



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102656501 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 02

(21) 申请号 201080056551. X

(22) 申请日 2010. 12. 08

(30) 优先权数据

2009-282493 2009. 12. 14 JP

2009-282494 2009. 12. 14 JP

2010-100589 2010. 04. 26 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 06. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/007131 2010. 12. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/074209 JA 2011. 06. 23

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 杉山圭司 笠澄研一 山本格也

黑塚章 伊藤达男 式井慎一

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 汪惠民

(51) Int. Cl.

G02B 27/01 (2006. 01)

B60K 35/00 (2006. 01)

G02B 17/08 (2006. 01)

G02B 26/10 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5760931 A, 1998. 06. 02,

JP S63194222 A, 1988. 08. 11,

JP H0950227 A, 1997. 02. 18,

JP H06115382 A, 1994. 04. 26,

JP H0348809 A, 1991. 03. 01,

JP H09236774 A, 1997. 09. 09,

JP H09179060 A, 1997. 07. 11,

审查员 李卓

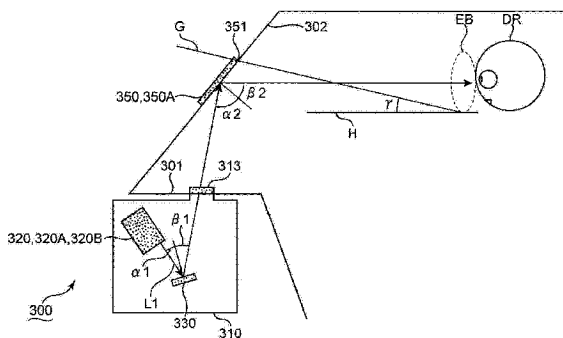
权利要求书2页 说明书37页 附图32页

(54) 发明名称

透过型显示装置

(57) 摘要

一种透过型显示装置,包括:输出光的光源;接收来自该光源的所述光,生成表示图像的显示光的显示构件;改变从该显示构件射出的所述显示光的方向的偏向构件;以及将从所述显示构件射出的所述显示光中所包含的波长的光向使用者反射,而让除此以外的波长的光透过的透过反射构件,其中,连结所述显示光射入所述透过反射构件的区域的的上端部分与可视区的下部的直线相对于水平线所成的角度小于所述透过反射构件的所述显示光的出射角与入射角之间的差,所述可视区为使用者能够看到由所述透过反射构件反射的所述显示光的范围。



1. 一种透过型显示装置,其特征在于包括:  
光源,输出光;  
显示构件,接收来自所述光源的所述光,生成表示图像的显示光;  
偏向构件,改变从所述显示构件射出的所述显示光的方向;以及  
透过反射构件,将从所述显示构件射出的所述显示光中所包含的波长的光向使用者反射,而让除此以外的波长的光透过,其中,  
所述透过反射构件具备:  
使所述显示光的方向偏向的衍射元件;  
配置在所述显示光射入所述透过反射构件一侧并保持所述衍射元件的前侧透明部件;  
以及  
配设在与所述前侧透明部件相反的一侧且与所述前侧透明部件一起夹持所述衍射元件的后侧透明部件,  
所述前侧透明部件,具有与空气接触的空气接触面,  
所述衍射元件,相对于所述空气接触面倾斜,  
所述衍射元件,包括相对于所述空气接触面具有倾斜的至少一个倾斜区域和相对于所述空气接触面不具有倾斜的至少一个非倾斜区域,或者包括至少具有一个曲率的自由曲面,  
射入所述偏向构件的所述显示光的第 1 入射角、从所述偏向构件射出的所述显示光的第 1 出射角、射入所述透过反射构件的所述显示光的第 2 入射角以及从所述透过反射构件射出的所述显示光的第 2 出射角的关系为,  
所述第 1 入射角与所述第 1 出射角之间的大小之差的第 1 角度差,大于所述第 2 入射角与所述第 2 出射角之间的大小之差的第 2 角度差,且所述第 1 入射角小于所述第 1 出射角。
2. 根据权利要求 1 所述的透过型显示装置,其特征在于:从所述光源射出的所述光的波长宽度越大,所述第 1 角度差与所述第 2 角度差之间的差被设定得越大。
3. 根据权利要求 2 所述的透过型显示装置,其特征在于:当从所述光源射出的所述光的所述波长宽度为 2nm 以上时,所述第 1 角度差比所述第 2 角度差大 5 度以上。
4. 根据权利要求 3 所述的透过型显示装置,其特征在于:从所述显示构件到所述偏向构件为止的所述显示光的光路长度长于从所述偏向构件到所述透过反射构件为止的所述显示光所通过的光路长度。
5. 根据权利要求 4 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述偏向构件相对于水平线的倾斜方向,根据所述第 2 入射角与所述第 2 出射角之间的大小关系而不同,  
当所述第 2 入射角大于所述第 2 出射角时,所述偏向构件的所述倾斜方向被设定为与所述透过反射构件相对于所述水平线的倾斜方向相同的方向。
6. 根据权利要求 1 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述至少一个倾斜区域包括用于描绘所述图像端部的所述显示光射入的区域。
7. 根据权利要求 1 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述第 2 角度差为 6 度以上。
8. 根据权利要求 1 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述第 2 入射角处于 20 度至 25 度之间。

9. 根据权利要求 8 所述的透过型显示装置,其特征在于:  
所述透过反射构件,具有将由所述显示构件生成的显示像放大的放大功能,  
当所述第 2 出射角处于 45 度至 65 度的范围时,所述放大功能的放大倍率处于 3 倍至 4 倍的范围。
10. 根据权利要求 8 或 9 所述的透过型显示装置,其特征在于:  
所述透过反射构件是具备全息的组合器,  
所述显示构件包括显示元件,  
所述光源的波长宽度为 1nm 以下。
11. 根据权利要求 1 所述的透过型显示装置,其特征在于还包括:收容所述显示构件的显示单元,其中,  
在所述显示单元形成供所述显示光射出的开口部,  
所述第 2 出射角越小,所述透过反射构件与所述开口部的距离越短。
12. 根据权利要求 9 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述第 2 角度差为 8 度以下。
13. 根据权利要求 12 所述的透过型显示装置,其特征在于:  
所述光源包括分别输出与红色、蓝色、绿色对应的波长的激光的激光光源,  
从所述激光光源分别输出的所述激光的波长宽度为 1nm 以下。
14. 根据权利要求 13 所述的透过型显示装置,其特征在于:  
所述第 2 出射角为 50 度以下,  
所述放大倍率被设定在 2 倍至 3.5 倍的范围内。
15. 根据权利要求 9 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述偏向构件包括具有放大倍率的凹面镜。
16. 根据权利要求 15 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述偏向构件的所述放大倍率被设定成小于所述透过反射构件的所述放大倍率。
17. 根据权利要求 15 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述第 1 入射角被设定成,使由所述偏向构件产生的像散的方向与由所述透过反射构件产生的像散的方向不同。
18. 根据权利要求 17 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述显示光对所述偏向构件的入射,在与所述显示光射入所述透过反射构件的方向相反的方向进行。
19. 根据权利要求 18 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述第 1 入射角被设定在 15 度至 25 度之间。
20. 根据权利要求 19 所述的透过型显示装置,其特征在于:  
所述透过反射构件的所述放大倍率被设定在 2 倍至 3 倍的范围,  
所述偏向构件的所述放大倍率被设定在 1.2 倍至 2 倍的范围。
21. 根据权利要求 15 所述的透过型显示装置,其特征在于:所述偏向构件所具有的焦距比从所述偏向构件到所述透过反射构件为止的距离短。

## 透过型显示装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种将图像重叠在透过透过型显示部观看到的外界景色上加以显示,让使用者同时观看图像与外界景色的透过型显示装置 (transmissive display device)。

### 背景技术

[0002] 对于驾驶汽车等车辆的驾驶员,要求在驾驶过程中安全且迅速地进行例如掌握车外的状况、读取车辆的显示装置上的信息以及驾驶操作等各种动作。因此,较为理想的是,在驾驶过程中为掌握车外状况所需要的驾驶员的视点移动范围内读取从显示装置送出的车辆信息。例如,通过将光照射在车辆的前挡玻璃等透明板的一部分上以显示文字及 / 或图像的图像显示装置受到期待。

[0003] 作为这种透过型的显示装置,可以举出在汽车的前挡玻璃上显示驾驶信息的平视显示器 (Head-UP Display, (以下称作 HUD))、在眼镜装置的镜片部分显示信息的头戴式显示器 (Head-Mounted Display (以下称作 HMD)) 等各种装置。驾驶员利用这种透过型的显示装置,能够在观看外界的同时看到与驾驶相关的信息 (例如地图或速度计)。因此,期待这种透过型的显示装置有助于驾驶员的安全驾驶。

[0004] 图 46 概略示出以往的 HUD。根据专利文献 1, HUD 在前挡玻璃上投影虚像。在前挡玻璃上安装透过性高的全息组合器 (hologram combiner)。全息组合器让来自外界的光以高透过率透过,并使投影至全息组合器的显示像以高亮度到达驾驶员的眼睛。

[0005] 来自外界的光以高透过率通过全息组合器并到达驾驶员的眼睛。

[0006] 如图 46 所示,搭载于车体 101 中的 HUD 具备收纳在仪表盘内的 HUD 光学单元 102、配设在 HUD 光学单元 102 内部的显示构件 103 及偏向构件 104、配设在显示构件 103 内的光源 (未图示) 以及安装在前挡玻璃 107 上的组合器 (combiner) 106。

[0007] 显示构件 103 例如具有液晶,显示应向驾驶员 DR 显示的信息 (像)。显示构件 103 所生成的表示像的显示光向偏向构件 104 投影。偏向构件 104 例如具备镜等的光学构件,使来自显示构件 103 的显示光偏转向安装在前挡玻璃 107 上的组合器 106。

[0008] 在 HUD 光学单元 102 形成开口部 105。被偏向构件 104 偏向的显示光通过开口部 105, 投影到形成在前挡玻璃 107 的表面上的组合器 106。组合器 106 使来自 HUD 光学单元 102 的显示光偏转向驾驶员 DR。

[0009] 驾驶员 DR 观看组合器 106 反射的显示光,能够在视觉上获取与驾驶相关的信息。可视区 (eyebow) EB 表示驾驶员 DR 移动头部时能够看到图像的范围。在驾驶员 DR 的眼睛位于可视区 EB 内时,显示光到达驾驶员 DR 的视网膜,驾驶员 DR 能够观看图像。另外,组合器 106 具备在反射来自 HUD 光学单元 102 的显示光的同时,使来自前挡玻璃外部 (外界) 的光透过的性能。利用该组合器 106 的性能,驾驶员 DR 能够同时观看显示构件 103 显示的信息和前挡玻璃 107 外的外界景象。这样,驾驶员 DR 利用 HUD 能够不从外界移开视线地看到来自显示构件 103 的信息。由于驾驶员 DR 的视线移动的频率降低,因此驾驶时的安全性提高。

[0010] 根据专利文献 1, 组合器 106 使用全息组合器。全息组合器具有较高的波长选择性。全息组合器例如只反射显示构件 103 所利用的波长, 而让除此以外的波长的光透过。其结果是, 全息组合器能够以高亮度反射来自显示构件 103 的光, 同时让来自外界的光以高透过率透过。

[0011] 根据专利文献 1, 使用凹面镜作为偏向构件 104。专利文献 1 提出利用凹面镜修正因组合器 106 的曲率产生的图像的失真。

[0012] 也尝试过调整射入作为组合器 106 使用的全息的光的角度及由全息衍射并射出的光的角度, 以降低由全息产生的像差的影响 (例如专利文献 4)。

[0013] 图 46 所示的 HUD 利用安装在前挡玻璃 107 上的组合器 106 (全息组合器) 向驾驶员 DR 提供图像。但是, 来自显示构件 103 的显示光不仅会被组合器 106 反射, 也会被前挡玻璃 107 反射。其结果是, 驾驶员 DR 将看到利用由组合器 106 衍射的显示光生成的像与利用由前挡玻璃 107 反射的显示光生成的像。

[0014] 图 47 是用于说明因由前挡玻璃反射的显示光引起的问题的示意图。参照图 47, 对因由前挡玻璃反射的显示光引起的问题进行说明。

[0015] 在图 47 中, 示出了被用作为前挡玻璃的两片玻璃板 (内玻璃板 202 及外玻璃板 203) 和配设在内玻璃板 202 与外玻璃板 203 之间的全息组合器 201。显示光 (入射光 IL) 向全息组合器 201 投影。全息组合器 201 使入射光 IL 向驾驶员 DR 衍射, 生成衍射光 DL。

[0016] 内玻璃板 202 形成车辆的内面, 外玻璃板 203 形成车辆与外界的边界面。内玻璃板 202 将射向全息组合器 201 的入射光 IL 反射向驾驶员 DR。内玻璃板 202 反射的光在图 47 中作为反射光 RL1 而被示出。外玻璃板 203 将通过了全息组合器 201 的光向驾驶员 DR 反射。外玻璃板 203 反射的光在图 47 中作为反射光 RL2 而被示出。

[0017] 驾驶员 DR 观看到由来自全息组合器 201 的衍射光 DL 表示的图像、由来自内玻璃板 202 的反射光 RL1 表示的图像以及由来自外玻璃板 203 的反射光 RL2 表示的图像。其结果, 由来自显示构件的显示光显示的图像产生双重或三重模糊而被驾驶员 DR 观看到。

[0018] 下面, 在本说明书中, 将来自全息组合器的衍射光及来自玻璃板 (前挡玻璃) 的反射光同时被驾驶员观看到的问题称作“表面反射问题”。

[0019] 图 48 概略示出用于解决表面反射问题的一种方案。图 48 所示的方案是通过使全息组合器所生成的衍射光的方向与被玻璃板的表面反射的反射光的方向不同, 来解决表面反射问题。

[0020] 图 48 所示的全息组合器 201 的光学性能被设计成, 针对以入射角 IA 射入的光 (入射光 IL), 使衍射光 DL 以衍射角 DA 射出。此时, 由内玻璃板 202 产生的反射光 RL1 及由外玻璃板 203 产生的反射光 RL2 以大小与入射角 IA 相等的出射角 OA 从前挡玻璃射出。若衍射角 DA 与出射角 OA 的差足够大, 则在驾驶员 DR 观看显示图像的可视区 EB 内, 仅有来自全息组合器 201 的衍射光 DL 射入。其结果是, 驾驶员 DR 几乎观看不到来自内玻璃板 202 及外玻璃板 203 的反射光 RL1、RL2。

[0021] 例如, 如图 48 所示, 若反射光 RL1、RL2 的出射角 OA 与衍射角 DA 相比足够大, 则衍射光 DL 射入可视区 EB 内, 而反射光 RL1、RL2 偏离到可视区 EB 的上方。例如, 专利文献 2 按照图 48 所示的方案, 提出一种使来自玻璃板的反射光的方向与全息组合器的衍射光的方向不同的车辆用显示装置。

[0022] 专利文献 3 提出一种在组合器以外的部分使用全息,以提高 HUD 对驾驶员显示的图像的画质的方案。作为用于使来自参照图 46 说明的 HUD 的显示构件 103 的光偏转向组合器 106 的偏向构件 104,如果取代镜而使用全息,则可降低组合器 106 产生的像差的影响。

[0023] 为了消除表面反射问题而设定的衍射角与出射角之间的大的差异会产生因光源的波长宽度而造成的像模糊(色差、color aberration)。另外,所谓“像模糊”,是指在与全息组合器的设计波长不同波长的光射入全息组合器时,入射光向与对设计波长的光预先规定的方向不同的方向衍射的现象。

[0024] 在全息组合器是以光源的中心波长为基准来设计的情况下,光源的波长宽度越大,射入全息组合器的偏离设计波长的波长的光量越多。作为结果,来自光源的大部分光向与设计的衍射角度不同的方向衍射。全息组合器的入射角与衍射角的差越大,因全息组合器造成的像模糊的影响越大。因此,在光源波长宽度大的情况下,为了消除表面反射问题而设定的全息组合器的入射角与衍射角之间的大的差异会导致对驾驶员显示的图像的分辨率显著下降。专利文献 2 对于光源波长宽度未作任何考虑。

[0025] 被用作为偏向构件 104 的全息可减小组合器 106 所产生的像模糊的影响。但是,用于降低像模糊的影响的最佳光学设计(例如,对射向使用全息偏向构件 104 的最佳入射角或衍射角的设定)例如根据光源波长宽度或目标分辨率而变动。专利文献 3 对于此点未作任何考虑。

[0026] 如果使用全息或凹面镜等具有放大性能的光学部件作为组合器,则能够设计更小型的 HUD。但是,如果在组合器中光学系统倍率增大,则基于光学系统的像差将增大,所显示的图像的分辨率恶化。

[0027] 专利文献 4 提出将组合器的入射角或衍射角(出射角)的值设定在 20 度以上,以解决上述问题。但是,在组合器的入射角与出射角的差较大、且对显示图像的显示元件提供光的光源的波长宽度较大的情况下,会发生因全息造成的像模糊。专利文献 4 对于光源的波长宽度未作任何考虑。

[0028] 专利文献 1 提出使折返镜具备凹面镜的功能,以修正组合器中产生的失真。根据专利文献 1,借助凹面镜的功能,防止分辨率的恶化。但是,如果只是单纯地使用凹面镜,组合器造成的像散与凹面镜所产生的像差重叠,有时无法改善最终获得的图像的分辨率。光学系统倍率的降低有助于图像分辨率的提高,但会导致光学系统大型化,用于小型车中搭载的 HUD 等透过显示装置并不理想。

[0029] 专利文献 1:日本专利公报第 3418985 号

[0030] 专利文献 2:日本专利公报第 2751436 号

[0031] 专利文献 3:日本专利公开公报特开平 6-167671 号

[0032] 专利文献 4:日本专利公开公报特开平 10-010464 号

[0033] 发明内容

[0034] 本发明的目的在于提供一种透过型显示装置(transmissive display device),能够适当修正对应于光源的波长宽度由全息组合器产生的像模糊及像差的影响。

[0035] 本发明所涉及的透过型显示装置包括:输出光的光源;接收来自该光源的所述光,生成表示图像的显示光的显示构件;改变从该显示构件射出的所述显示光的方向的偏向构件;以及将从所述显示构件射出的所述显示光中所包含的波长的光向使用者反射,而

让除此以外的波长的光透过的透过反射构件,其中,连结所述显示光射入所述透过反射构件的区域的的上端部分与可视区的下部的直线与水平线所成的角度小于所述透过反射构件的所述显示光的出射角与入射角之间的差,所述可视区为使用者能够看到由所述透过反射构件反射的所述显示光的范围。

[0036] 上述透过型显示装置能够适当修正起因于来自光源的光的波长宽度、由透过反射构件引起的像模糊的影响,从而显示高画质的图像。

#### 附图说明

[0037] 图 1 是概略表示第 1 实施方式所涉及的透过型显示装置的图。

[0038] 图 2 是概略表示图 1 所示的透过型显示装置的显示构件的图。

[0039] 图 3 是概略表示图 2 所示的显示装置的扫描构件的图。

[0040] 图 4 是概略表示图 1 所示的透过型显示装置的其他显示构件的图。

[0041] 图 5 是概略表示图 1 所示的透过型显示装置的又一显示构件的图。

[0042] 图 6 概略表示图 1 所示的透过型显示装置的全息组合器。

[0043] 图 7 是概略说明受到像模糊的影响时的驾驶员的视网膜上的点径的图。

[0044] 图 8 是概略表示修正角度差与组合器角度差的差对视网膜上的点径大小造成的影响的坐标图。

[0045] 图 9 是概略表示修正角度差比组合器角度差大 10 度时的视网膜上的像素的点径的图。

[0046] 图 10 是概略表示修正角度差相对于组合器角度差被设定得过大时的像素的点径的图。

[0047] 图 11 是表示变更了全息组合器及修正构件的光学倍率时修正角度差与视网膜上的点径大小之间的关系的坐标图。

[0048] 图 12 是概略表示第 2 实施方式所涉及的透过型显示装置的图。

[0049] 图 13 是概略表示图 12 所示的透过型显示装置的全息组合器的图。

[0050] 图 14 是表示修正角度差与组合器角度差之间的差异对视网膜上的点径大小造成的影响的概略坐标图。

[0051] 图 15 是概略表示第 3 实施方式所涉及的透过型显示装置的图。

[0052] 图 16 是概略表示图 15 所示的透过型显示装置的全息组合器的图。

[0053] 图 17 是概略表示图 15 所示的透过型显示装置的其他全息组合器的图。

[0054] 图 18 是概略表示图 15 所示的透过型显示装置的又一全息组合器的图。

[0055] 图 19 是概略表示第 4 实施方式所涉及的透过型显示装置的图。

[0056] 图 20 是概略表示图 19 所示的透过型显示装置的又一全息组合器的图。

[0057] 图 21 是概略表示第 5 实施方式所涉及的透过型显示装置的图。

[0058] 图 22 是表示使用组合器的显示像的放大原理的图。

[0059] 图 23 是概略表示衍射角、组合器角与俯视角之间的关系的图。

[0060] 图 24 是例示组合器的衍射角及光学倍率的设定值的表。

[0061] 图 25 是表示通过光学模拟软件计算伴随组合器的入射角变化的显示分辨率的变化所得到的结果的坐标图。

- [0062] 图 26 是例示伴随组合器的入射角、组合器的衍射角、组合器的光学倍率及组合器距离的变更的 HUD 光学单元的容积的表。
- [0063] 图 27 是表示伴随光源的波长宽度及组合器的入射角的变动的衍射角的误差的坐标图。
- [0064] 图 28 是例示在组合器中产生的像散的方向的图。
- [0065] 图 29 是例示修正构件对显示像赋予的像差的影响的图。
- [0066] 图 30 是例示映在观赏经组合器及修正构件放大的显示像的驾驶员的视网膜上的显示像的像素的形状及大小的图。
- [0067] 图 31 是概略表示激光光源的温度与波长的关系的坐标图。
- [0068] 图 32 是概略表示第 6 实施方式所涉及的透过型显示装置的图。
- [0069] 图 33 是概略表示图 32 所示的透过型显示装置的显示构件的图。
- [0070] 图 34 是概略表示在图 32 所示的透过型显示装置中假设的光源的温度变化与伴随光源温度变化的波长变化的坐标图。
- [0071] 图 35 是图 32 所示的透过型显示装置的概略框图。
- [0072] 图 36 是概略表示图 32 所示的透过型显示装置的控制构件的处理的流程图。
- [0073] 图 37 是概略表示图 32 所示的透过型显示装置的组合器的切换控制的图。
- [0074] 图 38 是概略表示图 32 所示的透过型显示装置的组合器的切换控制的图。
- [0075] 图 39 是概略表示具备进行显示区域切换的显示构件的其他透过型显示装置的图。
- [0076] 图 40 是图 39 所示的透过型显示装置的概略框图。
- [0077] 图 41 表示图 39 所示的透过型显示装置的显示构件所显示的图像区域。
- [0078] 图 42 是概略例示对驾驶员显示的图像的图。
- [0079] 图 43 是概略例示对驾驶员显示的图像的图。
- [0080] 图 44 是第 7 实施方式所涉及的透过型显示装置的概略俯视图。
- [0081] 图 45 是图 44 所示的透过型显示装置的概略侧视图。
- [0082] 图 46 是表示以往的透过型显示装置的图。
- [0083] 图 47 是概略表示以往的透过型显示装置中所用的全息组合器的图。
- [0084] 图 48 是概略表示以往的透过型显示装置中所用的全息组合器的图。

### 具体实施方式

[0085] 以下,参照附图说明本发明的一实施方式所涉及的透过型显示装置。另外,在以下说明的实施方式中,对相同的结构要素标注相同的符号。另外,为了使说明明确,根据需要省略重复的说明。附图所示的结构、配置或形状以及与图面相关的记载只是为了便于理解以下的实施方式的原理,通过以下的各实施方式所说明的原理丝毫不限定于这些实施方式。

[0086] (第 1 实施方式)

[0087] 图 1 是作为第 1 实施方式而例示的 HUD(平视显示器)的结构图。为了解决表面反射问题,本实施方式的 HUD 的全息组合器(hologram combiner)的入射角被设计得大于衍射角。其结果是,显示的图像的画质提高。



[0088] 图 1 所示的 HUD300 具备配设在车体 301 的仪表盘内部的 HUD 光学单元 310。HUD 光学单元 310 收容显示构件 320 及修正构件 330。另外,在 HUD 光学单元 310 上形成有开口部 313。显示构件 320 生成的显示光 L1 通过开口部 313 射出。在本实施方式中,HUD 光学单元 310 作为显示单元而例示。

[0089] 显示构件 320 生成并射出用来对驾驶员 DR 显示包括驾驶信息(速度计或地图信息)的图像的显示光 L1。在本实施方式中,显示构件 320 使来自激光光源的输出光束在显示屏幕上二维扫描,形成用来对驾驶员 DR 显示的像。

[0090] 图 2 是显示构件 320 的结构图。参照图 1 及图 2 来说明显示构件 320。

[0091] HUD300 具备配设在显示构件 320 内的红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343。在本实施方式中,红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 分别作为光源而例示。另外,光源只要能够生成表示对驾驶员 DR 显示的像的显示光 L1,则不限于激光光源,也可为其他种类的光源。

[0092] 显示构件 320 具备:分别配设在从红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 射出的激光线的光路上的准直器(collimator)321;以及对从红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 射出的激光线进行合波的分色镜(dichroic mirror)322。在本实施方式中,显示构件 320 所具备的所述各种构件作为显示元件而被例示。

[0093] 从红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 射出的激光线分别通过准直器 321。随后,分色镜 322 将这些激光线合波,并作为激光 L 输出。红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 的输出被适当调制。其结果是,从分色镜 322 输出所希望的颜色激光 L。

[0094] 在本实施方式中,红色激光光源 341 是红色(R)的半导体激光光源,蓝色激光光源 342 是蓝色(B)的半导体激光光源,绿色激光光源 343 是绿色(G)的半导体激光光源。取而代之,绿色激光光源也可以是输出红外线的半导体激光光源与将红外线转换成绿色的 SHG(Second-Harmonic Generation,第二谐波产生)元件的组合。进一步取而代之,红色激光光源、蓝色激光光源及绿色激光光源也可以是固体激光光源、液体激光光源、气体激光光源或发光二极管光源。

[0095] 在本实施方式中,激光 L 的调制通过对红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 各光源的输出调整而实现。取而代之,也可以利用激光光源和用于调制从激光光源输出的光的光学构件来调制激光。

[0096] 显示构件 320 还具备扫描构件 323 和显示屏幕 324。扫描构件 323 使通过来自红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 的激光线的合波而获得的激光 L 在显示屏幕 324 上二维扫描。在本实施方式中,扫描构件 323 具备能够使相对于激光 L 的光路的角度二维偏向的单板小型镜。例如,作为扫描构件 323,适合使用 MEMS,(Micro-Electro-Mechanical-System,微机电系统)微镜。

[0097] 图 3 概略示出扫描构件 323 的动作。参照图 3 进一步说明扫描构件 323。

[0098] 扫描构件 323 具备单板小型镜 325。单板小型镜 325 能够绕沿 X 轴延伸的旋转轴 R<sub>Ax</sub> 以及沿与 X 轴垂直的 Y 轴延伸的旋转轴 R<sub>Ay</sub> 旋转。扫描构件 323 使单板小型镜 325 在旋转轴 R<sub>Ax</sub> 及旋转轴 R<sub>Ay</sub> 的方向上振动,使射入单板小型镜 325 的激光 L 沿二维方向扫描。

[0099] 在本实施方式中,扫描构件 323 使一个单板小型镜 325 在二维方向上振动。取而代之,扫描构件也可以通过组合一维方向振动的两片镜,使激光沿二维方向扫描。如果扫描构件使仅在一维方向振动的镜振动,则各镜的角度控制将相对简化。

[0100] 再次参照图 1 及图 2 来说明显示构件 320。

[0101] 如上所述,扫描构件 323 使激光 L 在显示屏幕 324 的背面(显露在显示构件 320 内部的面)上二维扫描,以形成显示像(图像)。在显示屏幕 324 上成像的图像从显示屏幕 324 的表面(显露在显示构件 320 外部的面)向修正构件 330 输出。

[0102] 在本实施方式中,显示构件 320 对显示屏幕 324 进行背面投影。取而代之,显示构件也可对显示屏幕进行正面投影。

[0103] 图 4 示出进行正面投射的显示构件的结构。另外,在图 4 中,对与结合图 2 所说明的构件相同的构件分配相同的符号。另外,省略有关与结合图 2 所说明的构件相同的构件的说明。图 4 所示的显示构件取代结合图 2 所说明的显示构件 320 而适合用于 HUD300。参照图 1、图 2 及图 4 来说明进行正面投射的显示构件。

[0104] 进行正面投射的显示构件 320A 除了具备结合图 2 所说明的光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343)、准直器 321、分色镜 322、扫描构件 323 以外,还具备偏振构件 326 和显示屏幕 324A。在本实施方式中,显示构件 320A 所具备的所述各种构件作为显示元件而例示。

