第二光束中并被引向放大合成图像中的相同像点的光束分量在光学系统的出射光瞳面上相互重叠。

[0016] 通过以下描述以及附图,本发明的其它方面将变得明显。

附图说明

[0017] 图 1 是示出作为本发明的实施例 1 的 HMD 的概略图。

[0018] 图 2 是示出作为本发明的实施例 2 的 HMD 的概略图。

[0019] 图 3 是用于说明实施例 2 中的出射光瞳面上的光束的重叠的示意图。

[0020] 图 4 是用于说明实施例 2 中的设置孔径光阑的配置的示意图。

[0021] 图 5A 和图 5B 是用于说明实施例 2 中的孔径光阑的形状的示意图。

- [0022] 图 6 是用于说明实施例 2 中的常规问题的解决方案的示意图。
- [0023] 图 7 是示出作为本发明的实施例 3 的 HMD 的概略图。
- [0024] 图 8A 和图 8B 是用于说明实施例 3 中的出射光瞳面上的光束的重叠的示意图。
- [0025] 图 9 是用于说明实施例 3 中的设置孔径光阑、挡板 (stopper) 和遮光元件的配置的示意图。
- [0026] 图 10A ~ 10D 是用于说明实施例 3 中的孔径光阑和挡板的形状的示意图。
- [0027] 图 11 是示出作为本发明的实施例 4 的 HMD 的概略图。
- [0028] 图 12 是用于说明实施例 4 中的出射光瞳面上的光束的重叠的示意图。
- [0029] 图 13 是用于说明实施例 4 中的设置挡板的配置的示意图。
- [0030] 图 14A 和图 14B 是用于说明实施例 4 中的挡板的形状的示意图。
- [0031] 图 15 是示出作为本发明的实施例 5 的 HMD 的概略图。
- [0032] 图 16 是用于说明实施例 5 中的出射光瞳面上的光束的重叠的示意图。
- [0033] 图 17 是示出作为本发明的实施例 6 的 HMD 的概略图。
- [0034] 图 18 是用于说明实施例 6 中的出射光瞳面上的光束的重叠的示意图。
- [0035] 图 19 是示出作为本发明的实施例 7 的 HMD 的概略图。
- [0036] 图 20 是用于说明实施例 7 中的出射光瞳面上的光束的重叠的示意图。
- [0037] 图 21A ~ 21C 是用于说明实施例 7 中的常规问题的解决方案的示意图。
- [0038] 图 22A 和图 22B 是用于说明常规问题的示意图。

具体实施方式

[0039] 以下,参照附图描述本发明的示例性实施例。

[0040] (实施例 1)

[0041] 图 1 示出作为本发明的第一实施例 (实施例 1) 的 HMD (图像显示装置)。本实施例的 HMD 将来自针对沿作为光学系统的偏心截面的方向的水平方向分割成的两个视角设置的两个显示元件的光束引向光学系统的出射光瞳。稍后将描述光学系统的偏心截面。

[0042] 在图 1 中,附图标记 101 表示第一显示元件,附图标记 102 表示第二显示元件。作为第一显示元件 101 和第二显示元件 102,可以使用诸如有机 EL (电致发光) 元件的发光显示元件或由透射型液晶面板和背光单元构成的 LCD。这同样适用于后面描述的其它的实施例。

[0043] 附图标记 104 表示第一光学元件,附图标记 105 表示第二光学元件。在本实施例中,使用半透半反镜作为第一光学元件 104,使用反射镜作为第二光学元件 105。附图标记 6 表示目镜。第一光学元件 104 和第二光学元件 105 和目镜 6 构成光学系统。附图标记 7 表示位于光学系统的出射光瞳的位置或处于其附近的观察者的眼睛。

[0044] “偏心截面”是这样的截面,即在该截面上,来自第一显示元件 101 和第二显示元件 102 的光束 (即,从各显示元件 (原始图像) 101 和 102 的中心射出并然后到达光学系统的出射光瞳的中心的中心视角主光线) 的光路通过第一光学元件 104 和第二光学元件 105 上的反射而转向 (折叠)。图 1 所示的截面与“偏心截面”对应。“偏心截面的方向” (以下,称为“偏心截面方向”) 是包含“偏心截面”的方向或与“偏心截面”平行的方向。

[0045] 虽然本实施例和随后的实施例将关于 HMD 进行描述,但是,本发明的替代性实施

例包含 HMD 以外的其它图像显示装置,每个装置向位于光学系统的出射光瞳的位置上或处于其附近的观察者的眼睛呈现图像。以下,包含光学系统的出射光瞳的平面被称为“出射光瞳面”。

[0046] 从在第一显示元件 101 上显示的图像(第一原始图像)111 射出的光束(第一光束)108 被第一光学元件 104 反射,然后通过目镜 6 作为形成图的上部所示的左侧视角的光束被引向眼睛 7。从在第二显示元件 102 上显示的图像(第二原始图像)112 射出的光束(第二光束)109 被第二光学元件 105 反射,透射通过第一光学元件 104,然后通过目镜 6 作为形成图的下部所示的右侧视角的光束被引向眼睛 7。左侧视角和右侧视角是相互不同的视角。

[0047] 光学系统通过第一光束 108 和第二光束 109 向眼睛 7(即,向观察者)呈现第一原始图像 111 和第二原始图像 112 的放大合成图像 113。

[0048] 在分别从第一显示元件 101 和第二显示元件 102 射出的第一光束 108 和第二光束 109 中,被引向放大合成图像 113 中的相同像点的部分光束(光束分量)(即,形成相同的点的图像的光束)在出射光瞳面上完全相互重叠。

[0049] 在本实施例中,在其中第一光束 108 和第二光束 109 相互重叠的出射光瞳面的区域对应于出射光瞳的 100%区域。换句话说,第一光束 108 和第二光束 109 以 100%的重叠比在出射光瞳上相互重叠。在这种状态下,形成完整视角的光束被引向眼睛 7 的瞳孔。

[0050] 因此,不必为分别在第一显示元件 101 和第二显示元件 102 上显示的第一原始图像 111 和第二原始图像 112 设置显示相同的部分图像(相同的原始图像部分)的重叠区域。换句话说,在被观察的放大合成图像 113 形成为使得第一原始图像 111 和第二原始图像 112 的边缘相互接合的情况下,如图所示不必为第一原始图像 111 和第二原始图像 112 设置重叠区域。

[0051] 不在第一原始图像 111 和第二原始图像 112 中设置重叠区域,即,不在第一原始图像 111 和第二原始图像 112 中显示相同的原始图像部分,使得能够有效利用每个显示元件的显示区域,这增加了每个显示元件的图像信息呈现效率。

[0052] 一般地,显示元件具有这样的结构,即在其中以类似矩阵的方式布置多个像素,并且,即使当在两个显示元件上显示的两个原始图像中没有设置重叠区域时,仍存在从显示元件的像素之间射出以被引向放大合成图像中的相同像点的光束。

[0053] 因此,表述“分别包含于第一光束和第二光束中并被引向放大合成图像中的相同像点的光束分量在光学系统的出射光瞳面上相互重叠”中的“相同像点”在两个原始图像没有重叠区域时包括放大合成图像的像素之间的点。这同样适用于随后的实施例。

[0054] 在本实施例中,第一光学元件 104 由半透半反镜构成,该半透半反镜以与透射通过其中的光的强度相同的强度反射光,以便以大致相同的亮度将来自两个显示元件 101 和 102 的第一光束 108 和第二光束 109 引向眼睛 7。但是,出射光瞳面中的第一光束 108 和第二光束 109 相互重叠的区域具有为其它区域的亮度的两倍的亮度,因此,希望在第一光束 108 和第二光束 109 通过的光路上设置诸如中性密度 (ND) 滤光片的光量减少元件。作为替代方案,可以降低与出射光瞳面上的第一光束 108 和第二光束 109 相互重叠的区域对应的两个原始图像的重叠区域的亮度。这同样适用于随后的实施例。

[0055] 虽然本实施例描述了视角沿水平方向被分割成两个的情况,但是,当视角沿垂直

方向被分割成两个视角时,也可使用与本实施例类似的配置。

[0056] (实施例 2)

[0057] 图 2 表示作为本发明的第二实施例(实施例 2)的 HMD(图像显示装置)。本实施例的 HMD 将来自针对沿作为光学系统的偏心截面方向的水平方向分成的两个视角设置的两个显示元件的光束引向光学系统的出射光瞳。

[0058] 在图 2 中,附图标记 1 表示第一显示元件,附图标记 2 表示第二显示元件。附图标记 4 表示第一光学元件,附图标记 5 表示第二光学元件。在本实施例中,使用半透半反镜作为第一光学元件 4,使用反射镜作为第二光学元件 5。附图标记 6 表示目镜。第一光学元件 4 和第二光学元件 5 和目镜 6 构成光学系统。附图标记 7 表示位于光学系统的出射光瞳的位置或处于其附近的观察者的眼睛。图 2 所示的截面对应于偏心截面。

[0059] 从在第一显示元件 1 上显示的图像(第一原始图像)11 射出的光束(第一光束)8 被第一光学元件 4 反射,然后通过目镜 6 作为形成图的上部所示的左侧视角的光束被引向眼睛 7。从在第二显示元件 2 上显示的图像(第二原始图像)12 射出的光束(第二光束)9 被第二光学元件 5 反射,透射通过第一光学元件 4,然后通过目镜 6 作为形成图的下部所示的右侧视角的光束被引向眼睛 7。左侧视角和右侧视角是相互不同的视角。

[0060] 光学系统通过第一光束 8 和第二光束 9 向眼睛 7 呈现第一原始图像 11 和第二原始图像 12 的放大合成图像 13。

[0061] 在分别从第一显示元件 1 和第二显示元件 2 射出的第一光束 8 和第二光束 9 中,被引向放大合成图像 13 中的相同像点的部分光束(光束分量)如图 3 所示在出射光瞳面上相互重叠。

[0062] 图 3 中的附图标记 a 表示光学系统的偏心截面中的出射光瞳的水平宽度,附图标记 b 表示在偏心截面中出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 相互重叠的区域的水平宽度。在出射光瞳面上,如图 3 所示,第一光束 8 形成出射光瞳的左侧区域,第二光束 9 形成出射光瞳的右侧区域。另外,第一光束 8 和第二光束 9 在出射光瞳的中心区域中相互重叠。

[0063] 以下描述光学系统将 35 度的水平视角分成两个视角并且出射光瞳的直径为 10mm 的情况。在该光学系统中,当眼睛 7 的转动半径为 12mm 时,观察 17.5 度的左侧最大视角的方向的眼睛 7 的瞳孔的中心相对于观察 0 度的视角的方向的眼睛 7 的瞳孔的中心向左移动 3.6mm。

[0064] 在这种状态下,如果第二光束 9 被引向眼睛 7 的瞳孔的中心,那么形成与第二显示元件 2 对应的完整视角的所有光线进入眼睛 7 的瞳孔的至少一半的区域。由此,可以实现这样的光学系统,即由该光学系统,形成由与第一显示元件 1 和第二显示元件 2 对应的视角构成的完整视角的光束(光线)被引向眼睛 7 的瞳孔。

[0065] 因此,只需要第二光束 9 的水平宽度相对于 10mm 的出射光瞳直径在左侧为 3.6mm 并且在右侧为 5mm。类似地,只需要第一光束 8 的水平宽度相对于 10mm 的出射光瞳直径在左侧为 5mm 并且在右侧为 3.6mm。

[0066] 在本实施例中,出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 相互重叠的区域为出射光瞳的 72% ($b/a = 0.72$) 的区域。换句话说,第一光束 8 和第二光束 9 以出射光瞳的 72% 的重叠比相互重叠。在这种状态下,形成完整视角的光束被引向眼睛 7 的瞳孔。

[0067] 因此,不必在分别在第一显示元件 1 和第二显示元件 2 上显示的第一原始图像 11

和第二原始图像 12 中设置重叠区域。换句话说,在被观察的放大合成图像 13 被形成使得第一原始图像 11 和第二原始图像 12 的边缘如图 2 所示相互接合的情况下,如图所示不必在第一原始图像 11 和第二原始图像 12 中设置重叠区域。

[0068] 不在第一原始图像 11 和第二原始图像 12 中设置重叠区域使得能够有效利用每个显示元件的显示区域,这增加了每个显示元件的图像信息呈现效率。此外,虽然在相同像点上的光束的重叠对于当眼睛 7 转动时观察到连续(无缝)放大合成图像是必需的,但是,上述的减小的重叠比使得能够减小光学系统的厚度。

[0069] 以下描述将出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 的重叠比设为预定值的方法。如图 4 所示,在第一显示元件 1 和第一光学元件 4 之间设置孔径光阑(遮光元件)62,并且,在第二显示元件 2 和第二光学元件 5 之间设置孔径光阑 63。

[0070] 图 5A 示出从第一显示元件侧观察时的孔径光阑 62 的形状,图 5B 表示从第二显示元件侧观察时的孔径光阑 63 的形状。在孔径光阑 62 的光通过区域(图中的白色区域)中,右侧部分相对于出射光瞳的形状变窄以限制第一光束 8 通过的区域。在孔径光阑 63 的光通过区域中,左侧部分相对于出射光瞳变窄以限制第二光束 9 通过的区域。

[0071] 在此方法中,沿第一光束 8 的行进方向及其相反方向移动孔径光阑 62 以及沿第二光束 9 的行进方向及其相反方向移动孔径光阑 63 使得能够改变出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 的重叠比。

[0072] 以下描述将出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 的重叠比设为预定值的另一方法。该方法限制第一光学元件 4 和第二光学元件 5 的有效区域。在该方法中,沿光轴方向改变第一光学元件 4 和目镜 6 之间的距离以及第二光学元件 5 和目镜 6 之间的距离使得能够改变出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 的重叠比。

[0073] 另外,可通过使用上述的两种方法的组合将出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 的重叠比设为预定值。

[0074] 这种出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 的可变的重叠比使得能够补偿由光学系统的制造误差或显示元件和光学系统之间的位置偏移导致的出射光瞳面上的重叠比的变化。这使得能够在不以高的精度制造和组装光学系统的情况下将重叠比设为希望的预定值。

[0075] 图 6 示出如图 22A 所示的情况那样,在本实施例中当眼睛 7 向上转动时形成下侧浅视角的光束。在本实施例的光学系统中,在当眼睛 7 向上转动时形成下侧浅视角的光束中,在图 22A 所示的光学系统中未被引向眼睛 7 的光束 74 从第二显示元件 2 被引向眼睛。因此,在本实施例的光学系统中,难以出现如图 22A 所示的光学系统中光束的一部分未被引向眼睛(瞳孔)7 的问题。而且,在本实施例中的光学系统中,不必如图 22B 所示放大显示元件的显示区域以提供重叠区域。

[0076] 如上所述,本实施例可解决在常规的光学系统中出现的形成视角的一部分的光束未被引向眼睛(瞳孔)的问题。

[0077] 在实施例 2 中,在光束应进入眼睛 7 的瞳孔的至少一半区域并且眼睛 7 的瞳孔的直径被假定为 4mm 的条件下,计算光学系统的出射光瞳面上的第一光束 8 和第二光束 9 的重叠比。但是,可以使用光束应进入眼睛 7 的瞳孔的 75%或更大区域的条件。这种光束应进入的瞳孔的更大的区域使得能够观察更亮的放大合成图像,并使得能够补偿眼睛的位置

相对于光学系统的间隙。

[0078] 在这种情况下,当假定眼睛的瞳孔的半径为 2mm 时,观察 17.5 度的左侧最大视角的方向的眼睛的瞳孔的 75%位置位于从观察 0 度的视角的方向的眼睛的瞳孔的中心向左 4.6mm 远的位置上。因此,只需要将第一光束和第二光束的重叠比设为出射光瞳的 92%。

