



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113383220 B

(45) 授权公告日 2024. 05. 24

(21) 申请号 202080012119.4

(22) 申请日 2020.02.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113383220 A

(43) 申请公布日 2021.09.10

(30) 优先权数据
2019-072259 2019.04.04 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.08.02

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2020/006747 2020.02.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/202877 JA 2020.10.08

(73) 专利权人 QD激光公司
地址 日本神奈川县

(72) 发明人 铃木诚 斋藤一孝 金子千鹤
足利英昭

(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 于英慧 黄志坚

(51) Int.Cl.
G01M 11/00 (2006.01)
G02B 13/00 (2006.01)
G02B 27/02 (2006.01)

(56) 对比文件
JP 2017009986 A, 2017.01.12
TW 527641 B, 2003.04.11
WO 0055890 A1, 2000.09.21
WO 2018225322 A1, 2018.12.13
WO 2018034181 A1, 2018.02.22
JP H11249086 A, 1999.09.17
JP H10108835 A, 1998.04.28
JP H11249085 A, 1999.09.17
CN 106343950 A, 2017.01.25 (续)

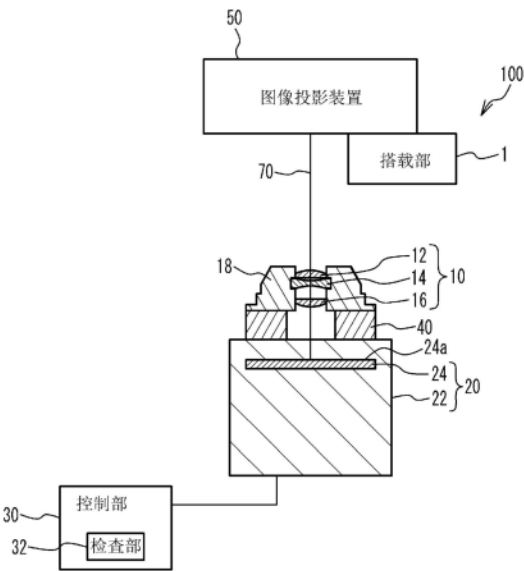
审查员 李一腾
权利要求书2页 说明书12页 附图15页

(54) 发明名称
图像检查装置

(57) 摘要

图像检查装置具备：搭载部，搭载将图像直接投影到视网膜的图像投影装置；摄像元件，具有平面形状的摄像面，拍摄从图像投影装置投影到摄像面的图像；光学系统，设在由图像投影装置在不同的时间出射的多个第1光线会聚的位置，使从图像投影装置照射的多个第1光线聚焦于摄像面或其附近；及检查部，检查摄像元件所拍摄的图像；假设在摄像面的搭载部方向存在视网膜时，设将第3光线垂直投影到摄像面的位置为第1位置，第3光线是由图像投影装置在不同的时间出射而照射到视网膜的多个第2光线中的在图像的边缘附近的光线，并且设将视网膜平面展开而使视网膜表面与摄像面一致时的在摄像面的第3光线的位置为第2位置，在此情况下，光学系统使第3位置比第1位置还要靠近第2位置，第3

位置是多个第1光线中的与第3光线对应的第4光线照射到摄像面的位置。



[接上页]

(56) 对比文件

CN 109073501 A, 2018.12.21

WO 2016208266 A1, 2016.12.29

JP 2004172316 A, 2004.06.17

CN 108474939 A, 2018.08.31

WO 2014192479 A1, 2014.12.04

1. 一种图像检查装置,其具备:

搭载部,其搭载将图像直接投影到用户的视网膜的图像投影装置;

摄像元件,其具有平面形状的摄像面,拍摄从所述搭载部所搭载的所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像;

光学系统,其设在由所述图像投影装置在不同的时间出射的多个第1光线会聚的位置,使从所述图像投影装置照射到所述摄像面的所述多个第1光线分别对焦于所述摄像面或所述摄像面的附近;以及

检查部,其检查所述摄像元件所拍摄的图像;

假设在所述摄像面的所述搭载部方向存在所述视网膜时,设由所述图像投影装置在不同的时间出射而照射到所述视网膜的光线为多个第2光线,所述多个第1光线的各第1光线及所述多个第2光线的各第2光线包含红色光、绿色光、及蓝色光,

所述光学系统使由所述摄像元件拍摄的图像的中央部的斯特列尔比高于端部的斯特列尔比,并使由所述绿色光所构成的所述多个第1光线照射到所述摄像面时的斯特列尔比与由所述绿色光所构成的所述多个第2光线照射到所述视网膜时的斯特列尔比的差异,小于由所述红色光所构成的所述多个第1光线照射到所述摄像面时的斯特列尔比与由所述红色光所构成的所述多个第2光线照射到所述视网膜时的斯特列尔比的差异、及由所述蓝色光所构成的所述多个第1光线照射到所述摄像面时的斯特列尔比与由所述蓝色光所构成的所述多个第2光线照射到所述视网膜时的斯特列尔比的差异。

2. 根据权利要求1所述的图像检查装置,其中,

设将第3光线垂直投影到所述摄像面时的位置为第1位置,所述第3光线是所述多个第2光线中的在所述图像的边缘附近的光线,并且设将所述视网膜平面展开而使所述视网膜的表面与所述摄像面一致时的在所述摄像面的所述第3光线的位置为第2位置,

在此情况下,所述光学系统使第3位置比所述第1位置还要靠近所述第2位置,所述第3位置是所述多个第1光线中的与所述第3光线对应的第4光线照射到所述摄像面的位置。

3. 根据权利要求2所述的图像检查装置,其中,

所述光学系统使所述第3位置与所述第2位置一致。

4. 根据权利要求1或2所述的图像检查装置,其中,

所述光学系统使所述多个第1光线照射到所述摄像面的多个位置的全部,与将所述视网膜平面展开而使所述视网膜的表面与所述摄像面一致时的在所述摄像面的所述多个第2光线的多个位置中的对应的位置一致。

5. 根据权利要求1或2所述的图像检查装置,其中,

所述光学系统使所述多个第1光线照射到所述摄像面时的所述红色光及所述蓝色光相对于所述绿色光的位置偏移方向,与所述多个第2光线照射到所述视网膜时的所述红色光及所述蓝色光相对于所述绿色光的位置偏移方向相同。

6. 根据权利要求1或2所述的图像检查装置,其中,

所述光学系统包含从所述多个第1光线入射的一侧起依序排列的第1凸透镜、凹透镜、及第2凸透镜。

7. 根据权利要求1或2所述的图像检查装置,其中,

所述摄像元件的分辨率为由所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像的分辨率以

上。

8. 根据权利要求1或2所述的图像检查装置, 其中,
所述摄像元件的摄像区域大于由所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像的投影区域。

9. 根据权利要求1或2所述的图像检查装置, 其中,
所述摄像元件对由所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像进行拍摄的1次的曝光时间, 比由所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像的帧率的倒数长。

10. 根据权利要求1或2所述的图像检查装置, 其中,
所述光学系统及所述摄像元件能以所述多个第1光线会聚的位置为中心来相对于所述图像投影装置而转动。

图像检查装置

技术领域

[0001] 本发明涉及图像检查装置。

背景技术

[0002] 将在二维方向扫描的扫描光照射到用户的视网膜表面而使图像直接投影到视网膜的图像投影装置已为人知(例如,专利文献1)。并且,为了检查摄像用透镜的特性值,用摄像元件检测经由摄像用透镜而射出的图像光且进行图像处理,由此计算摄像用透镜的特性值的技术已为人知(例如,专利文献2)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2015-111231号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2003-279446号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 作为检查由图像投影装置直接投影到视网膜的图像的方法,可想到如下的方法:让用户观看投影到视网膜的图像,由此来检查图像。然而,此方法会因为由用户的个体差异造成的偏差及由用户的疲劳度等造成的偏差等,而使评价有偏差。

[0009] 本发明是鉴于上述课题而建构的,目的是提供如下的图像检查装置:可良好地检查通过将图像直接投影到视网膜的图像投影装置而投影的图像。

[0010] 用以解决课题的手段

[0011] 本发明是一种图像检查装置,其具备:搭载部,其搭载将图像直接投影到用户的视网膜的图像投影装置;摄像元件,其具有平面形状的摄像面,拍摄从所述搭载部所搭载的所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像;光学系统,其设在由所述图像投影装置在不同的时间出射的多个第1光线会聚的位置,使从所述图像投影装置照射到所述摄像面的所述多个第1光线分别对焦于所述摄像面或所述摄像面的附近;以及检查部,其检查所述摄像元件所拍摄的图像;假设在所述摄像面的所述搭载部方向存在所述视网膜时,设由所述图像投影装置在不同的时间出射而照射到所述视网膜的光线为多个第2光线,所述多个第1光线的各第1光线及所述多个第2光线的各第2光线包含红色光、绿色光、及蓝色光,所述光学系统使由所述摄像元件拍摄的图像的中央部的斯特列尔比高于端部的斯特列尔比,并使由所述绿色光所构成的所述多个第1光线照射到所述摄像面时的斯特列尔比与由所述绿色光所构成的所述多个第2光线照射到所述视网膜时的斯特列尔比的差异,小于由所述红色光所构成的所述多个第1光线照射到所述摄像面时的斯特列尔比与由所述红色光所构成的所述多个第2光线照射到所述视网膜时的斯特列尔比的差异、及由所述蓝色光所构成的所述多个第1光线照射到所述摄像面时的斯特列尔比与由所述蓝色光所构成的所述多个第2光线照射到所述视网膜时的斯特列尔比的差异。

[0012] 可在上述结构中采用如下的结构:设将第3光线垂直投影到所述摄像面时的位置为第1位置,所述第3光线是所述多个第2光线中的在所述图像的边缘附近的光线,并且设将所述视网膜平面展开而使所述视网膜的表面与所述摄像面一致时的在所述摄像面的所述第3光线的位置为第2位置,在此情况下,所述光学系统使第3位置比所述第1位置还要靠近所述第2位置,所述第3位置是所述多个第1光线中的与所述第3光线对应的第4光线照射到所述摄像面的位置。

[0013] 可在上述结构中采用如下的结构:所述光学系统使所述第3位置与所述第2位置大致一致。

[0014] 可在上述结构中采用如下的结构:所述光学系统使所述多个第1光线照射到所述摄像面的多个位置的全部,与将所述视网膜平面展开而使所述视网膜的表面与所述摄像面一致时的在所述摄像面的所述多个第2光线的多个位置中的对应的位置大致一致。

[0015] 可在上述结构中采用如下的结构:所述光学系统使所述多个第1光线照射到所述摄像面时的所述红色光及所述蓝色光相对于所述绿色光的位置偏移方向,与所述多个第2光线照射到所述视网膜时的所述红色光及所述蓝色光相对于所述绿色光的位置偏移方向相同。

[0016] 可在上述结构中采用如下的结构:所述光学系统包含从所述多个第1光线入射的一侧起依序排列的第1凸透镜、凹透镜、及第2凸透镜。

[0017] 可在上述结构中采用如下的结构:所述摄像元件的分辨率为由所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像的分辨率以上。

[0018] 可在上述结构中采用如下的结构:所述摄像元件的摄像区域大于由所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像的投影区域。

[0019] 可在上述结构中采用如下的结构:所述摄像元件对由所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像进行拍摄的1次的曝光时间,比由所述图像投影装置投影到所述摄像面的图像的帧率的倒数长。

