



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118679417 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 20

(21) 申请号 202380017188.8

(22) 申请日 2023.01.13

(30) 优先权数据

63/300,662 2022.01.19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2023/050062 2023.01.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/139348 EN 2023.07.27

(71) 申请人 库博光学国际有限公司

地址 英国费勒姆

(72) 发明人 A·布拉德利 M·韦伯

P·张伯伦 B·阿鲁穆根

D·S·哈蒙德

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

专利代理师 刘锋

(51) Int.Cl.

G02C 7/04 (2006.01)

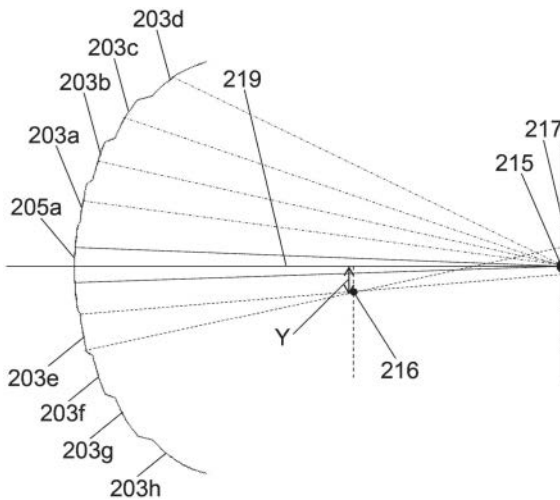
权利要求书2页 说明书11页 附图15页

(54) 发明名称

隐形眼镜及其相关方法

(57) 摘要

一种隐形眼镜 (201) 包含以光轴 (219) 为中心的光学区 (202) 及围绕所述光学区 (202) 的外围区 (204)。沿着子午线穿过所述光学区 (202) 的横截面切片包括一系列具有径向曲率度数曲线的连续弧 (203a到203h)。所述径向曲率度数曲线随着与所述光轴 (219) 的径向距离单调地增加。来自远点源的穿过每一弧的中点的光线朝向所述第一光轴 (203a到203h) 上的点 (215) 会聚。对于每一弧 (203a到203h), 来自远点源的光线穿过所述弧 (203a到203h) 且朝向与所述光轴隔开第一距离的点 (216) 会聚。还描述设计且制造此隐形眼镜 (201) 的方法。



1. 一种隐形眼镜,所述眼镜包含以光轴为中心的光学区及围绕所述光学区的外围区,其中沿着子午线截取穿过所述光学区的横截面切片包括一系列具有径向曲率度数曲线的连续弧,所述径向曲率度数曲线随着与所述光轴的径向距离单调增加,其中来自远点源的穿过每一弧的中点的光线朝向所述第一光轴上的点会聚,且其中对于每一弧,来自远点源的穿过所述弧的光线朝向离所述光轴第一距离的点会聚。

2. 根据权利要求1所述的隐形眼镜,其中所述系列连续弧中的每一弧在所述弧内具有恒定曲率。

3. 根据权利要求1所述的隐形眼镜,其中所述系列连续弧中的每一弧在所述弧内具有曲率,所述曲率随着距所述眼镜的中心的径向距离而增大。

4. 根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜,其中所述系列连续弧包括以所述光轴为中心的一系列对称弧。

5. 根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜,其中所述系列弧包括至少6个弧。

6. 根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜,其中沿着所述光学区的任何子午线截取的横截面切片具有基本上相同的径向曲率曲线。

7. 根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜,其中沿着所述光学区的任何子午线截取的横截面切片具有基本上相同的径向矢状度数曲线。

8. 根据权利要求1到5中任一权利要求所述的隐形眼镜,其中所述光学区的周向曲率度数曲线随所述眼镜周围的子午线而变动。

9. 根据权利要求1到5中任一权利要求所述的隐形眼镜,其中所述光学区的所述矢状度数曲线随所述眼镜周围的子午线而变动。

10. 根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜,其中在所述光学区的所述中心处,所述眼镜具有在-0.25D与-15.0D之间的基本度数。

11. 根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜,其中所述系列弧具有提供+0.5D与+20.0D之间的附加度数的曲率。

12. 根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜,其中所述光学区具有由所述眼镜的前表面及/或后表面的所述曲率产生的曲率度数。

13. 根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜,其中所述眼镜包括弹性体材料、硅酮弹性体材料、水凝胶材料或硅酮水凝胶材料或其混合物。