[0105] 偏振构件 326 使从分色镜 322 输出的激光 L 偏振,生成所希望的颜色激光 L。从偏振构件 326 输出的激光 L 朝向扫描构件 323。

[0106] 显示屏幕 324A 被配置成在显示构件 320A 的内部倾斜。显示屏幕 324A 的正面与扫描构件 323 大致相对置。扫描构件 323 使从偏振构件 326 输出的激光在显示屏幕 324A 的正面上扫描。

[0107] 显示构件 320A 最好是扩散效率高的复眼镜(fly-eye mirror)或珠屏幕(bead screen)。利用复眼镜或珠屏幕的显示构件 320A 能够对驾驶员 DR 提供亮度相对较高的图像。

[0108] 在本实施方式中,显示构件 320、320A 分别具备显示屏幕 324、324A。取而代之,显示构件也可不具备显示屏幕,而在后述的组合器上直接投影激光。其结果是,光直接被投影到驾驶员 DR 的视网膜上,驾驶员 DR 能够感知到更鲜明的图像。

[0109] 在本实施方式中,显示构件 320、320A 利用扫描构件 323 扫描激光 L。取而代之,显示构件也可具备液晶元件以及背光装置。例如,取代图 2 或图 4 所示的扫描构件 323 而使用液晶元件。在图 2 或图 4 所示的分色镜 322 与液晶元件之间,配设照明液晶元件的光学系统(背光装置)。作为背光装置,也可使用激光光源。取而代之,也可使用 LED 或其他适当的光源作为背光装置。

[0110] 图 5 示出使用液晶元件的显示构件的结构。另外,在图 5 中,对与结合图 2 所说明的构件相同的构件分配相同的符号。另外,省略有关与结合图 2 所说明的构件相同的构件的说明。图 5 所示的显示构件取代结合图 2 所说明的显示构件 320 而适合用于 HUD300。参照图 1、图 2 及图 5 来说明使用液晶元件的显示构件。

[0111] 显示构件 320B 除了具备结合图 2 所说明的光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343)、准直器 321、分色镜 322 及显示屏幕 324 以外,还具备照明光

学元件 327、液晶元件 328 及折返镜 329。液晶元件 328 及折返镜 329 被用来取代结合图 2 所说明的扫描构件 323。在本实施方式中,显示构件 320B 所具备的所述各种构件作为显示元件而例示。

[0112] 使用光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343)及分色镜 322 而生成的激光 L 通过照明光学元件 327 而被扩散。随后,被扩散的激光 L 照射至液晶元件 328,成为用来对驾驶员 DR 传递信息的显示光 L1。显示光 L1 随后被折返镜 329 反射向显示屏幕 324。其结果是,由显示光 L1 表示的像呈现在显示屏幕 324 上。

[0113] 显示构件 320B 使用液晶元件 328 取代结合图 2 所说明的扫描构件 323 而生成显示像,并在显示屏幕 324 上成像。取而代之,如果取代扫描构件将液晶元件用于显示像的形成,则显示构件也可不具备折返镜及显示屏幕。例如,从液晶元件输出的显示光可直接从显示构件输出。如果显示光不经由折返镜或显示屏幕而从显示构件直接射出,则显示构件可进一步小型化。

[0114] 再次参照图 1 及图 2 进一步说明 HUD300。

[0115] HUD300 还具备全息组合器 350。显示构件 320、320A 或 320B 向修正构件 330 射出显示光 L1。修正构件 330 改变显示光 L1 的方向使其射入全息组合器 350。在本实施方式中,修正构件 330 作为偏向构件而例示。

[0116] 如图 1 所示,显示光 L1 以入射角  $\alpha_1$  射入修正构件 330,并以衍射角  $\beta_1$  射出。在本实施方式中,用作为修正构件 330 的全息镜被设计成入射角  $\alpha_1$  小于衍射角  $\beta_1$ 。作为修正构件 330,适合使用利用光聚合物的李普曼三维全息(Lippman volume type hologram)或闪耀全息(blazed hologram)。取而代之,也可将具有衍射作用的液晶元件或其他光学元件用作为修正构件。

[0117] 通过修正构件 330 而被改变了方向的显示光 L1 以入射角  $\alpha_2$  射入全息组合器 350。全息组合器 350 以入射角  $\beta_2$  射出显示光 L1。

[0118] 在本实施方式中,如图 1 所示,修正构件 330 相对于水平线倾斜的方向与全息组合器 350 相对于水平线倾斜的方向相同(在图 1 中,修正构件 330 及全息组合器 350 均朝着驾驶员 DR 向上方倾斜)。其结果是,在射向全息组合器 350 的入射角  $\alpha_2$  大于衍射角  $\beta_2$  时产生的像差得以降低,对驾驶员 DR 显示的图像的画质提高。

[0119] 修正构件 330 也可具有放大镜的性能。如果修正构件 330 具有放大镜的性能,则从显示构件 320、320A 或 320B 到修正构件 330 为止的光路长度缩短,HUD 光学单元 310 可被设计成小型。

[0120] 另外,修正构件 330 与全息组合器 350 各自的入射角/衍射角的关系将在后文详述。

[0121] 在本实施方式中,全息组合器 350 作为反射从修正构件 330 射入的显示光 L1 使其方向朝着驾驶员 DR 的眼睛的方向的透过反射构件而被例示。全息组合器 350 将从显示构件 320、320A、320B 射出的显示光 L1 中所包含的波长的光向驾驶员 DR(使用者)反射,另一方面,让其他波长的光透过。其结果是,驾驶员 DR 能够在视觉上同时掌握由显示光 L1 显示的图像及车体 301 外的景色。

[0122] 在安装于车体 301 的前挡玻璃 302 的内面(形成车体 301 的室内的边界的面)形成例如光聚合物层。全息组合器 350 也可以是形成在光聚合物层上的李普曼体全息。全息

组合器 350 被制作成,使从修正构件 330 以入射角  $\alpha_2$  射入的显示光 L1 以衍射角  $\beta_2$  反射向驾驶员 DR。

[0123] 在本实施方式中,形成在光聚合物层上的全息组合器 350 也可包括分别反射来自红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 的光成分的三个全息。这些全息通过多重曝光而形成。

[0124] 在本实施方式中,全息组合器 350 是通过对 RGB 三色光成分进行多重曝光而形成的一层全息。取而代之,全息组合器也可以是分别与 RGB 三色光成分相对应的三层全息。由于包含被层叠的三层全息的全息组合器所用的全息材料的折射率调制的数值分别针对三色光成分 (RGB) 而适当设定,因此与将全息材料的折射率调制的数值分配给 RGB 光成分的情况 (使用一层全息的情况) 相比较,对三色光成分 (RGB) 各自的衍射效率提高。

[0125] 全息组合器 350 也可具有放大镜的性能。如果全息组合器 350 具有放大镜的性能,则从显示构件 320、320A 或 320B 到全息组合器 350 为止的光路长度得以缩短,HUD 光学单元 310 可被设计成小型。在本实施方式中,全息组合器 350 具有 2.0 倍的放大镜的性能。取而代之,全息组合器也可具有其他光学性能 (例如其他放大倍率)。

[0126] 在本实施方式中,HUD300 被设计成,射向全息组合器 350 的入射角  $\alpha_2$  比衍射角  $\beta_2$  大至少 10 度以上。其结果是,可适当消除表面反射问题。

[0127] 上述全息组合器 350 形成在前挡玻璃 302 的内面的光聚合物层中。取而代之,HUD300 将配设在前挡玻璃 302 中的全息组合器用作为透过反射构件。

[0128] 图 6 概略示出配设在前挡玻璃 302 中的全息组合器。参照图 1、图 6 及图 48 对配设在前挡玻璃 302 中的全息组合器进行说明。

[0129] 前挡玻璃 302 具备形成车体 301 的室内的边界的内玻璃板 303 以及显露在车体 301 外侧的外玻璃板 304。用作为透过反射构件的全息组合器 350A 配设在内玻璃板 303 与外玻璃板 304 之间。全息组合器 350A 例如也可为 HOE (Holographic Optical Element, 全息光学构件)。内玻璃板 303 是显示光 L1 最先射入的构件,在本实施方式中,作为前侧透明部件而例示。另外,配设在与内玻璃板 303 相反一侧的外玻璃板 304 配合内玻璃板 303 来夹持全息组合器 350A。在本实施方式中,外玻璃板 304 作为后侧透明部件而例示。在本实施方式中,使用 HOE 形成的全息组合器 350A 作为衍射元件而例示。

[0130] 全息组合器 350A 使以入射角  $\alpha_2$  射入的显示光 L1 以衍射角  $\beta_2$  衍射,并驾驶员 DR 射出。另一方面,来自内玻璃板 303 的显示光 L1 的反射光 RL1 与来自外玻璃板 304 的显示光 L1 的反射光 RL2 以大小与入射角  $\alpha_2$  相同的出射角  $\alpha_2$  射出。来自全息组合器 350A 的衍射光 DL 向与反射光 RL1、RL2 不同的方向传播,因此驾驶员 DR 只能看到衍射光 DL。

[0131] 如结合图 48 所说明的那样,当射向全息组合器 201 的入射角 IA 与来自全息组合器 201 的衍射角 DA 的差异大且光源的波长宽度大时,起因于全息组合器 201 的像模糊的影响变大。其结果是,对驾驶员 DR 显示的图像的画质恶化。

[0132] 图 7 概略示出受到上述像模糊的影响时驾驶员 DR 的视网膜上的点径。参照图 7 及图 48 来说明像模糊的影响。

[0133] 图 7 表示从照射绿色波长的光的绿光源 204 照射,随后在驾驶员 DR 的视网膜上成像的光点的形状 (光点形状)。图 7 概略示出绿光源 204 的中心波长的光在视网膜上成像的光点 SP2、绿光源 204 输出的光中最大波长的光在视网膜上成像的光点 SP3 以及绿光源

204 输出的光中最小波长的光在视网膜上成像的光点 SP1。光点 SP2 位于画面 VS 的大致中央,光点 SP1 及光点 SP3 分别与光点 SP2 上下相邻。在图 7 中,对应于画面 VS 中央的像素进行描绘的来自绿光源 204 的光在视网膜上的大小用标号“SD”来表示。

[0134] 如图 7 所示,当射向全息组合器 201 的入射角 IA 与来自全息组合器 201 的衍射角 DA 的差异大且光源的波长宽度大时,视网膜上的成像位置根据光源(绿光源 204)的输出波长而变动。因此,驾驶员 DR 会感觉到由来自全息组合器 201 的衍射光 DL 表示的像发生模糊。

[0135] 来自绿光源 204 的光在视网膜上的大小 SD 越大,像模糊的程度越大。绿光源 204 的波长宽度越大且全息组合器 201 的入射角 IA 与衍射角 DA 之差越大,起因于全息组合器 201 的像模糊的影响越大。例如,若从绿光源 204 射出的光的波长宽度为 2nm,入射角 IA 为 65 度,衍射角 DA 为 55 度,且修正构件 205 的入射角与衍射角相等(图 48 中,入射角及衍射角为“ $\alpha$ ”),则来自绿光源 204 的光在视网膜上的大小 SD 的值为约  $20\ \mu\text{m}$ 。一般而言,当视力为“1.0”的驾驶员观看显示在前方 2m 处的图像时,在视网膜上最多能够辨认出  $6.2\ \mu\text{m}$  的像素。对于来自  $20\ \mu\text{m}$  的绿光源 204 的光在视网膜上的大小 SD,驾驶员 DR 会感觉到 HUD 所显示的像为模糊的图像。

[0136] 像模糊的问题并非只有绿光源 204 会引起,照射红色波长的光的红光源及照射蓝色波长的光的蓝光源也同样如此。在以下的说明中,利用对应于画面中心的像素进行描绘的来自绿色激光光源 343 的光来进行各种说明。这些说明中包含的原理或效果对于其他光源或其他像素也同样适用。

[0137] 再次参照图 1,对降低起因于全息组合器 350、350A 的像模糊的影响的方案进行说明。

[0138] 在本实施方式中,为了降低起因于全息组合器 350、350A 的像模糊的影响,修正构件 330 使用全息来形成,且射向修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  被设定得小于衍射角  $\beta_1$ 。其结果是,由全息组合器 350、350A 产生的像模糊的影响被由修正构件 330 产生的像模糊的影响抵消,从而视网膜上的像素的点径变小。

[0139] 在以下的说明中,将全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  与衍射角  $\beta_2$  之差称作“组合器角度差”。另外,修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  与衍射角  $\beta_1$  之差被称作“修正角度差”。

[0140] 若使修正角度差大于组合器角度差,则起因于全息组合器 350、350A 的像模糊的影响进一步得到适当修正。

[0141] 图 8 是概略表示修正角度差(修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  与衍射角  $\beta_1$  之差)与组合器角度差的差对视网膜上的点径的大小造成的影响的坐标图。参照图 1、图 2 及图 8 来说明修正角度差对视网膜上的点径的大小造成的影响。

[0142] 从绿色激光光源 343 射出的激光 L 的波长宽度为 2nm。射向全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  被设定为 65 度。另外,来自全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$  被设定为 55 度(即,组合器角度差被设定为 10 度)。全息组合器 350、350A 及修正构件 330 均具有作为 2.0 倍的放大镜的性能。

[0143] 图 8 所示的坐标图的横轴表示修正角度差与组合器角度差之差,纵轴表示描绘图像的中心像素的绿色激光光源 343 的光在视网膜上的点径。

[0144] 如图 8 所示,若修正角度差被设定得大于组合器角度差(在图 8 所示的坐标图中,

当修正角度差比组合器角度差大 10 度时), 像素在视网膜上的点径得以最小化。

[0145] 图 9 概略示出修正角度差比组合器角度差大 10 度时在视网膜上的像素的点径。参照图 1、图 7 至图 9 来说明通过调整修正角度差来消除像模糊的情况。

[0146] 根据图 8 所示的坐标图, 若将修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  及衍射角  $\beta_1$  适当设定成使修正角度差比组合器角度差大 10 度, 则起因于波长宽度的视网膜上的光点 SP1、SP2、SP3 的成像位置之差得以减小。其结果是, 视网膜上的像素的点径 (来自绿色激光光源 343 的光在视网膜上的大小 SD) 得以减小 (参照图 7 及图 9)。

[0147] 如图 8 所示, 若修正角度差被设定得相对于组合器角度差过大, 则像模糊的影响反而会变大。

[0148] 图 10 概略示出修正角度差被设定得相对于组合器角度差过大时的像素的点径。参照图 1、图 7 至图 10 来说明通过调整修正角度差来消除像模糊的情况。

[0149] 比较图 7 与图 10 可知, 由波长较大的光获得的光点 SP1 及波长较小的光点 SP3 的位置关系反转。这表示, 若修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  与衍射角  $\beta_1$  的差异过大, 则修正构件 330 中产生的像模糊的影响比全息组合器 350、350A 中产生的像模糊的影响大, 视网膜上的像素的点径 (来自绿色激光光源 343 的光在视网膜上的大小 SD) 变大。因此, 修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  与衍射角  $\beta_1$  必须根据光源的波长宽度及全息组合器 350、350A 的光学设定来适当设定。根据图 8 所示的坐标图, 较为理想的是, 如果绿色激光光源 343 输出的激光 L 的波长宽度为 2nm, 全息组合器 350、350A 及修正构件 330 的光学倍率为 2.0 倍, 则将修正角度差与组合器角度差之间的差控制在 5 度至 15 度左右的范围内。另外, 较为理想的是, 随着绿色激光光源 343 输出的激光 L 的波长宽度变大, 将修正角度差与组合器角度差之间的差设定得较大, 因此如果绿色激光光源 343 输出的激光 L 的波长宽度为 2nm 以上, 则修正角度差与组合器角度差之间的差被设定为 5 度以上。

[0150] 绿色激光光源 343 输出的激光 L 的波长宽度越小, 由图 7、图 9 及图 10 所示的波长较大的光所获得的光点 SP1 及波长较小的光点 SP3 之间的距离越短。因此, 较为理想的是, 如果绿色激光光源 343 输出的激光 L 的波长宽度小于 2nm, 则将修正角度差与组合器角度差之间的差的范围设定得更小。反之, 较为理想的是, 如果绿色激光光源 343 输出的激光 L 的波长宽度大于 2nm, 则将修正角度差与组合器角度差之间的差的范围设定得更大。这样, 可提高对驾驶员 DR 显示的图像的画质。

[0151] 另外, 修正角度差与组合器角度差之间的最佳差异也取决于全息组合器 350、350A 及修正构件 330 的光学倍率。

[0152] 图 11 表示变更了全息组合器 350、350A 及修正构件 330 的光学倍率时的修正角度差与视网膜上点径的大小之间的关系。参照图 1、图 8 及图 11, 进一步说明修正角度差与视网膜上点径的大小之间的关系。

[0153] 图 11 所示的坐标图的横轴表示修正角度差与组合器角度差之差, 纵轴表示描绘图像的中心像素的绿色激光光源 343 的光在视网膜上的点径。

[0154] 全息组合器 350、350A 的光学倍率被设定为 2.6 倍。修正构件 330 的光学倍率被设定为 1.5 倍。其他设定根据结合图 8 所说明的设定。

[0155] 按照图 11 所示的坐标图, 当修正角度差与组合器角度差之间的差被设定在 15 至 30 度之间时, 绿色激光光源 343 的光在视网膜上的点径相对较小。

[0156] 由图 8 所示的坐标图与图 11 所示的坐标图的对比可知,较为理想的是,全息组合器 350、350A 的光学倍率被设定得越高,将修正角度差与组合器角度差的差设定得越大。

[0157] 再次参照图 1,对驾驶员 DR 的可视区 EB 与修正构件 330 及全息组合器 350、350A 的角度设定之间的关系进行说明。

[0158] 图 1 中示出可视区 EB。可视区 EB 在光学上被规定为能够看到由全息组合器 350、350A 反射的显示光 L1 的范围。例如,可视区 EB 可被规定为在离驾驶员 DR 的眼睛约 1m 的位置,驾驶员 DR 能够看到显示光 L1 的范围。

[0159] 在本实施方式中,为了使说明明确,全息组合器 350、350A 的上缘 351 作为显示光 L1 射入的区域的的上端部分而被例示。另外,显示光 L1 射入的区域的的上端部分也可以与全息组合器 350、350A 的上缘 351 不一致。显示光 L1 射入的区域的的上端部分也可位于全息组合器 350、350A 的上缘 351 的下方。

[0160] 图 1 中示出连结全息组合器 350、350A 的上缘 351 与光学上规定的可视区 EB 的下端的直线 G。另外,图 1 中示出与直线 G 交叉的水平线 H 以及直线 G 与水平线 H 的夹角  $\gamma$ 。

[0161] 由上述的光学设定(修正构件 330 相对于显示构件 320、320A、320B 的位置及角度、修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  及衍射角  $\beta_1$  的设定、全息组合器 350、350A 的位置及角度、全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  及衍射角  $\beta_2$  的设定)所规定的夹角  $\gamma$  被设定得小于全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  与衍射角  $\beta_2$  之间的差异(即组合器角度差)。例如,如果组合器角度差被设定为 10 度,则将夹角  $\gamma$  设定成低于 10 度。

[0162] 在上述实施方式中,修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  作为第 1 入射角而例示。另外,修正构件 330 的衍射角  $\beta_1$  作为第 1 出射角而例示。另外,全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  作为第 2 入射角而例示。全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$  作为第 2 出射角而例示。

[0163] 在上述实施方式中,修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  与修正构件 330 的衍射角  $\beta_1$  的差别的修正角度差作为第 1 角度差而例示。全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  与全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$  的差别的组合器角度差作为第 2 角度差而例示。

[0164] 根据在第 1 实施方式中说明的原理,来自前挡玻璃 302 的反射光的影响及来自光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343)的激光 L 的波长宽度的影响得以适当降低。因此,根据第 1 实施方式的 HUD300 能够对驾驶员 DR 显示像模糊的影响小的高画质的图像。

[0165] (第 2 实施方式)

[0166] 图 12 概略示出作为第 2 实施方式所涉及的透过型显示装置而例示的 HUD。对与第 1 实施方式相同的构件分配相同的符号。参照图 1 及图 12 来说明与第 1 实施方式的不同点,省略有关与第 1 实施方式相同的构件的说明。另外,对于在以下不加以说明的构件,适当引用第 1 实施方式所涉及的说明。

[0167] 根据第 2 实施方式的 HUD 的全息组合器的入射角与第 1 实施方式不同,被设定得小于全息组合器的衍射角。其结果是,表面反射问题得以消除,对驾驶员显示的图像的画质提高。

[0168] HUD300C 具备配设在车体 301 的前挡玻璃 302 中的全息组合器 350 或 350A 以及配设在车体 301 的仪表盘内部的 HUD 光学单元 310C。HUD 光学单元 310C 与第 1 实施方式同样具备修正构件 330 以及显示构件 320、320A 或 320B,但修正构件 330 与显示构件 320、

320A、320B 之间的位置关系不同于第 1 实施方式的 HUD300 所具备的 HUD 光学单元 310。

[0169] 修正构件 330 相对于水平线 H 朝着驾驶员 DR 向下方倾斜,而全息组合器 350、350A 相对于水平线 H 朝着驾驶员 DR 向上方倾斜。修正构件 330 的倾斜方向与全息组合器 350、350A 的倾斜方向之间的不同可降低像差,提高对驾驶员 DR 显示的图像的画质。

[0170] 由图 1 与图 12 的比较可知,如在第 1 实施方式中说明的那样,如果射向全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  大于全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$ ,则修正构件 330 向与全息组合器 350、350A 相同的方向倾斜。另一方面,像第 2 实施方式的 HUD300C 那样,如果射向全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  小于全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$ ,则修正构件 330 向与全息组合器 350、350A 不同的方向倾斜。

[0171] 在本实施方式中,HUD300C 被设计成,射向全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  比全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$  小至少 15 度以上。在本实施方式中,为了使说明明确,全息组合器 350、350A 的上缘 351 也作为显示光 L1 射入的区域的上端部分而例示。连结全息组合器 350、350A 的上缘 351 与光学上规定的可视区 EB 下端的直线 G 与水平线 H 的夹角  $\gamma$  被设定得小于射向全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  与全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$  的差异(组合器角度差)。

[0172] 图 13 示出由前挡玻璃 302 的内玻璃板 303 与外玻璃板 304 所夹持的全息组合器 350A(HOD:Holographic Optical Element、全息光学元件)。参照图 12 及图 13,对射向全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  与全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$  的差异带来的效果进行说明。

[0173] 显示光 L1 以入射角  $\alpha_2$  射入全息组合器 350A。全息组合器 350A 以衍射角  $\beta_2$  衍射显示光 L1,生成射向可视区 EB 的衍射光 DL。

[0174] 显示光 L1 以入射角  $\alpha_2$  射入内玻璃板 303。内玻璃板 303 反射显示光 L1,生成以与入射角  $\alpha_2$  相等的出射角  $\alpha_2$  射出的反射光 RL1。同样,显示光 L1 以入射角  $\alpha_2$  射入外玻璃板 304。外玻璃板 304 反射显示光 L1,生成以与入射角  $\alpha_2$  相等的出射角  $\alpha_2$  射出的反射光 RL2。反射光 RL1、RL2 偏离可视区 EB 而传播。由于衍射光 DL 与反射光 RL1、RL2 的传播方向不同,因此驾驶员 DR 只能看到衍射光 DL。

[0175] 与第 1 实施方式同样,修正构件 330 是使用全息而形成。射向修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  被设定得小于修正构件 330 的衍射角  $\beta_1$ 。其结果是,起因于全息组合器 350、350A 的像模糊的影响得以降低。修正构件 330 所产生的像模糊的影响与第 1 实施方式同样,抵消在全息组合器 350、350A 中产生的像模糊的影响。这样,视网膜上的像素的点径变小。

[0176] 在本实施方式中,全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  与衍射角  $\beta_2$  之间的差异也被称作“组合器角度差”。另外,修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  与衍射角  $\beta_1$  之间的差异也称作“修正角度差”。如果将修正角度差设定得大于组合器角度差,则起因于全息组合器 350、350A 的像模糊的影响得以适当修正。

[0177] 图 14 是表示修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  和衍射角  $\beta_1$  之差的修正角度差与组合器角度差之间的差异对视网膜上的点径的大小造成的影响的概略坐标图。参照图 12 及图 14 来说明修正角度差对视网膜上的点径的大小造成的影响。

[0178] 用来生成显示光 L1 的光源的波长宽度被设定为 2nm。射向全息组合器 350、350A 的入射角  $\alpha_2$  被设定为 40 度。全息组合器 350、350A 的衍射角  $\beta_2$  被设定为 55 度(即,组



合器角度差被设定为 15 度)。与第 1 实施方式同样,修正构件 330 及全息组合器 350、350A 均具有作为 2.0 倍的放大镜的性能。

[0179] 图 14 所示的坐标图的纵轴表示描绘图像的中心像素的来自绿色激光光源的光在视网膜上的点径。图 14 所示的坐标图的横轴表示修正角度差与组合器角度差之间的差。

[0180] 如图 14 所示,如果将修正角度差设定得大于组合器角度差,则视网膜上的像素的点径得以减小。根据图 14 所示的坐标图,当修正角度差比组合器角度差大 10 度时,视网膜上的像素的点径达到最小。

[0181] 另一方面,如图 14 所示,若修正角度差被设定得与组合器角度差相比过大,则像模糊的影响反而会变大。因此,修正构件 330 的入射角  $\alpha_1$  及出射角  $\beta_1$  的设定必须根据光源的波长宽度及全息组合器 350、350A 的光学设定而适当设定。根据图 14 所示的坐标图,当光源波长宽度为 2nm,且全息组合器 350、350A 及修正构件 330 的光学倍率为 2.0 倍时,修正角度差与组合器角度差的差最好被设定在 5 度至 15 度左右的范围内。

[0182] 根据第 2 实施方式的原理,可提供几乎不会受到来自前挡玻璃 302 的反射光的影响及起因于光源的大波长宽度的像模糊的影响,能够对驾驶员 DR 显示高画质的图像的 HUD300C。

[0183] (第 3 实施方式)

[0184] 图 15 概略示出作为第 3 实施方式所涉及的透过型显示装置而例示的 HUD。对与第 2 实施方式相同的构件分配相同的符号。参照图 15 来说明与第 2 实施方式的不同点,省略有关与第 1 实施方式及 / 或第 2 实施方式相同的构件的说明。另外,对于在以下不加以说明的构件,适当引用第 1 实施方式及 / 或第 2 实施方式所涉及的说明。

[0185] 根据第 3 实施方式的 HUD 的全息组合器的入射角与第 2 实施方式同样,被设定得小于全息组合器的衍射角。其结果是,表面反射问题得以消除,对驾驶员显示的图像的画质提高。

[0186] HUD300D 除了第 2 实施方式的 HUD300C 所具备的 HUD 光学单元 310C 以外,还具备配设在车体 301 的前挡玻璃 302D 上的全息组合器 350D。

[0187] 图 16 示出安装在前挡玻璃 302D 上的全息组合器 350D。参照图 13、图 15 及图 16 来说明全息组合器 350D。

[0188] 前挡玻璃 302D 包括具有规定车体 301 室内的边界的内面 305 的内玻璃板 303D;以及具有显露在车体 301 外面的外表面 306 的外玻璃板 304D。在本实施方式中,内面 305 及外表面 306 作为与车体 301 内外的空气接触的空气接触面而被例示。在内玻璃板 303D 与外玻璃板 304D 之间形成边界面 307。边界面 307 相对于内玻璃板 303D 的内面 305 及外玻璃板 304D 的外表面 306 而倾斜(即、非平行)。

[0189] 全息组合器 350D 沿着边界面 307 配设,且被内玻璃板 303D 与外玻璃板 304D 所夹持。全息组合器 350D 与在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A 同样,使用 HOE 而形成。

[0190] 图 16 中,以虚线表示在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A。在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A 与内玻璃板 303D 的内面 305 及外玻璃板 304D 的外表面 306 平行,而本实施方式的 HUD300D 所具备的全息组合器 350D 相对于内玻璃板 303D 的内面 305 及外玻璃板 304D 的外表面 306 而倾斜。

[0191] 图 16 中示出全息组合器 350D 相对于在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A 的

倾斜角度  $\theta$  (即,全息组合器 350D 相对于内玻璃板 303D 的内面 305 及 / 或外玻璃板 304D 的外表面 306 的倾斜角度)。在本实施方式中,全息组合器 350D 具有与在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A 相同的光学特性。