[0020] 可在上述结构中采用如下的结构:所述光学系统及所述摄像元件能以所述多个第1光线会聚的位置为中心来相对于所述图像投影装置而转动。

[0021] 发明效果

[0022] 根据本发明,可良好地检查通过将图像直接投影到视网膜的图像投影装置而投影的图像。

附图说明

[0023] 图1是示出与实施例1相关的图像检查装置的图。

[0024] 图2是图像投影装置的俯视图。

[0025] 图3是说明从图像投影装置照射到摄像元件的光线的图。

[0026] 图4是示出与比较例相关的图像检查装置的图。

[0027] 图5的(a)及图5的(b)是说明在与比较例相关的图像检查装置发生的课题的图。

[0028] 图6的(a)及图6的(b)是说明与实施例1相关的图像检查装置的效果的图。

[0029] 图7是示出照射到摄像元件的摄像面的光线的位置、和将视网膜平面展开时的在摄像面的光线的位置的计算结果的图。

[0030] 图8的(a)是示出由绿色激光所构成的光线从图像投影装置照射到用户的视网膜时的斯特列尔比的计算结果的图,图8的(b)是示出经由光学系统而照射到摄像元件的摄像面时的斯特列尔比的计算结果的图,图8的(c)是在图8的(a)及图8的(b)的虚线的斯特列尔比。

[0031] 图9的(a)至图9的(c)是示出由红色、绿色、或蓝色激光所构成的光线从图像投影装置照射到用户的视网膜时的斯特列尔比的计算结果的图,图9的(d)至图9的(f)是示出经由光学系统而照射到摄像元件的摄像面时的斯特列尔比的计算结果的图。

[0032] 图10的(a)至图10的(c)是示出由红色、绿色、或蓝色激光所构成的光线从图像投影装置照射到用户的视网膜时的RMS波像差的计算结果的图,图10的(d)至图10的(f)是示出经由光学系统而照射到摄像元件的摄像面时的RMS波像差的计算结果的图。

[0033] 图11的(a)是示出将用户的视网膜平面展开时的光线的色偏移的计算结果的图,图11的(b)是示出经由光学系统而照射到摄像元件的摄像面的光线的色偏移的计算结果的图。

[0034] 图12是示出在图11的(a)及图11的(b)的X轴上的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量的图。

[0035] 图13的(a)至图13的(d)是说明摄像元件的分辨率优选为由图像投影装置投影的图像的分辨率以上的理由的图。

[0036] 图14说明图像投影装置的图像投影区域与摄像元件的摄像区域的图。

[0037] 图15是说明摄像元件的1次的曝光时间优选比由图像投影装置投影的图像的帧率的倒数长的理由的图。

[0038] 图16是说明光学系统及摄像部相对于图像投影装置的转动的图。

具体实施方式

[0039] 以下,一面参考附件的图面一面说明本发明的实施例。

[0040] [实施例1]

[0041] 图1是示出与实施例1相关的图像检查装置100的图。如图1,图像检查装置100具有搭载部1、光学系统10、摄像部(摄像照相机)20、及控制部30。摄像部20具有设在壳体22内的摄像元件24。摄像元件24是例如CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor:互补金属氧化物半导体)图像传感器,但也可以是CCD(Charge Coupled Device,电荷耦合器件)图像传感器等其他的情况。光学系统10包含第1凸透镜12、凹透镜14、及第2凸透镜16。第1凸透镜12、凹透镜14、及第2凸透镜16由保持架18保持。保持架18通过固定部件40而固定在摄像部20。

[0042] 搭载部1以可装卸的方式搭载作为图像检查装置100的检查对象的图像投影装置50。图像投影装置50是将图像直接投影到用户的眼球的视网膜的图像投影装置,以让出射的光线70入射光学系统10的方式设置在搭载部1。光学系统10将从图像投影装置50照射的光线70对焦于摄像元件24的平面形状的摄像面24a或摄像面24a附近。控制部30是例如CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)等处理器。控制部30也可以是经设计的专用电路。控制部30通过使CPU等处理器与程序合作而对摄像部20所拍摄的图像数据进行处理,发挥进行图像的变形、分辨率、亮度、图案形状、伽玛特性、对比率、纵横比、及色彩等的图像检

查的检查部32的功能。这些检查可以使用一般已知的方法。并且,控制部30也可以将摄像部20所拍摄的图像数据及/或以检查部32检查的检查数据显示在未图示的显示部(例如液晶显示器)。

[0043] 在此,使用图2而说明图像投影装置50的一例。图2是图像投影装置50的俯视图。图像投影装置50是利用麦克斯韦观察、亦即将用于让用户看见图像的光线直接照射到用户的视网膜的视网膜投影型头戴式显示器。麦克斯韦观察使形成图像的光线在二维方向扫描的扫描光会聚于瞳孔附近,而将图像投影到视网膜。

[0044] 如图2,图像投影装置50具有光源52、第1反射镜54、第2反射镜56、扫描部(扫描仪)58、第3反射镜60、投射部62、控制部64、及图像输入部66。光源52及扫描部58例如配置在眼镜型框架的镜脚42。投射部62例如配置在眼镜型框架的透镜44。控制部64及图像输入部66可以设在眼镜型框架的镜脚42,也可以不设在眼镜型框架而设在外部装置(例如便携终端)。

[0045] 图像输入部66从未图示的照相机、录像设备、及/或图像检查装置100等将图像数据输入。控制部64基于输入的图像数据而控制从光源52的光线70的出射,并控制扫描部58的扫描。光源52在控制部64的控制下,使单一或多个波长的光线70出射。光源52是例如使红色激光(波长:610nm~660nm左右)、绿色激光(波长:515nm~540nm左右)、及蓝色激光(波长:440nm~480nm左右)的可见光线出射。关于使红色、绿色、及蓝色激光出射的光源52,例如是将RGB(红·绿·蓝)各自的激光二极管芯片与3色合成装置集成化的光源。

[0046] 控制部64是例如CPU(Central Processing Unit)等处理器。若将照相机朝向用户的视线方向而设置在图像投影装置50的适当的位置,则可将此照相机所拍摄的视线方向的图像投影到用户的眼球80的视网膜82。并且,也可以将从录像设备等输入的图像投影,或以控制部64将照相机图像与来自录像设备等的图像叠加,而投影所谓虚拟现实(AR: Augmented Reality,扩增实境)图像。

[0047] 扫描部58使从光源52于不同的时间出射的光线70在水平方向及垂直方向的二维方向扫描。扫描部58是例如MEMS(Micro Electro Mechanical System,微机电系统)镜,但也可以是作为电化学材料的钽铌酸锂(KTN)晶体等其他的部件。从光源52出射的光线70在第1反射镜54及第2反射镜56反射而入射到扫描部58。

[0048] 由以扫描部58扫描的光线70所构成的扫描光72因为第3反射镜60而向眼镜型框架的透镜44反射。投射部62配置在眼镜型框架的透镜44的眼球80侧的面。因此,扫描光72入射到投射部62。投射部62是自由曲面、或自由曲面与衍射面的合成构造的半反射镜。在投射部62反射的扫描光72在眼球80的瞳孔86附近会聚后照射到视网膜82的表面。用户通过照射到视网膜82的扫描光72的残像效应而可识别图像,并通过透视而可看到外界像。

[0049] 图3是说明从图像投影装置50照射到摄像元件24的光线70的图。另外,在图3中,将光线70的有限的光束径图示,其中心部分以虚线图示。如图3,包含于扫描光72、在不同的时间出射的多个光线70经由包含第1凸透镜12、凹透镜14、及第2凸透镜16的光学系统10而照射到摄像元件24的摄像面24a。多个光线70因为光学系统10而对焦于摄像元件24的平面形状的摄像面24a或摄像面24a的附近。例如,光线70在第1凸透镜12从大致平行光转换成会聚光,在凹透镜14从会聚光转换成发散光,在第2凸透镜16从发散光再次转换成会聚光,而对焦于摄像面24a或摄像面24a的附近。

[0050] 第1凸透镜12是例如光线70(扫描光72)入射的一侧的面为凸面、出射的一侧的面为平面的平凸透镜。凹透镜14是例如光线70入射的一侧及出射的一侧的双面为凹面的双凹透镜。第2凸透镜16是例如光线70入射的一侧的面为平面、出射的一侧的面为凸面的平凸透镜。第1凸透镜12与凹透镜14例如相接而配置。凹透镜14与第2凸透镜16例如相离而配置。另外,第1凸透镜12与凹透镜14也可以是以比凹透镜14与第2凸透镜16的间隔还要窄的间隔而相离配置。扫描光72在第1凸透镜12的光线70入射的凸面的中心部会聚。入射到第1凸透镜12的凸面时的光线70的直径是例如0.5mm~1mm左右。

[0051] 从第1凸透镜12的凸面到摄像元件24的摄像面24a为止的长度尺寸L相当于将从人的眼球的晶状体的表面到视网膜82的表面为止的长度尺寸考虑眼球的折射率来予以校正后的距离,是例如16mm~17mm左右。另外,第1凸透镜12、第2凸透镜16也可以是光线70入射的一侧及出射的一侧的双面为凸面的双凸透镜。凹透镜14也可以是光线70入射的一侧及出射的一侧的其中一面为凹面、另一面为平面的平凹透镜。

[0052] 在此,说明与比较例相关的图像检查装置500。图4是示出与比较例相关的图像检查装置500的图。如图4,比较例的图像检查装置500具有聚光透镜90、被投影部92、摄像部(摄像照相机)94。聚光透镜90设在被图像投影装置50的投射部62反射的光线70通过的光路上的、扫描光72会聚的位置。被投影部92配置在由聚光透镜90造成的光线70的对焦位置附近。被投影部92呈使聚光透镜90侧开口的半球面形状,以对光线70半透明的材料形成。由于被投影部92对光线70半透明,故将由扫描光72投影的图像予以显示、并让图像透过。

[0053] 通过这样的结构,将光线70聚光的聚光透镜90可视为眼球的晶状体。半球面状的被投影部92可视为眼球的视网膜。亦即,以相当于晶状体的聚光透镜90与相当于视网膜的被投影部92而构成虚拟的眼(假眼)。所以,被投影部92的直径是眼球的一般大小(例如24mm左右)。

[0054] 摄像部94具有摄像元件96。摄像元件96是例如CMOS图像传感器。摄像部94设在对被投影部92而言与聚光透镜90位于相反侧的位置。摄像部94拍摄投影到被投影部92的图像。

[0055] 图5的(a)及图5的(b)是说明在与比较例相关的图像检查装置500发生的课题的图。图5的(b)使用以由图像投影装置50投影的图像的中心为原点的位置坐标来表示。表示坐标的数值的单位是mm。如图5的(a),当以摄像部94对投影到被投影部92的图像进行拍摄的情况下,摄像部94在从光线70的照射位置朝摄像元件96的摄像面96a垂直投影的位置、亦即垂直投影位置97,检测出照射到被投影部92的光线70。然而,人识别的是将大致球面状的视网膜表面予以平面展开而投影到视网膜的图像。因此,当在垂直投影到摄像元件96的摄像面96a的垂直投影位置97检测出照射到被投影部92的光线70的情况下,难以说是良好地检查由图像投影装置50投影的图像。换句话说,若不是在将被投影部92平面展开时的光线70的位置、亦即平面展开位置98检测出光线70,则难以良好地检查由图像投影装置50投影的图像。

[0056] 因为与视网膜对应的被投影部92是半球面状,故如图5的(b),与将照射到被投影部92的光线70朝摄像元件96的摄像面96a垂直投影的位置、亦即垂直投影坐标(三角符号)相比,将被投影部92平面展开时的光线70的位置、亦即平面展开坐标(圆符号)朝外侧扩张。例如,当由图像投影装置50投影左右方向的视角为全角40°以上的图像76的情况下,在图像

76的左右方向的边缘附近,平面展开坐标与垂直投影坐标的差变大。另外,就上下方向的视角大的图像而言,在图像的上下方向的边缘附近,平面展开坐标与垂直投影坐标的差变大。如此,比较例的图像检查装置500难以良好地检查由图像投影装置50投影到用户的视网膜的图像。

