



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101444106 B

(45) 授权公告日 2015. 06. 17

(21) 申请号 200780017015. 7

行—第 5 栏第 2 行, 附图 2—7.

(22) 申请日 2007. 04. 04

US 5218386 A, 1993. 06. 08, 说明书第 1 栏 33

(30) 优先权数据

11/398, 376 2006. 04. 05 US

行—第 5 栏第 2 行, 附图 2—7.

US 6142624 A, 2000. 11. 07, 说明书第 5 栏,

附图 3.

(85) PCT 国际申请进入国家阶段日

2008. 11. 11

审查员 李志

(86) PCT 国际申请的申请数据

PCT/US2007/065937 2007. 04. 04

(87) PCT 国际申请的公布数据

W02007/118114 EN 2007. 10. 18

(73) 专利权人 伯斯有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 B·利皮 C·R·巴克

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华

(51) Int. Cl.

H04N 13/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5218386 A, 1993. 06. 08, 说明书第 1 栏 33

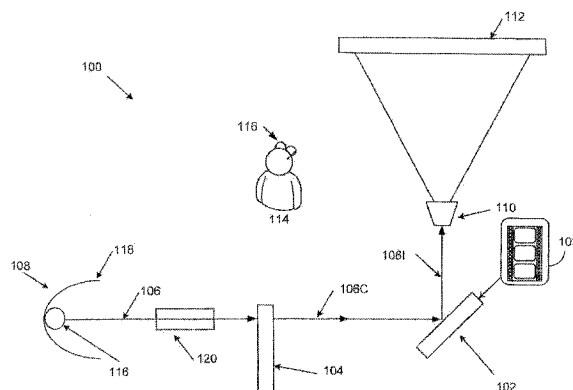
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 9 页

(54) 发明名称

形成用于补色立体眼镜的光谱滤光片

(57) 摘要

透镜具有多个辊涂层, 用来在第一波带中将第一图像传送到观看者的一只眼睛, 其适合于立体图像的 3D 观看。



1. 一种用于观看 3D 立体图像显示的眼镜,包括:

第一透镜,包括第一滤光片,其中所述第一滤光片透射第一组波带中的光并且阻挡第二组波带中的光,

第二透镜,包括第二滤光片,其中所述第二滤光片透射第三组波带中的光并且阻挡第四组波带中的光,

其中所述第一组波带和第三组波带是不重叠的,即意味着波带在峰值光强的大约百分之五以上没有任何公共波长,以及

所述第一和第二透镜在水平或垂直平面的至少一个中是弯曲的,使得到达观看者的眼睛的入射光以低入射角通过所述第一和第二透镜,而与所述透镜在其中弯曲的水平或垂直平面中所述入射光的方向无关。

2. 根据权利要求 1 所述的眼镜,其中所述第一和第二滤光片包括涂敷到基板材料上的多层光学材料。

3. 根据权利要求 2 所述的眼镜,其中所述基板材料是柔软的。

4. 根据权利要求 2 所述的眼镜,其中所述光学材料按层辊涂到所述基板材料上,所述辊涂层在沿着所述透镜的曲率的点处垂直于透镜表面具有基本上均匀的厚度。

5. 根据权利要求 3 所述的眼镜,其中所述基板材料是聚对苯二甲酸乙二醇酯。

6. 根据权利要求 3 所述的眼镜,其中所述眼镜具有框架,所述涂敷基板通过所述眼镜的所述框架保持弯曲形状。

7. 根据权利要求 1 所述的眼镜,其中所述第一组波带包括 435nm 附近的波带,以及所述第二组波带包括 475nm 附近的波带。

8. 根据权利要求 1 所述的眼镜,其中所述第一组波带包括 435nm 附近的波带、510nm 附近的波带和 610nm 附近的波带,以及

所述第三组波带包括 475nm 附近的波带、550nm 附近的波带和 660nm 附近的波带。

9. 根据权利要求 7 所述的眼镜,其中所述第四组波带包括 435nm 附近的波带、510nm 附近的波带和 610nm 附近的波带,以及

所述第二组波带包括 475nm 附近的波带、550nm 附近的波带和 660nm 附近的波带。

10. 根据权利要求 1 所述的眼镜,其中曲率使得当所述眼镜由观看者佩戴时,透镜位于人脸附近,在一个平面中,沿着所述透镜的表面的点与所述观看者的眼睛相距相对一致的距离。

11. 根据权利要求 2 所述的眼镜,其中曲率使得当所述眼镜由观看者佩戴时,透镜位于人脸附近,在一个平面中所述透镜的曲率半径近似等于所述涂层到所述观看者的眼睛的中心之间的距离。

12. 根据权利要求 11 所述的眼镜,其中所述曲率半径在大约 1/2 英寸到 4 英寸之间。

形成用于补色立体眼镜的光谱滤光片

技术领域

[0001] 本说明书涉及形成光谱滤光片。

背景技术

[0002] 立体投影,通常被称作三维(3D)投影,对观看者的每只眼睛传送略微不同的图像,当观看者的大脑将两个图像组合成一个景象时,立体投影呈现出立体感效应。

[0003] 在基于偏振的 3D 投影系统中,使用两个投影仪,每只眼睛用一个,并使用偏振滤光片来偏振来自每个投影仪的光以使其与另一个正交。观看者佩戴带有相应的偏振滤光片的眼镜,因此每只眼睛只接收从相应的投影仪投射的光。

[0004] 在补色立体投影中,两个图像分别进行色移(color-shifted),一个进入可见光谱的红色端,一个进入蓝色端。观看者佩戴带有红色滤光片和蓝色滤光片的眼镜,每只眼睛用一个,因此每只眼睛只看见转移到相应颜色的图像。观看者的大脑将所述两个图像重新组合成具有立体感效应的一个还原彩色图像。这种系统也适用于静止图像,其可以印有相互重叠的两个色移的图像。

[0005] 第三种方法对每只眼睛投射交替的图像,而且眼镜,例如使用 LCD 快门,活动地阻挡对着当前正在投影的图像的观看。

发明内容

[0006] 通常,在一个方面,透镜具有多个辊涂层,用来在第一波带中将第一图像传送到观看者的一只眼睛,其适合于立体图像的 3D 观看。

[0007] 实施可以包括一个或多个下面的特征。透镜包括多个层,这些层在辊涂工艺中附着于基板上,并且具有的光学特性和厚度使所述层的组合透射第一波带内的光而且不透射第二波带内的光。所述层的光学特性和厚度使得层的组合透射第三和第四波带内的光而且不透射第五和第六波带内的光。第二透镜具有辊涂层,用来在第二波带中将第二图像传送到观看者的另一只眼睛,其补偿用于立体图像的 3D 观看的第一图像。第一波带包括 435nm 附近的波带。第二波带包括 475nm 附近的波带。第三波带包括 510nm 附近的波带,第四波带包括 610nm 附近的波带,第五波带包括 550nm 附近的波带,第六波带包括 660nm 附近的波带。

[0008] 透镜包括具有曲率的基板薄片,沿着所述曲率的点处垂直于薄片具有基本上均匀的厚度的辊涂层。所述曲率是这样的,当透镜放置在人脸附近时,在一个平面中,沿着透镜表面的点相距观看者的眼睛有相对一样的距离。所述曲率具有这样的曲率半径,当透镜放置在人脸附近时,半径近似等于涂层到眼睛的中心之间的距离。曲率半径在大约 1/2 英寸到 4 英寸之间。