[0192] 图 16 中示出显示光 L1 相对于全息组合器 350D 的入射角  $\alpha_{2a}$  以及射向内玻璃板 303D 及 / 或外玻璃板 304D 的入射角  $\alpha_2$ 。显示光 L1 相对于全息组合器 350D 的入射角  $\alpha_{2a}$  大致等于全息组合器 350D 的倾斜角度  $\theta$  与射向内玻璃板 303D 及 / 或外玻璃板 304D 的入射角  $\alpha_2$  的相加值。另一方面,全息组合器 350D 的衍射角  $\beta_{2a}$  比在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A 的衍射角  $\beta_2$  (参照图 13) 小倾斜角度  $\theta$ 。另外,内玻璃板 303D 的内面 305 反射以入射角  $\alpha_2$  射入的显示光 L1,生成以与入射角  $\alpha_2$  相等的出射角  $\alpha_2$  射出的反射光 RL1。外玻璃板 304D 的外表面 306 反射以入射角  $\alpha_2$  射入的显示光 L1,生成以与入射角  $\alpha_2$  相等的出射角  $\alpha_2$  射出的反射光 RL2。

[0193] 如在第 2 实施方式中说明的那样,全息组合器 350A 使以入射角  $\alpha_2$  射入的显示光 L1 以大于入射角  $\alpha_2$  的衍射角  $\beta_2$  衍射,生成衍射光 DL。如果具有与全息组合器 350A 相同的光学特性的全息组合器 350D 倾斜倾斜角度  $\theta$  (即,如果全息组合器 350D 倾斜,使全息组合器 350D 的上缘 351 接近外玻璃板 304D 的外表面 306 且全息组合器 350D 的下缘 352 接近内玻璃板 303D 的内面 305),则相对于全息组合器 350D 的入射角  $\alpha_{2a}$  与全息组合器 350D 的衍射角  $\beta_{2a}$  之差得以减小。因此,较为理想的是,设定全息组合器 350D 的倾斜角度  $\theta$ ,使得成为像差原因的光源的波长宽度越大,相对于全息组合器 350D 的入射角  $\alpha_{2a}$  与全息组合器 350D 的衍射角  $\beta_{2a}$  之差越小。

[0194] 入射角  $\alpha_{2a}$  的值与衍射角  $\beta_{2a}$  的值越接近,全息组合器 350A 赋予入射光 (显示光 L1) 的像差的影响越小。因此,当全息组合器 350D 在前挡玻璃 302D 内倾斜时,不仅表面反射问题得以消除,像差的影响也得以降低。因此,HUD300D 能够提高对驾驶员 DR 显示的图像的画质。

[0195] 当使用比较大的全息组合器 350D 时,全息组合器 350D 的倾斜角度  $\theta$  的斜度归结于前挡玻璃 302D 的厚度的增大。因此,可使被预测为比较容易受到像差影响的部分 (例如,全息组合器 350D 的与画面的端部对应的部分) 相对于内玻璃板 303D 的内面 305 及 / 或外玻璃板 304D 的外表面 306 而倾斜。

[0196] 图 17 示出改善显示画面的上半部分的画质的全息组合器。参照图 15 至图 17 来说明经过改善的全息组合器。

[0197] HUD300D 可取代全息组合器 350D 而具备全息组合器 350E。全息组合器 350E 包括相对于内玻璃板 303D 的内面 305 及 / 或外玻璃板 304D 的外表面 306 而倾斜的第 1 部分 353、以及 与内玻璃板 303D 的内面 305 及 / 或外玻璃板 304D 的外表面 306 大致平行的第 2 部分 354。

[0198] 图 17 中与图 16 同样,以虚线表示在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A。另外,图 17 与图 16 同样地示出全息组合器 350D 相对于在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A 的倾斜角度  $\theta$  (即,全息组合器 350D 相对于内玻璃板 303D 的内面 305 及 / 或外玻璃板 304D 的外表面 306 的倾斜角度)。

[0199] 第 1 部分 353 与结合图 16 所说明的全息组合器 350D 同样,相对于内玻璃板 303D 的内面 305 及 / 或外玻璃板 304D 的外表面 306 而倾斜,以便上缘 351 接近外玻璃板 304D

的外表面 306。另一方面,第 2 部分 354 与在第 2 实施方式中说明的全息组合器 350A 同样,与内玻璃板 303D 的内面 305 及 / 或外玻璃板 304D 的外表面 306 大致平行地设置。在本实施方式中,第 1 部分 353 作为倾斜区域而被例示。

[0200] 射入第 1 部分 353 的显示光 L1 的入射角  $\alpha_{2a}$  与衍射角  $\beta_{2a}$  之差小于射入第 2 部分 354 的显示光 L1 的入射角  $\alpha_2$  与衍射角  $\beta_2$  之差。因此,与第 1 部分 353 对应的图像区域的像差相对较小,画质提高。另外,由于相对于前挡玻璃 302D 倾斜的部分的面积变小,因此可防止前挡玻璃 302D 的厚度过度增大。

[0201] 上述的全息组合器 350D、350E 呈平面形状。取而代之,全息组合器也可形成自由曲面形状。使用具有自由曲面形状的全息组合器也能防止前挡玻璃的厚度过度增大。

[0202] 图 18 示出改善图像的上部及下部的画质的全息组合器。参照图 15 及图 18 来说明改善图像的上部及下部的画质的全息组合器。

[0203] 本实施方式的 HUD300D 可取代全息组合器 350D、350E 而具备全息组合器 350F。全息组合器 350F 与全息组合器 350D、350E 同样,使用 HOE 而形成。

[0204] 全息组合器 350F 包括与图像的上部对应的上侧部分 355、与图像的下部对应的下侧部分 357、以及上侧部分 355 与下侧部分 357 之间的中间部分 356。上侧部分 355 及下侧部分 357 相对于前挡玻璃 302D 的内面 305 及 / 或外表面 306 而倾斜,而中间部分 356 与前挡玻璃 302D 的内面 305 及 / 或外表面 306 平行。上侧部分 355 与中间部分 356 的边界部分以及下侧部分 357 与中间部分 356 的边界部分呈曲面,全息组合器 350F 整体上呈具有一个以上的曲率的自由曲面形状。在本实施方式中,上侧部分 355 及下侧部分 357 作为倾斜区域而例示。

[0205] 上侧部分 355 以全息组合器 350F 的上缘 351 接近前挡玻璃 302D 的外表面 306 的方式倾斜。另外,下侧部分 357 以全息组合器 350F 的下缘 352 接近前挡玻璃 302D 的内面 305 的方式倾斜。用来描绘图像上端部的显示光 L1 射入上侧部分 355。用来描绘图像下端部的显示光 L1 射入下侧部分 357。设定上侧部分 355 及下侧部分 357 的曲率,使得射入全息组合器 350F 的显示光 L1 的入射角与全息组合器 350F 的衍射角之差变小。

[0206] 根据结合图 16 所说明的全息组合器 350D 的原理,上侧部分 355 及下侧部分 357 分别使显示的图像的上部及下部的像差降低。另一方面,由于与图像的上部及下部相比较,难以受到像差影响的图像的中央区域所对应的中间部分 356 与前挡玻璃 302D 的内面 305 及 / 或外表面 306 平行,所以,前挡玻璃 302D 的厚度不会不必要地增大。因此,全息组合器 350F 可利用相对于前挡玻璃 302D 而倾斜的相对较窄的区域(上侧部分 355 及下侧部分 357)来提高图像的上部及下部的画质。

[0207] 在本实施方式中,上侧部分 355 与下侧部分 357 大致平行。取而代之,上侧部分也可以与下侧部分的倾斜角度不同的角度相对于前挡玻璃而倾斜。上侧部分及 / 或下侧部分的倾斜角度可根据来自 HUD 光学单元的显示光所表示的图像的特性而独立地设定。由于上侧部分及 / 或下侧部分的倾斜角度独立地被设定,因此图像的上部及下部的画质进一步得到适当调整。

[0208] 在本实施方式中,全息组合器 350F 被分成上侧部分 355、中间部分 356 及下侧部分 357。取而代之,全息组合器也可被分割成超过三个部分的区域。另外,这些分割区域也可分别具有各不相同的倾斜角度。其结果是,图像的各区域的画质得到进一步提高。

[0209] (第4实施方式)

[0210] 图19概略示出作为第4实施方式所涉及的透过型显示装置而例示的HUD。对与第1实施方式相同的构件分配相同的符号。参照图19来说明与第1实施方式的不同点,省略有关与第1实施方式及/或第3实施方式相同的构件的说明。另外,对于在以下不加以说明的构件,适当引用第1实施方式及/或第3实施方式所涉及的说明。

[0211] 根据第4实施方式的HUD的全息组合器的入射角与第1实施方式同样,被设定得大于全息组合器的衍射角。其结果是,表面反射问题得以消除,对驾驶员显示的图像的画质提高。

[0212] HUD300G除了第1实施方式的HUD300所具备的HUD光学单元310以外,还具备配置在车体301的前挡玻璃302G上的全息组合器350G。

[0213] 图20示出安装在前挡玻璃302G上的全息组合器350G。参照图16、图19及图20来说明全息组合器350G。

[0214] 前挡玻璃302G包括具有规定车体301的室内的边界的内面305的内玻璃板303G;以及具有显露在车体301外面的外表面306的外玻璃板304G。在内玻璃板303G与外玻璃板304G之间形成界面307G。界面307G相对于内玻璃板303G的内面305及外玻璃板304G的外表面306而倾斜(即,非平行)。

[0215] 全息组合器350G沿着界面307G配设,且被内玻璃板303G与外玻璃板304G所夹持。全息组合器350G与在第1实施方式中说明的全息组合器350A同样,使用HOE而形成。

[0216] 图20中,以虚线表示在第1实施方式中说明的全息组合器350A。在第1实施方式中说明的全息组合器350A与内玻璃板303G的内面305及外玻璃板304G的外表面306平行,而本实施方式的HUD300G所具备的全息组合器350G相对于内玻璃板303G的内面305及外玻璃板304G的外表面306而倾斜。

[0217] 图20中示出全息组合器350G相对于在第1实施方式中说明的全息组合器350A的倾斜角度 $\theta$ (即,全息组合器350G相对于内玻璃板303G的内面305及/或外玻璃板304G的外表面306的倾斜角度)。在本实施方式中,全息组合器350G具有与在第1实施方式中说明的全息组合器350A相同的光学特性。

[0218] 与图16所示的全息组合器350D进行比较可知,全息组合器350G相对于全息组合器350A的倾斜方向与全息组合器350D的倾斜方向相反。即,设定全息组合器350G,使得全息组合器350G的上缘351接近前挡玻璃302G的内面305,且全息组合器350G的下缘352接近前挡玻璃302G的外表面306。

[0219] 全息组合器350G在相对于全息组合器350G的入射角 $\alpha_{2a}$ 被设定得小于全息组合器的衍射角 $\alpha_{2b}$ 时,根据结合图16所说明的原理,可减小全息组合器350G的入射角 $\alpha_{2a}$ 与全息组合器的衍射角 $\alpha_{2b}$ 的差异,从而能够改善像差。

[0220] 因此,HUD300G能够降低前挡玻璃302G的反射光的影响及起因于光源的大波长宽度的像模糊的影响,从而能够对驾驶员DR显示高画质的图像。

[0221] (第5实施方式)

[0222] 图21概略示出作为第5实施方式所涉及的透过型显示装置而例示的HUD。对与第1实施方式相同的构件分配相同的符号。参照图2、图4、图5及图21来说明与第1实施方

式的不同点,省略有关与第1实施方式相同的构件的说明。另外,对于在以下不加以说明的构件,适当引用第1实施方式所涉及的说明。

[0223] 图21所示的HUD300H具备配设在车体301的仪表盘内部的HUD光学单元310H。HUD光学单元310H具备显示构件320及修正构件330H。另外,在HUD光学单元310H上形成开口部313。

[0224] 在本实施方式中,使用结合图2所说明的显示构件320。取而代之,也可以取代显示构件320而使用其他的显示装置(例如,结合图4所说明的显示构件320A或结合图5所说明的显示构件320B)。

[0225] 显示构件320生成并射出用来对驾驶员DR显示包括驾驶信息(速度计或地图信息)的图像的显示光L1。在本实施方式中,显示构件320使来自激光光源的输出光束在显示屏幕324上二维扫描,形成用于对驾驶员DR显示的像。

[0226] HUD300H还具备组合器(combiner)350H。显示构件320向修正构件330H射出显示光L1。修正构件330H改变显示光L1的方向以使其射入组合器350H。在本实施方式中,修正构件330H作为偏向构件而例示。

[0227] 在本实施方式中,组合器350H作为反射从修正构件330H射入的显示光L1使其方向朝着驾驶员DR的眼睛的方向的透过反射构件而被例示。组合器350H将从显示构件320射出的显示光中所包含的波长的光向驾驶员DR(使用者)反射,另一方面,让其他波长的光透过。其结果是,驾驶员DR能够在视觉上同时掌握由显示光L1显示的图像和车体301外的景色。

[0228] 在安装于车体301的前挡玻璃302的内面(形成车体301的室内的边界的面)形成例如光聚合物层。组合器350H也可以是形成在光聚合物层上的李普曼三维全息。使用全息而形成的组合器350H被制作成,使从修正构件330H以入射角 $\alpha_2$ 射入的显示光L1以衍射角 $\beta_2$ 的角度反射向驾驶员DR。

[0229] 在本实施方式中,形成在光聚合物层上的组合器350H也可包括分别反射来自红色激光光源341、蓝色激光光源342及绿色激光光源343的光成分的三个全息。这些全息通过多重曝光而形成。

[0230] 在本实施方式中,组合器350H是通过对RGB三色光成分进行多重曝光而形成的一层全息。取而代之,组合器也可以是分别与RGB三色光成分相对应的三层全息。由于包含被层叠的三层全息的全息组合器所用的全息材料的折射率调制的数值分别针对三色光成分(RGB)而适当设定,因此与将全息材料的折射率调制的数值分配给RGB光成分的情况(使用一层全息的情况)相比较,对三色光成分(RGB)各自的衍射效率提高。

[0231] 组合器350H具有放大镜的性能,将由来自显示构件320的显示光L1所表示的图像放大后显示给驾驶员DR。

[0232] 图22示出使用组合器350H的显示像(图像)的放大原理。参照图21及图22来说明显示像的放大原理。

[0233] 图22示出由HUD300H显示的虚像V与驾驶员DR的位置关系。驾驶员DR感觉到在离前挡玻璃302为距离 $L_a$ 的位置存在虚像V。

[0234] 图22所示的距离 $L_b$ 表示由来自显示构件320的显示光L1表示的显示像I与组合器350H之间的距离。另外,在图22中,为了使说明明确,未示出修正构件330H等使光路

折返的构件,与组合器 350H 及显示像 I 的距离用直线的长度来表现。

[0235] 组合器 350H 的光学倍率用图 22 所示的距离 La 与距离 Lb 之比来表现。例如,当距离 La 为 1m 且距离 Lb 为 0.5m 时,组合器 350H 的光学倍率表现为 2 倍。如果虚像 V 的显示位置固定,则组合器 350H 的光学倍率越大,从组合器 350H 到显示像 I 为止的光路长度(距离 Lb)越小。因此,图 21 中所示的 HUD 光学单元 310H 能够设计成更小型。为了实现光学系统的小型化,期望组合器 350H 有大的光学倍率,但一般而言,组合器的光学倍率越大,由组合器产生的像差的量越增大。其结果是,如果使用光学倍率大的组合器,则显示像的分辨率容易恶化。

[0236] 如图 21 所示,显示光 L1 以入射角  $\alpha_1$  射入修正构件 330H,以衍射角  $\beta_1$  射出。随后,显示光 L1 以入射角  $\alpha_2$  射入组合器 350H,以衍射角  $\beta_2$  射出。

[0237] 在以下的说明中,以标号“ $\Phi$ ”所示的“组合器角度”这一术语是指前挡玻璃 302 及组合器 350H 相对于水平线的角度,组合器角度  $\Phi$  的值越大,前挡玻璃 302 及组合器 350H 越接近垂直。

[0238] 在本实施方式中,提供通过适当设定入射角  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  及衍射角  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ ,使光学系统的像差降低且小型的光学系统。以下,对有关入射角  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  及衍射角  $\beta_1$ 、 $\beta_2$  的四种设定方案进行说明。

[0239] (第 1 设定方案:调整全息组合器的衍射角)

[0240] 作为用于降低光学系统的大小的第 1 设定方案,可举出减小组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$ 。组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  越小,在组合器 350H 中产生的像差越小。因此,从像差的观点考虑,允许将倍率比较大的组合器 350H 应用于 HUD300H。因此,通过使用倍率比较大的组合器 350H,HUD300H 的光学系统可被设计成小型。

[0241] 组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  是由组合器角度  $\Phi$  及驾驶员 DR 俯视显示像 I 的角度(以下称作俯视角)来规定。

[0242] 图 23 概略示出组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$ 、组合器角  $\Phi$  与俯视角之间的关系。参照图 21 及图 23 来说明组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$ 、组合器角  $\Phi$  与俯视角之间的关系。

[0243] 图 23 中示出组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$ 、组合器角  $\Phi$ 、俯视角  $\beta_{2c}$ (驾驶员 DR 俯视 HUD300H 所显示的图像的角度)及角度  $\beta_{2b}$ 。角度  $\beta_{2b}$  是从 90 度减去组合器角度  $\Phi$  的值所得的大小。组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  相当于俯视角  $\beta_{2c}$  与角度  $\beta_{2b}$  的相加值。因此,组合器角度  $\Phi$  的值被设定得越大,组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  越小。因此,为了减小像差且实现 HUD300H 的小型化,较为理想的是设定较大的组合器角度  $\Phi$  及组合器 350H 的大光学倍率。

[0244] 图 24 例示组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  与组合器 350H 的光学倍率的设定值。参照图 21 至图 24 来说明衍射角  $\beta_2$  及光学倍率的设定。

[0245] 关于图 24 所示的设定值,在任何条件下,组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  都被设定为 20 度。另外,HUD300H 所显示的图像的分辨率被设定成,驾驶员 DR 看到虚像 V 时的每一像素的像素的发散为 1 分以下(1/60 度以下,相当于具有“1.0”视力的人的视力分辨率)。或者,HUD300H 所显示的图像的分辨率被设定成,驾驶员 DR 看到虚像 V 时的映在驾驶员 DR 的视网膜上的虚像 V 的一个像素的大小为 6.2  $\mu\text{m}$  以下。

[0246] 如图 24 所示,从分辨率的观点所允许的组合器 350H 的光学倍率随着组合器 350H

的衍射角  $\beta_2$  的减小而增大。如果组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  被设定在 45 度至 65 度的范围内,则组合器 350H 的光学倍率较为理想的是 3 倍至 4 倍的范围(在图 24 中,示出 3.75 至 3.00 度(应为 3.00 至 3.75 倍)的范围)。另外,在设计搭载 HUD300H 的车体 301 时,可以将前挡玻璃 302 的角度设定成接近垂直,以增加组合器角度  $\Phi$ 。取而代之,组合器 350H 与前挡玻璃 302 也可以独立地形成,从而无须伴随前挡玻璃 302 的设置角度的变更,便可增加组合器 350H 的角度,以增加组合器角度  $\Phi$ 。

[0247] 图 24 所示的数据是在设定为 20 度的组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  下获得。但是,组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  并不限于 20 度。组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  较为理想的是设定在 20 度至 25 度的范围。

[0248] (第 2 设定方案:调整射向全息组合器的入射角)

[0249] 在将组合器 350H 贴在前挡玻璃 302 上的情况下,有时组合器角度  $\Phi$  无法自由变更。结果,有时组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  的值会变大,组合器 350H 的大光学倍率从像差的观点不被允许。但是,如果适当设定射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$ ,则无须伴随组合器角度  $\Phi$  的变更,便可使用具有从像差的观点而被允许的大光学倍率的组合器 350H。伴随射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  的变化,由组合器 350H 产生的像差的量发生变化。

[0250] 图 25 是表示通过光学模拟软件计算伴随射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  的变化引起的显示分辨率的变化的结果的坐标图。另外,在光学模拟软件的计算中,组合器角度  $\Phi$  被设定为 30 度,组合器 350H 的光学倍率被设定为 2.5 倍。参照图 21、图 22 及图 25 来说明伴随射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  的变化引起的显示分辨率的变化。

[0251] 图 25 所示的坐标图的横轴表示射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  的值,纵轴表示驾驶员 DR 看到虚像 V 时映在驾驶员 DR 的视网膜上的每一像素的大小。如图 25 所示的坐标图所示,即使组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  及组合器 350H 的光学倍率为固定,如果射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  发生变化,则由组合器 350H 产生的像差的值也会发生变化。其结果是,映在驾驶员 DR 的视网膜上的每一像素的点径发生变化。

[0252] 如图 25 所示,如果将射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  设定在 20 度附近,则像差的影响变得最小。其结果是,映在驾驶员 DR 的视网膜上的每一像素的点径也变小,驾驶员 DR 能够看到高分辨率的图像。

[0253] 在本实施方式中,射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  较为理想的是被设定为 0 至 25 度,组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  被设定为 50 度以下,光学系统倍率被设定为 2.5 至 3.5 倍。在此种设定范围下,可提供 HUD 光学单元 310H 得以充分小型化,也能搭载于小型车等的车体 301 中的 HUD300H。

[0254] (第 3 设定方案:调整组合器距离)

[0255] 在图 21 中,组合器 350H 与 HUD 光学单元 310H 之间的组合器距离以标号“D”表示。如果加大组合器距离 D,则 HUD 光学单元 310H 适宜小型化。

[0256] 图 22 所示的距离  $L_b$  基于组合器 350H 的光学倍率和组合器 350H 与虚像 V 之间的距离  $L_a$  来决定。当组合器 350H 与 HUD 光学单元 310H 之间的组合器距离 D 较短时,HUD 光学单元 310H 必须在内部包含相当于距离  $L_b$  与组合器距离 D 的减法值的光路长度  $L_c$ 。光路长度  $L_c$  的值越大,HUD 光学单元 310H 的尺寸越大。因此,如果设定较大的组合器距离 D,则 HUD 光学单元 310H 适宜小型化。如果将 HUD 光学单元 310H 的开口部 313 的位置设置在车

内侧,则组合器距离 D 增大,HUD 光学单元 310H 得以小型化。

[0257] 图 26 例示伴随射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$ 、组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$ 、组合器 350H 的光学倍率及组合器距离 D 的变更的 HUD 光学单元 310H 的容积。参照图 21 及图 26 来说明 HUD 光学单元 310H 的容积的变动。

[0258] 如图 26 所示,即使组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  较大且组合器 350H 的光学倍率无法增大,如果将组合器距离 D 设定得较长,则 HUD 光学单元 310H 适宜小型化。反之,由于组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  越小,组合器 350H 的光学倍率的增大越难以对画质造成影响,因此即使组合器距离 D 较短,也能设计小型的 HUD 光学单元 310H。

[0259] (第 4 设定方案:对修正构件附加放大功能)

[0260] 上述第 1 设定方案及第 2 设定方案在显示构件 320 中的光源的波长宽度足够小时(例如 0.1nm 以下)有效。但是,如果显示构件 320 的光源的波长宽度较大,且使用全息组合器作为组合器 350H,则会产生起因于光源的波长宽度的像模糊的问题,因此第 1 设定方案 1 及第 2 设定方案无法提供经过充分改善的分辨率的图像。

[0261] 在上述或后述的说明中所用的“光源的波长宽度”这一术语是指从设计成输出指定波长的光源输出的光的波长的变动幅度。例如,结合图 2 说明的绿色激光光源 343 即使被设计成输出 532nm 波长的激光,但实际上,绿色激光光源 343 输出的是波长在 532nm 周围以数 nm 的变动幅度变动的激光。例如,当绿色激光光源 343 的波长宽度为 1nm 时,绿色激光光源 343 输出 531.5 至 532.5nm 的范围的激光。

[0262] 全息组合器被设计成,在某波长的光以特定的入射角射入时,以特定的衍射角射出光。图 21 所示的组合器 350H(全息组合器)被设计成,针对以入射角  $\alpha_2$  射入的光(与 R、G、B 对应的波长的光),以衍射角  $\beta_2$  输出光。但是,如上所述,如果光源的波长具有指定的波长宽度,则组合器 350H 以与假设的出射角  $\beta_2$  不同的角度衍射偏离全息的设计波长(例如 532nm)的波长的光(例如 531.5nm)。另外,入射角  $\alpha_2$  与衍射角  $\beta_2$  的差越大,偏离设计波长的波长的光的衍射角  $\beta_2$  越容易大幅偏离假设的衍射角  $\beta_2$ 。

[0263] 图 27 是表示伴随光源的波长宽度及射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  的变动的衍射角  $\beta_2$  的误差(假设的组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  与从组合器 350H 实际射出的光的衍射角  $\beta_2$  之间的差)的坐标图。参照图 2、图 21、图 22 及图 27 来说明衍射角  $\beta_2$  的误差。

[0264] 图 27 的坐标图示出组合器 350H 设计上的衍射角  $\beta_2$  被设定为 60 度时衍射角  $\beta_2$  的误差。图 27 的坐标图的横轴表示射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  的值,纵轴表示衍射角  $\beta_2$  的误差的值(单位为分(1/60 度))。

[0265] 在图 27 所示的曲线组中,越往下方的曲线,表示从波长宽度越小的光源获得的数据(图 27 所示的最下方的曲线表示从被设计成 0.1nm 的波长宽度的光源获得的数据)。另外,越往上方的曲线,表示从波长宽度越大的光源获得的数据(图 27 所示的最上方的曲线表示从被设计成波长宽度 10nm 的光源获得的数据)。

[0266] 如图 27 的坐标图所示,光源的波长宽度越大,且射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  与组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  之差越大,衍射角  $\beta_2$  的误差越大。由于光源的波长宽度取决于图 2 所示的激光光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343)的性能,因此为了在对光学系统的设计时减小衍射角  $\beta_2$  的误差,必须将入射角  $\alpha_2$  的值与设计上的衍射角  $\beta_2$  的值设定为相近的值。即,如果图 27 所示的组合器 350H 的设计上的衍射角  $\beta_2$



为 60 度,则入射角  $\alpha_2$  的值也必须接近 60 度。

[0267] 但是,如上所述,如果入射角  $\alpha_2$  大幅偏离 15 至 25 度的范围,则由组合器 350H 产生的像差增大。其结果是,即使全息的设计波长(例如 532nm)的光射入组合器 350H,驾驶员 DR 看到虚像 V 时的视网膜上的每一像素的点径也变大,从而难以显示高分辨率的图像(信息)。尤其是,如果在组合器角度  $\varphi$  较小的车体 301 中搭载 HUD300H,则组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  的值将变大,因此为了降低衍射角  $\beta_2$  的误差,将入射角  $\alpha_2$  的值也设定得较大。这样,由组合器 350H 产生的像差进一步增大。

[0268] 组合器 350H 的光学倍率的降低归结于由组合器 350H 产生的像差的降低。但是,由于图 22 所示的组合器 350H 与显示像 I 之间的距离  $L_b$  变长,因此光学系统变大。例如,当组合器角度  $\varphi$  为约 40 度左右时,在下降至 2 倍左右的组合器倍率下,当驾驶员 DR 看到虚像 V 时,映在视网膜上的每一像素的点径降低至  $6.2 \mu\text{m}$  以下,另一方面,HUD 光学单元 310H 的大小增大至 4L 程度。这样,具备大型化的 HUD 光学单元 310H 的 HUD300H 不适合搭载到小型车中。

[0269] 上述问题可通过使用具有放大性能的凹面镜而形成的修正构件 330H 与具有被降低的光学倍率的组合器 350H 而适当消除。不仅组合器 350H 放大显示像 I,修正构件 330H 也放大显示像 I。其结果是,组合器 350H 的光学倍率可被设定为相对较小的值,起因于组合器 350H 的像差减少。另外,修正构件 330H 的光学倍率也可被设定得小于组合器 350H 的光学倍率。另外,组合器 350H 的光学倍率越大,将修正构件 330H 的光学倍率设定为越大的值较为理想。

[0270] 在本实施方式中,从显示构件 320 向修正构件 330H 的入射角  $\alpha_1$  的值被设定成,使由组合器 350H 产生的像散的方向与由修正构件 330H 产生的像散的方向成为不同的方向。

[0271] 图 28 例示由组合器 350H 产生的像散的方向。参照图 21 及图 28 来说明由组合器 350H 产生的像散的方向。

[0272] 图 28 示出与看到 HUD300H 所显示的虚像 V 的驾驶员 DR 的视网膜上的像素的形状相关的、使用光学模拟软件的计算结果。图 28 示出显示画面的画面中央及画面周边部(右上区域、右区域、右下区域、上区域、下区域、左上区域、左区域、左下区域)的像素在视网膜上的大小(点径)及形状。如图 28 所示,与画面中央的像素相比,画面端的像素的形状向画面的外侧延伸。这表示,组合器 350H 在从画面中央呈放射状延伸的方向上引起像散。

[0273] 在本实施方式中,射向修正构件 330H 的入射角  $\alpha_1$  的值被设定成,使由所使用的修正构件 330H 造成的像散的产生方向与组合器 350H 造成的像散的产生方向不同。

[0274] 图 29 例示修正构件 330H 对显示像 I 赋予的像差的影响。参照图 21、图 22、图 28 及图 29 来说明修正构件 330H 对显示像 I 赋予的像差的影响。