[0057] 图6的(a)及图6的(b)是说明与实施例1相关的图像检查装置100的效果的图。如图6的(a),假设在摄像元件24的摄像面24a的搭载部1方向(换句话说是在摄像面24a的前方)存在视网膜82时,设由图像投影装置50在不同的时间出射而照射到视网膜82的光线为光线71。设多个光线71中的在图像76的边缘附近的光线之一为光线71a,设关于图像76的中心与光线71a对称的光线为光线71b。设照射到视网膜82的光线71a垂直投影到摄像面24a的位置为垂直投影位置73a,设将照射到视网膜82的光线71b垂直投影到摄像面24a的位置为垂直投影位置75a。设将视网膜82平面展开而使视网膜82的表面与摄像面24a一致时的在摄像面24a的光线71a的位置为平面展开位置73b、光线71b的位置为平面展开位置75b。

[0058] 如图6的(b),设经由光学系统10而照射到摄像元件24的摄像面24a的多个光线70中的与图6的(a)的光线71a对应的光线70a在摄像面24a的位置为照射位置78a,设与光线71b对应的光线70b在摄像面24a的位置为照射位置78b。此时,通过适当地设计构成光学系统10的各透镜的曲率等光学特性及各透镜间的距离等,而使照射位置78a比垂直投影位置73a更接近平面展开位置73b,使照射位置78b比垂直投影位置75a更接近平面展开位置75b。

[0059] 如此,在实施例1,光学系统10具有如下的光学特性:使多个光线70中的与光线71a对应的光线70a照射到摄像面24a的照射位置78a,比将光线71a从视网膜82垂直投影到摄像面24a的垂直投影位置73a还要接近将视网膜82平面展开时的平面展开位置73b。由此,可良好地检查由图像投影装置50投影的图像。

[0060] 并且,光学系统10具有如下的光学特性:使照射位置78a比垂直投影位置73a还要接近平面展开位置73b,且,使多个光线70中的与光线71b对应的光线70b照射到摄像面24a的照射位置78b,比将光线71b从视网膜82垂直投影到摄像面24a的垂直投影位置75a还要接近将视网膜82平面展开时的平面展开位置75b。由此,可良好地检查由图像投影装置50投影的图像。

[0061] 虽然在图6的(b)中,以照射位置78a位于垂直投影位置73a与平面展开位置73b之间的情况为例而示出,以照射位置78b位于垂直投影位置75a与平面展开位置75b之间的情况为例而示出,但并非限定于此情况。照射位置78a也可以是在对平面展开位置73b而言与垂直投影位置73a位于相反侧的位置,照射位置78b也可以是在对平面展开位置75b而言与垂直投影位置75a位于相反侧的位置。

[0062] 从良好地检查图像这点而言,照射位置78a与平面展开位置73b的中心间隔优选为垂直投影位置73a与平面展开位置73b的中心间隔的 $1/2$ 以下,更优选为 $1/3$ 以下,更加优选为 $1/4$ 以下。同样地,照射位置78b与平面展开位置75b的中心间隔优选为垂直投影位置75a与平面展开位置75b的中心间隔的 $1/2$ 以下,更优选为 $1/3$ 以下,更加优选为 $1/4$ 以下。

[0063] 图7是示出照射到摄像元件24的摄像面24a的光线70的位置、和将视网膜82平面展开时的在摄像面24a的光线71的位置的计算结果的图。图7使用以由图像投影装置50投影的图像的中心为原点的位置坐标来表示。表示坐标的数值的单位是mm。并且,图7是使用表1的规格的第1凸透镜12、凹透镜14、及第2凸透镜16的情况下的计算结果(另外,以下显示的图8

~图12是使用同规格的透镜的计算结果)。

[0064] [表1]

	入射面 曲率半径 (mm)	入射面 曲率半径 (mm)	中心厚度 (mm)	硝材	折射率 Nd	阿贝数 v _d
[0065] 第1凸透镜12	7.73	∞	1.6	S-LAL8	1.713	53.87
凹透镜14	-12.08	11.21	1.0	S-TIH10	1.728	28.46
第2凸透镜16	∞	-8.43	1.4	S-LAM61	1.720	46.02

[0066] 如表1,关于第1凸透镜12,入射面的曲率半径为7.73mm,出射面的曲率半径为无限大,中心的厚度为1.6mm,硝材为小原公司制的S-LAL8,折射率为1.713,阿贝数为53.87。关于凹透镜14,入射面的曲率半径为-12.08mm,出射面的曲率半径为11.21mm,中心的厚度为1.0mm,硝材为小原公司制的S-TIH10,折射率为1.728,阿贝数为28.46。关于第2凸透镜16,入射面的曲率半径为无限大,出射面的曲率半径为-8.43mm,中心的厚度为1.4mm,硝材为小原公司制的S-LAM61,折射率为1.720,阿贝数为46.02。并且,第1凸透镜12与凹透镜14的中心的间隔为0.39mm,凹透镜14与第2凸透镜16的中心的间隔为2.76mm,第2凸透镜16的中心与摄像面24a的间隔为14.79mm。

[0067] 如图7,通过适当地设计构成光学系统10的各透镜的曲率等光学特性及各透镜间的距离,而遍及由图像投影装置50投影的图像76的整体,使光线70照射到摄像面24a的位置、亦即照射位置坐标(菱形符号)、和将视网膜82平面展开时的在摄像面24a的光线71的位置、亦即平面展开坐标(圆符号)大致一致。另外,大致一致是指如下的情况:光线70的在摄像面24a的点区域中的50%以上的区域与将视网膜82平面展开时的在摄像面24a的光线71的点区域重叠。

[0068] 如此,光学系统10优选具有如下的光学特性:使光线70a照射到摄像面24a的照射位置78a、和当将视网膜82平面展开而使视网膜82的表面与摄像面24a一致时的在摄像面24a的光线71a的平面展开位置73b大致一致。并且,光学系统10优选具有如下的光学特性:使光线70b照射到摄像面24a的照射位置78b、和当将视网膜82平面展开而使视网膜82的表面与摄像面24a一致时的在摄像面24a的光线71b的平面展开位置75b大致一致。由此,可更良好地检查由图像投影装置50投影的图像。

[0069] 并且,光学系统10优选具有如下的光学特性:使多个光线70照射到摄像面24a的多个照射位置的全部,与将视网膜82平面展开而使视网膜82的表面与摄像面24a一致时的在摄像面24a的多个光线71的多个平面展开位置中的对应的平面展开位置大致一致。由此,可更加良好地检查由图像投影装置50投影的图像。另外,也可以是如下的情况:多个光线70照射到摄像面24a的多个照射位置的80%以上与当将视网膜82平面展开时的在摄像面24a的多个光线71的多个平面展开位置中的对应的平面展开位置大致一致。也可以是如下的情况:多个光线70照射到摄像面24a的多个照射位置的90%以上与当将视网膜82平面展开时的在摄像面24a的多个光线71的多个平面展开位置中的对应的平面展开位置大致一致。

[0070] 从良好地检查图像这点而言,优选使多个光线70的摄像面24a的点区域中的70%以上的区域与当将视网膜82平面展开时的在摄像面24a的光线71的点区域重叠,更优选使80%以上的区域重叠,更加优选使90%以上的区域重叠。

[0071] 并且,图像检查装置100中,适当地设计构成光学系统10的各透镜的曲率等光学特性及各透镜间的距离,而使由图像投影装置50投影到摄像元件24的摄像面24a的图像的像差接近由图像投影装置50投影到用户的视网膜82的图像的像差。对此进行说明。图8的(a)是示出由绿色激光所构成的光线71从图像投影装置50照射到用户的视网膜82时的斯特列尔比的计算结果的图。图8的(b)是示出由绿色激光所构成的光线70从图像投影装置50经由光学系统10照射到摄像元件24的摄像面24a时的斯特列尔比的计算结果的图。在此,斯特列尔比是所照射的激光的强度分布的最大强度比,若将斯特列尔比设为 S 、将波长设为 λ 、将波像差的RMS(均方根)值设为 W ,则通过 $S=1-(2\pi/\lambda)^2 \times W^2$ 来计算。图8的(c)是在图8的(a)及图8的(b)的虚线处的斯特列尔比。在图8的(a)及图8的(b),示出以由图像投影装置50投影的图像的中心为原点的扫描部的扫描角度。坐标轴是扫描角的角度(°)。

[0072] 如图8的(a)至图8的(c),适当地设计构成光学系统10的各透镜的曲率等光学特性及各透镜间的距离,而使绿色激光(波长:520nm)照射到摄像元件24的摄像面24a时的斯特列尔比与绿色激光照射到视网膜82时的斯特列尔比大致一致。亦即,通过适当地设计光学系统10,而将图像的中央部的斯特列尔比高、周边部的斯特列尔比低的倾向在摄像元件24的摄像面24a重现。

[0073] 图9的(a)至图9的(c)是示出由红色、绿色、或蓝色激光所构成的光线71从图像投影装置50照射到用户的视网膜82时的斯特列尔比的计算结果的图。图9的(d)至图9的(f)是示出由红色、绿色、或蓝色激光所构成的光线70从图像投影装置50经由光学系统10而照射到摄像元件24的摄像面24a时的斯特列尔比的计算结果的图。在图9的(a)至图9的(f),示出以由图像投影装置50投影的图像的中心为原点的扫描部的扫描角度。坐标轴是扫描角的角度(°)。

[0074] 如图9的(b)及图9的(e),适当地设计构成光学系统10的各透镜的曲率等光学特性及各透镜间的距离,而使绿色激光照射到摄像元件24的摄像面24a时的斯特列尔比与绿色激光照射到视网膜82时的斯特列尔比大致一致。

[0075] 通过使绿色激光的斯特列尔比在摄像面24a与视网膜82大致一致,如图9的(a)及图9的(d),蓝色激光(波长:450nm)照射到摄像面24a时的斯特列尔比呈现出与蓝色激光照射到视网膜82时的斯特列尔比相同的倾向。亦即,图像的中央部的斯特列尔比高、周边部的斯特列尔比低的倾向在摄像面24a重现。同样地,如图9的(c)及图9的(f),红色激光(波长:640nm)照射到摄像面24a时的斯特列尔比呈现出与红色激光照射到视网膜82时的斯特列尔比相同的倾向。亦即,图像的中央部的斯特列尔比高、周边部的斯特列尔比低的倾向在摄像面24a重现。

[0076] 如图9的(d)至图9的(f),光学系统10优选具有如下的光学特性:使以摄像元件24拍摄的图像的中央部的斯特列尔比高于端部的斯特列尔比。由此,可良好地检查由图像投影装置50投影的图像。

[0077] 并且,光学系统10优选具有如下的光学特性:使绿色激光照射到摄像面24a时的斯特列尔比与绿色激光照射到视网膜82时的斯特列尔比的差异,比蓝色激光照射到摄像面24a时的斯特列尔比与蓝色激光照射到视网膜82时的斯特列尔比的差异小。并且,光学系统10优选具有如下的光学特性:使绿色激光照射到摄像面24a时的斯特列尔比与绿色激光照射到视网膜82时的斯特列尔比的差异,比红色激光照射到摄像面24a时的斯特列尔比与红

色激光照射到视网膜82时的斯特列尔比的差异小。绿色激光的波段位于蓝色激光的波段与红色激光的波段之间。所以,可通过使绿色激光的在摄像面24a的斯特列尔比与在视网膜82的斯特列尔比的差异变小,而使蓝色及红色激光的在摄像面24a的斯特列尔比与在视网膜82的斯特列尔比的差异变小。因此,可良好地检查由图像投影装置50投影的图像。

[0078] 图10的(a)至图10的(c)是示出由红色、绿色、或蓝色激光所构成的光线71从图像投影装置50照射到用户的视网膜82时的RMS波像差的计算结果的图。图10的(d)至图10的(f)是示出由红色、绿色、或蓝色激光所构成的光线70从图像投影装置50经由光学系统10而照射到摄像元件24的摄像面24a时的RMS波像差的计算结果的图。在图10的(a)至图10的(f),示出以由图像投影装置50投影的图像的中心为原点的扫描部的扫描角度。坐标轴是扫描角的角度(°)。

