



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111142249 B

(45) 授权公告日 2022.06.10

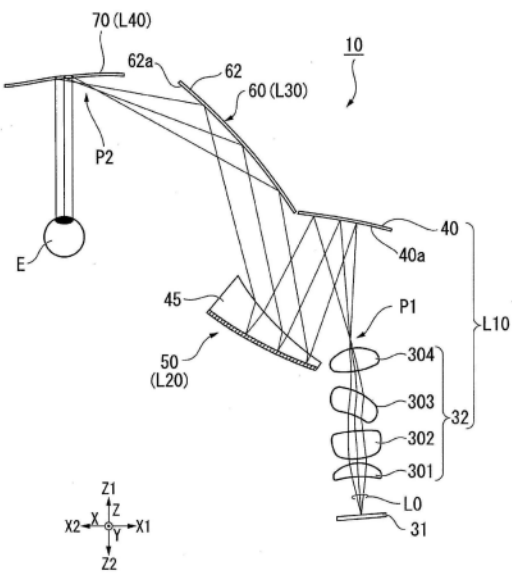
(21) 申请号 201911044058.5
(22) 申请日 2019.10.30
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 111142249 A
(43) 申请公布日 2020.05.12
(30) 优先权数据
 2018-206385 2018.11.01 JP
(73) 专利权人 精工爱普生株式会社
 地址 日本东京都
(72) 发明人 井出光隆 米湊政敏
(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
 专利代理师 李庆泽 邓毅

(51) Int.Cl.
 G02B 17/08 (2006.01)
 G02B 27/00 (2006.01)
 G02B 27/42 (2006.01)
 G02B 27/01 (2006.01)
(56) 对比文件
 US 6788442 B1, 2004.09.07
 CN 108121069 A, 2018.06.05
 GB 8521305 D0, 1985.10.23
 US 4927234 A, 1990.05.22
 CN 105929535 A, 2016.09.07
 CN 106716230 A, 2017.05.24
 JP 2012163783 A, 2012.08.30
 US 5436763 A, 1995.07.25
 审查员 苏眉英

权利要求书1页 说明书11页 附图11页

(54) 发明名称
 显示装置

(57) 摘要
 显示装置。在通过两个衍射元件适当地进行波长补偿的情况下能够小型化。本发明的显示装置的特征在于,沿着从图像光生成装置射出的图像光的光路具备:第1光学部,其具有正屈光力;第2光学部,其包括第1衍射元件,具有正屈光力;第3光学部,其具有正屈光力;以及第4光学部,其包括第2衍射元件,具有正屈光力,图像光在第1衍射元件中的第1衍射角与图像光在第2衍射元件中的第2衍射角不同,在光路中,在第1光学部与第4光学部之间设置有校正光学系统,该校正光学系统对图像光的对第2衍射元件的入射角度进行校正。



1. 一种显示装置,其特征在于,其沿着从图像光生成装置射出的图像光的光路具备:
第1光学部,其具有正屈光力;
第2光学部,其包括第1衍射元件,具有正屈光力;
第3光学部,其具有正屈光力;以及
第4光学部,其包括第2衍射元件,具有正屈光力,
所述图像光在所述第1衍射元件中的第1衍射角与所述图像光在所述第2衍射元件中的第2衍射角不同,
在所述光路中,在所述第1光学部与所述第4光学部之间设置有校正光学系统,
所述校正光学系统是设置于所述第1衍射元件的所述第3光学部侧的面上并利用光的色散对所述图像光相对于所述第2衍射元件的入射角度进行校正的棱镜,
所述棱镜具有这样的形状:相对于所述第1衍射元件接近所述第2衍射元件的一侧的厚度厚、相对于所述第1衍射元件接近所述图像光生成装置的一侧的厚度薄。
2. 根据权利要求1所述的显示装置,其特征在于,
所述第2衍射角大于所述第1衍射角。
3. 根据权利要求1所述的显示装置,其特征在于,
所述校正光学系统使被所述第1衍射元件分散后的所述图像光偏转。
4. 根据权利要求1或2所述的显示装置,其特征在于,
所述校正光学系统在所述光路上位于所述第2光学部的所述第1光学部侧。
5. 根据权利要求4所述的显示装置,其特征在于,
所述校正光学系统使所述图像光相对于所述第1衍射元件的入射角度变化。
6. 根据权利要求4所述的显示装置,其特征在于,
所述校正光学系统使所述图像光相对于所述第1衍射元件的入射位置变化。

显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及利用衍射元件显示图像的显示装置。

背景技术

[0002] 作为使用了全息元件等衍射元件的显示装置,提出了利用衍射元件使从图像光生成装置射出的图像光朝向观察者的眼睛偏转的显示装置。在衍射元件中,对干涉条纹进行了优化,使得以特定波长获得最佳衍射角度和衍射效率。但是,由于图像光以特定波长为中心具有规定的光谱宽度,所以,从特定波长偏移的周边波长的光成为使图像的分辨率下降的原因。因此,提出了利用反射型的第1衍射元件将从图像光生成装置射出的图像光朝向配置于前方的第2衍射元件射出并利用第2衍射元件将从第1衍射元件射出的图像光朝向观察者的眼睛偏转的显示装置。根据该结构,能够利用第1衍射元件对周边波长的光进行补偿从而消除色像差,能够抑制由于从特定波长偏移的周边波长的光而引起的图像的分辨率的下降(例如,参照下述专利文献1)。

[0003] 专利文献1:日本特开2017-167181号公报

发明内容

[0004] 发明所要解决的课题

[0005] 如上述专利文献1所公开的那样,在使用两枚衍射元件进行波长补偿的情况下,考虑使两个衍射元件具有光学共轭关系。在两枚衍射元件具有共轭关系的情况下,需要使两个衍射元件的衍射角一致。然而,如果在两枚衍射元件中使衍射角一致,则显示装置本身可能大型化。因此,也可考虑不使两个衍射元件的衍射角度一致而消除共轭关系,但在这种情况下,不能良好地进行波长补偿,从而产生画质下降的问题。

[0006] 用于解决课题的手段

[0007] 为了解决上述课题,本发明的一个方式的显示装置的特征在于,其沿着从图像光生成装置射出的图像光的光路具备:第1光学部,其具有正屈光力;第2光学部,其包括第1衍射元件,具有正屈光力;第3光学部,其具有正屈光力;以及第4光学部,其包括第2衍射元件,具有正屈光力,所述图像光在所述第1衍射元件中的第1衍射角与所述图像光在所述第2衍射元件中的第2衍射角不同,在所述光路中,在所述第1光学部与所述第4光学部之间设置有校正光学系统,该校正光学系统对所述图像光相对于所述第2衍射元件的入射角度进行校正。

[0008] 在上述方式的显示装置中,优选的是,所述第2衍射角大于所述第1衍射角。

[0009] 在上述方式的显示装置中,优选的是,所述校正光学系统在所述光路上位于所述第2光学部的所述第3光学部侧。

[0010] 在上述方式的显示装置中,优选的是,所述校正光学系统使被所述第1衍射元件分散后的所述图像光偏转。

[0011] 在上述方式的显示装置中,优选的是,所述校正光学系统在所述光路上位于所述

第2光学部的所述第1光学部侧。

[0012] 在上述方式的显示装置中,优选的是,所述校正光学系统使所述图像光相对于所述第1衍射元件的入射角度变化。

[0013] 在上述方式的显示装置中,优选的是,所述校正光学系统使所述图像光相对于所述第1衍射元件的入射位置变化。

[0014] 在上述方式的显示装置中,优选的是,所述校正光学系统由棱镜构成。

附图说明

[0015] 图1是第一实施方式的显示装置的外观图。

[0016] 图2是显示装置的光学系统的说明图。

[0017] 图3A是衍射元件的干涉条纹的说明图。

[0018] 图3B是衍射元件的干涉条纹的其他方式的说明图。

[0019] 图4是体积全息元件中的衍射特性的说明图。

[0020] 图5是衍射角度相同的情况下从第2衍射元件射出的光的说明图。

[0021] 图6A是以小角度使第1衍射元件及第2衍射元件的衍射角一致的情况下的说明图。

[0022] 图6B是以大角度使第1衍射元件及第2衍射元件的衍射角一致的情况下的说明图。

[0023] 图7是示出第1衍射元件与第2衍射元件的衍射角度的关系的图。

[0024] 图8是在使衍射角度不同的情况下从第2衍射元件射出的光的说明图。

[0025] 图9A是第1校正光学系统的说明图。

[0026] 图9B是第2校正光学系统的说明图。

[0027] 图9C是第3校正光学系统的说明图。

[0028] 图10是棱镜的放大图。

[0029] 图11是示意性示出光学系统的光线图的图。

[0030] 图12是第二实施方式的光学系统中的第1衍射元件及第2衍射元件之间的光线图。

[0031] 图13是从第2衍射元件射出的光的说明图。

[0032] 图14是示出图13所示的光入射到眼睛的情形的说明图。

[0033] 图15是变形例的显示装置的结构图。

[0034] 标号说明

[0035] 10、10A:光学系统;31:图像光生成装置;45、45A:校正光学系统;45a:棱镜;50:第1衍射元件;70、70a、70b:第2衍射元件;100、101:显示装置;L0、L0a、L0b:图像光;L10:第1光学部;L20:第2光学部;L30:第3光学部;L40:第4光学部; $\alpha 1$:第1衍射角; $\beta 1$:第2衍射角。

具体实施方式

[0036] (第一实施方式)