[0275] 图 29 示出显示像 I 只受到修正构件 330H 的像差的影响时映在驾驶员 DR 的视网膜上的画面中央及画面周边部分的像素的形状。如图 29 所示,在画面的圆周方向产生修正构件 330H 造成的像散。修正构件 330H 造成的像散与图 28 所示的组合器 350H 造成的像散的方向不同。

[0276] 使用凹面镜形成的修正构件 330H 造成的像散的产生方向通过变更射向修正构件 330H 的入射角  $\alpha_1$  而被调节。从显示构件 320 向下方的修正构件 330H 照射的显示光 L1 因图 29 所示的像散而向上方传播并射入组合器 350H。组合器 350H 参照图 28 所示的像差的

特性来抵消图 29 所示的像散。在本实施方式中,如图 21 所示,射向修正构件 330H 的入射角  $\alpha_1$  被设定成,使显示光 L1 从车体 301 的前方侧射入。射向修正构件 330H 的入射角  $\alpha_1$  最好被设定在 15 度至 25 度之间。由于由组合器 350H 产生的像差和修正构件 330H 产生的像差的方向不同,因此即使组合器 350H 及修正构件 330H 分别具有放大性能,对驾驶员 DR 显示的图像的分辨率也基本不会恶化。

[0277] 图 30 例示映在观赏经组合器 350H 及修正构件 330H 放大的显示像 I 的驾驶员 DR 的视网膜上的显示像 I 的像素的形状及大小。参照图 21、图 22 及图 28 至图 30 来说明映在驾驶员 DR 的视网膜上的显示像 I 的像素的形状及大小。

[0278] 图 30 所示的各像素的形状比图 28 及图 29 所示的像素的形状更近似圆形。组合器 350H 造成的像差与修正构件 330H 造成的像差合并,导致各像素的面积自身变大,另一方面,因像散的产生方向的不同,各像素的直径自身不会增大。其结果,对驾驶员 DR 显示的分辨率被保持得较高。

[0279] 如果组合器 350H 的光学倍率被设定在 2 至 3 倍的范围,修正构件 330H 的光学倍率被设定在 1.2 倍至 2 倍(更理想的是被设定在 1.25 至 2 倍)的范围,射向修正构件 330H 的入射角  $\alpha_1$  及修正构件 330H 的衍射角  $\beta_1$  的值被设定在 15 至 25 度的范围,则图 21 所示的 HUD 光学单元 310H 将被减小至 1L 左右的大小,驾驶员 DR 看到虚像 V 时的视网膜上的各像素的大小被减小至  $6.2\mu\text{m}$  以下(“1.0”视力下的分辨率以下)。

[0280] 更理想的是,如果组合器 350H 的光学倍率被设定为 2.65 倍,修正构件 330H 的光学倍率被设定为 1.75 倍,射向修正构件 330H 的入射角  $\alpha_1$  及修正构件 330H 的衍射角  $\beta_1$  的值被设定为 20 度,则可实现光学系统的更佳的小型化。

[0281] 射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  未必需要与组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  相同,例如射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  可被设定成比组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  小 6 度以上的值。例如,如果在光学上规定垂直方向 10cm、水平方向 10cm 的可视区 EB,则由显示构件 320 的表面反射的外部光线等外部干扰因素难以被驾驶员 DR 直接看到。

[0282] 射向组合器 350H 的入射角  $\alpha_2$  也可被设定成比组合器 350H 的衍射角  $\beta_2$  小 6 度以上至 8 度以下的范围的值。此时,由显示构件 320 的表面反射的外部光线等外部干扰因素难以被驾驶员 DR 直接看到,并且像散的影响得以降低。

[0283] 修正构件 330H 的凹面镜的焦距最好被设定成短于从修正构件 330H 到组合器 350H 为止的距离。其结果是,通过前挡玻璃 302 而射入的日光等光成分即使被凹面镜反射也难以在组合器 350H 上聚光。由于组合器 350H 上的聚光得以抑制,因此 HUD300H 的安全性提高。

[0284] 由于修正构件 330H 具有放大功能,因此也可以根据需要将从显示构件 320 到修正构件 330H 为止的显示光 L1 的光路长度设定得大于从修正构件 330H 到组合器 350H 为止的显示光 L1 的光路长度。

[0285] 根据第 4 设定方案,即使使用相对较大的波长宽度的光源,HUD300H 也能对驾驶员 DR 提供高画质的图像。如果光源的波长宽度为 1nm 以下,则尤其能显示高画质的图像。

[0286] (第 6 实施方式)

[0287] 下面说明第 6 实施方式所涉及的透过型显示装置想要解决的问题。

[0288] 如果使用全息组合器作为组合器,则当来自显示元件的光的波长发生变化时,对

驾驶员显示的图像的亮度下降。本实施方式的 HUD 能适宜地消除此种图像亮度下降的问题。

[0289] 作为普遍用于 HUD 的全息组合器,使用三维反射型的全息。三维反射型的全息的波长选择性高,能够只以高效率反射特定波长的光。使用具有此种性质的三维反射型的全息,形成只反射显示元件中所含的光的波长而使其他波长的光透过的全息组合器。

[0290] 以下的说明中所用的“波长范围  $\delta \lambda$ ”这一术语是指某个全息组合器能以高效率反射的光的波长的范围。另外,射入全息组合器的光的强度以标号“ $S_a$ ”表示。另外,全息组合器反射的光的强度以标号“ $S_b$ ”表示。“全息组合器的衍射效率  $\eta$ ”这一术语是指将全息组合器反射的光的强度  $S_b$  除以射入全息组合器的光的强度  $S_a$  所得的值。例如,如果 200mW 的光射入某个全息组合器,且来自该全息组合器的反射光为 100mW,则全息组合器的衍射效率  $\eta$  为 0.5。另外,全息组合器的衍射效率  $\eta$  视波长而表示不同的值。全息组合器的衍射效率  $\eta$  针对全息图全息波长范围  $\delta \lambda$  中所含的光而为相对较高的值。当来自 HUD 所用的显示元件的光包含在全息组合器的波长范围  $\delta \lambda$  中时,驾驶员能够通过以高透过率透过的来自外界的光而看到车外的景色,并且能够通过由全息组合器以高衍射效率  $\eta$  反射的显示光而看到高亮度的图像。

[0291] 但是,如果来自显示元件的光的波长偏离全息的波长范围  $\delta \lambda$ ,则因体全息(volume hologram)的高波长选择性,导致对来自显示元件的光的全息的衍射效率  $\eta$  大幅下降。其结果是,驾驶员看到的影像的亮度大幅下降。

[0292] 例如,如果 HUD 具备被设计成以高效率反射从波长  $\lambda_a$  到波长  $\lambda_b$  的波长范围  $\delta \lambda$  内所包含的波长的光的全息组合器,则对未包含在该波长范围  $\delta \lambda$  内的波长的光(例如波长小于  $\lambda_a$  或波长大于  $\lambda_b$ )的衍射效率  $\eta$  显著下降。如果使用激光光源等光源作为显示元件的光源,则光源的波长会随温度而变化。

[0293] 图 31 是概略表示激光光源的温度与波长的关系的坐标图。参照图 31 来说明激光光源的温度与波长的关系。

[0294] 根据图 31 所示的坐标图,激光光源的温度越低,从激光光源输出的激光的波长越短,激光光源的温度越高,激光的波长越长。当激光光源的温度在 C1 至 C2 的范围内变动时,从激光光源输出的激光的波长在  $\lambda_1$  至  $\lambda_2$  之间变动。使用 HUD 的车内的环境,尤其是光源的周边温度容易随着使用 HUD 的地域、季节、时日、天气等各种条件而大幅变化。根据光源的周边温度的变化,光源自身的温度也发生大幅变动。因此,可预料来自激光光源的波长的大幅变动。如果光源的波长因使用温度等条件而偏离全息的波长范围  $\delta \lambda$ ,则无法对驾驶员显示高亮度的影像。

[0295] 组合器所用的全息的厚度 T 的降低对于消除上述问题有效。以下所示的数式表示体全息的厚度 T 与全息组合器的波长范围  $\delta \lambda$  之间的关系。

[0296] 数式 1

[0297]  $T \propto 1/\delta \lambda$

[0298] 如上述数式所示,全息的厚度 T 及波长范围  $\delta \lambda$  的大小成反比关系。即,若全息的厚度 T 降低,则全息具有较大的波长范围  $\delta \lambda$ 。全息的厚度 T 的降低归结于全息能以高效率反射的波长范围  $\delta \lambda$  的放大。其结果是,即使光源的波长随使用温度等环境的变化而发生变化,也能防止对驾驶员的显示亮度的降低。

[0299] 以下所示的数式与全息衍射效率  $\eta$  相关。

[0300] 数式 2

$$[0301] \quad \eta \propto (\delta n \cdot T)^2$$

[0302] 上述数式中，“ $\delta n$ ”是全息材料所具有的折射率调制的值。如上述数式 2 所示，为了增大全息的衍射效率  $\eta$ ，要求增大全息材料的折射率调制  $\delta n$  的值或者增大全息的厚度  $T$ 。为了应对光源的波长变动，如上所述，若使全息的厚度  $T$  降低以增加波长范围  $\delta \lambda$ ，则如上述数式 2 所示，衍射效率  $\eta$  的值将下降。即，若为了加大波长范围  $\delta \lambda$  而降低全息的厚度  $T$ ，则起因于光源的波长变动的对驾驶员的显示亮度的降低得以抑制，但另一方面难以将来自显示元件的显示光以高亮度反射向驾驶员。即使光源的波长包含在全息的波长范围  $\delta \lambda$  内，也难以实现明亮的图像显示。以 HUD 或后述的 HMD 为代表的透过型显示装置多在白天的室外等环境下使用，因显示亮度的降低，使用者将受到太阳光等外部干扰因素的影响而难以看到所显示的信息。

[0303] 以下，对用于消除伴随来自显示元件的光的波长变化引起的对驾驶员的影像的亮度降低问题的透过型显示装置进行说明。

[0304] 图 32 概略示出作为用于消除对驾驶员的影像的亮度降低问题的透过型显示装置而例示的 HUD。对与第 1 实施方式相同的构件分配相同的符号。参照图 32 来说明与第 1 实施方式的不同点，省略有关与第 1 实施方式相同的构件的说明。另外，对于在以下不加以说明的构件，适当引用第 1 实施方式所涉及的说明。

[0305] 图 32 所示的 HUD300I 具备安装在前挡玻璃 302 上的全息组合器 350I 以及配设在车体 301 的仪表盘内部的 HUD 光学单元 310I。HUD 光学单元 310I 收容显示构件 320I、修正构件 330I 及控制构件 360。另外，在 HUD 光学单元 310I 上形成开口部 313。显示构件 320I 所生成的显示光 L1 通过开口部 313 而射出。

[0306] 显示构件 320I 生成并射出用来对驾驶员 DR 显示包含驾驶信息（速度计或地图信息）的图像的显示光 L1。在本实施方式中，显示构件 320I 使来自激光光源的输出光束在显示屏幕上二维扫描，形成用于对驾驶员 DR 显示的像。

[0307] 图 33 表示显示构件 320I 的概略结构。参照图 32 及图 33 来说明显示构件 320I。

[0308] 如图 33 所示，显示构件 320I 与在第 1 实施方式中说明的显示构件 320 同样，具备激光光源（红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343）、准直器 321、分色镜 322、扫描构件 323 及显示屏幕 324。显示构件 320I 除了上述各种构件以外，还具备温度检测构件 361。

[0309] 温度检测构件 361 被用来检测激光光源（红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343）的温度。通过温度检测构件 361，实时推断从激光光源（红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343）输出的激光 L 的波长。基于温度检测构件 361 检测到的温度的波长推断方法如后所述。

[0310] 在本实施方式中，显示构件 320I 具备显示屏幕 324。取而代之，显示构件也可不具备显示屏幕，而将激光直接投影到后述的全息组合器上。其结果是，将激光直接投影到驾驶员的视网膜上，因此能对驾驶员显示更鲜明的图像。

[0311] 在本实施方式中，显示构件 320I 具备扫描激光 L 的扫描构件 323。取而代之，也可以与上述第 1 实施方式至第 5 实施方式同样具备液晶元件及背光光源。另外，作为背光源

源,既可使用激光光源,也可使用 LED 等其他光源。

[0312] 如图 32 所示,全息组合器 350I 包括下侧组合器 358 以及上侧组合器 359。修正构件 330I 改变从显示构件 320I 输出的显示光 L1 的方向使其射入全息组合器 350I。在本实施方式中,修正构件 330I 使用镜而形成。如果变更修正构件 330I 的镜的斜度,则射入全息组合器 350I 的显示光 L1 的位置将发生变化。图 32 所示的修正构件 330I 变更镜的斜度,在以实线所示的光路 OP1 与以虚线所示的光路 OP2 之间切换由修正构件 330I 反射的显示光 L1 的光路。修正构件 330I 对光路的切换如后所述。

[0313] 全息组合器 350I 作为反射从修正构件 330I 射入的显示光 L1 使其方向朝着驾驶员 DR 的眼睛的方向的透过反射构件而例示。

[0314] 在安装于车体 301 的前挡玻璃 302 的内面(形成车体 301 的室内的边界的面)形成例如光聚合物层。全息组合器 350I 也可为形成在光聚合物层上的李普曼体全息。全息组合器 350I 被制作成,将来自修正构件 330I 的显示光 L1 反射向驾驶员 DR。

[0315] 在本实施方式中,形成在光聚合物层上的全息组合器 350I 也可包括分别反射来自红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 的光成分的三个全息。这些全息通过多重曝光而形成。对三个全息分别设定与来自红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 的光成分对应的波长范围  $\delta \lambda_r$ 、 $\delta \lambda_g$ 、 $\delta \lambda_b$ 。另外,波长范围  $\delta \lambda_r$  表示对红色光的波长范围。另外,波长范围  $\delta \lambda_g$  表示对绿色光的波长范围。波长范围  $\delta \lambda_b$  表示对蓝色光的波长范围。三个全息能以高衍射效率分别反射这些波长范围中所包含的波长的光。

[0316] 在本实施方式中,全息组合器 350I 被设计成,下侧组合器 358 的波长范围  $\delta \lambda_r$ 、 $\delta \lambda_g$ 、 $\delta \lambda_b$  的值分别与上侧组合器 359 的波长范围  $\delta \lambda_r$ 、 $\delta \lambda_g$ 、 $\delta \lambda_b$  的值不同。在以下的说明中,下侧组合器 358 的波长范围  $\delta \lambda_r$ 、 $\delta \lambda_g$ 、 $\delta \lambda_b$  记为“ $\delta \lambda_{r1}$ ”、“ $\delta \lambda_{g1}$ ”、“ $\delta \lambda_{b1}$ ”。另外,上侧组合器 359 的波长范围  $\delta \lambda_r$ 、 $\delta \lambda_g$ 、 $\delta \lambda_b$  记为“ $\delta \lambda_{r2}$ ”、“ $\delta \lambda_{g2}$ ”、“ $\delta \lambda_{b2}$ ”。

[0317] 图 34 是概略表示在 HUD300I 中假设的光源(红色激光光源 341)的温度变化与伴随光源的温度变化引起的波长变化的坐标图。参照图 32 至图 34,对下侧组合器 358 的红色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  与上侧组合器 359 的红色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r2}$  之间的关系进行说明。

[0318] 根据图 34 的坐标图,在 HUD300I 的使用环境下,红色激光光源 341 的温度在 C1 至 C2 之间变化。其结果是,从红色激光光源 341 输出的激光 L 的波长在  $\lambda_1$  至  $\lambda_2$  之间变动。在图 34 所示的坐标图中,在 HUD300I 的使用环境下,从红色激光光源 341 输出的激光 L 的波长发生变化的范围记为“ $\delta \lambda_{rmax}$ ”。

[0319] 下侧组合器 358 的红色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  及上侧组合器 359 的红色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r2}$  被设定成在“ $\delta \lambda_{rmax}$ ”中,覆盖不同的波长范围。下侧组合器 358 的红色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  覆盖比上侧组合器 359 的红色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r2}$  短的波长范围,因此当从红色激光光源 341 输出的激光 L 的波长较短(即,红色激光光源 341 的温度较低)时,下侧组合器 358 以高衍射效率  $\eta$  反射从红色激光光源 341 输出的激光 L。另一方面,上侧组合器 359 的红色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r2}$  覆盖比下侧组合器 358 的红色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  长的波长范围,因此当从红色激光光源 341 输出的激光 L 的波长较长(即,

红色激光光源 341 的温度较高) 时, 上侧组合器 359 以高衍射效率  $\eta$  反射从红色激光光源 341 输出的激光 L。

[0320] 由于配设在前挡玻璃 302 上的全息组合器 350I 具备波长范围不同的两片组合器(下侧组合器 358(波长范围  $\delta \lambda_{r1}$ )、上侧组合器 359(波长范围  $\delta \lambda_{r2}$ )), 因此形成得比波长范围为  $\delta \lambda_{rmax}$  的一片全息组合器厚。其结果是, 下侧组合器 358 及上侧组合器 359 分别具有相对较高的衍射效率  $\eta$ 。

[0321] 当因温度变化等环境变化, 从光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343) 输出的激光 L 的波长变化时, 如后所述, 变更修正构件 330I 的方向。其结果是, 显示光 L1 的射入对象在下侧组合器 358 与上侧组合器 359 之间切换。由具有与显示光 L1 的波长对应的波长范围的组合器(下侧组合器 358 或上侧组合器 359) 来反射显示光 L1, 因此无论光源波长是否变化, 均不会产生亮度的降低, 可对驾驶员 DR 继续显示图像。

[0322] 蓝色激光的波长范围  $\delta \lambda_{b1}$ 、 $\delta \lambda_{b2}$  与绿色激光的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$ 、 $\delta \lambda_{r2}$  的关系与上述红色激光的波长范围的关系相同, 因此省略对它们的说明。

[0323] 在本实施方式中, 全息组合器 350I 是通过 RGB 三色光成分进行多重曝光而形成的一层全息。取而代之, 全息组合器也可以是分别与 RGB 三色光成分相对应的三层全息。由于包含被层叠的三层全息的全息组合器所用的全息材料的折射率调制  $\delta n$  的数值分别针对三色光成分(RGB) 而适当设定, 因此与将全息材料的折射率调制的数值分配给 RGB 光成分的情况(使用一层全息的情况) 相比较, 对三色光成分(RGB) 各自的衍射效率提高。

[0324] 在本实施方式中, 下侧组合器 358 及上侧组合器 359 分别相对于 RGB 而具有不同的波长范围。取而代之, 下侧组合器及上侧组合器也可被设计成, 只对 RGB 中的一个或两个色相的光具有不同的波长范围。例如也可这样: 对于 R(红), 下侧组合器及上侧组合器具有不同的波长范围, 另一方面, 对于 G(绿) 及 B(蓝) 的色相, 下侧组合器及上侧组合器具有相同的波长范围( $\delta \lambda_{gmax}$ 、 $\delta \lambda_{bmax}$ )。如果蓝色及 / 或绿色激光光源因温度变动引起的波长变动的幅度比红色激光光源因温度变动引起的波长变动的幅度小, 则只要对红色激光光源进行针对波长变动的调整, 便可维持对驾驶员的显示亮度。另外, 也可在相同的设定下进行蓝色光及绿色光对下侧组合器及上侧组合器的曝光, 因此全息组合器的制造得以简化。

[0325] 控制构件 360 具备用于控制 HUD310I 的各种构件的集成电路。控制构件 360 控制红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343 及修正构件 330I 的动作。另外, 控制构件 360 具备用于决定对驾驶员 DR 显示的内容(信息) 的构件。

[0326] 图 35 是 HUD300I 的概略框图。参照图 32 及图 35 来说明控制构件 360。

[0327] 控制构件 360 具备波长判定部 362、入射控制部 363 及显示变更部 364。波长判定部 362、入射控制部 363 及显示变更部 364 的动作如后所述。

[0328] 另外, 控制构件 360 也可具备与移动电话等周边设备无线连接以接收影音信号的通信部。另外, 控制构件 360 也可具备保存应对驾驶员 DR 提示的图像的存储器。或者, 控制构件 360 也可通过无线从外部设备获取应对驾驶员 DR 提示的图像。

[0329] 图 36 是概略表示从显示构件 320I 中的红色激光光源 341、蓝色激光光源 342、绿色激光光源 343 输出的激光 L 的波长发生变化时的控制构件 360 的处理的流程图。参照图 31 至图 33 与图 35 及图 36 来说明控制构件 360 的处理。

- [0330] 在本实施方式中,控制构件 360 执行图 36 所示的步骤 S361、S362、S363 及 S364。
- [0331] (步骤 S361:判定光源波长)
- [0332] 在步骤 S361 中,波长判定部 362 判定从显示构件 320I 中的红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 分别输出的激光 L 的波长。波长判定部 362 从设置在显示构件 320I 中的温度检测构件 361 获取与红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 的温度相关的信息。波长判定部 362 对红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343,分别预先保存结合图 31 所说明的表示温度与波长之间的关系的数据。基于从温度检测构件 361 获取的红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 各自的温度信息,波长判定部 362 判定从红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 分别输出的激光 L 的波长。波长判定部 362 将使用预先收纳的表示温度与波长之间的关系的数据而推断的与激光 L 的波长相关的数据输出至入射控制部 363。
- [0333] 在本实施方式中,波长判定部 362 基于红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 各自的温度来推断激光 L 的波长。取而代之,显示构件也可具备用于直接测定从红色激光光源、蓝色激光光源及绿色激光光源分别输出的激光的波长的测定构件。由于直接测定激光的波长,因此可将与激光的波长相关的更准确的数据输出至入射控制部。
- [0334] 在本实施方式中,波长判定部 362 判定从红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 输出的激光 L 各自的波长。取而代之,波长判定部也可判定 RGB 中的单色或双色的激光的波长。由于省略了对波长变动相对于温度变化较小的色相的激光的波长的判定,因此用于波长判定的构件的数量及处理工序变少,控制构件的制造成本变得低廉。
- [0335] (步骤 S362:判定射入位置)
- [0336] 在步骤 S362 中,入射控制部 363 基于从波长判定部 362 输出的对从红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343 输出的激光 L 的波长的判定结果,决定来自显示构件 320I 的显示光 L1 射入的组合器(下侧组合器 358 或上侧组合器 359)。
- [0337] 入射控制部 363 针对红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343,分别预先保持图 34 所示的与全息组合器 350I 的波长范围相关的数据。入射控制部 363 选择具有与从光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343)输出的激光 L 当前的波长对应的波长范围的组合器(下侧组合器 358 或上侧组合器 359)。在本实施方式中,如果从光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343)输出的激光 L 的波长较短,则选择具有与短波长对应的  $\delta \lambda_{r1}$  的下侧组合器 358。另外,如果从光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343)输出的激光 L 的波长较长,则选择具有与长波长对应的  $\delta \lambda_{r2}$  的上侧组合器 359。在以下的说明中,从下侧组合器 358 及上侧组合器 359 中选择的组合器被称作显示组合器。
- [0338] 如图 34 所示,下侧组合器 358 的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  部分重合于上侧组合器 359 的波长范围  $\delta \lambda_{r2}$ 。如果从波长判定部 362 输出的数据所表示的波长值符合波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  及波长范围  $\delta \lambda_{r2}$  这两者,则入射控制部 363 可决定下侧组合器 358 及上侧组合器 359 的其中之一作为显示组合器。如果已进行了图像显示,则可决定下侧组合器 358 及上侧组合器 359 中已被使用的组合器作为显示组合器,以继续用于图像的显示。
- [0339] 下侧组合器 358 的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  与上侧组合器 359 的波长范围  $\delta \lambda_{r2}$  的部分重叠可适宜地抑制因从光源(红色激光光源 341、蓝色激光光源 342 及绿色激光光源 343)

输出的激光 L 的波长的暂时变动引起的显示亮度的降低。因环境温度或提供电流等环境因素的变动导致变动超过预料的激光 L 的实际波长有时会偏离下侧组合器 358 或上侧组合器 359 的波长范围。如果下侧组合器 358 的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  与上侧组合器 359 的波长范围  $\delta \lambda_{r2}$  不存在重叠, 则其结果是, 显示亮度降低。将下侧组合器 358 的波长范围  $\delta \lambda_{r1}$  及上侧组合器 359 的波长范围  $\delta \lambda_{r2}$  设定得相对较宽, 并使它们部分重叠, 其结果, 可适宜地抑制显示亮度的降低。

[0340] 入射控制部 363 决定显示组合器后, 执行用于变更来自显示构件 320I 的显示光 L1 实际射入的组合器的步骤 S364 的处理。

[0341] (步骤 S363: 控制射入)

[0342] 在步骤 S363 中, 入射控制部 363 进行用于使来自显示构件 320I 的显示光 L1 射入先前的步骤 S362 中决定的显示组合器的处理。入射控制部 363 变更修正构件 330I 的角度, 进行来自显示构件 320I 的显示光 L1 射入的组合器 (下侧组合器 358 或上侧组合器 359) 的切换。

[0343] 图 37 及图 38 概略示出组合器 (下侧组合器 358 或上侧组合器 359) 的切换控制。图 37 示出使显示光 L1 射入上侧组合器 359 的修正构件 330I。图 38 示出使显示光 L1 射入下侧组合器 358 的修正构件 330I。参照图 32、图 35、图 37 及图 38 来说明组合器 (下侧组合器 358 或上侧组合器 359) 的切换控制。

[0344] 入射控制部 363 变更修正构件 330I 的角度, 在光路 OP1 与光路 OP2 之间切换显示光 L1 的光路。如果入射控制部 363 调整修正构件 330I 的角度使显示光 L1 沿光路 OP1 传播, 则由修正构件 330I 反射的显示光 L1 被投影到上侧组合器 359 上。如果入射控制部 363 调整修正构件 330I 的角度使显示光 L1 沿光路 OP2 传播, 则由修正构件 330I 反射的显示光 L1 被投影到下侧组合器 358 上。这样, 显示光 L1 向在步骤 S362 中决定的显示组合器投影。

[0345] 在本实施方式中, 入射控制部 363 变更修正构件 330I 的倾斜角度, 进行显示光 L1 射入的组合器 (下侧组合器 358 或上侧组合器 359) 的选择。取而代之, 显示构件也可使显示光射入整个全息组合器, 并且进行显示区域的切换。

[0346] 图 39 概略示出具备进行显示区域切换的显示构件的其他 HUD。参照图 39 来说明具备进行显示区域切换的显示构件的其他 HUD。

[0347] HUD300J 具备结合 HUD300I 所说明的全息组合器 350I。而且, HUD300I (应为 300J) 具备进行显示区域切换的显示构件 320J、控制显示构件 320J 的控制构件 360J 以及使从显示构件 320J 输出的显示光 L1 偏转向全息组合器 350I 的修正构件 330J。控制构件 360J 控制显示构件 320J 进行显示区域的切换。由于显示构件 320J 进行显示区域的切换, 因此修正构件 330J 的角度可保持固定。

[0348] 图 39 所示的虚线对应于下侧组合器 358 与上侧组合器 359 的边界 (全息组合器 350I 的中心位置)。显示构件 320J 向下侧组合器 358 和上侧组合器 359 同时照射显示光 L1。为了使说明明确, 朝向全息组合器 350I 的显示构件 320J 的图像的显示区域与全息组合器 350I 的整个区域一致。修正构件 330J 的倾斜被调整成, 使从显示构件 320J 输出的图像的上下方向的中心位置与下侧组合器 358 和上侧组合器 359 的边界一致。

[0349] 图 40 是 HUD300J 的概略框图。参照图 39 及图 40 来说明控制构件 360J。



[0350] 控制构件 360J 除了具备结合上述控制构件 360 所说明的入射控制部 363 及显示变更部 364 以外,还具备入射控制部 363J。入射控制部 363J 控制显示构件 320J 进行显示区域的切换。

[0351] 图 41 示出显示构件 320J 显示的图像区域。参照图 32、图 36、图 39 至图 41 来说明显示区域的切换。

[0352] 图像区域 IMA 包括由射入上侧组合器 359 的显示光 L1 描绘的上侧区域 UA 与由射入下侧组合器 358 的显示光 L1 描绘的下侧区域 LA。如果选择下侧组合器 358 作为显示组合器,则入射控制部 363J 对显示构件 320J 输出用于只在下侧区域 LA 进行信息显示的控制信号。如果选择上侧组合器 359 作为显示组合器,则入射控制部 363J 对显示构件 320J 输出用于只在上侧区域 UA 进行信息显示的控制信号。如上所述,修正构件 330J 的倾斜角度保持固定,因此与具备可动式修正构件 330I 的 HUD300I 相比较,HUD300J 的制造得以简化。

[0353] (步骤 S364:控制显示内容(判定显示位置))