[0079] 如图10的(b)及图10的(e),通过适当地设计构成光学系统10的各透镜的曲率等光学特性及各透镜间的距离,而使绿色激光(波长:520nm)照射到摄像元件24的摄像面24a时的RMS波像差与绿色激光照射到视网膜82时的RMS波像差大致一致。亦即,将图像的中央部的RMS值小、周边部的RMS值大的倾向在摄像元件24的摄像面24a重现。

[0080] 通过使绿色激光的RMS波像差在摄像面24a与视网膜82大致一致,如图10的(a)及图10的(d),蓝色激光(波长:450nm)照射到摄像面24a时的RMS值呈现出与蓝色激光照射到视网膜82时的RMS值相同的倾向。亦即,图像的中央部的RMS值小、周边部的RMS值大的倾向在摄像面24a重现。同样地,如图10的(c)及图10的(f),红色激光(波长:640nm)照射到摄像面24a时的RMS值呈现出与红色激光照射到视网膜82时的RMS值相同的倾向。亦即,将图像的中央部的RMS值小、周边部的RMS值大的倾向在摄像面24a重现。

[0081] 如图10的(d)至图10的(f),光学系统10也可以具有如下的特性:使以摄像元件24拍摄的图像的中央部的RMS波像差比端部的RMS波像差小。

[0082] 接着,说明由图像投影装置50照射到摄像元件24的摄像面24a的多个光线70的各自的色偏移。图11的(a)是示出将用户的视网膜82平面展开时的光线71的色偏移的计算结果的图,图11的(b)是示出经由光学系统10而照射到摄像元件24的摄像面24a的光线70的色偏移的计算结果的图。在图11的(a)及图11的(b),示出以由图像投影装置50投影的图像的中心为原点的扫描部的扫描角度。坐标轴是扫描角的角度(°)。

[0083] 如图11的(a)及图11的(b),通过适当地设计构成光学系统10的各透镜的曲率等光学特性及各透镜间的距离,而在从图像投影装置50照射到视网膜82的多个光线71、与从图像投影装置50照射到摄像元件24的摄像面24a的多个光线70中,使相对应的光线的红色激光R、绿色激光G、及蓝色激光B的位置偏移的倾向一致。亦即,照射到视网膜82的多个光线71越远离原点则红色激光R的位置越相对于绿色激光G而朝外侧偏移、蓝色激光B的位置越相对于绿色激光G而朝内侧偏移,此倾向在摄像元件24的摄像面24a重现。

[0084] 图12是示出在图11的(a)及图11的(b)的X轴上的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量的图。在图12,照射到摄像元件24的摄像面24a的绿色激光G与蓝色激光B的位置偏移量是以粗线示出,照射到视网膜82的绿色激光G与蓝色激光B的位置偏移量是以细线示出。并且,将各自的位置偏移量的差以虚线示出。另外,绿色激光G与蓝色激光B的位置偏移量是绿色激光G的中心位置与蓝色激光B的中心位置的差。

[0085] 如图12,越远离原点,则在摄像元件24的摄像面24a的绿色激光与蓝色激光的位置

偏移量、和在视网膜82的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量的差越大。在扫描角度为 10° 的位置,在摄像元件24的摄像面24a的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量、和在视网膜82的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量的差是 $6\mu\text{m}$ 左右。

[0086] 表2示出在图11的(a)及图11的(b)的点A至点E的照射到摄像元件24的摄像面24a的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量、和照射到视网膜82的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量的差。并且,表2示出在图11的(a)及图11的(b)的点A至点E的照射到摄像元件24的摄像面24a的红色激光与绿色激光的位置偏移量、和照射到视网膜82的红色激光与绿色激光的位置偏移量的差。

[0087] [表2]

位置	绿色激光与蓝色激光的位置偏移量的差 $[\mu\text{m}]$		红色激光与绿色激光的位置偏移量的差 $[\mu\text{m}]$	
A	0		0	
B	-5.15		-7.89	
C	6.24		8.35	
D	6.12		6.12	
E	12.32		12.32	

[0089] 如表2,在摄像元件24的摄像面24a的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量、和在视网膜82的绿色激光与蓝色激光的位置偏移量的差是 $12.32\mu\text{m}$ 以下,大致在 $13\mu\text{m}$ 以下。同样地,在摄像元件24的摄像面24a的红色激光与绿色激光的位置偏移量、和在视网膜82的红色激光与绿色激光的位置偏移量的差是 $12.32\mu\text{m}$ 以下,大致在 $13\mu\text{m}$ 以下。例如,当从图像投影装置50入射到用户的眼球80的角膜时的光线的直径为 0.5mm 左右的情况下,在视网膜82的点直径是 $40\mu\text{m}$ 左右。因此,即便在投影图像的周边有 $13\mu\text{m}$ 左右的位置偏移量的差,对检查由图像投影装置50投影的图像的质量而言也影响小。

[0090] 如图11的(a)及图11的(b),光学系统10优选具有如下的光学特性:使多个光线70照射到摄像元件24的摄像面24a时的红色激光及蓝色激光相对于绿色激光的位置偏移方向、与多个光线71照射到用户的视网膜82时的红色激光及蓝色激光相对于绿色激光的位置偏移方向相同。由此,可良好地检查由图像投影装置50投影的图像。

[0091] 虽然图3所示的例子是光学系统10包含从扫描光72入射侧起依序排列的第1凸透镜12、凹透镜14、及第2凸透镜16的情况,但也可以是其他情况。当光学系统10由第1凸透镜12、凹透镜14、及第2凸透镜16这3个透镜构成的情况下,可使光学系统10的构成简化。虽然所示的例子是扫描光72在第1凸透镜12的凸面会聚的情况,但也可以是其他情况。只要光学系统10设在扫描光72的会聚位置即可。

[0092] 摄像元件24的分辨率优选为由图像投影装置50投影的图像的分辨率以上。图13的(a)至图13的(d)是说明摄像元件24的分辨率优选为由图像投影装置50投影的图像的分辨率以上的理由的图。图13的(a)是示出由图像投影装置50投影到摄像元件24的摄像面24a的图像的图,图13的(b)至图13的(d)是示出由摄像元件24拍摄的图像的图。另外,在图13的(a)至图13的(d),由图像投影装置50投影的黑白图像的彩度(浓淡)是通过阴影的浓度来表示。

[0093] 如图13的(a),在图像投影装置50的图像投影区域68内投影有黑图案46的图像。在黑图案46之间是未被图像投影装置50照射光线70、未被投影图案的区域。如图13的(b),当摄像元件24的分辨率比由图像投影装置50投影的图像的分辨率低的情况下,发生黑图案46

的一部分未被周期性地拍摄的情形、及拍摄到黑图案46的彩度(浓淡)未被正确反映的黑图案46a的情形。如图13的(c),当摄像元件24的分辨率与由图像投影装置50投影的图像的分辨率同等的情况下,黑图案46的一部分未被拍摄的情形受到抑制。如图13的(d),当摄像元件24的分辨率是由图像投影装置50投影的图像的分辨率的2倍的情况下,可更正确地反映黑图案46的彩度(浓淡)而拍摄。

[0094] 如此,通过使摄像元件24的分辨率是由图像投影装置50投影的图像的分辨率以上,可抑制由图像投影装置50投影的图像的一部分无法用摄像元件24拍摄的情形。从更正确地反映由图像投影装置50投影的图像的浓淡而拍摄的观点而言,摄像元件24的分辨率优选为由图像投影装置50投影的图像的分辨率的2倍以上,更优选为3倍以上,更加优选为4倍以上。

[0095] 图14是说明图像投影装置50的图像投影区域68与摄像元件24的摄像区域26的图。如图14,为了用摄像元件24拍摄由图像投影装置50投影的图像,摄像元件24的摄像区域26优选比图像投影装置50的图像投影区域68大。例如,摄像区域26的纵边的长度优选为图像投影区域68的纵边的长度的1.2倍以上,更优选为1.5倍以上,更加优选为1.8倍以上。同样地,摄像区域26的横边的长度优选为图像投影区域68的横边的长度的1.2倍以上,更优选为1.5倍以上,更加优选为1.8倍以上。

[0096] 摄像元件24是以1次或多次的连续的曝光时间来拍摄由图像投影装置50投影的图像,1次的连续的曝光时间优选比由图像投影装置50投影的图像的帧率的倒数长。例如,当由图像投影装置50投影的图像的帧率为60fps的情况下,摄像元件24的1次的连续的曝光时间优选比1/60秒长,当图像的帧率为30fps的情况下,优选比1/30秒长。

[0097] 图15是说明摄像元件24的1次的曝光时间优选比由图像投影装置50投影的图像的帧率的倒数长的理由的图。如图15,当摄像元件24的1次的曝光时间A比以图像投影装置50投影的图像的帧率的倒数短的情况下,发生无法拍摄整个图像的情形。另一方面,通过使摄像元件24的1次的曝光时间B比以图像投影装置50投影的图像的帧率的倒数长,可抑制从投影的图像的中途开始拍摄且在中途结束拍摄而未拍摄整个图像的情形。从拍摄以图像投影装置50投影的整个图像的观点而言,摄像元件24的1次的曝光时间优选为以图像投影装置50投影的图像的帧率的倒数的2倍以上,更优选为尽可能地长。

[0098] 另外,也可以通过有线、无线的通讯手段等而连接图像投影装置50与图像检查装置100的控制部30,由此,使图像投影装置50的图像的投影时机与摄像元件24的拍摄时机(水平同步、垂直同步等)同步,而用摄像元件24拍摄用图像投影装置50投影的图像。此情况下,因为使图像投影时机与拍摄时机同步,故可由摄像元件24拍摄1帧量、或多帧的图像。

[0099] 图16是说明光学系统10及摄像部20相对于图像投影装置50的转动的图。如图16,也可以使光学系统10及摄像部20能以从图像投影装置50的投射部62投射的扫描光72的会聚点74(在实施例1中是第1凸透镜12的光线70入射的凸面部分)为中心来相对于图像投影装置50而转动。光学系统10及摄像部20相对于图像投影装置50的转动可以是左右方向的转动、上下方向的转动、或上下左右方向的转动。用户要观看由图像投影装置50投影到视网膜的图像的周边部分时,将视线移动而观看图像的周边部分。所以,为了良好地检查用户的视线移动时的图像,光学系统10及摄像部20优选能以从图像投影装置50照射的扫描光72会聚的位置为中心来相对于图像投影装置50而转动。

[0100] 光学系统10及摄像部20的相对于图像投影装置50的相对转动可以通过将光学系统10及摄像部20承载于载台48上、使此载台48旋转而进行,也可以通过其他方法而进行。光学系统10及摄像部20的转动可以通过检查者以手动使载台48运动而进行,也可以通过检查者对控制部30下指示、由控制部30使载台48运动而进行。