[0009] 通常,在一个方面,一副眼镜包括保持两个透镜的框架。第一透镜包括辊涂滤光片,用于透射第一组波带中的光并反射第二组波带中的光。第二透镜包括辊涂滤光片,用于透射一部分第二组波带中的光并反射一部分第一组波带中的光。

[0010] 通常,在一个方面,观看立体图像的眼镜包括具有辊涂光学层的第一透镜,用来将第一图像传送到观看者的一只眼睛,其适合于立体图像的 3D 观看。第二透镜具有辊涂光学层,用来将第二图像传送到观看者的另一只眼睛,其补偿立体图像的 3D 观看的第一图像。

[0011] 通常,在一个方面,观看 3D 画面或视频呈现的眼镜包括支撑结构和一对弧形透镜。每个透镜具有多个层,所述层具有垂直于透镜表面的基本恒定的厚度。所述层配置为当通过透镜观看时,用来对在两个非重叠光波带中投影的呈现的图像进行滤光,从而对观看者产生 3D 效果,每个透镜具有大约 1/2 英寸到 4 英寸之间的曲率半径。

[0012] 通常,在一个方面,第一透镜包括选为透射第一组波长的光的材料的辊涂层,而且第二透镜包括选为透射第二组波长的光的材料的辊涂层。

[0013] 通常,在一个方面,透镜在第一波长中将第一图像传送到观看者的一只眼睛,其适合于立体图像的 3D 观看。

[0014] 实施可以包括一个或多个下面的特征。第二透镜在第二波带中将第二图像传送到观看者的另一只眼睛,其补偿用于立体图像的 3D 观看的第一图像。透镜包括基板薄片和具有应力的层,其中透镜的曲率是由应力引起的。这样布置第一透镜和第二透镜,当观看者佩戴时,观看圆盖形屏幕上的投影时,来自圆盖上任何点的光以几乎垂直于透镜的表面的入射角透射通过每个透镜。

[0015] 通常,在一个方面,将具有不同光学特性的至少第一和第二材料的交替层辊涂到基板上。将至少第一和第二材料的交替层辊涂到第二基板上。这样选择层的厚度,在组合时,在第一基板上的层将透射具有第一组波长的光而且不透射具有第二组波长的光,而且第二基板上的层将透射具有第二组波长的光而且不透射具有第一组波长的光。取下第一和第二涂敷基板的每个的一部分,并把所述部分组装进配置成用来放置所述部分的框架里,当框架佩带在佩戴者的头上时,所述部分分别靠近观看者的每只眼睛。

[0016] 实施可以包括一个或多个下面的特征。第一材料是二氧化硅(SiO_2)。第二材料是五氧化物二铌(Nb_2O_5)、二氧化钛(TiO_2)或者五氧化物二钽(Ta_2O_5)。选择至少一个层的特性,使得层的组合具有应力,其中应力引起基板表现出曲率。从第一涂敷基板上切割第一片以形成第一透镜,从第二涂敷基板上切割第二片以形成第二透镜,并布置第一和第二透镜以形成一副眼镜。

[0017] 本发明的优点包括能够在一个工艺中制造用于很多眼镜的透镜并且从而降低各项成本。可以使透镜弯曲以适当地对佩戴者观看的全部视域进行滤光。

[0018] 从说明书和权利要求中可以显而易见的得出其他特征和优点。

附图说明

[0019] 图 1 是投影仪的框图。

[0020] 图 2A-2G 和图 6 是光谱图。

[0021] 图 3 是辊涂机的框图。

[0022] 图 4 是描述涂敷设计的表。

[0023] 图 5A 是佩戴者头上的眼镜的剖面顶视图。

[0024] 图 5B 和图 5F 是佩戴者头上的眼镜的透视图。

[0025] 图 5C 和图 5D 是透镜和眼睛的剖面平面图。

[0026] 图 5E 是佩戴者头上的眼镜的剖面侧面图。

[0027] 图 6 示出了对右眼图像,左眼透镜的串扰计算。

[0028] 图 7 是透镜和眼睛的透视图。

具体实施方式

[0029] 在典型的数字投影系统中,例如在图 1 的系统 100 中,当由观众观看时,全彩色图像通过产生三个单颜色分量图像同时或顺序地投影以归结 (resolve) 成单一全彩色图像来生成。单个成像装置 102,使用从色轮 104 接收的光,基于进入的视频流 103,产生分量图像,色轮 104 将红色、绿色和蓝色滤光片旋转进入从分布光谱 (白色) 光源 108 投射的光 106 的路径,产生彩色光 106C。在一些示例中,光源包括灯泡 116、反射器 118 和均匀化装置 120。均匀化装置 120,例如光管,确使到达色轮 104 的光在亮度和颜色上是均匀的。成像装置 102 可以是反射装置,如 DLP 光阀,或者是透射装置,如 LCD 面板 (带有对投影系统 100 的布局的适当改变)。

[0030] 经滤光和成像的光 106I 随后由透镜 110 聚焦到投影屏幕 112 上,将由观看者 114 看见。当成像光源 102 和色轮 104 在分量图像与颜色之间以合适的速率切换的时候,观看者 114 将看到单一全彩色图像。例如,为了以 30 帧每秒 (fps) 的速率产生全彩色图像,成像装置每秒必须产生至少 90 个单颜色帧。实际速率将取决于源材料的帧率、轮 104 中颜色分段的数目、以及轮旋转的速率。例如,一些投影仪具有多于三个分段,并根据分段的数目以比所需最小值快 2、4 或 8 倍地旋转轮。在一些示例中,使用三个单独的彩色光源或使用三个成像装置,一个光源或者设备用于一个颜色。这些方法中的每个可以以不同方式与其他的相组合,例如,用于同时投影全部三个颜色分量。

[0031] 例如,在美国专利 6,283,597 中,记述了 3D 投影方式。与其针对每只眼睛偏振图像或将每个转移成为完全不同的颜色,不如将每个左和右眼图像的单独的红色、绿色和蓝色分量限制在那种彩色的窄带,对每只眼睛是不同的,因此可以使用滤光片来只允许正确的图像到达每只眼睛,而仍然允许每只眼睛的图像由全部三个颜色组成。图 2A 和 2D 示出了对两个通常使用的光源的滤光颜色带组的示例。在电影投影中通常使用氙气灯,而在家庭投影仪中通常使用 UHP (超高性能) 水银弧光灯。将用于左眼的图像在投影仪内部滤光成带 202L、204L 和 206L,在图 2B 和 2E 中分别示出,而将用于右眼的图像在投影仪内部滤光成带 202R、204R 和 206R,在图 2C 和 2F 中分别示出。在每幅图中,将光强值归一化为 100,其代表未经滤光的光的可能光强。独立于光源,滤光片的透射率在图 2G 中示出。观看者的眼镜中的滤光片透射用于每只眼睛的适合的带,同时阻挡用于另一只眼睛的带。为了良好的图像分离,用于左和右眼的带不应该重叠,这意味着带在峰值光强的大约百分之五以上没有任何公共波长,例如,在图 2G 中的点 213 以上。