[0037] 以下参照附图,对本发明的实施方式进行说明。另外,在以下的各图中,为了使各层或各部件成为可识别的程度大小,使各层、各部件的尺度、角度与实际不同。

[0038] 图1是示出本实施方式的显示装置100的外观的一个方式的外观图。图2是示出图1所示的显示装置100的光学系统10的一个方式的说明图。在以下说明所使用的图中,根据需要,设相对于佩戴着显示装置的观察者的前后方向为沿着Z轴的方向,作为前后方向的一侧

而设佩戴着显示装置的观察者的前方为前侧Z1,作为前后方向的另一侧而设佩戴着显示装置的观察者的后方为后侧Z2。此外,设相对于佩戴着显示装置的观察者的左右方向为沿着X轴的方向,作为左右方向的一侧而设佩戴着显示装置的观察者的右方为右侧X1,作为左右方向的另一侧而设佩戴着显示装置的观察者的左方为左侧X2。此外,设相对于佩戴着显示装置的观察者的上下方向为沿着Y轴方向的方向,作为上下方向的一侧而设佩戴着显示装置的观察者的上方为上侧Y1,作为上下方向的另一侧而设佩戴着显示装置的观察者的下方为下侧Y2。

[0039] 图1所示的显示装置100是头部佩戴型的显示装置,具有使图像光L0a入射到右眼睛Ea的右眼用光学系统10a和使图像光L0b入射到左眼睛Eb的左眼用光学系统10b。显示装置100例如形成为眼镜的形状。具体而言,显示装置100还具有保持右眼用光学系统10a和左眼用光学系统10b的壳体90。显示装置100通过壳体90佩戴于观察者的头部。

[0040] 作为壳体90,显示装置100具有:框架91;镜腿92a,其设置于框架91的右侧,与观察者的右耳卡定;以及镜腿92b,其设置于框架91的左侧,与观察者的左耳卡定。框架91在两侧部具有收纳空间91s,在收纳空间91s的内部收纳有构成后述的光学系统10的图像光投射装置等各部件。镜腿92a、92b通过铰链95以能够折叠的方式连结于框架91。

[0041] 右眼用光学系统10a与左眼用光学系统10b的基本结构相同。因此,在以下的说明中,不区分右眼用光学系统10a和左眼用光学系统10b而作为光学系统10进行说明。

[0042] 接下来,参照图2说明显示装置100的光学系统10的基本结构。

[0043] 如图2所示,在光学系统10中,沿着从图像光生成装置31射出的图像光L0的光路配置有具有正屈光力的第1光学部L10、具有正屈光力的第2光学部L20、具有正屈光力的第3光学部L30和具有正屈光力的第4光学部L40。

[0044] 在本实施方式中,具有正屈光力的第1光学部L10由反射镜40和投射光学系统32构成。具有正屈光力的第2光学部L20由反射型的第1衍射元件50构成。具有正屈光力的第3光学部L30由导光系统60构成。具有正屈光力的第4光学部L40由反射型的第2衍射元件70构成。在本实施方式中,第1衍射元件50和第2衍射元件70是反射型的衍射元件。

[0045] 在该光学系统10中,关注图像光L0的行进方向,图像光生成装置31朝向投射光学系统32射出图像光L0,投射光学系统32将所入射的图像光L0朝向反射镜40射出。反射镜40具有反射面40a,将图像光L0朝向第1衍射元件50反射。反射镜40的反射面40a所反射的图像光L0透过校正光学系统45而入射到第1衍射元件50。第1衍射元件50所衍射的图像光L0朝向导光系统60射出。导光系统60将所入射的图像光L0朝向第2衍射元件70射出,第2衍射元件70将所入射的图像光L0朝向观察者的眼睛E射出。

[0046] 在本实施方式中,图像光生成装置31生成图像光L0。

[0047] 图像光生成装置31可以采用具有有机电致发光显示元件等的显示面板310的方式。根据该方式,能够提供小型且可进行高画质的图像显示的显示装置100。此外,图像光生成装置31也可以采用具有照明光源(未图示)、和对从照明光源射出的照明光进行调制的液晶显示元件等显示面板310的方式。根据该方式,能够选择照明光源,所以具有扩大图像光L0的波长特性的自由度的优点。这里,图像光生成装置31可以采用具有能够进行彩色显示的1个显示面板310的方式。此外,图像光生成装置31也可以采用具有与各色对应的多个显示面板310、和对从多个显示面板310射出的各色的图像光进行合成的合成光学系统的方

式。并且,图像光投射装置31也可以采用利用微镜器件对激光进行调制的方式。在该情况下,通过对微镜器件进行驱动来扫描激光,从而生成图像光。

[0048] 投射光学系统32是对图像光生成装置31生成的图像光L0进行投射的光学系统,由第1透镜301、第2透镜302、第3透镜303及第4透镜304构成。第1透镜301、第2透镜302、第3透镜303及第4透镜304由自由曲面透镜或旋转对称透镜构成。此外,投射光学系统32也可以是偏心光学系统。在图2中,例举了将投射光学系统32中的透镜数量设为4枚的情况,但透镜的枚数不限于此,投射光学系统32可以具备5枚以上的透镜。此外,各透镜可以贴合在一起而构成投射光学系统32。

[0049] 导光系统60由具有中央比周边部凹陷的反射面62a的反射镜62构成,具有正屈光力。反射镜62具有朝前后方向倾斜的反射面62a。另外,反射面62a由球面、非球面或者自由曲面构成。在本实施方式中,反射镜62是具有由自由曲面构成的反射面62a的全反射镜。但是,也可以将反射镜62设为半反射镜,在该情况下,能够扩大可看到外部光的范围。

[0050] 接着,对第1衍射元件50和第2衍射元件70的结构进行说明。

[0051] 在本实施方式中,第1衍射元件50与第2衍射元件70的基本结构是相同的。以下,以第2衍射元件70的结构为例进行说明。

[0052] 图3A是图2所示的第2衍射元件70的干涉条纹751的说明图。如图3A所示,第2衍射元件70具有反射型体积全息元件75,反射型体积全息元件75是局部反射型衍射光学元件。因此,第2衍射元件70构成了局部透过反射性的组合器。因此,外部光也经由第2衍射元件70入射到眼睛E,所以,观察者能够识别出由图像光生成装置31形成的图像光L0与外部光(背景)重叠后的图像。

[0053] 第2衍射元件70与观察者的眼睛E相对,图像光L0入射的第2衍射元件70的入射面71是向远离眼睛E的方向凹陷的凹曲面。换言之,入射面71是在图像光L0的入射方向上中央部相对于周边部凹陷而弯曲的形状。因此,能够使图像光L0高效地朝向观察者的眼睛E会聚。

[0054] 第2衍射元件70具有干涉条纹751,该干涉条纹751具有与特定波长对应的间距。干涉条纹751作为折射率等的差而记录在全息感光层中,干涉条纹751以与特定的入射角度对应的方式相对于第2衍射元件70的入射面7朝一个方向倾斜。因此,第2衍射元件70使图像光L0发生衍射而朝规定的方向偏转。特定波长以及特定的入射角度与图像光L0的波长以及入射角度对应。该结构的干涉条纹751能够通过使用参照光L_r和物体光L_s对全息感光层进行干涉曝光而形成。

[0055] 在本实施方式中,图像光L0用于进行彩色显示,因此,包含后述的红色光L_R、绿色光L_G以及蓝色光L_B。因此,第2衍射元件70具有按照与特定波长对应的间距形成的干涉条纹751_R、751_G、751_B。例如,干涉条纹751_R按照与580nm到700nm的波长范围中的例如波长615nm的红色光L_R对应的间距形成。干涉条纹751_G按照与500nm到580nm的波长范围中的例如波长535nm的绿色光L_G对应的间距形成。干涉条纹751_B按照与400nm到500nm的波长范围中的例如波长460nm的蓝色光L_B对应的间距形成。该结构能够通过如下方式形成:在形成了具有与各波长对应的感光度的全息感光层的状态下,使用各波长的参照光L_{rR}、L_{rG}、L_{rB}以及物体光L_{sR}、L_{sG}、L_{sB}对全息感光层进行干涉曝光。

[0056] 另外,也可以预先使具有与各波长对应的感光度的感光材料分散到全息感光层

中,使用各波长的参照光LrR、LrG、LrB以及物体光LsR、LsG、LsB对全息感光层进行干涉曝光,由此,如图3B所示的那样,在1个层上形成重叠干涉条纹751R、751G、751B而成的干涉条纹751。并且,也可以使用球面波的光作为参照光LrR、LrG、LrB 和物体光LsR、LsG、LsB。

[0057] 基本结构与第2衍射元件70相同的第1衍射元件50具有反射型体积全息元件 55。第1衍射元件50的入射图像光L0的入射面51是凹陷的凹曲面。换言之,入射面51是在图像光L0的入射方向上中央部相对于周边部凹陷而弯曲的形状。因此,能够使图像光L0高效地朝向导光系统60偏转。

[0058] 图4是说明构成第1衍射元件50及第2衍射元件70的体积全息元件中的衍射特性的图。图4示出当光线入射到体积全息元件上的一点时的特定波长与周边波长的衍射角之差。在图4中,在设特定波长为531nm时,实线L526表示波长为526nm的周边波长的光的衍射角度的偏离,虚线L536表示波长为536nm的周边波长的光的衍射角度的偏离。如图4所示,即使在光线入射到记录于全息元件的相同干涉条纹的情况下,也是光线的波长越长,则衍射程度越大,光线的波长越短,则越不容易衍射。因此,在如本实施方式那样使用了2个衍射元件、即第1衍射元件50和第2衍射元件70时,如果不考虑相对于特定波长处于长波长侧的光和相对于特定波长处于短波长侧的光的光线角度而入射,则无法适当地进行波长补偿。即,不能消除第2衍射元件70产生的色像差。

