



(10) 申请公布号 CN 118871846 A

(43) 申请公布日 2024.10.29

(21) 申请号 202380027112.3

(22) 申请日 2023.03.29

(30) 优先权数据

22305427.1 2022.03.31 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2023/058179 2023.03.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/186999 EN 2023.10.05

(71) 申请人 依视路国际公司

地址 法国

(72) 发明人 S·罕拉伊 A·古利特

S·弗里克

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

专利代理师 汪晶晶

(51) Int.Cl.

G02C 7/02 (2006.01)

权利要求书3页 说明书18页 附图5页

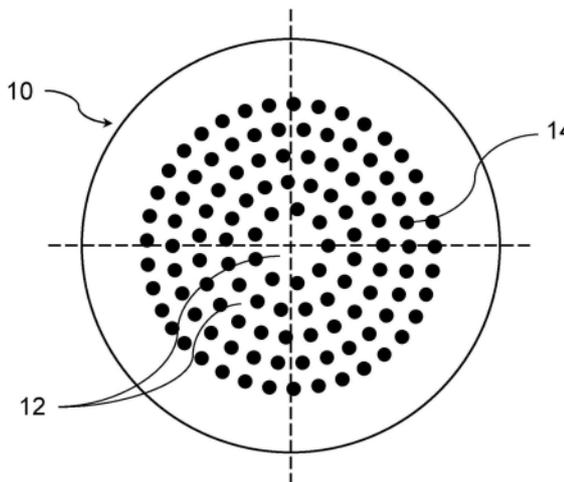
(54) 发明名称

用于确定近视控制光学镜片的适配性的方法

法

(57) 摘要

一种用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法,该近视控制光学镜片被配置为同时向配戴者提供基于所述配戴者的处方的屈光光学功能、以及近视控制功能,该方法包括:-提供眼睛模型,-提供视觉环境,-提供近视控制光学镜片模型,-提供参考系,并将眼睛模型、近视控制光学镜片模型和视觉环境定位在参考系中;-针对由眼睛模型透过近视控制光学镜片看到的该视觉环境中的至少一个物体,确定至少一个中心视力质量指标,-针对由眼睛透过近视控制光学镜片看到的该视觉环境中的至少一个物体,确定至少一个近视控制效率指标,-基于该至少一个中心视力质量指标和该至少一个近视控制效率指标来确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性。



1. 一种例如通过计算机设备实施的用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法,所述近视控制光学镜片被配置为同时向所述配戴者提供基于所述配戴者的处方的屈光光学功能和用于降低、延迟或防止所述配戴者的近视进展的近视控制功能,所述方法包括:

- (S2) 提供与所述配戴者的眼睛相对应的眼睛模型,所述眼睛模型至少包括与所述眼睛模型的至少一个结构、所述眼睛模型的旋转中心(ERC)和经过所述眼睛模型旋转中心的至少一条光轴有关的几何数据,

- (S4) 提供视觉环境,所述视觉环境至少包括源物点(M)和至少一个物点(S),

- (S6) 提供近视控制光学镜片模型,

- (S8) 提供参考系,并将所述眼睛模型、所述近视控制光学镜片模型和所述视觉环境定位在所述参考系中,

- (S10) 针对由所述眼睛模型透过所述近视控制光学镜片模型看到的所述视觉环境中的至少一个物点(M),确定至少一个中心视力质量指标,

- (S12) 针对由所述眼睛透过所述近视控制光学镜片模型看到的所述视觉环境中的至少一个物点(S),确定至少一个近视控制效率指标,

- (S14) 基于所述至少一个中心视力质量指标和所述至少一个近视控制效率指标来确定所述近视控制光学镜片对所述配戴者的适配性。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述眼睛模型的所述至少一个结构与眼睛的角膜、和/或眼睛的晶状体、和/或眼睛的瞳孔、和/或眼睛的视网膜表面有关。

3. 根据权利要求1或2中任一项所述的方法,其中,所述眼睛模型是基于与所述配戴者有关的数据来提供的,例如基于配戴者年龄和/或配戴者眼睛处方。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其中,所述视觉环境与视觉艾格玛函数相关联。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述视觉环境与位于所述眼睛模型的大于或等于 20° 的视野内且在距所述眼睛模型旋转中心(ERC)为不同距离处的一组离散点相关联。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的方法,其中,所述至少一个中心视力质量指标是基于以下中的至少一个:

-斯特列尔比,和/或

-调制传递函数(MTF),和/或

-焦度误差,和/或

-散光误差,和/或

-环绕能量半径分数,和/或

-点列图半径,和/或

-点扩散函数(PSF),和/或

-光学传递函数(OTF),和/或

-视觉斯特列尔比(VSX、VSOTF、VSMTF),和/或

-波前像差。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,确定所述中心视力质量指标进一步

包括:

- (S102) 确定与所述源物点 (M) 相关联的至少一个中心注视方向 ($\alpha_M; \beta_M$);
- (S104) 围绕所述眼睛模型旋转中心 (ERC) 旋转所述眼睛模型, 使得所述眼睛模型光轴与所述中心注视方向 ($\alpha_M; \beta_M$) 重合,
- (S106) 修改所述眼睛模型的至少一个参数,
- (S108) 基于在所述参考系内所述源物点 (M) 与所述眼睛模型旋转中心 (ERC) 的相对位置、所述近视控制光学镜片模型和修改后的所述眼睛模型来计算中心视力质量指标,
- (S110) 通过将修改所述眼睛模型的至少一个参数的步骤 (S106) 和计算中心视力质量指标的步骤 (S108) 重复来优化所述中心视力质量指标。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的方法, 其中, (S12) 确定所述近视控制效率指标进一步包括:

- (S1202) 针对与所述源物点 (M) 相关联的所述眼睛模型的中心注视方向 ($\alpha_M; \beta_M$), 确定与所述至少一个物点 (S) 相关联并在方向 ($\alpha_S; \beta_S$) 上穿过所述近视控制光学镜片模型和所述眼睛模型的瞳孔的至少一条周边光线 (P),
- (S1204) 针对与所述至少一条周边光线 (P) 相关联的所述至少一个物源点 (S), 从穿过所述近视控制光学镜片模型和所述眼睛模型的光来评估散光焦点的位置,
- (S1206) 基于所述至少一条周边光线 (P) 的所述散光焦点与所述周边光线 (P) 和所述眼睛模型的视网膜的交点之间的所评估的距离来评估周边离焦。

9. 根据权利要求1至7中任一项所述的方法, 其中, (S12) 确定所述近视控制效率指标进一步包括:

- (S1212) 针对与所述源物点 (M) 相关联的所述眼睛模型的中心注视方向 ($\alpha_M; \beta_M$), 确定与所述至少一个物点 (S) 相关联并在方向 ($\alpha_S; \beta_S$) 上穿过所述近视控制光学镜片模型和所述眼睛模型的瞳孔的至少一条周边光线 (P),
- (S1214) 在所述近视控制光学镜片模型前方添加薄复球面镜片模型, 使得当所述周边光线在所述视觉环境中传播时, 所述薄复球面镜片模型的光轴与所述至少一条周边光线 (P) 重合,
- (S1216) 优化所述薄复球面镜片模型的表面, 使得所述至少一条周边光线 P 的光聚焦在所述眼睛模型的视网膜上,
- (S1218) 确定优化后的所述薄复球面镜片模型的平均光焦度, 以及
- (S1220) 基于所述薄复球面镜片模型的平均光焦度来评估周边离焦。

10. 根据权利要求1至7中任一项所述的方法, 其中, (S12) 确定所述近视控制效率指标进一步包括:

- (S1232) 针对与所述源物点 (M) 相关联的所述眼睛模型的中心注视方向 ($\alpha_M; \beta_M$), 确定与所述至少一个物点 (S) 相关联并在方向 ($\alpha_S; \beta_S$) 上穿过所述近视控制光学镜片模型和所述眼睛模型的瞳孔的至少一条周边光线 P, 以及
- (S1234) 确定评价所述物点 (S) 经所述近视控制光学镜片模型和所述眼睛模型在所述眼睛模型的视网膜上的图像质量的度量 Q。

11. 根据权利要求10所述的方法, 其中, (S12) 确定所述近视控制效率指标进一步包括:

- (S1236) 修改至少一个眼睛模型参数,

- (S1238) 将确定所述度量Q的步骤(S1234)和修改所述至少一个眼睛模型参数的步骤(S1336)重复,

- (S1240) 确定所述度量Q为最优时的所述至少一个眼睛模型参数。

12. 根据权利要求10所述的方法,其中,(S12) 确定所述近视控制指标进一步包括:

- (S1246) 评估所述度量Q随至少一个眼睛模型参数的变化,

- (S1448) 确定作为所述至少一个眼睛模型参数的函数而表达的所述度量Q的斜率。

13. 根据权利要求10至12中任一项所述的方法,其中,评价周边视力的图像质量的所述度量Q是基于以下中的至少一个:

- 斯特列尔比,以及

- 调制传递函数(MTF),和/或焦度误差,和/或

- 散光误差,和/或

- 环绕能量半径分数,和/或

- 点列图半径,和/或

- 点扩散函数(PSF),和/或光学传递函数(OTF),和/或

- 视觉斯特列尔比(VSX、VSOTF、VSMTF),和/或

- 波前像差。

14. 根据权利要求8至13所述的方法,其中,针对位于所述视觉环境中的一组物点(S_k)并且根据一组注视方向(G_i),评估所述至少一个近视控制效率指标。

15. 一种用于比较配戴者的至少两个近视控制光学镜片并选择最适配的近视控制光学镜片的方法,所述方法包括通过根据前述权利要求中任一项所述的方法来确定每个近视控制光学镜片对所述配戴者的适配性、比较每个近视控制光学镜片对所述配戴者的适配性、并选择最适配的近视控制光学镜片。

用于确定近视控制光学镜片的适配性的方法

技术领域

[0001] 本披露内容涉及一种例如通过计算机设备实施的用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法,并且涉及一种用于选择最适配的近视控制光学镜片的方法。

背景技术

[0002] 眼睛近视的特征是眼睛将远处的物体聚焦在其视网膜前方。通常使用凹透镜来矫正近视。近视(也被称为近视眼)已经成为世界范围内的主要公众健康问题。相应地,已做出很大努力来开发旨在减缓近视进展的解决方案。

[0003] 目前针对近视和/或远视进展的管理策略中的大多数涉及使用光学离焦来作用于周边视力。若干方法和产品通过引入这种周边光学离焦来用于减缓近视进展。在这些解决方案中,通过随机对照试验,角膜矫正接触镜片、软性双焦或渐进式接触镜片、具有调整后的周边焦度的单光镜片、圆形渐进式眼科镜片、棱镜双焦镜片、具有漫射元件的镜片、以及具有微透镜阵列的镜片已经被证明或多或少有一定效果。