[0032] 对于这种投影方式,可以使用与图 1 所示的那种相似的投影系统。代替具有三个颜色的彩色滤光片轮 104,它有六个颜色,对应于六个带 202L、204L、206L、202R、204R 和 206R。可替换地,可以仍然使用三颜色轮,带有第二滤光片或者滤光片组用来将每个颜色分成两个适合带。在这样的系统中,图像源每帧产生六个图像,即,针对每只眼睛的红色、蓝色和绿色分量。观看者 114 佩戴带有允许每只眼睛看见用于相应图像的三个带的滤光片的眼镜 116。这样的系统具有提供比使用偏振光的系统更宽的视角的全彩色立体图像的优点。

[0033] 这样的投影仪在与本申请在同日提交的 Barret Lippey 的待审申请 Two-Dimensional and Three-Dimensional Projecting(二维和三维投影)中讨论过,这里作为参考将其引入。

[0034] 如上面提到的,为了观看三颜色 3D 投影,观看者佩戴带有包括滤光片的透镜的眼镜,该滤光片允许每只眼睛看见用于相应图像的并且不是那些指定用于另一只眼睛的补偿图像的三个颜色带。制造这种透镜的一种方式使用分批涂敷(batch-coating)工艺来将每个透镜作为不同的单元而生产。

[0035] 辊涂可以在薄的、柔软的基板上成本低廉地生产复合光学滤光片。辊涂工艺包括在基板上涂敷一系列不同材料的薄层。尽管分批工艺通常在不柔软的玻璃或塑料的单独的小片上涂敷,但是辊涂工艺可以沉积涂敷到连续通过涂敷腔的柔软塑料网的辊上。一种可以使用的基板材料是 PET(聚对苯二甲酸乙二醇酯),因为它的强度、低放气、高热阻抗和低价格。PET 基板可以有大约 0.005"至 0.015"的厚度。所述基板的宽度通常大约 1 英尺至 6 英尺。其他可能的基板材料包括聚碳酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯和透明聚酰亚胺。这些聚合物材料的细辊足够柔软到围绕近似 1"的半径弯曲而没有应力失败。

[0036] 如图 3 所示,将作为基板使用的塑料薄膜的大辊子 300 安装在机器的一端。基板 302 通过真空锁 304 馈送进入保持在低压的涂敷腔 306。当传输机构 308 移动基板 302 通过涂敷腔 306 时,当基板在连续沉积区域 310 的前面通过时,用溅射机或蒸镀靶 312 把光学材料的薄层溅射或蒸镀到基板 302 上。在沉积期间,基板 302 在大辊筒 314 上被这样地伸展,它保持平坦,而且沉积的热量可以通过辊筒去除。基板随后通过另一个真空锁 304 并被卷绕到另一个辊子 316 上。新辊子 300 可以接合到以前用完的辊子的端部上。所述机器可以设计成不停止运行直到需要维护时。典型的维护包括更换溅射机或蒸镀靶 312,清理护罩 318,以及更换磨损的设备。对于复合涂敷,基板 302 可能需要通过机器运行多次。如果塑料薄膜传送机构 308 允许,可以使用基板的来回运动通过沉积区域。

[0037] 辊子每个可以加重到几百磅而且可以是数千英尺长。因为辊涂可以连续进行而没有真空中断或每次装载基板时长时间抽真空,所以辊涂的生产量可以比批量处理高很多,而且作为结果辊涂的成本可以低很多。在辊涂工艺之后,从基板切掉单独的片并组装成眼镜。单独的片可以用作透镜本身,由眼镜框架保持在适当位置,或者它们可以层压到更坚固的玻璃或塑料透镜上。

[0038] 光学材料的每个层具有某些光学特性(例如,高折射率和低折射率的交替层),而且为特殊应用设计以制造希望得到的滤光特性的层的组合。在用于 3D 眼镜的三带通滤光片的情况中,目的是具有对每只眼睛的带的高透射和包括用于另一只眼睛的带的其他光的高截止,如图 2B 和 2C 所示。图 2B 示出了在用于左眼的三个带 202L、204L 和 206L 中的透射率,图 2C 示出了在用于右眼的三个带 202R、204R 和 206R 中的透射率。期望代表所述带的峰值的陡峭侧面用来减小任何来自补偿带的光的漏出(bleeding over),称作串扰(cross-talk)的问题。

[0039] 三带通滤光片设计的示例如图 4 所示。表 400 在列 402 中列出了材料并在列 404 和 406 中列出了他们的厚度。对于左眼,在列 404 中列出的厚度的计算出的光谱特性是图 2B 的基础。通过将每层的涂层厚度增加大约 8%,涂层的光谱曲线可以平移至更长的波长以使相应的滤光片用于右眼,如列 406 和图 2C 所示。波长的平移量等于涂层厚度的增加

量,因此所述量应选为将每个通带 202L、204L 和 206L 平移到足够远,从而平移的带 202R、204R、206R 不与原始带重叠。已经发现,为了良好的性能,在通带 202L 等中的平均透射率应大约为 80%或更高,而且在阻带中,即对于通带外部的波长,平均透射率应大约为 0.5%或更低。所述带边缘的斜率应大约为各自带的中心波长的 1%,例如在图 2G 中的边缘 207,在点 209 和 211 之间,其中对每个通带透射 20%和 80%的可用光。通过斜率,将通带和阻带之间的过渡带的端点间隔表示为波带的中心宽度的百分比。每个带的波长公差(即,波带的中心波长可以变化的公差)在带的标称中心波长的任一侧应小于大约 2%。

[0040] 通过这个工艺制造的滤光片既可以用在由观看者佩戴的眼镜,也可以用作投影仪自身内部中的滤光片,通过对投影仪的几何形状进行的适合的调整,例如,在投影仪内部,如果光以除零度之外的某个角度入射在滤光片上。

[0041] 在一些示例中,因为用在辊涂工艺中的基板是薄且柔软的塑料薄片,用作眼镜的滤光片可以容易地弯曲成圆柱形,如图 5A 所示。一旦成形,滤光片可以由眼镜 500 的框架 510 保持为期望的形状。可选择地,它们可以层压到具有期望的形狀的玻璃或塑料透镜上。这种柔韧性提供了超过分批涂敷工艺的的优点,因为它允许均匀涂敷在弯曲表面上,因为在涂敷工艺期间所述表面保持平坦。使用溅射或蒸镀的辊涂是定向涂敷工艺,其中正在被沉积的材料沿直线从源移动到基板。通过适当的掩蔽和工艺控制,在平坦表面上得到了均匀涂敷的结果。厚度均匀性应在大约 $\pm 2\%$ 之内以达到在上面讨论过的带上的公差。其他涂敷方法,例如化学蒸汽沉积,其可以涂敷高度弯曲的表面,因为比较于溅射或蒸镀,它们是非定向趋于昂贵的。因为辊涂用柔软的基板工作,它允许了廉价的定向性涂敷工艺以用来制造曲面透镜。