[0101] 虽然以上详细叙述了本发明的实施例,但本发明并非限定于关联的特定的实施例,可在权利要求书所记载的本发明的主旨的范围内进行各式各样的变形、变更。

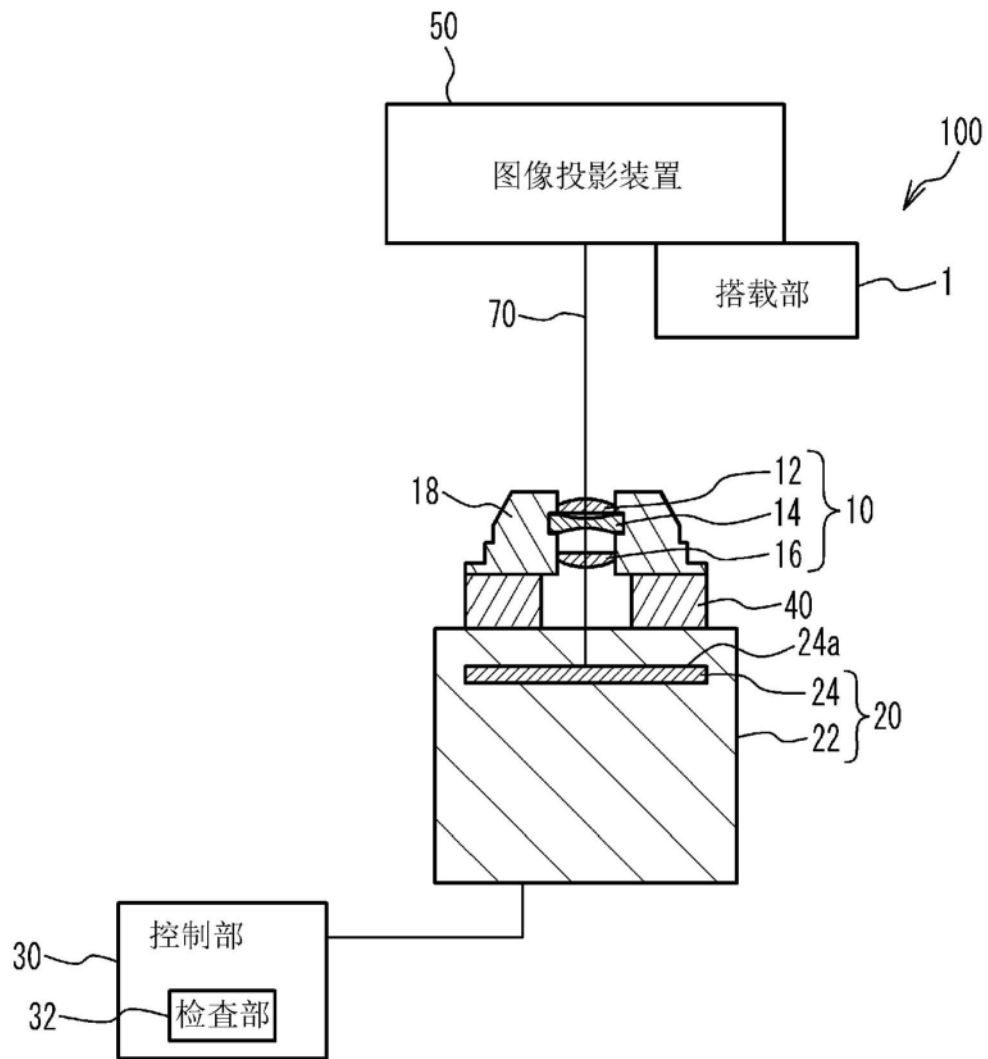


图1

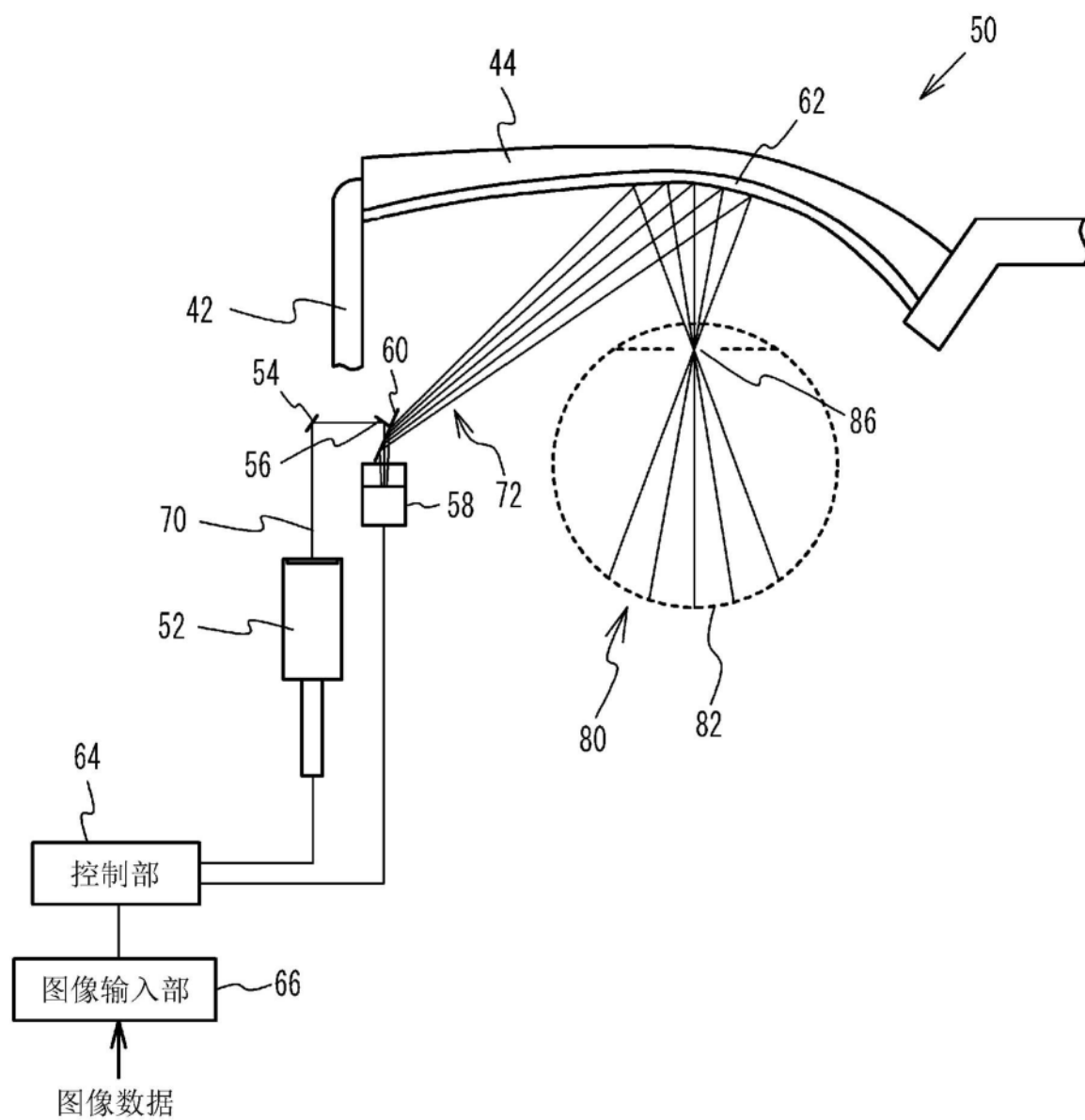


图2

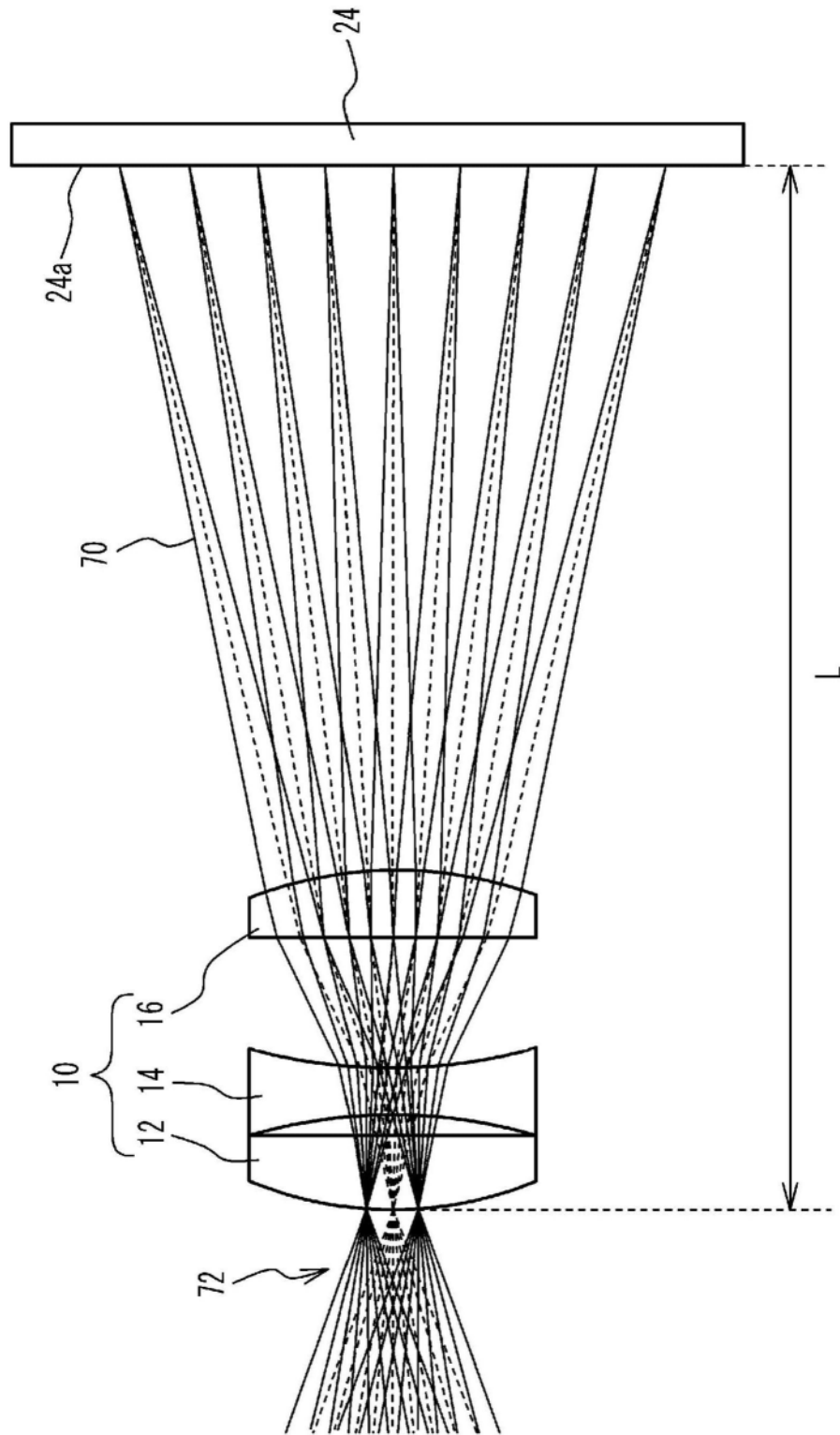


图3

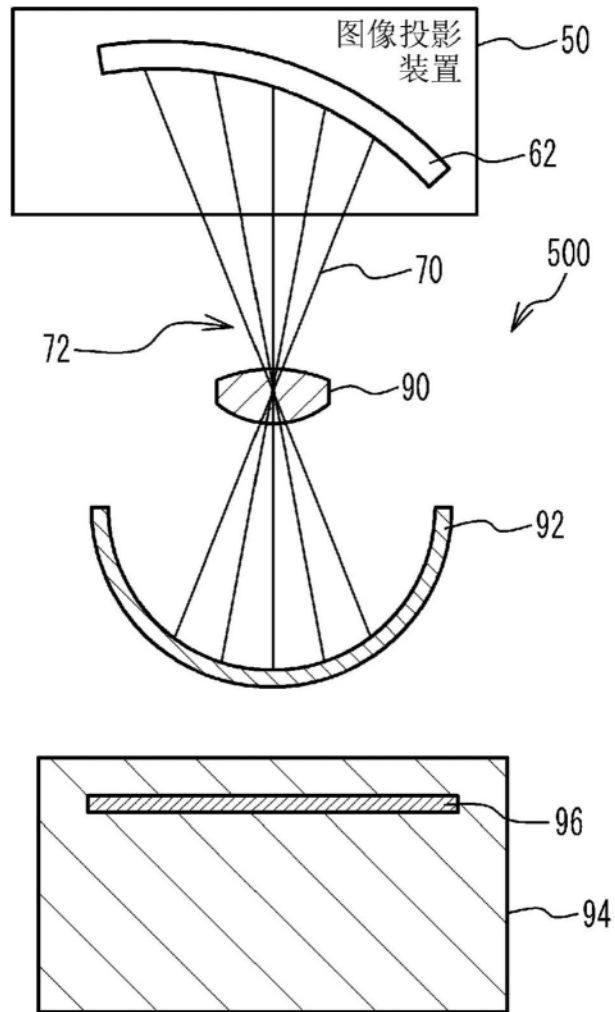
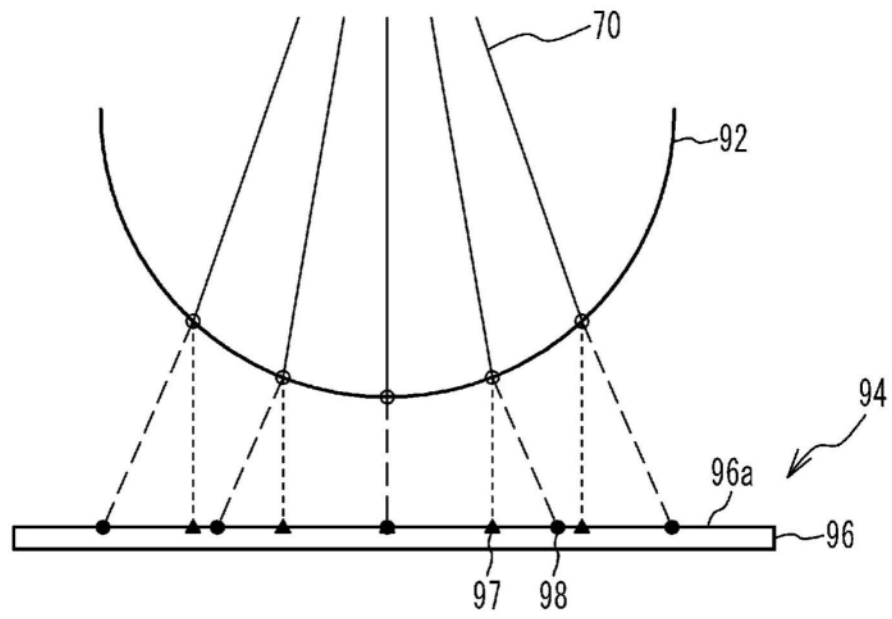