[0004] 包括微透镜阵列的近视控制解决方案已经被提出了、特别是由申请人提出。此微透镜阵列的目的是并非在视网膜上、例如在视网膜前方提供光学模糊图像,从而触发限制眼睛生长的停止信号,同时实现良好的视力。

[0005] 随着多种近视控制解决方案的发展,光学镜片设计正在变得更加复杂。使用这种新的光学镜片设计,配戴者的视觉敏锐度可能受到提供降低屈光异常的进展这个功能的元件的影响。

[0006] 因此,需要提供一种方法,该方法可以调适这些近视控制镜片中的任一个,以向配戴者提供视觉敏锐度与降低屈光异常的进展的最佳平衡。

发明内容

[0007] 为此,本披露内容提出一种例如通过计算机设备实施的用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法,该近视控制光学镜片被配置为同时向配戴者提供基于所述配戴者的处方的屈光光学功能和用于降低、延迟或防止配戴者的近视进展的近视控制功能,该方法包括:

[0008] -提供与配戴者的眼睛相对应的眼睛模型,所述眼睛模型至少包括与眼睛模型的至少一个结构、眼睛模型的旋转中心(ERC)和经过眼睛模型旋转中心的至少一条光轴有关的几何数据,

[0009] -提供视觉环境,该视觉环境至少包括源物点(M)和至少一个物点(S),

[0010] -提供近视控制光学镜片模型,

[0011] -提供参考系,并将眼睛模型、近视控制光学镜片模型和视觉环境定位在参考系中,

[0012] -针对由眼睛模型透过近视控制光学镜片模型看到的视觉环境中的至少一个物点(M),确定至少一个中心视力质量指标,

- [0013] -针对由眼睛透过近视控制光学镜片模型看到的视觉环境中的至少一个物点(S),确定至少一个近视控制效率指标,以及
- [0014] -基于该至少一个中心视力质量指标和该至少一个近视控制效率指标来确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性。
- [0015] 有利地,确定近视控制镜片的适配性允许针对佩戴者来调试光学镜片,使得该光学镜片在维持中心视力的最佳视觉敏锐度的同时提供对近视进展的最佳降低。换言之,近视控制光学镜片的适配性允许针对特定配戴者最佳地平衡视觉敏锐度与近视控制功能。
- [0016] 根据可以单独或组合考虑的进一步实施例:
- [0017] -眼睛模型的至少一个结构与眼睛的角膜、和/或眼睛的晶状体、和/或眼睛的瞳孔、和/或眼睛的视网膜表面有关;和/或
- [0018] -眼睛模型是基于与配戴者有关的数据来选择的,例如基于配戴者年龄和/或配戴者眼睛处方;和/或
- [0019] -视觉环境对应于空间中的一组物点;和/或
- [0020] -视觉环境与视觉艾格玛函数相关联;和/或
- [0021] -视觉环境与位于眼睛模型的大于或等于 20° 的视野内且在距眼睛模型旋转中心(ERC)为不同距离处的一组离散点相关联;和/或
- [0022] -中心视力质量指标是基于以下中的至少一个:斯特列尔比、和/或调制传递函数(MTF)、和/或焦度误差、和/或散光误差、和/或环绕能量半径分数、和/或点列图半径、和/或点扩散函数(PSF)、和/或光学传递函数(OTF)、和/或视觉斯特列尔比(VSX、VSOTF、VSMTF)、和/或波前像差;和/或
- [0023] -确定中心视力质量指标进一步包括:
- [0024] -确定与源物点(M)相关联的至少一个中心注视方向($\alpha_M; \beta_M$),
- [0025] -围绕眼睛模型旋转中心(ERC)旋转眼睛模型,使得眼睛模型光轴与中心注视方向($\alpha_M; \beta_M$)重合,
- [0026] -修改眼睛模型的至少一个参数,
- [0027] -基于在参考系内源物点(M)与眼睛模型旋转中心(ERC)的相对位置、近视控制光学镜片模型和修改后的眼睛模型来计算中心视力质量指标,
- [0028] -通过将修改眼睛模型的至少一个参数的步骤和计算中心视力质量指标的步骤重复来优化中心视力质量指标;和/或
- [0029] -确定近视控制效率指标进一步包括:
- [0030] -针对与源物点(M)相关联的眼睛模型的中心注视方向($\alpha_M; \beta_M$),确定与该至少一个物源点(S)相关联并在方向($\alpha_S; \beta_S$)上穿过近视控制光学镜片模型和眼睛模型的瞳孔的至少一条周边光线P,
- [0031] -针对与该至少一条周边光线P相关联的至少一个物源点(S),从穿过近视控制光学镜片模型和眼睛模型的光来评估散光焦点的位置,
- [0032] -基于该至少一条周边光线P的散光焦点位置与周边光线P和眼睛模型的视网膜的交点之间的所评估的距离来评估周边离焦;和/或
- [0033] -确定近视控制效率指标包括:
- [0034] -针对与源物点(M)相关联的眼睛模型的中心注视方向($\alpha_M; \beta_M$),确定与该至少一

个物源点(S)相关联并在方向($\alpha_S; \beta_S$)上穿过近视控制光学镜片模型和眼睛模型的瞳孔的至少一条周边光线P,

[0035] -在近视控制光学镜片模型前方添加薄复球面镜片模型,使得当周边光线在视觉环境中传播时,所述薄复球面镜片模型的光轴与该至少一条周边光线P重合,

[0036] -优化薄复球面镜片模型的表面,使得来自与该至少一条周边光线P相关联的物源点(S)的光聚焦在眼睛模型的视网膜上,

[0037] -确定优化后的薄复球面镜片模型的平均光焦距,

[0038] -基于薄复球面镜片模型的平均光焦距来评估周边离焦:和/或

[0039] -确定近视控制效率指标包括:

[0040] -针对与源物点(M)相关联的眼睛模型的中心注视方向($\alpha_M; \beta_M$),确定与至少一个物点源(S)相关联并在方向($\alpha_S; \beta_S$)上穿过近视控制光学镜片模型和眼睛模型的瞳孔的至少一条周边光线P,

[0041] -确定评价物点(S)经近视控制光学镜片模型和眼睛模型在眼睛模型的视网膜上的图像质量的度量Q;和/或

[0042] -确定近视控制指标进一步包括:

[0043] -修改至少一个眼睛模型参数,

[0044] -将确定度量Q的步骤和修改至少一个眼睛模型参数的步骤重复,

[0045] -确定度量Q为最优时的至少一个眼睛模型参数;和/或

[0046] -确定近视控制指标进一步包括:

[0047] -评估度量Q随至少一个眼睛模型参数的变化,

[0048] -确定作为至少一个眼睛模型参数的函数而表达的度量Q的斜率;和/或

[0049] -评价周边视力的图像质量的度量Q是基于以下中的至少一个:斯特列尔比、和/或调制传递函数、和/或焦度误差、和/或散光误差、和/或环绕能量半径分数、和/或点列图半径、和/或点扩散函数(VSX)、和/或光学传递函数(VSOTF)、和/或视觉斯特列尔比(VSX、VSOTF、VSMTF)、和/或波前像差;和/或

[0050] -针对位于视觉环境中的一组物源点(S_k)并且根据一组中心注视方向($\alpha_{M_i}; \beta_{M_i}$),评估该至少一个近视控制效率指标。

[0051] 本披露内容进一步涉及一种用于比较配戴者的至少两个近视控制光学镜片并选择最适配的近视控制光学镜片的方法,该方法包括:

[0052] -通过根据本披露内容的方法来确定每个近视控制光学镜片对配戴者的适配性,以及

[0053] -比较每个近视控制光学镜片对配戴者的适配性,并选择最适配的近视控制光学镜片。

附图说明

[0054] 现在将参考以下附图仅以举例方式来描述本发明的实施例,在附图中:

[0055] -图1展示了根据本披露内容的实施例的镜片元件的示意性前视图;

[0056] -图2展示了根据本披露内容的实施例的镜片元件的示意性轮廓图;

[0057] -图3展示了根据本披露内容的实施例的用于确定近视控制光学镜片对配戴者的

适配性的方法的流程图；

[0058] -图4展示了用于确定近视控制效率指标的方法的流程图；

[0059] -图5展示了根据本披露内容的实施例的参考系的表示；

[0060] -图6展示了根据本披露内容的实施例的眼睛模型和近视控制光学镜片模型的表示；

[0061] -图7展示了根据本披露内容的实施例的用于确定近视控制光学镜片的适配性的函数。

[0062] 图中的要素是为了简洁和清楚而展示的,并不一定按比例绘制。例如,图中一些要素的尺寸可能相对于其他要素被放大,以帮助改进对本发明的实施例的理解。

具体实施方式

[0063] 在本说明书的其余部分,可能使用了如“上部”、“底部”、“水平”、“竖直”、“上方”、“下方”、“前”、“后”等术语、或其他指示相对位置的词。应在光学镜片的配戴条件下理解这些术语。

[0064] 本披露内容涉及一种用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法。该方法可以例如通过计算机设备来实施。

[0065] 在本发明的上下文中,术语“光学镜片”可以是指接触镜片或被磨边以配适特定眼镜架的光学镜片或眼镜光学镜片或眼科镜片、或者适于定位在眼科镜片上的光学装置。光学装置可以定位于眼科镜片的前表面或后表面上。光学装置可以是光学补片或光学膜片。光学装置可以适于可移除地定位在眼科镜片上,例如夹片,该夹片被配置为夹在包括眼科镜片的眼镜架上。

[0066] 近视控制光学镜片被配置为同时向配戴者提供基于所述配戴者的处方的屈光光学功能和用于降低、延迟或防止配戴者的近视进展的近视控制功能。

[0067] 术语“处方”应被理解是指光焦度、散光、棱镜偏差的一组光学特征,这些光学特征是由眼科医生或验光师确定的,以便例如借助于定位于配戴者眼睛前方的镜片来矫正眼睛的视力缺陷。例如,近视眼的处方包括光焦度值和具有针对视远的轴位的散光值。处方可以包括配戴者的眼睛没有缺陷并且将不向配戴者提供屈光力的指示。

[0068] 术语“近视控制功能”应理解为是指降低配戴者的近视进展的光学功能。换言之,当配戴者戴着近视控制光学镜片时,例如在标准配戴条件下,穿过近视控制光学镜片的光将产生控制信号,该控制信号抑制、减缓或至少降低配戴者的眼睛的伸长。特别是,近视控制功能在配戴者的视网膜上提供被扰动的图像。例如,与适于配戴者的屈光缺陷的单光镜片相比,被扰动的图像可以是质量降低的图像。例如,被扰动的图像可以是由不将图像聚焦在配戴者的眼睛的视网膜上的光学功能来生成的。换言之,当配戴者戴着近视控制光学镜片时,例如在标准配戴条件下,穿过近视控制光学镜片的部分光线将不聚焦在配戴者的眼睛的视网膜上,并将在配戴者的眼睛视网膜的前方和/或后方生成聚焦的或非聚焦的光量。