[0059] 在图2所示的光学系统10中,如日本特开2017-167181号公报所记载的那样,对应于第1衍射元件50与第2衍射元件70之间的中间像的形成次数、和反射镜62 的反射次数之和是奇数还是偶数,对入射到第2衍射元件70的入射方向等进行了优化,因此,能够进行波长补偿、即消除色像差。

[0060] 此处,考虑第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角度相同的情况。即,考虑第1衍射元件50及第2衍射元件70由衍射角度相同的衍射元件构成的情况。图5 是第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角度相同的情况下从第2衍射元件70 出射的光的说明图。另外,在图5中,除了图像光L0的特定波长的光L1(实线),还图示了长波长侧的光L2(点划线)及相对于特定波长处于短波长侧的光L3(虚线)。

[0061] 如图5所示,入射到第1衍射元件50的图像光L0通过被第1衍射元件50衍射而发生偏转。此时,如图4所示,在由体积全息元件构成的第1衍射元件50中,相对于特定波长处于长波长侧的光L2的衍射角度 θ_2 比特定波长的光L1的衍射角度 θ_1 大。此外,相对于特定波长处于短波长侧的光L3的衍射角度 θ_3 比特定波长的光L1 的衍射角度 θ_1 小。因此,从第1衍射元件50出射的图像光L0按每个波长偏转而发生色散。

[0062] 经第1衍射元件50射出的图像光L0经由导光系统60入射到第2衍射元件70,通过被第2衍射元件70衍射而发生偏转。此时,在从第1衍射元件50到第2衍射元件70的光路中,形成一次中间像,并且进行一次反射镜62的反射。因此,在设图像光L0与第2衍射元件70的入射面法线之间的角度为入射角时,相对于特定波长处于长波长侧的光L2 是比特定波长的光L1的入射角 θ_{11} 大的入射角 θ_{12} ,相对于特定波长处于短波长侧的光 L3是比特定波长的光L1的入射角 θ_{11} 小的入射角 θ_{13} 。此外,如上所述,相对于特定波长处于长波长侧的光L2的衍射角度 θ_2 大于特定波长的光L1的衍射角度 θ_1 ,相对于特定波长处于短波长侧的光L3的衍射角度 θ_3 小于特定波长的光L1的衍射角度 θ_1 。

[0063] 因此,相对于特定波长处于长波长侧的光L2按照比特定波长的光L1大的入射角入

射到第1衍射元件50,但由于相对于特定波长处于长波长侧的光L2的衍射角度比特定波长的光L1的衍射角度大,因此,其结果,在从第2衍射元件70射出时,相对于特定波长处于长波长侧的光L2与特定波长的光L1成为大致平行的光。与此相对,相对于特定波长处于短波长侧的光L3按照比特定波长的光L1小的入射角入射到第1衍射元件50,但由于相对于特定波长处于短波长侧的光L3的衍射角度比特定波长的光L1的衍射角度小,因此,其结果,在从第2衍射元件70射出时,相对于特定波长处于短波长侧的光L3与特定波长的光L1成为大致平行的光。这样,如图5所示,经第2衍射元件70射出的图像光L0作为大致平行的光入射到观察者的眼睛E,因此,抑制了各波长在视网膜E0上的成像位置偏移,能够消除第2衍射元件70产生的色像差。

[0064] 在这样地使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角度相同而消除色像差的情况下,在第1衍射元件50与第2衍射元件70之间成立共轭关系。此处,共轭关系是从第1衍射元件50的第1位置射出的光被具有正屈光力的导光系统60会聚而入射到第2衍射元件70的与第1位置对应的第2位置的关系。

[0065] 然而,在如上述那样使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角度一致而使共轭关系成立的情况下,产生以下的问题。

[0066] 图6A是以小角度使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角一致的情况下的说明图。图6B是以大角度使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角一致的情况下的说明图。另外,在图6A及图6B中,简化了沿着光轴配置的各光学部而用粗箭头表示。

[0067] 在图6A中,以小角度 α 使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角一致。在图6B中,以比角度 α 大的角度 β 使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角一致。

[0068] 如果像图6A所示那样以小角度 α 使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角一致,则通过沿着观察者的脸的轮廓MC配置各光学部件,能够实现显示装置的小型化。然而,如图6A所示,反射镜40与导光系统60发生干扰,产生图像光的一部分欠缺的问题。

[0069] 另一方面,如果像图6B所示那样以大角度 β 使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角一致,则能够通过反射镜40与导光系统60的间隔扩大来避免两者的干扰。然而,在远离观察者的脸的轮廓MC的位置配置各光学部件,结果是产生显示装置大型化的问题。

[0070] 因此,在本实施方式的光学系统10中,使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角度不同。图7是示出本实施方式的光学系统10中的第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角度的关系的图。

[0071] 如图7所示,在本实施方式的光学系统10中,图像光L0在第1衍射元件50中的第1衍射角 α_1 与图像光L0在第2衍射元件70中的第2衍射角 β_1 不同。具体而言,第2衍射角 β_1 比第1衍射角 α_1 大。根据本实施方式的光学系统10,通过使第2衍射角 β_1 比第1衍射角 α_1 大,使图像光L0以大的视场角入射到观察者的眼睛,并且能够沿着观察者的脸的轮廓MC配置各光学部。因此,能够实现包括光学系统10的显示装置本身的小型化。

[0072] 但是,如上所述,通过使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角度 α_1 、 β_1 彼此不同,能够使显示装置小型化,但是,如后所述,产生新的问题。

[0073] 图8是使第1衍射元件50及第2衍射元件70的衍射角度不同的情况下从第2衍射元件70射出的光的说明图。假设在图8所示的光路上未配置后述的校正光学系统45。在图8中,除了图像光L0的特定波长的光L1(实线),还图示了长波长侧的光L2(点划线)及相对于特定

波长处于短波长侧的光L3(虚线)。

[0074] 如图8所示,入射到第1衍射元件50的图像光L0通过被第1衍射元件50衍射而发生偏转。此时,如图8所示,从第1衍射元件50射出的图像光L0按照每个波长偏转而发生色散。

[0075] 从第1衍射元件50出射的图像光L0通过被第2衍射元件70衍射而发生偏转。此时,第2衍射元件70的衍射角度与第1衍射元件50的衍射角度不同,因此,如图8所示,相对于特定波长的光L1处于长波长侧的光L2及相对于特定波长的光L1处于短波长侧的光L3以扩散的状态射出。这样,如图8所示,从第2衍射元件70射出的图像光L0按照每个波长在视网膜E0中的成像位置产生偏移,因此,不能消除色像差,产生图像光L0的分辨率下降的问题。

[0076] 为了解决该问题,如图2所示,本实施方式的光学系统10在图像光L0的光路中,在第1光学部L10与第4光学部L40之间设置有校正光学系统45,该校正光学系统45校正图像光L0相对于第2衍射元件70的入射角度。

[0077] 接下来,参照附图,说明可作为校正光学系统45考虑的三个结构例。

[0078] 图9A是第1校正光学系统45A的说明图,图9B是第2校正光学系统45B的说明图,图9C是第3校正光学系统45C的说明图。

[0079] 在图9A、图9B及图9C中,假设第2衍射元件70的第2衍射角 β_1 比第1衍射元件50的第1衍射角 α_1 大。

[0080] 图9A所示的第1校正光学系统45A在图像光L0的光路中设置在第1衍射元件50与第2衍射元件70之间。从第1衍射元件50出射的图像光L0按照每个波长以色散的状态入射到校正光学系统45。第1校正光学系统45A校正按照每个波长而色散的图像光L0相对于第2衍射元件70的入射角。具体而言,第1校正光学系统45以补偿图像光L0在第1衍射元件50中的衍射角的不足量的方式进行校正。这样,根据第1校正光学系统45A,当从第2衍射元件70射出时,如图5所示,能够校正按照每个波长校正而色散的图像光L0的出射角,以使特定波长的光及其周边波长的光大致平行。

[0081] 图9B所示的第2校正光学系统45B在图像光L0的光路中设置在第1衍射元件50的光入射侧即第1光学部L10侧。在这种情况下,第2校正光学系统45B设置在第1光学部L10与第2光学部L20之间(参照图2)。如图9B所示,第2校正光学系统45B按照每个波长即特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3分别校正图像光L0相对于第1衍射元件50的入射角度。第2校正光学系统45B例如通过针对图像光L0的长波长侧的光L2及短波长侧的光L3预先设定角度,校正第1衍射元件50的衍射角。这样,根据第2校正光学系统45B,在从第2衍射元件70射出时,如图5所示,能够以使特定波长的光及其周边波长的光大致平行的方式,使图像光L0入射到第1衍射元件50。

[0082] 图9C所示的第3校正光学系统45C在图像光L0的光路中设置在第1衍射元件50的光入射侧。在这种情况下,第3校正光学系统45C设置在第1光学部L10与第2光学部L20之间(参照图2)。如图9C所示,第3校正光学系统45C分别适当地校正入射到第1衍射元件50的图像光L0的入射位置和角度。构成第1衍射元件50的体积全息元件的衍射角根据每个部位而不同。第3校正光学系统45C例如将图像光L0中的特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3相对于第1衍射元件50的入射位置分别校正为适当位置。这样,根据第3校正光学系统45C,在从第2衍射元件70射出时,如图5所示,能够以使特定波长的光及其周边波长的光成为大致平行的方式,校正从第1衍射元件50射出的图像光L0相对于第2衍射元件70的