[0354] 在步骤 S364 中,显示变更部 364 变更对驾驶员 DR 显示的图像的内容或图像的位置。

[0355] 图 42 概略示出对驾驶员 DR 显示的图像。参照图 35 至图 42 来说明显示内容的控制。

[0356] 在图 42 中,示出驾驶过程中的驾驶员的视野 VF、显示有由来自上侧组合器 359 的反射光显示的信息的驾驶员 DR 的视野 VF 中的上部区域 UA1、以及显示有由来自下侧组合器 358 的反射光显示的信息的驾驶员 DR 的视野 VF 中的下部区域 LA1。在图 42 所示的视野 VF 中的下部区域 LA1,来自下侧组合器 358 的反射光对驾驶员 DR 显示信息。如果来自上侧组合器 359 的反射光显示应提供给驾驶员 DR 的信息,则该信息被显示在视野 VF 中的上部区域 UA1。

[0357] 在先前的步骤 S363 中,当进行显示组合器的变更时,提供给驾驶员 DR 的信息的显示位置将上下变动。信息显示位置的上下变动会潜在地对驾驶员 DR 造成不适感。

[0358] 显示变更部 364 也可使用显示组合器来进行信息显示位置的调整,以缓和驾驶员 DR 所感受到的不适感。

[0359] 图 43 概略示出对驾驶员 DR 显示的图像。参照图 35 至图 43 来说明信息显示位置的调整。

[0360] 如图 42 所示,当使用来自下侧组合器 358 的反射光来表现信息时,显示变更部 364 调整信息的显示位置,以在下部区域 LA1 的上侧部分显示信息。另外,如图 43 所示,当利用来自上侧组合器 359 的反射光来表现信息时,显示变更部 364 调整信息的显示位置,以在上部区域 UA1 的下侧部分显示信息。通过这样的信息显示位置的调整,能够减少伴随显示组合器切换引起的信息(例如速度计)的显示位置的上下移动幅度,缓和驾驶员 DR 所感受到的不适感。

[0361] 在本实施方式中,依序执行图 36 所示的步骤 S361 至 S364。取而代之,也可同时执行这些步骤中的一部分。例如,可同时执行步骤 S363 及步骤 S364,以高速执行显示组合器的变更处理。

[0362] 根据本实施方式的原则,由于使用具有相对较短的波长范围的多个全息组合器来显示图像,因此全息组合器各自的衍射效率可设定得相对较高。因此,能够对驾驶员 DR 提

示相对较明亮的图像。此外,即使来自光源的光的波长随着温度变化等使用环境的变化而发生变动,也能抑制图像亮度的降低。

[0363] 在本实施方式中,HUD300I、300J 具备两个全息组合器(下侧组合器 358 及上侧组合器 359)。取而代之,HUD 也可具备超过两个的全息组合器。将全息组合器各自的波长范围设定得较小的结果是,全息组合器的衍射效率提高,可实现更明亮的图像显示。

[0364] 在本实施方式中,HUD300I、300J 具备上下排列的两个全息组合器(下侧组合器 358 及上侧组合器 359)。取而代之,HUD 也可具备左右排列的多个全息组合器。此时,随着显示组合器的变更,驾驶员的视场中的显示像(信息)的显示位置左右变动。一般而言,比起上下方向的移动,人的眼睛更易追踪左右方向的移动,因此可实现对于驾驶员而言不适感更小的显示组合器的切换。

[0365] 在本实施方式中,HUD300I、300J 判定从显示构件 320I、320J 输出的激光 L 的波长,并自动切换显示组合器。取而代之,也可基于来自驾驶员的指示来进行显示组合器的切换。如果驾驶员感到图像的显示亮度不够充分,则驾驶员例如也可操作在驾驶席配备的用户接口来进行显示组合器的切换。此时,由于不需要上述温度检测构件等构件,因此可实现 HUD 制造成本的低廉化。

[0366] (第 7 实施方式)

[0367] 图 44 是概略表示作为第 7 实施方式所涉及的透过型显示装置而例示的头戴式显示器(以下称作 HMD)的俯视图。图 45 是概略表示图 44 所示的 HMD 的右侧视图。对与第 1 实施方式及/或第 6 实施方式相同的构件分配相同的符号。参照图 44 及图 45 来说明与第 1 实施方式及/或第 6 实施方式的不同点,省略有关与第 1 实施方式及/或第 6 实施方式相同的构件的说明。另外,对于在以下不加以说明的构件,适当引用第 1 实施方式及/或第 6 实施方式所涉及的说明。

[0368] 本实施方式的 HMD 与第 6 实施方式同样,消除伴随射入用作为组合器的全息组合器的来自显示元件的光的波长变化引起的影像亮度下降的问题。

[0369] HMD300K 整体上呈与视力矫正用的眼镜相同的形状。HMD300K 具备从使用者的左耳延伸的左框部 411 与从右耳延伸的右框部 412。HMD300K 还具备配设在使用者左眼前的左组合器 358K 与配设在右眼前的右组合器 359K。左组合器 358K 及右组合器 359K 具有不同的波长范围。

[0370] HMD300K 还具备配设在左框部 411 内的显示构件 320L 及修正构件 330L。显示构件 320L 向修正构件 330L 输出用左眼观看的显示光 L1。修正构件 330L 将来自显示构件 320L 的显示光 L1 反射向配设在左眼前的左组合器 358K。

[0371] HMD300K 还具备配设在右框部 412 内的显示构件 320R 及修正构件 330R。显示构件 320R 向修正构件 330R 输出用右眼观看的显示光 L1。修正构件 330R 将来自显示构件 320R 的显示光 L1 反射向配设在右眼前的右组合器 359K。

[0372] HMD300K 还具备配设在左框部 411 内的控制构件 360L 与配设在右框部 412 内的控制构件 360R。控制构件 360L 例如控制左框部 411 内的显示构件 320L。控制构件 360R 例如控制右框部 412 内的显示构件 320R。

[0373] 由于左组合器 358K 及右组合器 359K 具有不同的波长范围,因此即使在显示光 L1 的波长随着使用环境的变化(光源的温度变化)而发生变化时,使用者看到的图像的亮度

也几乎不会下降。人将从左右眼分别感知的图像信息加以合成,以感知为一个图像(融合效果)。因此,如果维持由来自左组合器 358K 的反射光显示的图像的亮度以及由来自右组合器 359K 的反射光显示的图像的亮度的其中之一,使用者就几乎不会察觉到图像的亮度下降。由于左组合器 358K 及右组合器 359K 具有不同的波长范围,因此左眼看到的图像的亮度以及右眼看到的图像的亮度的其中之一得以维持。因此,即使显示构件 320L、320R 的光源的波长发生变化,使用者也几乎不会察觉到图像亮度的变动。

[0374] 以上的一系列实施方式不过是例示透过型显示装置,在不脱离上述各种实施方式中所含的原理的范围内,也可实施各种变更或改良。

[0375] 上述实施方式主要具备以下结构。

[0376] 上述的实施方式所涉及的透过型显示装置包括:输出光的光源;接收来自该光源的所述光,生成表示图像的显示光的显示构件;改变从该显示构件射出的所述显示光的方向的偏向构件;以及将从所述显示构件射出的所述显示光中所包含的波长的光向使用者反射,而让除此以外的波长的光透过的透过反射构件,其中,连结所述显示光射入所述透过反射构件的区域的的上端部分与可视区的下部的直线相对于水平线所成的角度小于所述透过反射构件的所述显示光的出射角与入射角之间的差,所述可视区为使用者能够看到由所述透过反射构件反射的所述显示光的范围。

[0377] 根据上述结构,显示构件接收从光源输出的光,生成表示图像的显示光。偏向构件改变从显示构件射出的显示光的方向。透过反射构件将从显示构件射出的显示光中所包含的波长的光向使用者反射,而让除此以外的波长的光透过。可视区为使用者能够看到由透过反射构件反射的显示光的范围。由于连结显示光射入透过反射构件的区域的的上端部分与可视区下部的直线相对于水平线所成的角度小于透过反射构件中的显示光的出射角与入射角之间的差,因此由透过反射构件以外的面反射的反射光几乎不会被使用者看到。

[0378] 在上述结构中,较为理想的是,射入所述偏向构件的所述显示光的第 1 入射角、从所述偏向构件射出的所述显示光的第 1 出射角、射入所述透过反射构件的所述显示光的第 2 入射角以及从所述透过反射构件射出的所述显示光的第 2 出射角的关系为,所述第 1 入射角与所述第 1 出射角之间的大小之差的第 1 角度差大于所述第 2 入射角与所述第 2 出射角之间的大小之差的第 2 角度差,且所述第 1 入射角小于所述第 1 出射角。

[0379] 根据上述结构,以第 1 入射角射入偏向构件的显示光以第 1 出射角从偏向构件射出。随后,显示光以第 2 入射角射入透过反射构件,并以第 2 出射角从透过反射构件射出。第 1 角度差为第 1 入射角与第 1 出射角之间的大小之差。第 2 角度差为第 2 入射角与第 2 出射角之间的大小之差。第 1 角度差被设定得大于第 2 角度差。另外,第 1 入射角被设定得小于第 1 出射角。其结果是,透过反射构件,不仅使得由透过反射构件以外的面反射的反射光几乎不会被使用者看到,而且显示光表示的图像的模糊的影响也得以降低。

[0380] 在上述结构中,较为理想的是,从所述光源射出的所述光的波长宽度越大,所述第 1 角度差与所述第 2 角度差之间的差被设定得越大。

[0381] 根据上述结构,由于从光源射出的光的波长宽度越大,第 1 角度差与第 2 角度差之间的差被设定得越大,因此按照光源的波长宽度可适当降低显示光所表示的图像的模糊。

[0382] 在上述结构中,较为理想的是,当从所述光源射出的所述光的所述波长宽度为 2nm 以上时,所述第 1 角度差比所述第 2 角度差大 5 度以上。

[0383] 根据上述结构,第1角度差比第2角度差大5度以上,因此即使从光源射出的光的波长宽度为2nm以上,也能适当降低显示光所表示的图像的模糊。

[0384] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件的光学倍率越大,所述第1角度差与所述第2角度差之间的差被设定得越大。

[0385] 根据上述结构,由于透过反射构件的光学倍率越大,第1角度差与第2角度差之间的差被设定得越大,因此按照透过反射构件的光学倍率能够更适当地抑制像模糊的影响。

[0386] 在上述结构中,较为理想的是,从所述显示构件到所述偏向构件为止的所述显示光的光路长度长于从所述偏向构件到所述透过反射构件为止的所述显示光所通过的光路长度。

[0387] 根据上述结构,由于从显示构件到偏向构件为止的显示光的光路长度比从偏向构件到透过反射构件为止的显示光所通过的光路长度长,因此由透过反射构件产生的像差得以降低。其结果是,使用者能够看到经改善的画质的图像。

[0388] 在上述结构中,较为理想的是,所述偏向构件相对于水平线的倾斜方向根据所述第2入射角与所述第2出射角之间的大小关系而不同。

[0389] 根据上述结构,由于偏向构件相对于水平线的倾斜方向根据第2入射角与第2出射角之间的大小关系而不同,因此可进行与射向透过反射构件的入射角相应的像差的修正。其结果是,使用者能够看到经改善的画质的图像。

[0390] 在上述结构中,较为理想的是,当所述第2入射角大于所述第2出射角时,所述偏向构件的所述倾斜方向被设定为与所述透过反射构件相对于所述水平线的倾斜方向相同的方向。

[0391] 根据上述结构,当第2入射角大于第2出射角时,偏向构件的倾斜方向被设定为与透过反射构件相对于水平线的倾斜方向相同的方向,因此由透过反射构件产生的像差被适当降低。

[0392] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件包括:使所述显示光的方向偏向的衍射元件;配置在所述显示光射入所述透过反射构件的一侧并保持所述衍射元件的前侧透明部件;以及配设在与所述前侧透明部件相反的一侧且与所述前侧透明部件一同夹持所述衍射元件的后侧透明部件,其中,所述前侧透明部件及所述后侧透明部件的至少其中之一具有与空气接触的空气接触面,所述衍射元件相对于所述空气接触面而倾斜。

[0393] 根据上述结构,透过反射构件包括使显示光的方向偏向的衍射元件,以及保持衍射元件的前侧透明部件。前侧透明部件配置在显示光射入透过反射构件的一侧。透过反射构件还具备配设在前侧透明部件的相反侧且与前侧透明部件一同夹持衍射元件的后侧透明部件。前侧透明部件具有与空气接触的空气接触面。由于衍射元件相对于空气接触面倾斜,因此衍射元件的入射角及反射角可被设定成与前侧透明部件的显示光的入射角及衍射角分别不同。

[0394] 在上述结构中,较为理想的是,所述衍射元件相对于所述空气接触面倾斜,以使射入所述衍射元件的所述显示光的入射角与从所述衍射元件射出的所述显示光的出射角之差变小。

[0395] 根据上述结构,衍射元件相对于空气接触面而倾斜,射入衍射元件的显示光的入射角与从衍射元件射出的显示光的出射角之差得以降低。其结果是,由衍射元件产生的像

差得以降低。

[0396] 在上述结构中,较为理想的是,所述衍射元件包括相对于所述空气接触面而倾斜的至少一个倾斜区域。

[0397] 根据上述结构,由于包含相对于空气接触面而倾斜的至少一个倾斜区域,因此射入倾斜区域的显示光的入射角与从衍射元件射出的显示光的出射角之差得以降低。其结果是,在倾斜区域,由衍射元件产生的像差得以降低。倾斜区域只要设在要求降低像差的部分即可,因此透过反射构件的厚度不会不必要地增大。

[0398] 在上述结构中,较为理想的是,所述至少一个倾斜区域包括用于描绘所述图像端部的所述显示光射入的区域。

[0399] 根据上述结构,由于至少一个倾斜区域包括用于描绘图像端部的显示光射入的区域,因此可实现易产生相对较大像差的图像端部的画质的改善。

[0400] 在上述结构中,较为理想的是,所述衍射元件包括至少具有一个曲率的自由曲面。

[0401] 根据上述结构,由于衍射元件包括至少具有一个曲率的自由曲面,因此对衍射元件的入射角及出射角的设定可在衍射元件的各区域中进行变更。衍射元件的光学性能根据衍射元件的区域而可变,因此可适当改善图像的画质。

[0402] 在上述结构中,较为理想的是,用于描绘所述图像端部的所述显示光射入的区域的曲率被规定成,使射向所述衍射元件的所述显示光的所述入射角与从所述衍射元件射出的所述显示光的所述出射角之差变小。

[0403] 根据上述结构,用于描绘图像端部的显示光射入的区域的曲率被规定成,使射向衍射元件的显示光的入射角与从衍射元件射出的显示光的出射角之差变小。其结果是,可实现易产生相对较大像差的图像端部的画质的改善。

[0404] 在上述结构中,较为理想的是,射向所述透过反射构件的所述显示光的所述入射角与来自所述透过反射构件的所述显示光的所述出射角之差为 6 度以上。

[0405] 根据上述结构,由于射向透过反射构件的显示光的入射角与来自透过反射构件的显示光的出射角之差为 6 度以上,因此使用者难以看到被显示构件反射的外部光线。

[0406] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件具有将由所述显示构件生成的显示像放大的放大功能,来自所述透过反射构件的所述显示光的所述出射角越小,所述放大功能的放大倍率被设定得越大。

[0407] 根据上述结构,透过反射构件具有将由显示构件生成的显示像放大的放大功能。来自透过反射构件的显示光的所述出射角越小,放大功能的放大倍率被设定得越大,因此从显示构件到透过反射构件为止的光路长度得以缩短。其结果是,可提供小型的透过型显示装置。

[0408] 在上述结构中,较为理想的是,射向所述透过反射构件的所述显示光的所述入射角处于 20 度至 25 度之间。

[0409] 根据上述结构,由于射向透过反射构件的显示光的入射角被设定在 20 度至 25 度之间,因此由透过反射构件引起的像差得以降低。其结果是,所显示的图像的分辨率提高。

[0410] 在上述结构中,较为理想的是,当来自所述透过反射构件的所述显示光的所述出射角处于 45 度至 65 度的范围时,所述放大功能的所述放大倍率处于 3 倍至 4 倍的范围。

[0411] 根据上述结构,当来自透过反射构件的显示光的出射角处于 45 度至 65 度的范围

时,放大功能的放大倍率被设定在 3 倍至 4 倍的范围,因此因透过反射构件的放大功能引起的像差得以降低。其结果是,可同时实现透过型显示装置的小型化与所显示的图像的分辨率的提高。

[0412] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件是具备全息的组合器,所述显示构件包括显示元件,所述光源的波长宽度为 1nm 以下。

[0413] 根据上述结构,由于透过反射构件是具备全息的组合器,因此使用者可适宜地看到外界景色。另外,光源的波长宽度为 1nm 以下,因此适于实现显示装置的小型化。

[0414] 在上述结构中,较为理想的是还包括:收容所述显示构件的显示单元,在该显示单元形成供所述显示光射出的开口部,来自所述透过反射构件的所述显示光的所述出射角越小,所述透过反射构件与所述开口部的距离越短。

[0415] 根据上述结构,透过型显示装置还包括形成有显示光所射出的开口部的显示单元。来自透过反射构件的显示光的出射角越小,透过反射构件与开口部的距离被设定得越短,因此显示单元得以小型化。因此,显示单元的收容变得容易。

[0416] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件是具备全息的组合器,所述显示构件包括用于接收来自所述光源的光以生成所述显示光的显示元件,所述光源的波长宽度越大,射向所述透过反射构件的所述显示光的所述入射角与来自所述透过反射构件的所述显示光的所述出射角之差越小。

[0417] 根据上述结构,透过反射构件是具备全息的组合器。显示构件包括用于接收来自光源的光并生成显示光的显示元件。光源的波长宽度越大,射向透过反射构件的显示光的入射角与来自透过反射构件的显示光的出射角之差被设定得越小,因此由光源的波长宽度及全息的衍射引起的显示像的模糊得以降低。

[0418] 在上述结构中,较为理想的是,射向所述透过反射构件的所述显示光的所述入射角与来自所述透过反射构件的所述显示光的所述出射角之差为 8 度以下。

[0419] 根据上述结构,由于射向透过反射构件的显示光的入射角与来自透过反射构件的显示光的出射角之差被设定为 8 度以下,因此由光源的波长宽度及全息的衍射引起的显示像的模糊得以降低。

[0420] 在上述结构中,较为理想的是,所述光源包括分别输出与红色、蓝色、绿色对应的波长的激光的激光光源,从该激光光源分别输出的所述激光的波长宽度为 1nm 以下。

[0421] 根据上述结构,由于光源包括分别输出与红色、蓝色、绿色对应的波长的激光的激光光源,因此可显示彩色图像。从激光光源分别输出的激光的波长宽度为 1nm 以下,因此因光源的波长宽度引起的显示像的模糊得以降低。

[0422] 在上述结构中,较为理想的是,来自所述透过反射构件的所述显示光的所述出射角为 50 度以下,所述放大倍率被设定在 2 倍至 3.5 倍的范围内。

[0423] 根据上述结构,来自透过反射构件的所述显示光的所述出射角被设定为 50 度以下。由于来自透过反射构件的出射角被设定得相对较小,因此放大倍率被设定在 2 倍至 3.5 倍的范围。因此,因透过反射构件的放大功能引起的像差得以降低。

[0424] 在上述结构中,较为理想的是,所述偏向构件包括具有放大倍率的凹面镜。

[0425] 根据上述结构,偏向构件包括具有放大倍率的凹面镜。由于不仅透过反射构件,偏向构件也会放大显示像,因此从显示构件到透过反射构件为止的光路长度得以缩短。

[0426] 在上述结构中,较为理想的是,所述偏向构件的所述放大倍率被设定成小于所述透过反射构件的放大倍率。

[0427] 根据上述结构,由于透过反射构件的放大倍率被设定得高于偏向构件的放大倍率,因此显示画面下部的像素的像差的增大得以抑制。

[0428] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件的所述放大倍率越大,所述偏向构件的所述放大倍率被设定得越大。

[0429] 根据上述结构,透过反射构件的放大倍率越大,偏向构件的放大倍率被设定得越大,因此透过反射构件造成的像差的大小与偏向构件造成的像差的大小之间的差异降低,对使用者显示的像素的形状成为大致圆形。

[0430] 在上述结构中,较为理想的是,所述显示光相对于所述偏向构件的入射角被设定成,使由所述偏向构件产生的像散的方向与由所述透过反射构件产生的像散的方向不同。

[0431] 根据上述结构,由于显示光相对于偏向构件的入射角被设定成,使由偏向构件产生的像散的方向与由透过反射构件产生的像散的方向不同,因此对使用者显示的像素被保持为大致圆形。因此,几乎不会产生分辨率的降低。

[0432] 在上述结构中,较为理想的是,所述显示光对所述偏向构件的入射从与所述显示光射入所述透过反射构件的方向相反的方向进行。

[0433] 根据上述结构,显示光相对于偏向构件的入射从与显示光射入透过反射构件的方向相反的方向进行,因此对使用者显示的像素被保持为大致圆形。因此,几乎不会产生分辨率的降低。

[0434] 在上述结构中,较为理想的是,所述显示光射向所述偏向构件的入射角被设定在 15 度至 25 度之间。

[0435] 根据上述结构,显示光射向偏向构件的入射角被设定在 15 度至 25 度之间,因此透过反射构件造成的像差的方向与偏向构件造成的像差的方向不同。因此,对使用者显示的像素被保持为大致圆形,几乎不会产生分辨率的降低。

[0436] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件的所述放大倍率被设定在 2 倍至 3 倍的范围,所述偏向构件的所述放大倍率被设定在 1.2 倍至 2 倍的范围。

[0437] 根据上述结构,透过反射构件的放大倍率被设定在 2 倍至 3 倍的范围,且偏向构件的放大倍率被设定在 1.2 倍至 2 倍的范围,因此像差得以降低。因此,使用者能够看到高分辨率的图像。

[0438] 在上述结构中,较为理想的是,所述偏向构件所具有的焦距比从所述偏向构件到所述透过反射构件为止的距离短。

[0439] 根据上述结构,偏向构件所具有的焦距比从偏向构件到透过反射构件为止的距离短,因此由偏向构件反射的光难以在透过反射构件上集中。因此,透过反射构件不易产生损伤。

[0440] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件包括:比其他波长的光更多地反射第 1 波长区域的波长的第 1 透过反射构件;以及更多地反射与所述第 1 波长区域不同的第 2 波长区域的波长的光的第 2 透过反射构件,其中,所述偏向构件根据来自所述光源的所述光的波长,在朝着所述第 1 透过反射构件的第 1 方向与朝着所述第 2 反射透过构件的第 2 方向之间切换所述显示光的所述方向。

[0441] 根据上述结构,无论光源的光的波长变化如何,均能对使用者提供高亮度的图像。

[0442] 在上述结构中,较为理想的是还包括控制所述显示构件的控制部,所述透过反射构件包括:比其他波长的光更多地反射第1波长区域的波长的第1透过反射构件;以及更多地反射与所述第1波长区域不同的第2波长区域的波长的光的第2透过反射构件,其中,所述控制部控制根据来自所述光源的所述光的波长进行控制,以便在对应于所述第1透过反射构件的位置与对应于所述第2透过反射构件的位置之间切换所述图像的显示位置。

[0443] 根据上述结构,无论光源的光的波长变化如何,均能对使用者提供高亮度的图像。

[0444] 在上述结构中,较为理想的是,所述透过反射构件包括:比其他波长的光更多地反射第1波长区域的波长的第1透过反射构件;以及更多地反射与所述第1波长区域不同的第2波长区域的波长的光的第2透过反射构件,其中,所述第1透过反射构件配设在使用者的一只眼睛前,所述第2透过反射构件配设在使用者的另一只眼睛前。