[0079] 虽然实施例 2 描述了水平视角被分成两个视角的情况,但是,可对于垂直视角被分成两个视角的情况使用与本实施例类似的配置。

[0080] (实施例 3)

[0081] 图 7 表示作为本发明的第三实施例(实施例 3)的 HMD(图像显示装置)。本实施例的 HMD 将来自针对沿作为光学系统的偏心截面方向的水平方向分割成的三个视角设置的三个显示元件的光束引向光学系统的出射光瞳。

[0082] 在图 7 中,附图标记 14 表示第一显示元件,附图标记 15 表示第二显示元件,并且,附图标记 16 表示第三显示元件。第二显示元件 15 和第三显示元件 16 分别对应于“第一显示元件”和“第二显示元件”。附图标记 17 表示由半透半反镜构成的光学元件,附图标记 18 表示目镜。光学元件 17 和目镜 18 构成光学系统。附图标记 7 表示位于光学系统的出射光瞳的位置或处于其附近的观察者的眼睛。图 7 所示的截面对应于偏心截面。

[0083] 从在第一显示元件 14 上显示的图像(第一原始图像)23 射出的光束(第一光束)19 被光学元件 17 反射,然后通过目镜 18 作为形成图的上部所示的左侧视角的光束被引向眼睛 7。从在第二显示元件 15 上显示的图像(第二原始图像)24 射出的光束(第二光束)20 和 21 透过光学元件 17,然后通过目镜 18 作为形成中心视角的光束被引向眼睛 7。如下面描述的那样,在第二光束 20 和 21 中,光束 20 在出射光瞳面上与第一光束 19 重叠,并且,光束 21 在出射光瞳面上与第三光束 22 重叠。

[0084] 从在第三显示元件 16 上显示的图像(第三原始图像)25 射出的光束(第三光束)22 被光学元件 17 反射,然后通过目镜 18 作为形成图的下部所示的右侧视角的光束被引向眼睛 7。左侧视角、中心视角和右侧视角是相互不同的视角。

[0085] 光学系统通过第一光束 19、第二光束 20 和 21 和第三光束 22 向眼睛 7 呈现第一原始图像 23、第二原始图像 24 和第三原始图像 25 的放大合成图像 26。第二光束 20 和 21 和第三光束 22 分别对应于“第一光束”和“第二光束”。第二原始图像 24 和第三原始图像 25 分别对应于“第一原始图像”和“第二原始图像”。

[0086] 来自第二显示元件 15 的第二光束 20 和 21 透过的光学元件 17 具有平面部分 27。平面部分 27 被设置为使得来自第二显示元件 15 的全部光束(光线)通过光学元件 17,并消除光线的光路长度差。

[0087] 在分别从第一显示元件 14 和第二显示元件 15 射出的第一光束 19 和第二光束 20 中,被引向放大合成图像 26 中的相同像点的部分光束(光束分量)如图 8A 所示在出射光瞳面上相互重叠。在出射光瞳面上,如图 8A 所示,第一光束 19 形成出射光瞳的左侧区域,第二光束 20 形成其右侧区域。在出射光瞳的中心区域中,第一光束 19 和第二光束 20 相互重叠。

[0088] 在分别从第二显示元件 15 和第三显示元件 16 射出的第二光束 21 和第三光束 22 中,被引向放大合成图像 26 中的相同像点的部分光束(光束分量)如图 8B 所示在出射光瞳面上相互重叠。在出射光瞳面上,如图 8B 所示,第二光束 21 形成出射光瞳的左侧区域,

第三光束 22 形成其右侧区域。在出射光瞳的中心区域中,第二光束 21 和第三光束 22 相互重叠。

[0089] 以下描述光学系统将 60 度的水平视角分成三个视角的情况。第一显示元件 14 显示与从左侧 30 度视角到左侧 10 度视角的 20 度的视角对应的第一原始图像 23。第二显示元件 15 显示与从左侧 10 度视角到右侧 10 度视角的 20 度的视角对应的第二原始图像 24。第三显示元件 16 显示与从右侧 10 度视角到右侧 30 度视角的 20 度的视角对应的第三原始图像 25。

[0090] 在本实施例中,由于与各原始图像对应的放大图像的边界部分的接合线没有位于放大合成图像 26 的中心,因此对于通常观察放大合成图像的中心部分的观察者而言,边界部分不明显。

[0091] 在本光学系统中,当出射光瞳的直径为 15mm 并且眼睛 7 的转动的半径为 12mm 时,观察 30 度的左侧最大视角的方向的眼睛 7 的瞳孔的中心相对于观察 0 度的视角的方向的眼睛 7 的瞳孔的中心向左移动 6mm。在这种状态下,如果第二光束 20 和第三光束 22 被引向眼睛 7 的瞳孔的中心,那么形成与第二显示元件 15 和第三显示元件 16 对应的完整视角的所有光线进入眼睛 7 的瞳孔的至少一半区域。由此,可以实现这样的光学系统,即通过该光学系统,形成由与第一到第三显示元件 14 ~ 16 对应的视角构成的完整视角的光束(光线)被引向眼睛 7 的瞳孔。

[0092] 因此,只需要第二光束 20 和第三光束 22 中的每一个的水平宽度相对于 15mm 的出射光瞳直径在左侧为 6mm 并且在右侧为 7.5mm。类似地,只需要第一光束 19 和第二光束 21 中的每一个的水平宽度相对于 15mm 的出射光瞳直径在左侧为 7.5mm 并且在右侧为 6mm。

[0093] 在本实施例中,出射光瞳面上的第一光束 19 和第二光束 20 相互重叠的区域为出射光瞳的 80% 的区域。换句话说,光束 19 和 20 以出射光瞳的 80% 的重叠比相互重叠。在这种状态下,形成完整视角的所有光束被引向眼睛 7 的瞳孔。因此,不必在分别在第一显示元件 14 和第二显示元件 15 上显示的第一原始图像 23 和第二原始图像 24 中设置重叠区域。而且,在出射光瞳面上第二光束 21 和第三光束 22 相互重叠的区域也为出射光瞳的 80% 的区域,并且,不必在分别在第二显示元件 15 和第三显示元件 16 上显示的第二原始图像 24 和第三原始图像 25 中设置重叠区域。换句话说,在被观察的放大合成图像 26 形成使得第一到第三原始图像 23 ~ 25 的边缘如图 7 所示相互接合的情况下,如图所示不必在第一到第三原始图像 23 ~ 25 中设置重叠区域。

[0094] 在本实施例以及实施例 1 和实施例 2 中,由于没有在每个原始图像中设置重叠区域,因此能够有效地利用每个显示元件的显示区域,这增加了每个显示元件的图像信息呈现效率。

[0095] 此外,虽然在相同像点上的光束的重叠是当眼睛 7 转动时观察到连续(无缝)放大合成图像所必需的,但是,上述的减小重叠比使得能够减小光学系统的厚度。

[0096] 在实施例 3 中,在光束应进入眼睛 7 的瞳孔的至少一半区域的条件下,计算光学系统的出射光瞳面上的第一光束 19 和第二光束 20 的重叠比以及第二光束 21 和第三光束 22 的重叠比。但是,可以使用光束应进入眼睛 7 的瞳孔的 75% 或更大区域的条件。这种光束应进入瞳孔的更大的区域使得能够观察更亮的放大合成图像,并使得能够补偿眼睛的位置相对于光学系统的间隙。

[0097] 在这种情况下,当假定眼睛的瞳孔的半径为 2mm 时,观察 30 度的左侧最大视角的方向的眼睛的瞳孔的 75% 位置位于从观察 0 度的视角的方向的眼睛的瞳孔的中心向左 6.9mm 远的位置。因此,只需要将第一光束和第二光束的重叠比设为出射光瞳的大约 92%。这同样适用于第二光束和第三光束的重叠比。

[0098] 以下描述将出射光瞳面上的第一光束 19 和第二光束 20 的重叠比以及第二光束 21 和第三光束 22 的重叠比设为预定值的方法。如图 9 所示,在第一显示元件 14 和光学元件 17 之间设置孔径光阑(遮光元件)64,并且,在第二显示元件 15 和光学元件 17 之间设置挡板(遮光元件)65 和挡板 66。并且,在第三显示元件 16 和光学元件 17 之间设置孔径光阑 67。

[0099] 图 10A 示出从第一显示元件侧观察时的孔径光阑 64 的形状,图 10B 和图 10C 分别示出从第二显示元件侧观察时的挡板 65 和 66 的形状。图 10D 示出从第三显示元件侧观察时的孔径光阑 67 的形状。

[0100] 在孔径光阑 64 的光通过区域(图中的白色区域)中,右侧部分相对于出射光瞳的形状变窄,以限制第一光束 19 通过的区域。在孔径光阑 67 的光通过区域中,左侧部分相对于出射光瞳的形状变窄,以限制第三光束 22 通过的区域。

[0101] 此外,挡板 65 使第二光束 20 通过的区域左侧部分变窄,并且,挡板 66 使第二光束 21 通过的区域右侧部分变窄。

[0102] 在该方法中,沿第一光束 19 的行进方向及其相反方向移动孔径光阑 64 以及沿第二光束 20 的行进方向及其相反方向移动挡板 65 使得能够改变出射光瞳面上的第一光束 19 和第二光束 20 的重叠比。类似地,沿第二光束 21 的行进方向及其相反方向移动挡板 66 以及沿第三光束 22 的行进方向及其相反方向移动孔径光阑 67 使得能够改变出射光瞳面上的第二光束 21 和第三光束 22 的重叠比。

[0103] 以下描述将出射光瞳面上的第一光束 19 和第二光束 20 的重叠比以及第二光束 21 和第三光束 22 的重叠比设为预定值的另一方法。该方法限制光学元件 17 的半透半反镜表面的有效区域。在该方法中,沿光轴方向改变光学元件 17 和目镜 18 之间的距离使得能够改变重叠比。另外,可通过使用上述的两种方法的组合将重叠比设为预定值。这种可变的重叠比提供与实施例 2 类似的效果。

[0104] 在光学元件 17 的整个表面形成为半透半反镜的情况下,必须考虑来自第一显示元件 14 的第一光束 19 和来自第三显示元件 16 的第三光束 22 的透射过光学元件 17 的光束分量的影响。从第一显示元件 14 射出并且透射过光学元件 17 的光束分量再次透射过光学元件 17,并随后被第三显示元件 16 反射以变成幻像。幻像被观察者观察到。这同样适用于从第三显示元件 16 射出并透射过光学元件 17 的光束分量。因此,必须防止从第一显示元件 14 和第三显示元件 16 射出的光束分量透射过光学元件 17。

[0105] 因此,希望如图 9 所示对于光学元件 17 的眼睛侧表面的相对表面的非透射区域设置涂黑的遮光元件 72 和 73,非透射区域是来自第二显示元件 15 的光束透过的区域以外的区域。

[0106] 虽然实施例 3 描述了光学系统将水平视角分成三个视角的情况,但是可以使用将垂直视角分成三个视角的光学系统。而且,实施例 3 中的光学系统可包含设置在第二显示元件 15 和光学元件 17 之间以使光学系统中的光路折叠的反射面以减小光学系统的厚度。

在这种情况下,第二显示元件 15 被设置在比图 9 的纸面所示的位置更近或更远的位置。

[0107] (实施例 4)

[0108] 下面描述在第四实施例(实施例 4)和随后的实施例中的子午截面、弧矢截面、局部子午截面和局部弧矢截面的定义。在不对应于本实施例和随后的实施例的偏心系统的常规系统中的定义中,当将表面顶点坐标系的 z 轴定义为光轴时, $y-z$ 截面对应于常规的子午截面,并且, $x-z$ 截面对应于常规的弧矢截面。由于本实施例和随后的实施例的光学系统是偏心光学系统,因此,局部子午截面和局部弧矢截面被重新定义如下。

[0109] 局部子午截面被定义为这样的平面(截面),即包含中心视角主光线(即,从显示元件上显示的原始图像的中心射出并然后到达光学系统的出射光瞳的中心的射线)在各表面上的击中(hit)点,并且还包含中心视角主光线的入射光线部分和出射光线部分。局部弧矢截面被定义为包括该击中点、与局部子午截面正交并且与表面顶点坐标系中的常规(通常)弧矢截面平行的平面(截面)。

[0110] 图 11 示出作为本发明的实施例 4 的 HMD(图像显示装置)。本实施例的 HMD 将来自针对沿作为光学系统的偏心截面的方向的垂直方向分割成的两个视角设置的两个显示元件 1 和 2 的光束引向其出射光瞳。

[0111] 本实施例中的“偏心截面”是这样的截面,即在该截面上,中心视角主光线的光路通过在半透半反镜表面 S3 和反射镜表面 S5' 上的反射转向,该截面对应于图 11 所示的截面。这同样适用于随后的实施例。

[0112] 本实施例在与光学系统的偏心截面对应的局部子午截面中分割视角,这使得能够减小光学系统的尺寸和厚度。

[0113] 如图 11 所示,本实施例在第一光学元件 30 和第二光学元件 31 中的每一个中设置多个偏心反射曲面以折叠来自第一显示元件 1 和第二显示元件 2 中的每一个的光路,这使得与实施例 1~3 相比能够进一步减小光学系统的厚度。而且,使用偏心反射曲面使得能够在增加光学系统的光焦度的同时减少表面的数量,这可更加有效地减小光学系统的尺寸和厚度。

[0114] 在本实施例和随后的实施例中,以与光束从显示元件 1 和 2 射出并然后到达光学系统的出射光瞳的原始次序相反的次序(即,以逆向光线追踪的次序)添加附图标记。

[0115] 在图 11 中,第一光学元件 30 和第二光学元件 31 中的每一个由作为内部填充有诸如玻璃或塑料的折射率大于 1 的光学介质的透明部件的棱镜构成。第一光学元件 30 具有三个表面 S2(S4)、S3 和 S5。第二光学元件 31 具有三个表面 S4' (S6')、S5' 和 S7'。表面 S2 和表面 S4 形成成为同一表面,并且,表面 S4' 和表面 S6' 形成成为同一表面。表面 S1 和表面 S1' 是第一显示元件 1 和第二显示元件 2 的显示表面,并且,附图标记 S1 表示出射光瞳。

[0116] 从在第一显示元件 1 上显示的第一原始图像 34 射出的第一光束 32 通过表面 S5 进入第一光学元件 30,被表面 S4 和表面 S3 反射,然后通过表面 S2 从第一光学元件 30 离开以被引向眼睛(出射光瞳 S1)。从在第二显示元件 2 上显示的第二原始图像 35 射出的第二光束 33 通过表面 S7' 进入第二光学元件 31,被表面 S6' 和表面 S5' 反射,并然后通过表面 S4' 从第二光学元件 31 离开。然后,第二光束 33 通过表面 S4' 和表面 S3 之间的空气层,通过表面 S3 进入第一光学元件 30,然后通过表面 S2 离开第一光学元件 30 以被引向眼

睛（出射光瞳 S1）。

[0117] 希望第一光学元件 30 的表面 S4 上的反射和第二光学元件 31 的表面 S6' 上的反射为每个棱镜内的内部全反射。这种内部全反射减少光量损失，以使得能够呈现明亮的放大合成图像 36。

[0118] 在来自第一显示元件 1 的第一光束 32 和来自第二显示元件 2 的第二光束 33 中，被引向放大合成图像 36 中的相同点的部分光束（光束分量）如图 12 所示在出射光瞳面上相互重叠。在出射光瞳面上，第一光束 32 形成出射光瞳的上部区域，并且第二光束 33 形成出射光瞳的下部区域。另外，第一光束 32 和第二光束 33 在出射光瞳的中心区域中相互重叠。

