



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102289073 B

(45) 授权公告日 2014.01.15

(21) 申请号 201110267927.8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008.11.21

G02B 27/01 (2006.01)

(30) 优先权数据

G02B 26/10 (2006.01)

2007-301487 2007.11.21 JP

(56) 对比文件

2007-312101 2007.12.03 JP

JP 特开平 10-301055 A, 1998.11.13, 全文.

2008-012265 2008.01.23 JP

US 6043799, 2000.03.28, 全文.

2008-112341 2008.04.23 JP

JP 特开 2002-277822 A, 2002.09.25, 全文.

(62) 分案原申请数据

JP 特开 2004-157173 A, 2004.06.03, 全文.

200880002690.7 2008.11.21

JP 特开 2006-39271 A, 2006.02.09, 全文.

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

CN 1771454 A, 2006.05.10, 全文.

地址 日本大阪府

审查员 陈喜杰

(72) 发明人 山本格也 笠澄研一 伊藤达男

权利要求书1页 说明书26页 附图22页

黑塚章 杉山圭司

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

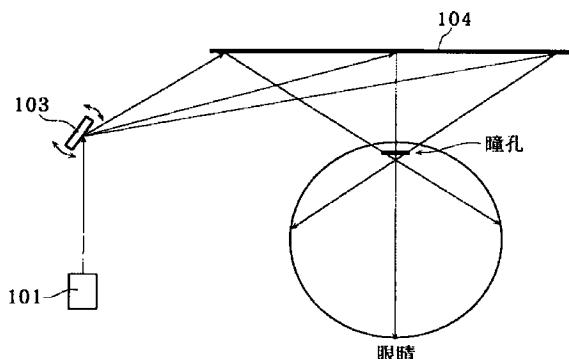
代理人 陈萍

(54) 发明名称

显示装置

(57) 摘要

显示装置包括：图像输出部，包括光源和扫描部，光源输出光束，扫描部在二维方向上扫描由光源输出的光束；偏转部，使在图像输出部输出的光束向用户的眼睛的方向偏转；光检测部；瞳孔位置检测部，根据光检测部的检测结果，检测作为用户的瞳孔中心的位置的瞳孔位置的变化；控制部，通过瞳孔位置检测部的检测结果，按照瞳孔位置从包括第一焦点的位置变化到了包括第二焦点的位置，控制图像输出部的输出，使在瞳孔位置发生变化前和变化后，用户所识别的虚像看上去在同一个方向；偏转部具有偏转特性：能抑制因与用户的瞳孔的相对位置的变化而引起的图像的紊乱，且使由扫描部扫描的光束偏转，使该被偏转的光束聚光于第一焦点和与第一焦点不同的第二焦点。



1. 一种显示装置,将图像显示在用户的视网膜上,包括:

图像输出部,包括光源和扫描部,所述光源输出光束,该光束用于描绘构成所述图像的各个像素,所述扫描部在二维方向上扫描由所述光源输出的光束;

偏转部,使由所述图像输出部输出的光束向用户的眼睛的方向偏转,所述偏转部具有偏转特性,该偏转特性能够抑制因与用户的瞳孔的相对位置的变化而引起的图像的紊乱,且该偏转特性使由所述扫描部扫描的光束偏转,以使得该被偏转的光束聚光于第一焦点和与所述第一焦点不同的第二焦点;

光检测部,检测来自用户瞳孔的反射光;

瞳孔位置检测部,根据所述光检测部的检测结果,检测作为用户的瞳孔中心的位置的瞳孔位置的变化;以及

控制部,通过所述瞳孔位置检测部的检测结果,按照所述瞳孔位置从包括所述第一焦点的位置变化到了包括所述第二焦点的位置,来控制所述图像输出部的输出,以使得在所述瞳孔位置发生变化前和变化后,用户所识别的虚像看上去在同一个方向。

2. 如权利要求1所述的显示装置,

所述控制部控制所述图像输出部的输出,以使得在所述瞳孔位置发生变化前和变化后,描绘同一像素的光束在从所述偏转部到朝向用户的眼睛的区域中几乎成为平行。

3. 如权利要求2所述的显示装置,

所述控制部包括输出图像控制部,该输出图像控制部使所述光源输出用于描绘各个像素的光束,并使该被输出的光束向用户的所述瞳孔位置发生了变化后的方向偏离,从而使得在所述瞳孔位置发生变化前和变化后,描绘同一像素的光束在从所述偏转部到朝向用户的眼睛的区域几乎成为平行。

4. 如权利要求3所述的显示装置,

所述输出图像控制部进一步控制所述图像输出部的输出,以使得在所述瞳孔位置发生变化前和变化后,用户所识别的虚像的大小相同。

5. 如权利要求2所述的显示装置,

所述控制部包括扫描角控制部,该扫描角控制部使所述扫描部将描绘各个像素的光束向用户的所述瞳孔位置发生了变化后的方向偏离来扫描,从而使得在所述瞳孔位置发生变化前和变化后,描绘同一像素的光束在从所述偏转部到朝向用户的眼睛的区域几乎成为平行。

显示装置

[0001] 本分案申请是根据 2009 年 7 月 20 日进入中国国家阶段、国际申请号为 PCT/JP2008/003445、国际申请日为 2008 年 11 月 21 日、发明名称为“显示装置”的申请而提出的。

技术领域

[0002] 本发明涉及头戴式显示器 (HMD) 等显示装置。

背景技术

[0003] 在以往的 HMD(头戴式显示器)等显示装置中采用的方式是，使激光进行二维扫描，并直接描绘到眼睛的视网膜(以下称为激光扫描方式)(例如，参照专利文献 1)。激光扫描方式的显示装置也被称为：视网膜扫描显示器、视网膜照射显示器、视网膜光绘显示器、激光扫描显示器 (Retinal Scanning Display :RSD)、直视型显示装置、虚拟视网膜显示器 (Virtual Retinal Display :VRD) 等。

[0004] 在采用激光扫描方式的 HMD 中，以扫描部对来自激光光源的激光光束进行二维扫描，并通过以配置在眼前的透镜及反射镜的偏转镜将光束偏转向瞳孔的方向，从而通过瞳孔的光束使影像描绘在视网膜上。在此，将来自偏转镜的光束汇集于瞳孔附近的点称为“偏转焦点”，将在以下说明。并且，对于“焦点”和“焦点位置”等用语也作为与偏转焦点具有相同的意思来进行说明。

[0005] 在用户向旁边看，而不使头部转动使眼球转动的情况下，被安装在头部的 HMD 和瞳孔的位置关系会发生变化。这样，偏转焦点和瞳孔位置发生偏离，从而出现的情况是：来自偏转镜的光束就不会通过瞳孔，影像也不会被描绘到视网膜(以下，将这种情况称为“瞳孔偏离”或称为“眼球转动瞳孔偏离”)。是否会发生瞳孔偏离通常可以采用光束是否能够通过直径为 2 至 3 毫米左右的瞳孔来决定。

[0006] 图 23 和图 24 是用于说明瞳孔偏离的图。如图 23 所示，在偏转焦点在瞳孔内的情况下，由于以偏转镜偏转的光束能够通过瞳孔，因此，不会发生瞳孔偏离，影像被描绘到视网膜。但是，在图 24 所示的眼球向左侧转动的情况下，由于偏转焦点在瞳孔外，因此，发生瞳孔偏离，影像不能被描绘到视网膜。

[0007] 例如，在瞳孔直径为 3 毫米的情况下，若瞳孔移动 1.5 毫米以上则发生瞳孔偏离，用户就不会看到影像。若估算瞳孔在移动 1.5 毫米时的画面的视角，在从瞳孔到偏转镜的距离为 15 毫米、从瞳孔到眼球转动中心为 10.5 毫米的情况下显示画面的视角的一侧约为 14 度(左右合计约为 27 度，上下也是同样)，若视线移动到这个范围外侧，则发生瞳孔偏离。

[0008] 另外，图 23 和图 24 是概略图，实际上入射到眼睛的光束会受到角膜和晶状体等的影响而折射，在本发明中重要的是光束是否能够通过瞳孔，因此简单地以图示出了折射的影响。

[0009] 作为瞳孔偏离的对策有使偏转镜具有多个偏转焦点的方法(例如，参照专利文献

2)。如图 25 所示,若偏转镜具有两个偏转焦点,则即使瞳孔移动到左侧,而另一个偏转焦点在瞳孔内,因此能够避开瞳孔偏离。

[0010] 并且,用于头戴式显示器等的图像显示装置是个人用便携式显示终端之中的一个图像显示装置,从可佩戴的观点上来看,采用眼镜的形式是较一般的。在这样的眼睛形状的头戴式显示器中,图像显示装置的输出图像和透过眼镜的镜片所对应的部分而看到的背景图像,在视觉上被同时识别的情况比较多。在将这样的图像显示装置的输出图像和背景图像汇合在一起同时观看时,则希望解决以下所述的诸问题。

[0011] 作为这样的图像显示装置,在具备眼镜的功能的状态下,要想使背景图像和输出图像的虚像融合在一起来看,就需要在光学系统上添加一个以上的半反射镜和用于形成虚像的透镜或凹面镜。因此,出现的问题是,图像显示装置的大小以及重量等会成为使用者的负担,从而导致不能长时间使用。并且,若要使输出图像高清晰化,则图像显示装置就更加大型化,从而增加更大的负担。因此,要解决这样的课题,用于头戴式显示器等的图像显示装置就需要达到小型、轻量且能够显示高清晰度的图像。

[0012] 作为这样眼镜式图像显示装置,提出了视网膜扫描型或激光扫描型图像显示装置,在光源处采用小型、轻量、低耗电量的激光二极管阵列,并且具有能够将多功能的光学功能附加到光学系统的李普曼布拉格全息膜(例如,参照专利文献 3)。通过将光源、检流计反射镜(galvanometer mirror)等光学系统以及驱动电路等小型化并存储到眼镜的左右柄(眼镜腿),从而试图实现小型化、轻量化。

[0013] 然而,在通过这样的眼镜式图像显示装置观看输出图像的情况下,由于照射到人的瞳孔的光线被虹彩遮挡,因此视野变窄,输出图像的一部分或全部不能被看到,或图像出现亮度不均匀。

[0014] 因此,通过在点光源使用高亮度的白色 LED,并将散射板配置到光学系统,从而使来自图像显示装置的空间光调制部的光束扩散变大,因此,光束能够在瞳孔附近扩散成较大的范围。这样,提出了一种图像显示装置,即使眼球从规定的位置以某种程度发生了偏离的情况下,来自空间光调制部的光束也会确实地导入瞳孔内,并且,视野也不会变窄,也不会产生亮度的不均匀(例如,参照专利文献 4)。

[0015] 并且,是否发生瞳孔偏离可以由光束是否能够通过通常直径为 2 至 3 毫米左右的瞳孔来决定。因此,以 HMD 显示的影像的视图角(视角)越大,眼球回转的回转角也就会变大,从而容易发生瞳孔偏离。相反,在以 HMD 显示的画面变小、视角小的情况下,由于为了观看画面的两端的眼球回转角度也比较小,因此,不容易发生瞳孔偏离。

[0016] 图 26 是瞳孔偏离的说明图。瞳孔的位置在瞳孔位置 A 的情况下,来自偏转镜(偏转部)的光束若通过焦点 A,则不发生瞳孔偏离。在这种情况下,用户能够看到影像。但是,在眼球回转,瞳孔移动到瞳孔位置 B 时,汇集到焦点 A 的光束不通过瞳孔,发生瞳孔偏离。在这种情况下,用户看不到影像。

[0017] 作为瞳孔偏离的对策,有使偏转部具有多个焦点的方法(例如,参照专利文献 2)。在图 26,在偏转镜具有两个焦点,即具有焦点 A 和焦点 B,瞳孔在瞳孔位置 A 的情况下,汇集到焦点 A 的光束,以及瞳孔在瞳孔位置 B 的情况下,汇集到焦点 B 的光束,分别到达视网膜,因此不会发生瞳孔偏离。

[0018] 并且,作为视线检测方法具有:使红外光照射到眼睛,利用其反射光检测视线的方

式（例如专利文献 5），以及利用来自扫描激光的眼睛的反射光检测视线的方式（例如专利文献 6）。

- [0019] 专利文献 1 日本特许第 2932636 号公报
- [0020] 专利文献 2 美国特许第 6043799 号说明书
- [0021] 专利文献 3 日本特开平 10-301055 号公报
- [0022] 专利文献 4 日本特开 2000-249971 号公报
- [0023] 专利文献 5 日本特许第 2995876 号公报
- [0024] 专利文献 6 日本特许第 3425818 号公报

[0025] 作为防止瞳孔偏离的对策，如专利文献 2 和图 25 所示的设置多个偏转焦点的方法中存在着很多的课题。例如，由于用户的周围变暗，瞳孔的大小变大的情况下，会出现两个以上的偏转焦点同时进入瞳孔内的情况，这样会在视网膜的不同的位置描绘双重的影像，从而导致画质变差。并且，相反，在瞳孔的大小变小的情况下，不论哪个偏转焦点都会在瞳孔的外侧，从而发生瞳孔偏离。

[0026] 并且，要想在眼球上下左右等不同的方向上回转的情况下回避瞳孔偏离，则需要在上下左右设定其他的偏转焦点，并且需要设置五个偏转焦点。并且，若考虑左上以及右下等其他的方向，则会出现需要设置九个偏转焦点的情况。

[0027] 若设置多个偏转焦点，则一条光束需要由偏转镜分支成多条，并仅使其中的一条通过瞳孔，这样，会造成光利用率降低。为了提高效率则需要大功率的激光光源，这样会增加耗电量。并且，要设置多个偏转焦点，就会使偏转镜的制造方法变得复杂，并且偏转镜的偏转效率以及透过率、厚度、温度特性等诸特性就会降低。若想减少特性的降低，就需要设置多个扫描镜，从而造成显示装置整体变得复杂。

[0028] 并且，在上述所说明的专利文献 4 等以往的技术中，通过图像显示装置观看图像的观看者，在眼球从朝向正面观看背景图像和输出图像的融合图像的中央部的状态，变为使眼球回转想要观看融合图像的周边部的情况下，想要观看的融合图像的相反一侧的一部分光线不能进入到瞳孔，从而出现欠缺或消失。

[0029] 在以往的技术中公开了，是以用户朝向正面为前提条件的，在用户的眼睛相对的位置上来调整图像的位置。然而，对于瞳孔在上下左右方向上移动时的出现的图像的欠缺等问题，并没有给出解决的方法，也没有指出问题的所在。

[0030] 并且，作为瞳孔偏离的对策，在偏转镜使瞳孔附近具有多个焦点的方法中，眼球回转，使来自其他的焦点的光束通过瞳孔，则会出现影像的显示位置和显示大小发生变化。

[0031] 图 27 是本课题的说明图。在偏转镜具有两个焦点，即焦点 A 和焦点 B 的情况下，来自偏转位置 A 的光束既能到达焦点 A 也能够到达焦点 B。据此，瞳孔在瞳孔位置 A 的情况下，能够看到汇集到焦点 A 的光束的影像，瞳孔在瞳孔位置 B 的情况下，能够看到汇集到焦点 B 的光束的影像。

[0032] 然而，由于从偏转位置 A 到焦点 A 的朝向和从偏转位置 A 到焦点 B 的朝向不同，因此显示的影像的朝向也会发生变化。瞳孔在瞳孔位置 A 时，来自偏转位置 A 的光束所显示的影像，作为来自图 27A 的“方向 A1”的方向的影像被用户察觉。在此，在用户转动眼睛，使瞳孔移动到瞳孔位置 B 的情况下，用户希望能够在与“方向 A1”相同的方向的“方向 A2”看到相同的影像，但是，实际上是在不同方向的“方向 B”看到上述的影像，这样，就会产生显示

位置发生了变化的不协调感。

[0033] 用户希望在与方向 A1 相同的方向上看到影像的原因在于到虚拟画面的距离（到显示物体的虚拟位置的距离）。在 HMD，通常从眼睛到偏转镜的距离为 1 至 5 厘米左右，而到虚拟画面的距离在光学上大多被设计成从几米到无限远，两者距离不同。这是因为受到了眼睛的焦点调节功能的制约的影响，一般而言，将到虚拟画面的距离设定为无限远具有减少眼睛疲劳的效果。假设，虚拟画面在无限远，由于从无限远到焦点 A 的方向和到焦点 B 的方向是平行的，因此，用户移动眼睛，使瞳孔从瞳孔位置 A 移动到瞳孔位置 B 时，则用户希望在与“方向 A1”相同的方向即“方向 A2”上看到相同的影像。

[0034] 并且，伴随着焦点的切换出现的问题不仅是显示位置的变化，显示大小也会发生变化。在眼球回转，从焦点 A 切换到焦点 B 的情况下，由于从偏转位置 A 到焦点 A 的距离与到焦点 B 的距离不同，因此，看上去会觉得显示大小发生了变化。因此出现的问题是：从焦点到偏转镜的距离越远，看上去的显示大小就会变小，距离越近，看上去的显示大小就会变大。

[0035] 这些显示位置以及大小的变化，在偏转镜越接近眼睛时变化就会越大，成为 HMD 中的一个严重的问题。

[0036] 并且，在将 HMD 作为眼镜式的情况下，在眼镜上也会出现同样的“眼镜偏离”的问题。“眼镜偏离”是指，眼镜在由用户的鼻子和耳朵支撑时，眼镜的镜片部逐渐下滑而发生的偏离的现象，由于眼镜偏离而造成通过镜片看到的视野歪斜，这样会给用户带来不舒适地佩戴感，用户的脸部印象会发生变化。

[0037] 在眼镜式 HMD 的情况下，由于眼镜偏离而造成眼镜部（偏转镜）和瞳孔的位置关系发生变化，因此导致所述焦点位置和瞳孔的位置关系发生变化。结果是，光束不能通过瞳孔，出现在视网膜不能描绘影像的状况（以下将这种状况记作“佩戴时瞳孔偏离”）。

[0038] 该“佩戴时瞳孔偏离”的问题是，由于伴随着眼球回转，瞳孔偏离的变化量和变化方向不同，因此，专利文献 2 中的眼球回转时的瞳孔偏离对策是不充分的。

发明内容

[0039] 因此，本发明的目的在于实现一种显示装置，其为 HMD 等光束扫描式显示装置，可以不必具有多个偏转焦点就能够减轻瞳孔偏离的问题。

[0040] 并且，本发明为了解决上述以往的问题，目的在于提供一种图像显示装置，观看图像的中央部的观察者在不转动脸部，而仅以眼球的上下左右回转来观看图像的周边部时瞳孔移动，即使在这种情况下该瞳孔的位置发生变化，观察者所观察到的图像也不容易发生欠缺。

[0041] 并且，本发明的目的在于实现一种显示装置，在伴随着眼球回转而瞳孔位置发生变化，在偏转镜使显示光向与该瞳孔位置变化相对应的多个焦点位置偏转的情况下，随着与瞳孔位置相对应的焦点位置的切换，显示影像的位置以及大小发生变化的问题能够得以解决。

[0042] 并且，本发明的目的在于提供一种显示装置，在眼镜式 HMD 发生眼镜偏离的情况下，因佩戴时瞳孔偏离而造成的看不到影像的问题能够得以解决。

[0043] 本发明所涉及的显示装置，将图像显示在用户的视网膜上，包括：图像输出部，输

出图像的显示光；以及偏转部，使在所述图像输出部输出的显示光向用户的眼睛的方向偏转。并且，所述偏转部具有偏转特性，该偏转特性能够抑制因与用户的瞳孔的相对位置的变化而引起的图像的紊乱。通过本构成，由于对一部分区域进行了恰当地设定，因此能够变更并调整瞳孔偏离的发生条件，从而实现了能够减轻瞳孔偏离问题的HMD。

[0044] 并且，也可以是，所述图像输出部包括光源和扫描部，所述光源输出光束，该光束用于描绘构成所述图像的各个像素，所述扫描部在二维方向上扫描由所述光源输出的光束；所述偏转部包括左眼用偏转部和右眼用偏转部，所述左眼用偏转部使由所述扫描部扫描的光束朝用户的左眼的方向偏转，所述右眼用偏转部使由所述扫描部扫描的光束朝用户的右眼的方向偏转；所述左眼用偏转部具有偏转特性，该偏转特性使光束偏转，以使得被扫描到虚拟线左侧的左侧偏转区域的光束和被扫描到虚拟线右侧的右侧偏转区域的光束朝向瞳孔的入射角，相对于所述虚拟线为左右非对称，所述虚拟线通过瞳孔中心，并与所述偏转部垂直；所述左眼用偏转部具有偏转特性，该偏转特性使光束偏转，以使得被扫描到虚拟线左侧的左侧偏转区域的光束和被扫描到虚拟线右侧的右侧偏转区域的光束朝向瞳孔的入射角，相对于所述虚拟线为左右非对称，所述虚拟线通过瞳孔中心，并与所述偏转部垂直。

[0045] 通过具有这样的构成，在因眼球的回转而瞳孔移动了的情况下，观看者至少能够以一侧的眼睛来看图像。这样，能够实现输出的图像没有欠缺的显示装置，并且能够识别从图像输出部输出的影像的全体。