入射角。

[0083] 如果使用图9A、图9B及图9C所示的各校正光学系统45A~45C中的任意一个,则能够使从第2衍射元件70出射的图像光L0作为大致平行的光入射到观察者的眼睛E。因而,抑制每个波长的在视网膜E0中的成像位置偏移,能够消除第2衍射元件70产生的色像差。因此,如果采用上述的各校正光学系统45A~45C中的任意一个作为本实施方式的校正光学系统45,则能够采用使第1衍射元件50及第2衍射元件70中的衍射角不同的结构,且通过消除第2衍射元件70产生的色像差得到高画质。即,利用两个衍射元件适当地进行波长补偿,同时使衍射角不同,从而能够实现显示装置100的小型化。

[0084] 作为上述的校正光学系统45A~45C,如图9A、图9B及图9C所示,只要具有能够使图像光L0偏转的屈光力即可,例如可使用具有自由曲面的反射镜、透镜或棱镜等。特别是,如果使用棱镜,则通过利用光的色散而容易校正图像光L0相对于第2衍射元件70的入射角度。另外,棱镜可以是具有楔块的楔形棱镜。

[0085] 具体而言,在本实施方式的光学系统10中,使用了棱镜45a作为校正光学系统45。如后所述,棱镜45a具有图9A至图9C所示的各校正光学系统45A~45C的全部功能。

[0086] 在本实施方式中,棱镜45a与构成第2光学部L20的第1衍射元件50一体地设置。棱镜45a具有作为支承第1衍射元件50的支承部件的功能。在本实施方式中,棱镜45a具有图像光L0入射或出射的光入射出射面45a1。棱镜45a具有这样的形状:接近观察者的眼睛E的一侧的厚度厚、远离观察者的眼睛E的一侧的厚度薄。此外,也可以说,棱镜45a具有这样的形状:接近相对于第1衍射元件50位于左侧X2的第2衍射元件70的一侧的厚度厚、接近相对于第1衍射元件50位于右侧X1的图像光生成装置31的一侧的厚度薄。

[0087] 光入射出射面45a1由随着接近观察者的眼睛E而向前侧Z1突出地倾斜的面构成。此外,也可以说,光入射出射面45a1由随着接近第2衍射元件70而向前侧Z1突出地倾斜的面构成。

[0088] 图10是棱镜45a的放大图。在图10中,除了图像光L0的特定波长的光L1(实线),还图示了长波长侧的光L2(点划线)及相对于特定波长处于短波长侧的光L3(虚线)。

[0089] 如图10所示,图像光L0从光入射出射面45a1入射到棱镜45a内。此时,由于光的色散,在棱镜45a的入射时,短波长侧的光L3最大幅度地折射,长波长侧的光L2最小幅度地折射,特定波长的光L1以短波长侧的光L3与长波长侧的光L2之间的大小进行折射。并且,特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3透过棱镜45a内而入射到第1衍射元件50。特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3被棱镜45a进行色散,入射到第1衍射元件50的不同部位。此外,特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3相对于第1衍射元件50的入射角度分别不同。

[0090] 这样,棱镜45a通过使图像光L0发生色散,能够使特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3相对于第1衍射元件50的入射位置变化。棱镜45a在图像光L0的光路上位于第1衍射元件50(第2光学部L20)的第1光学部L10侧(参照图2)。即,可以说棱镜45a具有图9C所示的第3校正光学系统45C中的“以按照每个波长改变入射到第1衍射元件50的图像光L0的入射位置的方式进行校正”的功能。

[0091] 这样,棱镜45a通过使图像光L0发生色散,能够使特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3相对于第1衍射元件50的入射角度变化。棱镜45a在图像光L0的光路上

位于第1衍射元件50(第2光学部L20)的第1光学部L10侧(参照图2)。即,可以说棱镜45a具有图9B所示的第2校正光学系统45B中的“按照每个波长校正图像光L0相对于第1衍射元件50的入射角度”的功能。

[0092] 如图10所示,第1衍射元件50的衍射角根据部位而不同,使特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3分别以不同的角度进行衍射。被第1衍射元件50衍射的特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3再次透过棱镜45a,从光入射出射面45a1射出。特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3从棱镜45a分别向不同的方向射出。

[0093] 这样,棱镜45a按照每个波长使图像光L0向不同的方向偏转,从而能够分别调整特定波长的光L1、长波长侧的光L2及短波长侧的光L3相对于第2衍射元件70的入射角度。棱镜45a在图像光L0的光路上位于第1衍射元件50(第2光学部L20)的第3光学部L30侧(参照图2)。即,可以说棱镜45a具有图9A所示的第1校正光学系统45A中的“以补偿图像光L0在第1衍射元件50中的衍射角度的不足量的方式进行校正”的功能。

[0094] 如上所述,根据本实施方式的光学系统10,通过使用棱镜45a作为校正光学系统45,能够得到使图9A、图9B及图9C中所示的各校正光学系统45A~45C全部组合而成的功能。因而,根据本实施方式的光学系统10,通过使用棱镜45a,能够高精度地校正图像光L0相对于第2衍射元件70的入射角度。

[0095] 因此,根据本实施方式的光学系统10,在使用衍射角彼此不同的第1衍射元件50及第2衍射元件70的情况下,也能利用校正光学系统45使从第2衍射元件70射出的图像光L0成为大致平行的光而入射到观察者的眼睛E。因此,抑制每个波长的在视网膜E0中的成像位置偏移,能够消除第2衍射元件70产生的色像差。因此,能够抑制图像光的分辨率的劣化。

[0096] 即,根据本实施方式的光学系统10,能够采用使第1衍射元件50及第2衍射元件70中的衍射角不同的结构,并且消除第2衍射元件70产生的色像差从而得到高画质。即,根据本实施方式的光学系统10,利用两个衍射元件适当地进行波长补偿,同时使衍射角不同,从而能够实现显示装置100的小型化。

[0097] 图11是示意性示出本实施方式的光学系统10的光线图的图。在图11中,用粗箭头表示沿着光轴配置的各光学部。此外,在图11中,用实线La表示从图像光生成装置31的中心射出的图像光的光线,用点划线Lb表示从图像光生成装置31的端部射出的图像光的主光线。此外,图11示出从图像光生成装置31射出的光的行进。另外,在图11中,为了简化附图,将全部的光学部设为透过型进行图示。在以下的说明中,“中间像”是从一个像素射出的光线(实线La)集中的部位,“瞳孔”是各视场角的主光线(点划线Lb)集中的部位。

[0098] 如图11所示,本实施方式的光学系统10沿着从图像光生成装置31出射的图像光的光路设置有:第1光学部L10,其具有正屈光力;第2光学部L20,其具备第1衍射元件50,具有正屈光力;第3光学部L30,其具有正屈光力;以及第4光学部L40,其具备第2衍射元件70,具有正屈光力。

[0099] 在本实施方式的光学系统10中,在第1光学部L10与第3光学部L30之间形成有图像光的第1中间像P1,在第2光学部L20与第4光学部L40之间形成有光瞳R1,在第3光学部L30与第4光学部L40之间形成有图像光的第2中间像P2,第4光学部L40使图像光平行化而形成射出光瞳R2。此时,第3光学部L30使从第2光学部L20射出的图像光的视场角的主光线作为发

散光入射到第4光学部L40。

[0100] 在本实施方式的光学系统10中,光瞳R1形成在第2光学部L2与第4光学部 L40之间的、第2光学部L20与第3光学部L30之间。

[0101] 因此,根据本实施方式的光学系统10,在投射光学系统32与导光系统60之间形成图像光的第1中间像P1,在导光系统60的附近形成光瞳R1,在导光系统60与第2衍射元件70之间形成图像光的第2中间像P2,第2衍射元件70使图像光平行化而形成出射光瞳R2。

[0102] 在本实施方式的光学系统10中,第1中间像P1形成在第1光学部L10(投射光学系统32)与第2光学部L20(第1衍射元件50)之间。

[0103] 根据本实施方式的光学系统10,满足以下所示的三个条件(条件1、2、3)。

[0104] 条件1:从图像光生成装置31的1个点射出的光线在视网膜E0上成像为1个点。

[0105] 条件2:光学系统的入射光瞳与眼球的瞳孔共轭。

[0106] 条件3:在第1衍射元件50与第2衍射元件70之间补偿周边波长。

[0107] 更具体而言,从图11所示的单点划线Lb可知,满足从图像光生成装置31的1 个点射出的光线在视网膜E0上成像为1个点的条件1,因此,观察者能够看到1个像素。此外,从图11所示的实线La可知,满足光学系统10的入射光瞳与眼睛E的光瞳E1处于共轭(光瞳的共轭)关系的条件2,因此,能够看到由图像光生成装置 31生成的图像的整个区域。此外,如上所述,通过设置校正光学系统45,满足在第 1衍射元件50与第2衍射元件70之间补偿图像光L0的周边波长的条件3,因此,能够消除第2衍射元件70产生的色像差。

[0108] (第二实施方式)

[0109] 接下来,对第二实施方式的显示装置进行说明。在上述实施方式的光学系统中,说明了通过校正光学系统以使特定波长的光、短波长侧的光及长波长侧的光入射到第 2衍射元件70上的一点的方式对图像光进行校正的情况,但本实施方式说明特定波长的光、短波长侧的光及长波长侧的光的入射位置在第2衍射元件70上略微不同的情况。