[0445] 根据上述结构,无论光源的光的波长变化如何,均能对使用者提供高亮度的图像。

[0446] 产业上的可利用性

[0447] 上述透过型显示装置的原理可适用于具有包含全息透过反射构件的显示装置、显示系统、显示方法或显示程序等各种用途。



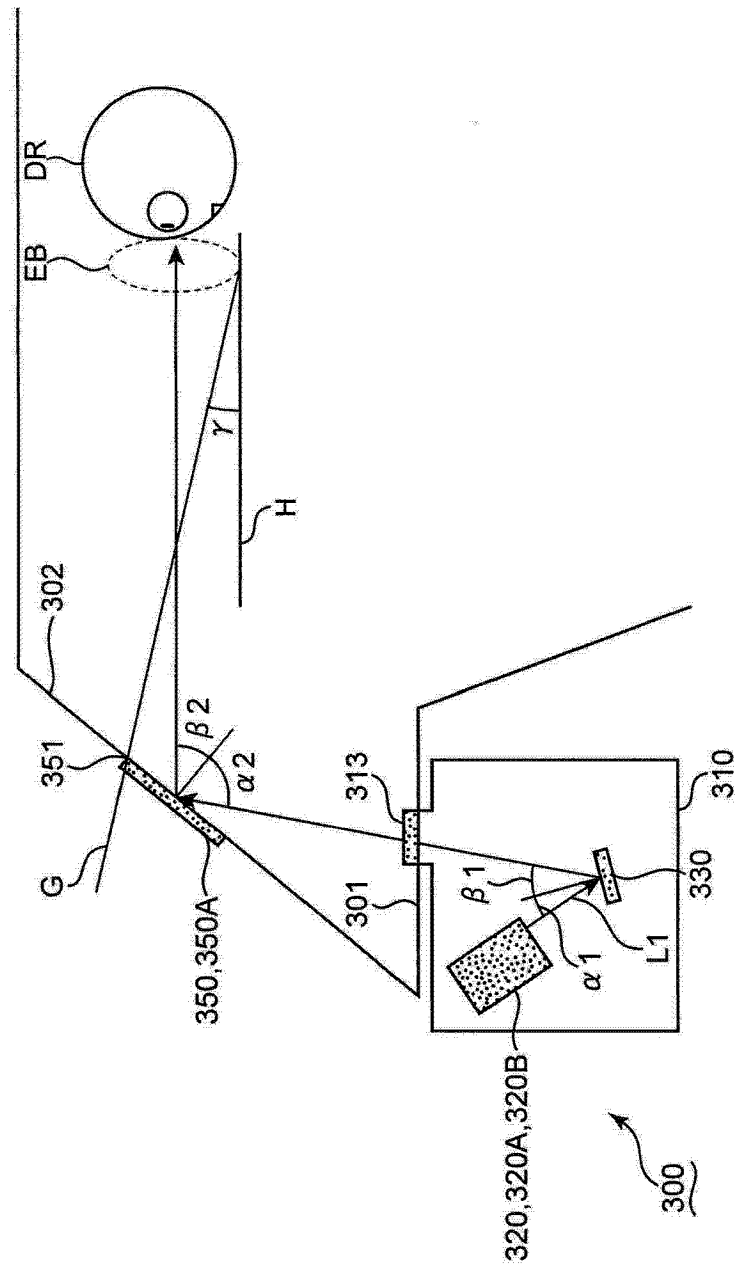


图 1

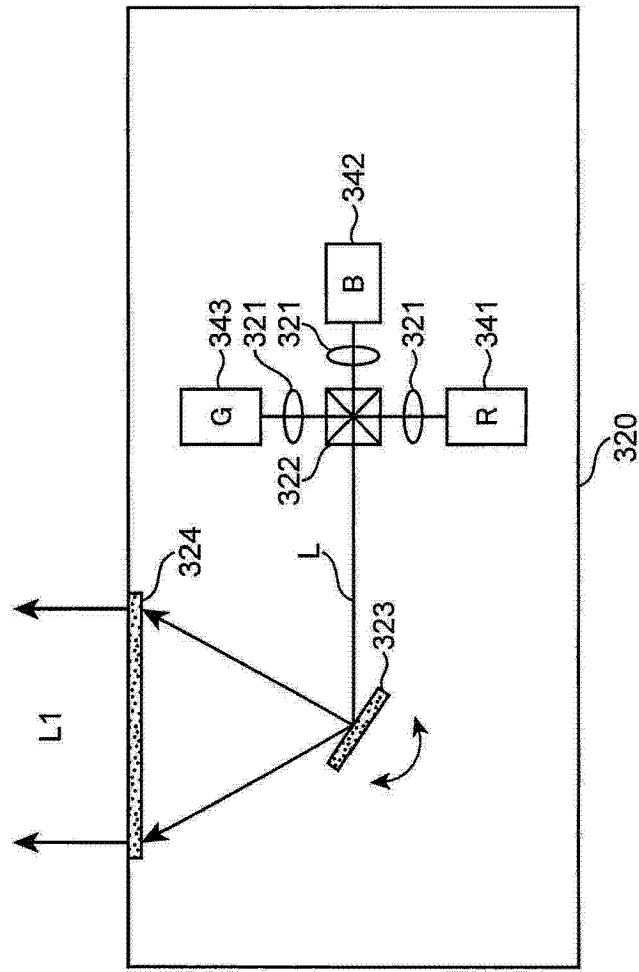


图 2

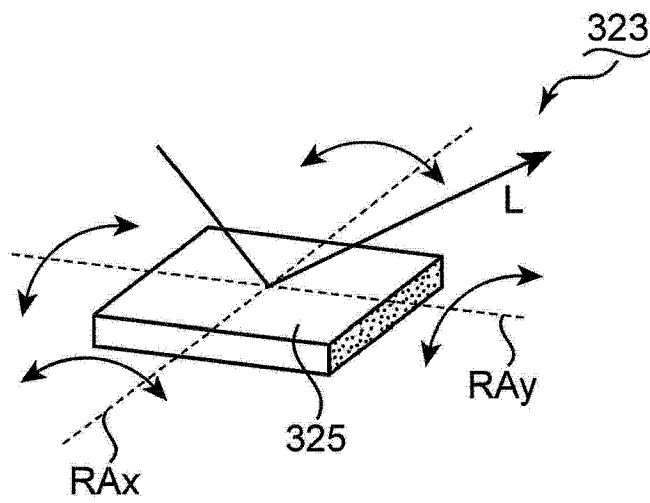


图 3

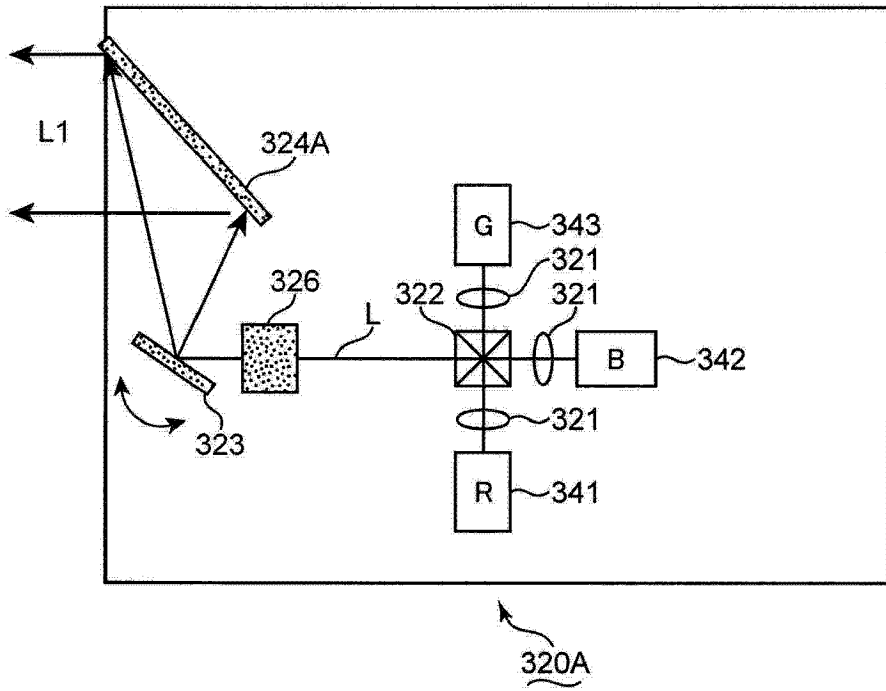


图 4

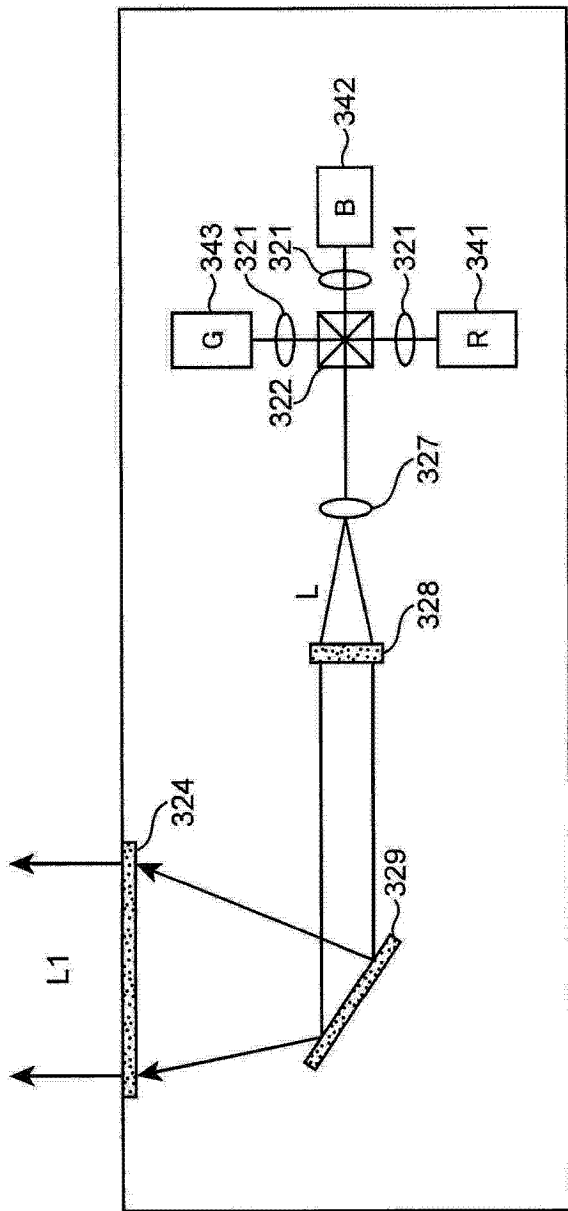


图 5

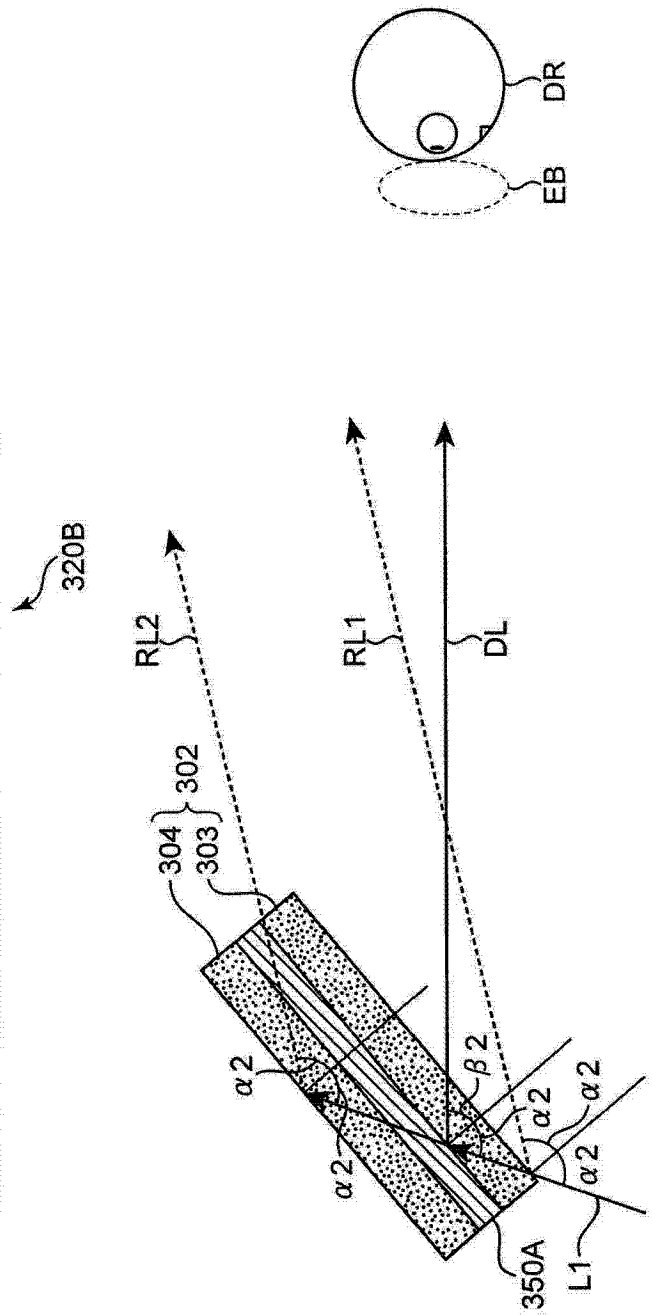


图 6

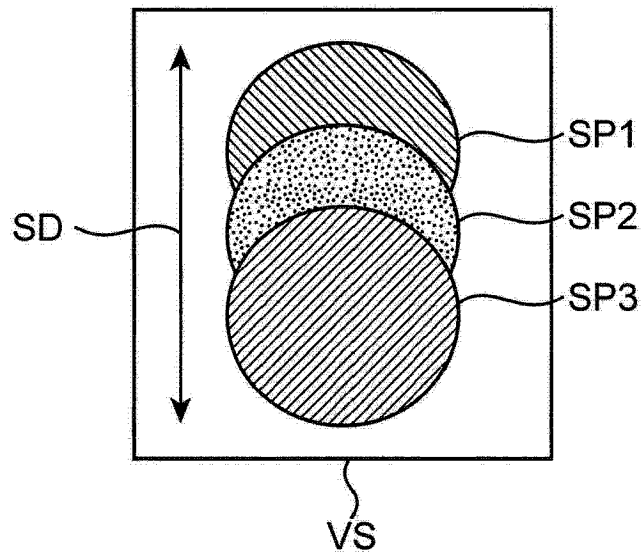


图 7

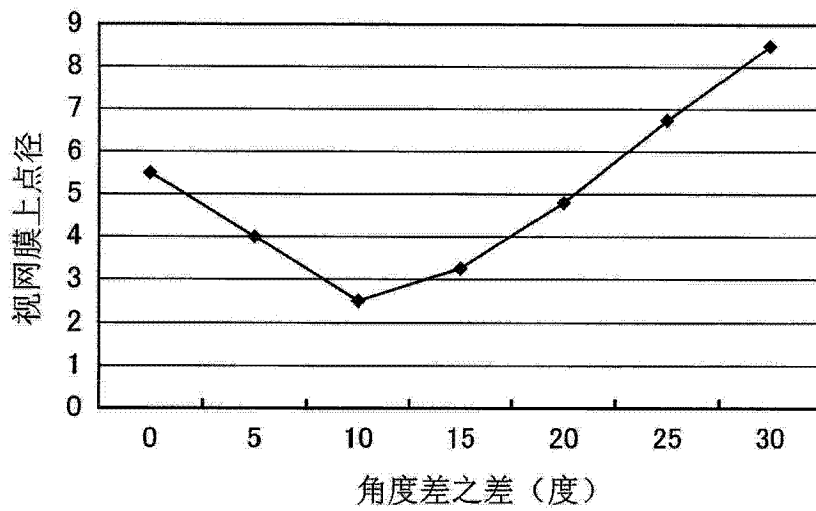


图 8

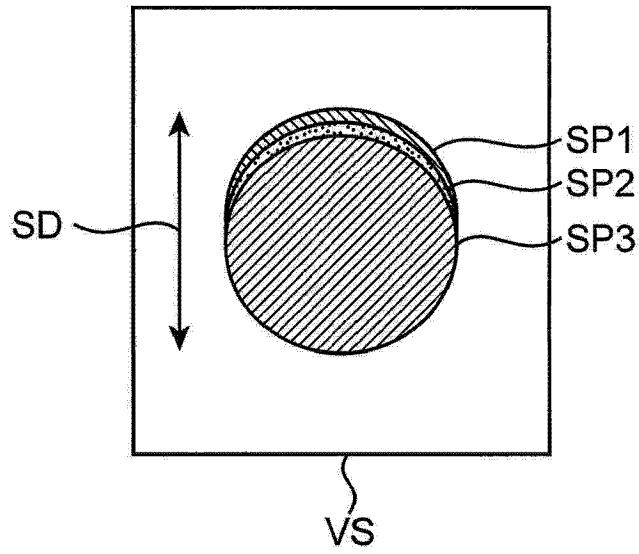


图 9

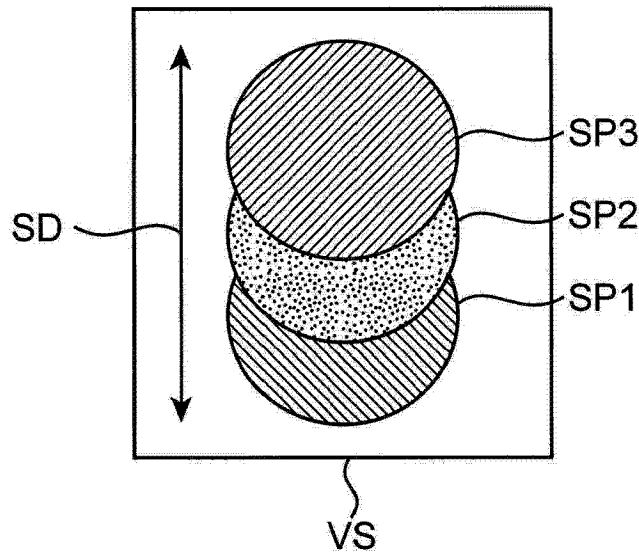


图 10

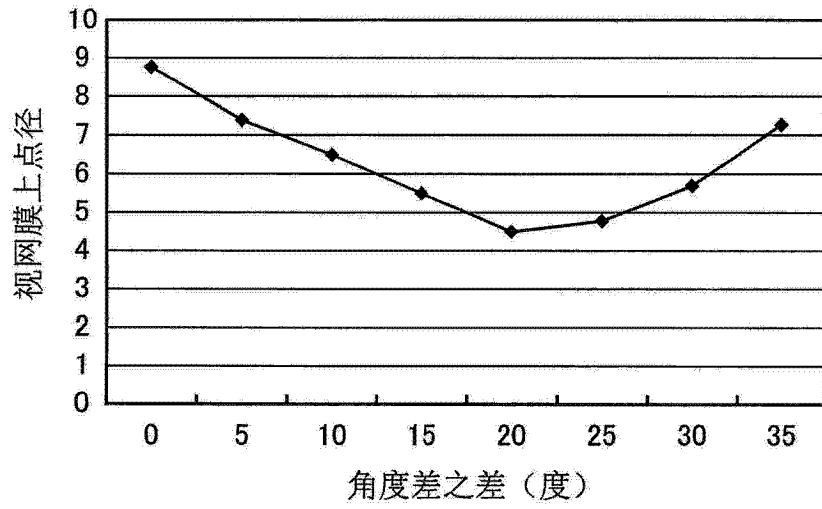


图 11

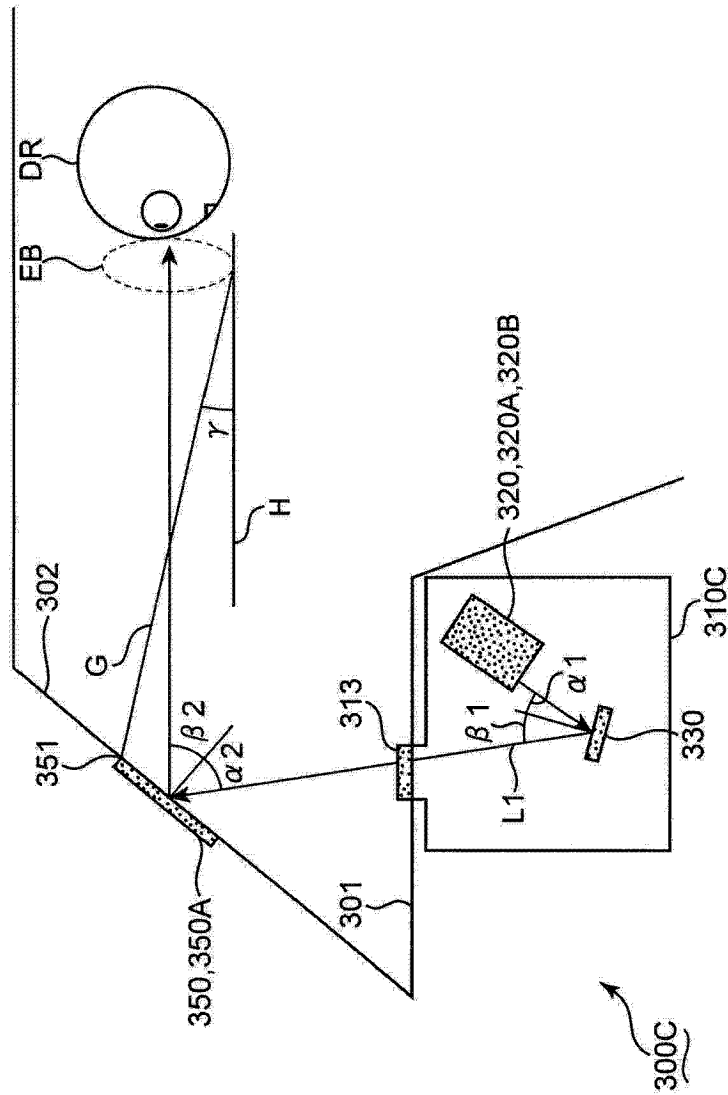


图 12

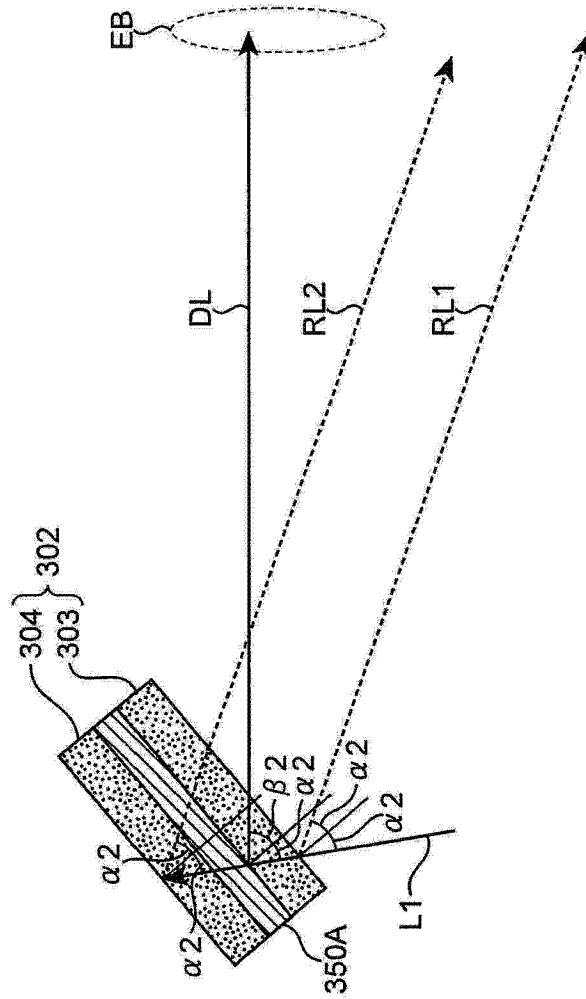


图 13

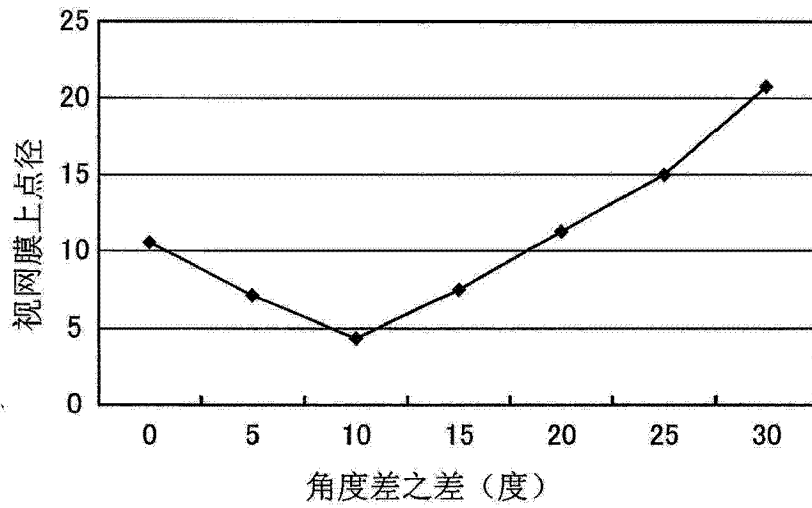


图 14



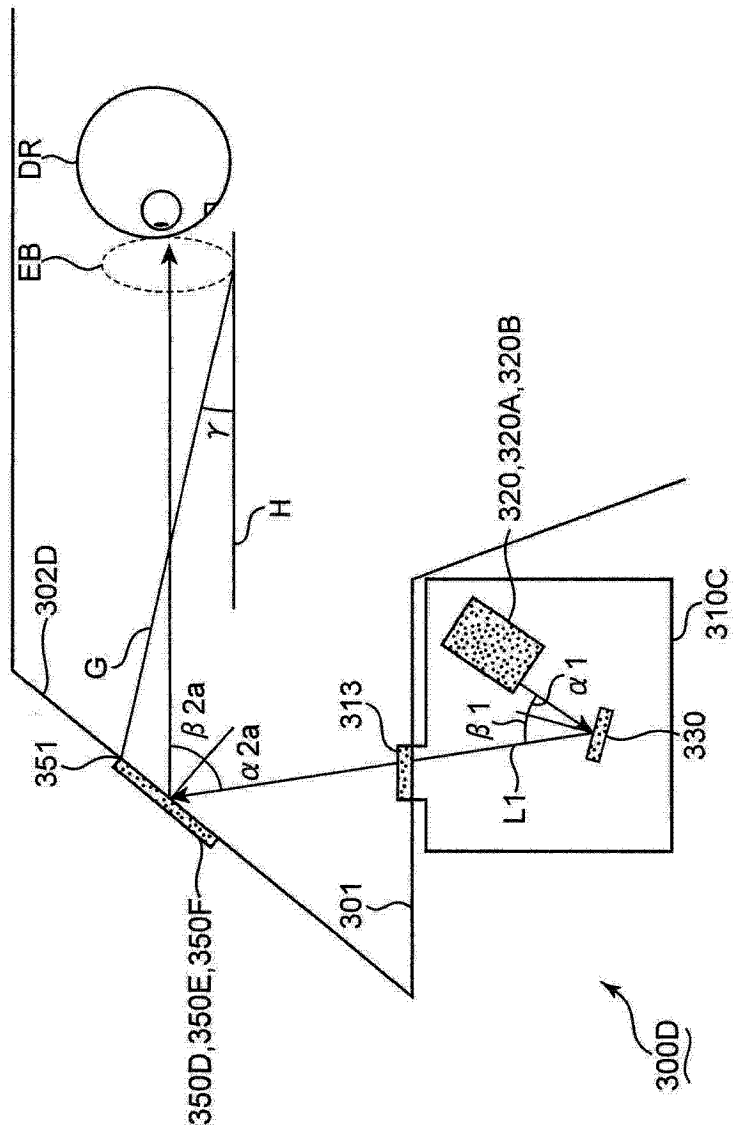