[0119] 以下描述光学系统将 38 度的垂直视角分割成两个视角并且出射光瞳的垂直宽度（直径）为 9.6mm 的情况。在该光学系统中，当眼睛的转动半径为 12mm 时，观察 19 度的上部最大视角的方向的眼睛的瞳孔的中心相对于观察 0 度的视角的方向的眼睛的瞳孔的中心向上移动 3.9mm。

[0120] 在这种状态下，如果第二光束 33 被引向眼睛的瞳孔的中心，那么形成与第二显示元件 2 对应的完整视角的所有光线进入眼睛的瞳孔的至少一半的区域。由此，可以实现这样的光学系统，即通过该光学系统，形成由与第一显示元件 1 和第二显示元件 2 对应的视角构成的完整视角的光束（光线）被引向眼睛的瞳孔。

[0121] 因此，只需要第二光束 33 的垂直宽度相对于 9.6mm 的出射光瞳直径在上侧为 3.9mm 并且在下侧为 4.8mm。类似地，只需要第一光束 32 的垂直宽度相对于 9.6mm 的出射光瞳直径在上侧为 4.8mm 并且在下侧为 3.9mm。

[0122] 在本实施例中，出射光瞳面上的第一光束 32 和第二光束 33 相互重叠的区域为出射光瞳的约 81% ($b/a = 0.81$) 的区域。换句话说，第一光束 32 和第二光束 33 以出射光瞳的约 81% 的重叠比相互重叠。在这种状态下，形成完整视角的光束被引向眼睛的瞳孔。

[0123] 因此，不必在分别在第一显示元件 1 和第二显示元件 2 上显示的第一原始图像 34 和第二原始图像 35 中设置重叠区域。换句话说，在被观察的放大合成图像 36 形成使得第一原始图像 34 和第二原始图像 35 的边缘如图 11 所示相互接合的情况下，如图所示不必在第一原始图像 34 和第二原始图像 35 中设置重叠区域。

[0124] 不在第一原始图像 34 和第二原始图像 35 中设置重叠区域使得能够有效利用每个显示元件的显示区域，这增加了每个显示元件的图像信息呈现效率。

[0125] 此外，虽然相同像点上的光束的重叠是当眼睛转动时观察到连续（无缝）放大合成图像所必需的，但是，上述的减小重叠比使得能够减小光学系统的厚度。

[0126] 以下描述将出射光瞳面上的第一光束 32 和第二光束 33 的重叠比设为预定值的方法。如图 13 所示，在第一显示元件 1 和第一光学元件 30 之间设置挡板（遮光元件）68，并且，在第二显示元件 2 和第二光学元件 31 之间设置挡板 69。

[0127] 图 14A 表示从第一显示元件侧观察时的挡板 68 的形状，图 14B 表示从第二显示元件侧观察时的挡板 69 的形状。挡板 68 限制第一光束 32 的下部的通过，并且，挡板 69 限制第二光束 33 的上部的通过。在该方法中，沿第一光束 32 的行进方向及其相反方向移动挡板 68 以及沿第二光束 33 的行进方向及其相反方向移动挡板 69 使得能够改变出射光瞳面上的第一光束 32 和第二光束 33 的重叠比。

[0128] 在第一光学元件 30 和第二光学元件 31 之间设置挡板 69 实现与上述情况类似的效果。

[0129] 作为替代方案,第一光学元件 30 的表面 S5 和第二光学元件 31 的表面 S7' 的有效区域可被诸如涂黑部件的遮光部件限制。

[0130] 另外,关于第二光束 33,为了将出射光瞳面上的重叠比设为预定值,可以限制第二光学元件 31 的表面 S5' 的有效区域。

[0131] 而且,可通过使用上述的两种方法的组合将出射光瞳面上的第一光束 32 和第二光束 33 的重叠比设为预定值。这种可变的重叠比可提供与实施例 2 和实施例 3 类似的效果。

[0132] 在本实施例中,第一光学元件 30 的表面 S3 由半透半反镜表面构成,以便以相同的亮度将从第一显示元件 1 和第二显示元件 2 射出的第一光束 32 和第二光束 33 引向出射光瞳。但是,出射光瞳面上的第一光束 32 和第二光束 33 相互重叠的区域具有为其它区域的亮度的两倍的亮度,因此,希望在第一光束 32 和第二光束 33 通过的光路上设置诸如中性密度 (ND) 滤光片的光量减少元件。作为替代方案,可以降低与出射光瞳面上的第一光束 32 和第二光束 33 相互重叠的区域对应的两个原始图像的重叠区域的亮度。

[0133] 此外,将第一光学元件 30 和第二光学元件 31 的所有表面形成为曲面使得这些表面有助于光的会聚、光的发散或者像差校正,这使得能够消除光学系统中的不必要的表面。

[0134] 更优选地,第一光学元件 30 和第二光学元件 31 的所有表面可形成为具有非旋转对称形状。这增加偏心像差校正的自由度,以使得能够呈现具有优异的图像质量的放大合成图像。

[0135] 在这种情况下,将每一非旋转对称表面形成为相对于作为唯一对称平面的局部子午截面沿局部弧矢截面的方向的平面对称形状,与不将其形成为这种平面对称形状的情况相比,优选地能够有利于非旋转对称表面的形成和制造。

[0136] 在设置挡板或光量减少元件、限制光学元件的有效区域以及优选将各表面形成为非旋转对称表面方面,随后的实施例是相同的。

[0137] 表 1 示出当表面 S2 ~ S5 和表面 S4' ~ S7' 是其的唯一对称平面是图 11 的纸面 (y-z 截面) 的非旋转对称表面时的本实施例的光学数据。

[0138] (表 1)

[0139]	SURF	X	Y	Z	A	Rx	Ry	TYP	Nd	vd
[0140]	1	0	0	0	0					
[0141]	2	0	-31.15	14.584	1.031	-0.0005	-0.0005	FFS1-1	1.5767	33.8
[0142]	3	0	-21.14	7.437	-42.17	-74.9125	-104.4125	FFS2-2	-1.5767	33.8
[0143]	4	0	-31.15	14.584	1.031	-0.0005	-0.0005	FFS1-1	1.5767	33.8
[0144]	5	0	20.665	27.315	44.899	-14.879	-16.2165	FFS2-3	1	
[0145]	I	0	24.188	26.754	43.595					
[0146]	4'	0	-15.92	15.476	-28.38	-267.9589	-267.9589	FFS1-4	1.5767	33.8
[0147]	5'	0	-0.547	27.672	13.901	-61.5436	-52.3869	FFS2-5	-1.5767	33.8
[0148]	6'	0	-15.92	15.476	-28.38	-267.9589	-267.9589	FFS1-4	1.5767	33.8
[0149]	7'	0	-15.67	29.329	-75.18	-21.7392	-56.7998	FFS2-6	1	

[0150]	I'	0	-19.17	26.177	-68.76				
[0151]	FFS1-1	c1	-1.77E+18	c5	1.20E-05	c6	3.32E-04	c10	2.99E-06
[0152]		c11	3.82E-06	c12	-4.37E-08	c13	-2.06E-08	c14	-4.28E-09
[0153]		c20	-1.21E-10	c21	-1.75E-10	c22	-5.24E-10	c23	1.15E-11
[0154]		c24	3.46E-12	c25	1.56E-12	c26	-2.33E-12		
[0155]	FFS2-2	cx1	-1.04E+02	cy1	-7.49E+01	c5	-1.84E+00	c6	-5.24E-01
[0156]		c10	-4.48E-04	c11	-3.14E-04	c12	-4.91E-06	c13	-4.66E-06
[0157]		c14	8.53E-08	c20	1.29E-07	c21	2.06E-09	c22	-6.10E-12
[0158]		c23	1.43E-09	c24	1.88E-09	c25	-3.64E-11	c26	-2.70E-11
[0159]	FFS2-3	cx1	-2.65E+00	cy1	-9.94E-01	c5	-7.34E-03	c6	-3.06E-03
[0160]		c10	1.91E-04	c11	4.56E-04	c12	4.57E-06	c13	1.88E-06
[0161]		c14	2.95E-06	c20	-2.48E-07	c21	-5.71E-07	c22	-1.03E-06
[0162]		c23	-1.51E-08	c24	9.72E-09	c25	9.19E-09	c26	7.22E-09
[0163]	FFS1-4	c1	4.07E+01	c5	4.97E-04	c6	-7.44E-04	c10	-8.08E-06
[0164]		c11	2.02E-06	c12	1.21E-07	c13	-5.72E-08	c14	-5.25E-08
[0165]		c20	2.78E-10	c21	-3.25E-09	c22	6.84E-10	c23	1.30E-10
[0166]		c24	4.19E-11	c25	-3.24E-11	c26	8.40E-12		
[0167]	FFS2-5	cx1	-8.50E-01	cy1	1.58E+00	c5	-1.58E-04	c6	-7.85E-04
[0168]		c10	-1.41E-05	c11	-6.26E-06	c12	6.79E-07	c13	1.51E-09
[0169]		c14	-2.84E-08	c20	-8.78E-09	c21	-2.26E-09	c22	2.12E-09
[0170]		c23	6.18E-10	c24	-3.03E-10	c25	-1.68E-10	c26	-1.53E-11
[0171]	FFS2-6	cx1	2.82E-01	cy1	-2.28E+01	c5	-9.04E-03	c6	-1.60E-03
[0172]		c10	-1.13E-04	c11	-3.81E-04	c12	-1.62E-05	c13	-1.08E-05
[0173]		c14	-1.94E-06	c20	3.78E-07	c21	2.84E-07	c22	-2.22E-07
[0174]		c23	5.28E-08	c24	2.81E-08	c25	3.88E-08	c26	1.82E-08

[0175] 在表 1 中,最左侧的项“SURF”代表表面号,“X”、“Y”、“Z”代表在如下这样的坐标系中每个表面的顶点在 x 轴、y 轴和 z 轴上的位置,在该坐标系中表面 S1 的中心被定义为原点 (0,0,0),并且 x 轴、y 轴和 z 轴如图 11 所示的那样被定义。“A”代表在图 11 中的逆时针方向被定义为正方向时的围绕 x 轴的倾角(度)。

[0176] “Rx”代表 x 轴的方向上的曲率半径,“Ry”代表 y 轴的方向上的曲率半径。“TYP”代表表面形状的类型,“FFS1”表示表面是根据下列表达式 (1) 的非旋转对称表面,“FFS2”表示表面是根据下列表达式 (2) 的非旋转对称表面。

[0177] 表达式 (1)

[0178] FFS1 :

$$[0179] \quad z = (1/R) * (x^2 + y^2) / (1 + (1 - (1 + c1) * (1/R)^2 * (x^2 + y^2))^{(1/2)})$$

$$[0180] \quad + c2 + c4 * y + c5 * (x^2 - y^2)$$

$$[0181] \quad + c6 * (-1 + 2 * x^2 + 2 * y^2) + c10 * (-2 * y + 3 * x^2 * y + 3 * y^3) + c11 * (3 * x^2 * y - y^3)$$

$$[0182] \quad + c12 * (x^4 - 6 * x^2 * y^2 + y^4) + c13 * (-3 * x^2 + 4 * x^4 + 3 * y^2 - 4 * y^4)$$

$$[0183] \quad + c14 * (1 - 6 * x^2 + 6 * x^4 - 6 * y^2 + 12 * x^2 * y^2 + 6 * y^4)$$

[0184] $+c20*(3*y-12*x^2*y+10*x^4*y-12*y^3+20*x^2*y^3+10*y^5)$
 [0185] $+c21*(-12*x^2*y+15*x^4*y+4*y^3+10*x^2*y^3-5*y^5)$
 [0186] $+c22*(5*x^4*y-10*x^2*y^3+y^5)+c23*(x^6-15*x^4*y^2+15*x^2*y^4-y^6)$
 [0187] $+c24*(-5*x^4+6*x^6+30*x^2*y^2-30*x^4*y^2-5*y^4-30*x^2*y^4+6*y^6)$
 [0188] $+c25*(6*x^2-20*x^4+15*x^6-6*y^2+15*x^4*y^2+20*y^4-15*x^2*y^4-15*y^6)$
 [0189] $+c26*(-1+12*x^2-30*x^4+20*x^6+12*y^2-60*x^2*y^2+60*x^4*y^2-30*y^4$
 [0190] $+60*x^2*y^4+20*y^6)+...$
 [0191] 表达式 (2)
 [0192] FFS2 :
 [0193] $z = ((1/Rx)*x^2+(1/Ry)*y^2)/(1+(1-(1+c1x1)*(1/Rx)^2*x^2-$
 [0194] $(1+c1y1)*(1/Ry)^2*y^2)^{(1/2)})$
 [0195] $+c2+c4*y+c5*(x^2-y^2)+c6*(-1+2*x^2+2*y^2)$
 [0196] $+c10*(-2*y+3*x^2*y+3*y^3)+c11*(3*x^2*y-y^3)$
 [0197] $+c12*(x^4-6*x^2*y^2+y^4)+c13*(-3*x^2+4*x^4+3*y^2-4*y^4)$
 [0198] $+c14*(1-6*x^2+6*x^4-6*y^2+12*x^2*y^2+6*y^4)$
 [0199] $+c20*(3*y-12*x^2*y+10*x^4*y-12*y^3+20*x^2*y^3+10*y^5)$
 [0200] $+c21*(-12*x^2*y+15*x^4*y+4*y^3+10*x^2*y^3-5*y^5)$
 [0201] $+c22*(5*x^4*y-10*x^2*y^3+y^5)+c23*(x^6-15*x^4*y^2+15*x^2*y^4-y^6)$
 [0202] $+c24*(-5*x^4+6*x^6+30*x^2*y^2-30*x^4*y^2-5*y^4-30*x^2*y^4+6*y^6)$
 [0203] $+c25*(6*x^2-20*x^4+15*x^6-6*y^2+15*x^4*y^2+20*y^4-15*x^2*y^4-15*y^6)$
 [0204] $+c26*(-1+12*x^2-30*x^4+20*x^6+12*y^2-60*x^2*y^2+60*x^4*y^2-30*y^4$
 [0205] $+60*x^2*y^4+20*y^6)+...$

[0206] “TYP”列中的写在“FFS1”或“FFS2”后面的数值表示表面形状是与在该表的下部书写的非球面系数 c_i 对应的非旋转对称形状。“Nd”和“vd”(在表 1 中写为 vd) 分别代表表面后面的介质对于 d 线的折射率和 Abbe 常数。折射率 Nd 的符号的变化表示光在该表面被反射。当介质是空气时,仅折射率 Nd 被写为 1。“E±M”意味着“ $\times 10^{\pm M}$ ”。

[0207] 在本实施例中,出射光瞳具有椭圆形状,其沿垂直方向的短轴具有 9.6mm 的长度,并且其沿水平方向的长轴具有 12mm 的长度。第一显示元件 1 和第二显示元件 2 中的每一个中的显示原始图像的显示区域具有约 0.57 英寸 (12.8mm×6.6mm) 的对角尺寸。本实施例中的光学系统是这样的显示光学系统,即该显示光学系统以 50 度的水平视角和 38 度的垂直视角在 z 轴上的沿正方向的无限远位置处显示放大合成图像 36。

[0208] 在本实施例中,分别通过两个显示元件 1 和 2 显示完整垂直视角的两个 19 度垂直视角,另一方面,由于水平视角未被分割,因此通过显示元件 1 和 2 中的每一个显示 50 度水平视角。

[0209] (实施例 5)