[0069] 近视控制功能可以是将光线聚焦在除配戴者的视网膜上之外的其他地方的光学功能,例如球面功能。例如,近视控制功能可以将光线聚焦在配戴者的视网膜的前方和/或后方。

[0070] 近视控制功能可以被配置为使得在人的眼睛的视网膜前方创建焦散点。换言之,

近视控制功能被配置为使得当人在特定配戴条件下(例如在标准观看条件下)戴着近视控制镜片元件时,光通量集中在的每个截面平面(如果有的话)位于人的眼睛的视网膜前方或后方。

[0071] 近视控制功能可以是在配戴者的视网膜前方和/或后方创建漫射光量的光学功能,例如非球面功能。

[0072] 替代性地,近视控制功能可以是一种散射功能,对于该散射功能,入射光被散射到不同的方向并在配戴者的视网膜上创建模糊的图像。

[0073] 替代性地,近视控制功能可以是一种衍射功能,该衍射功能将光线重新定向并聚焦在除配戴者的视网膜上之外的地方。

[0074] 如图1至图2所表示的,根据本披露内容的近视控制光学镜片10的示例包括屈光区域12和多个光学元件14。

[0075] 屈光区域12至少具有基于人(光学镜片旨在适于该人)的眼睛的处方的第一屈光力 P_x 。处方例如适于矫正配戴者的眼睛的屈光异常。屈光区域12可以进一步至少包括不同于第一屈光力 P_x 的第二屈光力 P_y 。屈光区域可以具有连续变化的屈光力。例如,屈光区域可以具有渐进式多焦点设计。

[0076] 屈光区域12优选地被形成为除由该多个光学元件14形成的区域之外的区域。换言之,屈光区域12是与由该多个光学元件14形成的区域互补的区域。

[0077] 在图1和图2所展示的本披露内容的实施例中,该多个光学元件14有助于近视控制功能。换言之,该多个光学元件14具有与该屈光区域相结合而在配戴者的视网膜上提供被扰动的图像(例如质量降低的图像)的光学功能。例如,这些光学元件具有当配戴者戴着近视控制光学镜片时不将图像聚焦在配戴者的眼睛的视网膜上的功能。例如,在标准配戴条件下,与穿过屈光区域的光线相比,穿过该多个光学元件的光线将不同地偏离。例如,被扰动的图像是通过不将光线聚焦在配戴者的眼睛的视网膜上来生成的。

[0078] 该多个光学元件14的形状和/或尺寸和/或排列可以引起参与和/或调制近视控制功能的衍射效应。

[0079] 有利地,例如通过不将图像聚焦在配戴者的视网膜上来在配戴者的视网膜上提供被扰动的图像将允许产生控制信号,该控制信号抑制、降低或至少减缓戴着镜片元件的人的眼睛的屈光异常(比如近视或远视)的进展。

[0080] 光学元件14可以是折射元件,例如具有球面表面并将光线聚焦在视网膜前方和/或后方的微透镜。替代性地,光学元件可以具有在配戴者的视网膜前方和/或后方创建非聚焦光量的非球面表面,例如多焦点形状或非球表面。

[0081] 替代性地,光学元件14可以是将光线重新定向并聚焦在配戴者的视网膜前方和/或后方的衍射元件。

[0082] 替代性地,光学元件14可以是在配戴者的视网膜前方和/或后方创建散射光量的散射元件。

[0083] 虽然近视控制功能已经用包括光学元件的近视控制光学镜片进行了展示,但本披露内容并不局限于此。

[0084] 如图3所表示的,用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法包括提供与配戴者的眼睛相对应的眼睛模型的步骤S2。

[0085] 眼睛模型对应于至少定义了关于眼睛的光学元件的几何形状和光学特性的某些规范的一组数据。换言之,眼睛模型对应于具有眼睛的类似特性的光学系统。

[0086] 眼睛模型至少包括与定义眼睛模型的至少一个结构、眼睛模型的旋转中心(ERC)、和经过所述眼睛模型旋转中心(ERC)的至少一条视轴有关的几何数据。在本披露内容的意义上,视轴对应于经过眼睛旋转中心和眼睛模型的瞳孔中心的轴线。

[0087] 有利地,根据本披露内容的眼晴模型准确地模拟眼睛的光学特性,包括中心像差和离轴像差,从而提高了评估方法的准确性。

[0088] 眼睛模型可以包括与眼睛的角膜有关的数据。眼睛模型的角膜前表面可以至少通过眼睛模型的角膜前表面的形状或形貌来定义。类似地,眼睛模型的角膜后表面可以至少通过眼睛模型的角膜后表面的形状或形貌来定义。角膜前表面和后表面的形状或形貌允许定义角膜的屈光和/或非球面度。眼睛模型的角膜可以进一步通过折射率和/或角膜前表面与后表面之间的距离或厚度来定义。

[0089] 眼睛模型可以包括与眼睛的前房、后房和房水有关的数据。房水可以通过折射率和/或角膜后表面与瞳孔的前表面之间的距离或厚度来定义。

[0090] 眼睛模型可以包括与眼睛的瞳孔有关的数据。眼睛模型的瞳孔可以通过放置在经过晶状体的前顶点的竖直平面上的光阑来定义。

[0091] 眼睛模型可以包括与眼睛的晶状体有关的数据。眼睛模型的晶状体的前表面可以至少通过眼睛模型的晶状体的前表面的形状或形貌来定义。类似地,眼睛模型的晶状体的后表面可以至少通过眼睛模型的晶状体的后表面的形状或形貌来定义。晶状体前表面和后表面的形状或形貌允许定义晶状体的屈光和/或非球面度。眼睛模型的晶状体可以进一步通过均匀或梯度折射率和/或晶状体前表面与后表面之间的距离或厚度来定义。

[0092] 眼睛模型可以包括与眼睛的包括玻璃体液的玻璃体房有关的数据。玻璃体液可以通过折射率和/或眼睛模型的晶状体后表面与视网膜之间的距离或厚度来定义。

[0093] 眼睛模型可以包括与眼睛的视网膜有关的数据。眼睛模型的视网膜可以至少通过视网膜表面的形状或形貌来定义。眼睛模型的视网膜可以进一步通过水平方向和/或竖直方向上的偏心来定义。

[0094] 在本披露内容的意义上,眼睛模型的每个结构的折射率可以是恒定的。替代性地,折射率的分布可以沿着眼睛模型的该结构变化。此外,折射率可以包括考虑了色像差的色散系数。

[0095] 定义眼睛模型的每个元件的表面可以进一步通过围绕竖直轴线y的倾斜角和/或围绕水平轴线x的倾斜角来定义。最后,定义眼睛模型的每个元件的表面可以进一步通过与眼睛模型的视线的偏心来定义。

[0096] 眼睛模型进一步包括眼睛模型旋转中心(ERC)。眼睛旋转中心的位置可以使用已知的方法和设备在配戴者身上精确地测量。

[0097] 眼睛模型进一步至少包括经过眼睛模型旋转中心的光轴。例如,光轴可以经过眼睛模型的旋转中心和瞳孔中心。

[0098] 眼睛模型可以通过随着物体接近度而准确地改变眼睛模型的不同结构的几何形状和/或折射率来考虑眼睛的调节过程。眼睛模型可以随着调节而再现光学像差的变化。将调节响应函数集成在眼睛模型中的示例可以在文献中找到,例如“Adaptive model of the

aging emmetropic eye and its changes with accommodation[老化正视眼的自适应模型及其随着调节的变化],Rafael Navarro,Journal of Vision[视觉杂志],2014年,14(13):21,doi:https://doi.org/10.1167/14.13.21。

[0099] 眼睛模型可以是代表一般人的平均眼睛模型,也可以是代表给定群体的分段眼睛模型。例如,群体可以基于配戴者的资料来定义,例如基于其年龄、和/或适于配戴者的处方、和/或基于中心和/或周边波前像差、和/或中心和/或周边屈光和散光、和/或角膜测量、和/或轴向长度、和/或视网膜形状测量。通常用于模拟的基于眼睛数据测量结果的群体平均值的眼睛模型在以下中进行了详细描述:“Off-axis aberrations of a wide-angle schematic eye model[广角示意性眼睛模型的离轴像差],Navarro 1999”和“Optical models for human myopic eyes[人类近视眼的光学模型],Atchison 2006”。

[0100] 替代性地,眼睛模型可以是基于人的资料和/或基于对所述人进行的测量的、代表唯一的人的个体眼睛模型。

[0101] 有利地,使用为特定人或尽可能接近于目标群体而开发的眼睛模型允许提高根据本披露内容的方法的准确性。

[0102] 可以使用数学优化算法来修改一般眼睛模型,以尽可能好地拟合在配戴者身上测得的数据。有利地,这允许获得更准确的模型,同时需要更少的资源。

[0103] 如图3所表示的,用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法包括提供环境的步骤S4。

[0104] 视觉环境可以至少通过在3维参考系中定义的物体(优选地一组物体)来定义。视觉环境至少包括源物点(M)和至少一个源物点(S)。视觉环境中的物体可以是单点物体、一组点物体或网格物体。此外,视觉环境可以在参考系中定义为在3维空间中定向、例如定向在至少20°度视野上并在参考点的不同距离处、例如在距眼睛模型旋转中心(ERC)为不同距离处的一组离散3D物点。

[0105] 环境的发光条件可以通过将发射曲线(例如光谱辐射函数)与视觉环境中的每个物体相关联来定义。

[0106] 视觉环境可以与视觉艾格玛函数相关联。在本披露内容的意义上,“艾格玛函数”是将物点的距离与每个注视方向相关联的函数。

[0107] 通常的艾格玛函数可以被定义为使得在遵循主中心视力注视方向的视远中,物点在无穷远处。在遵循与朝向鼻侧的绝对值为约35°的角 α 和约5°的角 β 相对应的向下注视方向的视近中,物距是约30至50cm。针对涉及艾格玛函数的可能定义的更多细节,可以考虑描述了艾格玛函数、其定义以及其建模方法的美国专利US-A-6,318,859。

[0108] 如图3所表示的,用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法包括提供近视控制光学镜片模型的步骤S6。

[0109] 近视控制光学镜片模型是至少通过一组表面、一组厚度和一组折射率来定义的。

[0110] 如图1和图2所展示的,近视控制光学镜片模型10可以至少定义形成为朝向物体侧的凸弯曲表面的第一物体侧表面F1和形成为朝向眼睛侧的凹表面且具有与物体侧表面的曲率不同的曲率的第二眼睛侧表面F2。