[0042] 在眼镜 116 上这样放置曲面透镜 502,它们沿着它们的长度相距眼睛 504 的中心保持一样的距离 D。如图 5C 和 5D 所示,这有助于防止由于当眼球旋转以看透眼镜的左或右边缘时入射角度(AOI) 505 的改变(如在入射光到透镜 506 的法线 507 之间测量)造成的透射波长的平移。入射光 508a、508b 和 508c 透过透镜 502 以相对低的 AOI 到达眼睛,不论入射光来自哪个方向。在相对平坦的眼镜中,例如,带有透镜 506,从侧面进入透镜 506 的光 508a 和 508c 的 AOI 505 是高的(无论观看者旋转他的眼睛到侧面或者仅仅通过他的周围视力看见它),而从正前方进入透镜 506 的光 508b 的 AOI 是低的。这将改变滤光片允许的频率,如图 6 所示,导致观看者视场的边缘处的 3D 效果的重影和退化。在一些示例中,透镜 502 的曲率可以不完全是圆柱形的,而可以具有可变的曲率半径。当与传统的平坦的或稍微弯曲的透镜比较时,透镜到眼睛中心之间的距离应相对一致。通常,每个透镜应具有以眼睛中心为中心的曲率,而且具有与从透镜到眼睛中心的距离近似相等的曲率半径,例如,对于非常接近眼睛的透镜是 1/2 英寸,或者对于位于远离眼睛的透镜是大约四英寸。轻度弯曲的传统透镜典型地具有大约 12 英寸的曲率半径。

[0043] 图表 600 示出了以两个不同角度透过平坦透镜的光的串扰结果。线 602 示出了以 0° 透过,在眼镜中左眼滤光片允许对于右眼投射的光线的很少量。而线 604 示出以 30° AOI,在特定波长透射蓝色和绿色光的大峰值 606、608。比较这些峰值的波长与图 2B 示出的左眼带 202L 和 204L,可以看见,在这个角度,左眼将接收到指定用于右眼的光。用曲面透镜,到达眼睛的所有光以低 AOI 通过透镜进入而不论它来自哪个方向,这防止了这种串扰。

[0044] 即使在辊涂工艺中使用的薄且柔软的薄片不容易同时在两个方向弯曲,所以通常在水平平面将这种透镜弯曲,如图 5A ~ 5C 和图 7 所示,使得上 / 下方向仍将使某种波长平移。做出这种选择是因为眼球运动 (箭头标记 702、704) 的垂直范围通常远远小于水平角度 (箭头标记 706、708)。如果投影的性能,例如,更关注垂直眼睛运动,可以在垂直方向弯曲透镜,如图 5E 和 5D 所示。

[0045] 在一些示例中,溅射涂层具有在复合滤光片上促成固有曲率的压应力,所述复合滤光片比较于弯曲开始是平坦的基板是相对低应力的。取决于基板和它的材料的厚度,固有曲率可以调整到合适的曲率以对眼球运动的所有水平角度保持低 AOI。可选择地,固有曲率可以使基板部分地成为期望的形状,所以必须增加的附加曲率没有像基板是自然平坦时的那样压迫涂层。如果滤光片到眼球中心之间的距离是 1",则薄膜的曲率半径也应是 1"。这种固有半径可以通过以典型应力值和大约 0.008" 厚的聚碳酸酯基板沉积的溅射涂层取得。带有相同厚度和相同溅射涂层的 PET 基板的滤光片具有大约 3" 的固有半径,因为它是更硬的基板材料,但这种材料可以弯曲到 1" 半径而没有对涂层的退化。通过构造基于弯曲成 1" 半径的 PET 基板的眼镜,光谱平移的实验还原被证实了对于水平眼球角度的大范围。可以使用其他曲率,例如,放弃一些图像质量以允许更舒适的配合,或者用来配合处方眼睛佩戴。

[0046] 由辊涂滤光片实现的曲面透镜在圆盖形屏幕或圆柱形屏幕的剧院中有显著的优点。例如,圆盖形屏幕趋于比平坦屏幕需要更多的眼球运动,而且辊涂涂层允许眼镜的平缓曲率以减少由于两眼间串扰的重影。圆盖形屏幕除了允许对象从前之外,还允许对象从左和右到达观看者,并且曲面透镜甚至对观看者周围视觉的图像保持立体感效应。