[0210] 图 15 示出作为本发明的第五实施例(实施例 5)的 HMD(图像显示装置)。如实施例 4 那样,本实施例的 HMD 将来自针对沿作为其光学系统的偏心截面的方向的垂直方向分割成的两个视角设置的两个显示元件 44 和 45 的光束引向其出射光瞳。但是,在本实施例中,分别与两个显示元件 44 和 45 对应的上部视角和下部视角在尺寸上彼此不同。具体

来说,与第一显示元件 44 对应的上部视角为 29 度,与第二显示元件 45 对应的下部视角为 9 度。

[0211] 附图标记 37 和 38 分别表示第一光学元件和第二光学元件,每个光学元件形成为棱镜。第一光学元件 37 具有三个表面 S2(S4)、S3 和 S5。第二光学元件 38 具有三个表面 S4' (S6')、S5' 和 S7'。表面 S2 和表面 S4 形成为同一表面,并且,表面 S4' 和表面 S6' 形成为同一表面。表面 SI 和表面 SI' 是第一显示元件 44 和第二显示元件 45 的显示表面。附图标记 S1 表示出射光瞳。图 15 示出偏心截面。本实施例中的光路和光学作用与实施例 4 中的那些类似。

[0212] 希望第一光学元件 37 的表面 S4 上的反射和第二光学元件 38 的表面 S6' 上的反射为各棱镜内的内部全反射。这种内部全反射减少光量损失,以使得能够呈现明亮的放大合成图像 43。

[0213] 在来自第一显示元件 44 的第一光束 39 和来自第二显示元件 45 的第二光束 40 中,被引向放大合成图像 43 中的相同点的部分光束(光束分量)如图 16 所示在出射光瞳面上相互重叠。在出射光瞳面上,第一光束 39 形成出射光瞳的上部区域,并且第二光束 40 形成出射光瞳的下部区域。另外,第一光束 39 和第二光束 40 在出射光瞳的中心区域中相互重叠。

[0214] 如上所述,本实施例向第一显示元件 44 分配 38 度的完整垂直视角中的 29 度的上部视角,并且向第二显示元件 45 分配其的 9 度的下部视角。出射光瞳的垂直宽度(直径)为 9.6mm。

[0215] 在本光学系统中,当眼睛的转动半径为 12mm 时,观察 19 度的上部最大视角的方向的眼睛的瞳孔的中心相对于观察 0 度的视角的方向的眼睛的瞳孔的中心向上移动 3.9mm。在这种状态下,如果第二光束 40 被引向眼睛的瞳孔的中心,那么形成与第二显示元件 45 对应的完整视角的所有光线进入眼睛的瞳孔的至少一半的区域。由此,可以实现这样的光学系统,即通过该光学系统,形成由与第一显示元件 44 和第二显示元件 45 对应的视角构成的完整视角的光束(光线)被引向眼睛的瞳孔。

[0216] 因此,只需要第二光束 40 的垂直宽度相对于 9.6mm 的出射光瞳直径在上侧为 3.9mm 并且在下侧为 4.8mm。类似地,只需要第一光束 39 的垂直宽度相对于 9.6mm 的出射光瞳直径在上侧为 4.8mm 并且在下侧为 3.9mm。

[0217] 在本实施例中,出射光瞳面上的第一光束 39 和第二光束 40 相互重叠的区域为出射光瞳的约 81% ($b/a = 0.81$) 的区域。换句话说,第一光束 39 和第二光束 40 以出射光瞳的约 81% 的重叠比相互重叠。在这种状态下,形成完整视角的光束被引向眼睛的瞳孔。

[0218] 因此,不必在分别在第一显示元件 44 和第二显示元件 45 上显示的第一原始图像 41 和第二原始图像 42 中设置重叠区域。换句话说,在被观察的放大合成图像 43 形成为使得第一原始图像 41 和第二原始图像 42 的边缘如图 15 所示相互接合的情况下,如图所示不必在第一原始图像 41 和第二原始图像 42 中设置重叠区域。

[0219] 不在第一原始图像 41 和第二原始图像 42 中设置重叠区域使得能够有效利用每个显示元件的显示区域,这增加了每个显示元件的图像信息呈现效率。

[0220] 此外,虽然相同像点上的光束的重叠对于当眼睛转动时观察到连续(无缝)放大合成图像是必需的,但是,上述的减小重叠比使得能够减小光学系统的厚度。

[0221] 如上面描述的那样区分向第一显示元件 44 和第二显示元件 45 分配的视角的大小使得即使稍微增加第一光学元件 37 的尺寸也能够减小第二光学元件 38 的尺寸,这使得能够减小整个光学系统的厚度。而且,这样分割的视角的大小的任意设定使得能够区分显示元件 44 和 45 的尺寸,这增加了选择使用的显示元件的自由度。此外,由于与各原始图像对应的放大图像的边界部分的接合线没有位于放大合成图像 43 的中心,因此,对于观察放大合成图像 43 的中心部分的观察者而言,边界部分不明显。

[0222] 表 2 示出当表面 S2 ~ S5 和表面 S4' ~ S7' 是球面时的本实施例的光学数据。球面由“TYP”列中的“SPH”表示。

[0223] (表 2)

[0224]	SURF	X	Y	Z	A	R	TYP	Nd	vd
[0225]	1	0	0	0	0				
[0226]	2	0	-15	20	6.2	-850	SPH	1.4922	57.5
[0227]	3	0	-22	13.75	-42	-60	SPH	-1.4922	57.5
[0228]	4	0	-15	20	6.2	-850	SPH	1.4922	57.5
[0229]	5	0	15.5	27.5	60	-100	SPH	1	
[0230]	I	0	20	26	55				
[0231]	4'	0	-22	17.5	-25	-650	SPH	1.4922	57.5
[0232]	5'	0	10	24.5	26	-60	SPH	-1.4922	57.5
[0233]	6'	0	-22	17.5	-25	-650	SPH	1.4922	57.5
[0234]	7'	0	-15	29.25	-70	-45	SPH	1	

[0235] 虽然每个表面在本实施例中形成为球面,但是每个表面可如实施例 4 那样形成为非旋转对称表面。

[0236] 在本实施例中,出射光瞳具有椭圆形状,其沿垂直方向的短轴具有 9.6mm 的长度,并且其沿水平方向的长轴具有 12mm 的长度。第一显示元件 44 中的显示原始图像的显示区域具有约 0.84 英寸 (19mm×19.8mm) 的对角尺寸,并且,第二显示元件 45 中的显示区域具有约 0.59 英寸 (14.7mm×2.7mm) 的对角尺寸。本实施例中的光学系统是这样的显示光学系统,即该显示光学系统以 50 度的水平视角和 40 度的垂直视角在 z 轴上的沿正方向的无限远位置处显示放大合成图像 43。

[0237] 在本实施例中,垂直视角被分成将通过两个显示元件 44 和 45 显示的 29 度视角和 9 度视角,另一方面,由于水平视角不被分割,因此通过显示元件 44 和 45 中的每一个显示 50 度水平视角。

[0238] (实施例 6)

[0239] 图 17 示出作为本发明的第六实施例 (实施例 6) 的 HMD (图像显示装置)。本实施例的 HMD 将来自针对沿作为光学系统的偏心截面方向的水平方向分割成的两个视角设置的两个显示元件的光束引向光学系统的出射光瞳。

[0240] 附图标记 46、47、48 分别表示第一光学元件、第二光学元件和第三光学元件,每个光学元件形成为棱镜。第一光学元件 46 具有三个表面 S2 (S4)、S3 和 S5。第二光学元件 47 具有三个表面 S4' (S6')、S5' 和 S7'。第三光学元件 48 具有三个表面,包括与第一光学元件 46 接合的表面 S3、与第一光学元件 46 的表面 S2 连续的表面 (S2) 和表面 S3'。表

面 S2 和表面 S4 形成同一表面,并且,表面 S4' 和表面 S6' 形成同一表面。附图标记 1 和 2 分别表示第一显示元件和第二显示元件。表面 SI 和表面 SI' 分别是第一显示元件 1 和第二显示元件 2 的显示表面。附图标记 S1 表示出射光瞳。

[0241] 从在第一显示元件 1 上显示的第一原始图像 51 射出的第一光束 49 通过表面 S5 进入第一光学元件 46,被表面 S4 和表面 S3 反射,并然后通过表面 S2 离开第一光学元件 46 以被引向眼睛(出射光瞳 S1)。从在第二显示元件 2 上显示的第二原始图像 52 射出的第二光束 50 通过表面 S7' 进入第二光学元件 47,被表面 S6' 和表面 S5' 反射,并然后通过表面 S4' 离开第二光学元件 47。

[0242] 然后,第二光束 50 通过表面 S4' 和表面 S3' 之间的空气层,并然后通过表面 S3' 进入第三光学元件 48。进入第三光学元件 48 的第二光束 50 的一部分通过表面 S3 进入第一光学元件 46,并然后通过表面 S2 从第一光学元件 46 离开以被引向眼睛(出射光瞳 S1)。进入第三光学元件 48 的第二光束 50 的另一部分通过表面 S2 从第三光学元件 48 离开以被引向眼睛(出射光瞳 S1)而没有进入第一光学元件 46。

[0243] 希望第一光学元件 46 的表面 S4 上的反射和第二光学元件 47 的表面 S6' 上的反射为每个棱镜内的内部全反射。这种内部全反射减少了光量损失,以使得能够呈现明亮的放大合成图像 53。

[0244] 在来自第一显示元件 1 的第一光束 49 和来自第二显示元件 2 的第二光束 50 中,被引向放大合成图像 53 中的相同点的部分光束(光束分量)如图 18 所示在出射光瞳面上相互重叠。在出射光瞳面上,第一光束 49 形成出射光瞳的左侧区域,并且第二光束 50 形成出射光瞳的右侧区域。另外,第一光束 49 和第二光束 50 在出射光瞳的中心区域中相互重叠。

[0245] 以下描述光学系统将 50 度的水平视角分割成两个视角并且出射光瞳的水平宽度(直径)为 12mm 的情况。在该光学系统中,当眼睛的转动半径为 12mm 时,观察 25 度的左侧最大视角的方向的眼睛的瞳孔的中心相对于观察 0 度的视角的方向的眼睛的瞳孔的中心向左移动 5.1mm。

[0246] 在这种状态下,如果第二光束 50 被引向眼睛的瞳孔的中心,那么形成与第二显示元件 2 对应的完整视角的所有光线进入眼睛的瞳孔的至少一半的区域。由此,可以实现这样的光学系统,即通过该光学系统,形成由与第一显示元件 1 和第二显示元件 2 对应的视角构成的完整视角的光束(光线)被引向眼睛的瞳孔。

[0247] 因此,只需要第二光束 50 的水平宽度相对于 12mm 的出射光瞳直径在左侧为 5.1mm 并且在右侧为 6mm。类似地,只需要第一光束 49 的水平宽度相对于 12mm 的出射光瞳直径在左侧为 6mm 并且在右侧为 5.1mm。

[0248] 在本实施例中,在偏心截面中在出射光瞳面上第一光束 49 和第二光束 50 相互重叠的区域为出射光瞳的约 85% ($b/a = 0.85$) 的区域。换句话说,第一光束 49 和第二光束 50 以出射光瞳的约 85% 的重叠比相互重叠。在这种状态下,形成完整视角的光束被引向眼睛的瞳孔。

[0249] 因此,不必在分别在第一显示元件 1 和第二显示元件 2 上显示的第一原始图像 51 和第二原始图像 52 中设置重叠区域。换句话说,在被观察的放大合成图像 53 形成为使得第一原始图像 51 和第二原始图像 52 的边缘如图 17 所示相互接合的情况下,如图所示不必

在第一原始图像 51 和第二原始图像 52 中设置重叠区域。

[0250] 不在第一原始图像 51 和第二原始图像 52 中设置重叠区域使得能够有效利用每个显示元件的显示区域,这增加了每个显示元件的图像信息呈现效率。

[0251] 此外,虽然相同像点上的光束的重叠对于当眼睛转动时观察到连续(无缝)放大合成图像是必需的,但是,上述的减小重叠比使得能够减小光学系统的厚度。

[0252] 在本实施例中,第一光学元件 46 的表面 S3 由半透半反镜表面构成,并且,第三光学元件 48 的表面 S2 具有 50% 的透射率,以便以相同的亮度将来自第一显示元件 1 和第二显示元件 2 的第一光束 49 和第二光束 50 引向出射光瞳。但是,出射光瞳面的第一光束 49 和第二光束 50 相互重叠的区域具有比其它区域的亮度高的亮度,并因此希望如实施例 4 那样在光路上设置光量减少元件或降低两个原始图像的重叠区域的亮度。

[0253] 表 3 示出当表面 S2 ~ S5 和表面 S3' ~ S7' 是其的唯一对称平面是图 17 的纸面(y-z 截面)的非旋转对称表面时的本实施例的光学数据。

[0254] (表 3)

[0255]	SURF	X	Y	Z	A	Rx	Ry	TYP	Nd
vd									
[0256]	1	0	0	0	0				
[0257]	2	0	-29.28	19.944	1.005	-797.8534	-797.8534	FFS1-1	1.5709
									33.8
[0258]	3	0	-20.73	6.808	-49.66	-54.4632	-67.6612	FFS2-2	-1.5709
									33.8
[0259]	4	0	-29.28	19.944	1.005	-797.8534	-797.8534	FFS1-1	1.5709
									33.8
[0260]	5	0	22.599	30.903	62.518	-19.8002	-25.6133	FFS2-3	1
[0261]	I	0	25.815	28.697	53.192				
[0262]	3'	0	-37.21	9.799	-33.78	-79.0394	-66.936	FFS2-4	1
[0263]	4'	0	-17.82	20.448	-19.82	-461.4041	-461.4041	FFS1-5	1.5709
									33.8
[0264]	5'	0	5.658	28.708	23.08	-61.4011	-65.9939	FFS2-6	-1.5709
									33.8
[0265]	6'	0	-17.82	20.448	-19.82	-461.4041	-461.4041	FFS1-5	1.5709
									33.8
[0266]	7'	0	-22.97	29.551	-74.22	-27.8292	-55.5115	FFS2-7	1
[0267]	I'	0	-28.22	28.347	-57.27				
[0268]	FFS1-1	c1	1.77E+02	c5	-3.77E-05	c6	-1.84E-04	c10	4.26E-08
[0269]		c11	-4.34E-06	c12	6.17E-08	c13	-2.91E-09	c14	-6.97E-09
[0270]		c20	-9.56E-11	c21	-1.31E-11	c22	7.44E-10	c23	-7.94E-12
[0271]		c24	-3.56E-13	c25	1.27E-12	c26	-1.25E-12		
[0272]	FFS2-2	cx1	-6.77E+01	cy1	-5.45E+01	c5	-3.96E-01	c6	5.20E-02
[0273]		c10	-2.12E-04	c11	-2.67E-04	c12	-4.77E-06	c13	-3.48E-06