[0111] 表面F1和F2的曲率被定义为至少提供第一屈光光学功能,例如将光聚焦在单点上。例如,表面F1和F2的曲率可以被定义为使得近视控制光学镜片模型的光学功能对应于

配戴者的处方。

[0112] 如图1和图2所展示的,近视控制光学镜片模型10可以定义多个光学元件14。这多个光学控制元件可以被建模为设置在近视控制光学镜片的物体侧表面F1和/或眼睛侧表面F2上和/或介于物体侧表面F1与眼睛侧表面F2之间。

[0113] 所建模的光学元件可以至少通过具有与物体侧表面F1的曲率和/或眼睛侧表面F2的曲率不同的曲率的表面来定义。这些光学元件提供与第一屈光功能不同的第二光学功能。

[0114] 近视控制镜片模型可以进一步通过设置在近视控制镜片模型的至少部分表面和至少部分光学元件上的涂层元件来定义。涂层元件还可以通过折射率和厚度定义。

[0115] 如图3所表示的,用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法包括提供参考系的步骤S8。

[0116] 参考系被定义为通过一组坐标轴x、y、z定义的3维参考空间。

[0117] 如图5所展示的,参考系可以以眼睛模型旋转中心(ERC)为中心。例如,z轴可以与主中心视力注视方向重合。主中心视力注视方向是通过眼睛模型在水平方向上直视前方的取向来定义的。x轴对应于与主中心视力注视方向正交的水平轴线,并且y轴对应于与z轴和x轴正交的垂直轴线。

[0118] 如前所述,视觉环境可以与参考系相关联。对定义视觉环境的每个物点分配一组坐标(x,y,z)。眼睛模型可以通过为定义它的每个结构分配一组坐标(x',y',z')来与参考系相关联。近视控制光学镜片模型可以通过为定义它的每个点分配一组坐标(x'',y'',z'')来与参考系相关联。

[0119] 近视控制光学镜片模型在参考系内的位置是相对于视觉环境和眼睛模型来定义的,以提供特定的光学功能。特别是,近视控制光学镜片模型被定位为使得它同时提供矫正眼睛的视力缺陷并在眼睛模型的视网膜上的中央凹部分上产生图像的第一光学功能(例如将光聚焦在眼睛模型的视网膜上的屈光光学功能)以及用于降低、延迟或防止配戴者的近视进展的第二近视控制功能(例如扰动在眼睛模型的视网膜上的光)。例如,第一屈光光学功能聚焦来自视觉环境中物体的光线,从而被眼睛模型的视网膜的中心部分或中央凹部分感知到,而第二光学功能不将来自视觉环境中物体的光线聚焦在眼睛模型的视网膜的中心部分和周边部分上。换言之,当配戴者注视物点时,由这个点形成的图像的质量可能降低。

[0120] 在特定的实施例中,近视控制光学镜片模型被定义在参考系中在与近视控制光学镜片的配戴条件相对应的特定位置处,例如标准配戴条件、或在配戴者身上测量并为其调适的特定配戴条件。在本披露内容的意义上,配戴条件应被理解为镜片元件相对于配戴者的眼睛在主中心注视方向上的位置,例如由前倾角、包角、角膜到镜片距离、眼睛旋转中心(ERC)到角膜距离、眼睛旋转中心(ERC)到镜片距离来定义。

[0121] 角膜到镜片距离是沿着处于第一眼位的眼睛的视轴(通常被视为是水平的)在角膜前表面与光学镜片的后表面之间的距离,例如等于12mm。

[0122] 眼睛旋转中心(ERC)到角膜距离是沿着眼睛的视轴在其旋转中心(ERC)与角膜前表面之间的距离,例如等于13.5mm。

[0123] 眼睛旋转中心(ERC)到镜片距离是沿着处于第一眼位的眼睛的视轴(通常被视为是水平的)在眼睛旋转中心(ERC)与光学镜片的后表面之间的距离,例如等于25.5mm。

[0124] 前倾角是在光学镜片的后表面与处于第一眼位的眼睛的视轴(通常被视为是水平的)之间的相交处、在光学镜片的后表面的法线与处于第一眼位的眼睛的视轴之间在竖直平面上的角度,例如等于 -8° 。

[0125] 包角是在光学镜片的后表面与处于第一眼位的眼睛的视轴(通常被视为是水平的)之间的相交处、在光学镜片的后表面的法线与处于第一眼位的眼睛的视轴之间在水平平面上的角度,例如等于 0° 。

[0126] 标准配戴条件的示例可以通过 -8° 的前倾角、12mm的角膜到镜片距离、13.5mm的ERC到角膜距离、25.5mm的ERC到镜片距离以及 0° 的包角来定义。

[0127] 更适于年轻配戴者的标准配戴条件的另一个示例可以通过 0° 的前倾角、12mm的角膜到镜片距离、13.5mm的ERC到角膜距离、25.5mm的ERC到镜片距离以及 0° 的包角来定义。

[0128] 如图3所表示的,用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法包括确定至少一个中心视力质量指标的步骤S10。

[0129] 中心视力质量指标评估了由眼睛模型通过近视控制光学镜片模型看到的视觉环境中的物点(M)或元件在视网膜的中央凹部分或中心部分中的图像的质量。

[0130] 中心视力质量指标可以针对定位于距近视控制光学镜片模型和/或距参考系中的眼睛模型旋转中心(ERC)为不同距离处的多个物体和/或针对不同的中心视力注视角度来确定。特别是,中心视力质量指标可以针对位于中心视力注视的无限远处的物体来确定的。

[0131] 中心视力质量指标评估了在中心视力中由屈光区域与所关注的光学元件的组合效应针对物体形成的图像的质量。所关注的光学元件是通过它们在近视控制光学镜片模型上相对于来自物体的光线路径和眼睛模型瞳孔的位置来定义的。

[0132] 中心视力质量指标以及定义它们的方法是众所周知的,并且在本领域的惯用手段中也被很好地定义。

[0133] 中心视力质量指标可以基于斯特列尔比,斯特列尔比对应于针对相同瞳孔大小,实际点扩散函数(PSF)的峰值除以衍射极限点扩散函数(PSF)的峰值的比。中心视力质量指标还可以是基于由眼睛模型和近视控制光学镜片组成的光学系统的视觉斯特列尔比VSX、VSOTF和VSMTF。

[0134] 中心视力质量指标可以基于调制传递函数(MTF),该调制传递函数评估如何通过光学系统来降低某些频率的对比度。例如,测量在该调制传递函数曲线下方的两个特定限制频率之间的面积,并将其与针对相同瞳孔大小在衍射极限调制传递函数曲线下方的面积进行比较。

[0135] 中心视力质量指标可以基于焦度误差。视觉环境中的物点穿过近视控制光学镜片的焦平面可能距眼睛模型的视网膜表面是遥远的。这些距离可以被转换为以屈光度表示的焦度误差。

[0136] 中心视力质量指标可以基于散光误差。视觉环境中的物点穿过近视控制光学镜片的切向焦平面和矢状焦平面可能是遥远的。这两个焦平面之间的距离可以被转换为以屈光度表示的散光误差。

[0137] 中心视力质量指标可以基于环绕能量半径分数。环绕能量是指从视觉环境中的物点穿过近视控制光学镜片模型和眼睛模型在视网膜处的图像中评估出的在视网膜的中央凹或中心部分上的能量浓度。测量点扩散函数(PSF)中包含预定义量的能量(例如50%或

80%)的半径。测得的半径越小,图像的质量越高。

[0138] 中心视力质量指标可以基于点列图半径,点列图半径被定义为光线交点与主光线交点的均方根(RMS)距离。点列图半径可以通过追踪来自视觉环境中的物点的覆盖了瞳孔的光线并计算它们与眼睛模型的视网膜的交点来获得。

[0139] 中心视力质量指标可以基于点扩散函数(PSF),通过评估物点(例如位于视觉环境中的无限远处)经近视控制光学镜片模型在眼睛模型的视网膜上形成的扩散或模糊程度。

[0140] 中心视力质量指标可以基于光学传递函数(OTF),该光学传递函数定义了近视控制光学镜片模型如何处理不同的空间频率。

[0141] 如图3所展示的,确定中心视力质量指标的步骤S10可以进一步包括确定与源物点(M)相关联的至少一个中心注视方向($\alpha_M; \beta_M$)的步骤S102。

[0142] 中心注视方向代表当透过近视控制光学镜片观看时眼睛为了将视线带到源物点(M)上所采取的方向。中心注视方向可以通过光线追踪、通过找到源于(M)并在通过近视控制光学镜片以及在ERC之前的部分眼睛模型折射之后经过ERC的光线来确定。替代性地,中心注视方向可以通过计算由视网膜上的物点(M)生成的PSF并调整眼睛注视方向使得PSF的中心与中央凹的中心重合来确定。中心注视方向($\alpha_M; \beta_M$)可以从主注视参考系中、例如从与眼睛模型在水平方向上直视前方时的取向相对应的主中心视力注视方向来定义。

[0143] 物点(M)被视为点源,并且从它发射的光线传播穿过近视控制光学镜片模型和眼睛模型。物理光学传播被建模成考虑了由眼睛模型的瞳孔以及近视控制光学镜片的光学元件引起的衍射效应和几何效应两者。

[0144] 如图3所展示的,确定中心视力质量指标的步骤S10可以进一步包括旋转眼睛模型的步骤S104。

[0145] 在主注视参考系内围绕眼睛模型的旋转中心(ERC)旋转眼睛模型,使得眼睛模型的光轴与中心注视方向($\alpha_M; \beta_M$)重合。角度 β_M 和 α_M 分别代表为了使眼睛模型从主注视参考系移动到眼睛注视参考系而在菲克(Fick)系统中在CRE处应用的水平和竖直旋转角度。应用从这两个角度得出的眼睛的第三扭转,使得眼睛注视轴线遵守利斯廷定律(Listing law)。

[0146] 如图3所展示的,确定中心视力质量指标的步骤S10可以进一步包括修改眼睛模型的至少一个参数的步骤S106。

[0147] 眼睛模型的被修改的至少一个参数可以是与眼睛模型的结构的面有关的几何参数、和/或眼睛模型的两个结构之间的距离、和/或眼睛模型的结构折射率。例如,可以修改眼睛模型的晶状体的前表面和后表面的曲率。此外,可以修改眼睛模型的瞳孔的孔径大小。

[0148] 可以修改眼睛模型以考虑眼睛随着物体接近度的调节过程。

[0149] 眼睛模型的调节响应可以通过在处于调节状态的眼睛模型与处于非调节状态的眼睛模型之间的光焦度差来测量。当位于距眼睛模型的无限远距离(距离大于5m)处的物点在穿过近视控制光学镜片和眼睛模型之后在视网膜上产生聚焦图像或在视网膜之前产生图像时,眼睛模型处于未调节状态。当物点的通过未调节状态的眼睛模型和近视控制光学镜片的图像是在视网膜后方时,出现处于调节状态的眼睛模型。这通常发生在物点处于近距离或中距离的时候,例如在距眼睛模型几米内。处于调节状态的眼睛模型涉及其几何形状和/或其光学特征的变化,以产生调节响应。调节响应值是正值,并且对应于在调节状态