[0046] 并且，所述图像输出部包括光源和扫描部，所述光源输出光束，该光束用于描绘构成所述图像的各个像素，所述扫描部在二维方向上扫描由所述光源输出的光束；所述偏转部具有偏转特性，该偏转特性使由所述扫描部扫描的光束偏转，以使得该被偏转的光束聚光于第一焦点和与所述第一焦点不同的第二焦点。

[0047] 并且，也可以是，该显示装置进一步包括：光检测部，检测来自用户瞳孔的反射光；瞳孔位置检测部，根据所述光检测部的检测结果，检测作为用户的瞳孔中心的位置的瞳孔位置的变化；以及控制部，通过所述瞳孔位置检测部的检测结果，按照所述瞳孔位置从包括所述第一焦点的位置变化到了包括所述第二焦点的位置，来控制所述图像输出部的输出，以使得在所述瞳孔位置发生变化前和变化后，用户所识别的虚像看上去在同一个方向。

[0048] 通过本构成，能够减少伴随与瞳孔位置相对应的焦点位置的切换而带来的显示影像的位置以及大小的变化。并且，由于偏转部越接近眼睛所述变化就越大，因此，通过本构成能够使偏转部靠近眼睛设置。并且，作为瞳孔偏离的对策，需要使偏转部具有多个焦点的方法中所出现的问题也得到了解决，这样，对于容易发生瞳孔偏离的广角大画面的HMD而言，也能够在解决瞳孔偏离的基础上实现广角大画面的HMD。

[0049] 并且，也可以是，所述控制部控制所述图像输出部的输出，以使得在所述瞳孔距离发生变化前和变化后，描绘同一像素的光束在从所述偏转部到朝向用户的眼睛的区域中几乎成为平行。

[0050] 通过本构成，能够减少例如伴随与瞳孔位置相对应的焦点位置向左切换而带来的显示影像的位置向右偏离的变化。并且，能够减少随着与瞳孔位置相对应的焦点位置向上切换而带来的显示影像的位置向下偏离的变化。

[0051] 并且，也可以是，所述控制部包括输出图像控制部，该输出图像控制部使所述光源

输出用于描绘各个像素的光束，并使该被输出的光束向用户的所述瞳孔位置发生了变化后的方向偏离，从而使得在所述瞳孔位置发生变化前和变化后，描绘同一像素的光束在从所述偏转部到朝向用户的眼睛的区域几乎成为平行。通过本构成，能够减少伴随着与瞳孔位置相对应的焦点位置的切换而带来的被显示在无限远的虚拟画面上的显示图像的位置的变化。

[0052] 通过本构成，即使在眼镜式 HMD 发生眼镜偏离，也能够解决佩戴时瞳孔偏离的问题，从而能够达到不容易发生看不到影像的状况。并且，由于缓解了眼镜偏离的问题，因此能够实现比较容易发生眼镜偏离的较重的 HMD、重量平衡在前方（镜片部）的 HMD、鼻子以及耳朵的接触面积少的 HMD。并且，能够减少将 HMD 作为眼镜式的问题，从而能够将 HMD 制成眼镜式。

[0053] 在本发明的显示装置中，通过将偏转特性附加到偏转部，从而实现了能够减轻瞳孔偏离的问题的 HMD，所述偏转特性能够抑制因偏转部和用户的瞳孔的相对位置发生变化而造成的图像紊乱。

[0054] 并且，在本发明的显示装置，偏转部按照光束朝向瞳孔的入射角，使光束以不同的位置入射到瞳孔，从而在 HMD 等光束扫描式显示装置中，可以不必具有多个偏转焦点，就能够达到减轻瞳孔偏离的问题。由于不需要设置多个偏转焦点，因此能够达到回避因多个偏转焦点而带来的问题，例如可以回避以下的问题：在视网膜上描绘双重图像的问题、光束的光利用效率低的问题、需要大功率光源的问题、耗电量多的问题、偏转部的制造方法复杂化的问题、偏转部的诸特性降低的问题、以及显示装置整体变得复杂得问题等。

[0055] 并且，本发明的图像显示装置能够以高亮度显示具有良好地色彩再现性及高精细的影像，并且即使在眼球回转使瞳孔移动了的情况下，也至少可以使一侧的眼睛能够看到图像，因此实现了不会发生输出图像的欠缺、且小型低耗电量的图像显示装置。

[0056] 并且，在本发明的显示装置中，伴随着眼球的回转瞳孔位置发生变化，在偏转部将显示光偏转向与变化了的瞳孔位置相对应的多个焦点位置的情况下，能够减少因切换与瞳孔位置相对应的焦点位置而造成的显示影像的位置以及大小的变化。并且，由于偏转部越接近眼睛所述的变化就会越大，因此，通过本构成能够将偏转部配置到靠近眼睛的位置。并且，作为瞳孔偏离的对策而使偏转部具有多个焦点的方法中所出现的问题也得到了解决，从而能够实现广角且大画面的 HMD。

[0057] 并且，在本发明的显示装置，即使在眼镜式 HMD 发生了眼镜偏离，也能够解消佩戴时瞳孔偏离的问题，从而不容易产生看不到影像的状况。并且，由于减少了眼镜偏离的问题，因此，能够实现容易引起眼镜偏离的、较重的 HMD，以及前方（镜片部）较重的 HMD，并且能够实现与鼻子和耳朵周边接触面积少的 HMD。并且，由于能够减少将 HMD 作为眼镜式时所出现的问题，因此能够将 HMD 作为眼镜式。

附图说明

[0058] 图 1A 是实施例 1 中所涉及的显示装置的平面图。

[0059] 图 1B 是实施例 1 中所涉及的显示装置的侧面图。

[0060] 图 2 示出了实施例 1 所涉及的显示装置的详细构成。

[0061] 图 3 是实施例 1 所涉及的显示装置的功能方框图。

- [0062] 图 4 示出了在实施例 1 所涉及的显示装置中, 用户的眼睛朝向正面时的状态。
- [0063] 图 5 示出了在实施例 1 所涉及的显示装置中, 用户的眼睛朝向左侧时的状态。
- [0064] 图 6A 示出了将偏转特性附加到偏转部的一个例子。
- [0065] 图 6B 示出了将偏转特性附加到偏转部的其他的例子。
- [0066] 图 6C 示出了将偏转特性附加到偏转部的其他的例子。
- [0067] 图 6D 示出了将偏转特性附加到偏转部的其他的例子。
- [0068] 图 6E 示出了将偏转特性附加到偏转部的其他的例子。
- [0069] 图 6F 示出了将偏转特性附加到偏转部的其他的例子。
- [0070] 图 6G 示出了将偏转特性附加到偏转部的其他的例子。
- [0071] 图 7 示出了实施例 2 所涉及的显示装置的概率构成。
- [0072] 图 8A 示出了在实施例 2 所涉及的显示装置中, 用户的眼睛朝向正面时的状态。
- [0073] 图 8B 示出了在以往的显示装置中, 用户的眼睛朝向正面时的状态。
- [0074] 图 9A 示出了在实施例 2 所涉及的显示装置中, 用户的眼睛朝向左侧时的状态。
- [0075] 图 9B 示出了在以往的显示装置中, 用户的眼睛朝向左侧时的状态。
- [0076] 图 10A 是实施例 2 所涉及的显示装置的光检测部的概率构成图。
- [0077] 图 10B 示出了实施例 2 所涉及的显示装置的光检测部的其他的例子。
- [0078] 图 11 是实施例 2 所涉及的显示装置的功能方框图。
- [0079] 图 12 是实施例 3 所涉及的显示装置的概率构成图。
- [0080] 图 13 示出了在实施例 3 所涉及的显示装置中, 用户的眼睛朝向正面时的状态。
- [0081] 图 14 示出了在实施例 3 所涉及的显示装置中, 用户的眼睛朝向左侧时的状态。
- [0082] 图 15 是实施例 4 所涉及的显示装置的功能方框图。
- [0083] 图 16 是实施例 4 所涉及的显示装置的工作的流程图。
- [0084] 图 17 示出了在瞳孔位置发生了变化的情况下显示装置的工作例子。
- [0085] 图 18 示出了在瞳孔位置发生了变化的情况下显示装置的显示例子。
- [0086] 图 19A 示出了用户在佩戴实施例 5 所涉及的显示装置时的状态。
- [0087] 图 19B 示出了偏转部的位置从图 19A 的状态向下方偏离时的状态。
- [0088] 图 20 是实施例 5 所涉及的显示装置的功能方框图。
- [0089] 图 21 示出了本发明所涉及的显示装置的用途的一个例子。
- [0090] 图 22 示出了本发明所涉及的显示装置的用途的其他的例子。
- [0091] 图 23 示出了在以往的显示装置中, 用户的眼睛朝向正面时的状态。
- [0092] 图 24 示出了在以往的显示装置中, 用户的眼睛朝向左侧时的状态。
- [0093] 图 25 示出了具备具有多个焦点的偏转镜的以往的显示装置。
- [0094] 图 26 示出了在以往的显示装置中, 瞳孔位置发生变化时的前后状态。
- [0095] 图 27 示出了在以往的显示装置中, 能够看到图像的方向。
- [0096] 符号说明
- [0097] 2 射出光
- [0098] 2b 反射光
- [0099] 2B 蓝色激光
- [0100] 2G 绿色激光

- [0101] 2R 红色激光
- [0102] 4a 可动反射镜
- [0103] 6 总括控制部
- [0104] 7 瞳孔
- [0105] 8a 视网膜
- [0106] 8b 虹彩
- [0107] 8L 左眼
- [0108] 8R 右眼
- [0109] 9 瞳孔间距离
- [0110] 10、30 显示装置
- [0111] 11L、11R 聚光位置
- [0112] 12 聚光位置间距离
- [0113] 13 RGB 光源
- [0114] 14 激光
- [0115] 14a 反射镜
- [0116] 14b、17a、17b 二色镜
- [0117] 14c 透镜
- [0118] 15a 反射面
- [0119] 15L、15R 全息反射镜
- [0120] 16 偏转部位置调整部
- [0121] 16L、16R 驱动部
- [0122] 17c 受光控制部
- [0123] 18 中心线
- [0124] 19 布线
- [0125] 20、20L、20R、32、32L、32R 影像
- [0126] 31、31L、31R 视野
- [0127] 61 光量控制部
- [0128] 62 偏转部位置控制部
- [0129] 3L、3R、100 图像输出部
- [0130] 1L、1R、101、110 光源
- [0131] 102、109 波阵面形状变更部
- [0132] 4L、4R、103、108 扫描部
- [0133] 15、104、107 偏转部
- [0134] 5L、5R、105、111 控制部
- [0135] 106、112 耳机部
- [0136] 120 相对位置检测部
- [0137] 121、122 透镜
- [0138] 123、124 眼镜腿
- [0139] 201 焦距水平分量变更部

- [0140] 202 焦距垂直分量变更部
- [0141] 215 回转体
- [0142] 13r、211 红色激光
- [0143] 13b、212 蓝色激光
- [0144] 13g、213 绿色激光
- [0145] 17、17B、17G、17R、214 光检测部
- [0146] 401 偏转部支承部
- [0147] 501 中央处理部
- [0148] 502 存储部
- [0149] 503 输入输出控制部
- [0150] 510 光源输入输出控制部
- [0151] 511 波阵面形状变更输入输出控制部
- [0152] 512 扫描输入输出控制部
- [0153] 513 偏转输入输出控制部
- [0154] 514 耳机输入输出控制部
- [0155] 515 电源输入输出控制部
- [0156] 516 通信输入输出控制部
- [0157] 520 通信部
- [0158] 801、802、803、804、805、806L、806R 偏转特性
- [0159] 1051A 瞳孔位置检测部
- [0160] 1052A 输出图像控制部
- [0161] 1053A 扫描角控制部
- [0162] 1051B 相对位置算出部
- [0163] 1052B 扫描部位置调整部

具体实施方式

- [0164] 以下参照附图对本发明的实施例进行说明。
- [0165] (实施例 1)
 - [0166] 参照图 1A、图 1B、图 2、以及图 3 对作为本发明的实施例 1 所涉及的光束扫描式显示装置（“图像显示装置”或“显示装置”）的眼镜式 HMD 进行说明。另外，图 1A 是显示装置的平面图，图 1B 是显示装置的侧面图，图 2 是图 1A 的一部分的详细图，图 3 是显示装置的功能方框图。
 - [0167] 实施例 1 所涉及的眼镜式 HMD 包括：显示装置、被设置在用户的左右眼的位置上的透镜 121 和 122、一对眼镜腿 123 和 124，一端与透镜 121 和 122 连接，另一端被固定在用户的侧头部。
 - [0168] 如图 1A、图 1B、以及图 2 所示，显示装置包括：光源 101、110，输出用于描绘构成显示图像的各个像素的光束；波阵面形状变更部 102、109，变更从光源 101、110 输出的光束的波阵面形状；扫描部 103、108，将从波阵面形状变更部 102、109 输出的光束二维扫描向偏转部 104、107；偏转部 104、107，使扫描部 103、108 的扫描光向用户的眼睛方向偏转；控制部

105、111，控制上述的各个部；以及耳机部 106、112。

[0169] 并且，以光源 101、波阵面形状变更部 102 以及扫描部 103 构成左眼用图像输出部 100。同样，以光源 110、波阵面形状变更部 109 以及扫描部 108 构成右眼用图像输出部（未图示）。

[0170] 另外，在该实施例中，光源 101 和 110、波阵面形状变更部 102 和 109、扫描部 103 和 108、控制部 105 和 111、以及耳机部 106 和 112 被容纳在眼镜腿 123 和 124 中，偏转部 104 和 107 被设置在透镜 121、122 的与用户的眼睛相对的一侧。

[0171] 光源 101 输出光束。如图 2 所示，输出光束为对从红色激光光源 211、蓝色激光光源 212、绿色激光光源 213 输出的各个激光进行合波而得到的激光，通过对来自各个色彩的激光光源 211、212、213 的输出进行适当地调制，从而能够输出任意的色彩的激光。并且，可以通过与波阵面形状变更部 102 和 109 以及扫描部 103 和 108 等连动调制，从而能够将图像显示在用户的眼睛的视网膜上。

[0172] 并且，在图 2 中，红色激光光源 211 是输出红色激光的半导体激光光源，蓝色激光光源 212 为输出蓝色激光的半导体激光光源。另外，绿色激光光源 213 是由红外线的半导体激光光源和将红外线变换为绿色的 SHG (Second-Harmonic Generation：二次谐波振荡) 元件组合而构成的。然而，并非受此所限，可以将绿色激光光源 213 作为输出绿色激光的半导体激光光源，也可以将各个光源作为固体激光器、液体激光器、气体激光器、以及发光二极管。

[0173] 并且，在图 2 中是对各个色彩的激光光源 211、212、213 的激光进行调制的，不过也可以通过将强度调制部与激光光源 211、212、213 组合起来利用，从而对激光进行调制，所述强度调制部调制从激光光源 211、212、213 输出的光。即使是以一定强度输出的激光光源 211、212、213，也可以与强度调制部组合，来适用于本发明。

[0174] 红色激光光源 211 和蓝色激光光源 212 以及绿色激光光源 213 通过对输出的光束的强度分别进行适当地调制，来表现被显示在视网膜上的像素的色相以及色度和亮度。并且，除上述的调制控制以外，也可以进行考虑了扫描部 103 和偏转部 104 等、从光源 101 到眼睛的光学系统的影响的校正控制。例如，由于来自扫描部 103 的光束斜着入射到偏转部 104，因此显示区域呈梯形等向矩形外歪斜。因此，也可以使激光的输出控制与扫描部 103 连动，而成为为了使显示区域成为矩形而预先进行逆校正的形状的显示区域。

[0175] 并且，光源 101 也可以包括图 2 所示的光检测部 214。光检测部 214 检测来自用户的眼睛的反射光的强度。能够根据反射光的强度变化，推测视线的方向，或推测瞳孔的位置。

[0176] 波阵面形状变更部 102 使来自光源 101 的光束的波阵面形状发生变化，从而使在偏转部 104 被偏转了的光束的光点大小在规定的范围内。光束的“光点大小”作为以后将要说明的用户的眼睛中的视网膜上的光点大小，可以是瞳孔上的光点大小、角膜上的光点大小、以及偏转部 104 上的光点大小。视网膜上的光点大小与显示的像素大小相同。并且，“波阵面形状”是指光束波阵面的三维形状，包括平面、球面、以及非球面的形状。

[0177] 图 2 所示的波阵面形状变更部 102 中的焦距水平分量变更部 201 和焦距垂直分量变更部 202 在光路上被串联配置。据此，光束的水平方向的曲率和垂直方向的曲率能够被单独变更。焦距水平分量变更部 201 通过变更柱面透镜和反射镜的距离，来变更水平方向

的曲率。焦距垂直分量变更部 202 通过采用针对焦距水平分量变更部 201 的柱面透镜垂直设置柱面透镜, 来变更垂直方向上的曲率。并且, 焦距水平分量变更部 201 和焦距垂直分量变更部 202 都随曲率半径的变更, 而光束的直径发生变化。

[0178] 并且, 若将水平方向的曲率的变化大于垂直方向的变化, 则可以通过水平方向的变化来使对应的范围扩大, 从而, 在需要使画面的水平视角大于垂直视角的情况、以及如在侧头部设置扫描部 103 等情况时, 从扫描部 103 到偏转部 104 的光束的水平入射角比垂直入射角大的情况下尤其见效。

[0179] 并且, 在图 2 中, 在表示波阵面形状的项目中, 变更的是诸如水平方向的曲率半径和垂直方向的曲率半径以及各自的光束的直径的波阵面形状的一部分, 不过也可以采用变更其他项目的办法, 例如可以变更波阵面内的曲率的分布以及波阵面端部的形状以及大小等。通过这些方法, 能够使象差的影响减少, 提高显示的画质。

[0180] 而且, 在图 2 的波阵面形状变更部 102, 虽然是利用柱面透镜和反射镜来变更波阵面形状的, 不过, 也可以利用其他的方法, 例如利用液晶透镜、液体透镜等可变形状的透镜、以及衍射元件、EO 元件(电-光转换元件)等。

[0181] 扫描部 103 使从波阵面形状变更部 102 输出的光束二维扫描。扫描部 103 是能够使角度在二维上发生变更的小型单片反射镜, 更具体地, 是 MEMS(Micro-Electro-Mechanical System: 微机电系统)反射镜。

[0182] 另外, 扫描部 103 也可以通过水平扫描用和垂直扫描用这样的两种以上的扫描部的组合来实现。通过使水平扫描部和垂直扫描部分开, 从而一方的振动不会对另一方产生大的影响, 扫描部的构成能够变得简单。

[0183] 并且, 扫描部 103 不仅限于在物理上使反射镜倾斜的方法, 也可以采用使透镜移动、衍射元件旋转的方法, 以及可以采用液晶透镜、可变形透镜、AO 元件(声光学元件)和 EO 元件(电-光转换元件)等偏转元件的方法。

[0184] 偏转部 104 使扫描部 103 扫描的方向偏转于朝向用户的眼睛的方向。偏转部 104 被制造成, 例如在眼镜的镜片的内表面, 形成光聚合物层, 并在光聚合物层形成李普曼全息图, 据此, 来自扫描部 103 的光束被衍射向用户的眼睛的方向。在光聚合物层可以形成多层分别反射来自红色、绿色、蓝色的激光光源 211、212、213 的光的三个全息图, 也可以层叠与各个颜色的光相对应的三层全息图。

[0185] 并且, 通过使光聚合物层成为, 利用全息图的波长选择性, 仅使光源波长的光衍射, 不使几乎来自外界的所有的光, 也就是说光源波长以外的波长的光衍射, 从而可以作为透射型的显示器。通过由全息图的衍射来使光束偏转, 从而使偏转部 104 变薄。

[0186] 另外, 关于全息图的形成, 可以在透镜 121、122 的表面形成光聚合物层, 并通过使物体光和基准光束曝光来形成。例如, 从透镜 121、122 的外侧(图 1A 的透镜 121、122 的上侧)将物体光照射到偏转部 104 和 107, 从扫描部 103 和 108 将基准光束照射到偏转部 104 和 107。在此, 通过调整物体光的入射角度等, 能够将图 6A 至图 6G 所示的各种偏转特性 801 至 806R 附加到偏转部 104 和 107。

[0187] 控制部 105 具备控制 HMD 各个部的集成电路。如图 3 所示, 控制部 105 可以包括: 中央处理部 501、存储部 502、以及输入输出控制部 503。

[0188] 中央处理部 501 与存储部 502 和输入输出控制部 503 进行信号的交接, 并统括显

示装置整体的处理。存储部 502 存储在控制部 105 使用的数据。

[0189] 输入输出控制部 503 控制向成为控制部 105 的控制对象的光源 101、波阵面形状变更部 102、以及扫描部 103 等的控制信号输出以及控制来自控制对象的信号输入。具体而言，输入输出控制部 503 也可以包括：按照每个控制对象类别的光源输入输出控制部 510、波阵面形状变更输入输出控制部 511、扫描输入输出控制部 512、偏转输入输出控制部 513、耳机输入输出控制部 514、电源输入输出控制部 515、以及通信输入输出控制部 516 等。通过在输入输出控制部 503 执行有关输入输出的处理，从而能够降低中央处理部 501 的负荷。