图4

(a)



(b)

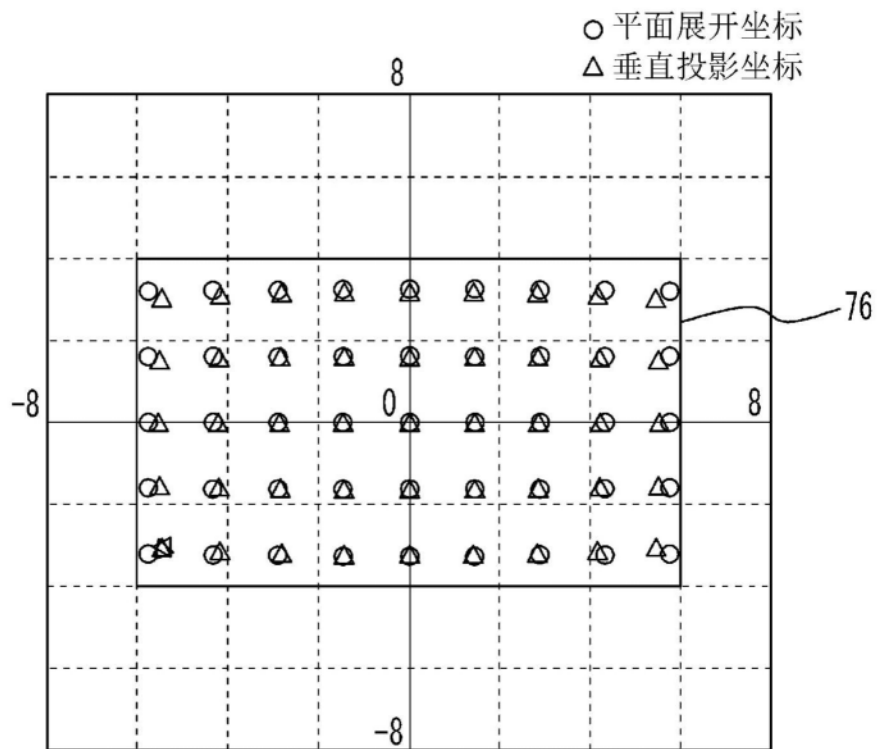


图5

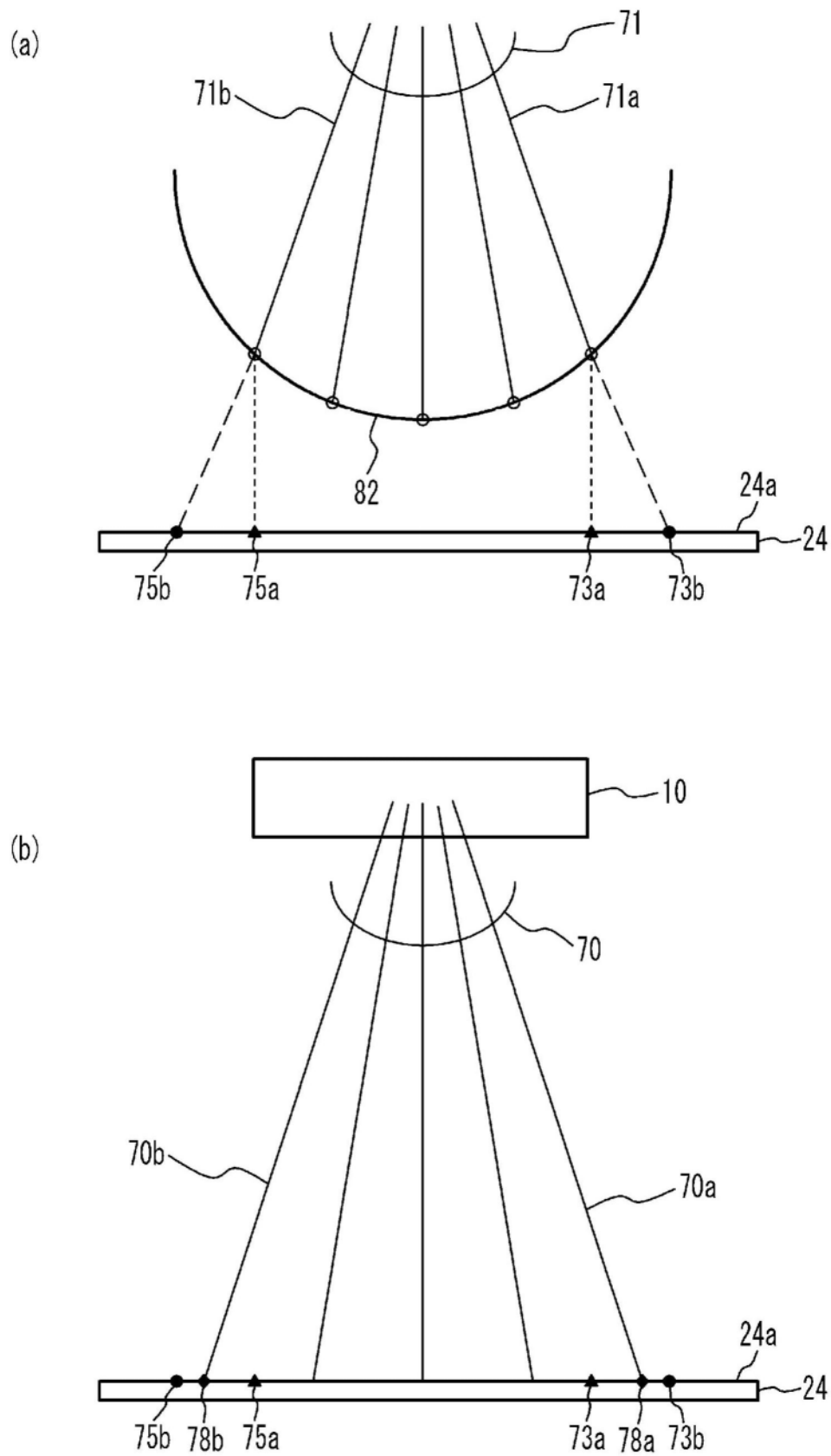


图6

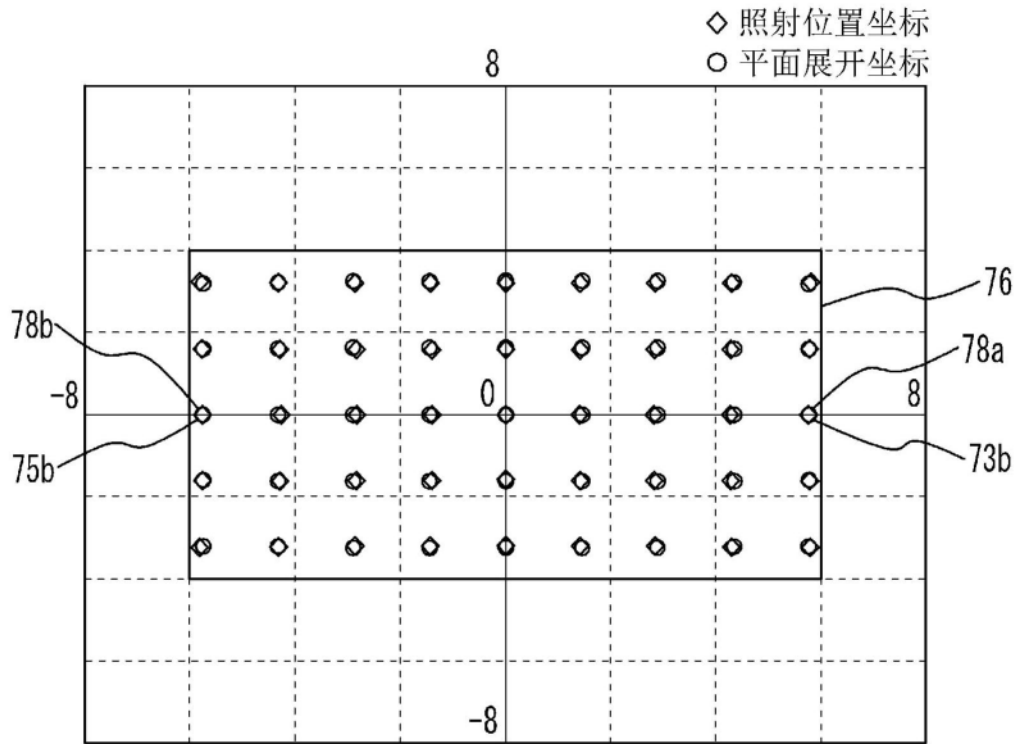


图7

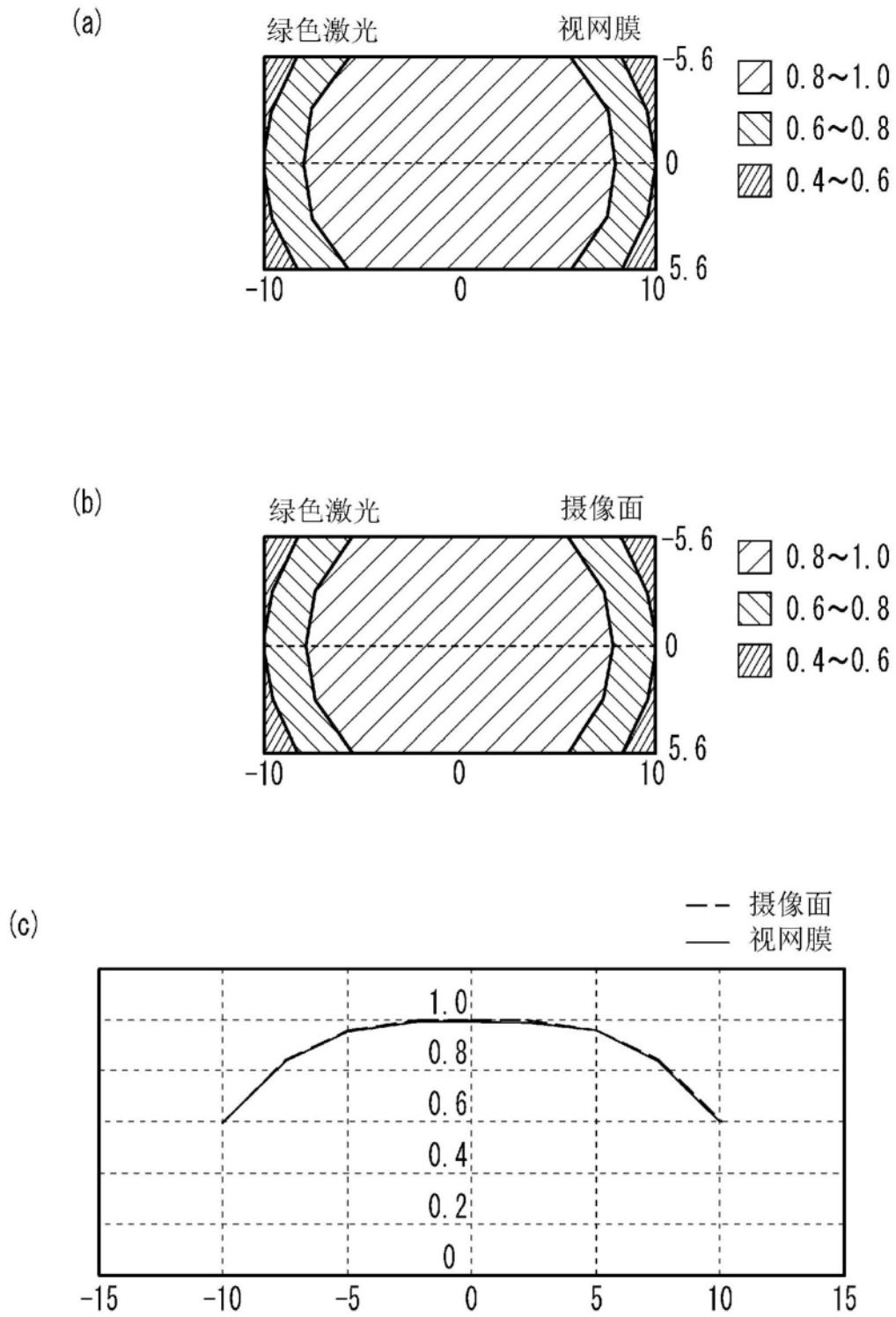