14. 一种制造隐形眼镜的方法,所述方法包括:

形成根据任一前述权利要求所述的隐形眼镜。

15. 一种设计隐形眼镜的方法,所述方法包括:

对隐形眼镜进行建模,所述眼镜包含以光轴为中心的光学区及围绕所述光学区的外围区,其中沿着子午线截取穿过所述光学区的横截面切片具有径向曲率度数曲线,所述径向曲率度数曲线随距所述光轴的径向距离单调增加;

在所述模型内,将穿过所述光学区的所述横截面切片划分为从以所述光轴为中心的中心弧径向向外延伸的一系列连续弧;

在所述模型内,使所述系列连续弧中的每一弧围绕所述弧的中点倾斜,使得来自远点源的穿过每一弧的所述中点的光线朝向所述光轴上的点会聚,且其中对于每一弧,穿过所述弧的光线朝向离所述光轴第一距离的点会聚;及

基于所述建模眼镜设计眼镜。

隐形眼镜及其相关方法

技术领域

[0001] 本发明涉及隐形眼镜。本发明尤其涉及但不限于用于减缓近视进展的隐形眼镜。本发明还尤其涉及但不限于关于用于老花眼的隐形眼镜。本发明还涉及制造此类眼镜的方法及设计此类眼镜的方法。

背景技术

[0002] 许多人,包含儿童及成年人,需要隐形眼镜来矫正近视(短视),且许多成年人可需要隐形眼镜矫正老花眼(与年龄相关的适应能力不足,且因此无法聚焦于近处物体)。

[0003] 近视眼将来自远处物体的入射光聚焦到视网膜前方的位置。因此,光向视网膜前方的平面会聚,且向视网膜发散,且在到达视网膜时失焦。用于矫正近视的常规眼镜(例如,镜片眼镜及隐形眼镜)降低来自远处物体的入射光在到达眼睛之前的会聚度(对于隐形眼镜),或导致发散(对于镜片眼镜),使得将焦点的位置移到视网膜上。

[0004] 老花眼不能有效地改变形状以适应近处物体,且因此老花眼患者不能聚焦于近处物体。用于矫正老花眼的常规眼镜(例如,镜片眼镜及隐形眼镜)包含双焦点或渐进眼镜,其包含针对近视优化的区域及针对远视优化的区域。老花眼还可使用双焦或多焦眼镜或单视眼镜(其中,为每只眼睛提供不同的处方,一只眼睛提供远视眼镜,而一只眼睛提供近视眼镜)进行治疗。

[0005] 几十年前有人提出,儿童或年轻人近视的进展可通过矫正不足来减缓或预防,即将焦点移向视网膜,但不能完全移向视网膜。然而,与完全矫正近视的眼镜相比,所述方法必然导致远视力下降。此外,现在人们怀疑矫正不足是否能够有效控制近视的发展。矫正近视的一种较新方法是提供具有一或多个提供完全矫正远视的区域及一或多个矫正不足或故意诱导近视散焦的区域的区域的眼镜。有人建议,此方法可防止或减缓儿童或年轻人近视的发展或进展,同时提供良好的远视。

[0006] 在眼镜具有提供散焦的区域的情况下,提供完全矫正远视的区域通常被称为基本度数区域,而提供矫正不足或故意引起近视散焦的区域通常称为近视散焦区域或附加度数区域(因为散光度数比远视区域的度数更正或更负)。附加度数区域的表面(通常是前表面)具有比距离度数区域更小的曲率半径,且因此向眼睛提供更正或更负的度数。附加度数区域被设计成将入射的平行光(即,来自远处的光)聚焦在视网膜前方(即,更靠近眼镜)的眼睛内,而距离度数区域被设计成聚焦光且在视网膜处(即,远离眼镜)形成图像。

[0007] 一种已知类型的减少近视进展的隐形眼镜是一双聚焦隐形眼镜,以MISIGHT(库珀视觉(CooperVision),股份有限公司)的名义出售。此双聚焦眼镜不同于用于改善老年人视力的双焦点或多焦点隐形眼镜,其中双聚焦眼镜经配置以具有一定的光学尺寸以使得能够适应的人能够使用距离矫正(即,基本度数)来观看远处物体及近处物体。具有附加度数的双聚焦眼镜的治疗区域也在远及近观看距离处提供近视散焦图像。

[0008] 虽然已发现这些眼镜有助于预防或减缓近视的发展或进展,但环形附加度数区域可产生非想要的视觉副作用。由视网膜前方的环形附加度数区域聚焦的光从焦点发散,在