[0190] 并且，控制部 105 也可以包括通信部 520，该通信部 520 与移动电话等周边设备无线连接，接收影像和声音信号。这样，HMD 和周边设备的连接成为无线连接，从而能够提高 HMD 的佩戴便利性。

[0191] 耳机部 106 包括扬声器，输出声音。并且，耳机部也可以包括向显示装置的各个部提供电源的电池。

[0192] 另外，对于光源 110、波阵面形状变更部 109、扫描部 108、偏转部 107、控制部 111 以及耳机部 112 的构成，与上述的光源 101、波阵面形状变更部 102、扫描部 103、偏转部 104、控制部 105 以及耳机部 106 是相同的，在此省略说明。

[0193] 以下，参照图 4 至图 6G 对实施例 1 所涉及的光束扫描式显示装置中的、伴随着眼球的回转在用户的瞳孔和偏转部 104 的相对位置发生了变化的情况下，用于控制用户所识别的图像的紊乱的构成进行说明。并且，图 4 示出了用户的眼球看正面时的状态，图 5 示出了用户的眼球向左回转时的状态，图 6A 至图 6G 示出了在偏转部 104 和 107 附加了偏转特性 801 至 806R 的变形。并且，以下仅对偏转部 104 进行说明，偏转部 107 与偏转部 104 同样。

[0194] 如图 4 所示，本发明的偏转部 104 与以往的图 23 的偏转镜不同，由扫描部 103 扫描的光束中的至少一部分所具有的偏转特性是，使光束偏转，从而使光束以与用户的瞳孔的中心不同的位置通过瞳孔。具体而言，所具有的偏转特性是，使光束发生偏转，从而使光束按照朝向瞳孔的光束的入射角，以不同的位置入射到瞳孔。

[0195] 在图 23 的以往的方式中，偏转镜使光束偏转，从而使从左侧的角度入射到瞳孔的光束和从正面入射的光束以及从右侧的角度入射的光束，以瞳孔中心位置通过瞳孔。

[0196] 另外，在本发明的图 4 中，偏转部 104 使光束偏转，从而使从左侧的角度入射到瞳孔的光束，以比瞳孔中心偏左侧的位置通过瞳孔，从瞳孔正面入射的光束以瞳孔中心位置通过瞳孔，从瞳孔的右侧的角度入射的光束以比瞳孔中心偏右侧的位置通过瞳孔。

[0197] 这样，在用户为了看画面左侧而使眼球向左侧回转，瞳孔移动到左侧的情况下，在以往的方式中，图 23 成为图 24 的状态，不论哪个光束都不能通过瞳孔，而发生瞳孔偏离。然而，在本发明中图 4 成为图 5 的状态，由于从左侧的角度入射的光束能够通过瞳孔，因此用户能够看到画面左侧。同样，在用户为了看画面右侧而使瞳孔移动到右侧的情况下，能够继续看到画面的右侧。

[0198] 并且，与左右方向同样，即使是上下方向也如图 4 所示，通过使光束以不同的位置通过瞳孔而使光束偏转，从而即使在用户为了看到画面的上侧使瞳孔移动到上侧的情况下，也能够继续看到画面上侧，在用户为了看到画面下侧使瞳孔移动到下侧的情况下，也能够继续看到画面下侧。

[0199] 瞳孔直径设为 3 毫米、从瞳孔到偏转部 104 的距离为 15 毫米、从瞳孔到眼球回转中心的距离为 10.5 毫米,若计算能够以这样的条件看到的画面视角,则在图 23 所示的以往的情况下,若视线从画面中心移动约 14 度以上,就会发生瞳孔偏离,而在本发明的情况下,即使视线从画面中心移动到约 26 度,也能够继续看到视线的前方。

[0200] 并且,如以上所述,既可以作为按照光束入射到瞳孔的入射角,以不同的位置使光束入射到瞳孔的偏转部 104,也可以作为将各种偏转方法组合起来的偏转部 104。例如,可以在左眼和右眼分别附加不同的偏转特性。这样得到的效果是,可以以一侧的眼睛来弥补另一侧的瞳孔偏离。并且,也可以附加的偏转特性是,使光束入射到瞳孔的水平入射角和垂直入射角不同。这样,得到的效果是,使瞳孔偏离的发生条件在水平视角和垂直视角不同。并且,也可以对来自多个扫描部的光束的光附加不同的偏转特性。这样,得到的效果是,来自某个扫描部的光束的瞳孔偏离可以用来自其他的扫描部的光束来弥补。

[0201] 以下,参照图 6A 至图 6G,对附加在偏转部 104 的偏转特性的各种变化进行说明。并且,图 6A 示出了在图 4 以及图 5 说明的偏转特性 801,图 6B 至图 6G 示出了其他的偏转特性 802 至 806R。并且,在图 6A 至图 6G,将通过瞳孔中心,垂直于偏转部 104 的直线设为 1,将偏转部 104 的虚拟线 1 左侧的区域设为左侧偏转区域 104L,将偏转部 104 的虚拟线 1 右侧的区域设为右侧偏转区域 104R。并且,光束的入射角是指光束与虚拟线 1 所成的夹角。

[0202] 在图 6A 所示的偏转特性 801 中,从扫描部 103 扫描到左侧偏转区域 104L 的光束通过瞳孔中心的左侧的区域,扫描到右侧偏转区域 104R 的光束通过瞳孔中心右侧的区域,扫描到虚拟线 1 上的光束通过瞳孔中心。而且,在该偏转特性 801 上,被偏转的所有的光束被聚光在比瞳孔中心更深之处(靠近眼球中心),也就是说,偏转焦点被形成在比瞳孔更深之处。据此,得到的效果是,在眼球向左回转时可以持续看到画面左侧,而画面右侧则会逐渐地从画面的右侧端开始看不到。并且,还得到的效果是,不需要对以往方式中的偏转部 104 的制造方法进行大的改动。

[0203] 并且,图 6A 所示的偏转特性 801 不仅能够适用于水平方向,而且还能够适用于垂直方向。具体而言,可以使光束偏转,以便使光束以以下的方式通过瞳孔中心,即:被扫描到垂直于偏转部 104 的虚拟线上方的上侧偏转区域的光束,以瞳孔中心的上侧区域通过用户的瞳孔,被扫描到虚拟线下方的下侧偏转区域的光束,以瞳孔中心的下侧区域通过用户的瞳孔。

[0204] 而且,作为图 6A 所示的偏转特性 801 的变形例,也可以使从瞳孔到偏转焦点的距离在水平方向和垂直方向上不同。若使垂直方向上的距离大于水平方向,则发生瞳孔偏离的垂直方向的眼球回转变大,从而可以使不发生瞳孔偏离的上下视角变宽。由于以左右眼的互相弥补可以使水平视角看上去变宽,而垂直视角则不能以左右眼来弥补,因此这种方式是有效的。

[0205] 另外,在上述的说明中,是对水平方向和垂直方向独立地规定了偏转特性,但是,并非受此所限,也可以以二维来规定。在这种情况下,向用户显示的画面区域若用词语来说明的话,则从画面中心开始依次为“画面中央部”、“画面中间部”、“画面周边部”。在用户的视线在画面中央部的情况下,入射到瞳孔的光束的入射角在画面的中央部最小,在画面的周边部最大。另外,将用户的瞳孔中包括瞳孔中心的规定的区域以“瞳孔中央部”这一词语来说明,将其外侧的区域以“瞳孔周边部”这以词语来说明。

[0206] 这样,图 6A 所示的偏转特性 801 使画面中央部的光束向瞳孔中心偏转,使画面中间部的光束向瞳孔中央部(除瞳孔中心)偏转,使画面周边的光束向瞳孔的周边偏转。同样,图 6B 所示的偏转特性 802 使画面周边部的光束向瞳孔周边部偏转,使画面中央部以及画面中间部的光束向瞳孔中央部(瞳孔中心)偏转。据此,得到的效果是,在眼球向左回转的情况下,除能够继续看到画面左侧以外,还能够增大继续看画面右侧中间部的眼球回转角度。

[0207] 图 6C 所示的偏转特性 803 使画面周边部以及画面中间部的光束向瞳孔周边部偏转,使画面中央部的光束向瞳孔中央部(瞳孔中心)偏转。据此,得到的效果是,在眼球向左回转的情况下,除能够继续看到画面的左侧以外,还能够增大即使在眼球向左回转的情况下也仍在继续看画面左侧中间部的眼球回转角度。

[0208] 图 6D 所示的偏转特性 804 是对图 6C 的偏转特性 803 进行了进一步的变形,使画面中央部的光束也向瞳孔周边部偏转。据此,得到的效果是,在眼球向左回转的情况下,除能够继续看到画面左侧以外,而且还能增大即使在眼球向左回转的情况下也仍在继续看画面中央部的眼球的回转角度。

[0209] 图 6E 所示的偏转特性 805 是对图 6A 的偏转特性 801 进行了进一步的变形,在视线在画面中央部时,使画面周边部的光束偏转,以便通过瞳孔的外侧。据此,得到的效果是,在眼球向左回转的情况下,除能够继续看到画面左侧中间部以外,画面左侧周边部也能够开始看到。而且,在眼球向左回转的情况下,还能够增大继续看画面周边部的眼球的回转角度。

[0210] 并且,图 6F 以及图 6G 所示的偏转特性 806L 和 806R,使被扫描到左侧偏转区域 104 的光束和被扫描到右侧偏转区域 104R 的光束偏转,以使入射到瞳孔的光束的入射角以及入射到瞳孔的光束的入射位置和瞳孔中心的距离相对于虚拟线 1 左右非对称。

[0211] 具体而言,图 6F 所示的偏转特性 806L 使画面左侧的光束发生与图 6A 所示的偏转特性 801 一样的偏转,使画面右侧的光束发生与以往的图 23 同样的偏转。也就是说,使光束发生偏转,以使得被扫描到左侧偏转区域 104L 的光束入射到瞳孔的入射角比被扫描到右侧偏转区域 104R 的光束小,且被扫描到左侧偏转区域 104L 的光束入射到瞳孔的入射位置与瞳孔中心的距离比被扫描到右侧偏转区域 104R 的光束大。

[0212] 同样,图 6E 所示得偏转特性 806R 使画面右侧得光束发生与图 6A 所示的偏转特性 801 一样的偏转,使画面左侧的光束发生与以往的图 23 同样的偏转。也就是说,使光束发生偏转,以使得被扫描到右侧偏转区域 104R 的光束入射到瞳孔的入射角比被扫描到左侧偏转区域 104L 的光束小,且被扫描到右侧偏转区域 104R 的光束入射到瞳孔的入射位置与瞳孔中心的距离比被扫描到左侧偏转区域 104L 的光束大。

[0213] 例如,通过在左眼用的偏转部 104 附加偏转特性 806L,在右眼用的偏转部 107 附加偏转特性 806R,从而使眼球在向左回转的情况下能够继续用左眼看到画面左侧。并且,在眼球向右回转的情况下,能够继续用右眼看到画面右侧。

[0214] 并且,可以将图 4 所示的本发明的方式和以往的图 25 所示的具有多个偏转焦点的方式组合。并且,偏转部 104 和 107 为了使光束偏转,以便使光束按照光束入射到瞳孔的入射角,以不同的位置通过瞳孔,从而可以采用使偏转部 104 和 107 以及扫描部 103 和 108 移动并回转的方法。

[0215] 另外,在实施例 1 中所说明的方式是,以二维扫描光束来描绘影像,不过,偏转部 104 和 107 的偏转方式也可以是,使来自液晶等二维图像显示元件的显示光在瞳孔附近聚光(麦克斯韦观点)。

[0216] 另外,图 1A 至图 2 的各个单元以及各个部可以被容纳在一个壳体内,也可以被容纳在多个壳体内。例如,光源 101 和 110 可以与扫描部 103 和 108 分别被容纳在不同的壳体内,并且,也可以没有耳机部 106 和 112。并且,各个部也可以分散设置。例如,控制部 105 和 111 的一部分也可以被包括在光源 101 和 110 以及扫描部 103 和 108 中。并且,各个部也可以存在多个。例如,可以对左眼用和右眼用扫描部分别设置两个。并且,也可以使各个设备共享各个部。例如,可以使两个显示装置共享光源 101。

[0217] 根据以上的构成,在本发明的显示装置,偏转部 104 和 107 可以按照入射到瞳孔的光束入射角,使光束以不同的位置入射到瞳孔,这样,在 HMD 等光束扫描式显示装置可以不必具有多个偏转焦点,并可以减轻瞳孔偏离的问题。

[0218] 由于可以不必设置多个偏转焦点,因此能够回避因多个偏转焦点而带来的诸多问题,例如:在视网膜上描绘了双重影像的问题、光束的光利用效率降低的问题、需要大功率光源的问题、耗电量大的问题、偏转部 104 和 107 的制造方法变的复杂的问题、偏转部 104 和 107 的诸性能降低的问题、显示装置整体变得复杂的问题等。

[0219] (实施例 2)

[0220] 以下,参照图 7 对本发明的实施例 2 所涉及的显示装置 10 进行说明。并且,图 7 是显示装置 10 的概率图。

[0221] 实施例 2 的显示装置 10 包括:图像输出部 3R 和 3L,用于输出射出光 2;偏转部 15,将射出光 2 偏转向用户的眼睛 8R 和 8L 的方向(聚光位置 11R 和 11L);控制部 5R 和 5L,用于控制图像输出部 3R 和 3L;以及总括控制部 6。并且,图像输出部 3R 和 3L 包括:光源 1R 和 1L;扫描部 4R 和 4L,二维扫描来自光源 1R 和 1L 的射出光 2;以及光检测部 17。并且,偏转部 15 由被设置在分别与左右眼 8R 和 8L 相对的位置上的全息反射镜 15R 和 15L 构成。如以上构成,实施例 2 所示的显示装置 10 具备左右对称的光学系统,将来自光源 1R 和 1L 的射出光 2 导入到左右眼 8R 和 8L 的聚光位置 11R 和 11L。

[0222] 以下,针对左右对称构成的显示装置 10 的工作,光学系统的工作主体进行具体说明。在此,在左右对称的光学系统中,以右侧的光学系统为例进行说明。

[0223] 图 7 所示的光源 1R 是由至少包括蓝色激光光源 13b(以下称为“B 光源”)、红色激光光源 13r(以下称为“R 光源”)、以及绿色激光光源 13g(以下称为“G 光源”)的 RGB 光源 13 构成。并且,对利用上述的 RGB 光源 13 以时间系列射出的激光,根据输入电流的大小来调制强度,并输出向视网膜 8a 投影的图像。根据这样的构成,能够实现色彩再现性能良好且小型、低耗电量的显示装置 10。

[0224] 在此,在 B 光源 13b 以及 R 光源 13r 采用射出波长为 450nm 以及波长为 650nm 的激光的半导体激光,在 G 光源 13g 采用射出波长为 530nm 的激光的半导体激光激励的 SHG 激光。并且,从 B 光源 13b 以及 R 光源 13r 射出的激光 14 由透镜 14c 转换为平行光线,并从光源 1R 射出。并且,从 G 光源 13g 射出平行光线。

[0225] 扫描部 4R 具有可动反射镜 4a,使来自光源 1R 的激光 14 向全息反射镜 15R 二维扫描。

[0226] 全息反射镜 15R 使以扫描部 4R 扫描的激光 14 向用户的眼睛的方向（聚光位置 11R）偏转。并且，显示装置 10 具有偏转部位置调整部 16，使偏转部 15 移动到与用户的视线方向（图 7 的上下方向）交叉的方向上（图 7 的左右方向）。偏转部位置调整部 16 由驱动部 16L 和 16R 构成，该驱动部 16L 和 16R 分别使左右的全息反射镜 15L 和 15R 独立移动。

[0227] 从光源 1R 射出的激光 14 由反射镜 14a 以及二色镜 14b 被合为一条，并入射到扫描部 4R 的可动反射镜 4a。并且，激光 14 作为输出光 2，由可动反射镜 4a 扫描到全息反射镜 15R 的反射面 15a。

[0228] 该射出光 2 在全息反射镜 15R 的反射面 15a 被反射，在入射到右眼 8R 的瞳孔 7 之后，影像被投影在视网膜 8a 上。而且，由于输出光 2 在全息反射镜 15R 的反射面 15a 被扫描成二维的平面状，因此，可动反射镜 4a 不仅能够在水平方向（左右方向）回转，而且可以在与该水平方向垂直的方向上回转。并且，对于显示装置 10 的左侧的光学系统的工作，与上述同样，采用左侧的全息反射镜 15L。

[0229] 在此，将右眼 8R 以及左眼 8L 各自的瞳孔 7 的中心线 18 之间的距离定义为瞳孔间距离 9。并且，将在全息反射镜 15R 的反射面 15a 反射的输出光 2 的聚光位置 11R 和在全息反射镜 15L 的反射面 15a 反射的射出光 2 的聚光位置 11L 之间的间隔，定义为聚光位置间距离 12。

[0230] 在具有上述构成的显示装置 10 中，全息反射镜 15R 和全息反射镜 15L，以观察者的瞳孔间距离 9 和聚光位置间距离 12 互不相同的位置关系被设置。即：入射到左右瞳孔 7 的射出光 2 聚光的聚光位置 11L 和 11R 以瞳孔 7 的中心线 18 左右对称并偏离于该中心线 18。

[0231] 通过具有这样的构成，在因眼睛 8R 和 8L 回转而瞳孔 7 移动了的情况下，入射到左右眼睛 8R 和 8L 的其中一侧的射出光 2 的一部分被虹彩 8b 遮挡，入射到另一侧的射出光 2 没有被虹彩 8b 遮挡。这样，由于至少眼睛 8R 和 8L 的至少一侧能够看到图像，因此，能够实现图像输出的缺欠等较少的显示装置 10。

[0232] 图 8A 以及图 9A 示出了实施例 2 中的显示装置 10 的重要部分的放大图，为了与图 8A 以及图 9A 进行比较，图 8B 以及图 9B 示出了以往的显示装置的重要部分的放大图。

[0233] 图 8A 以及图 8B 放大示出了包括显示装置的左眼 8L 近旁的光学系统的重要部分。在图 8A 中，显示被投影的影像 20 的射出光 2 的聚光位置 11L，比左眼 8L 的中心线 18 稍靠左侧。另外，在图 8B 中，聚光位置 11L 在左眼 8L 的中心线 18 上，即使从左右的虹彩 8b 来看也位于中央。

[0234] 图 9A 以及图 9B 示出了，从图 8A 以及图 8B 的状态，脸部不动而只是左眼 8L 向左转动，从影像 20 的中央部向左看时射出光 2 和左眼 8L 之间的光学位置关系。

[0235] 如图 9B 所示，在以往的显示装置中，若想要看左侧的影像 20L，则右侧的影像 20R 由虹彩 8b 遮挡不能被看到。但是，如图 9A 所示，在实施例 2 所示的显示装置 10，由于聚光位置 11L 比左眼 8L 的中心线 18 稍靠左侧，因此，右侧的影像 20R 不会被虹彩 8b 遮挡能够被看到。

[0236] 并且，图 9A 以及图 9B 虽然示出了左眼 8L 的情况，不过，右眼 8R 的情况也是同样的结果。即，在以往的显示装置，在想要看影像 20 的左侧或右侧而使眼睛 8R 和 8L 回转时，其相反一侧的影像 20 的左右几乎同时被虹彩 8b 遮挡，不能被看到。

[0237] 另外,在实施例 2 所示的显示装置 10 中,在想要看影像 20 的左侧或右侧而眼睛 8R 和 8L 回转时,其相反一侧的影像至少可以由眼睛 8R 和 8L 的某一方看到。因此,在因眼睛 8R 和 8L 的回转而瞳孔 7 移动了的情况下,至少在眼睛 8R 和 8L 的某一方能够看到影像 20,所以实现了影像的输出没有欠缺的显示装置 10。

[0238] 像具有以上这种构成的实施例 2 的显示装置 10 还具有光检测部 17,该光检测部 17 对分别来自图 7 所示的左右眼 8R 和 8L 的瞳孔 7 的反射光 2b 进行检测。并且,根据该光检测部 17 的信号,从图像输出部 3R 和 3L 射出的射出光 2 的强度以及偏转部 15 的位置中的至少一个,由控制部 5 以及总括控制部 6 来控制。

[0239] 以下,参照图 10A、图 10B 以及图 11,对实施例 2 所涉及的显示装置 10 的控制部 5L 和 5R、总括控制部 6 以及光检测部 17 进行说明。另外,图 10A 是光检测部 17 的概略构成图,图 10B 示出了光检测部 17 的其他的形态,图 11 是显示装置 10 的功能方框图。

[0240] 实施例 2 所涉及的光检测部 17 通过检测来自用户的眼睛的反射光,来检测射出光 2 是入射到了瞳孔 7 还是被虹彩 8b 遮挡而没有入射到瞳孔 7。并且,根据反射光的强度检测瞳孔 7 的中心位置。