[0274]		c14	5.16E-08	c20	3.22E-08	c21	-2.68E-09	c22	-8.20E-11
[0275]		c23	4.11E-10	c24	8.14E-10	c25	-1.12E-11	c26	-6.70E-12
[0276]	FFS2-3	cx1	-3.07E+00	cy1	-5.60E+00	c5	-2.81E-03	c6	-3.58E-03
[0277]		c10	5.76E-05	c11	1.11E-04	c12	8.96E-06	c13	1.52E-06
[0278]		c14	9.61E-07	c20	3.38E-08	c21	4.57E-08	c22	-1.59E-08
[0279]		c23	1.34E-08	c24	5.51E-09	c25	7.59E-09	c26	1.33E-09
[0280]	FFS2-4	cx1	-7.85E+00	cy1	-7.62E-01	c5	1.85E-03	c6	1.46E-03
[0281]		c10	1.35E-05	c11	2.02E-05	c12	-1.92E-08	c13	8.78E-08
[0282]		c14	7.69E-08	c20	7.00E-10	c21	2.19E-09	c22	4.14E-09
[0283]		c23	-2.14E-10	c24	3.45E-11	c25	2.71E-11	c26	6.81E-12
[0284]	FFS1-5	c1	3.02E+01	c5	3.41E-04	c6	-2.34E-04	c10	2.80E-07
[0285]		c11	-6.22E-06	c12	2.33E-07	c13	-2.57E-08	c14	1.02E-09
[0286]		c20	8.60E-11	c21	-7.71E-10	c22	3.63E-09	c23	6.37E-11
[0287]		c24	9.44E-12	c25	-2.03E-12	c26	-1.72E-12		
[0288]	FFS2-6	cx1	-2.06E+00	cy1	2.80E-01	c5	1.64E-04	c6	-3.19E-04
[0289]		c10	5.52E-06	c11	-7.54E-07	c12	5.85E-08	c13	2.87E-08
[0290]		c14	-2.51E-08	c20	-6.20E-10	c21	7.33E-10	c22	-3.27E-11
[0291]		c23	1.86E-10	c24	4.53E-12	c25	-4.07E-11	c26	3.09E-11
[0292]	FFS2-7	cx1	-2.72E+00	cy1	-4.12E+01	c5	-3.86E-03	c6	-2.83E-03
[0293]		c10	1.50E-05	c11	-3.31E-04	c12	5.53E-06	c13	8.77E-07
[0294]		c14	-1.65E-06	c20	4.31E-08	c21	1.12E-07	c22	-5.53E-07
[0295]		c23	2.86E-08	c24	-1.71E-09	c25	5.60E-09	c26	3.93E-09

[0296] 在本实施例中,出射光瞳具有椭圆形状,其沿垂直方向的短轴具有 9.6mm 的长度,并且其沿水平方向的长轴具有 12mm 的长度。第一显示元件 1 和第二显示元件 2 中的每一个中的显示原始图像的显示区域具有约 0.59 英寸 (12mm×9mm) 的对角尺寸。本实施例中的光学系统为这样的显示光学系统,即该显示光学系统以 50 度的水平视角和 38 度的垂直视角在 z 轴上的沿正方向的无限远位置处显示放大合成图像 53。

[0297] 在本实施例中,分别通过两个显示元件 1 和 2 显示完整水平视角的两个 25 度水平视角,另一方面,由于垂直视角未被分割,因此通过显示元件 1 和 2 中的每一个显示 38 度垂直视角。

[0298] (实施例 7)

[0299] 图 19 表示作为本发明的第七实施例 (实施例 7) 的 HMD (图像显示装置)。如同实施例 6,本实施例的 HMD 将来自针对沿作为其光学系统的偏心截面的方向的水平方向分割成的两个视角设置的两个显示元件的光束引向其出射光瞳。但是,在本实施例中,在两个显示元件上显示的原始图像具有显示相同的图像的重叠区域。

[0300] 附图标记 54、55、56 分别表示第一光学元件、第二光学元件和第三光学元件,每个光学元件形成为棱镜。第一光学元件 54 具有三个表面 S2(S4)、S3 和 S5。第二光学元件 55 具有三个表面 S4' (S6')、S5' 和 S7'。第三光学元件 56 具有三个表面,包括与第一光学元件 54 接合的表面 S3、与第一光学元件 54 的表面 S2 连续的表面 (S2) 和表面 S3'。表

面 S2 和表面 S4 形成同一表面,并且,表面 S4' 和表面 S6' 形成同一表面。附图标记 70 和 71 分别表示第一显示元件和第二显示元件。表面 SI 和表面 SI' 分别是第一显示元件 70 和第二显示元件 71 的显示表面。附图标记 S1 表示出射光瞳。光路和光学作用与实施例 6 的那些相同。

[0301] 同样,在本实施例中,希望第一光学元件 54 的表面 S4 上的反射和第二光学元件 55 的表面 S6' 上的反射为每个棱镜内的内部全反射。这种内部全反射减少了光量损失,以使得能够呈现明亮的放大合成图像 61。

[0302] 在来自第一显示元件 70 的第一光束 57 和来自第二显示元件 71 的第二光束 58 中,被引向放大合成图像 61 中的相同点的部分光束(光束分量)如图 20 所示在出射光瞳面上相互重叠。在出射光瞳面上,第一光束 57 形成出射光瞳的左侧区域,并且第二光束 58 形成出射光瞳的右侧区域。另外,第一光束 57 和第二光束 58 在出射光瞳的中心区域中相互重叠。

[0303] 以下描述光学系统将 50 度的水平视角分割成两个视角并且在第一显示元件 70 和第二显示元件 71 上显示的第一原始图像 59 和第二原始图像 60 包含对应于 6 度的视角的重叠区域的情况。出射光瞳的水平宽度(直径)为 12mm。

[0304] 在该光学系统中,当眼睛的转动半径为 12mm 时,观察 25 度的左侧最大视角的方向的眼睛的瞳孔的中心相对于观察 0 度的视角的方向的眼睛的瞳孔的中心向左移动 5.1mm。在这种状态下,如果第二光束 58 被引向眼睛的瞳孔的中心,那么形成与第二显示元件 71 对应的完整视角的所有光线入射到眼睛的瞳孔的至少一半的区域。由此,可以实现形成这样的光学系统,即通过该光学系统,形成由与第一显示元件 70 和第二显示元件 71 对应的视角构成的完整视角的光束(光线)被引向眼睛的瞳孔。

[0305] 因此,只需要第二光束 58 的水平宽度相对于 12mm 的出射光瞳直径在左侧为 5.1mm 并且在右侧为 6mm。类似地,只需要第一光束 57 的水平宽度相对于 12mm 的出射光瞳直径在左侧为 6mm 并且在右侧为 5.1mm。

[0306] 但是,在本实施例中,原始图像包含重叠区域。因此,在第一显示元件 70 上显示的第一原始图像 59 的重叠区域中的从 0 度视角到右侧 6 度视角的光束被引入观察左侧最大视角的方向的眼睛的瞳孔的中心。因此,如果在第二显示元件 71 上显示的第二原始图像 60 的重叠区域中的从右侧 6 度视角到右侧 25 度视角的光束被引入眼睛的瞳孔的中心,那么可以实现这样的光学系统,即通过该光学系统,形成完整视角的光束被引入眼睛的瞳孔。

[0307] 在这种情况下,只需要第二光束 58 的水平宽度对于 12mm 的出射光瞳直径在左侧为 3.3mm 并且在右侧为 6mm。类似地,只需要第一光束 57 的水平宽度相对于 12mm 的出射光瞳直径在左侧为 6mm 并且在右侧为 3.3mm。

[0308] 如上所述,在本实施例中,在分别在第一显示元件 70 和第二显示元件 71 上显示的第一原始图像 59 和第二原始图像 60 中设置重叠区域。因此,将在光学系统的偏心截面中在出射光瞳面上的第一光束 57 和第二光束 58 的重叠比设为出射光瞳的约 55% 使得能够实现这样的光学系统,即通过该光学系统,完整视角的光束被引向眼睛的瞳孔。在出射光瞳面上的第一光束 57 和第二光束 58 的重叠比为出射光瞳的约 55% 的情况下,当眼睛向左转动时,如图 21A 所示,来自第二显示元件 71 的形成右侧浅视角的光束没有被引向出射光瞳的左侧边缘。但是,如图 21B 所示,来自在第一显示元件 70 上显示的第一原始图像 59 中的重

叠区域的光束被引向出射光瞳的左侧边缘。结果,如图 21C 所示,光束被引向出射光瞳的整个区域。

[0309] 而且,在本实施例中,限制表面 S3 和 S5' 的有效区域使得能够将出射光瞳面上的第一光束 57 和第二光束 58 的重叠比设为预定值。但是,由于在本实施例中两个原始图像包含重叠区域,因此,如实施例 4 那样设置挡板或通过诸如涂黑部件的遮光元件限制表面 S5 和 S7' 的有效区域防止了来自重叠区域的光束进入第一光学元件 54 和第二光学元件 55,这是不希望的。

[0310] 此外,还在本实施例中,第一光学元件 54 的表面 S3 由半透半反镜表面构成,并且,第三光学元件 56 的表面 S2 具有 50% 的透射率,以便以相同的亮度将来自第一显示元件 70 和第二显示元件 71 的第一光束 57 和第二光束 58 引向出射光瞳。但是,第一光束 57 和第二光束 58 相互重叠的出射光瞳面的区域具有比其它区域的亮度高的亮度,因此,希望如实施例 4 那样在光路上设置光量减少元件或降低两个原始图像的重叠区域的亮度。

[0311] 在本实施例中,被观察的放大合成图像 61 形成为使得第一原始图像 59 和第二原始图像 60 在各重叠区域(在图中显示“B”的区域)中相互重叠。由于在本实施例中在两个原始图像 59 和 60 中设置重叠区域,因此每个显示元件的图像信息呈现效率比实施例 6 稍低。但是,被引向相同像点的光束的重叠比变得比不设置重叠区域的情况小,该重叠是当眼睛转动时观察到连续(无缝)放大合成图像所必需的。这使得能够减小光学系统的厚度。

[0312] 而且,在本实施例中,在原始图像中设置重叠区域使得能够通过改变重叠区域的尺寸调整合成的放大图像的边界部分处的间隙,该间隙是由于棱镜的制造误差或显示元件和棱镜之间的位置偏移导致的。因此,即使光学系统需要的精度比不设置重叠区域的情况低,本实施例也可呈现其中与各原始图像对应的放大图像的边界部分中的接合线不明显的连续放大合成图像。

[0313] 虽然本实施例描述了重叠区域具有对应于 6 度的视角的尺寸的情况,但是,重叠区域的尺寸不限于此。但是,放大重叠区域降低了显示元件的图像信息呈现效率,这使得难以实现宽的视角。因此,希望重叠区域的尺寸小,例如,为对应于 10 度或更小的视角的尺寸。

[0314] 此外,与重叠区域对应的放大合成图像的区域具有为其它区域的亮度的两倍的亮度,在出射光瞳面上第一光束 57 和第二光束 58 相互重叠的区域就是如此。因此,希望在第一光束 57 和第二光束 58 到达与重叠区域对应的放大合成图像的区域的光路上设置诸如中性密度 (ND) 滤光片的光量减少元件,或者降低两个原始图像的重叠区域的亮度。

[0315] 表 4 示出当表面 S2 ~ S5 和表面 S3' ~ S7' 是其的唯一对称平面是图 19 的纸面 (y-z 截面) 的非旋转对称表面时的本实施例的光学数据。

[0316] (表 4)

[0317]	SURF	X	Y	Z	A	Rx	Ry	TYP	Nd	vd
[0318]	1	0	0	0	0					
[0319]	2	0	-15.71	20	-0.067	-876.1563	-876.1563	FFS1-1	1.5709	33.8
[0320]	3	0	-23.75	2.968	-53.17	-44.8425	-58.3308	FFS2-2	-1.5709	33.8
[0321]	4	0	-15.71	20	-0.067	-876.1563	-876.1563	FFS1-1	1.5709	33.8
[0322]	5	0	22.739	28.721	57.193	-8.7152	-3.0933	FFS2-3	1	

[0323]	I	0	24.38	30.399	48.538					
[0324]	3'	0	-24.97	14.225	-54.88	-71.1719	-17.2091	FFS2-4	1	
[0325]	4'	0	-19.19	19.726	-25.03	-63.7117	-63.7117	FFS1-5	1.5709	33.8
[0326]	5'	0	8.181	25.267	32.245	-49.7102	-59.5281	FFS2-6	-1.5709	33.8
[0327]	6'	0	-19.19	19.726	-25.03	-63.7117	-63.7117	FFS1-5	1.5709	33.8
[0328]	7'	0	-21.62	29.13	-65.86	-21.2751	-7.0811	FFS2-7	1	
[0329]	I'	0	-24.65	26.815	-65.81					
[0330]	FFS1-1	c1	4.23E+02	c5	-2.76E-03	c6	-1.63E-03	c10	-2.54E-07	
[0331]		c11	-1.73E-05	c12	1.72E-07	c13	-4.66E-08	c14	-2.77E-08	
[0332]		c20	-3.55E-10	c21	-5.18E-10	c22	5.88E-09	c23	-2.11E-10	
[0333]		c24	-1.01E-12	c25	8.26E-12	c26	-7.84E-12			
[0334]	FFS2-2	cx1	-5.83E+01	cy1	-4.48E+01	c5	-2.04E-01	c6	6.21E-02	
[0335]		c10	-4.77E-04	c11	1.04E-04	c12	2.32E-06	c13	-1.50E-05	
[0336]		c14	1.96E-07	c20	-4.74E-08	c21	2.32E-08	c22	7.52E-11	
[0337]		c23	-2.43E-10	c24	1.11E-09	c25	2.63E-11	c26	6.64E-13	
[0338]	FFS2-3	cx1	-1.26E+01	cy1	-5.91E+00	c5	-3.68E-03	c6	-2.35E-03	
[0339]		c10	7.55E-04	c11	-6.30E-04	c12	2.30E-05	c13	-2.38E-05	
[0340]		c14	-1.90E-06	c20	7.92E-08	c21	-7.79E-07	c22	1.58E-06	
[0341]		c23	5.45E-08	c24	-4.52E-08	c25	7.90E-08	c26	-1.26E-08	
[0342]	FFS2-4	cx1	-1.11E+02	cy1	-6.51E+00	c5	6.20E-03	c6	-2.68E-03	
[0343]		c10	-6.64E-05	c11	-2.70E-05	c12	1.70E-07	c13	-6.61E-08	
[0344]		c14	-4.24E-07	c20	4.21E-10	c21	-2.16E-08	c22	1.71E-09	
[0345]		c23	7.38E-10	c24	8.74E-10	c25	-8.46E-11	c26	9.89E-11	
[0346]	FFS1-5	c1	-4.27E+01	c5	6.73E-04	c6	-1.02E-03	c10	-4.46E-06	
[0347]		c11	-5.93E-05	c12	4.62E-07	c13	7.68E-09	c14	-8.76E-08	
[0348]		c20	-8.34E-10	c21	8.63E-10	c22	-1.88E-08	c23	-4.63E-10	
[0349]		c24	-4.86E-11	c25	-6.10E-11	c26	2.01E-12			
[0350]	FFS2-6	cx1	-1.24E+00	cy1	-3.40E-01	c5	-7.13E-04	c6	-1.39E-03	
[0351]		c10	5.41E-06	c11	-1.16E-05	c12	1.78E-07	c13	2.58E-08	
[0352]		c14	-2.19E-07	c20	2.19E-09	c21	1.66E-09	c22	-1.04E-08	
[0353]		c23	1.56E-10	c24	-4.96E-11	c25	-1.60E-11	c26	2.99E-11	
[0354]	FFS2-7	cx1	-9.48E+00	cy1	-1.16E+01	c5	1.66E-02	c6	-8.05E-04	
[0355]		c10	1.57E-04	c11	1.43E-04	c12	-2.12E-05	c13	-1.97E-05	
[0356]		c14	-7.86E-06	c20	-1.22E-07	c21	-2.97E-07	c22	-1.68E-06	
[0357]		c23	5.02E-08	c24	4.48E-09	c25	3.93E-09	c26	9.93E-09	

[0358] 在本实施例中,出射光瞳具有椭圆形状,其沿垂直方向的短轴具有 9.6mm 的长度,并且其沿水平方向的长轴具有 12mm 的长度。第一显示元件 70 和第二显示元件 71 中的每一个中的显示原始图像的显示区域具有约 0.59 英寸 (12mm×9mm) 的对角尺寸。本实施例中的光学系统是这样的显示光学系统,即该显示光学系统以 50 度的水平视角和 38 度的垂