视网膜处形成散焦环。因此,所述眼镜的穿戴者可看到视网膜上形成的环形或“光环”周围的图像,特别是对于小的明亮物体,例如,路灯及汽车前灯。此外,理论上,穿戴者可利用视网膜前方的额外焦点,而非利用眼睛的自然调节能力(即眼睛改变焦距的自然能力)来聚焦附近的物体,此由环形附加度数区域产生的;换句话说,穿戴者可无意中以与使用老花眼矫正眼镜相同的方式使用眼镜,此对年轻受试者来说是不可取的。

[0009] 对于治疗近视,人们认识到,提供一种引入额外近视散焦的眼镜可能是有益的。对于治疗老花眼,提供一种能够延长焦距的眼镜可能是有益的。本发明寻求提供一种改进的眼镜,其引入额外的近视散焦,且受益于由如上文描述的离轴成像技术实现的改进的图像质量。

发明内容

[0010] 根据第一方面,本公开提供一种隐形眼镜,所述眼镜包含以光轴为中心的光学区及围绕所述光学区的外围区。沿着子午线截取穿过所述光学区的横截面切片包括一系列具有径向曲率度数曲线的连续弧,所述径向曲率度数曲线随着与所述光轴的径向距离单调增加。来自远点源的穿过每一弧的所述中点的光线朝向所述第一光轴上的点会聚。对于每一弧,穿过所述弧的光线朝向离所述光轴第一距离的点会聚。

[0011] 根据第二方面,本公开提供一种制造眼镜的方法。所述方法包括形成本发明第一方面的眼镜。

[0012] 根据第三方面,本公开提供一种设计隐形眼镜的方法。所述方法包括对隐形眼镜进行建模,所述隐形眼镜包含以光轴为中心的光学区及围绕所述光学区的外围区。沿着子午线截取穿过所述光学区的横截面切片具有径向曲率度数曲线,其随着距所述光轴的径向距离单调增加。所述方法包括,在所述模型内,将穿过所述光学区的所述横截面切片划分为从以所述光轴为中心的中心弧径向向外延伸的一系列连续弧。所述方法包括,在所述模型内,使所述系列连续弧中的每一弧围绕所述弧的所述中点倾斜,使得来自远点源的穿过每一弧的所述中点的光线朝向所述第一光轴上的点会聚。对于每一弧,穿过所述弧的光线朝向离所述光轴第一距离的点会聚。所述方法包括基于所述建模眼镜设计眼镜。

[0013] 当然将明白,与本公开的一个方面相关的描述的特征可并入本公开的其它方面。例如,本公开的方法可并入参考本公开的设备描述的特征,反之亦然。

附图说明

[0014] 现将仅以实例的方式描述本发明的实施例,且参考其中附图示意图:

[0015] 图1A是使用提供近视散焦图像以减少近视进展的治疗区域的隐形眼镜的俯视图;

[0016] 图1B是图1A的隐形眼镜的侧视图;

[0017] 图2A是图1A的眼镜的光线图;

[0018] 图2B展示图1A的眼镜的近端焦点表面处由远点源形成的光图案;

[0019] 图2C展示图1A的眼镜的远程焦点表面处由远点源形成的光图案;

[0020] 图3是图1A及1B的眼镜的局部光线图,及指示隐形眼镜的中心距离区域(虚线)及环形增加区域(虚线)的曲率半径的圆。

[0021] 图4A是展示图1A及1B中所展示的眼镜的径向矢状度数变动的曲线图;