[0241] 图 10A 所示的反射光 2b 入射到光检测部 17,并由两个二色镜 17a 和 17b 分光为蓝色激光(以下称为“B 光”)2B、绿色激光(以下称为“G 光”)2G 以及红色激光(以下称为“R 光”)2R,并分别由光检测部 17B、17G、17R 来检测。并且,被检测出的光信号被转换为电信号,通过布线 19 被传输到受光控制部 17c 之后被传输到控制部 5L 和 5R 以及总括控制部 6。

[0242] 同样,图 10B 所示的反射光 2b 入射到光检测部 17,并由衍射光栅 17g 分光为蓝色激光(以下称为“B 光”)2B、绿色激光(以下称为“G 光”)2G 以及红色激光(以下称为“R 光”)2R,并分别由光检测部 17B、17G、17R 来检测。并且,被检测出的光信号被转换为电信号,通过布线 19 被传输到受光控制部 17c 之后被传输到控制部 5L 和 5R 以及总括控制部 6。

[0243] 这样,通过按照波长频带对反射光 2b 进行分光并检测,从而观察者能够检测出不同的虹彩 8b 的色彩,因此,能够精确地检测到光线是否被虹彩 8b 遮挡。

[0244] 接着,参照图 11,总括控制部 6 具有:光量控制部 61,对从光源 1R 和 1L 输出的激光 14 的光量进行控制;以及偏转部位置控制部 62,利用偏转部位置调整部 16 来控制偏转部 15 的位置。

[0245] 光量控制部 61 根据光检测部 17 的检测结果,来判断在全息反射镜 15L 以及全息反射镜 15R 偏转的光束中是否双方都入射到用户的眼睛 8R 和 8L 了,还是其中一方的光束没有入射到用户的眼睛 8R 和 8L。并且,在判断出某一方的光束没有入射到用户的眼睛 8R 和 8L 的情况下,使光源 1R 和 1L 增加另一方的光束的光量。

[0246] 根据这样的构成,由于射出光 2 通过瞳孔 7 到达视网膜 8a 时,反射光 2b 的强度低,射出光 2 在虹彩 8b 反射时,反射光 2b 的强度增高,因此,能够根据反射光强度来判断是以眼睛 8R 和 8L 的哪个来观察的,还是以眼睛 8R 和 8L 双方观察的,并根据该判断结果,在左右的控制部 5L 和 5R 以及总括控制部 6 控制射出光 2 的光量的增减,从而能够使观察者观察到以合适的亮度来显示的影像。

[0247] 也就是说,在以双眼观看的情况下,降低光源 1R 和 1L 的光量,在仅以单方的眼睛观看的情况下,抑制瞳孔 7 在移动时的光量变动,从而能够得到容易看到的影像 20。

[0248] 并且，偏转部位置控制部 62 根据光检测部 17 的检测结果，算出用户的瞳孔间距离 9。并且，为使聚光位置间距离 12 与算出的瞳孔间距离 9 不同，从而控制偏转部位置调整部 16，以使全息反射镜 15L 以及全息反射镜 15R 分别移动。

[0249] 通过具有这样的构成，即使是瞳孔间距离 9 不同的观察者使用与实施例 2 相同的显示装置 10 的情况下，也能够利用偏转部位置调整部 16 容易地将全息反射镜 15L 和全息反射镜 15R 移动到与眼睛 8R 和 8L 相对的位置上。因此，由于能够针对每个观察者设定合适的聚光位置间距离 12，所以观察者能够观察到没有图像输出欠缺的图像。

[0250] 另外，在图 11 中示出的例子是，将光量控制部 61 以及偏转部位置控制部 62 容纳在总括控制部 6 中的，不过，并非受此所限，也可以容纳在控制部 5R 以及控制部 5L 的某一个中，也可以由控制部 5R 和控制部 5L 以及总括控制部 6 来分担处理。

[0251] 并且，构成偏转部位置调整部 16 的驱动部 16L 和 16R 可以是由控制部 5L 和 5R 以及总括控制部 6 来控制的调节器等，也可以沿着被安装在框架上的轨道，以手动的方式使左右的全息反射镜 15L 和 15R 移动。

[0252] 并且，在实施例 2 中举例示出了分别针对右眼 8R 以及左眼 8L，将聚光位置 11L 和 11R 对于中心线 18 在水平方向（左右方向）上偏离，不过，聚光位置 11L 和 11R 可以不必位于连接左右两个瞳孔的水平的线上，至少其中的一个可以位于水平线以外的位置上。即，可以位于瞳孔的上、下或斜方向上。但是，最好是位于与左右的瞳孔左右对称的偏离位置上。在这种情况下，能够防止在眼睛以上下方向回转的情况下画面消失的情况。

[0253] （实施例 3）

[0254] 以下参照图 12 对本发明的实施例 3 所涉及的显示装置 30 进行说明。图 12 是显示装置 30 的概略构成图。并且，显示装置 30 的基本构成与图 7 所示的显示装置 10 相同，对于相同之处省略说明，以下以不同之处进行说明。

[0255] 在实施例 3 所涉及的显示装置 30，全息反射镜 15L 和全息反射镜 15R 分别将视野 31 的不同的影像投影到眼睛 8R 和 8L 的视网膜 8a。并且，图 12 中的椭圆形的虚线圈起来的区域表示视野 31，分别表示左侧视野 31L 以及右侧视野 31R。并且，在此，瞳孔间距离 9 与聚光位置 11L 和聚光位置 11R 之间的距离、即聚光位置间距离 12 的长度相同。

[0256] 通过具有这样的构成，因眼睛 8R 和 8L 的回转而瞳孔 7 移动了的情况下，观察者至少能够通过一方的眼睛 8R 或 8L 看到图像。这样，能够实现图像输出没有欠缺的显示装置 30，并且，能够识别从图像输出部 3 输出的影像的全部。

[0257] 图 13 示出了实施例 3 的显示装置 30 的重要部分的放大图。即，图 13 放大示出了显示装置 30 中包括眼睛 8R 和 8L 的附近的光学系统的重要部分。在图 13 中，显示被投影的影像 20 的、射出光 2 在瞳孔 7 中聚光的聚光位置 11L 和 11R 位于眼睛 8R 和 8L 的中心线 18 上，在左眼 8L 和右眼 8R，左右视野 31L 和 31R 相对于中心线 18 是不同的。为了使在左眼 8L 的中心线 18 的左侧的视野变大，在右眼 8R 的中心线 18 的右侧的视野变大，而使来自全息反射镜 15L 和 15R 的射出光 2 聚光在瞳孔 7 之中。

[0258] 并且，为了在用户的左右眼 8R 和 8L 显示视野不同的图像，因此，实施例 3 所涉及的全息反射镜 15L 所具有的使光束偏转的偏转特性是，使通过瞳孔中心、被扫描到全息反射镜 15L 的垂直中心线（虚拟线）18 左侧的左侧偏转区域的光束，和被扫描到右侧的右侧偏转区域的光束，相对于中心线 18 左右非对称。在图 12 中，被扫描到左侧偏转区域的光束

的入射角比被扫描到右侧偏转区域的光束的入射角大。

[0259] 同样,全息反射镜 15R 所具有的使光束偏转的偏转特性是,使通过瞳孔中心、被扫描到全息反射镜 15R 的垂直中心线(虚拟线)18 左侧的左侧偏转区域的光束,和被扫描到右侧的右侧偏转区域的光束,相对于中心线 18 左右非对称。在图 12 中,被扫描到右侧偏转区域的光束的入射角比被扫描到左侧偏转区域的光束的入射角大。

[0260] 图 14 放大示出了在眼睛 8R 和 8L 回转时的实施例 3 中的显示装置 30 的重要部分。即,该图示出了,从图 13 的状态,脸部不动而只是眼睛 8R 和 8L 转动,从影像 20 的中央部向左看时射出光 2 与眼睛 8R 和 8L 之间的光学位置关系。此时,对于左右眼 8L 和 8R 而言,由于相对于中心线 18,在全息反射镜 15L 和 15R 中的左侧视野 31L 和右侧视野 31R 的左右视野范围不同,因此,被投影到视网膜 8a 的影像 32 则成为如图 14 所示那样,分别为影像 32L 和影像 32R。在此,在右眼 8R,由于影像 32 的一部分被虹彩 8b 遮挡,因此,示出的影像 32R 缺失了一部分。然而,在左眼 8L,由于使中心线 18 的右侧的视野范围变小,因此,影像 20 整体被清楚地投影在视网膜 8a,成为影像 32L。

[0261] 通过具有这样的构成,在因眼睛 8R 和 8L 回转而瞳孔 7 移动了的情况下,观察者至少能够以一侧的眼睛 8R 或 8L 看到图像。这样,能够实现图像输出没有欠缺的显示装置 30,并且,能够识别从图像输出部 3 输出的影像 20 的全部。

[0262] 并且,也可以与实施例 2 同样,使观察者的瞳孔间距离 9 和聚光位置间距离 12 不同。通过具有这样的构成,在因眼睛 8R 和 8L 的回转而瞳孔 7 进一步移动较大的情况下,因为至少在眼睛 8R 和 8L 的某一方能够看到影像,所以实现了影像的输出没有欠缺的显示装置 30。

[0263] 并且,还可以具备偏转部位置调整部 16,能够使移动全息反射镜 15L 以及全息反射镜 15R 移动到与眼睛 8R 和 8L 相对的位置。通过具有这样的构成,即使是瞳孔间距离 9 不同的观察者使用与本发明相同的显示装置 30 的情况下,也能够利用偏转部位置调整部 16 容易地将左右偏转部 15 移动到与眼睛 8R 和 8L 相对的位置上。因此,由于能够针对每个观察者设定合适的聚光位置间距离 12,所以观察者能够观察到没有图像输出欠缺的图像。

[0264] 并且,实施例 3 与实施例 2 相同,聚光位置 11L 和 11R 不必位于连接左右两个瞳孔的水平线上,至少其中一个可以位于水平线以外。即,可以位于瞳孔的上、下或斜方向上。但是,最好是位于与左右的瞳孔左右对称的偏离位置上。

[0265] (实施例 4)

[0266] 以下参照图 1A、图 1B、图 2 以及图 15,对本发明的实施例 4 所涉及的显示装置进行说明。并且,图 15 是显示装置的功能方框图。而且,由于图 1A、图 1B、图 2 所示的构成与实施例 1 相同,因此省略详细说明。

[0267] 在实施例 4 所涉及的显示装置中,偏转部 104 和 107 具有多个焦点,以作为防止瞳孔偏离的对策。具体而言,偏转部 104 和 107 所具有的偏转特性是,使由扫描部 103 和 108 扫描的光束聚光到第一焦点以及与第一焦点不同的第二焦点。即,偏转部 104 和 107 所具有的功能是,能够将来自扫描部 103 和 108 的光束分离为朝向第一焦点的光束和朝向第二焦点的光束。并且,具有上述构成的偏转部 104 和 107 能够根据全息反射镜的以往的制造方法来制造。例如,可以通过设法使物体光和参照光结合来制造。

[0268] 控制部 105 具有控制 HMD 各个部的集成电路。并且,也可以具有通信单元,与移动

电话等周边设备无线连接，并接受影像声音信号。

[0269] 控制部 105 按照因用户的眼球转动，瞳孔位置从包括第一焦点的位置变化到包括第二焦点的位置，来控制图像输出部 100 的输出，以使得在瞳孔位置发生变化前和变化后，用户能够在同一方向上看到自己所识别的虚像。并且，与此同时，在瞳孔距离发生变化前和变化后，控制图像输出部 100，以使用户能够在同一方向上看到自己所识别的虚像。

[0270] 并且，在能够以无限远来显示虚像的显示装置，“能够在同一方向看到虚像”是指，在瞳孔位置发生变化前和发生变化后，描绘同一像素的光束在从偏转部 104 和 107 朝向用户的眼睛的区域几乎成为平行。

[0271] 具体而言，如图 15 所示，控制部 105 具有：瞳孔位置检测部 1051A、输出图像控制部 1052A、以及扫描角控制部 1053A。

[0272] 瞳孔位置检测部 1051A 根据光检测部 214 的检测结果，检测用户的瞳孔中心的位置，即检测瞳孔位置的变化。

[0273] 为了使描绘同一像素的光束在瞳孔位置发生变化前和变化后，在从偏转部 104 和 107 朝向用户的眼睛的区域内几乎成为平行，从而输出图像控制部 1052A 使光源 101 和 110 输出描绘各个像素的光束，并使该光束偏离到用户的瞳孔位置发生了变化后的方向。并且，控制图像输出部 100 的输出，以使在瞳孔距离发生变化前和发生变化后，用户所识别的虚像的大小相同。

[0274] 为了使描绘同一像素的光束在瞳孔位置发生变化前和变化后，在从偏转部 104 和 107 朝向用户的眼睛的区域内几乎成为平行，从而扫描角控制部 1053A 使扫描部 103 和 108 扫描描绘各个像素的光束，并使该光束偏离到用户的瞳孔位置发生了变化后的方向。

[0275] 并且，在实施例 4 中是以二维扫描光束并描绘影像的方式来说明的，不过也可以以偏转部 104 和 107 偏转的方式来使来自液晶等二维图像显示元件的显示光聚光在瞳孔附近（麦克斯韦观点）。

[0276] 以下，利用图 16 和图 17 来说明，图 1A 和图 1B 的显示装置为了使伴随着与瞳孔位置对应的焦点位置的切换而发生的显示影像的位置以及大小的变化减少，而变更输出的影像的显示位置和大小的工作流程。并且，以下仅说明左眼侧的处理，右眼也进行同样的处理。

[0277] (S01) 光检测部 214 检测瞳孔位置，并移向 S02。光检测部 214 检测来自用户的眼睛的光束反射光的强度。眼睛表面的角膜为非球面形状，只有在光束从眼睛的正面入射的情况下，光束才垂直入射向角膜表面并垂直反射，从而能够检测到更大强度的反射光。因此，控制部 105 的瞳孔位置检测部 1051A 在检测到强的反射光时，能够推测出光束是通过瞳孔的中心垂直入射到瞳孔面的。由于光束入射到眼睛的入射位置和方向能够根据当时在扫描部 103 的扫描角来算出，因此能够利用反射光推测瞳孔位置。

[0278] 在 S01 的反射光检测工作和后述的 S02 的利用反射光的实现检测方法可以如实施例 4 所示那样，可以是利用在扫描部 103 扫描的光束的反射光的方法，也可以是利用与来自扫描部 103 的光束不同的、由其他的光源反射来的光的方法。例如，在专利文献 5 中，以图像传感器来检测从红外线发光二极管射出并由眼睛反射的红外线的光，从而实现了视线检测。并且，在专利文献 6 中，以图像传感器来检测由扫描部扫描的光束在眼睛的反射光，从而实现了视线检测。

[0279] 并且,来自眼睛的反射光的强度可以用在光源 101 调制的射出光的强度和在光检测部 214 检测出的反射光的强度的比来表示。这样,能够减少伴随着显示影像的变化而对射出光的强度变化造成的影响。并且,可以在以一定的强度扫描眼睛所感觉不到的红外线等光的同时,检测其反射光。并且,可以将红外线在偏转部 104 的焦点例如设定到眼球的回转中心等与可视光的焦点不同的位置,以作为适于瞳孔位置检测的位置。据此,能够对显示影像的各个变化检测反射光。

[0280] 并且,也可以不必利用光检测部 214,而是利用由摄像机拍摄眼睛,并从拍摄图像中检测瞳孔位置。并且,可以通过检测因眼球回转而带来的来自肌肉的电信号来检测瞳孔位置。并且,也可以通过在画面内改变信息的显示位置,诱导眼球回转,来推测瞳孔位置。

[0281] 并且,除检测瞳孔位置以外,还可以检测瞳孔大小(直径)。关于瞳孔大小的检测方法,可以利用来自瞳孔以及虹彩的反射光来计测,也可以通过检测周围的亮度来推测瞳孔大小。

[0282] 并且,在 S01 没有检测到反射光的情况下,可以将瞳孔位置作为规定的值来设定。例如,由于最初还没有输出光束而没有检测到反射光的情况下,可以假定视线朝向画面中心来设定瞳孔位置。

[0283] (S02) 控制部 105 的瞳孔位置检测部 1051A 判断与瞳孔位置相对应的焦点位置,并移向 S03 的工作。由于焦点位置是在偏转部 104 和 107 制作时判明的,因此,将最接近于在 S01 求出的瞳孔位置的焦点位置判断为“与瞳孔位置相对应的焦点位置”。

[0284] 在图 17 的例子中,偏转部 104 具有焦点 A 和焦点 B 这两个焦点,入射到偏转位置 A 的光束既偏转向焦点 A 又偏转向焦点 B,同样,入射到偏转位置 B 的光束也是既偏转向焦点 A 又偏转向焦点 B。在此,在 S01 检测到瞳孔位置在瞳孔位置 A 的情况下,在 S02 判断焦点 A 为“对应的焦点位置”。在检测到瞳孔位置在瞳孔位置 B 的情况下,判断焦点 B 为“对应的焦点位置”。

[0285] 并且,也可以采用除选出最接近瞳孔位置的焦点位置以外的方法。例如,在多个焦点位置都在瞳孔内的情况下选择哪个都可以,在无论哪个焦点位置都不在瞳孔内的情况下,也可以哪个焦点位置都不选择,并且在此期间可以不进行显示。

[0286] (S03) 控制部 105 的瞳孔位置检测部 1051A 判断在 S02 判断的焦点位置是否与上次判断的焦点位置不同,在不同的情况下,移向 S04 的工作,在相同的情况下,移向 S06 的工作。并且,在得不到上次判断结果时,可以视为“不同的情况”,从而移向 S04 的工作。

[0287] (S04) 控制部 105 的输出图像控制部 1052A 校正图像的显示位置,并移向 S05 的工作。在上次的焦点位置和这次的焦点位置不同的情况下,校正显示位置,以使影像对于头部的正面以相同的角度入射。具体而言,为了使描绘同一像素的光束在瞳孔位置发生变化前和变化后,在从偏转部 104 朝向用户的眼睛的区域内几乎成为平行,从而使光源 101 输出描绘各个像素的光束,并使该光束偏离到用户的瞳孔位置发生了变化后的方向。

[0288] 在图 17 的例子中,若眼球回转前的瞳孔位置为 A,回转后的瞳孔位置为 B,则伴随着回转校正显示位置,以使在偏转位置 A 显示的影像在偏转位置 B 显示。根据该校正,从瞳孔位置 A 看到的方向 A1 上的影像,也能够在瞳孔位置 B 以与方向 A1 相同的方向 A2 被看到,因此,能够校正因眼球回转而带来的影像位置偏离。

[0289] 并且,在方向 A1 的无限远的距离上存在虚拟画面的情况下,由于方向 A2 和方向 A1

的方向相同,在到达虚拟画面的距离近的情况下,为使方向 A1 和方向 A2 都朝向虚拟画面内的一点,而设定方向 A2 并校正显示位置。

[0290] 并且,也可以用扫描角控制部 1053A 代替输出图像控制部 1052A 来进行上述的处理。具体而言,为了使描绘同一像素的光束在瞳孔位置发生变化前和变化后,在从偏转部 104 和 107 朝向用户的眼睛的区域内几乎成为平行,从而使扫描部 103 和 108 扫描描绘各个像素的光束,并使该光束偏离到用户的瞳孔位置发生了变化后的方向。

[0291] 并且,在头部回转了的情况下,可以采用按照回转角来变更显示位置的方法。在这种情况下,可以是将因头部回转而带来的显示位置变更和因本发明的校正而带来的显示位置变更结合后的变更。

[0292] (S05) 控制部 105 的输出图像控制部 1052A 校正图像的显示大小,并移向 S06 的工作。在上次的焦点位置和这次的焦点位置不同的情况下,校正显示大小,以使影像内的不同的两点间的视角不论在切换到哪个焦点位置都不变化。

[0293] 在图 17 的例子中,若眼球回转前的瞳孔位置为 A,回转后的瞳孔位置为 B,则放大显示随着回转而显示的影像。由于从瞳孔位置 B 到偏转位置 B 的距离 B 比从瞳孔位置 A 到偏转位置 A 的距离 A 长,因此,通过以其比率的 B/A 倍来放大显示,从而,即使从焦点位置 A 移到焦点位置 B,影像内的不同的两点间的视角也不会改变,因此,能够校正伴随眼球回转的影像大小的偏离。

[0294] 并且,也可以仅校正 S04 的显示位置校正和 S05 的显示大小校正中的一个。并且,可以在输出图像控制部 1052A 和扫描角控制部 1053A 分担处理。例如,扫描角控制部 1053A 负责 S04 的显示位置校正,输出图像控制部 1052A 负责 S05 的显示大小校正。

[0295] 并且,在图 17 中以来自一个扫描部 103 的光束被偏转于焦点 A 和焦点 B 为例进行了说明,不过也可以对应于多个焦点设置多个扫描部和光源。这样,通过焦点 A 的影像光和通过焦点 B 的影像光能够被独立控制,并且,S04 和 S05 的工作能够在焦点 A 和焦点 B 独立且同时进行。其结果是,即使焦点 A 和焦点 B 同时在瞳孔内,且经由焦点 A 的影像和经由焦点 B 的影像在视网膜上重叠,重叠的部分的影像也不会偏离,而成为一致。而且,为了减轻重叠的部分的双重亮度,从而可以事先通过光源降低重叠部分的亮度,这样,能够减轻重叠部分变亮的问题。