直视点在 z 轴上的沿正方向的无限远位置处显示放大合成图像 61。

[0359] 在本实施例中,两个显示元件 70 和 71 分别显示两个 31 度水平视角,每个该 31 度水平视角包含与 50 度的完整水平视角的一半对应的 25 度视角和与重叠区域对应的 6 度的视角。另一方面,由于垂直视角没有被分割,因此通过显示元件 70 和 71 中的每一个显示 38 度的垂直视角。

[0360] 如上所述,每个实施例可实现能够以宽的视角呈现放大合成图像并且即使当观察者的眼睛转动时也可抑制图像缺失的产生的又小又薄的 HMD。换句话说,每个实施例允许第一光束和第二光束的光束分量在出射光瞳面上重叠,这些光束分量被引向放大合成图像中的相同像点。这使得能够通过消除或减少在显示元件上显示的原始图像的重叠区域,将形成完整视角的光束引向观察者的眼睛(瞳孔)。因此,在每个实施例中,图像信息呈现效率得到提高,这使得容易地实现宽的视角。

[0361] 在实施例 2 ~ 7 中,在出射光瞳面上,被引向放大合成图像中的相同像点的第一光束和第二光束的光束分量的重叠比为出射光瞳的 95% 或更小(更优选地为 85% 或更小、又更优选地为 80% 或更小)。这使得与出射光瞳面上的重叠比为 100% 的情况相比,能够进一步减小光学系统的厚度。虽然在实施例 2 中被描述,但是术语“出射光瞳面上的重叠比为出射光瞳的 95% 或更小”指的是 b/a 的值为 95% (0.95) 或更小,其中 a 代表出射光瞳沿分割视角的方向的宽度, b 代表光束分量相互重叠的区域的宽度。