图8

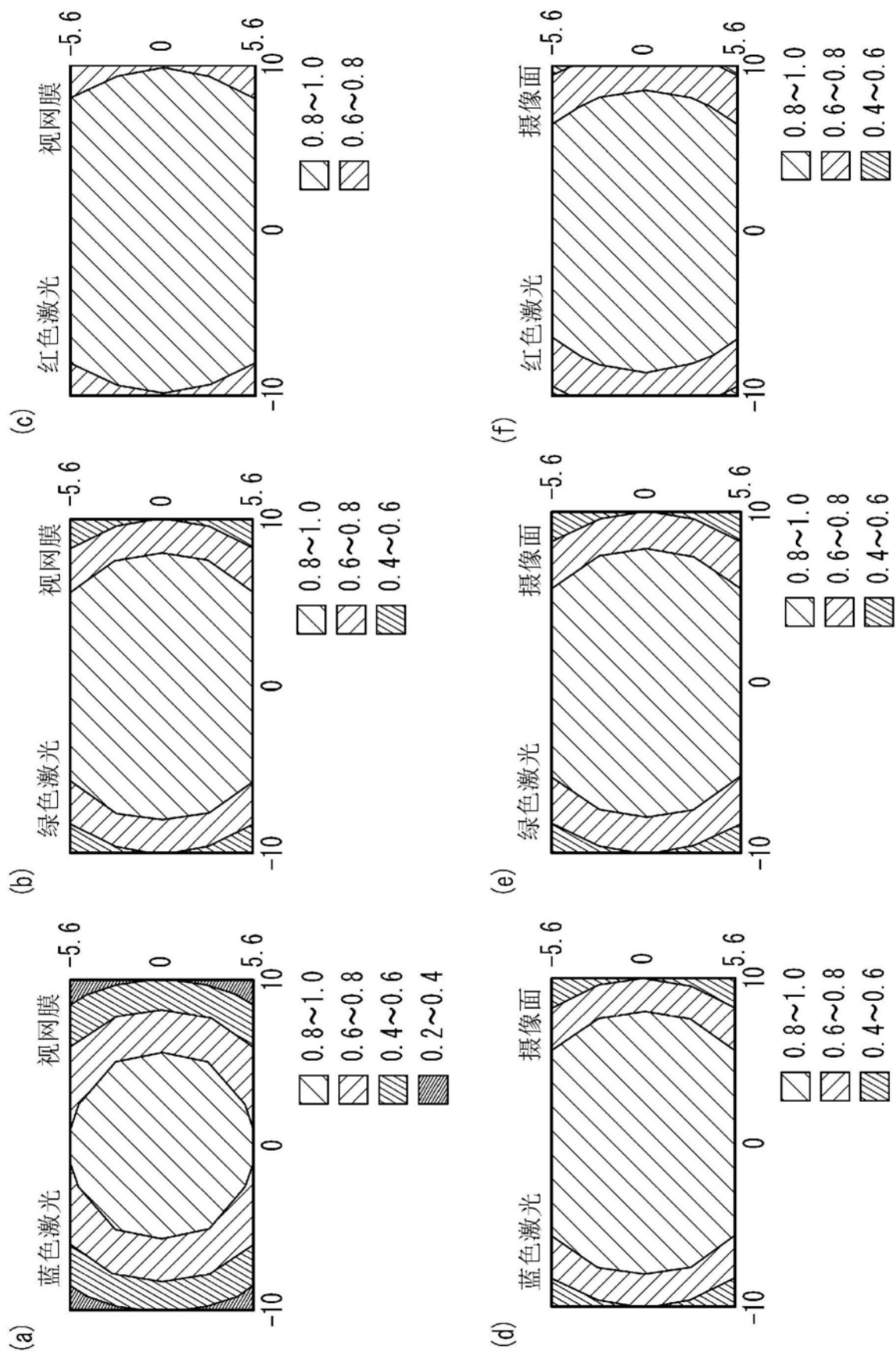


图9

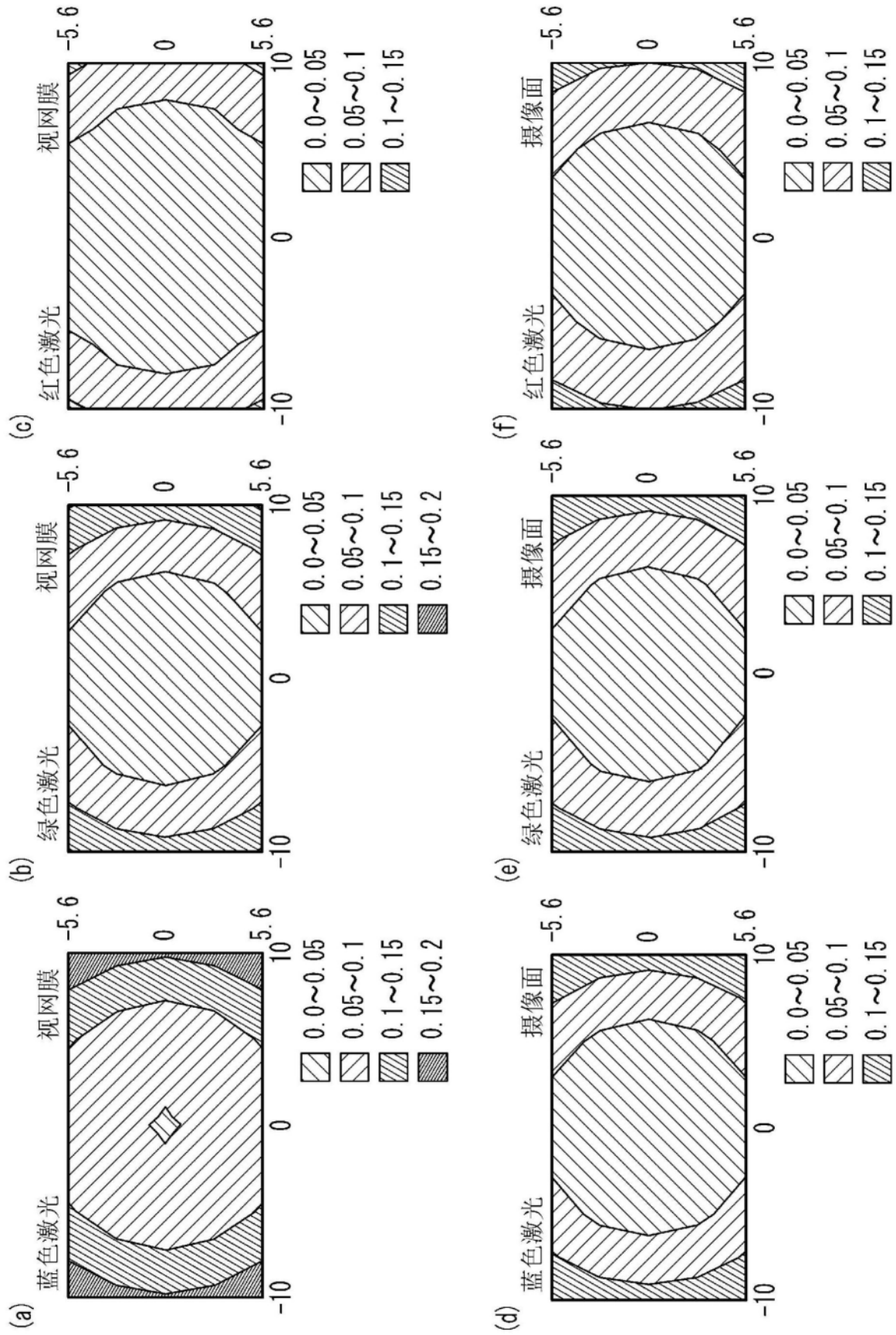


图10

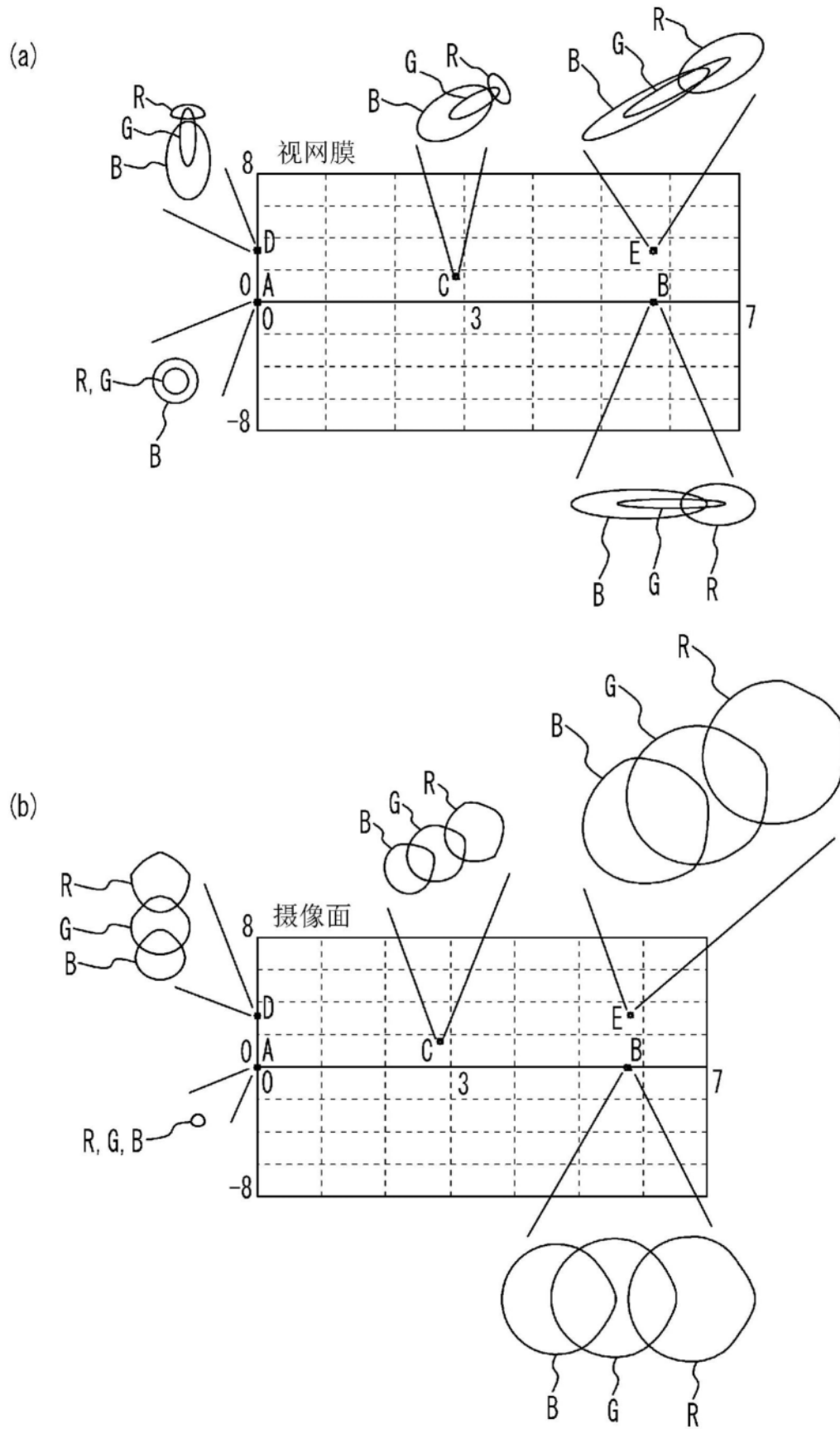


图11

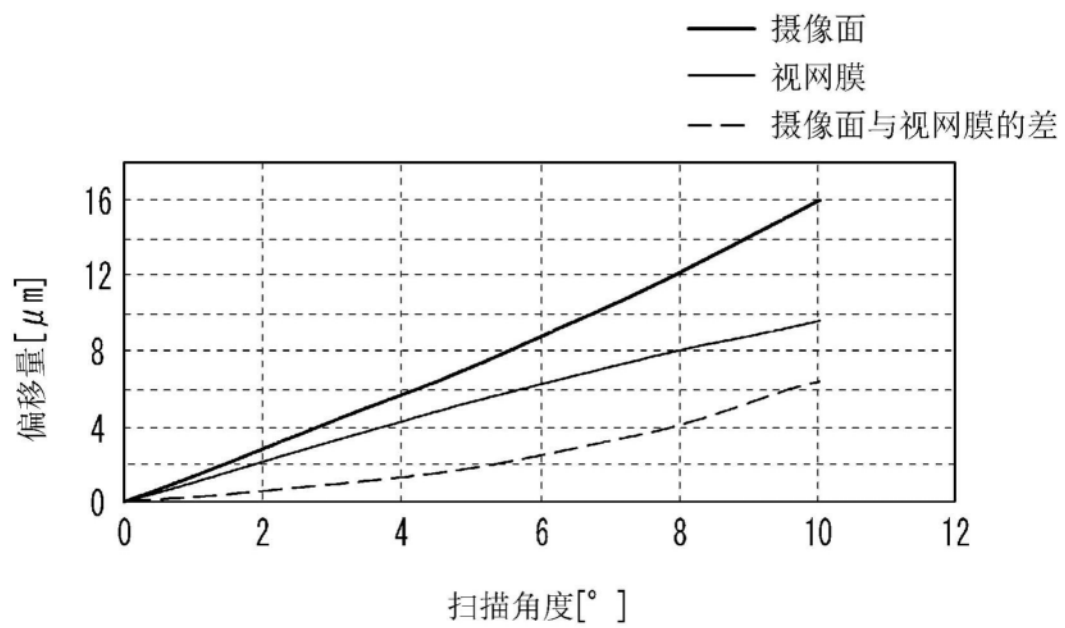