[0296] (S06) 光源 101 对光束的输出进行控制,并移向 S07 的工作。在 S04 和 S05 对显示位置和显示大小进行校正的情况下,对光束的输出进行控制,以便成为校正后的影像。

[0297] 通过适当地调制从红色激光光源 211 和蓝色激光光源 212 以及绿色激光光源 213 输出的光束的强度,来表现在视网膜上显示的像素的色调、色度、亮度。并且,除上述的输出控制以外,扫描部 103 和偏转部 104 等可以进行在考虑了从光源 101 到眼睛的光学系统的影响的基础上的校正控制。

[0298] 例如,由于来自扫描部 103 的光束是以斜方向入射到偏转部 104 的,因此,显示区域超出了矩形范围,成为梯形等。因此,为了使显示区域成为矩形,而使激光的输出控制与扫描部 103 联动,以便事先成为逆校正的形状的显示区域。

[0299] 并且,因显示位置和大小的校正,影像的一部分成为偏转部 104 的偏转区域外的情况下,也可以采用对影像的一部分不进行输出的方法。并且,为了回避不进行输出的状况,可以事先对偏转区域的一部分输出影像,待校正后再继续输出。

[0300] (S07) 波阵面形状变更部 102 变更来自光源 101 的光束的波阵面形状, 以使视网膜上的光束光点大小在规定的范围内, 之后移向 S08 的工作。视网膜上的光束光点的大小会因扫描部 103 和偏转部 104 以及瞳孔和视网膜之间的位置关系等发生变化, 因此, 按照瞳孔位置的变化、扫描角的变化、偏转位置的变化, 来使光束的波阵面形状发生变化。例如, 在想要变更波阵面形状的水平焦距的情况下, 通过变更波阵面形状变更部 102 的焦距水平分量变更部 201 的柱面透镜和反射镜之间的距离, 来变更水平焦距。同样, 在想要变更垂直焦距的情况下, 在焦距垂直分量变更部 202 变更。

[0301] (S08) 扫描部 103 通过使 MEMS(微机电系统)反射镜倾斜, 来变更来自波阵面形状变更部 102 的光束的扫描角, 并移向 S09 的工作。并且, 由扫描角控制部 1053A 变更了扫描角的情况下, 设定变更后的扫描角。

[0302] (S09) 偏转部 104 使来自扫描部 103 的光束偏转向在用户的瞳孔附近设定的多个焦点位置, 并移向 S01 的工作。由偏转部 104 的全息反射镜的衍射效果而被偏转的光束通过瞳孔, 到达视网膜并作为影像由用户察觉。

[0303] 并且, 从 S06 到 S09 的一连串的处理可以依次执行, 也可以同时执行, 也可以使执行顺序调换。据此, 能够按照从各个单元的执行开始到前准备、实际工作、后处理、直到执行结束为止的时间差和延迟等以适当的顺序来执行, 从而能够缩短合计处理时间。

[0304] 并且, 执行从 S01 到 S05 的处理的频繁程度可以与执行从 S06 到 S09 的处理的频繁程度不同。也可以在 S09 执行后移向 S06 的工作。

[0305] 而且, 从 S01 到 S09 的工作也可以作为伴随概率的处理工作。例如, 可以像焦点位置变化的概率为 50% 这样, 以概率来表现。据此, 即使预测值不确切的情况也能够比没有进行预测的情况进行高画质的显示。

[0306] 通过以上的工作, 能够伴随眼球的回转, 以被校正的显示位置和显示大小, 在用户的视网膜上描绘影像。

[0307] 图 18 示出了被校正的显示例子。对于用户的头部而言, 在瞳孔位置向左移动了的情况下, 显示影像中的心形移动到显示位置的左侧, 并被放大显示。同样, 在瞳孔位置移向右侧的情况下, 心形移动到右侧并被放大显示。通过这些显示位置和大小的校正, 即使用户的眼睛转动, 也能够使看上去的影像的位置和大小不发生变化。

[0308] 通过以上的构成和工作, 在本发明的显示装置, 在偏转部 104 和 107 使显示光偏转向与伴随着眼球回转而瞳孔位置发生变化相对应的多个焦点位置的情况下, 能够减少因与瞳孔位置对应的焦点位置的切换而带来的显示影像的位置和大小的变化。并且, 由于偏转部 104 和 107 离眼睛越近, 位置和大小的变化就越大, 因此, 通过本构成能够将偏转部 104 和 107 配置在离眼睛近的位置。并且, 作为瞳孔偏离的对策而使偏转部 104 和 107 具有多个焦点的方法中所出现的问题也得到了解决, 从而能够实现广角且大画面的 HMD。

[0309] 并且, 在实施例 4 以控制部 105 进行控制为例进行了说明, 不过, 也可以采用控制部 111 进行控制的方法, 还可以在采用在两个控制部即 105 和 111 分担处理的方法。

[0310] (实施例 5)

[0311] 以下参照图 1A、图 1B 以及图 2 对本发明的实施例 5 所涉及的显示装置进行说明。并且, 对于图 1A、图 1B、图 2 所示的构成与实施例 1 相同的部分省略详细说明。实施例 5 所涉及的显示装置构成为, 即使在发生眼镜偏离的情况下, 用户也能够继续看到图像。

[0312] 如图 19A 和图 19B 所示,实施例 5 所涉及的偏转部 104 具有像焦点 A 和焦点 B 这样的多个焦点以作为佩戴时瞳孔偏离的对策。由于为了使由扫描部 103 扫描的光束通过焦点 A 和焦点 B 而由偏转部 104 反射,因此,在眼镜偏离发生前的图 19A,利用通过焦点 A 的光束能够看到影像,在眼镜偏离发生后的图 19B,利用通过焦点 B 的光束能够看到影像。

[0313] 在图 19B,由于发生了眼镜偏离,眼镜的镜片 121 和 122 的偏转部 104 相对于眼球移动到了下方且远方,这样,造成焦点 A 和瞳孔位置偏离,因此,与焦点 A 相比位于上方且离偏转部 104 远的焦点 B 则与瞳孔位置相对应。如图 19B 所示,设定焦点 B 的位置,以使连接焦点 A 和焦点 B 的线的倾斜与因眼镜偏离而造成的偏转部 104 偏离移动的倾斜相同。即,焦点 A 和焦点 B 位于与用户的鼻梁平行的直线上。

[0314] 并且,在将从焦点 A 到焦点 B 的距离设为,在与水平面垂直的方向上为瞳孔宽度(高度)以上,在水平方向上为瞳孔宽度以下时,在眼镜式 HMD 相对于脸部向下方移动了的情况下,能够减轻来自多个焦点的多个光束入射到瞳孔的状况,并且能够减轻不论从哪个焦点都没有光束入射的状况。

[0315] 并且,可以采用的方式是,偏转部 104 可以不具有多个焦点,通过使偏转部 104 和扫描部 103 移动或回转来使焦点位置移动。例如,参照图 20 来对防止佩戴时瞳孔偏离的其他的例子进行说明。并且,图 20 是实施例 5 所涉及的显示装置的功能方框图。

[0316] 如图 20 所示,显示装置包括:回转体 215、相对位置算出部 1051B、以及扫描部位置调整部 1052B。并且,回转体 215 被配置在镜片 121 和 122 之间的、与用户的鼻子接触的位置上。另外,相对位置算出部 1051B 以及扫描部位置调整部 1052B 在控制部 105 之中。

[0317] 回转体 215 随着偏转部 104 和 107 在上下方向上的移动而自转。相对位置算出部 1051B 根据回转体 215 的回转角,来检测用户的瞳孔中心与偏转部 104 和 107 之间的相对位置的变化。并且,回转体 215 和相对位置算出部 1051B 构成相对位置检测部 120,该相对位置检测部 120 检测用户的瞳孔中心和偏转部 104 和 107 之间的相对位置的变化。

[0318] 扫描部位置调整部 1052B 根据相对位置检测部 120 的检测结果,按照用户的瞳孔中心从包括第一焦点的位置变化到包括第二焦点的位置,使扫描部 103 和 108 的位置移动,以使由扫描部 103 和 108 扫描到偏转部 104 和 107 的光束的朝向从第一方向变化到与第一方向不同的第二方向。

[0319] 并且,在这种情况下的偏转部 104 和 107 由具有第一干涉条纹和第二干涉条纹的全息图构成,所述第一干涉条纹将从第一方向入射的光束聚光到第一焦点,所述第二干涉条纹将从第二方向入射的光束聚光到第二焦点。并且,对于在偏转部形成多个干涉条纹的方法,例如,可以准备多种物体光和参照光的组合,并在光聚合物层多次曝光。

[0320] 在具有上述构成的显示装置中,由相对位置检测部 120 来检测眼镜偏离。并且,扫描部位置调整部 1052B 根据相对位置检测部 120 的检测结果,通过变更扫描部 103 和 108 与偏转部 104 和 107 的相对位置,从而用户能够继续看到图像。

[0321] 根据此方法,由于偏转部 104 和 107 不需要将来自扫描部 103 和 108 的光束同时聚光到多个焦点,因此,能够回避因瞳孔同时包括多个焦点而造成的问题。

[0322] 并且,在实施例 5 是以二维扫描光束来描绘影像的方式进行说明的,不过,也可以采用使偏转部 104 和 107 偏转的方式,以使来自液晶等二维图像显示元件的显示光被聚光在瞳孔附近(麦克斯韦观点)。

[0323] 根据以上的构成,在本发明的显示装置,即使在眼镜式 HMD 发生眼镜偏离,也能够解消佩戴时瞳孔偏离的问题,从而不容易发生看不到影像的状况。并且,由于减少了眼镜偏离的问题,因此,能够实现容易引起眼镜偏离的、较重的 HMD,以及前方(镜片部)较重的 HMD,并且能够实现与鼻子和耳朵周边接触面积少的 HMD。并且,由于能够减少将 HMD 作为眼镜式时所出现的问题,因此能够将 HMD 作为眼镜式。

[0324] 并且,上述的各个实施例可以通过任意的组合而期望得到相乘效应。并且,通过适用于以下所示的用途来达到有利的效果。但是本发明的用途不受以下所限。

[0325] (实施例 6)

[0326] 图 21 是本发明的实施例 6 中车载式的 HUD(Head-up Display : 平视显示器) 的构成图。

[0327] 光源 101、波阵面形状变更部 102、扫描部 103、偏转部 104、控制部 105、以及耳机部 106 的基本构成与工作与实施例 1 相同。

[0328] 在本实施例中,向正在乘车的用户显示影像。与实施例 1 相同,通过使偏转部 104 具有光束反射特性和来自车外的可视光的透过特性,从而既能够看到车外的风景又能够看到本发明所进行的显示。据此,在看车外的风景的同时,还能够看到有关车速、注意事项或警告、路程向导等驾驶操作和所在地的信息。

[0329] 光源 101、波阵面形状变更部 102、以及扫描部 103 可以如图 21 那样被安装在车的顶棚附近。据此,得到的效果是透过车窗看到的视野不会被遮挡,并且通过配置在距离眼睛近的地方,从而可以得到缩短光路提高显示精确度的效果。并且,也可以将光源 101 配置在车身下部等与波阵面形状变更部 102 分开的地方,从光源到波阵面形状变更部 102 以光导纤维来传输光束。这样,可以得到减少为了在顶棚部设置光源 101 的区域的效果。

[0330] 控制部 105 可以被设置在仪表板内。与本发明的显示装置不同的其他的控制装置,例如车速管理装置或向导控制装置(车辆导航系统)等控制装置也可以兼用于本发明的控制部 105。这样,可以得到减少控制装置的总数的效果。

[0331] 耳机部 106 可以不必与用户的耳朵接触,可以在用户周围的车内空间装备扬声器,例如在车门或前面的仪表板上装备扬声器。

[0332] 偏转部支承部 401 从顶棚或窗的上部支持偏转部 104。按照用户的头部位置,偏转部支承部 401 的位置调整功能能够调整偏转部 104 的位置和倾斜。调整可以由用户手动进行,也可以自动进行。作为自动调整的方法,可以是在偏转部支持部 401 的附近设置摄像机,并通过拍摄并识别用户的头部或眼睛等位置变化,移动或旋转偏转部 104,以使偏转部 104 处于适当的位置或角度。

[0333] (实施例 7)

[0334] 图 22 示出了本发明的实施例 7 中的椅子安装式的显示装置的构成图。

[0335] 光源 101、波阵面形状变更部 102、扫描部 103、偏转部 104、控制部 105、以及耳机部 106 的基本构成与工作与实施例 1 相同。

[0336] 在实施例 7 中,向坐在椅子上的用户显示影像。

[0337] 光源 101、波阵面形状变更部 102、以及扫描部 103 可以被配置在图 22 所示的从椅子的靠背到用户眼前的偏转部 104 的各个部分。在图 22 中虽然被配置在了用户的头部的上方,也可以配置在侧头部或头部的下方。

[0338] 控制部 105 可以配置在椅子的下部。与本发明的显示装置不同的其他的控制装置，例如按摩控制装置等控制装置也可以兼用于本控制部 105。这样，可以得到减少控制装置的总数的效果。

[0339] 耳机部 106 可以不与用户的耳朵接触，可以在头部的后方或侧面设置扬声器。

[0340] 并且，对于在上述的各个实施例的控制处理，可以通过使 CPU 解释执行规定的程序数据来实现，该规定的程序数据能够执行被存储在记录装置（ROM、RAM、硬盘等）的上述的处理顺序。在这种情况下，程序数据可以通过记录介质被导入到记录装置内，也可以在记录介质上直接执行。并且，记录介质是指：ROM、RAM、闪存等半导体存储器，软盘以及硬盘等磁盘存储器，CD-ROM、DVD、BD 等光盘以及 SD 卡等存储卡等。并且，记录介质在概念上还可以包括电话线路以及传输路径等通信介质。