[0362] 而且,本发明不限于这些实施例,并且,在不背离本发明的范围的条件下可以做出各种变化和修改。

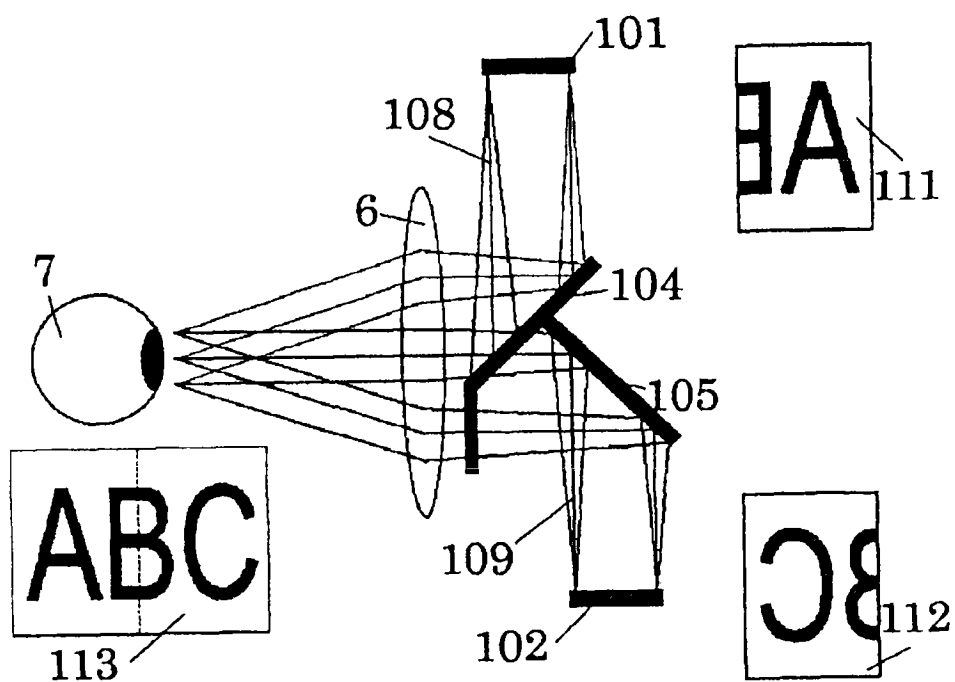


图 1

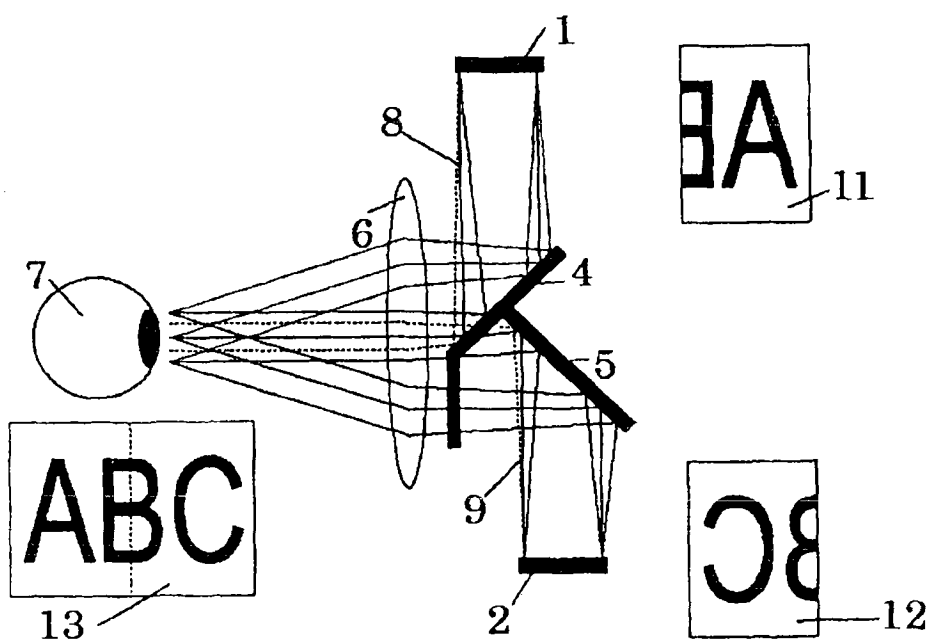


图 2

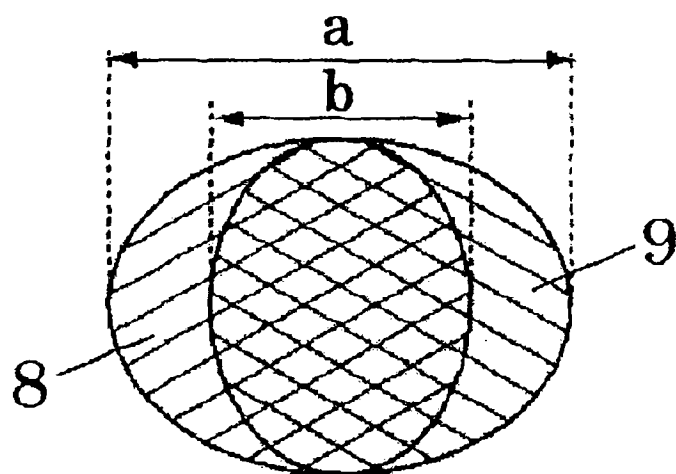


图 3

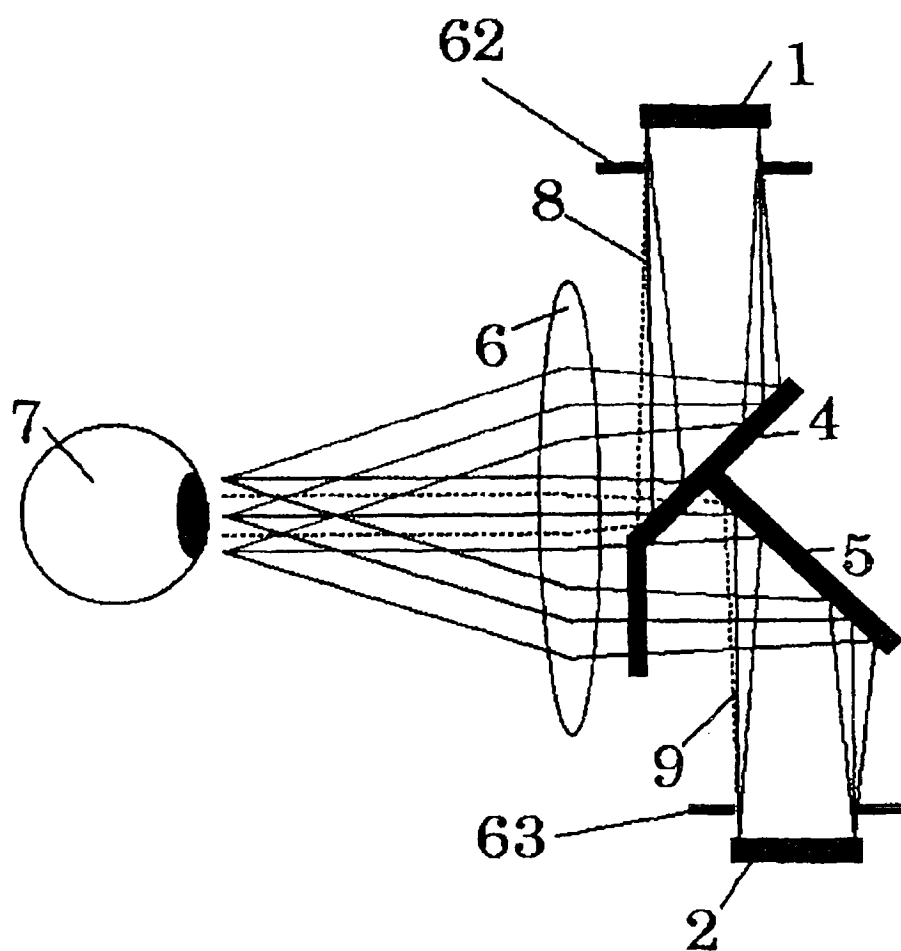


图 4



图 5A

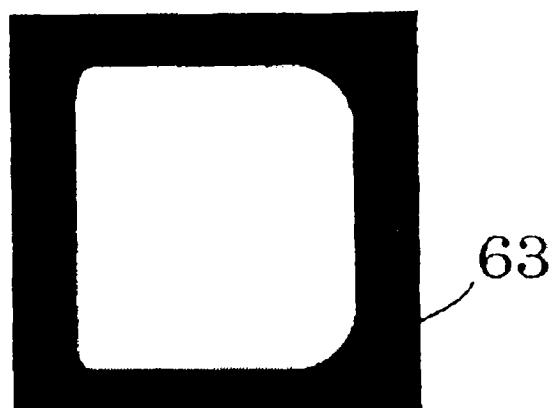


图 5B

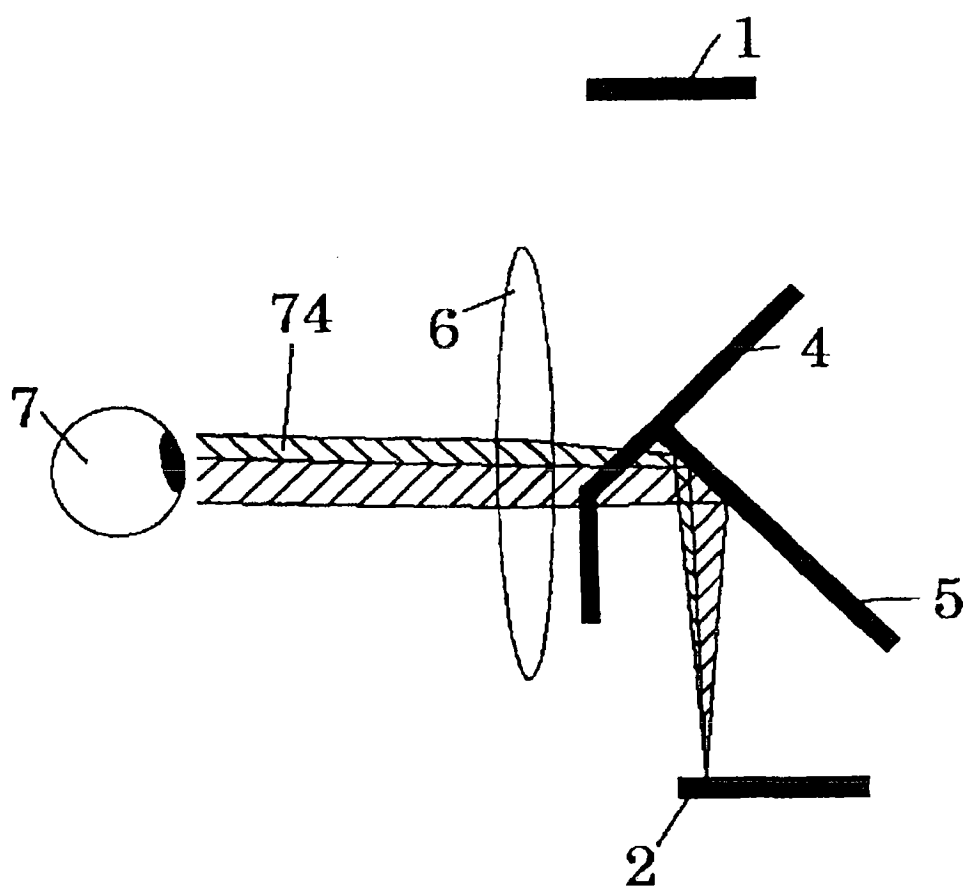


图 6

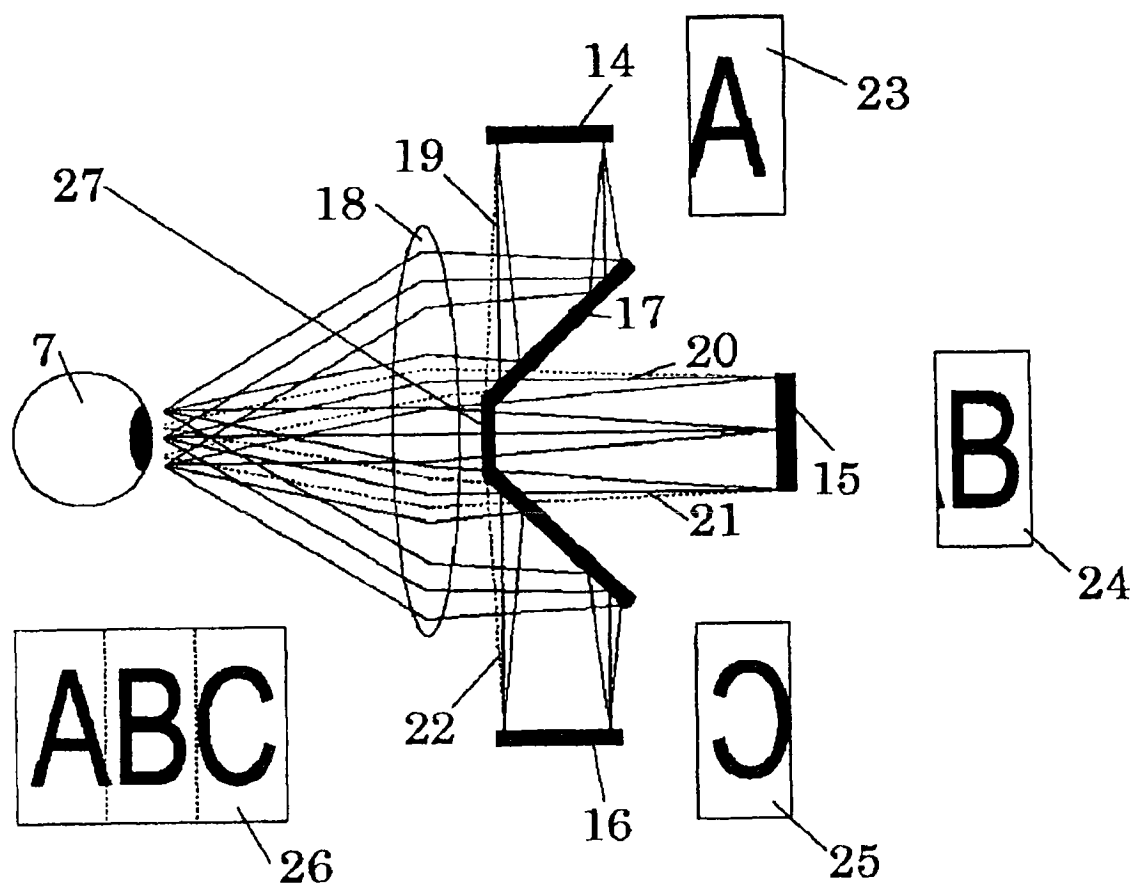


图 7

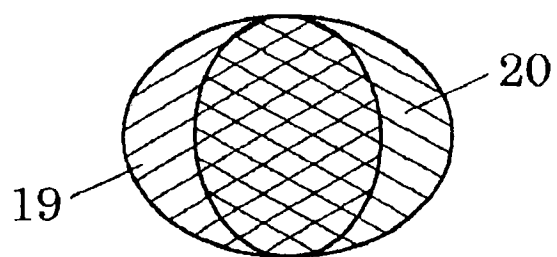


图 8A

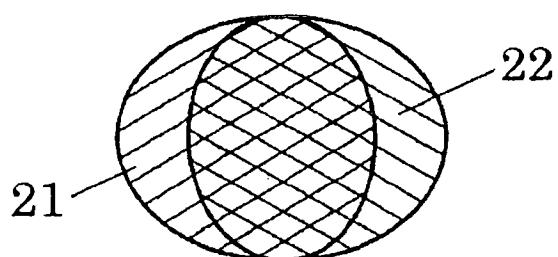


图 8B

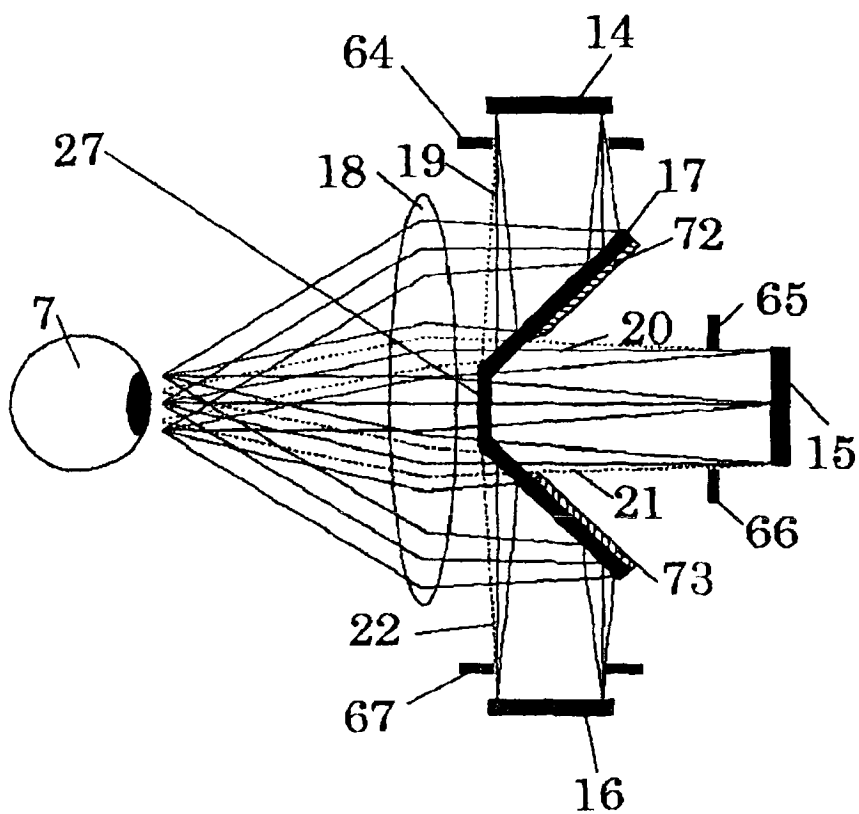


图 9



图 10A

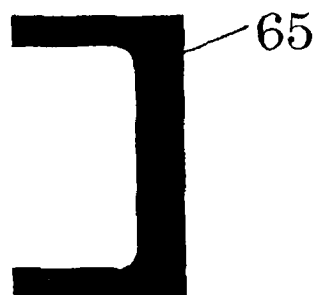


图 10B

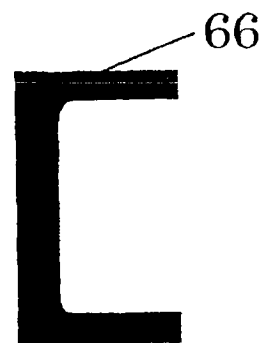


图 10C



图 10D

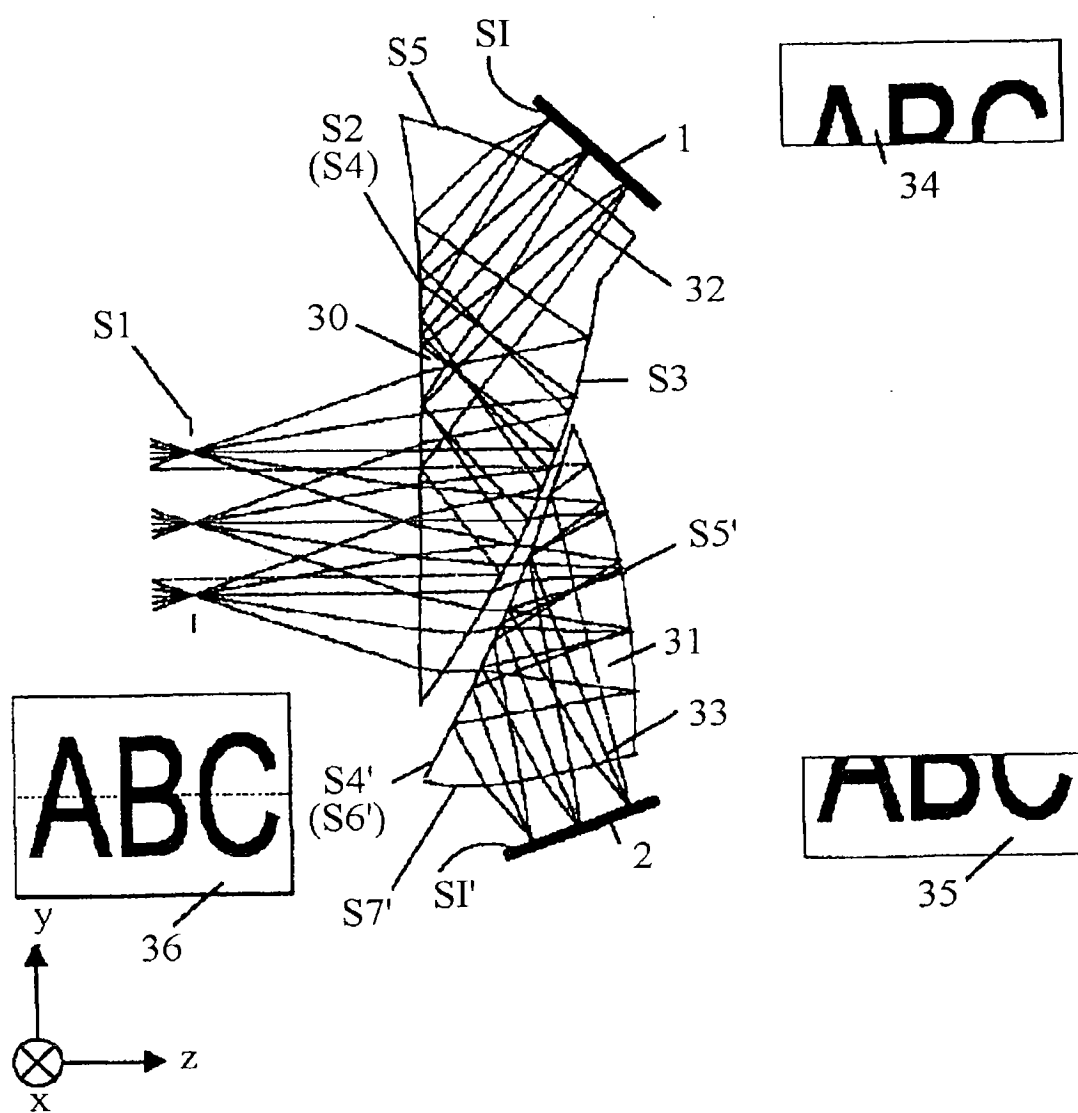