下眼睛模型光焦度的增加。例如,针对没有近视控制光学镜片模型的非调节正视眼睛模型,位于无限远处的物点将在视网膜上产生聚焦图像。针对位于距正视眼睛模型1m处的物点,相当于1D的接近度,需要大约1D的调节响应来将图像聚焦回到视网膜上。这种响应通常是通过修改一些元件(例如眼睛模型中的晶状体)的几何形状来实现的。

[0150] 眼睛模型的调节过程可以使用调节响应函数来定义。调节响应函数特定于眼睛模型,并且取决于物体与眼睛模型的接近度,例如调节响应函数可能取决于源物点(M)与眼睛模型的旋转中心(ERC)之间的距离。调节响应函数可以进一步基于近视控制光学镜片模型和/或中心视力质量指标来调制。

[0151] 使用调节响应函数,可以确定眼睛模型的至少一个参数的修改值以使眼睛模型的调节状态适于其面对的源物点(M)的接近度。

[0152] 有利地,基于物体接近度来调适眼睛模型的调节状态允许确定用于确定近视控制光学镜片模型对配戴者的适配性的中心视力质量指标的更准确的值。

[0153] 如图3所展示的,确定中心视力质量指标的步骤S10可以进一步包括计算中心视力质量指标的步骤S108。

[0154] 修改眼睛模型的至少一个参数将影响其几何形状和/或其光学功能,并且因此影响从源物点(M)直到眼睛模型的视网膜的光线追踪,从而影响中心视力质量指标的评估。

[0155] 中心视力质量指标是基于在参考系内源物点(M)与眼睛模型旋转中心(ERC)的相对位置、近视控制光学镜片模型和修改后的眼睛模型来计算的。

[0156] 如图3所展示的,确定中心视力质量指标的步骤S10可以进一步包括优化中心视力质量指标的步骤S110。

[0157] 中心视力质量指标可以通过将修改眼睛模型的至少一个参数的步骤S106和计算中心视力质量指标的步骤S108重复来优化。

[0158] 当针对源物点(M)、近视控制光学镜片模型和修改后的眼睛模型而评估的中心视力质量指标值为最大时,中心视力质量指标可以被视为已优化。替代性地,当中心视力质量指标的评估值为最小时,中心视力质量指标可以被视为已优化。替代性地,当中心视力质量指标的值达到特定预定义阈值时,中心视力质量指标可以被视为已优化。

[0159] 如图3所表示的,用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法包括确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12。

[0160] 根据本披露内容的实施例,近视控制效率指标可以基于由眼睛模型透过近视控制光学镜片模型看到的视觉环境中物点的图像的周边离焦来评估。

[0161] 有利地,可以简单地评估可以生成近视进展停止信号的周边离焦水平,从而提供一种评估镜片的近视控制功能的效率的方式。

[0162] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括确定与至少一个物点(S)相关联的至少一条周边光线P的步骤S1202。

[0163] 如图6所展示的,周边光线P从视觉环境中的物点(S)发射,并在从与源物点(M)相关联的眼睛模型的中心注视方向G($\alpha_M; \beta_M$)起的周边方向($\alpha_S; \beta_S$)处穿过近视控制光学镜片模型和眼睛模型的瞳孔,例如穿过眼睛模型的瞳孔中心。

[0164] 周边光线P理解为,光线P从物体(S)射向眼睛模型的方向与眼睛模型的中心注视方向显著不同。换言之,角度 $|\alpha_S|$ 和/或 $|\beta_S|$ 的绝对值中的至少一个大于或等于 1° 。

[0165] 周边光线P的物理光学传播可以被建模为考虑由近视控制光学镜片模型的结构(例如光学元件)和眼睛模型的结构(例如瞳孔)引起的衍射效应和几何效应两者。

[0166] 近视控制效率指标可以针对与视觉环境中的物体 S_i 相联系的周边光线方向 P_i 的集合来计算。

[0167] 近视控制效率指标可以针对与视觉环境中的物体 M_k 相联系的中心视力注视方向 G_k 的集合和与视觉环境中的物体 S_i 相联系的周边光线方向 P_i 的集合来计算。

[0168] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括从穿过近视控制光学镜片模型和眼睛模型的光来评估(例如计算)散光焦点位置的步骤S1204。例如,评估周边光线方向P的散光焦点与所述周边光线和眼睛模型的视网膜的交点之间的距离。散光焦点与和视网膜的交点之间的距离允许评估(例如计算)可以生成近视进展停止信号的周边离焦的量。

[0169] 替代性地,可以确定周边光线方向P的平均焦点(其可以大致位于距散光焦点为中间距离处)与所述周边光线P和视网膜的交点之间的距离,以评估可以生成近视停止信号的周边离焦的量。

[0170] 优选地,可以使用从视觉环境中的物体S发射并以不同角度穿过眼睛模型的瞳孔的多条光线,以确定散光焦平面和/或平均焦平面。

[0171] 针对视觉环境中的物点(S_i)的集合和与每个物体相关联的具有不同注视方向的周边光线 P_i 的集合,近视控制效率的指标可以被定义如下:

$$[0172] \quad \sum_k \sum_i w_i^k \left[\left(F_{\text{平均}}(G_k, S_i, x) - F_{\text{平均}}^{\text{目标}}(\alpha_i, \beta_i) \right)^2 + \left(DF(G_k, S_i, x) - DF^{\text{目标}}(\alpha_i, \beta_i) \right)^2 \right]$$

[0173] 其中 $F_{\text{平均}}$ 是平均焦点与周边光线 P_i 和视网膜的交点之间的距离,并且 $F_{\text{平均}}^{\text{目标}}$ 是相关联的目标距离。 DF 是散光焦点之间的距离,并且 $DF^{\text{目标}}$ 是相关联的目标值。优选地, $F_{\text{平均}}^{\text{目标}}$ 和 $DF^{\text{目标}}$ 仅取决于周边光线 P_i 的方向 (α_i, β_i) ,而不取决于物点接近度。

[0174] 在上面的等式和下面的等式中, x 定义了代表对近视控制光学镜片模型的优化的自由度的向量。向量 x 可能与比如镜片模型的前表面的几何形状和/或后表面的几何形状、和/或近视控制光学镜片模型的折射率和/或折射率变化等参数有关。如果近视控制镜片模型包括比如折射微结构等光学元件,则向量 x 还可以与光学元件的位置和/或光学元件的大小和/或光学元件的焦度和/或光学元件的非球面度有关。如果镜片模型包括光散射元件,则向量 x 可以与散射元件的位置和/或散射元件的尺寸和/或散射元件的散射效率、散射元件的散射角和/或散射元件的BTDF有关。如果镜片模型包括衍射微结构,则向量 x 还可以与微结构的位置和/或微结构的大小和/或微结构的衍射阶数和/或微结构的衍射效率有关。

[0175] 如图4所展示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括基于周边光线P的散光焦点与周边光线和配戴者的视网膜的交点之间的评估距离来评估周边离焦的步骤S1206。

[0176] 根据本披露内容的如图4所表示的另一个实施例,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括确定与至少一个物点(S)相关联的至少一条周边光线P的步骤S1212。

[0177] 确定至少一条周边光线P的步骤S1212与前面描述的步骤S1202一致。

[0178] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括在近视控制光学镜片模型前方添加薄复球面镜片模型的步骤S1214。

[0179] 如图6所展示的,薄复球面镜片模型被定位于参考系中,靠近近视控制光学镜片模型的表面或与其紧密接触。例如,复球面镜片模型被定位成靠近近视控制光学镜片模型的物体侧表面。薄复球面镜片模型在参考系中被定位和定向成使得当周边光线P在视觉环境中传播时,该薄复球面镜片模型的光轴之一与所述周边光线重合。

[0180] 薄复球面镜片模型是至少通过一组表面、一组厚度和一组折射率来定义的。特别是,薄复球面镜片模型至少提供第一平均球面光焦度和第一散光。第一散光可以等于0,在这种情况下,薄复球面镜片模型将仅提供球面光焦度。

[0181] 应理解的是,薄复球面镜片模型并不是镜片模型的一部分,而是用作一种计算工具。

[0182] 薄复球面镜片模型的集合可以与从物体的集合发射的周边光线的集合中的每一者相关联。

[0183] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括优化薄复球面镜片模型的表面的步骤S1216。

[0184] 在参考系中定义所模拟的薄复球面镜片模型的表面的至少一个参数被修改为使得来自物点(S)并穿过所述薄复球面镜片模型的周边光线P聚焦到眼睛模型的视网膜上。换言之,定义薄复球面的参数被改变为使其焦点与眼睛模型的视网膜重合。例如,定义薄复球面的至少一个参数被修改为使最小RMS光斑大小与眼睛模型的视网膜重合。

[0185] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括确定优化后的复球面镜片模型的平均光焦度的步骤S1218。

[0186] 薄复球面镜片模型的平均光焦度反映了可以生成近视进展停止信号的周边离焦的值。例如,如果薄复球面镜片模型的平均光焦度小于0D,则周边离焦是近视的,即平均焦点形成在眼睛模型的视网膜前方。类似地,如果薄复球面镜片模型的平均光焦度大于0D,则周边离焦是远视的,即平均焦点形成在眼睛模型的视网膜后方。

[0187] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括基于薄复球面镜片模型的所确定的平均光焦度来评估周边离焦的步骤S1220。

[0188] 根据本披露内容的另一个实施例,近视控制效率指标可以基于静态图像评价来评估。换言之,近视控制效率指标可以通过评估例如在周边视力中的图像的质量来确定。

[0189] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括确定与至少一个物点(S)相关联的至少一条周边光线P的步骤S1232。

[0190] 确定至少一条周边光线P的步骤S1232与前面描述的步骤S1202和步骤S1212一致。

[0191] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括确定度量Q的步骤S1234,该度量评价透过近视控制光学镜片模型在眼睛模型的视网膜上观看到的物体S的图像质量。

[0192] 评价在视网膜处的图像质量的度量Q可以与近视控制功能的效率相关联。

[0193] 与中心视力质量指标类似,评价周边视力的视网膜图像质量的度量Q可以基于斯特列尔比、和/或调制传递函数(MFT)、和/或焦度误差、和/或散光误差、和/或环绕能量半径分数、和/或点列图半径、和/或点扩散函数(PSF)、和/或光学传递函数(OTF)、和/或视觉斯