图12

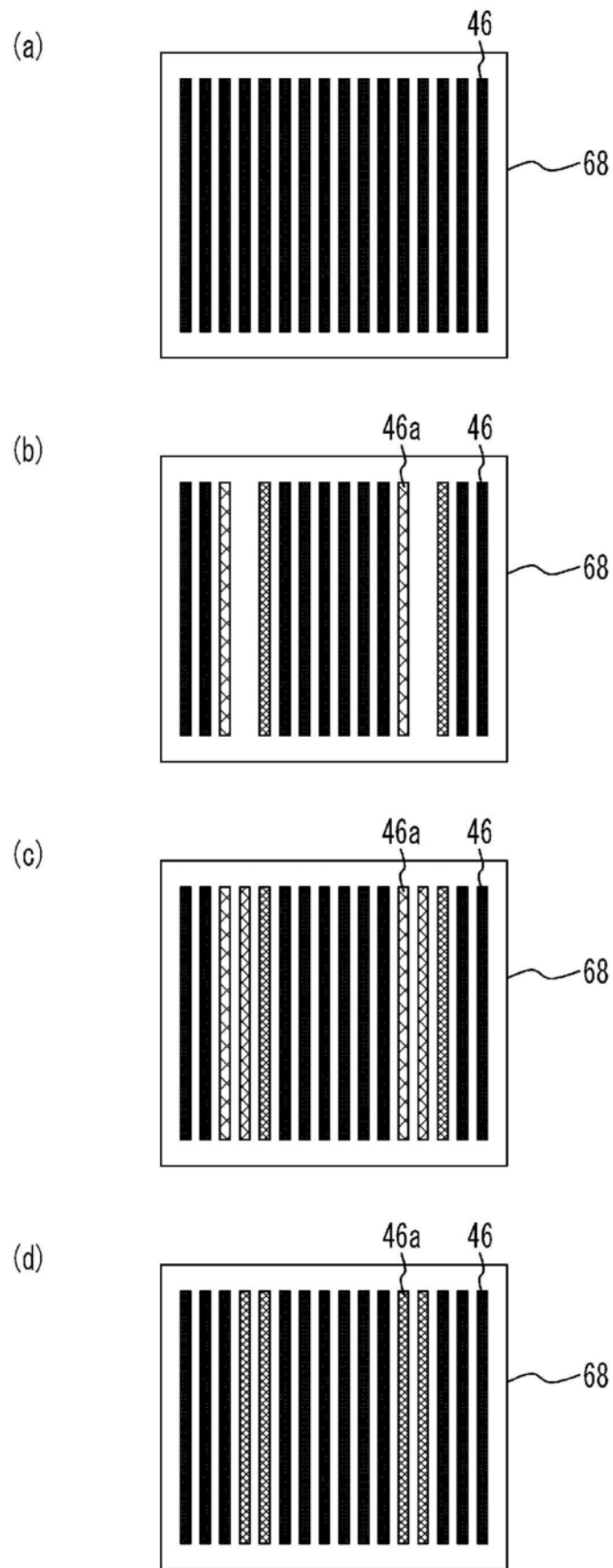


图13

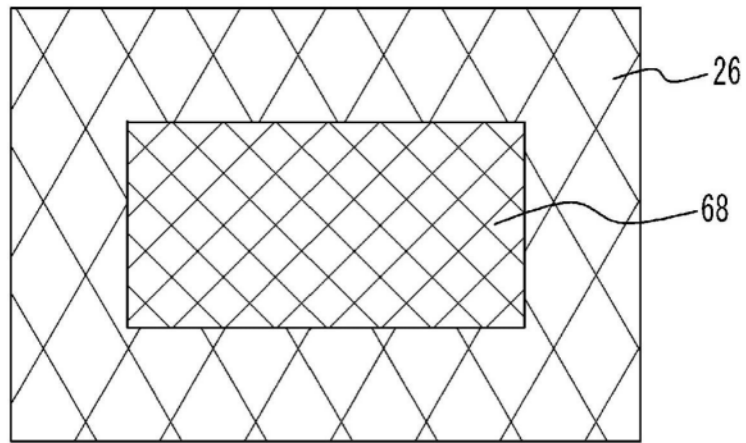


图14

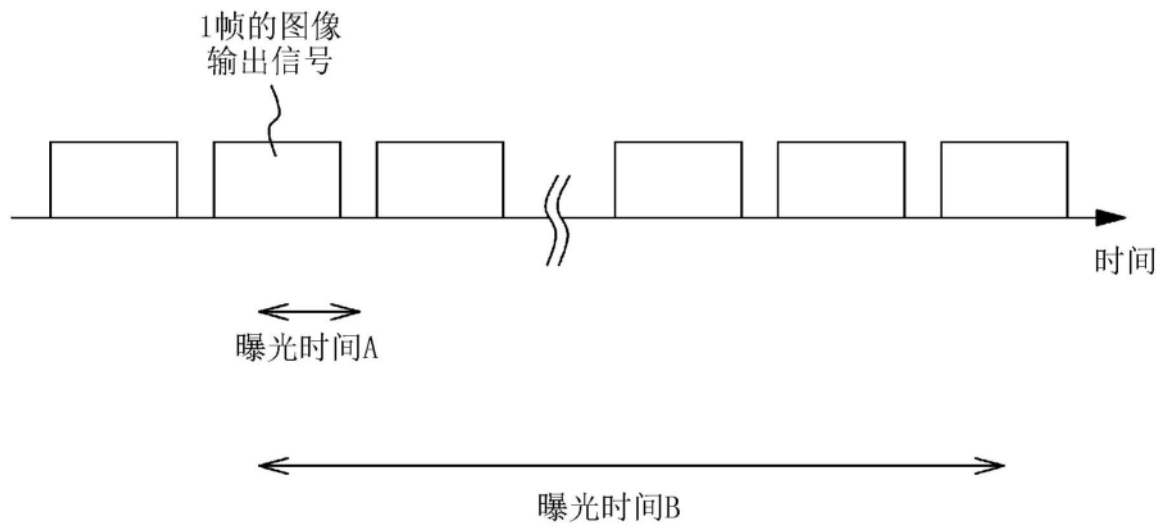


图15

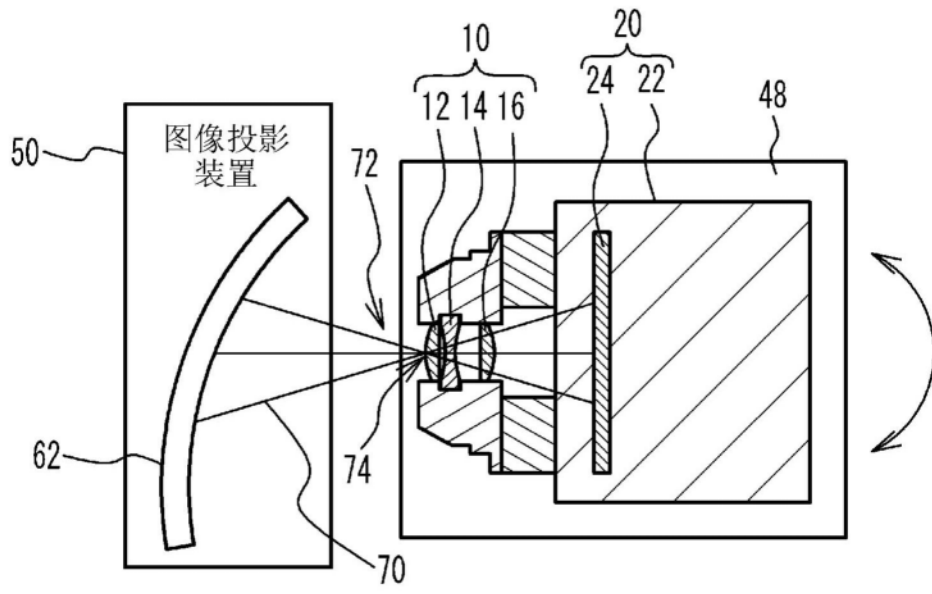


图16