[0047] 其他实现落在权利要求书的范围内。例如,滤光片可以配置成附着于佩戴者现有的眼镜上。

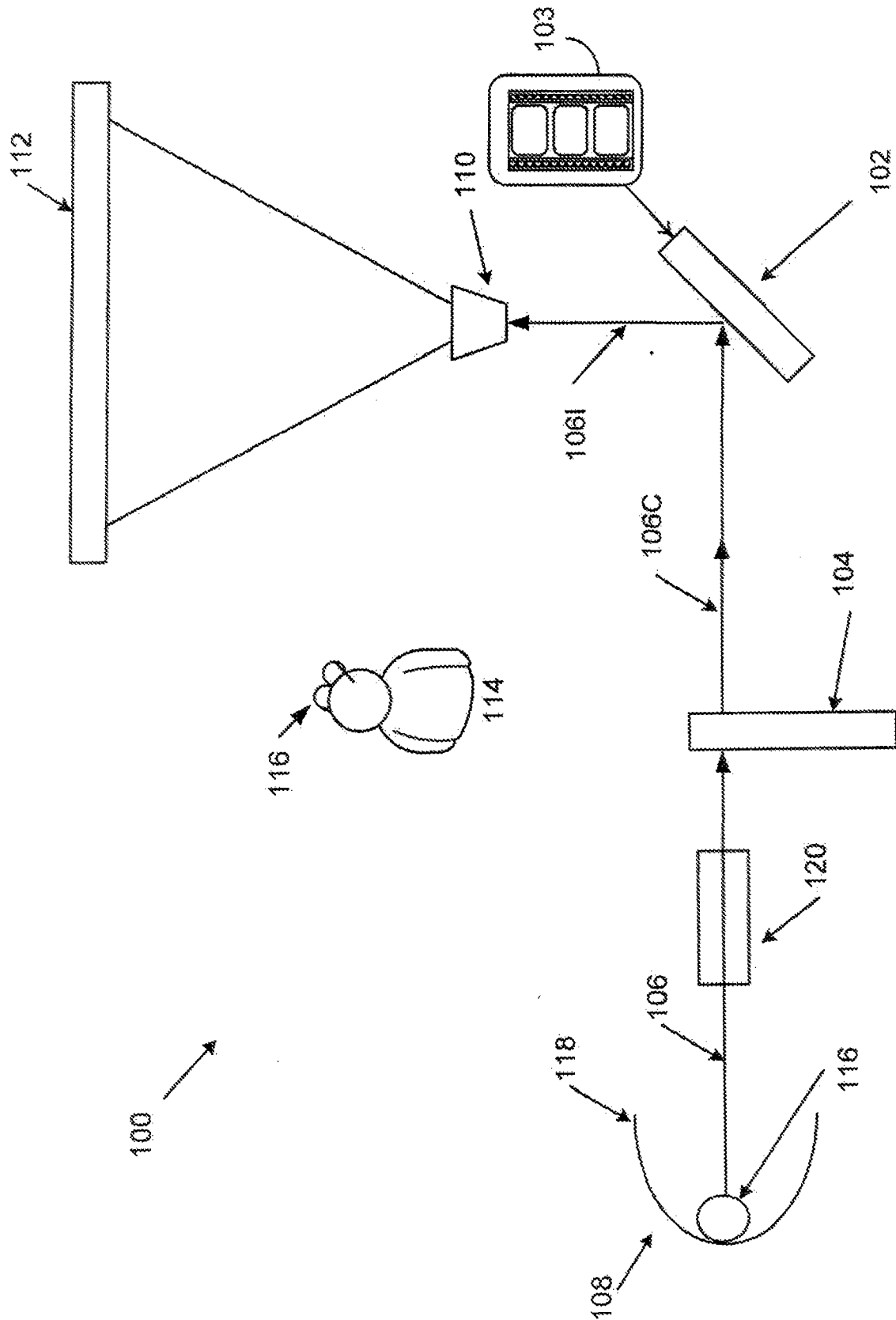


图 1

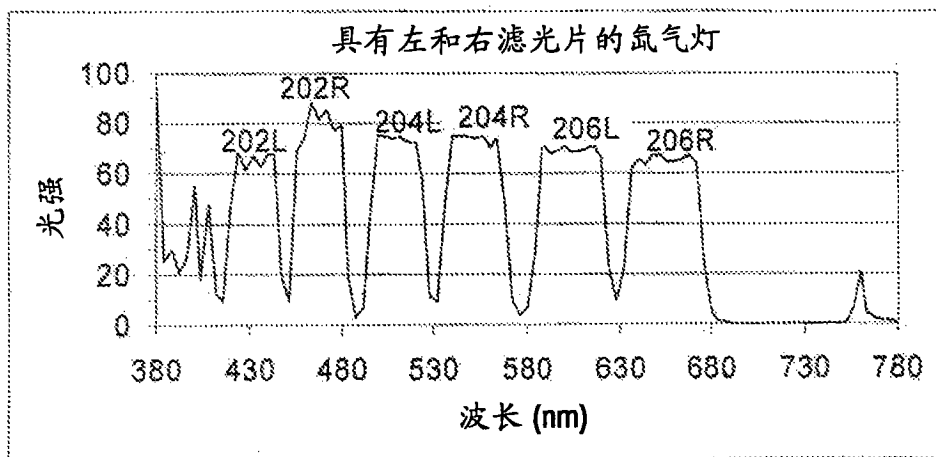


图 2A

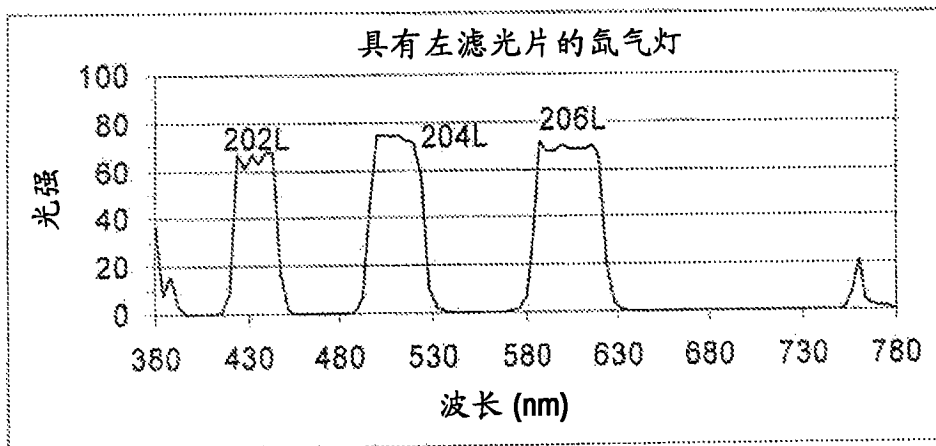


图 2B

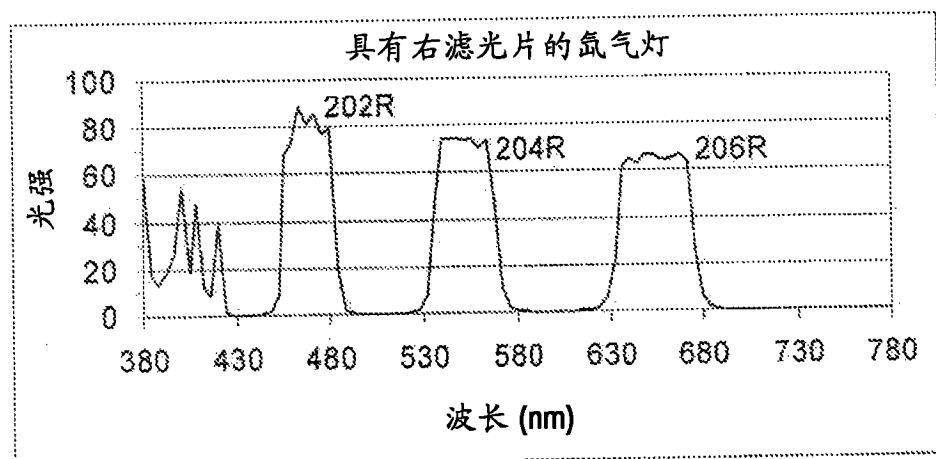


图 2C

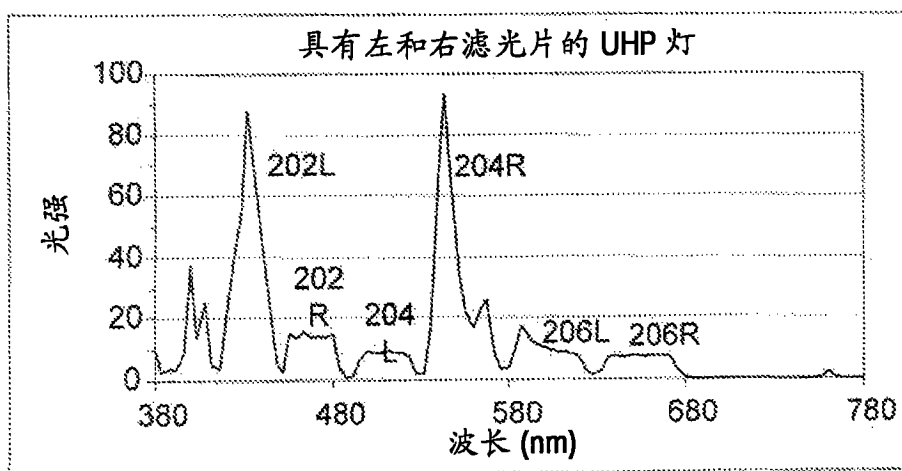


图 2D

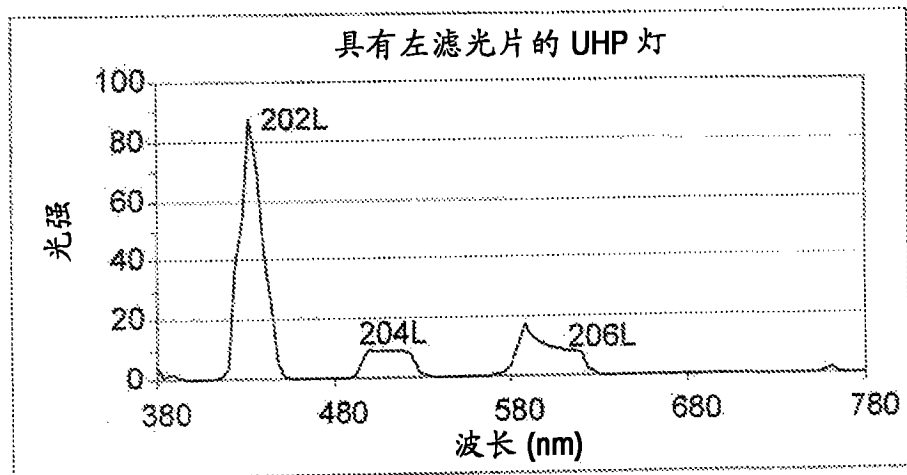


图 2E