[0110] 图12是本实施方式的光学系统10A中的第1衍射元件50与第2衍射元件70之间的光线图。图13是从第2衍射元件70射出的光的说明图。图14是示出图13所示的光入射到眼睛E的情形的说明图。另外,在图12中,用实线Le表示特定波长的光,用点划线Lf表示波长为特定波长-10nm的光,用双点划线Lg表示波长为特定波长+10nm的光。在图14中,在朝向附图的最左侧示出波长为特定波长-10nm的光(在图13中用单点划线Lf表示的光)入射到眼睛E的情形,在朝向附图的最右侧示出波长为特定波长+10nm的光(在图13中用双点划线Lg表示的光)入射到眼睛E的情形,在中间示出波长从特定波长-10nm变化到特定波长+10nm的光入射到眼睛E 的情形。图14没有示出特定波长的光入射到眼睛E的情形,但特定波长的光入射到眼睛E的情形是从左起的第3个所示的情形与从左起的第4个所示的情形的中间情形。

[0111] 在这种情况下,如图13所示,在从特定波长偏移的周边波长的光中,入射到第 2衍射元件70的状态是不同的。这里,在第2衍射元件70中,越接近光轴,则干涉条纹数越少,使光弯曲的力越弱。因此,如果使长波长侧的光入射到光轴侧并使短波长侧的光入射到端侧,则特定波长的光和周边波长的光成为平行光,所以,能够得到与波长补偿同样的效果。

[0112] 在该情况下,如图13所示,光线位置根据波长而发生偏移,所以,入射到瞳孔的光线直径从直径 ϕa 变大到直径 ϕb 。图14示出此时入射到瞳孔的光线强度的情形。根据图14可知,在特定波长附近无法满足瞳孔,但是,周边波长的光入射到与特定波长的光偏移的位

置,因此,能够满足瞳孔直径。其结果,能够获得观察者容易观察图像等的优点。

[0113] (变形例)

[0114] 图15是变形例的显示装置101的结构图。如图15所示,本变形例的显示装置 101具备:右眼用光学系统10a,其使图像光L0a入射到右眼Ea;左眼用光学系统10b,其使图像光L0b入射到左眼Eb;以及框架90,其保持右眼用光学系统10a及左眼用光学系统10b。

[0115] 本变形例的显示装置101在右眼用光学系统10a及左眼用光学系统10b中,具有使图像光L0从上侧Y1向下侧Y2行进而向观察者的眼睛射出的结构。

[0116] 在本变形例的显示装置101中也具有上述的光学系统10。因此,在本变形例的显示装置101中,也能够通过两个衍射元件适当地进行波长补偿,同时实现装置的小型化。

[0117] 以上,对本发明的显示装置的一个实施方式进行了说明,本发明并不限于上述内容,能够在不脱离发明的主旨的范围内适当地变更。

[0118] 例如,在上述实施方式中,例举了图像光L0在第2衍射元件70中的第2衍射角比图像光L0在第1衍射元件50中的第1衍射角大的情况,但本发明不限于此。即,在本发明中,只要第2衍射元件70中的第2衍射角与第1衍射元件50中的第1衍射角彼此不同即可,第1衍射角也可以大于第2衍射角。这样,在使第1衍射角大于第2衍射角的情况下,也能够通过设置校正光学系统,利用两个衍射元件适当地进行波长补偿,同时实现显示装置的小型化。

[0119] 此外,在上述实施方式中,例举了使校正光学系统45与第2光学部L20的第1衍射元件50一体地设置的情况,但设置校正光学系统45的部位不限于此。例如,可以将校正光学系统45设置在构成投射光学系统32的多个透镜的一部分中。

[0120] 此外,例举了构成上述实施方式的校正光学系统45的棱镜45a具有图9A至图9C中所示的各校正光学系统45A~45C的全部功能的情况,但本发明的校正光学系统不限于此,具有上述校正光学系统45A~45C的功能的至少一个即可。

[0121] [对其他显示装置的应用]