[0341] 本发明所涉及的显示装置能够减少瞳孔偏移的影响，并且能够应用于显示装置、显示系统以及显示方法等。

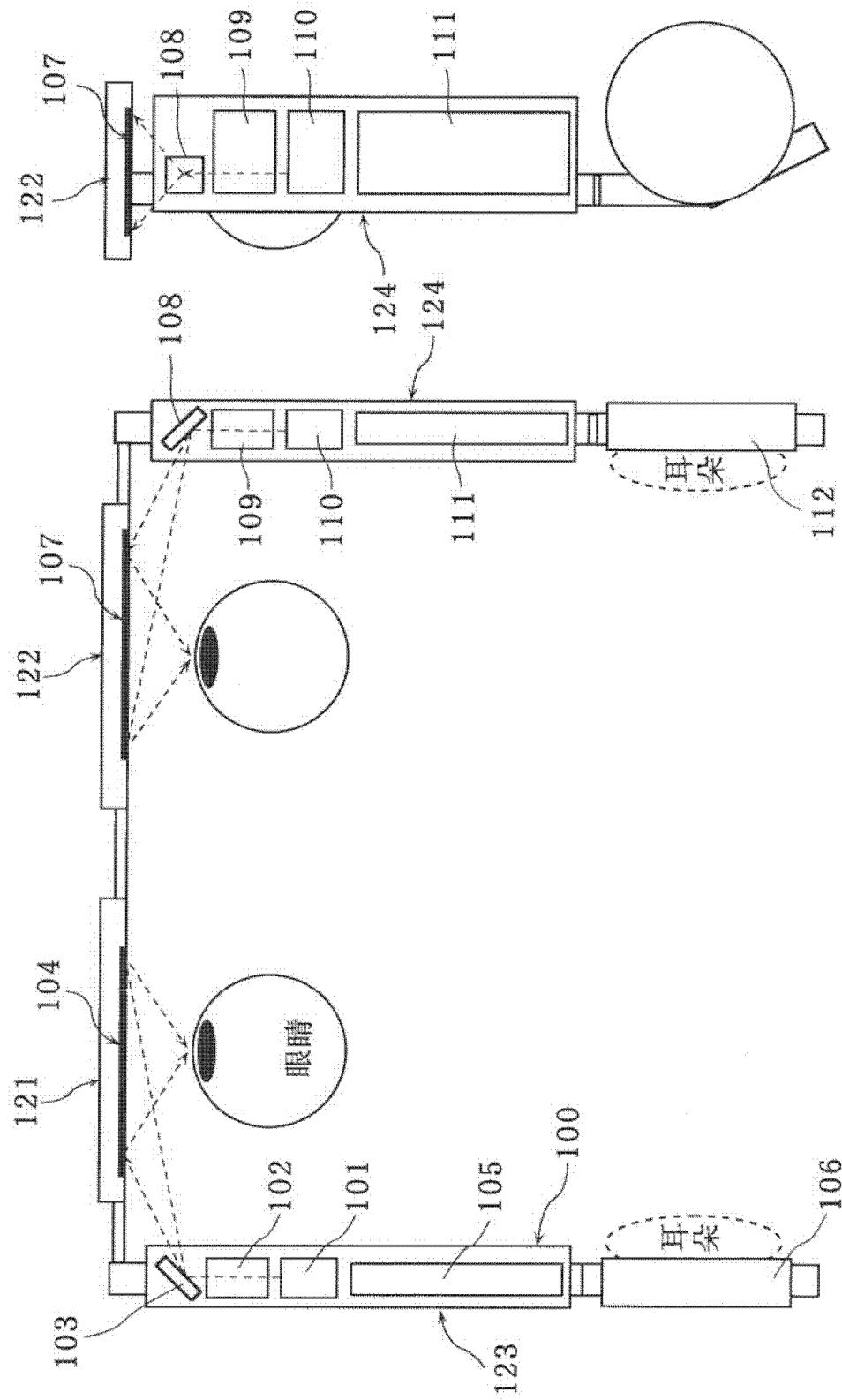


图 1A

图 1B

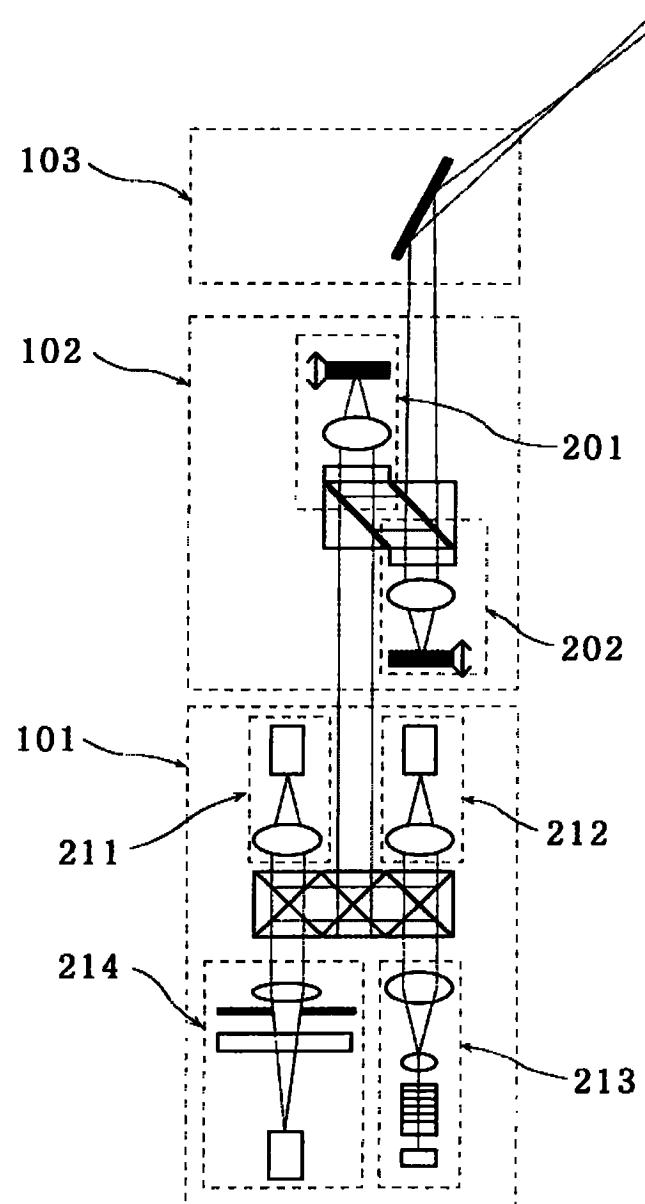


图 2

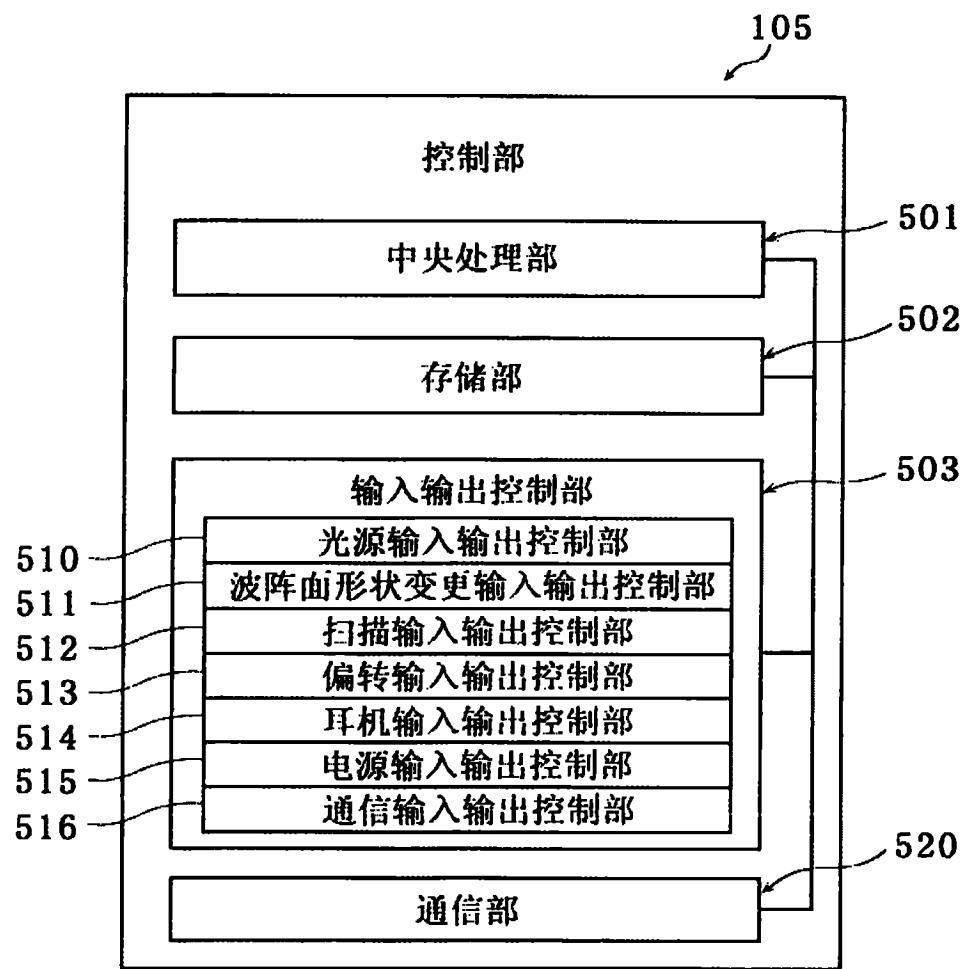


图 3

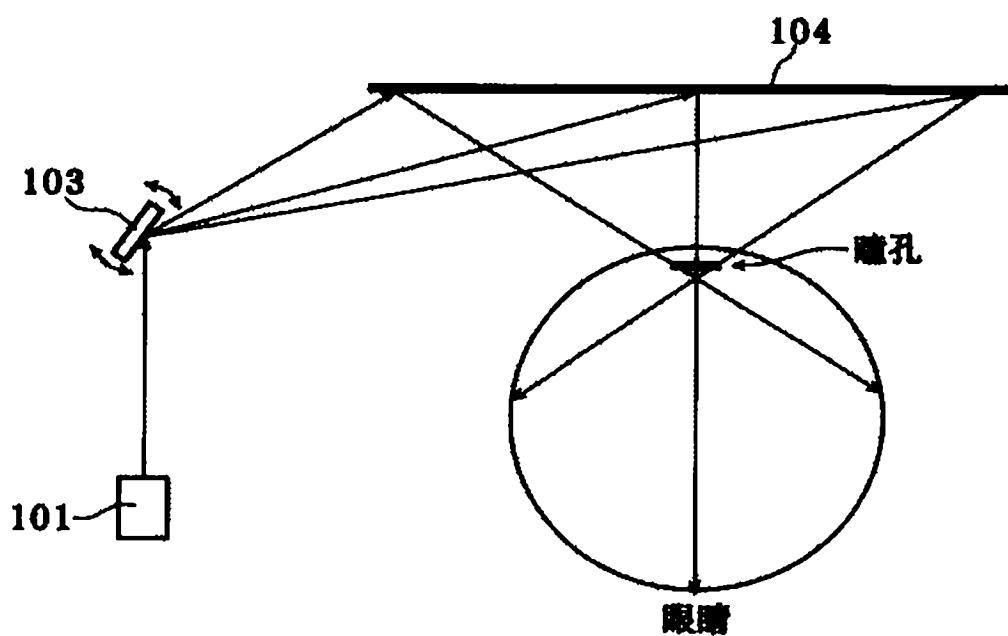


图 4

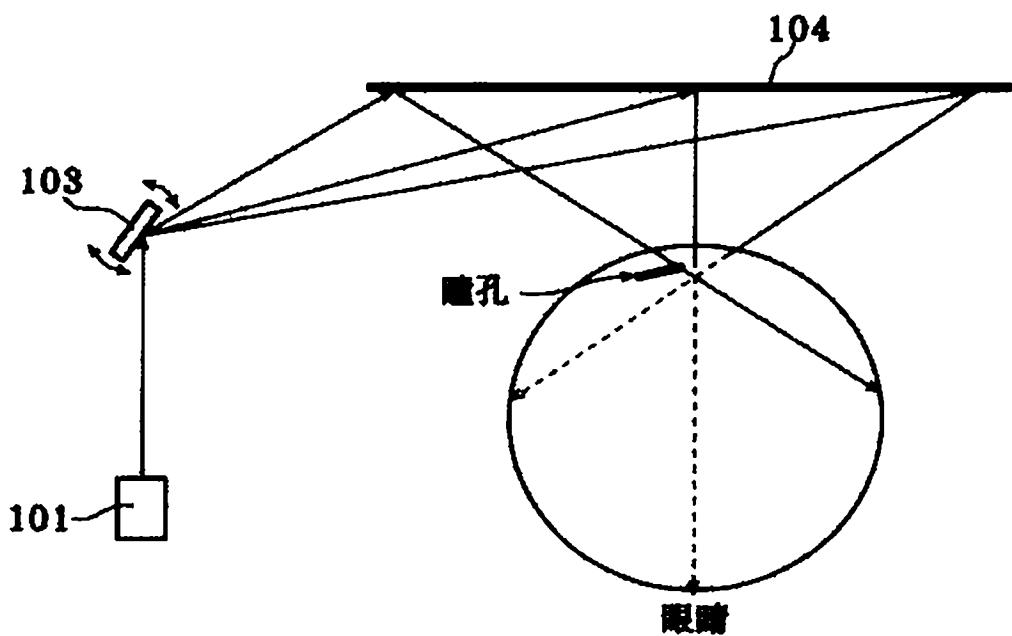


图 5

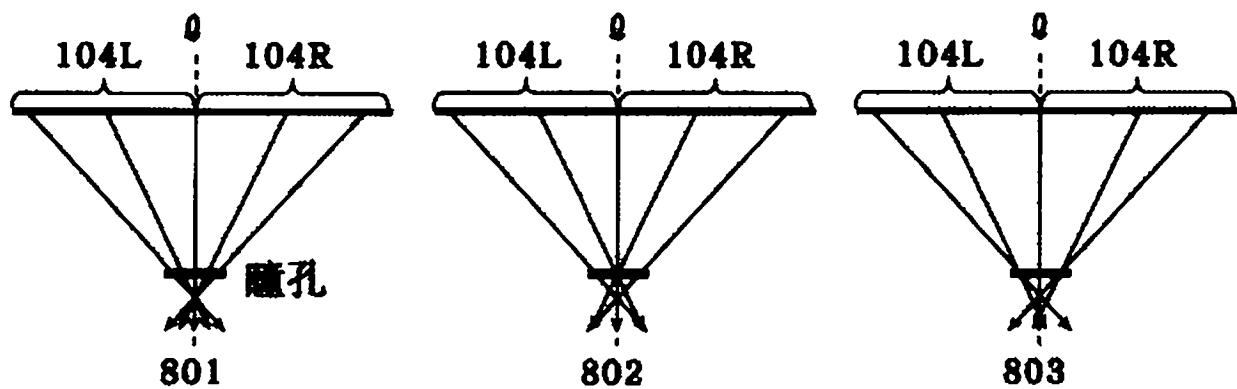


图 6A

图 6B

图 6C

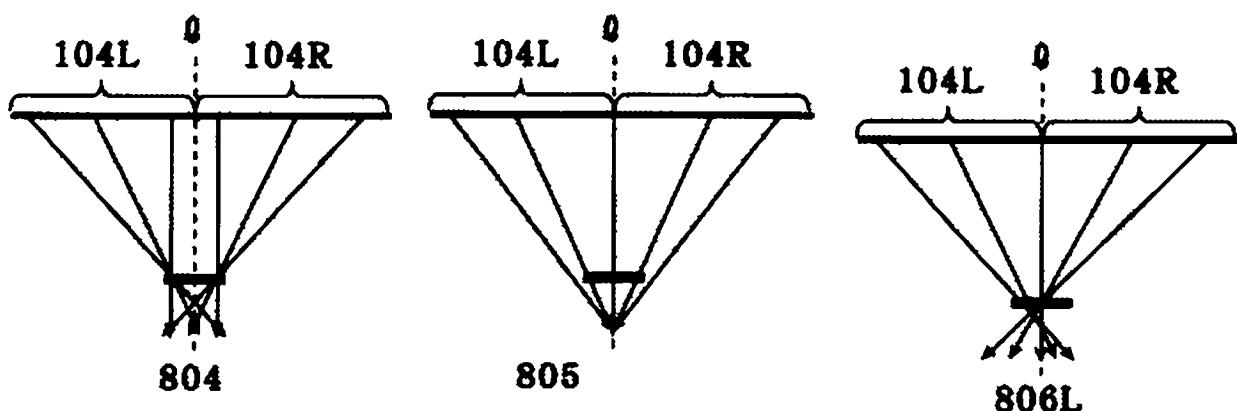


图 6D

图 6E

图 6F

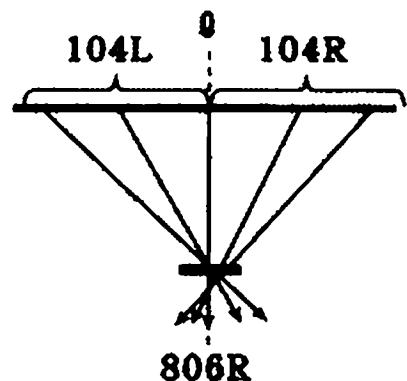


图 6G

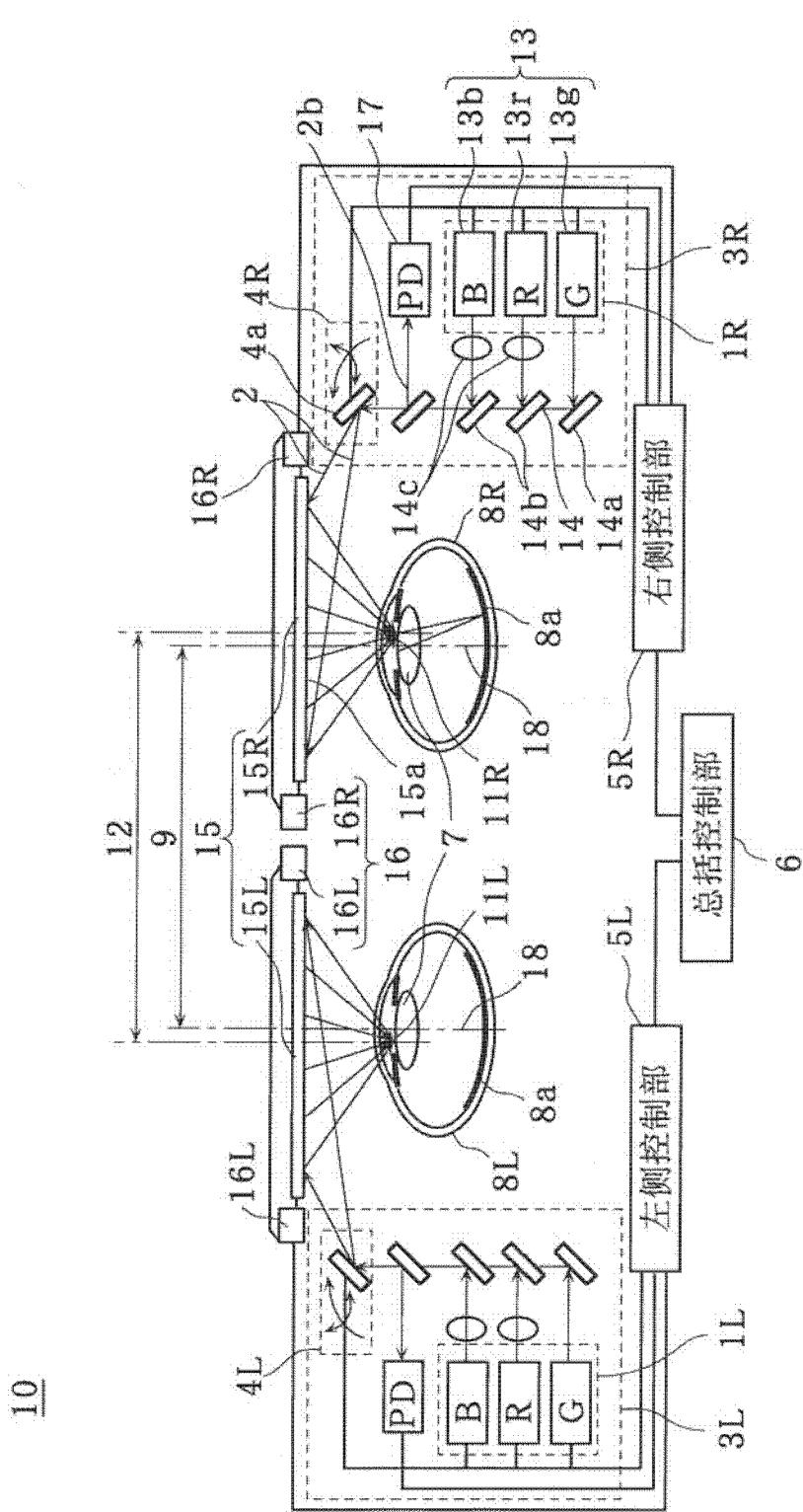


图 7

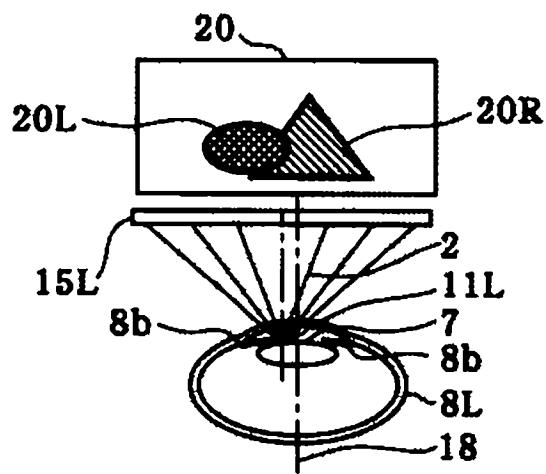


图 8A

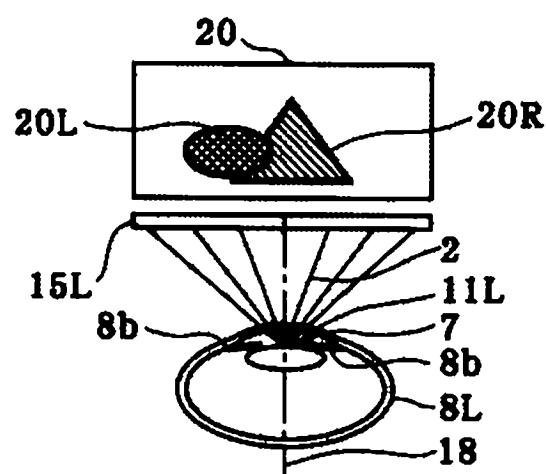


图 8B

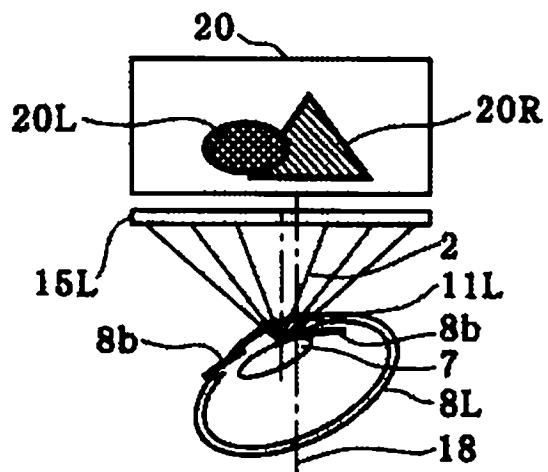


图 9A

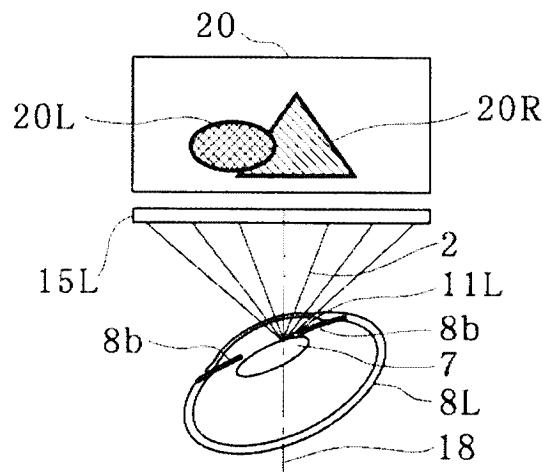


图 9B

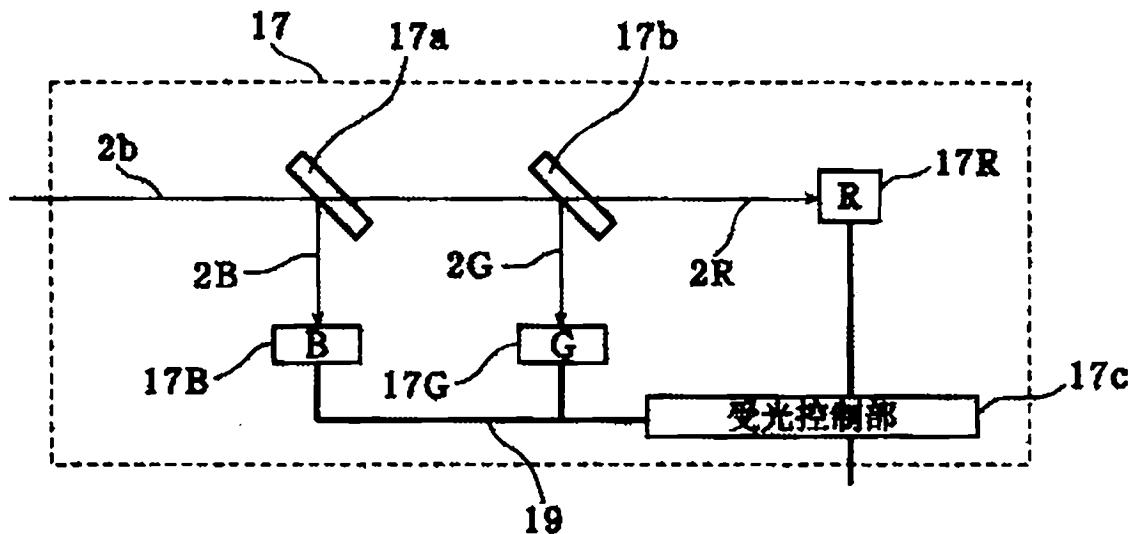


图 10A

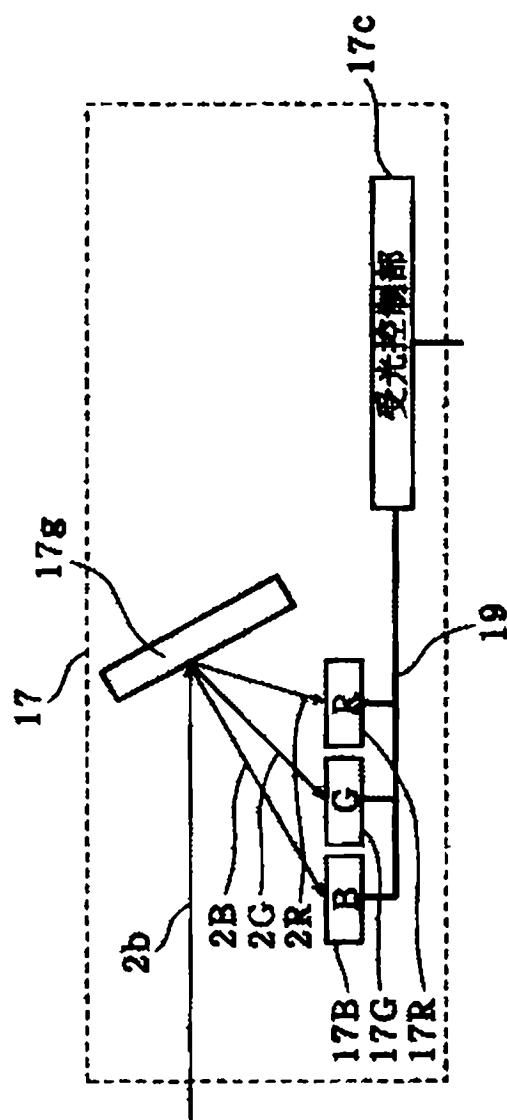


图 10B

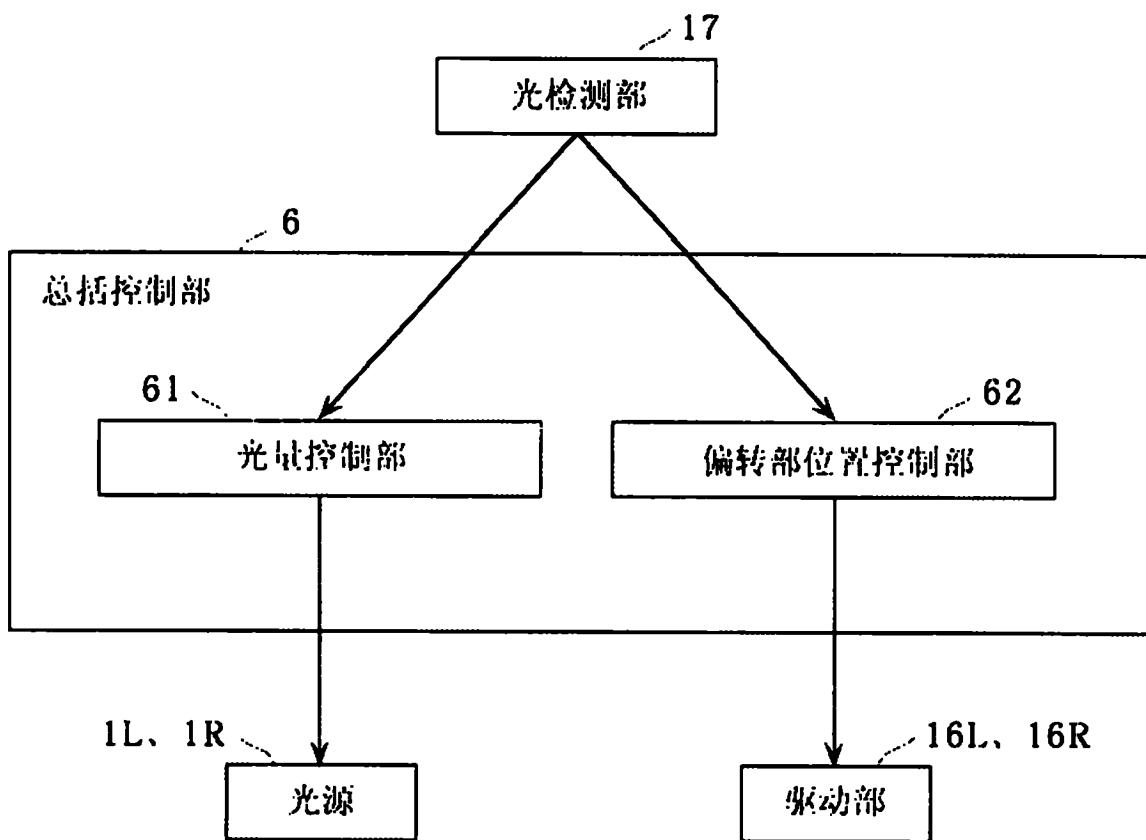
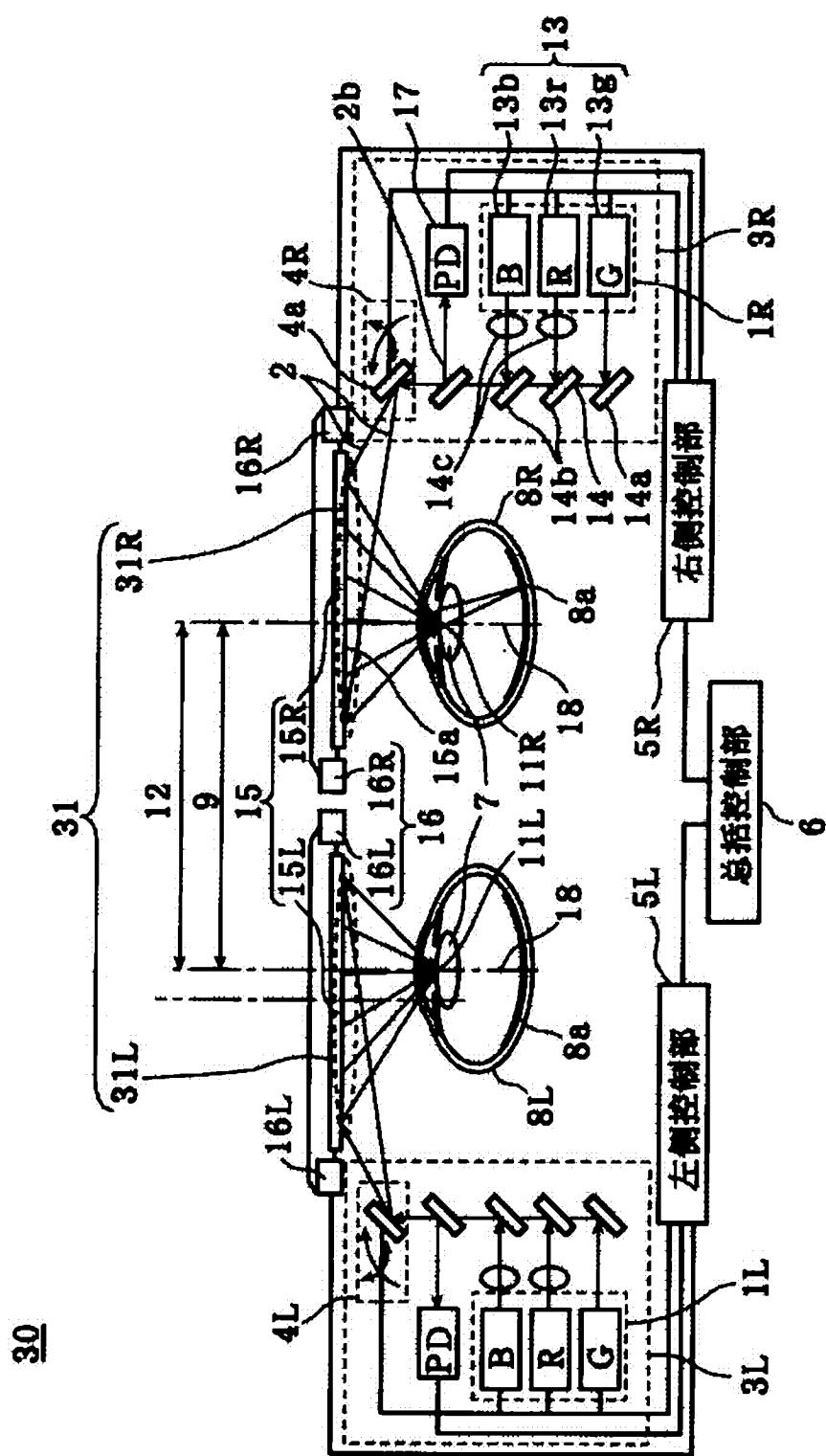