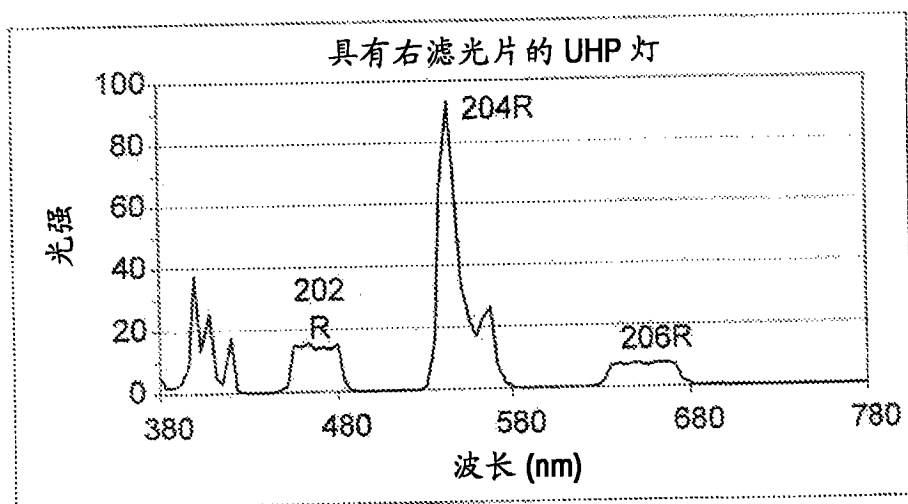


图 2F

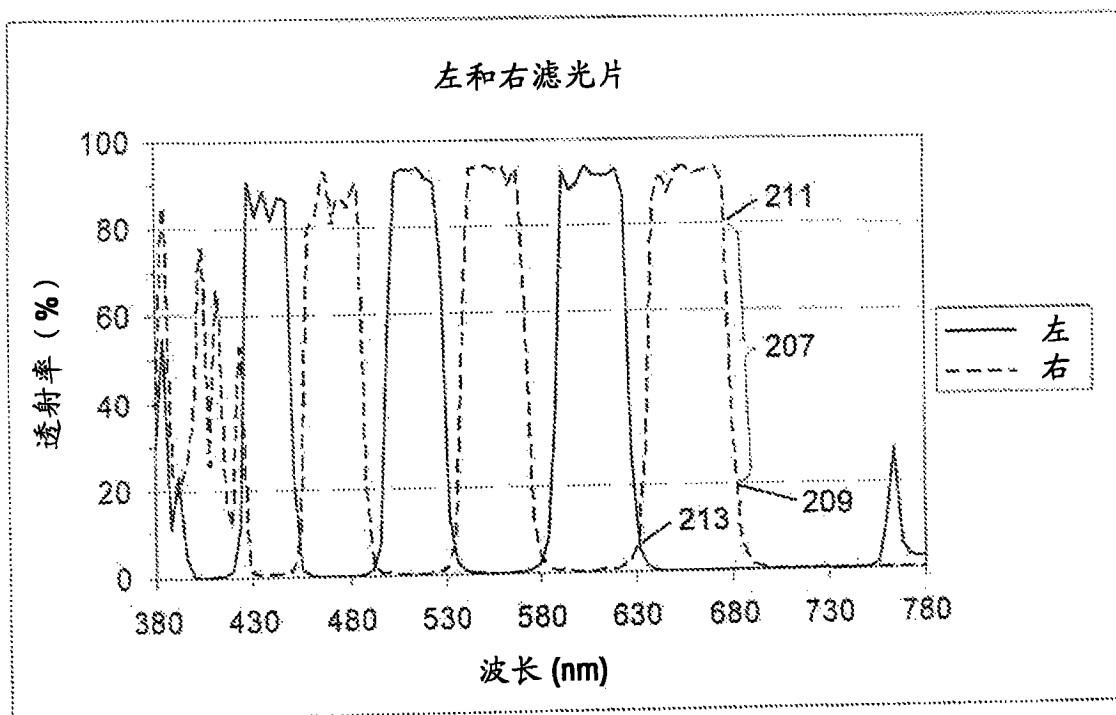


图 2G

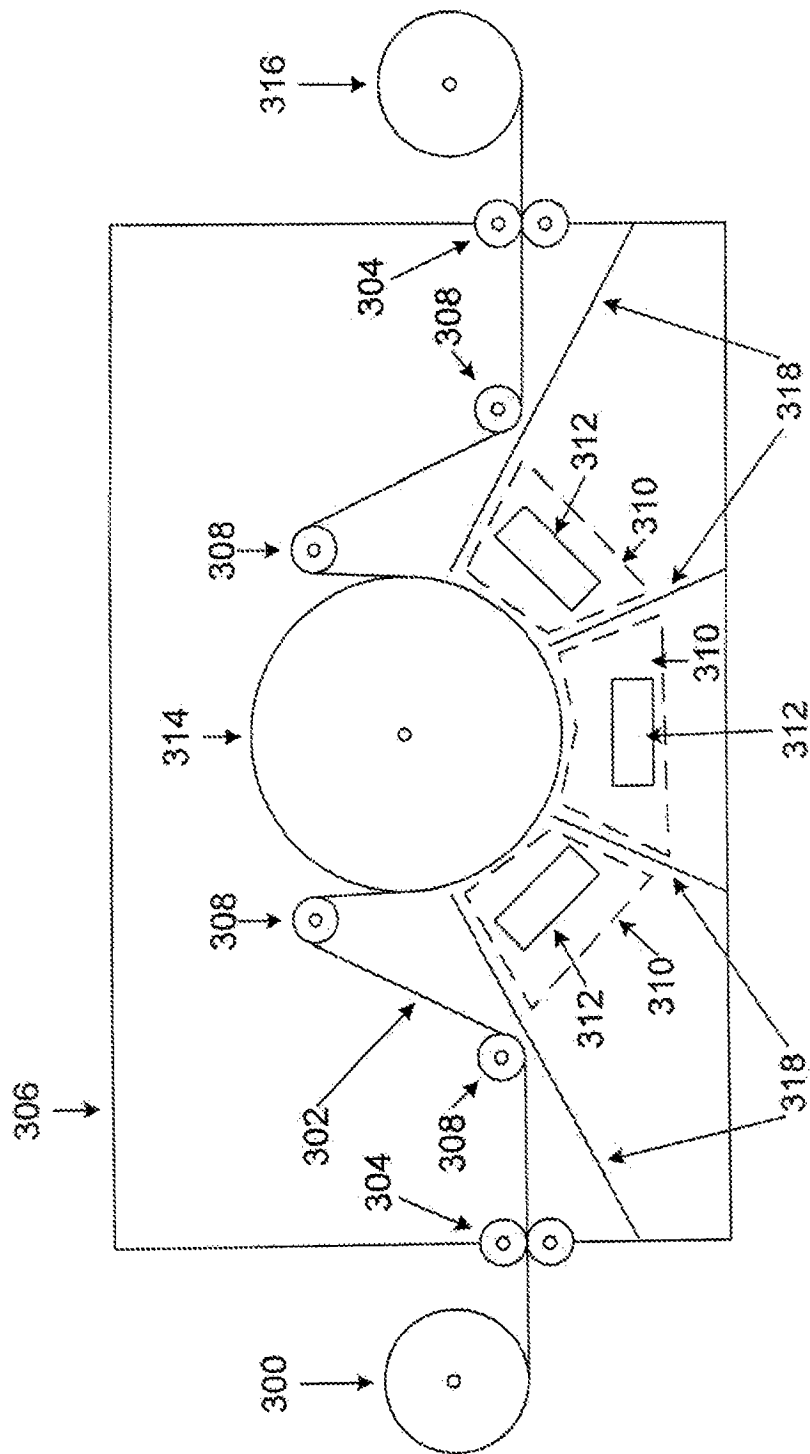


图 3

400

402

404

材料	厚度 (nm)	
	左眼	右眼
SiO ₂	274	298
Nb ₂ O ₅	64	70
SiO ₂	131	142
Nb ₂ O ₅	106	116
SiO ₂	99	107
Nb ₂ O ₅	105	115
SiO ₂	105	113
Nb ₂ O ₅	65	71
SiO ₂	105	114
Nb ₂ O ₅	60	66
SiO ₂	86	93
Nb ₂ O ₅	123	135
SiO ₂	89	96
Nb ₂ O ₅	103	112
SiO ₂	120	131
Nb ₂ O ₅	65	71
SiO ₂	105	114
Nb ₂ O ₅	54	59

406

(上接)

404

402

SiO ₂	89	96
Nb ₂ O ₅	49	54
SiO ₂	193	209
Nb ₂ O ₅	69	75
SiO ₂	162	175
Nb ₂ O ₅	76	83
SiO ₂	120	130
Nb ₂ O ₅	55	60
SiO ₂	89	96
Nb ₂ O ₅	54	59
SiO ₂	87	94
Nb ₂ O ₅	23	26
SiO ₂	33	36
Nb ₂ O ₅	58	63
SiO ₂	157	170
Nb ₂ O ₅	83	90
SiO ₂	151	163
Nb ₂ O ₅	54	59

406

(未完待续)