[0122] 在上述实施方式中,例示了头部佩戴型的显示装置100,但也可以将本发明应用于平视显示器、手持显示器、投影仪用光学系统等。

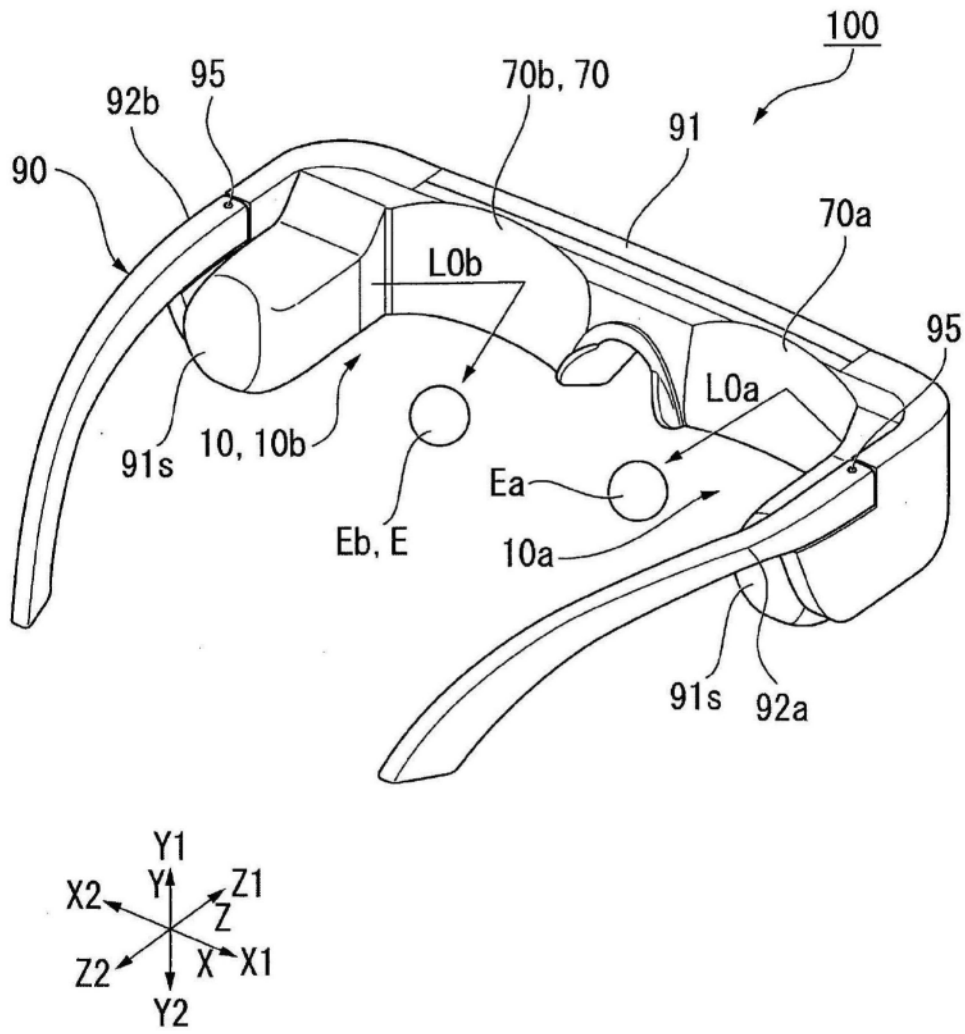


图1

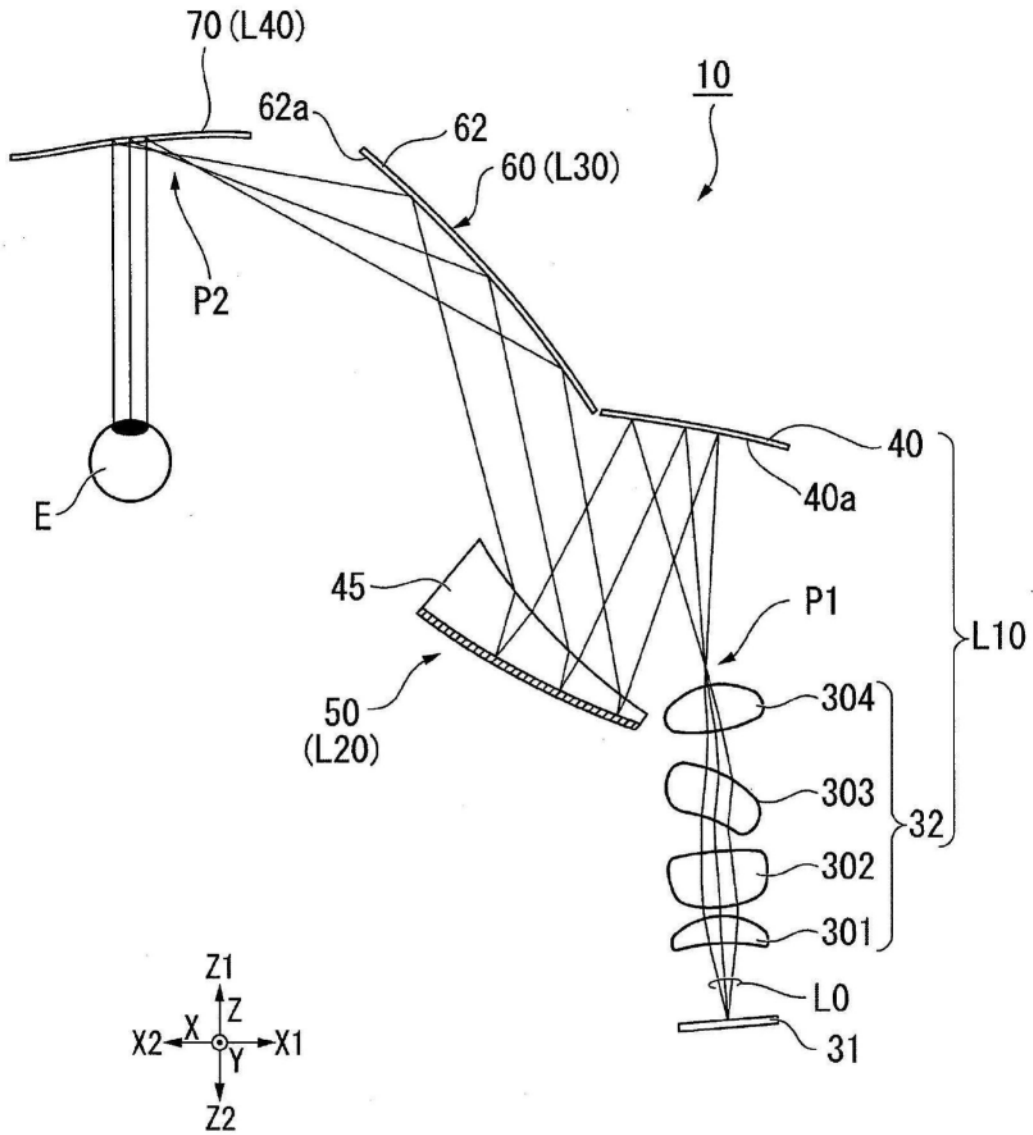


图2

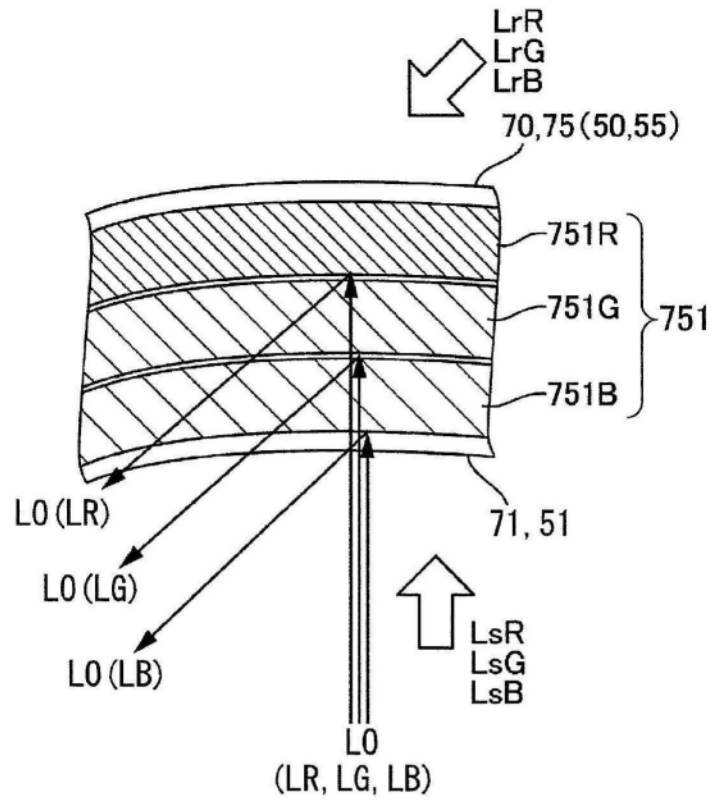


图3A

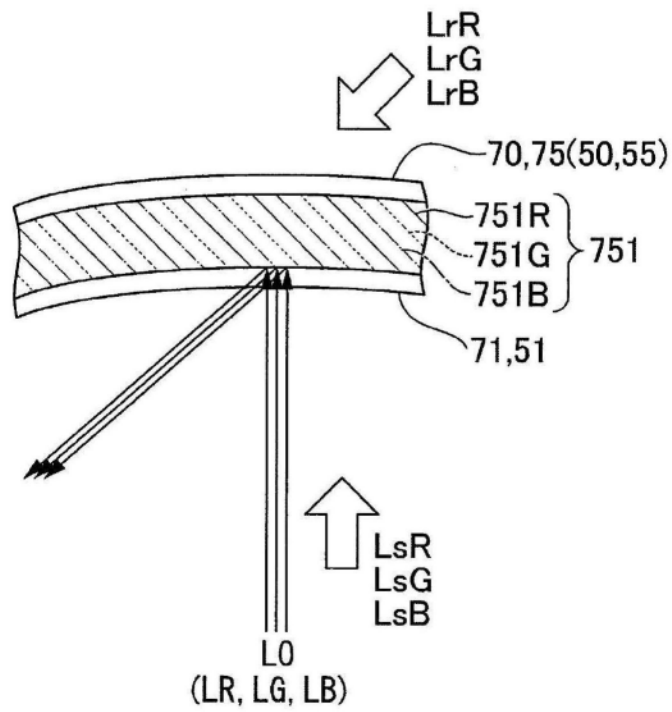


图3B

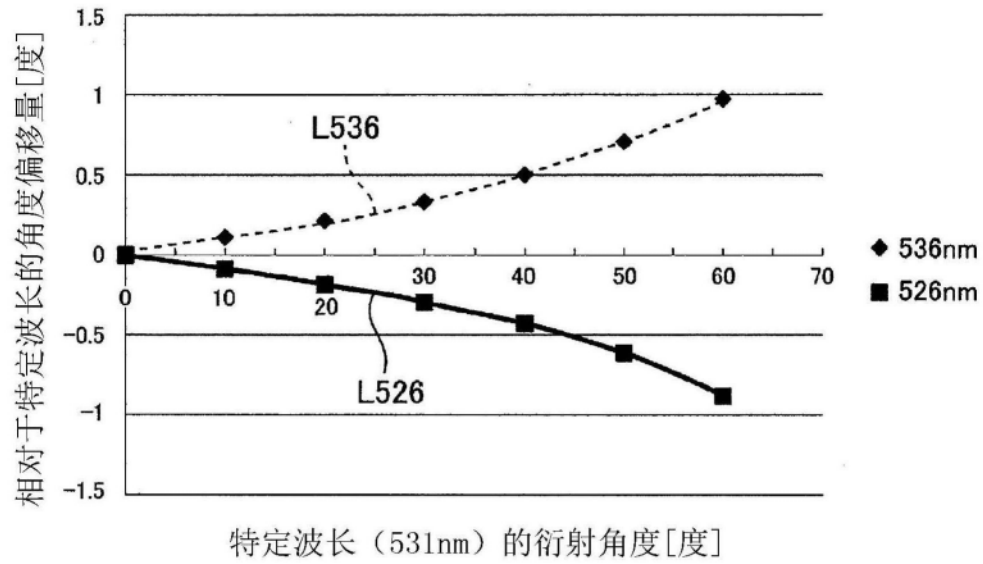


图4