图 15

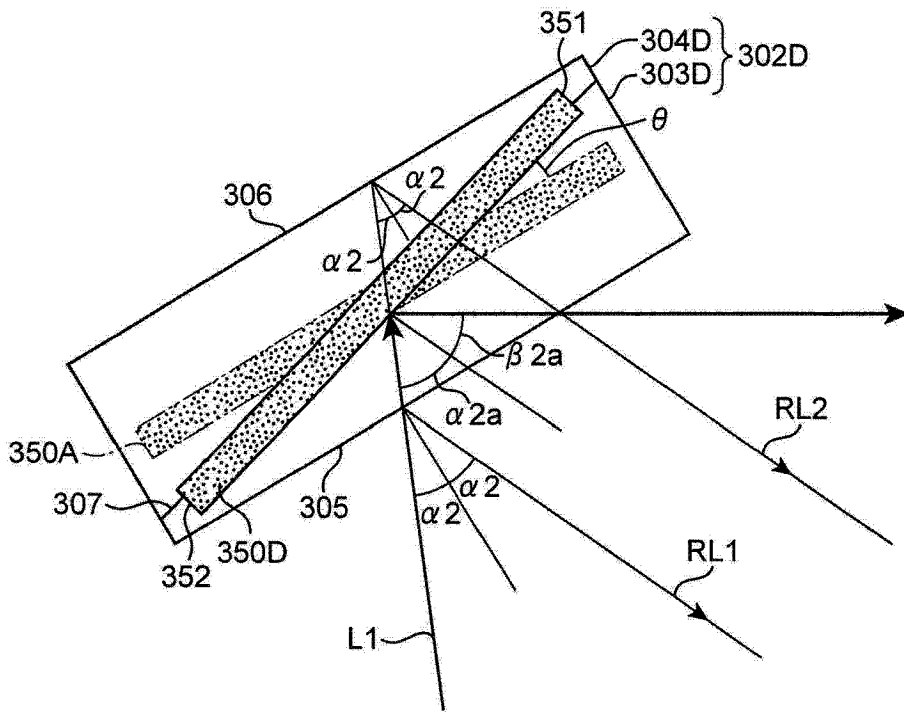


图 16

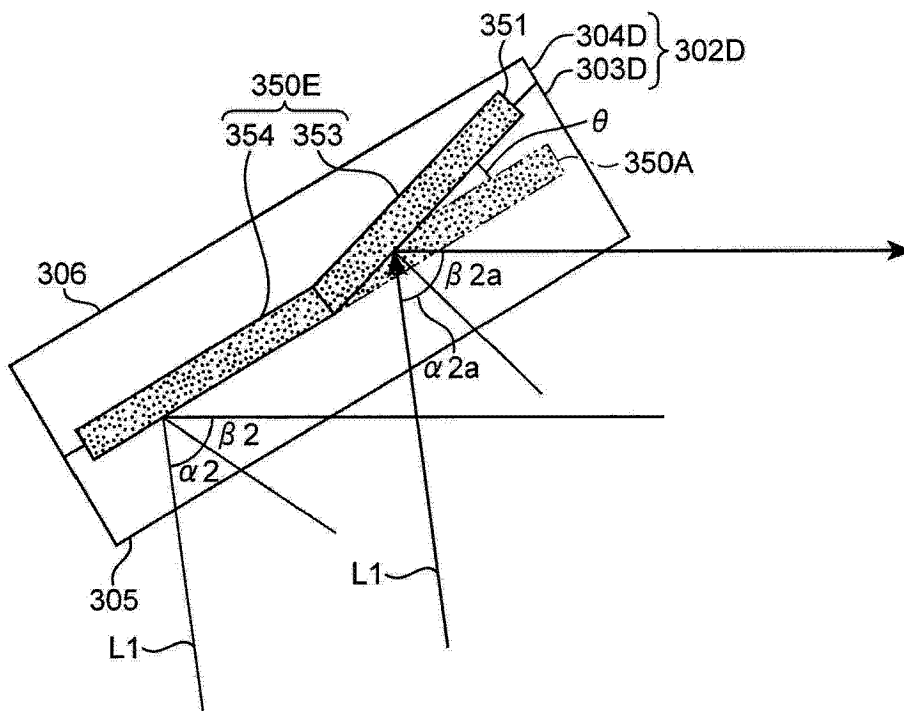


图 17

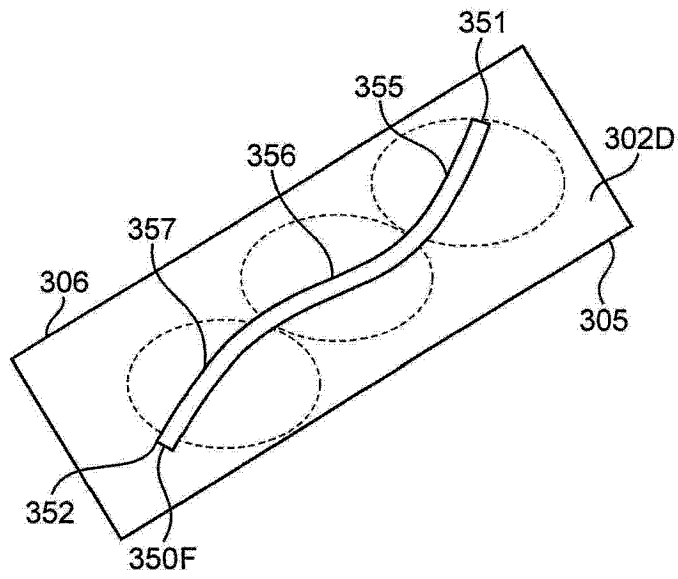


图 18

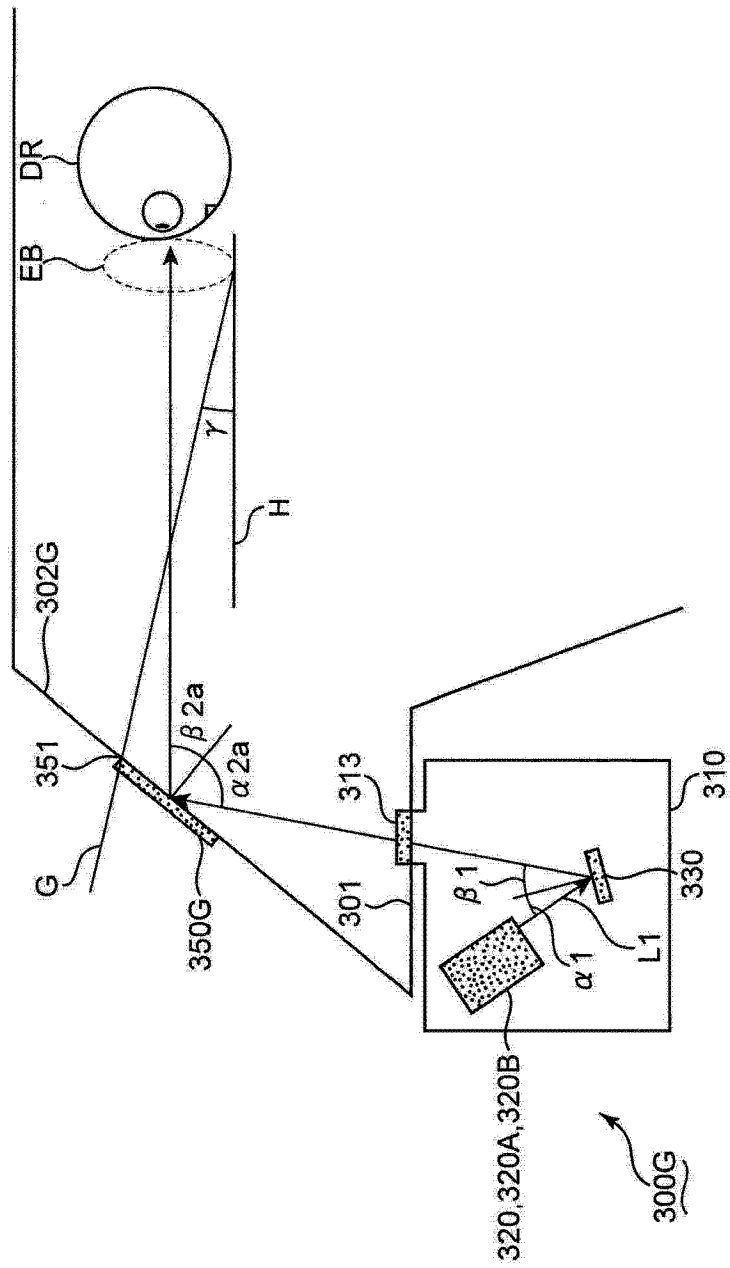


图 19

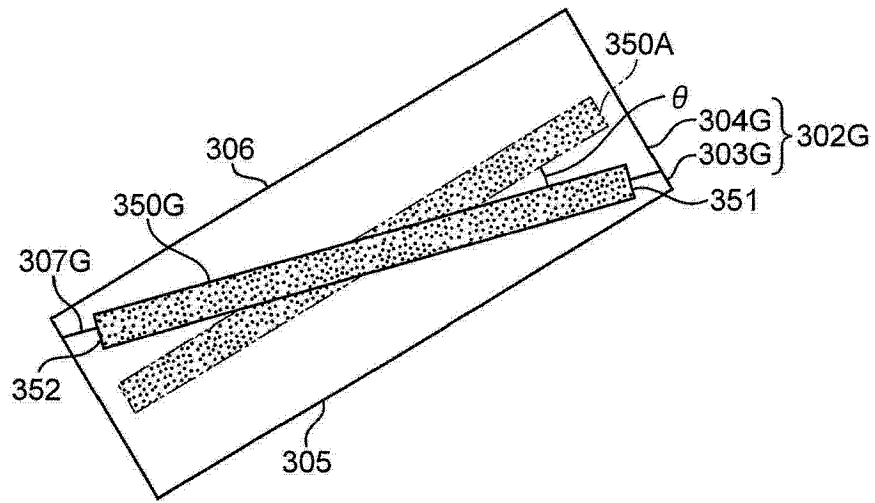


图 20

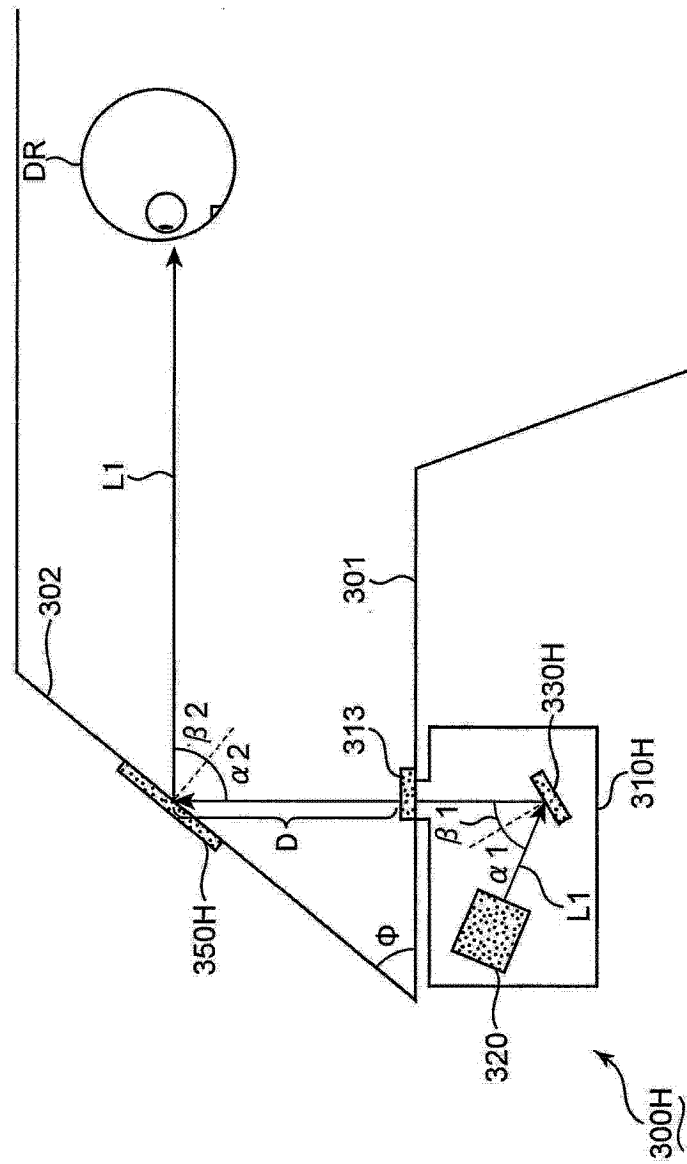


图 21

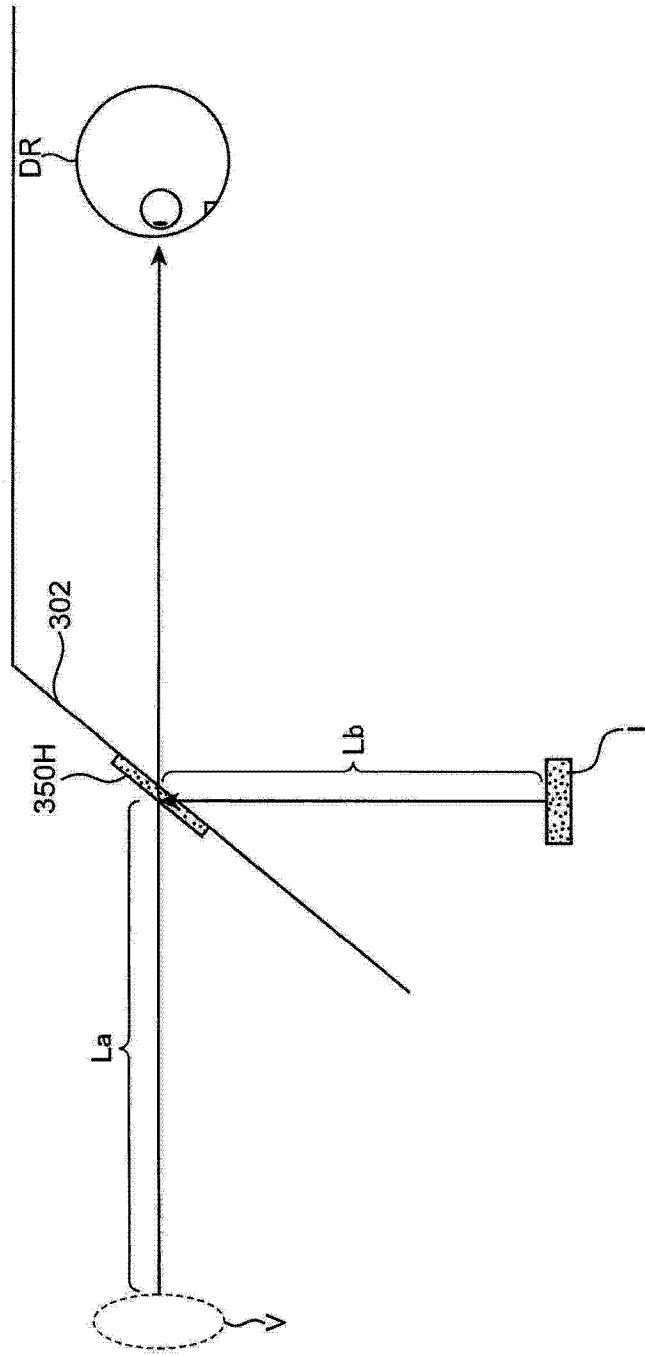


图 22

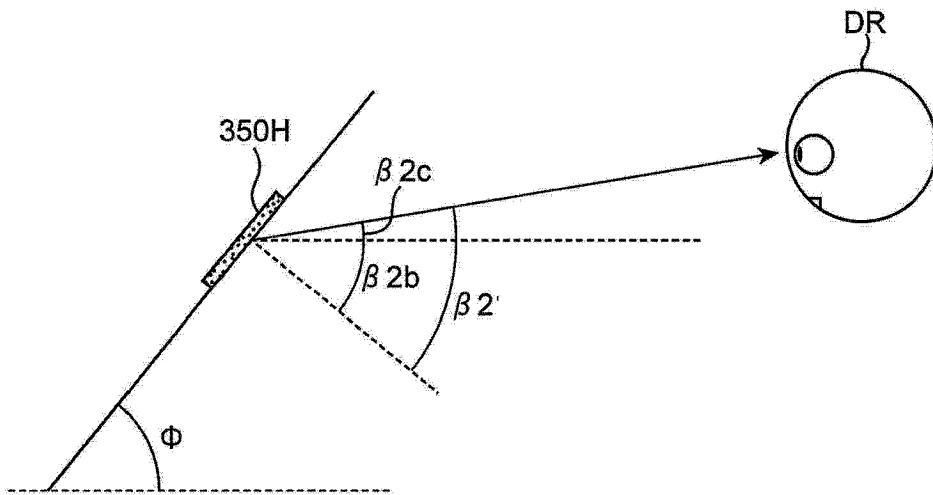


图 23

组合器的衍射角	允许倍率
65度	3.0倍
60度	3.33倍
55度	3.5倍
50度	3.5倍
45度	3.75倍

※射入角度一律为20度

图 24



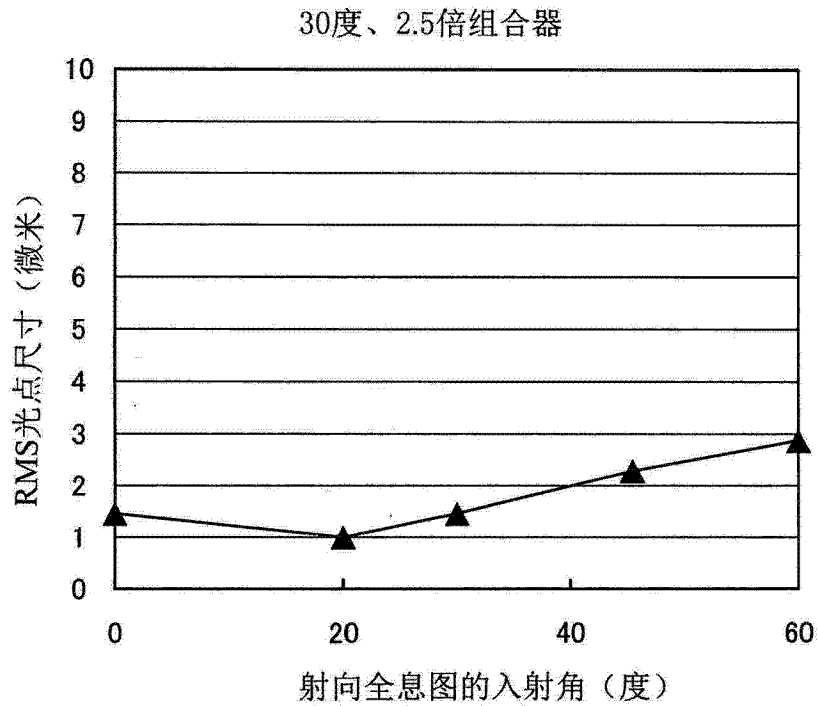


图 25

组合器衍射角	组合器距离			
	100mm	150mm	165mm	200mm
65度 (入射角20度、倍率3.0)	3.09L	1.82L	1.53L	0.94L
60度 (入射角20度、倍率3.33)	2.16L	1.14L	0.92L	0.59L
55度 (入射角20度、倍率3.5)	1.74L	0.85L	0.71L	0.47L
52度 (入射角20度、倍率3.5)	1.57L	0.76L	0.66L	0.44L
50度 (入射角20度、倍率3.5)	1.55L	0.75L	0.64L	0.43L
45度 (入射角20度、倍率3.75)	1.14L	0.47L	0.48L	0.33L