图 11



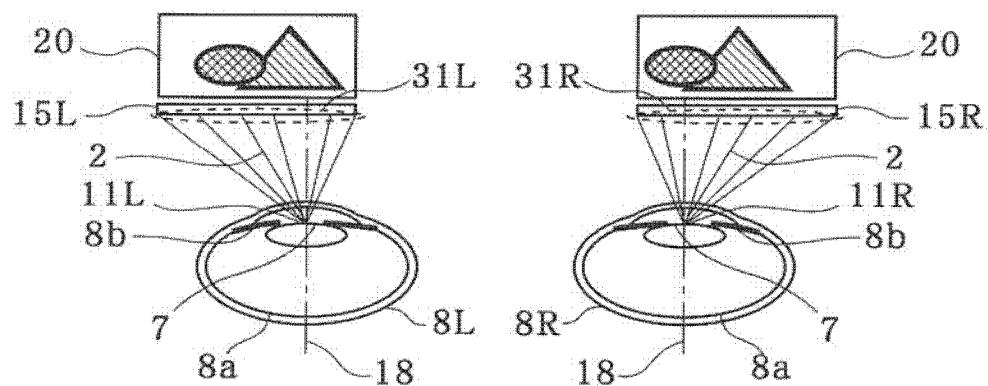


图 13

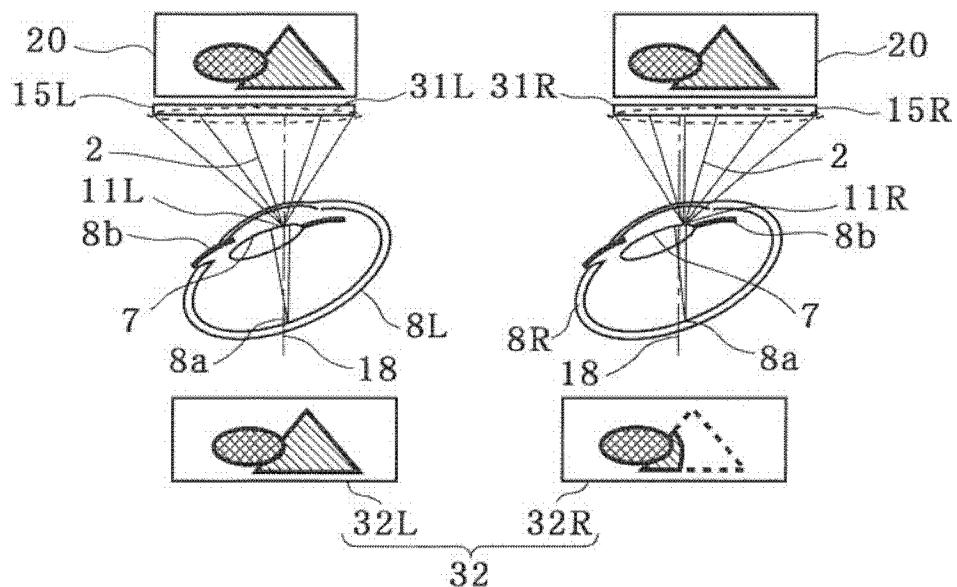


图 14

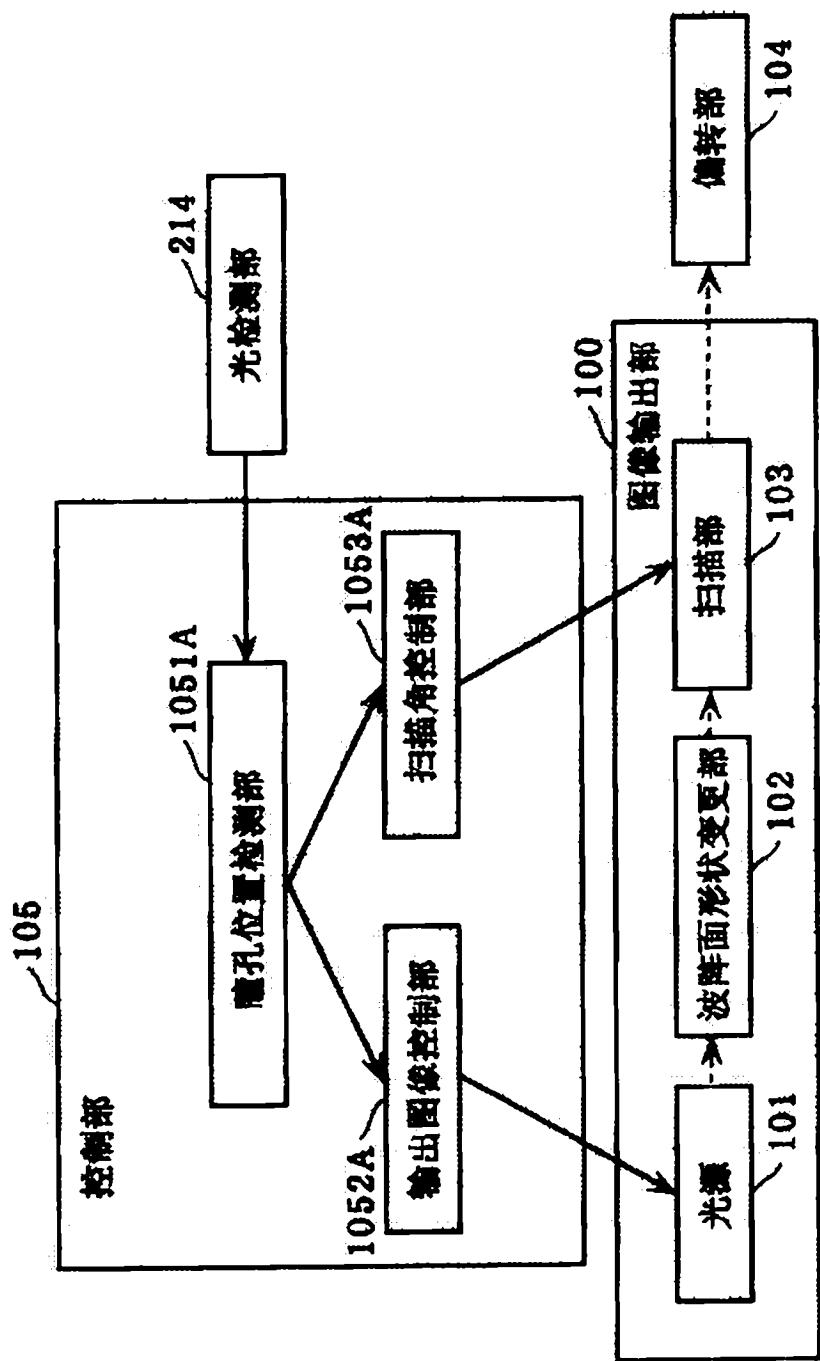


图 15

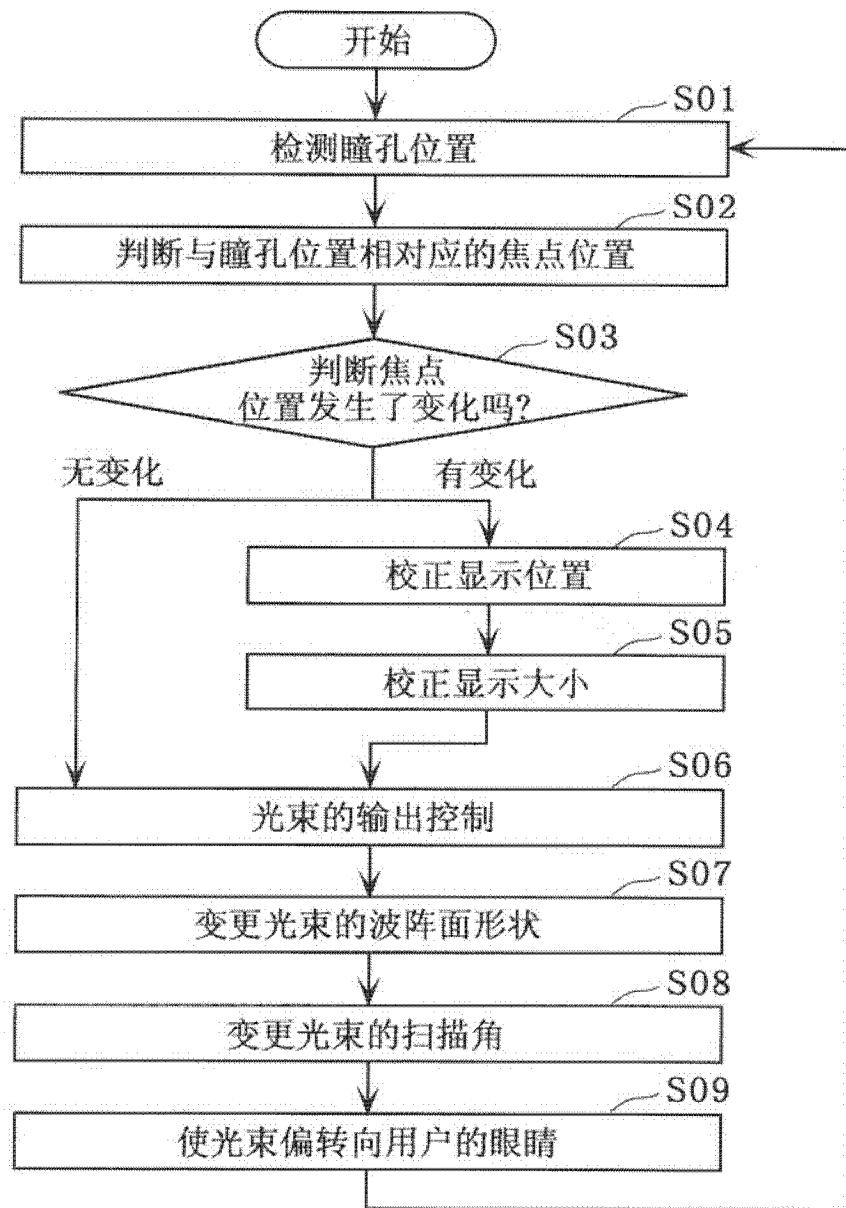


图 16

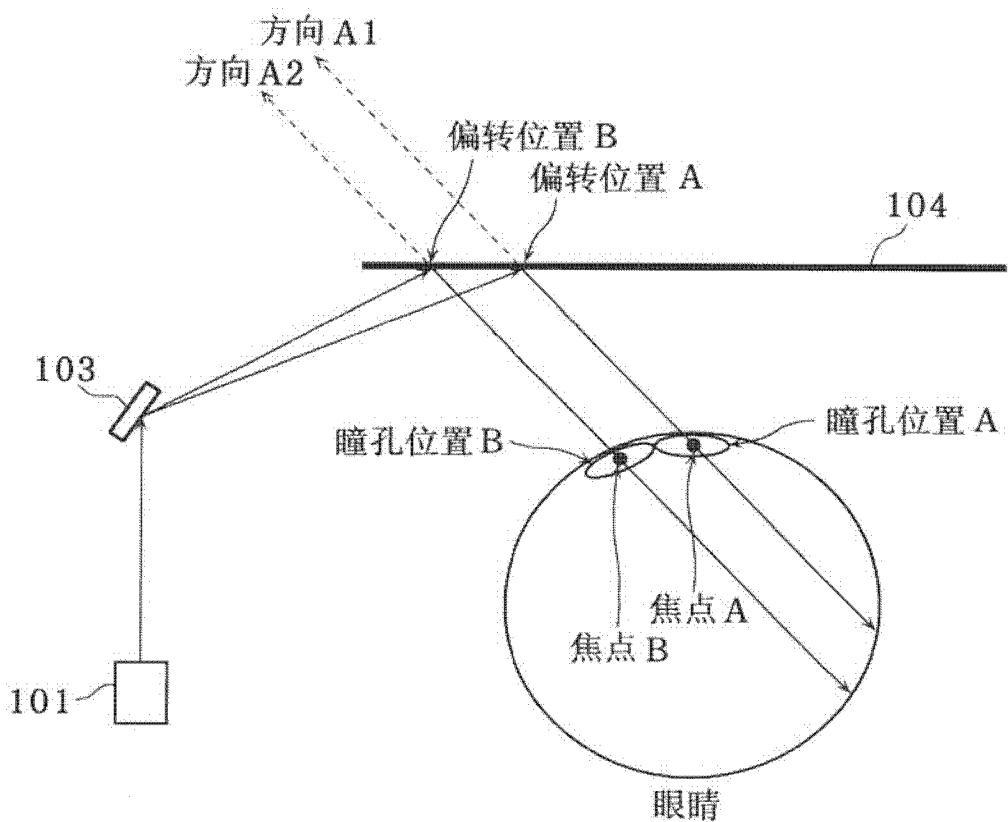


图 17

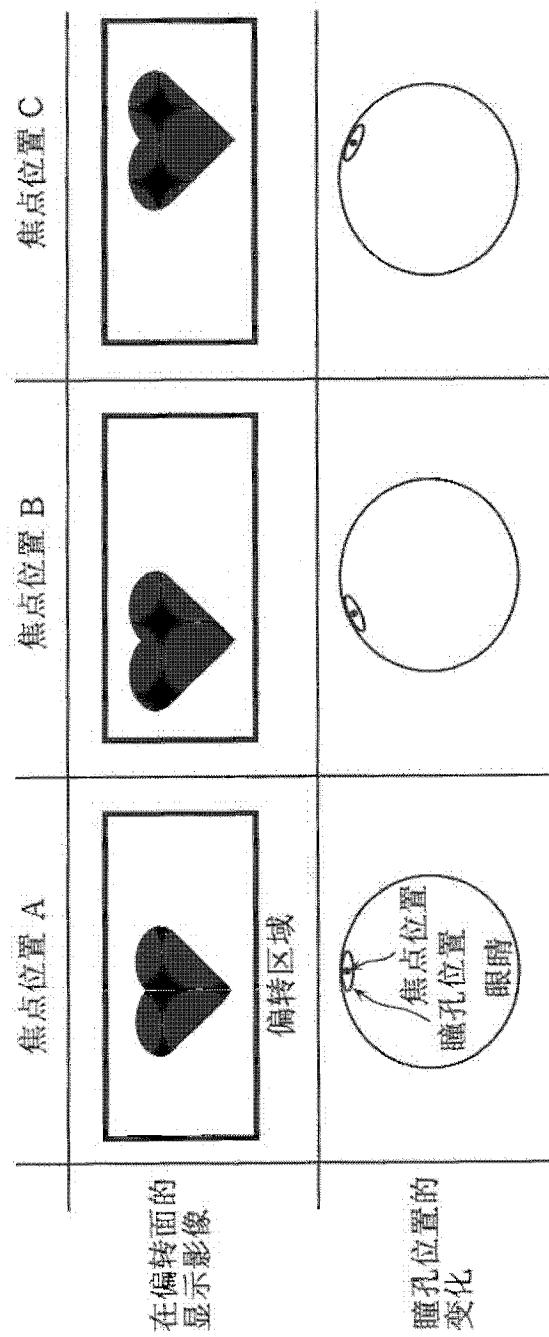


图 18

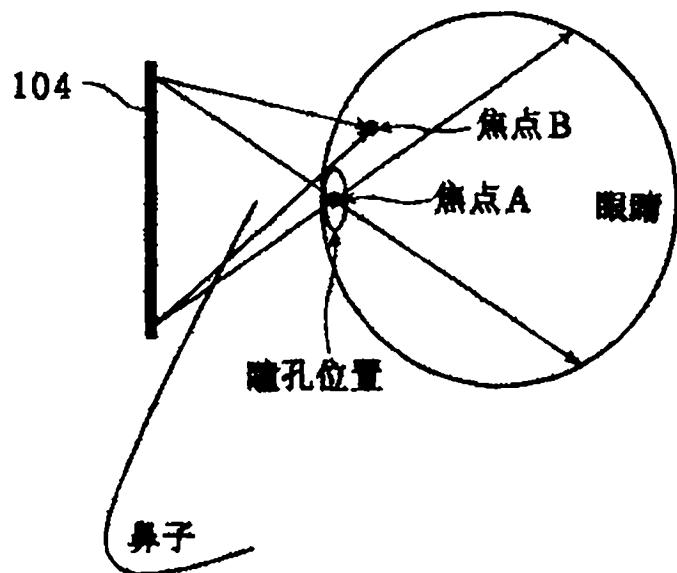


图 19A

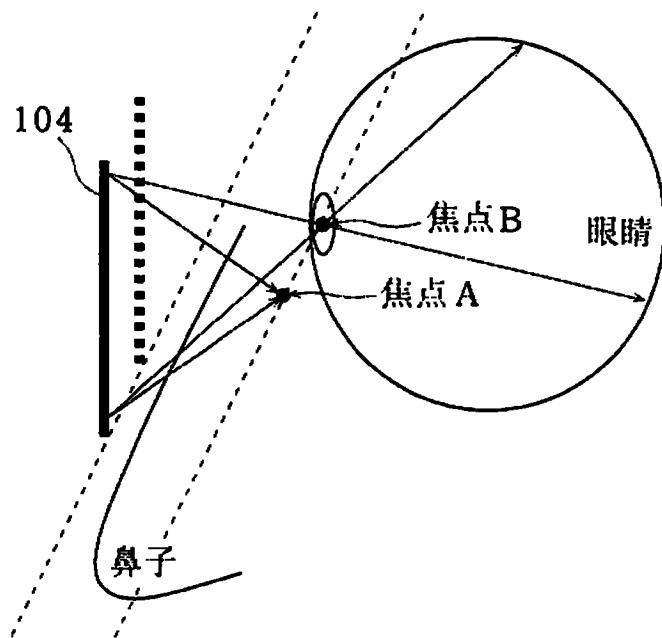