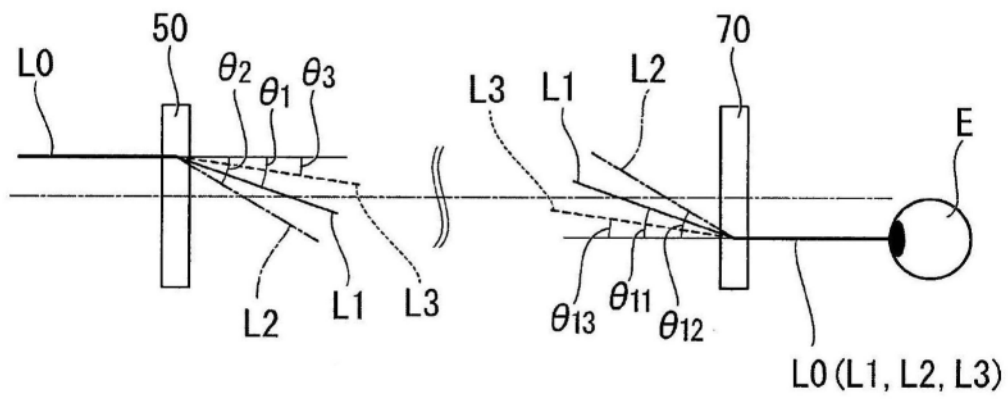


图5

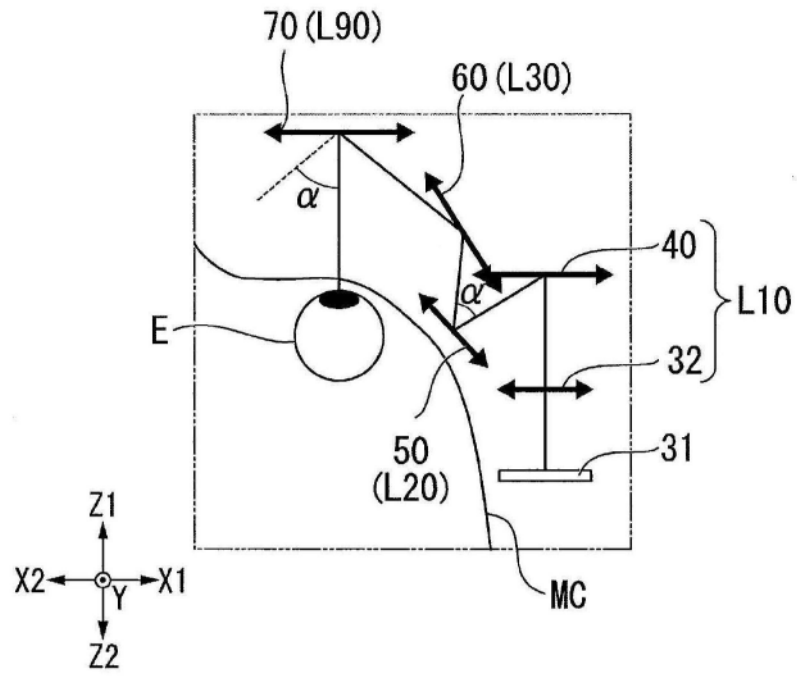


图6A

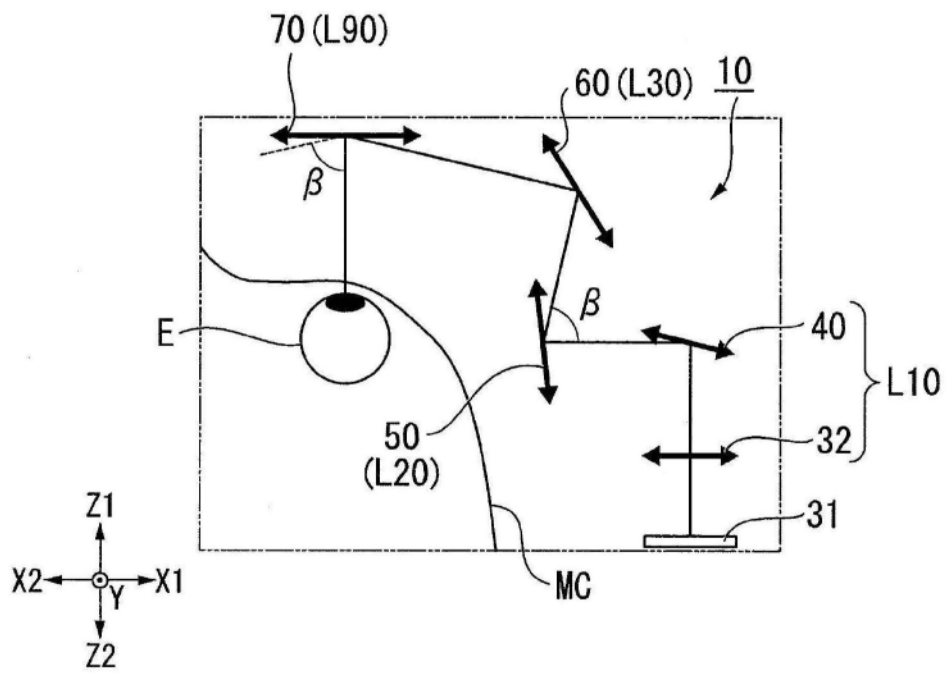


图6B

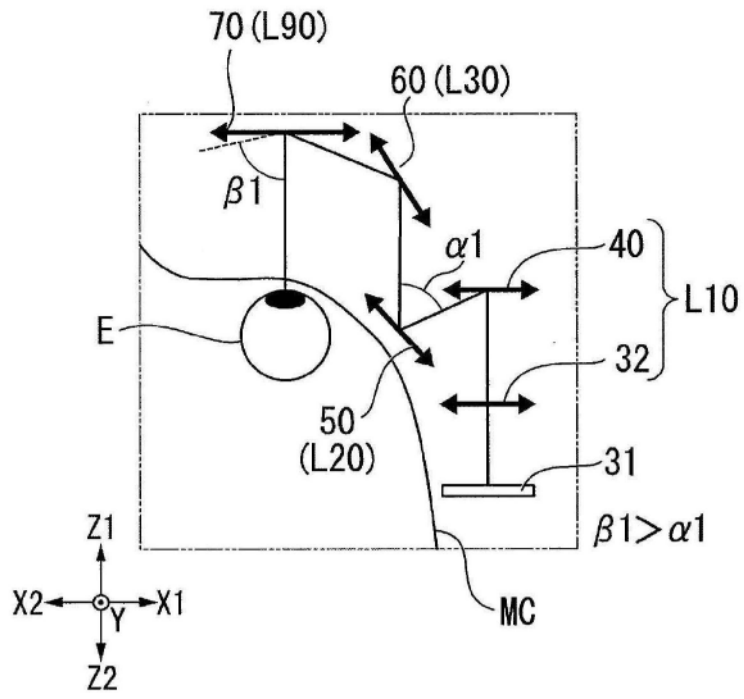


图7

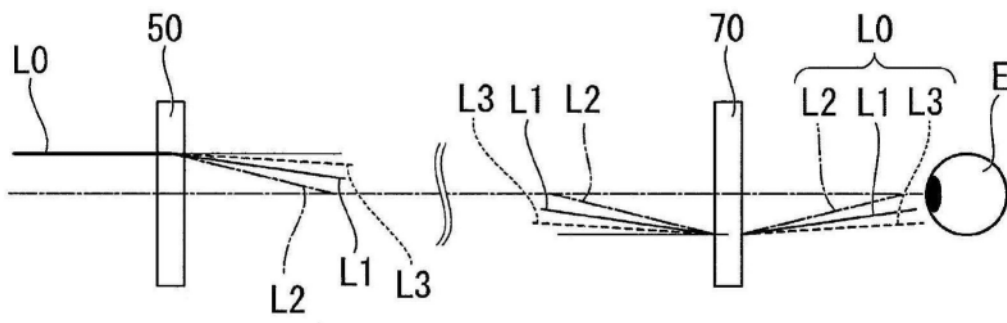


图8

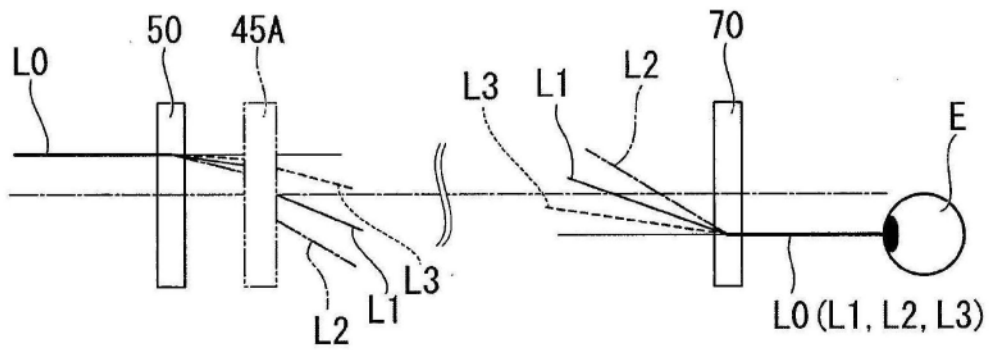


图9A

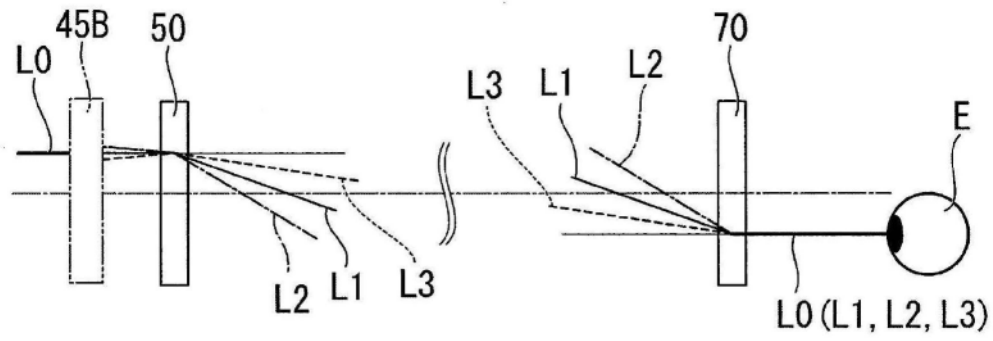