图 11

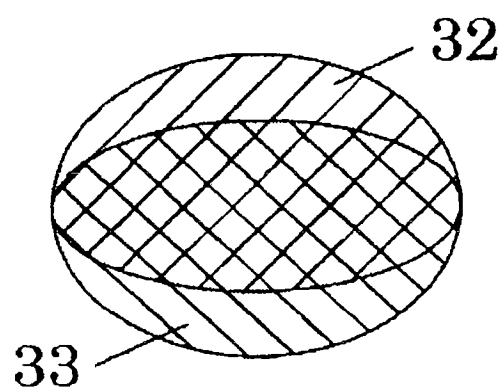


图 12

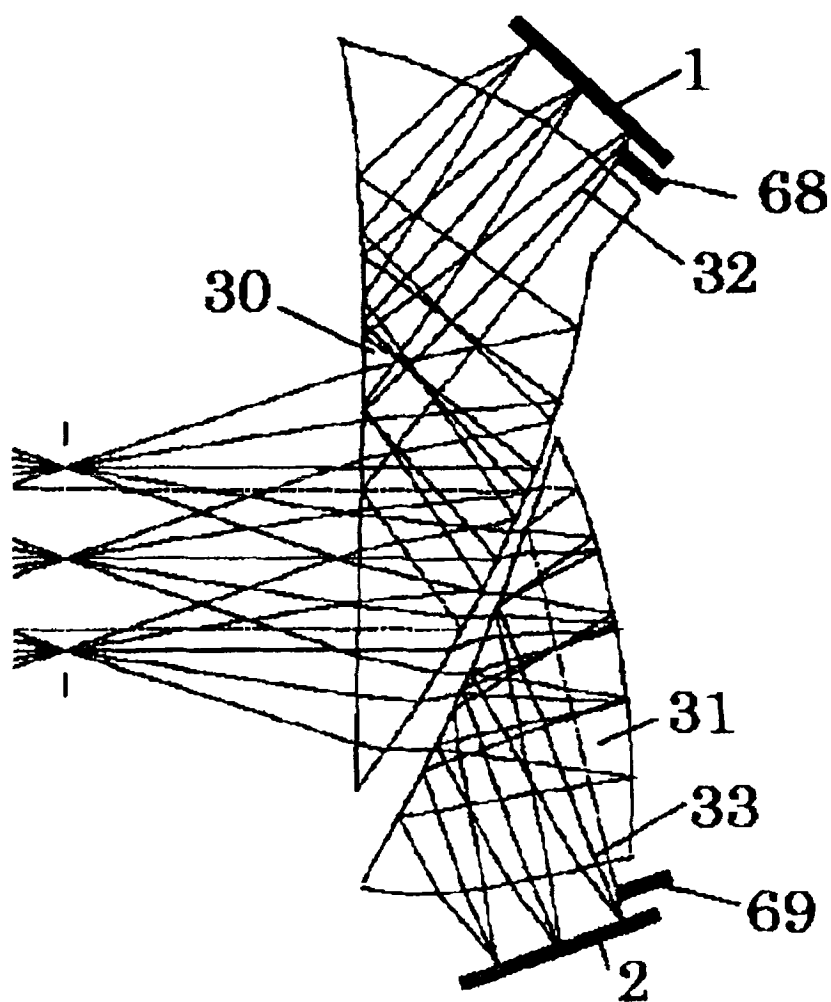


图 13



图 14A



图 14B

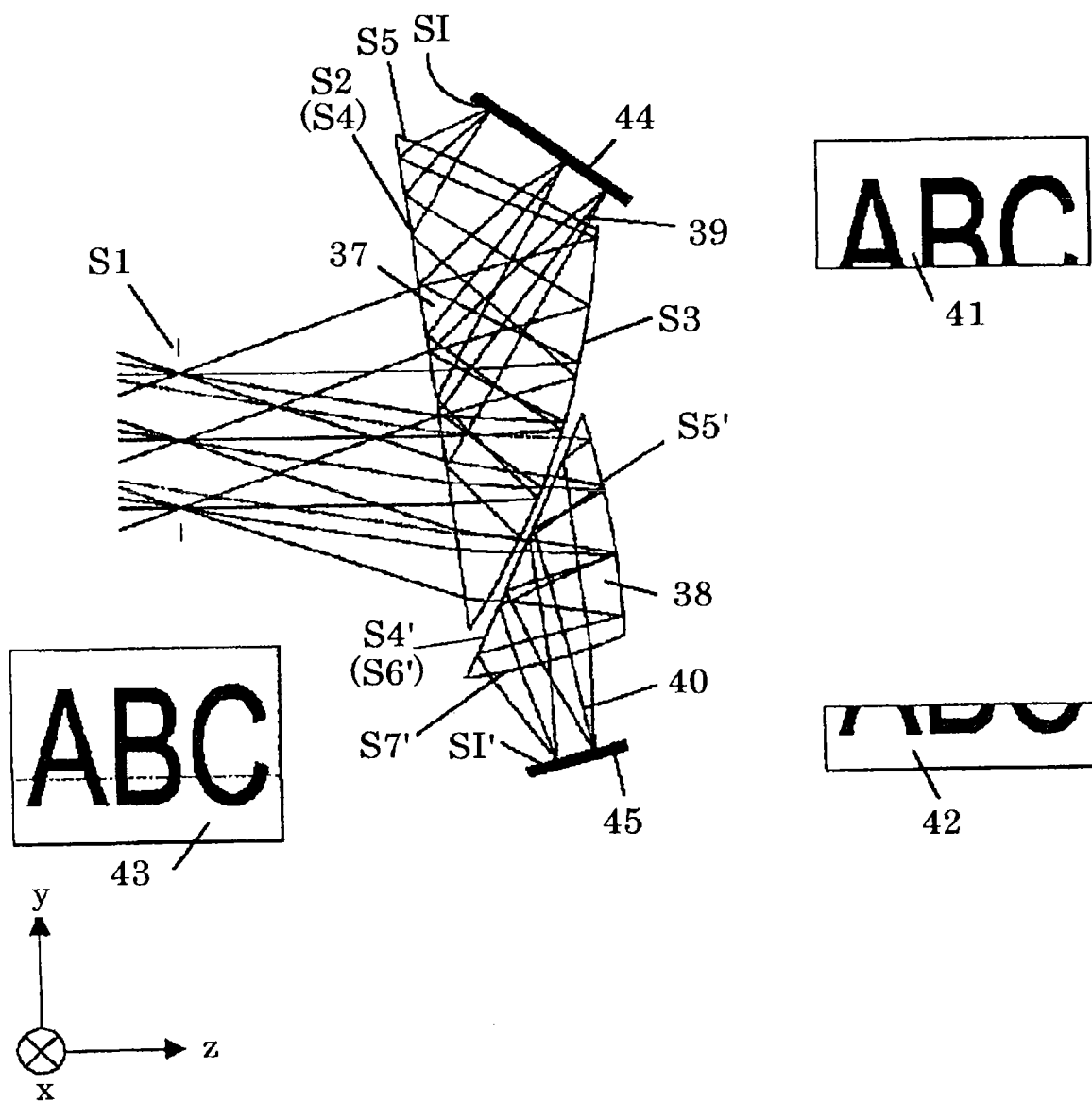


图 15

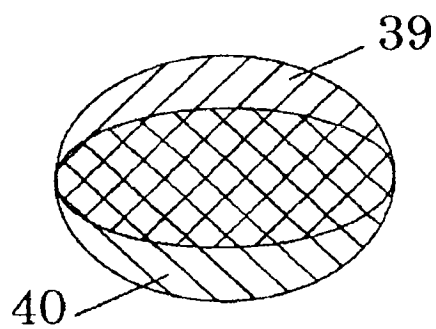


图 16

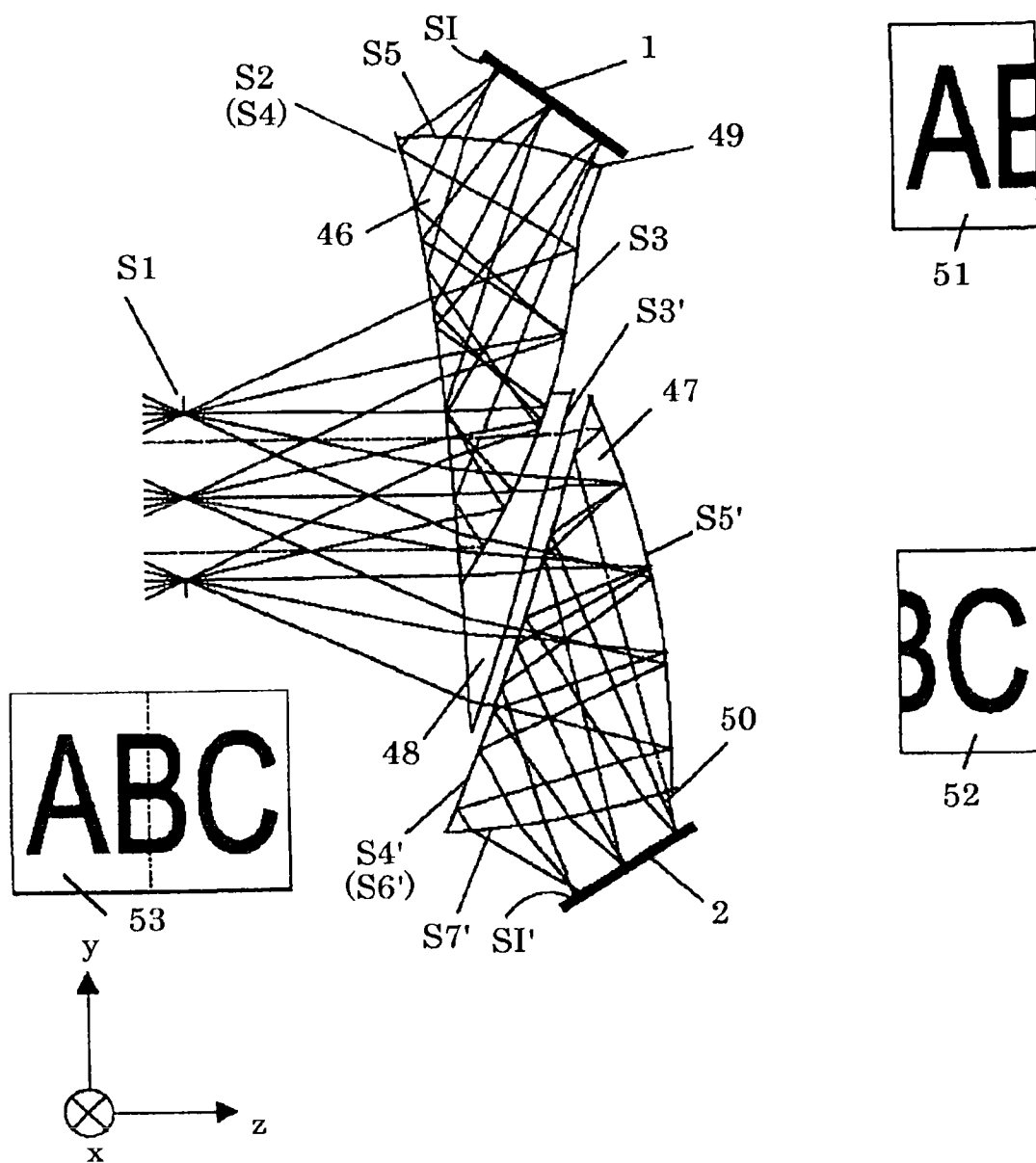


图 17

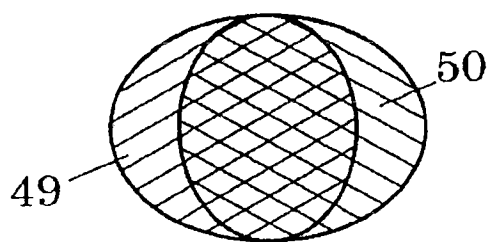


图 18

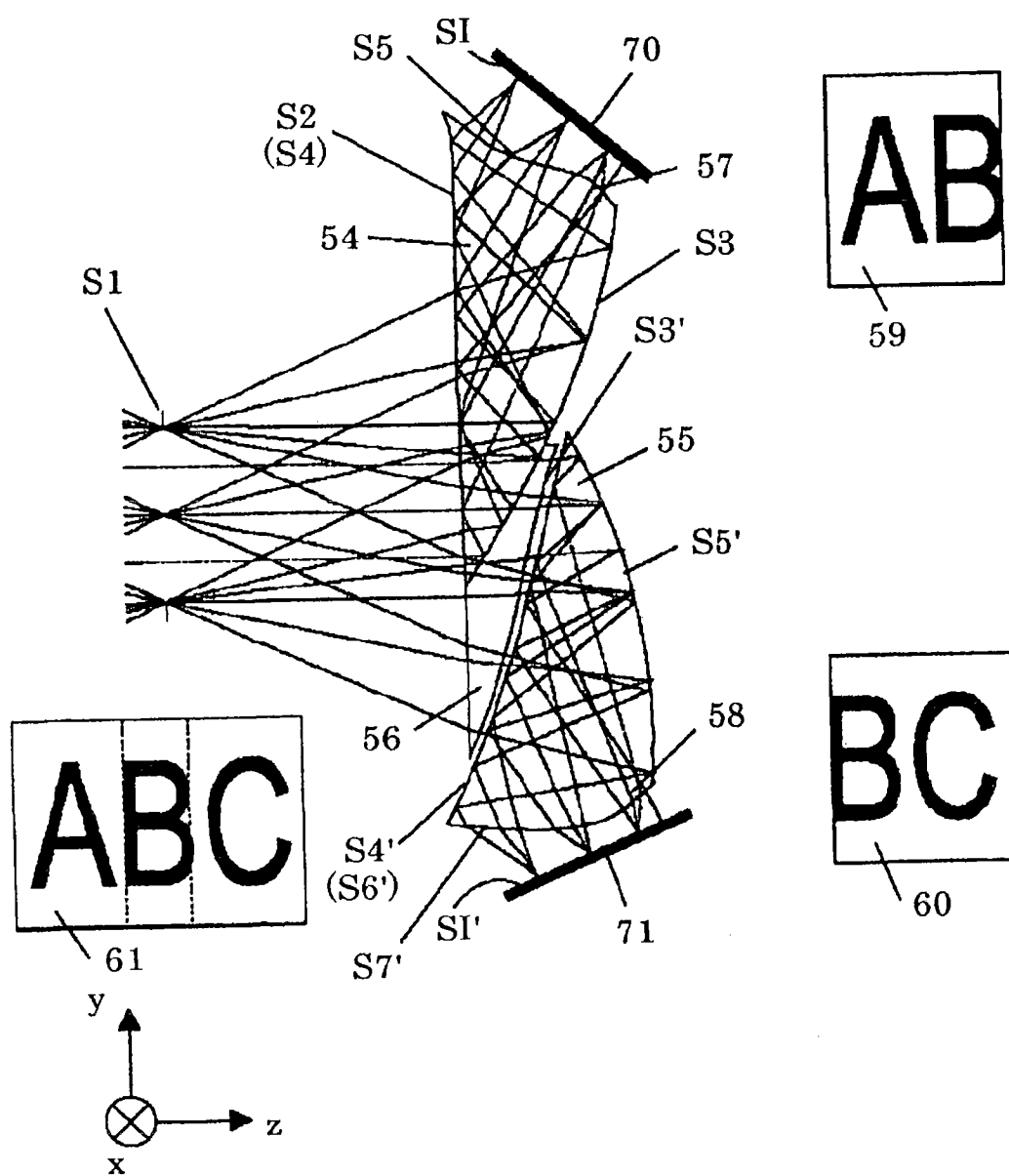


图 19

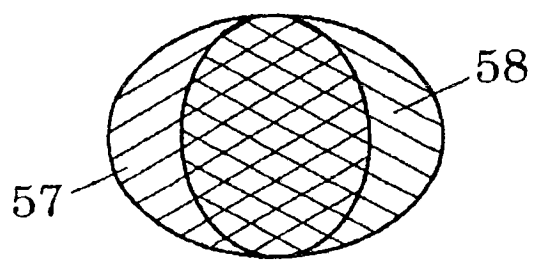


图 20

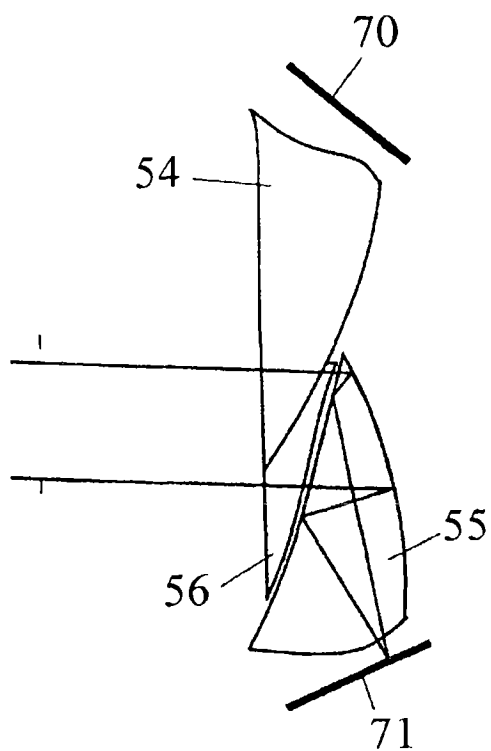


图 21A

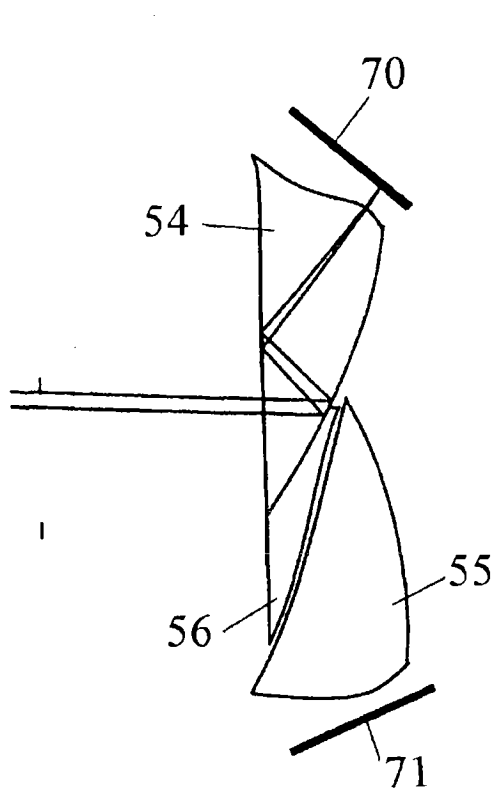


图 21B

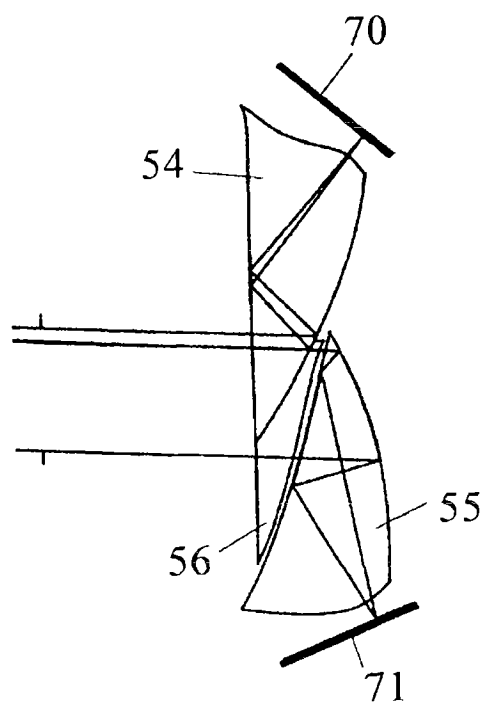


图 21C

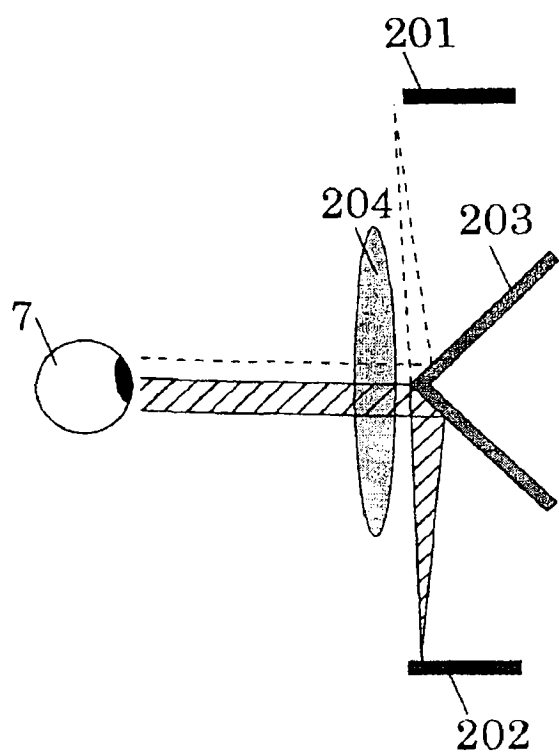


图 22A

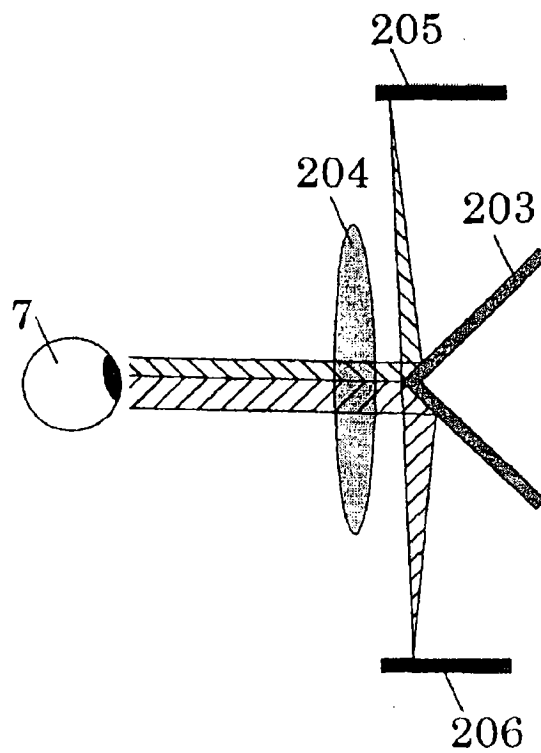


图 22B