图 19B

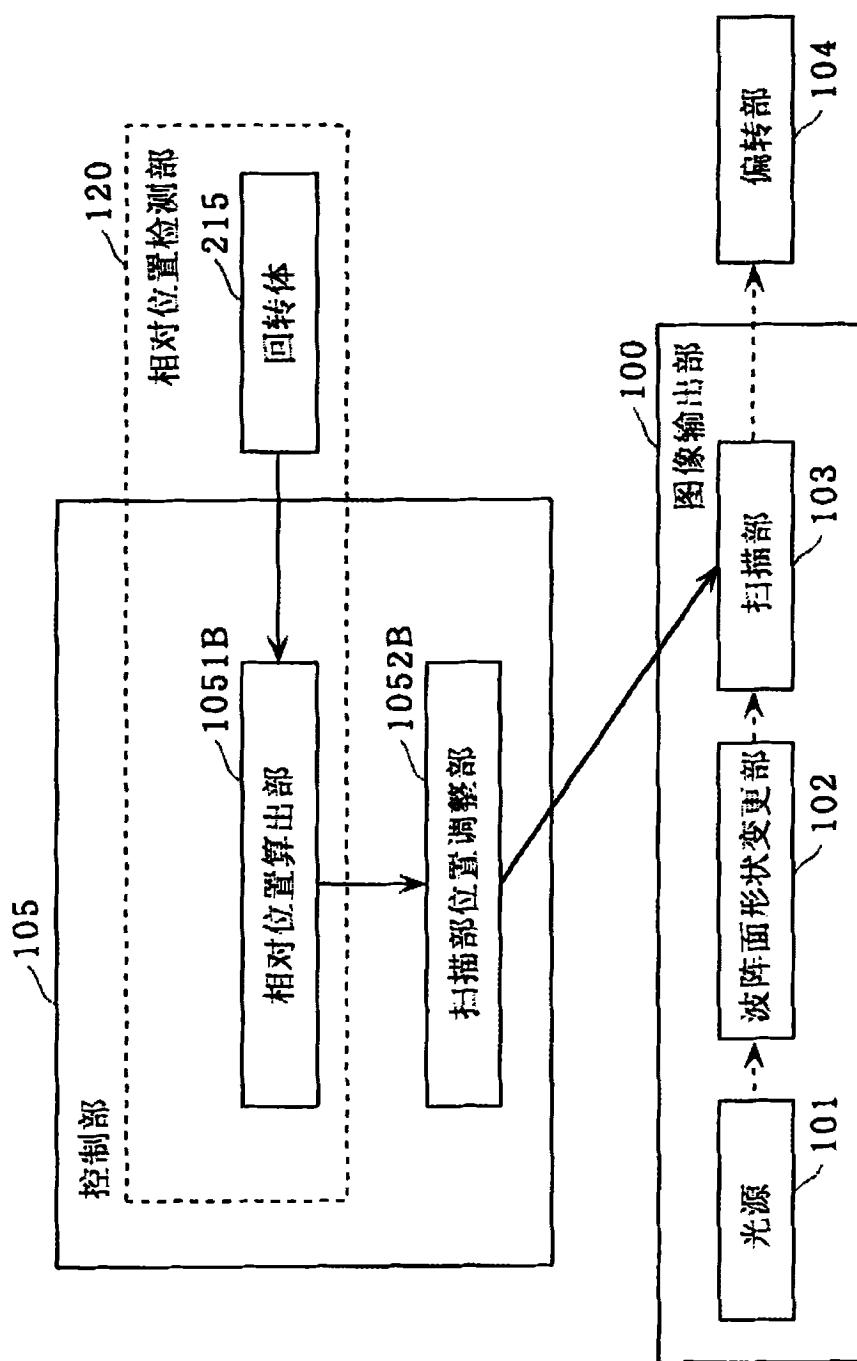


图 20

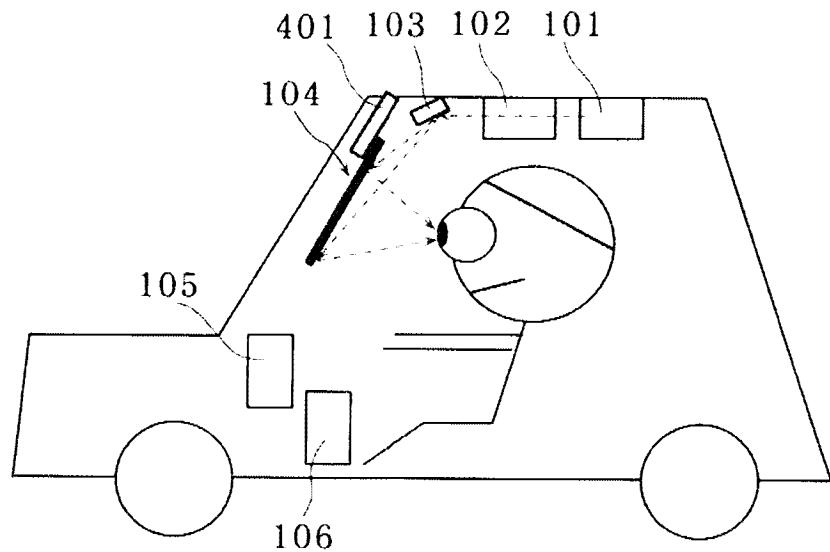


图 21

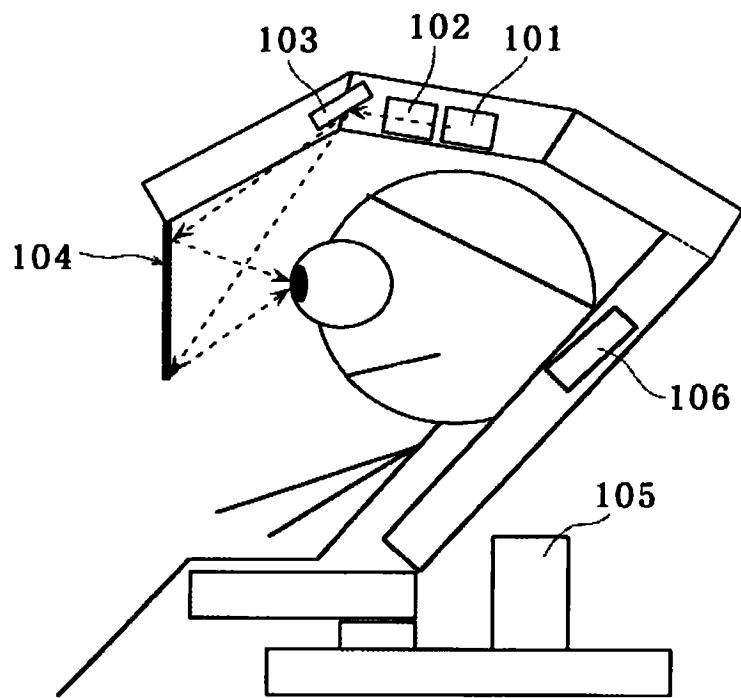


图 22

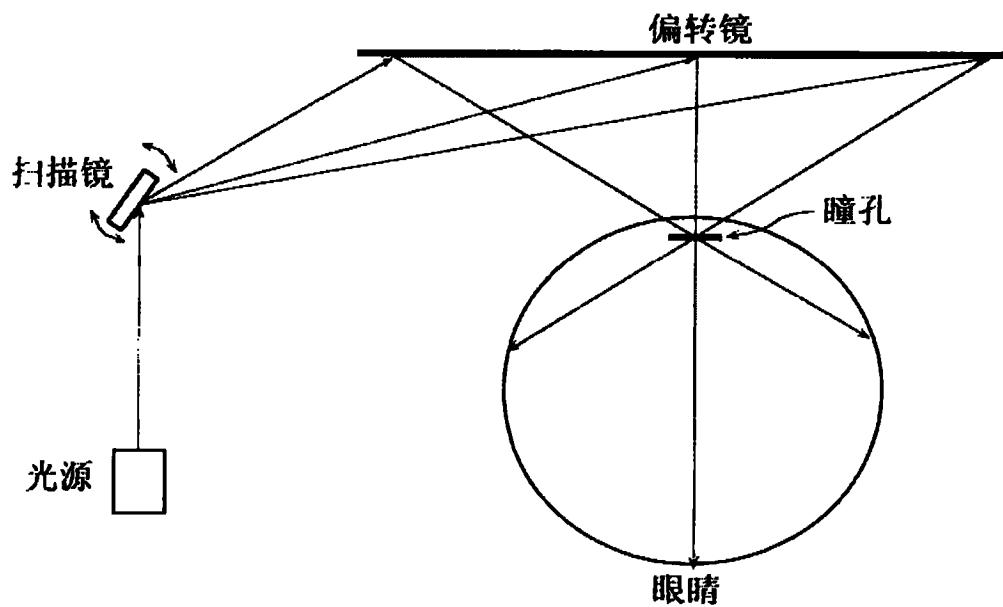


图 23

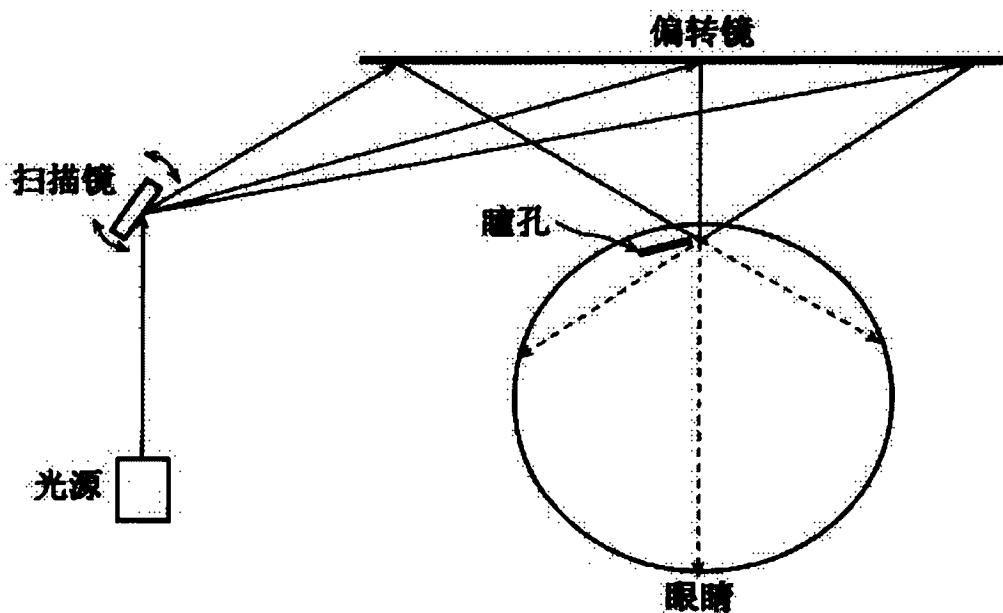


图 24

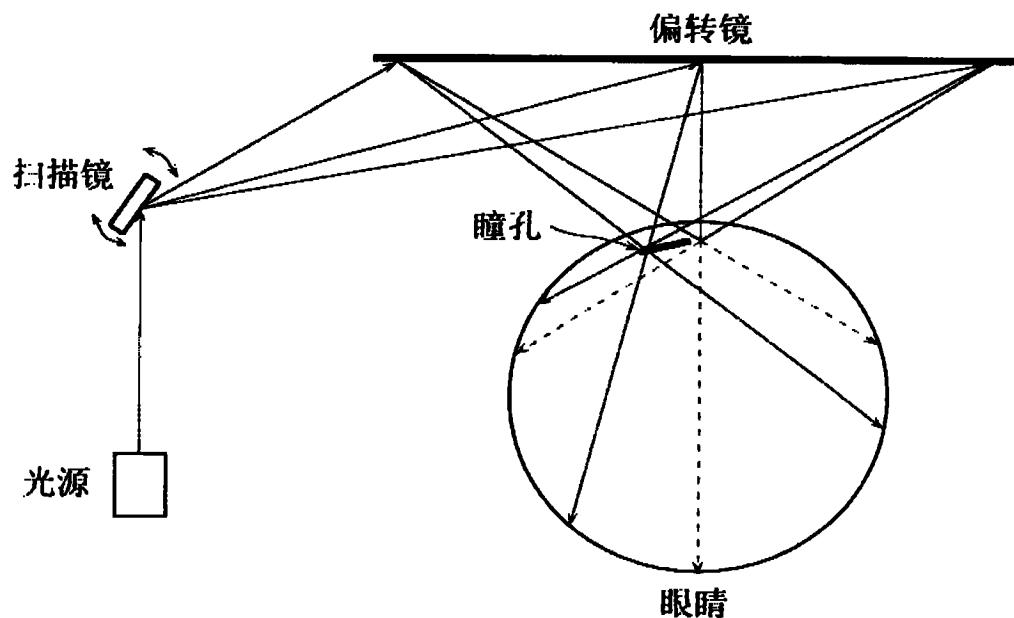


图 25

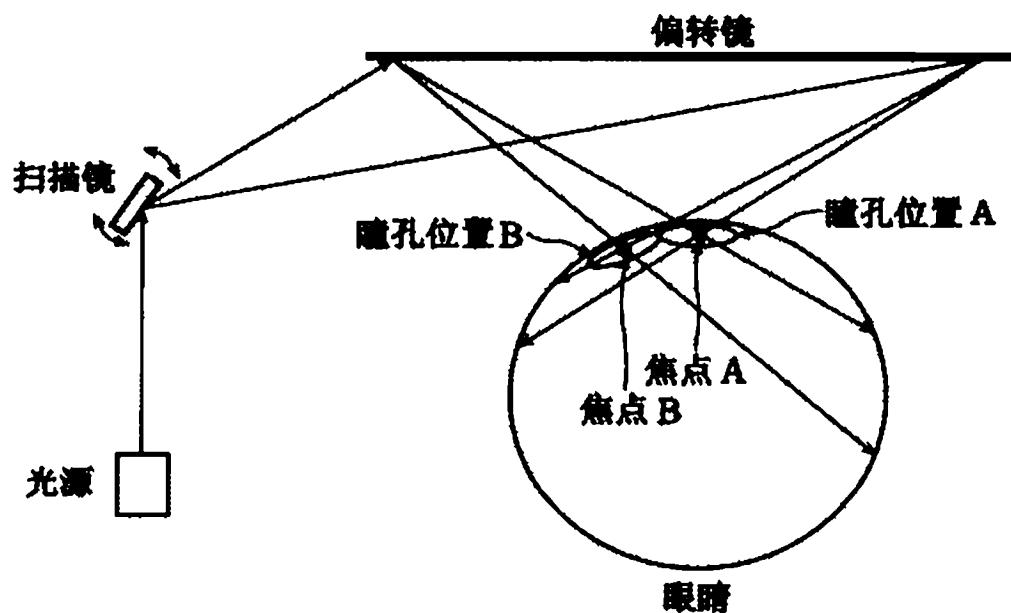


图 26

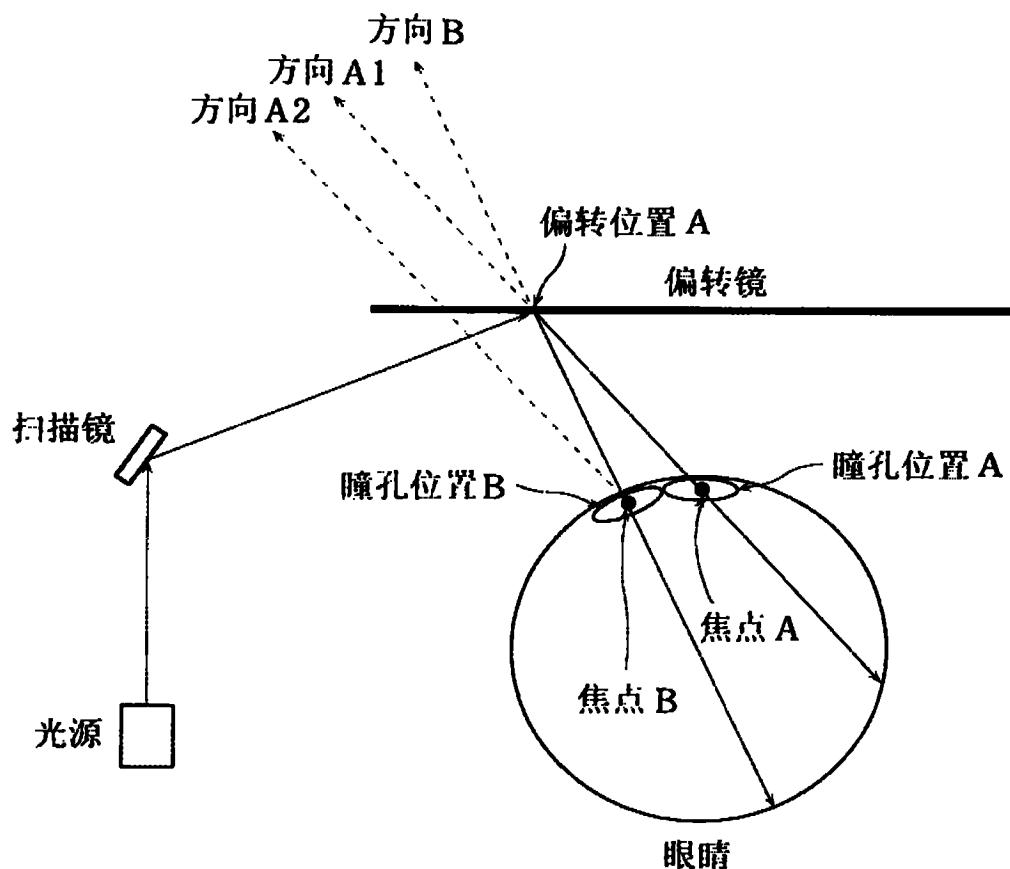


图 27