图9B

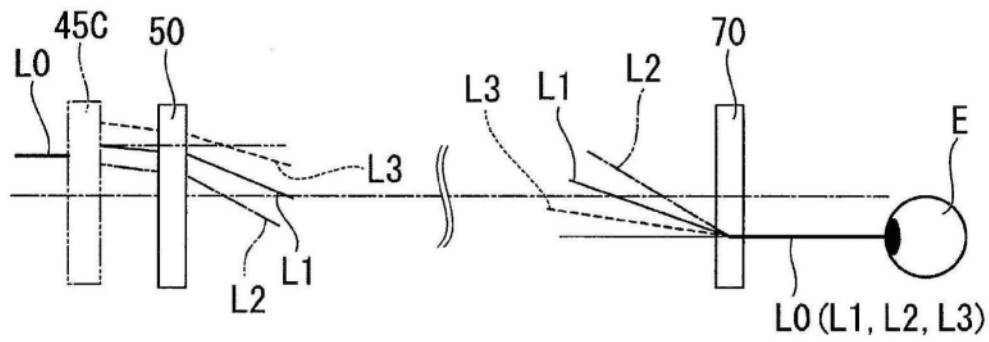


图9C

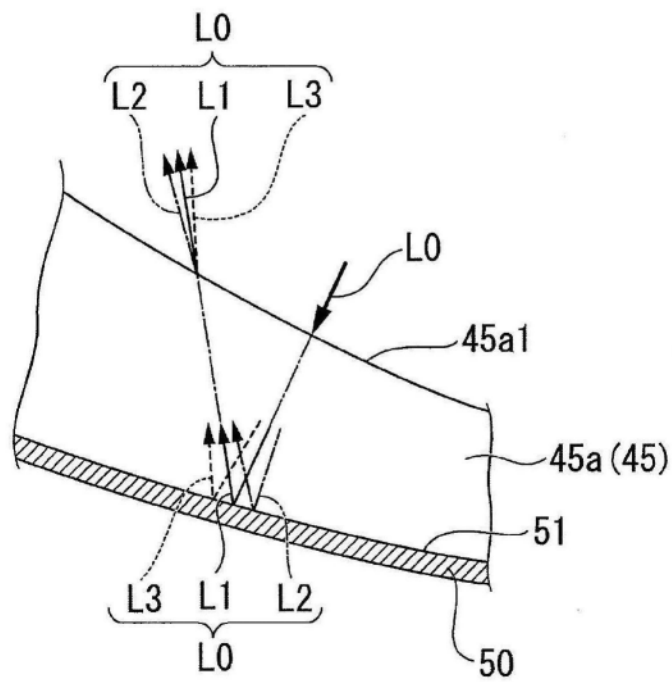


图10

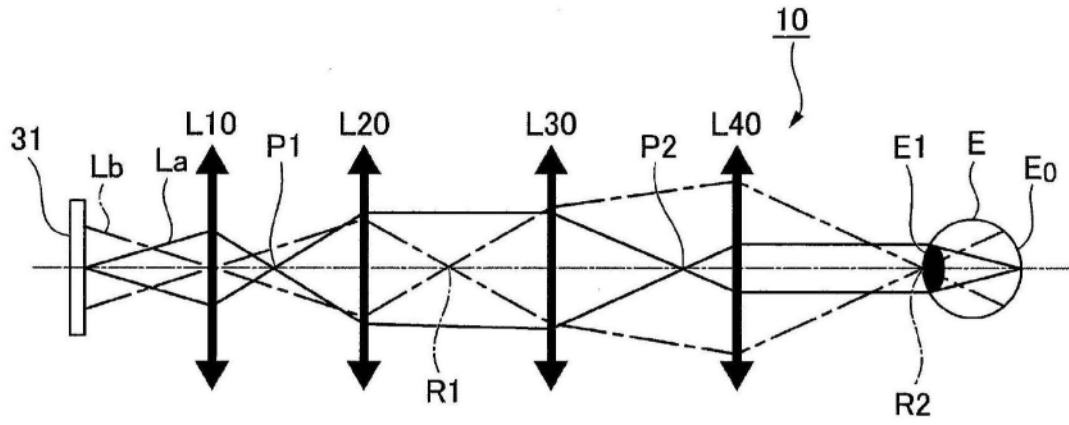


图11

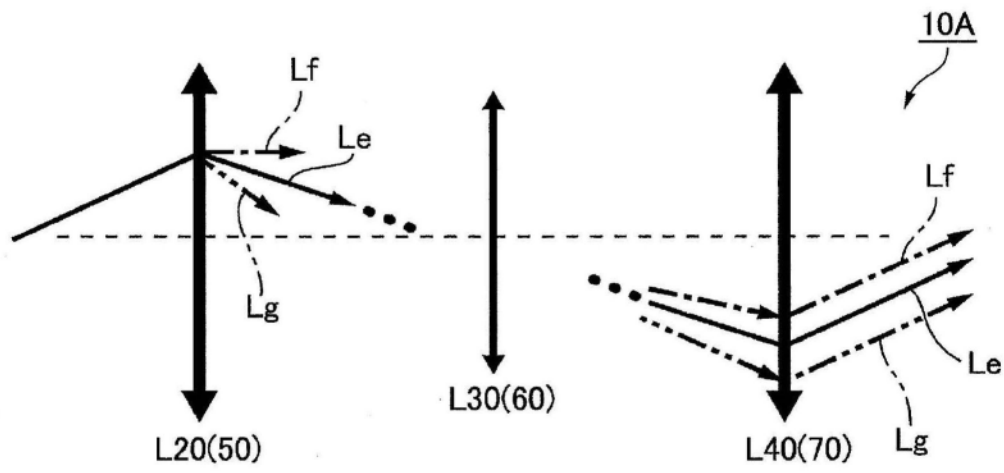


图12

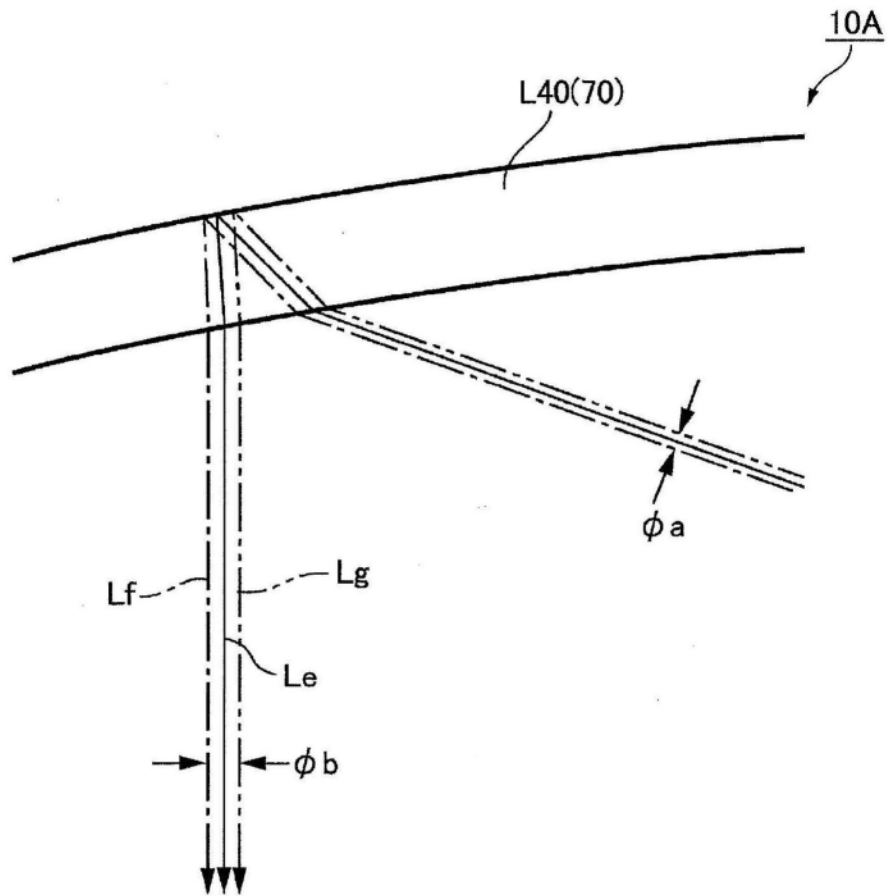


图13



图14

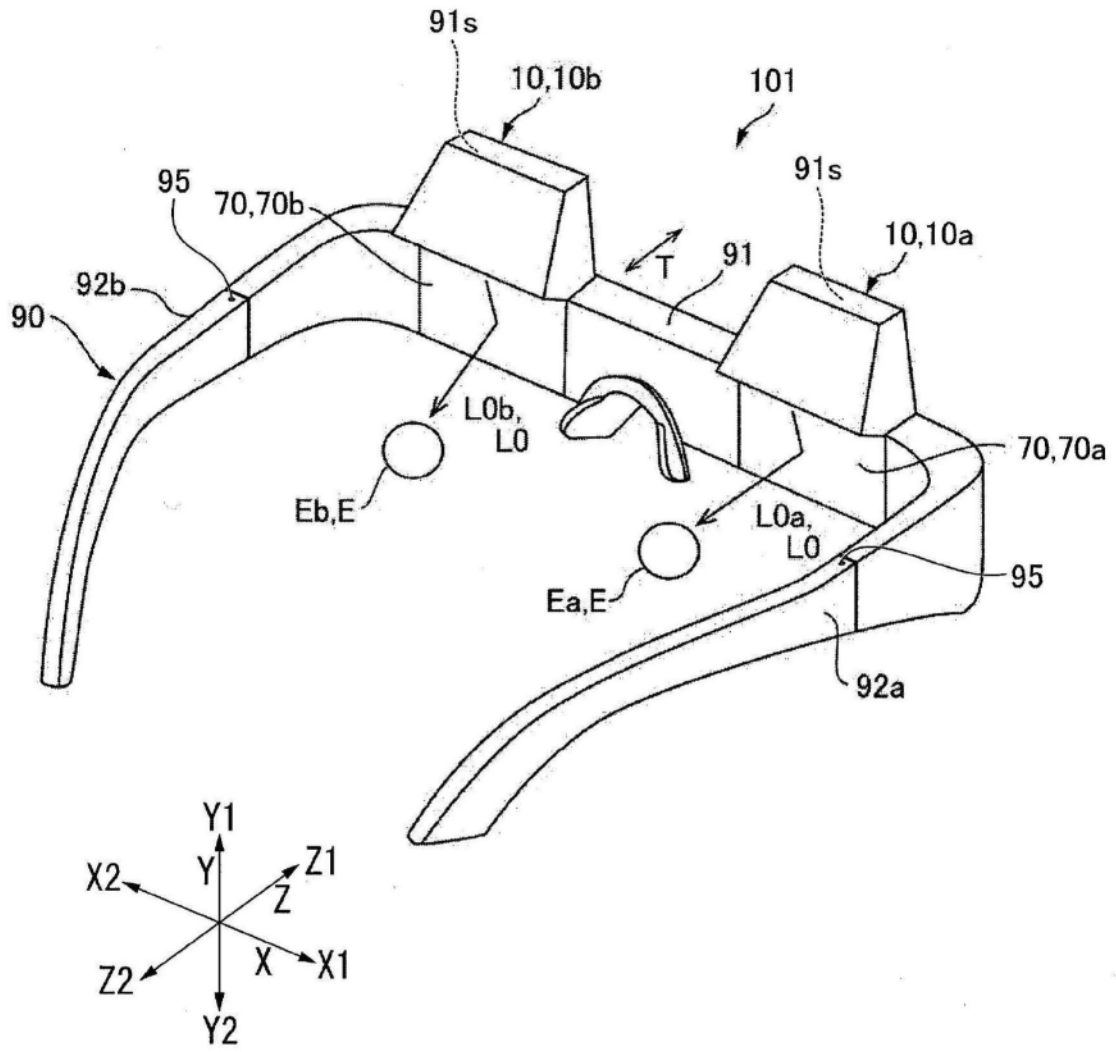


图15