特列尔比 (VSX、VSOTF、VSM TF)、和/或波前像差。

[0194] 例如,近视控制效率指标可以通过在特定空间频率下对物点(S)的图像的调制传递函数(MTF)进行积分来确定。

[0195] 针对特定的空间频率或空间频率范围 $[f_{\min}, f_{\max}]$,并且针对中心注视方向 G_k 的集合和来自一组物体 S_i 的周边光线 P_i 的集合,基于调制传递函数的近视控制效率指标可以被定义如下:

$$[0196] \quad \sum_k \sum_i w_i^k \int_{f_{\min}}^{f_{\max}} MTF(f, G_k, S_i, x) df ;$$

[0197] 其中 w_i^k 为针对每对中心注视方向 G_k /周边物点 S_i 的加权系数。

[0198] 当调制传递函数的积分在特定的空间频率范围上较小时,近视控制的效率可能较高。

[0199] 根据本披露内容的实施例,近视控制效率指标可以基于动态图像评价来评估。换言之,近视控制效率指标可以通过改变眼睛模型的参数而不是近视控制光学镜片模型的参数来评估。

[0200] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以进一步包括修改眼睛模型的至少一个参数的步骤S1236。

[0201] 所修改的眼睛模型的至少一个参数可以与定义眼睛模型的结构至少一个几何和/或光学参数有关。

[0202] 将进一步使用眼睛模型的轴向长度作为所修改的眼睛模型的至少一个参数来描述本披露内容。然而,对于本领域的普通技术人员而言,用上述眼睛模型的另一个参数(例如眼睛模型的调节水平)来调适本方法将是清楚的。

[0203] 所模拟的眼睛模型的轴向长度可以增加或减小。修改眼睛模型的轴向长度将修改眼睛模型的内在光学特性,例如眼睛模型的视网膜的表面。

[0204] 通过确定当眼睛模型的轴向长度增加或减小时,物点(S)的图像质量是提高还是降低,即评价图像质量的度量Q是增大还是减小,可以评估视觉信号对配戴者的近视进展的影响。

[0205] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括将确定评价视网膜图像质量的度量Q的步骤S1234和修改眼睛模型的至少一个参数的步骤S1236重复的步骤S1238。

[0206] 针对眼睛模型的该至少一个参数(例如眼睛模型的轴向长度)的每个值,图像质量Q的值与其相关联。基于这种重复,可以计算出图像质量为最优时眼睛模型的该至少一个参数(例如眼睛模型的轴向长度)的值,即评价图像质量的度量Q为最优(例如最小或最大)时眼睛模型的参数。

[0207] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括确定度量Q为最优时眼睛模型的该至少一个参数的步骤S1240。

[0208] 继续讨论眼睛模型的该至少一个参数是其轴向长度的示例,度量Q为最优时眼睛模型的轴向长度高于眼睛模型的初始轴向长度可能意味着趋向于增加人的近视的视觉信号。当度量Q为最优时的轴向长度低于初始轴向长度时,视觉信号可能意味着近视进展的停

止信号。另外,如果度量Q为最优时的轴向长度在近视控制光学镜片的情况下比标准单光镜片的情况更低,则近视控制光学镜片模型可能比标准单光镜片更有效地降低近视进展。

[0209] 针对中心注视方向 G_k 和来自一组物体 S_i 的周边光线 P_i 的成对的集合,基于度量Q为最优时的轴向长度值的近视控制效率指标的表达式可以被定义如下:

$$[0210] \quad \operatorname{argmax}_l \sum_k \sum_i w_i^k Q(l, G_k, S_i, x)$$

[0211] 有利地,图像质量Q为最优时眼睛模型的轴向长度可以与近视控制光学镜片模型的近视控制效率有关。

[0212] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以包括评估度量Q随着眼睛模型的该至少一个参数(例如眼睛模型的轴向长度 l)的变化的步骤S1246。

[0213] 针对来自源物点(M)的中心注视方向 $G(\alpha M; \beta M)$ 和来自物点(S)的周边光线 $P(\alpha S; \beta S)$ 的给定对,代表评价图像质量随着眼睛模型的轴向长度 l 的变化的度量Q的演化的伸长信号可以被定义如下:

$$[0214] \quad \frac{\partial Q(l, G, S, x)}{\partial l}$$

[0215] 针对与源物点(M_k)的集合相关联的中心注视方向 G_k 和来自一组物点(S_i)的周边光线 P_i 的成对的集合,基于度量Q随着轴向长度 l 的变化斜率的近视控制效率指标可以被定义如下:

$$[0216] \quad \sum_k \sum_i w_i^k \frac{\partial Q(l, G_k, S_i, x)}{\partial l};$$

[0217] 其中 w_i^k 为针对每对中心注视方向 G_k /来自物点 S_i 的周边光线的加权系数。

[0218] 如图4所表示的,确定至少一个近视控制效率指标的步骤S12可以进一步包括通过眼睛模型的该至少一个参数(例如眼睛模型的轴向长度)确定度量Q的函数的斜率的步骤S1248。

[0219] 有利地,图像质量度量Q与轴向长度的函数的斜率可以与近视控制光学镜片模型的近视控制效率有关。

[0220] 已经使用眼睛模型的轴向长度作为眼睛模型的该至少一个参数描述本披露内容的实施例。然而,对于本领域的普通技术人员而言,如何调适本披露内容、尤其是如何调适用于定义眼睛模型的其他参数的等式将似乎是显然的。

[0221] 如图3所表示的,用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法包括确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的步骤S14。

[0222] 在本披露内容的意义上,近视控制光学镜片的适配性是指定义所述近视控制光学镜片而最佳配适配戴者的一组参数。换言之,确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性对应于确定适于配戴者的近视控制光学镜片的参数值。

[0223] 当近视控制光学镜片是单光镜片或由连续且连续可微的前表面和后表面制成的渐进式多焦点镜片时,确定适配性可以在于确定要优化的镜片的前表面和后表面之一或两者的几何形状。

[0224] 当近视控制光学镜片是双焦或多焦镜片,其中至少一个表面由彼此相邻并由高度

或斜率的不连续性分隔开的多个连续且连续可微的区组成时,确定适配性可以在于确定每个区的几何形状和每个区的域。

[0225] 当近视控制光学镜片包括光学元件时,确定适配性可以在于确定光学镜片上光学元件的几何形状、和/或大小、和/或位置、和/或数量、和/或密度、和/或重新分配中的至少一者。

[0226] 当光学元件是折射微透镜时,确定适配性可以在于确定光学元件的球面和/或非球面和/或非球形状。当光学元件是散射元件时,确定适配性可以在于确定光学元件的BTDF。当光学元件是衍射元件时,确定适配性可以在于确定光学元件的衍射相位函数。

[0227] 近视控制光学镜片的适配性是基于中心视力质量指标和近视控制效率指标来确定的。

[0228] 有利地,近视控制光学镜片的适配性允许对要提供给配戴者的光学镜片进行调适,使得该光学镜片在降低近视进展与中心视力的视觉敏锐度之间提供最佳权衡。

[0229] 根据本披露内容的实施例,近视控制光学镜片的适配性可以通过优化(例如最小化或最大化)加权成本函数(F)来定义,该加权成本函数是中心视力指标(CV)和近视控制指标(MCE)的加权和:

$$[0230] \quad F = w_1 (CV) + w_2 (MCE);$$

[0231] 其中 w_1 和 w_2 为代表每个指标对于优化适配性的重要性的权重。

[0232] 根据本披露内容的另一个实施例,近视控制光学镜片的适配性可以基于多目标方法来定义,该多目标方法是一种用于优化具有多个对立目标的问题的方法。多目标优化考虑了要优化的要素群,并使它们不断演化,以达到一组“非主导”解决方案。这些解决方案各自代表不同的最优折中,可以从中选择最终的镜片。

[0233] 用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法可以进一步包括应用适配性以确定适于配戴者的近视控制镜片设计和/或修改现有的近视控制镜片设计以使其最佳适于配戴者的步骤。替代性地,可以从预定设计的列表中选择最适于配戴者的近视控制镜片设计。

[0234] 用于确定近视控制光学镜片对配戴者的适配性的方法可以进一步包括制造适于配戴者的近视控制镜片的步骤。近视控制镜片是基于在确定近视控制光学镜片的适配性以最佳配适配戴者的步骤期间定义的一组参数来制造的。换言之,近视控制光学镜片是基于所确定的最适配中心视力质量指标和近视控制效率指标来制造的。

[0235] 将进一步详细描述根据本披露内容的用于确定近视控制光学镜片的适配性的方法的应用示例。

[0236] 定义了一种近视眼睛模型(EM),其中中心屈光为-4.0D,水平子午线 30° 处的平均周边离焦为-0.2D,瞳孔直径设定为4.0mm,并处于非调节状态。使用的镜片模型(L)是在其前表面上具有微透镜阵列的单光镜片。该镜片模型具有等于1.59的折射率和2.59D的前基弧。微透镜具有球面前表面,并且在镜片模型前表面上排列成六边形网格,其中针对40%的微透镜密度,网格步长为1.51mm且微透镜半径为0.5mm。

[0237] 在此示例中,近视控制光学镜片的适配x旨在优化所有微透镜的曲率半径。换言之,近视控制光学镜片的适配x旨在优化所有微透镜相对于球面前表面基弧的表面焦度添加。

[0238] 基于针对在设定为 $\alpha=0$ 且 $\beta=0$ 的中心注视方向上无限远处的物点源(M)的频域视觉斯特列尔比(VSOTF)来确定中心视力指标(VC)。

[0239] 基于动态图像评价来确定近视控制效率指标(MCE)。也基于频域视觉斯特列尔比(VSOTF)来确定评价周边视力的图像质量的度量Q,如下所示:

$$[0240] \quad MCE(EM, L(x)) = \frac{\partial VSOTF(m, S, L(x))}{\partial m};$$

[0241] 其中S为来自从与水平子午线成 30° 角的主注视方向起为周边角度在无穷远处的物点,x是微透镜的曲率半径,并且m是中心等效折射率。

[0242] 需要被最大化以确定近视控制光学镜片的适配性的值x的成本函数如下:

$$[0243] \quad F(EM, L(x)) = Q(EM, L(x)) + 10 * MCE(EM, L(x))$$

[0244] 图7A和7B分别展示了中心视力指标随着微透镜添加的变化以及近视控制效率指标随着微透镜添加的变化。基于图7C所表示的成本函数曲线,可以确定,在中心视力的视觉敏锐度和近视进展控制(即,近视控制光学镜片的适配性)方面提供最佳平衡的微透镜最优下加光是大约等于0.75D。