图 26

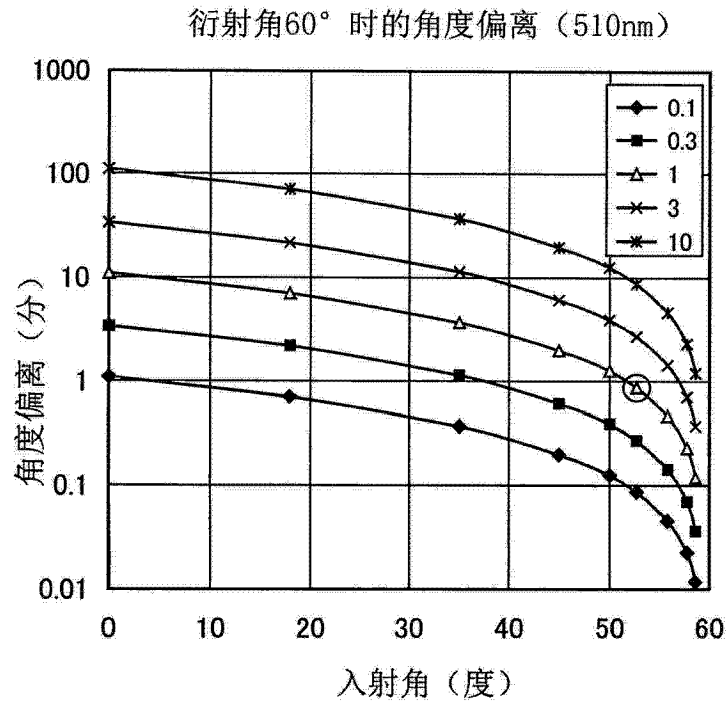


图 27

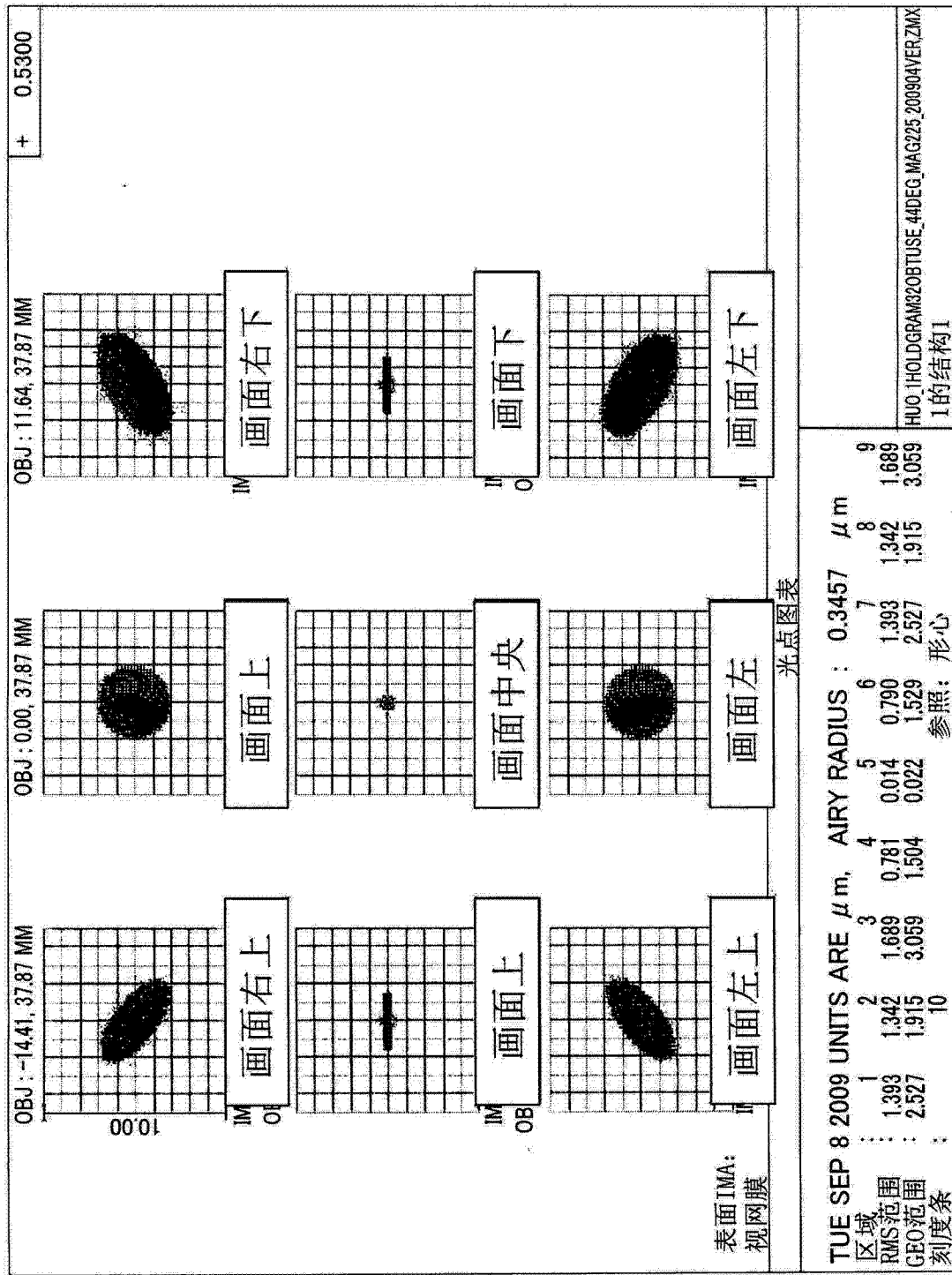


图 28

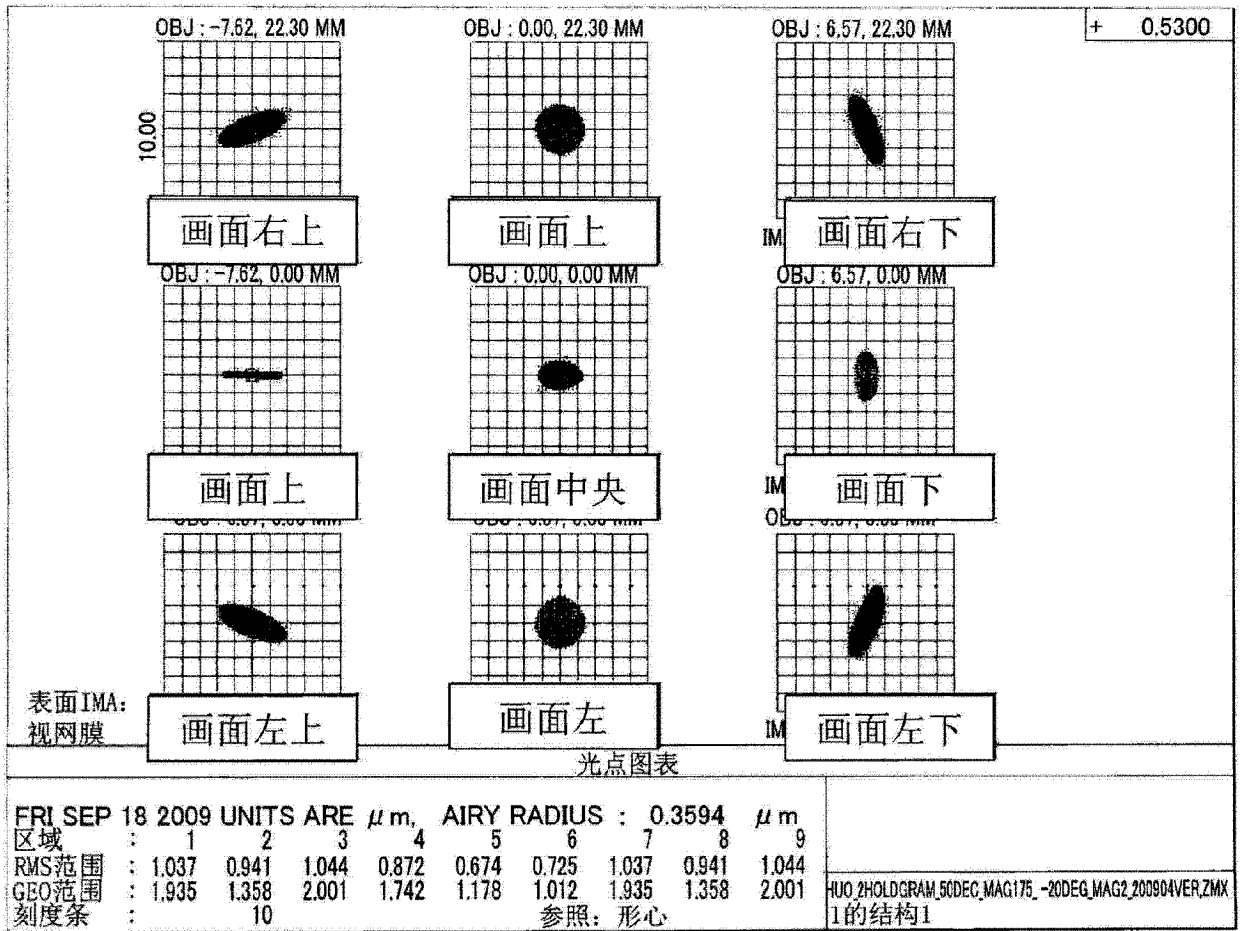


图 29

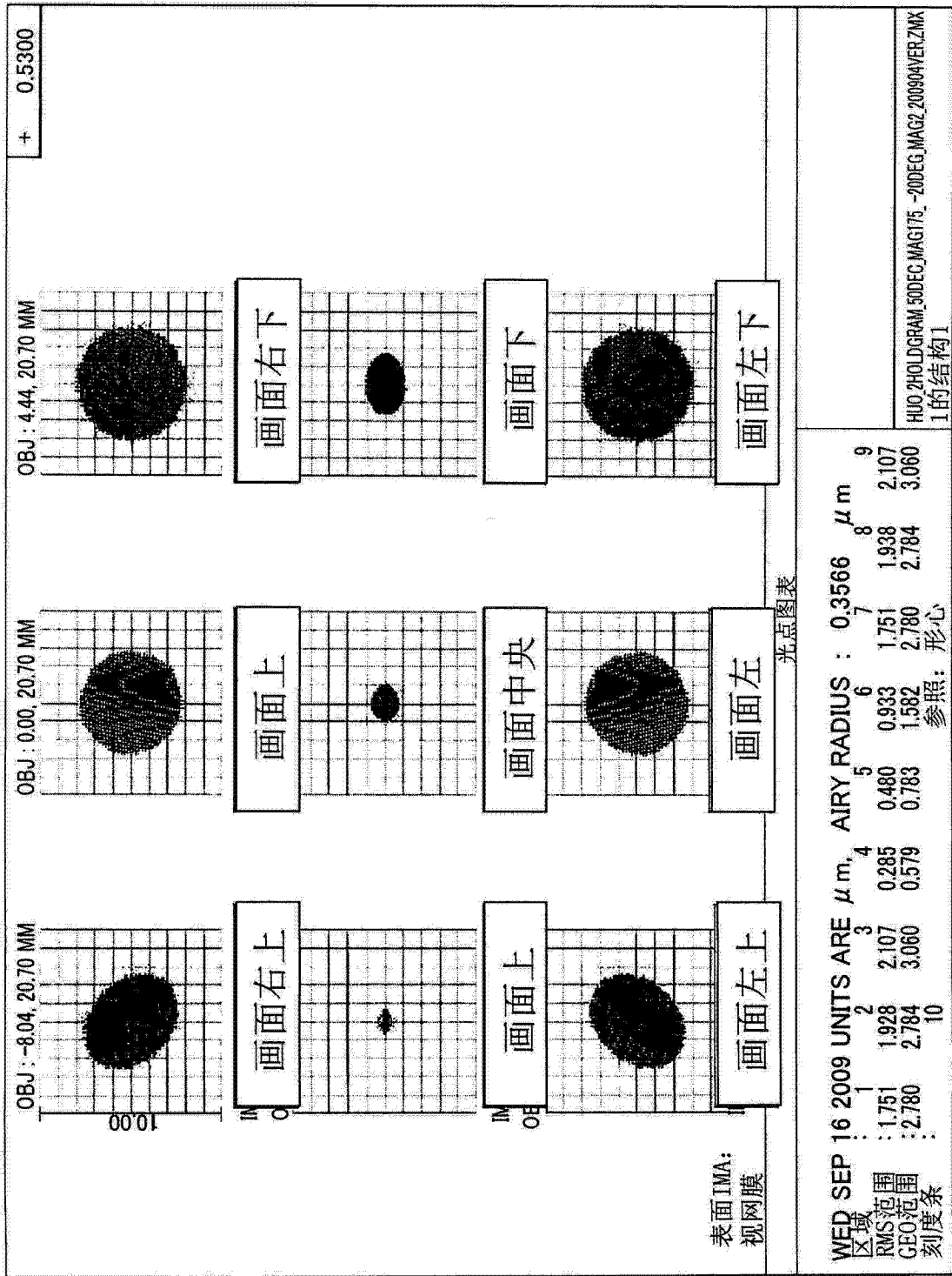


图 30

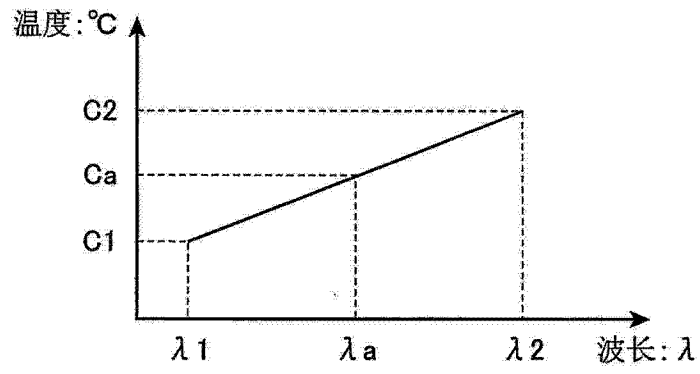


图 31

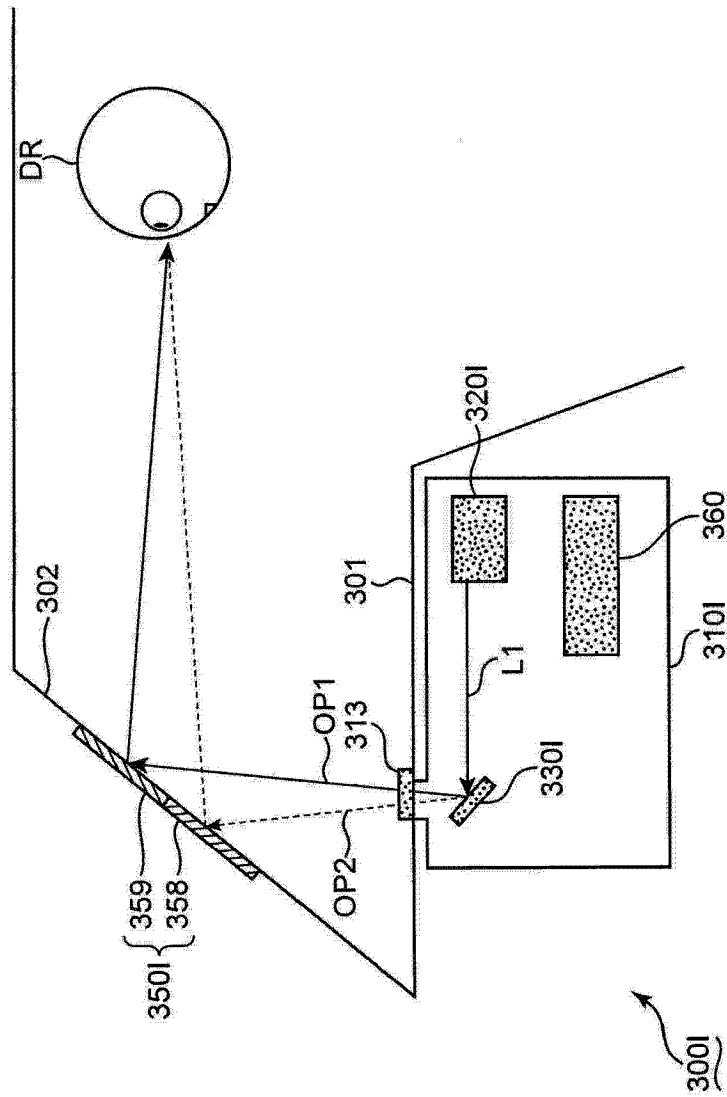


图 32

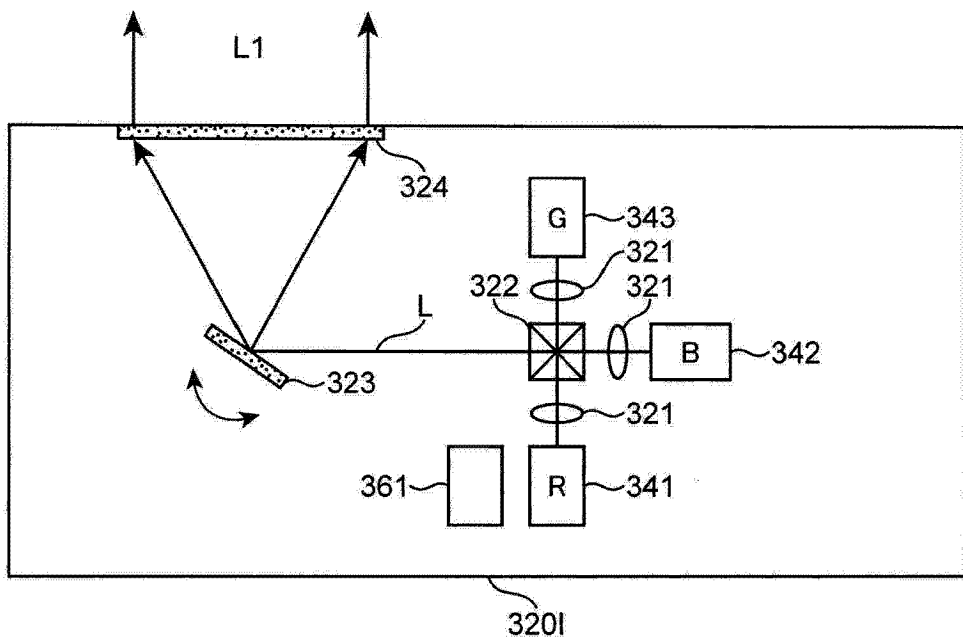


图 33

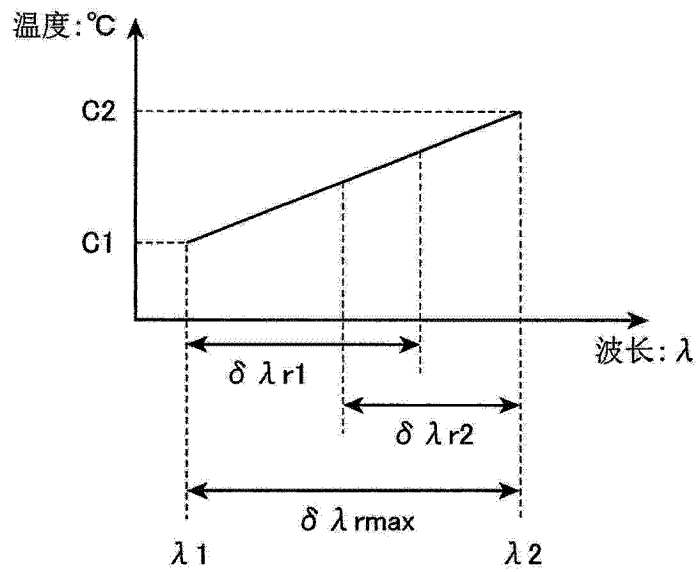


图 34

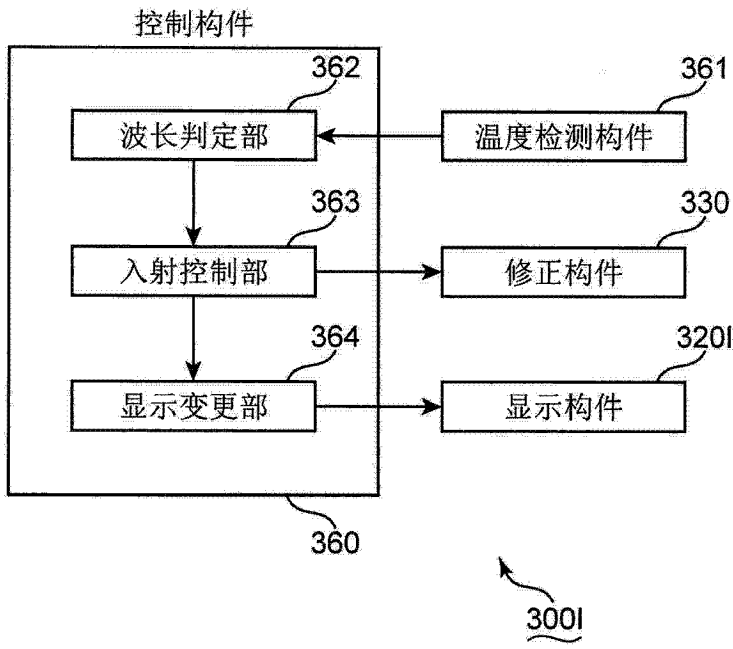


图 35

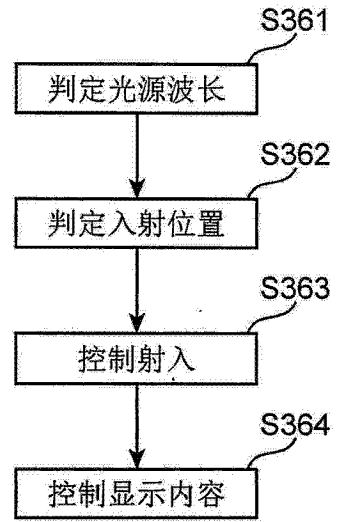


图 36



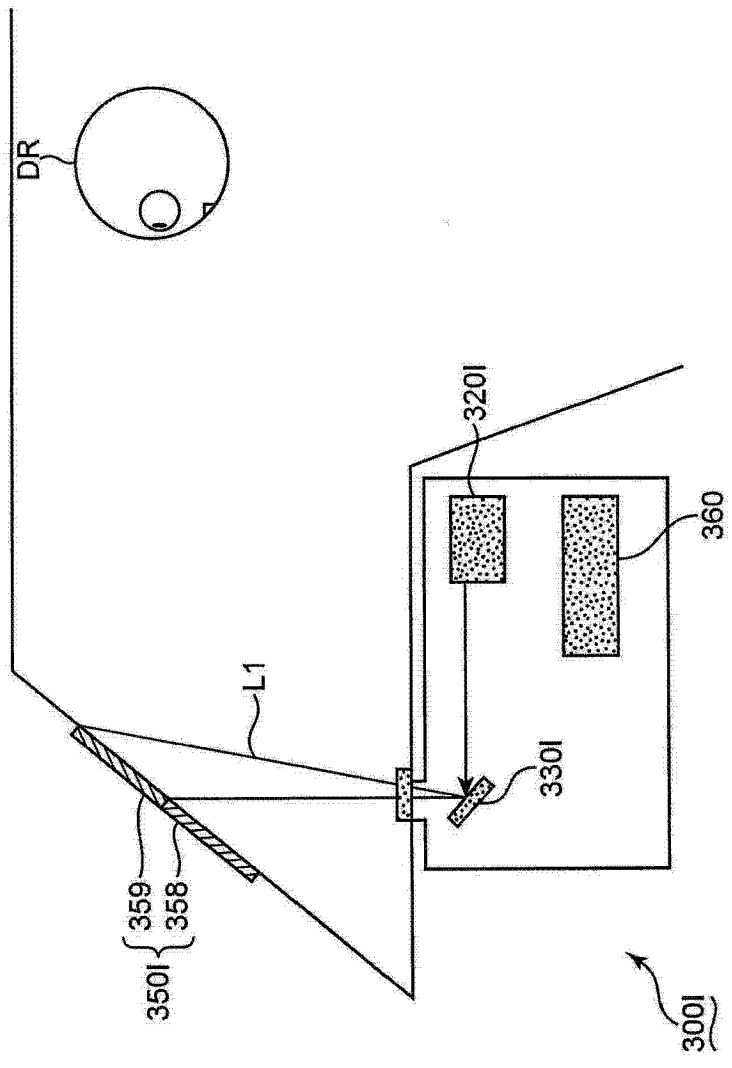


图 37

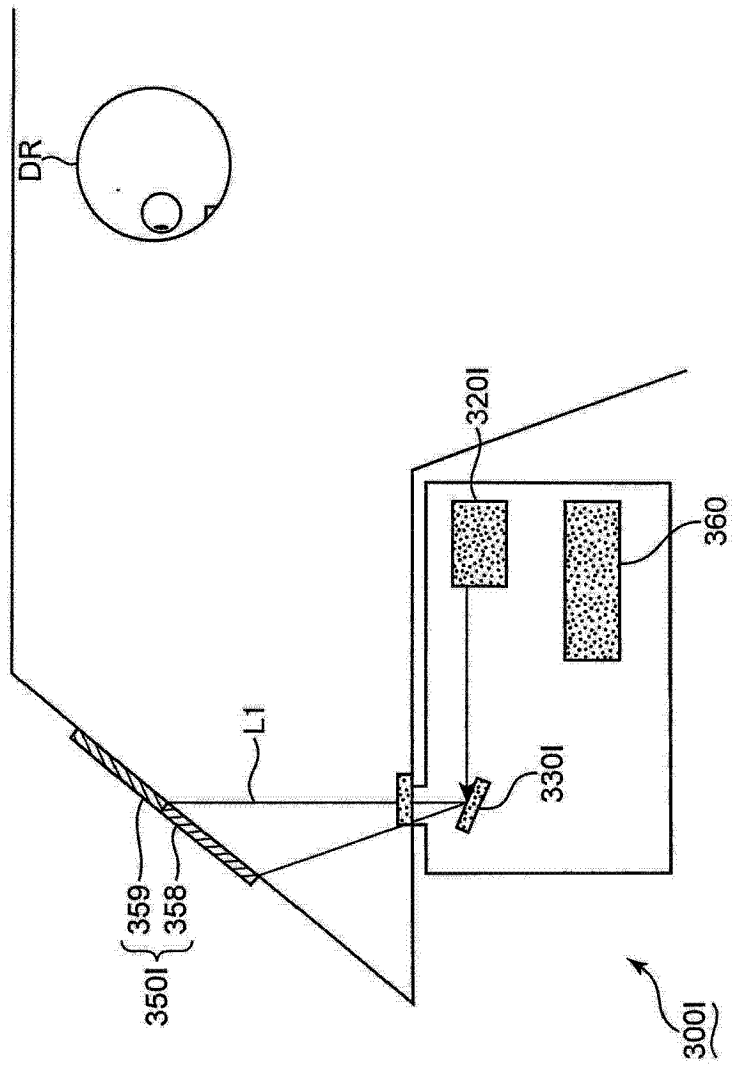


图 38

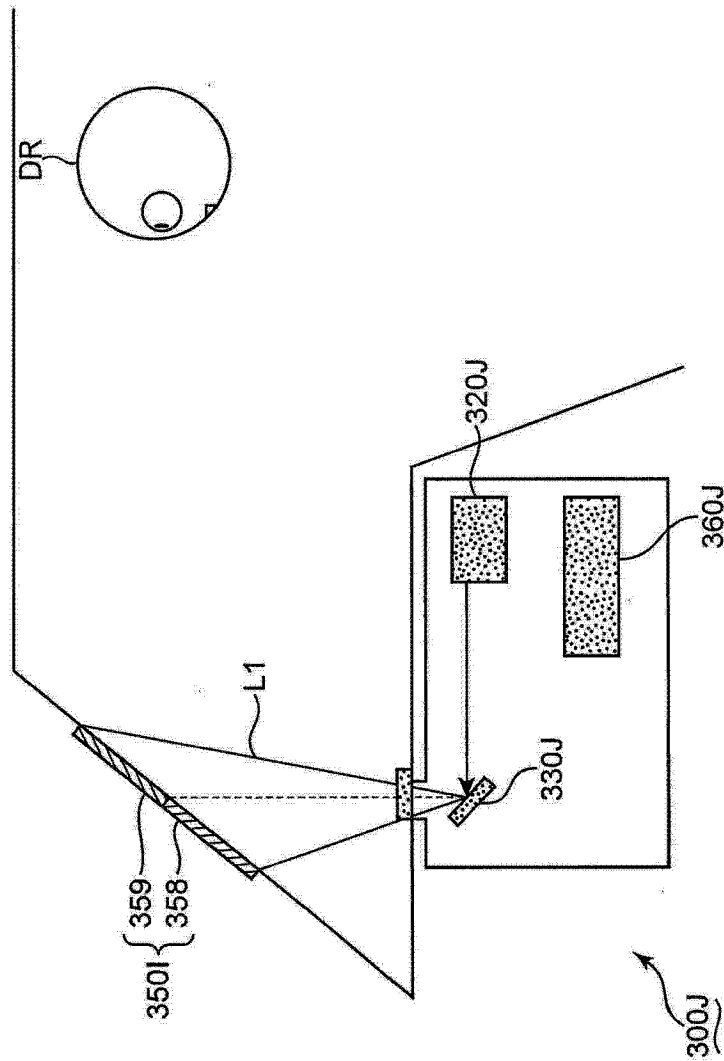


图 39

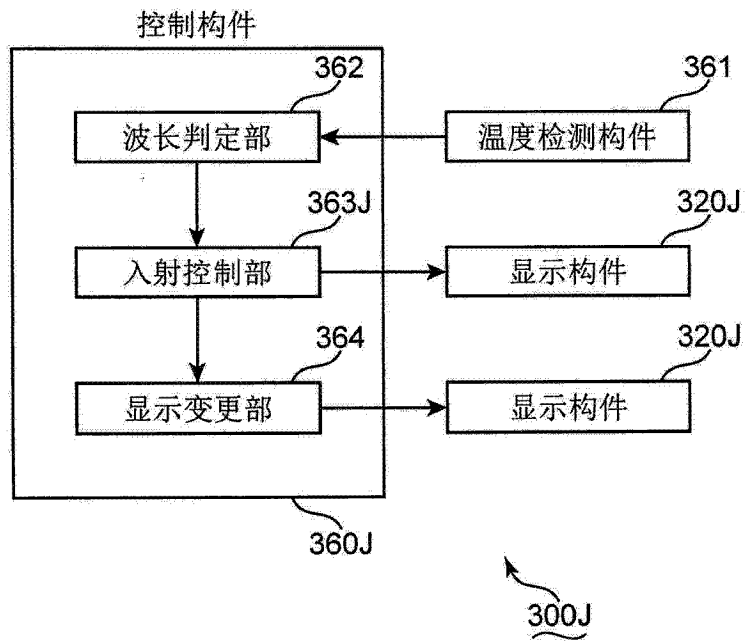


图 40

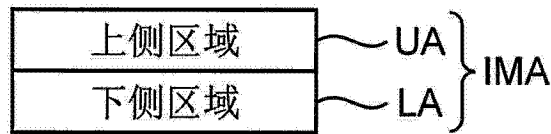


图 41

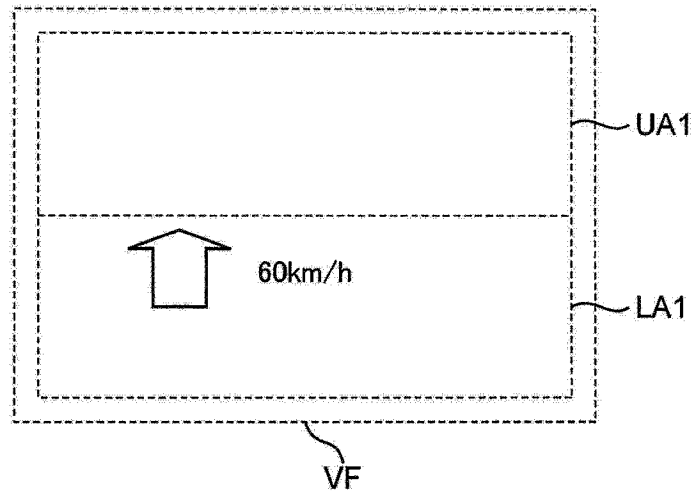


图 42

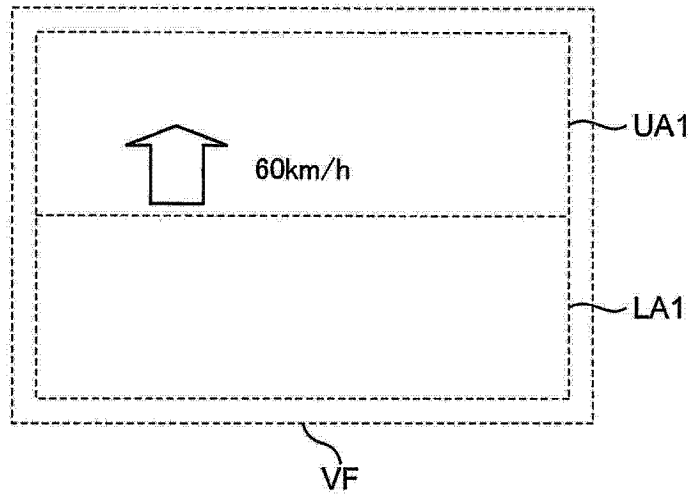


图 43

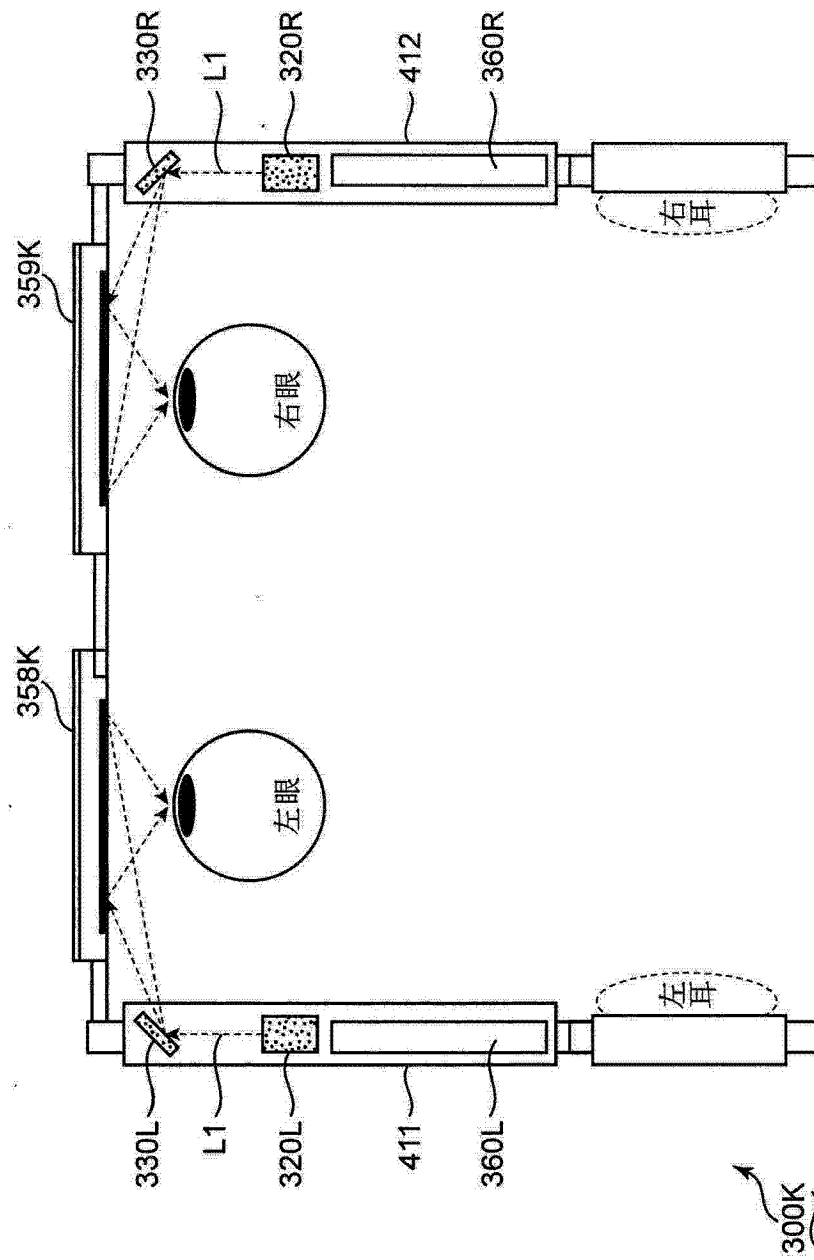


图 44

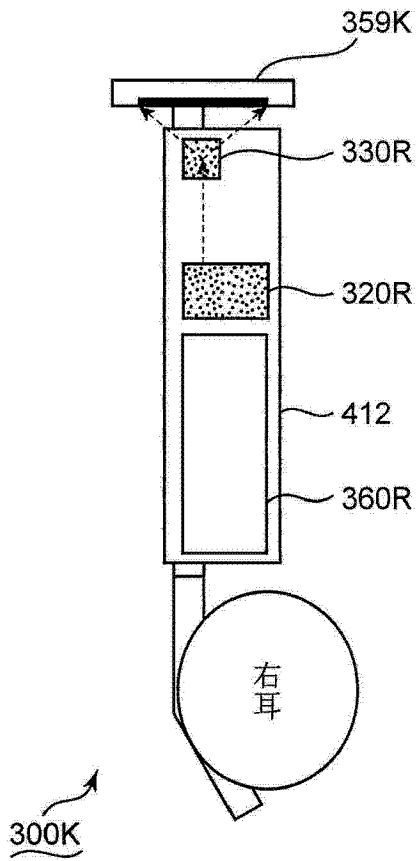


图 45

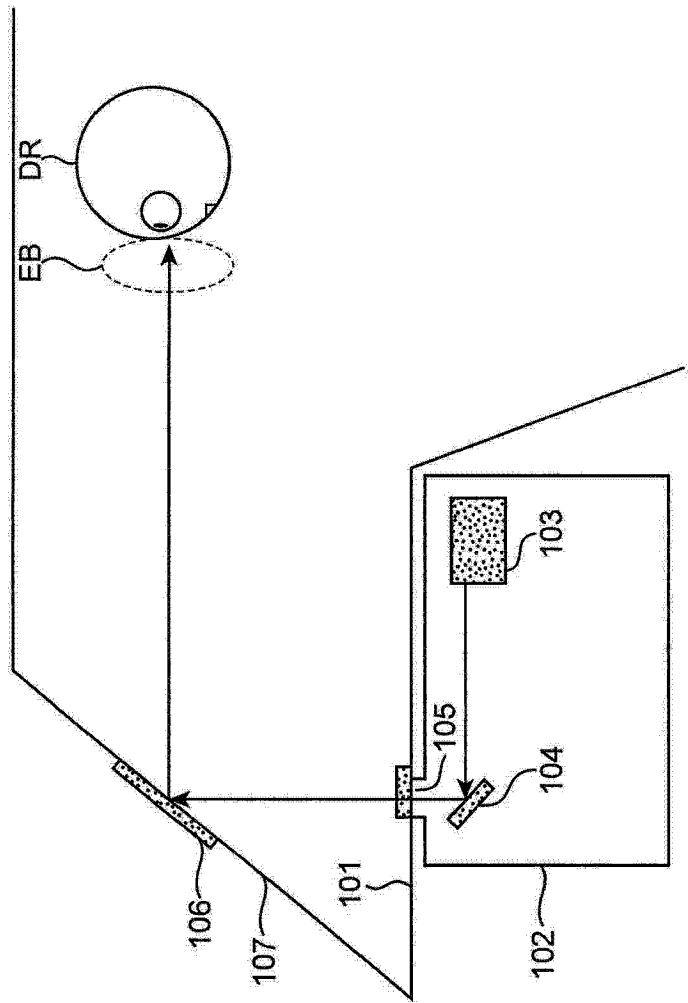


图 46

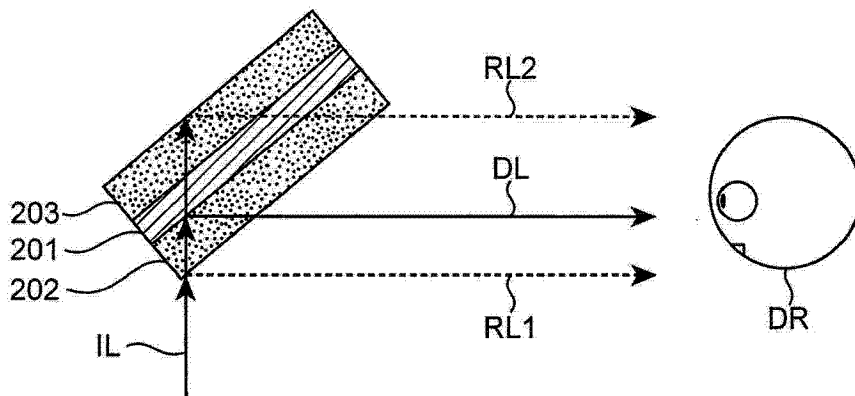


图 47

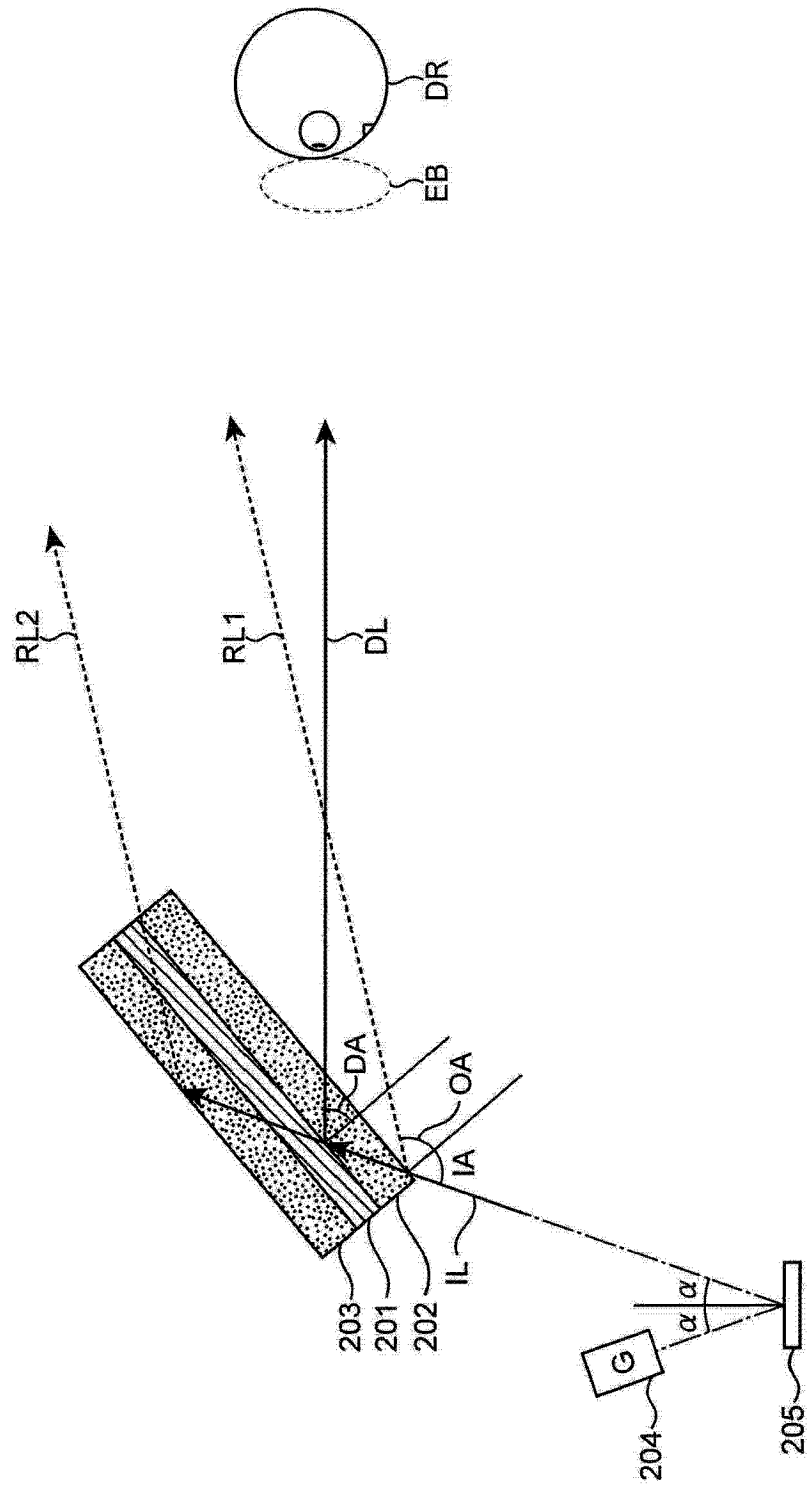


图 48