- [0022] 图4B是展示图1A及1B中所展示的眼镜的径向曲率度数变动的曲线图；
- [0023] 图5A是具有非同轴光学器件的不同隐形眼镜的俯视图；
- [0024] 图5B是图5A的隐形眼镜的侧视图。
- [0025] 图6A是图5A及5B的眼镜的光线图；
- [0026] 图6B展示图5A及5B的眼镜的近端焦点表面处由远点源形成的光图案；
- [0027] 图6C展示图5A及5B的眼镜的源端焦点表面处由远点源形成的光图案；
- [0028] 图6D是图5A及5B的眼镜的局部光线图,及指示隐形眼镜的中心距离区域(虚线)及环形增加区域(虚线)的曲率半径的圆。
- [0029] 图7A是展示图5A及5B中所展示的眼镜的径向矢状度数的变动的曲线图；
- [0030] 图7B是展示图5A及5B中所展示的眼镜的径向曲率度数的变动的曲线图；
- [0031] 图8A是根据本公开的实施例的眼镜的俯视图；
- [0032] 图8B是穿过图8A的眼镜的光学区的沿着子午线A-A的横截面切片；
- [0033] 图9是图8A的眼镜的局部光线图,展示穿过中心区域及同心环形区域的光线的焦点；
- [0034] 图10是展示根据本公开的实施例的设计隐形眼镜的方法的流程图；
- [0035] 图11A是根据本公开的实施例的设计隐形眼镜的方法的第一步骤中建模的隐形眼镜的示意性俯视图；
- [0036] 图11B是使用根据本公开的实施例的设计隐形眼镜的方法建模的沿着隐形眼镜的子午视图的横截面切片；及
- [0037] 图11C是使用根据本公开的实施例的设计隐形眼镜的方法建模的最终得到的隐形眼镜的示意性俯视图。

具体实施方式

[0038] 根据第一方面,本公开提供一种隐形眼镜。所述眼镜包含以光轴为中心的光学眼镜及围绕所述光轴的外围区。沿着子午线截取穿过所述光学区的横截面切片包括一系列具有径向曲率度数曲线的连续弧,所述径向曲率度数曲线随着与所述光轴的径向距离单调增加。来自远点源的穿过每一弧的所述中点的光线朝向所述第一光轴上的点会聚。对于每一弧,穿过所述弧的光线朝向离所述光轴第一距离的点会聚。

[0039] 如本文所用,术语隐形眼镜指的是可放置在眼睛前表面上的眼科眼镜。将明白,此隐形眼镜将提供临床上可接受的眼球运动,且不会与人的眼睛或双眼接合。隐形眼镜可为角膜眼镜(例如,放置在眼睛角膜上的眼镜)的形式。隐形眼镜可为软隐形眼镜,例如,水凝胶隐形眼镜或硅酮水凝胶隐形眼镜。所述眼镜可为用于防止或减缓近视的发展或进展的眼镜,所述眼镜可用于为近视眼提供扩展的聚焦深度。

[0040] 根据本公开的隐形眼镜包括光学区。光学区包括眼镜上具有光学功能的部分。光学区经配置以在使用时位于眼睛瞳孔上方。光学区以光轴为中心。光轴可沿着眼镜的中心线。除了沿着任何子午线从光轴径向向外延伸的一系列连续弧之外,具有恒定径向曲率度数的中心弧可位于光轴中心。替代地,具有恒定径向曲率度数的两个中心弧部分可在相反方向上从光轴向外延伸。眼镜可包含以光轴为中心的中心区域,且中心弧或中心弧部分可沿着中心区域的直径方向排列。眼镜的中心区域由中心弧或中心弧部分跨越,可将来自第

一光轴上的远点物体的光聚焦到远焦点表面处第一光轴上的光斑。本文使用的术语表面不是指实体表面,而指的是可通过来自远处物体的光将被聚焦的点绘制的表面。此表面也被称为图像平面(即使其可为弯曲表面)或图像外壳。眼睛将光聚焦到弯曲的视网膜上,且在完全聚焦的眼睛中,图像外壳的曲率将与视网膜的曲率相匹配,因此眼睛不会将光聚焦在平坦的数学平面上。然而,在所属领域中,视网膜的弯曲表面通常被称为平面。

[0041] 在本公开的上下文中,一系列弧指的是端对端接合的弧,使得其串联布置。在本公开的上下文中,弧表示沿着3D眼镜的子午线截取的2D切片。可能有过渡段连接每一弧。一系列弧中的每一弧可相对于中心弧在其长度的一半处倾斜。对于一系列弧,弧的曲率随着离光轴的距离的增加而单调增加,使得当在3D中考虑眼镜时,眼镜的径向曲率随着离光学轴的径向距离的增加单调增加。

[0042] 考虑到所有弧,来自远处点源的光线穿过每一弧的中点会聚到第一光轴上的点。所述点与沿光轴聚焦的光形成的光斑重合。

[0043] 考虑到沿着给定子午线的单个弧,来自远点源的光线穿过所述单个弧不会会聚到第一光轴上的点。穿过单个弧的光线将会聚到离光轴第一距离的点(所述弧的焦点)。第一距离是非零距离。此为弧相对倾斜的结果,约在其长度的一半处。距光轴的距离将取决于弧距眼镜中心或距光轴的径向距离。对于靠近眼镜中心的弧,穿过所述弧的光线会聚点在径向方向上比远离眼镜中心的弧更靠近光轴。穿过单个弧的光线将会聚到远焦点平面前方的点(即,更靠近眼镜)。