[0245] 上述单目标方案的替代方案是使用多目标方法,该多目标方法将寻求两个对立目标(最大Q、最大MCE)的最大化。

[0246] 为了不使文本繁琐,用于解释根据本披露内容的方法的上面示例已经被简化,。如此,所使用的眼睛和镜片模型是非常基本的,物点的数量有限,为确定适配性而优化的参数数量有限。然而,鉴于本披露内容,对于技术人员而言,完善该方法并确定更准确的适配性将是清楚的。

[0247] 本披露内容进一步涉及一种用于比较配戴者的至少两个近视控制光学镜片的方法。

[0248] 该方法包括基于上面的披露内容中描述的方法来确定每个近视控制光学镜片对配戴者的适配性,并进一步比较每个近视控制光学镜片的适配性以确定最佳适合配戴者的适配性。

[0249] 本披露内容涉及一种计算机程序产品,该计算机程序产品包括可由处理器访问的一个或多个存储的指令序列,该一个或多个存储的指令序列在被处理器执行时使处理器执行根据本披露内容的方法的步骤。

[0250] 本披露内容进一步涉及一种计算机可读介质,该计算机可读介质承载根据本披露内容的计算机程序产品的一个或多个指令序列。

[0251] 此外,本披露内容涉及一种使计算机执行本披露内容的方法的程序。

[0252] 本披露内容还涉及一种其上记录有程序的计算机可读存储介质;其中,该程序使计算机执行本披露内容的方法。

[0253] 本披露内容进一步涉及一种装置,该装置包括处理器,该处理器适于存储一个或多个指令序列并且执行根据本披露内容的方法的至少一个步骤。

[0254] 本披露内容进一步涉及一种可由计算机读取的非暂时性程序存储装置,该非暂时性程序存储装置有形地体现具有指令的程序,这些指令可由计算机执行以执行本披露内容的方法。

[0255] 从以下讨论中显而易见的是,除非另有具体规定,否则应认识到,在整篇说明书

中,利用比如“运算”、“计算”、“产生”等术语的讨论是指计算机或计算系统或类似的电子计算装置的动作和/或过程,这些动作和/或过程对在该计算系统的寄存器和/或存储器内表示为物理(比如电子)量的数据进行操纵和/或将其变换成在该计算系统的存储器、寄存器或其他这种信息存储、传输或显示装置内类似地表示为物理量的其他数据。

[0256] 本发明的实施例可以包括用于执行本文中的操作的设备。此设备可以是期望的目的而专门构建的,或者它可以包括通用型计算机或被存储在计算机中的计算机程序选择性地激活或重新配置的数字信号处理器(“DSP”)。这种计算机程序可以存储在计算机可读存储介质中,比如但不限于任何类型的磁盘,包括软盘、光盘、CD-ROM、磁光盘、只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、电子可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、磁卡片或光卡片、或适合于存储电子指令并且能够耦接到计算机系统总线的任何其他类型的介质。

[0257] 本文中呈现的过程和显示并非固有地与任何特定的计算机或其他设备相关。各种通用型系统都可以与根据本文中的教导的程序一起使用,或者可以证明构建更专用的设备以实施所期望的方法是方便的。各种这样的系统所期望的结构将从下文的描述中显现。另外,本发明的实施例并没有参考任何特定的编程语言进行描述。应认识到的是,可以使用各种编程语言来实施本文中所描述的本发明的教导。

[0258] 在参考前述说明性实施例时,本领域技术人员将清楚许多进一步修改和变化,这些实施例仅以示例方式给出并且并不旨在限制本披露内容的范围,本披露内容的范围仅是由所附权利要求来确定的。

[0259] 在权利要求中,词语“包括”并不排除其他要素或步骤,并且不定冠词“一个或一种”并不排除复数。在相互不同的从属权利要求中叙述不同的特征这个单纯的事实并不表示不能有利地使用这些特征的组合。权利要求中的任何附图标记都不应被解释为限制本披露内容的范围。