图 4

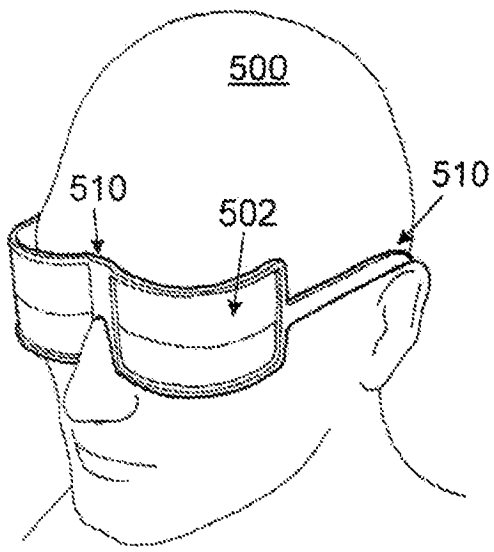


图 5B

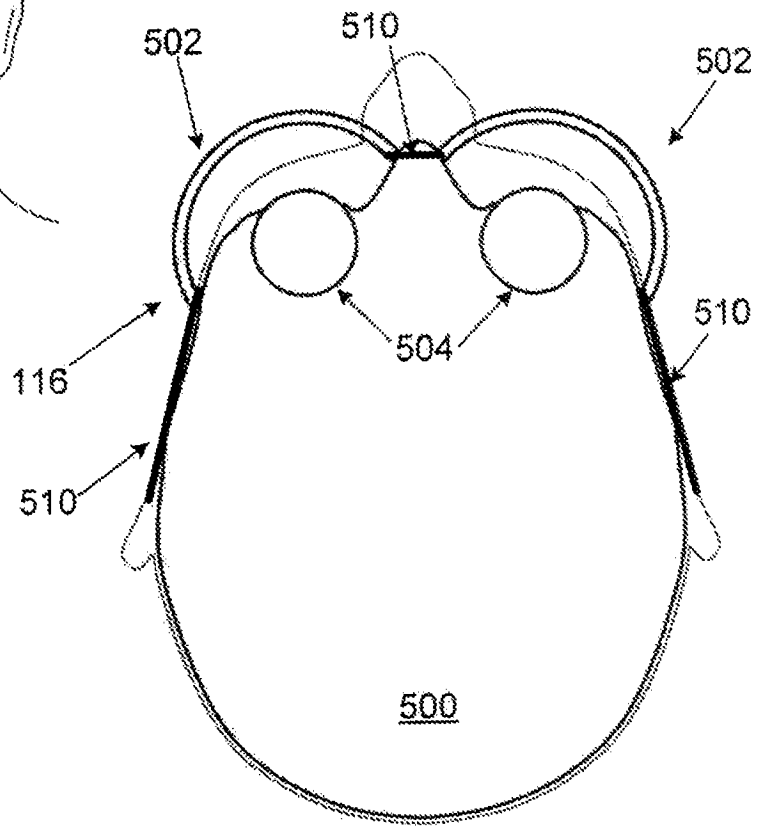


图 5A

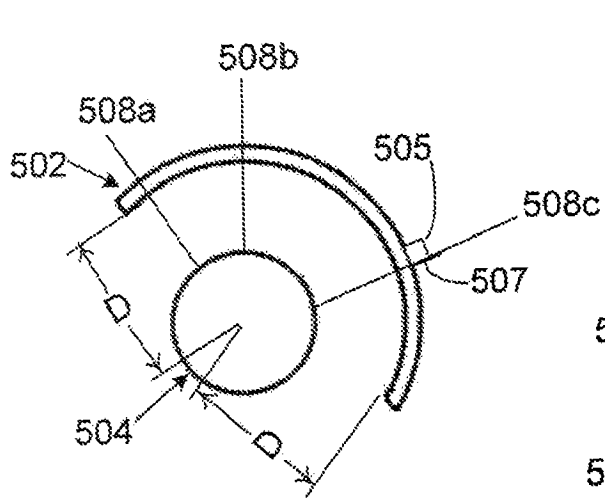


图 5C

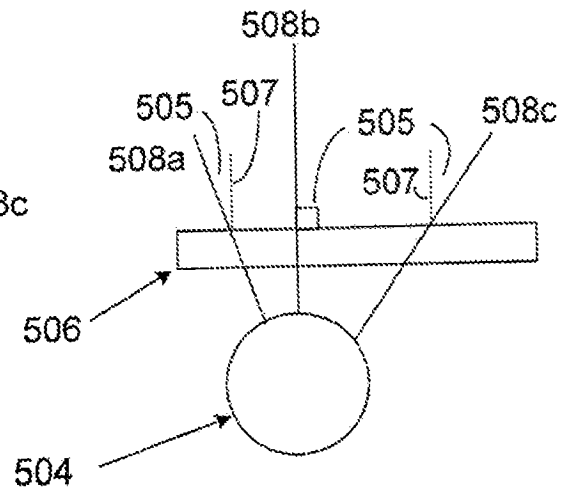


图 5D

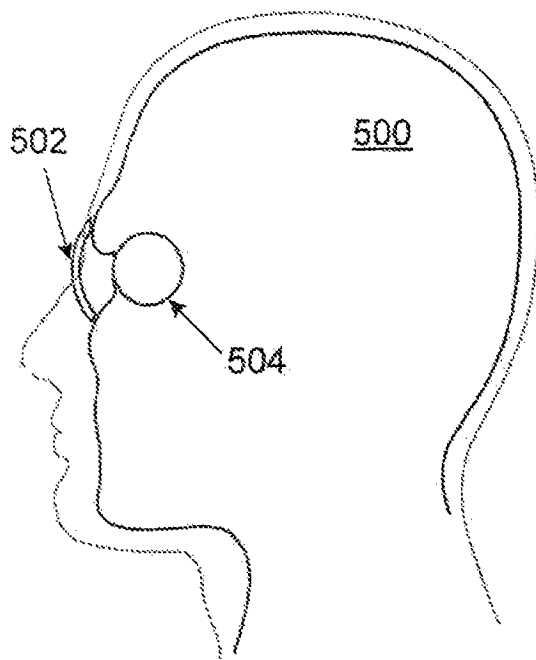


图 5E

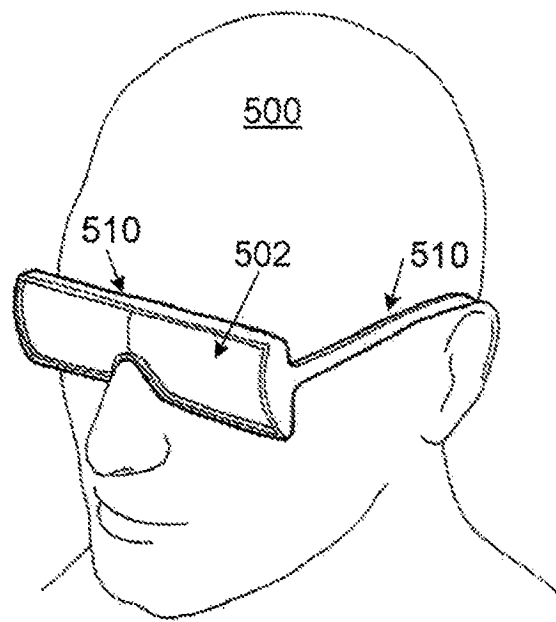


图 5F

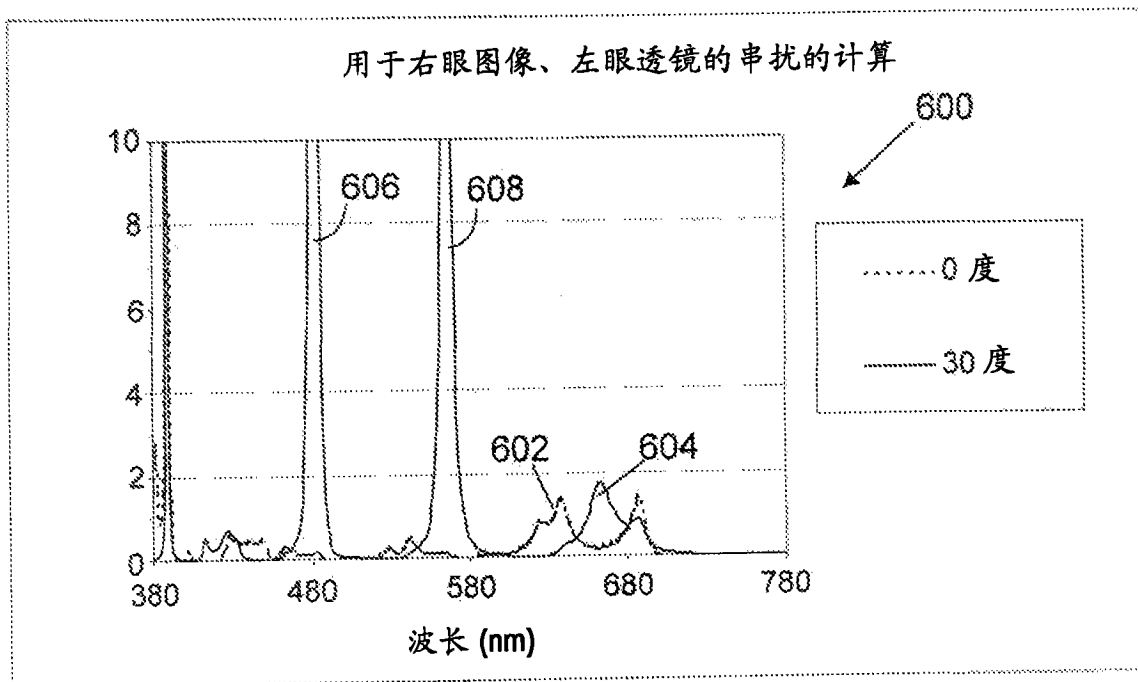


图 6

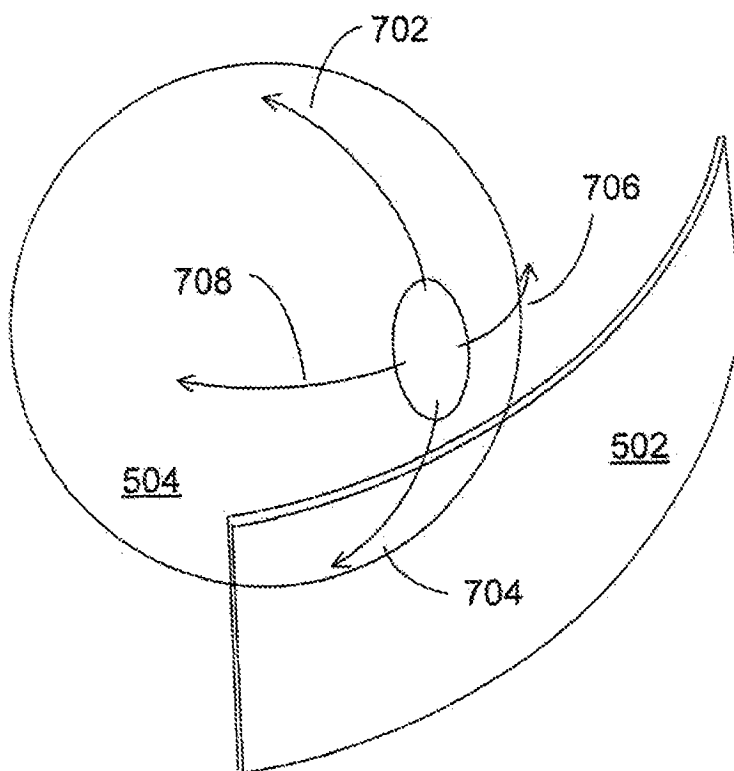


图 7