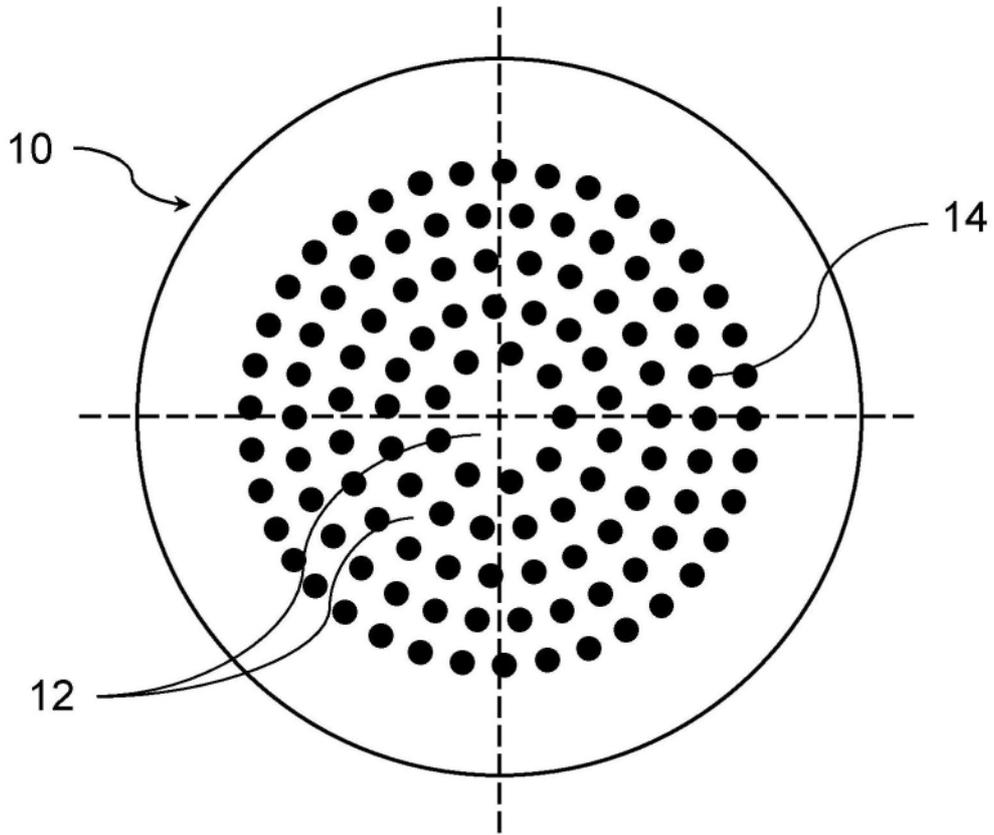


图1

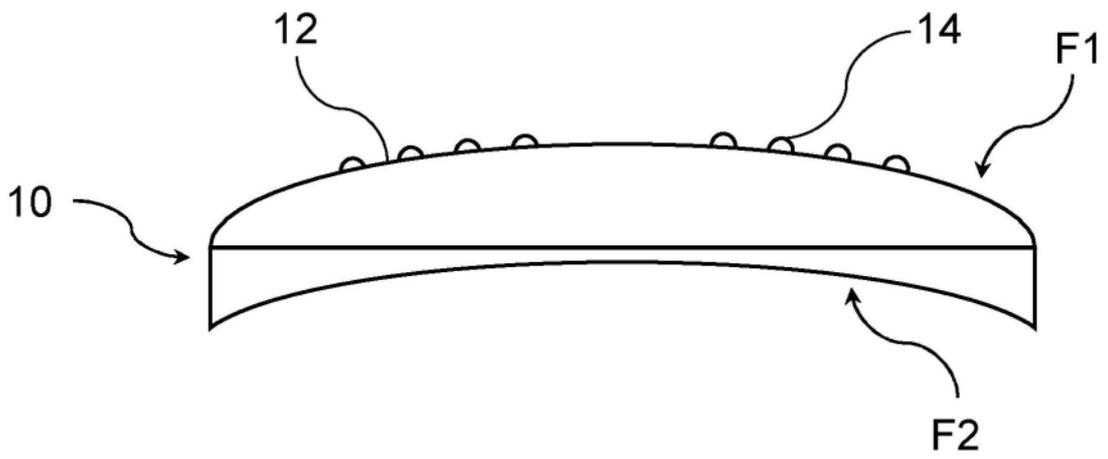


图2

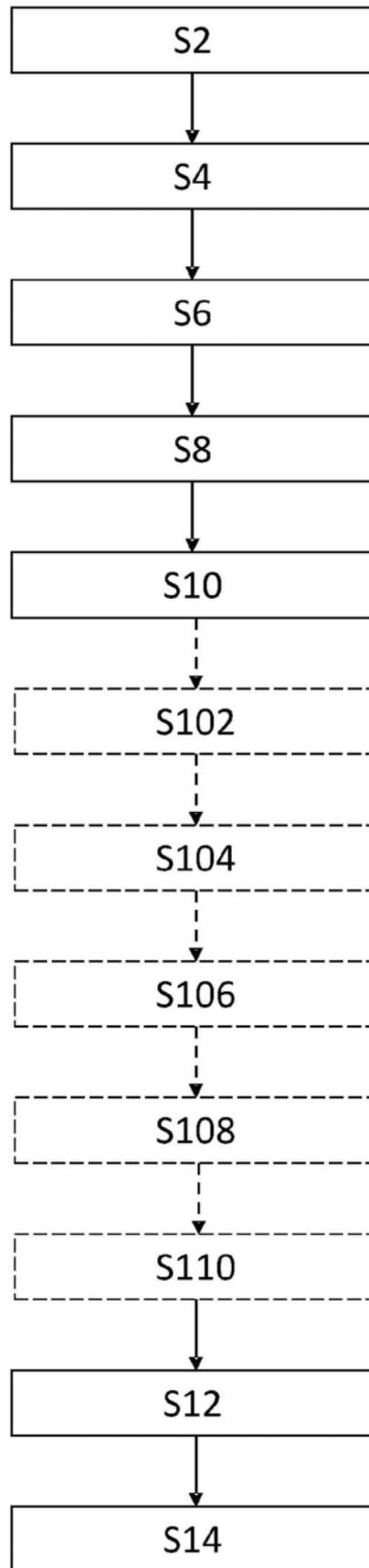


图3

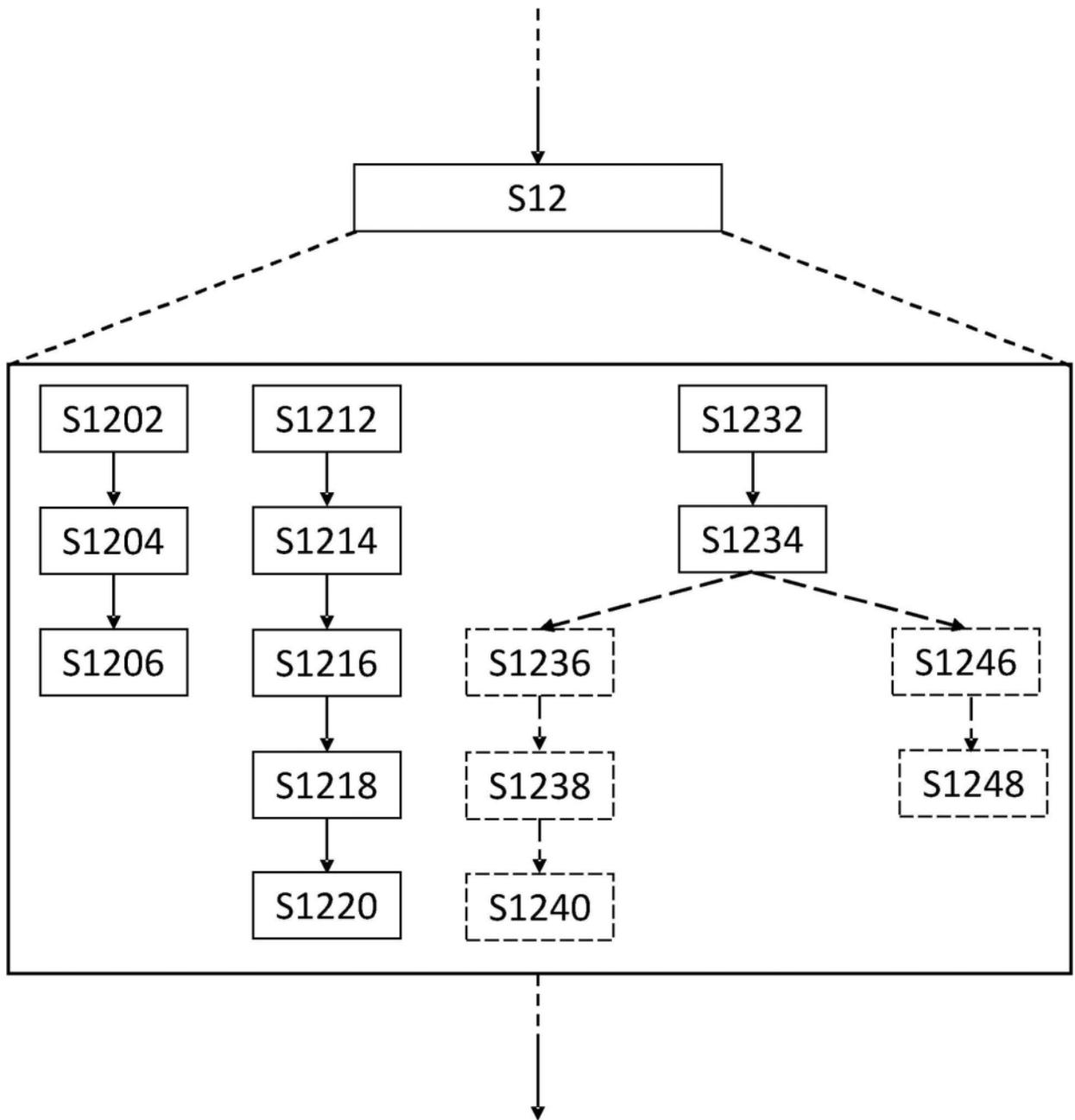


图4

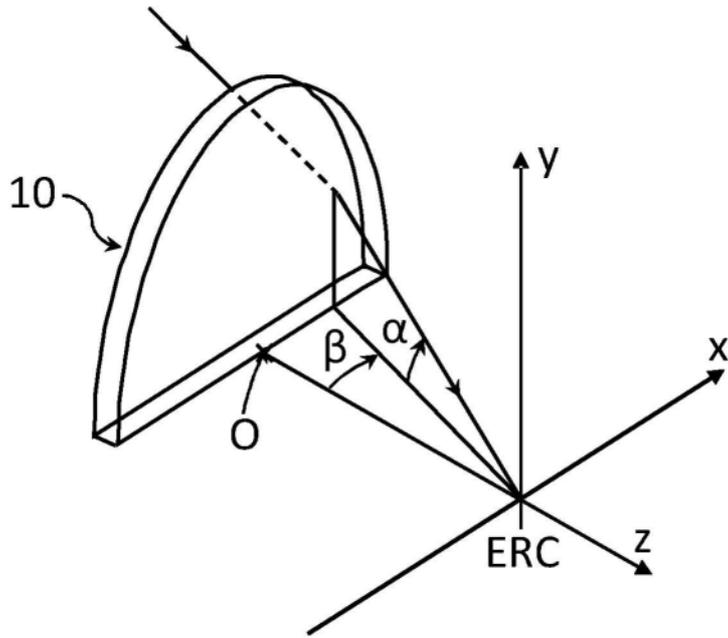


图5

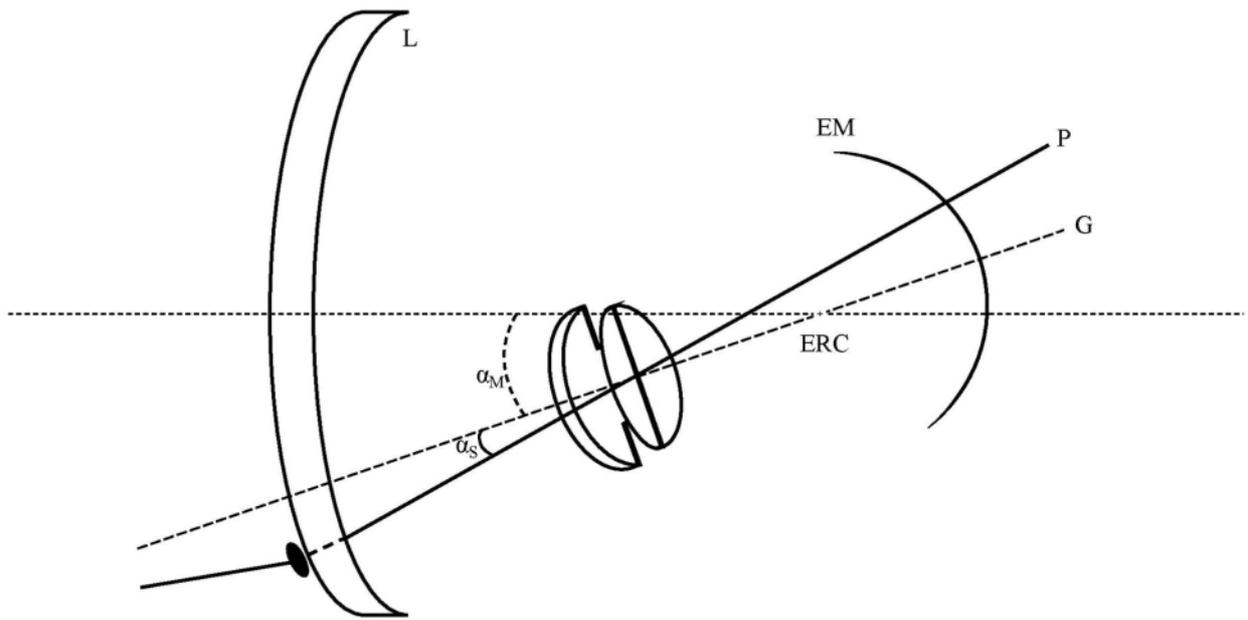


图6

图像质量 - 中心视力

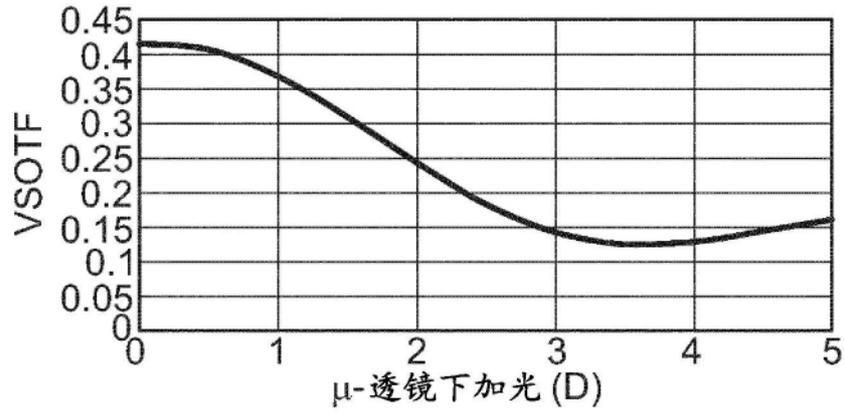


图7A

近视控制指标

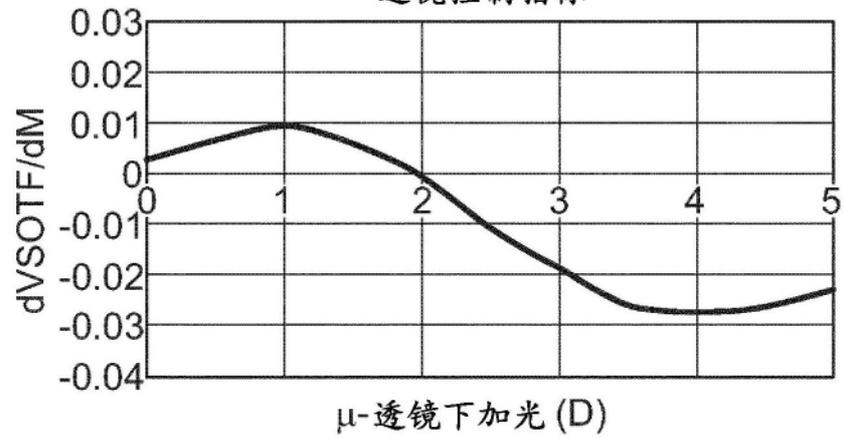


图7B

成本函数

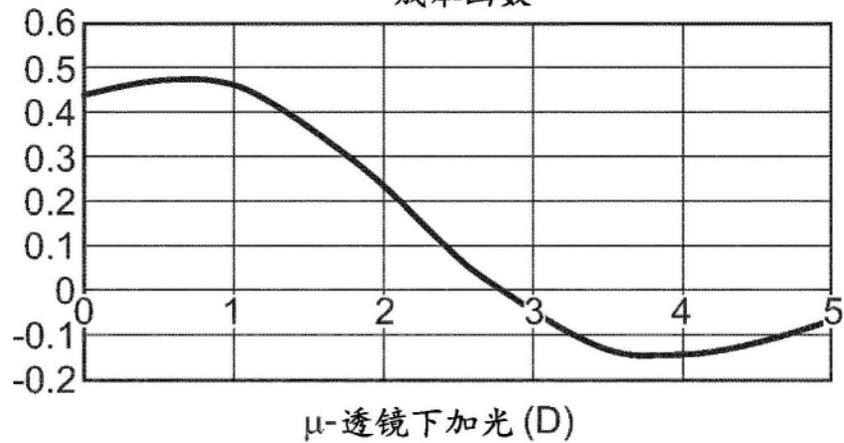


图7C