[0044] 眼镜可具有中心区域,所述中心区域以光轴为中心,由中心弧横跨。中心区域的形状可基本上是圆形的,且例如可具有在约2mm与9mm之间的直径,且优选地可在2mm与7mm之间。中心区域的形状可基本上为椭圆形。

[0045] 光学区可由外围区包围。外围区不是光学区的一部分,而是当眼镜穿戴时位于光学区外部及虹膜上方,且其提供机械功能,例如,增加眼镜的大小,借此使眼镜更容易操作,提供垂重以防止眼镜旋转,及/或提供改善眼镜穿戴者舒适度的成形区域。外围区可延伸到隐形眼镜的边缘。

[0046] 根据本公开的实施例的隐形眼镜可包含垂重,当眼镜放置在穿戴者的眼睛上时定向眼镜。本公开的实施例将垂重并入隐形眼镜,当放置在穿戴者的眼睛上时,将在穿戴者眼睑的作用下旋转到预定的静止角度;例如,垂重可为楔子,且旋转可由眼睑在楔子上的动作引起。所属领域已知,对隐形眼镜进行垂重以定向隐形眼镜;例如,复曲面隐形眼镜进行垂重以定向眼镜,使得由眼镜提供的正交柱面矫正与穿戴者眼睛的散光正确地对准。本公开的隐形眼镜可能会在给定方位上为穿戴者提供特别的益处。例如,当最大附加度数子午线处于特定方位时,隐形眼镜可为穿戴者提供特定益处。

[0047] 隐形眼镜的形状基本上为圆形,且具有约为4mm到20mm的直径。光学区的形状基本上为圆形,且可具有约为2mm到10mm的直径。在一些实施例中,隐形眼镜可具有为13mm到15mm的直径,且光学区具有为7mm到9mm的直径。

[0048] 在本公开的上下文中,眼镜在光学区中任何点的度数可定义为径向曲率度数、周向曲率度数,平均曲率度数(其是径向及周向曲率度数的平均值),径向矢状度数,周向矢状度数及平均矢状度数,(此为径向及周向矢状度数的平均值)。

[0049] 曲率及矢状度数定义如下:

[0050] 对于波前 W ,在距波前中心的法线的径向距离 r (瞳孔半径)的点处, $W(r) = A \cdot r^2$,其中 A 为函数。

[0051] 波前曲率或曲率度数 P_c 是波前二阶导数的函数。波前斜率或基于斜率的度数 P_s 是波前的一阶导数的函数,且随着波前的斜率而变动。

[0052] 对于简单球面眼镜,曲率度数 P_c 定义为:

$$[0053] \quad P_c = \frac{\partial^2 W}{\partial r^2} = \frac{\partial(2Ar)}{\partial r} = 2A$$

[0054] 基于斜率的度数 P_s 定义为:

$$[0055] \quad P_s = \frac{1}{r} \frac{\partial W}{\partial r} = \frac{2Ar}{r} = 2A$$

[0056] 即,例如,对于简单眼镜, $P_c = P_s$ (具有近轴假设)。

[0057] 径向曲率度数是从小眼镜曲率中心径向向外延伸的方向上的曲率度数。周向曲率度数是在围绕眼镜周向延伸的恒定径向坐标处的曲率度数。

[0058] 径向矢状度数指的是从小眼镜中心径向向外延伸的方向上的矢状度数。周向矢状度数指的是在恒定径向坐标下,围绕眼镜周向延伸的矢状度数。

[0059] 一系列连续弧中的每一弧将具有径向曲率(即,沿其长度的曲率),所述曲率与眼镜沿所述弧的径向曲率度数成比例。光学区可具有由眼镜前表面或后表面的曲率产生的曲率度数。每一弧的曲率可为眼镜的前表面的曲率或眼镜的后表面的曲率。眼镜沿每一弧的径向曲率度数可由眼镜后表面的曲率及眼镜前表面的曲率的组合产生。

[0060] 对于根据本公开的实施例的眼镜,径向曲率度数将从眼镜中心沿子午线径向向外单调增加。从眼镜中心径向向外延伸的径向曲率度数的增加可增加球面像差。

[0061] 径向曲率度数的增加可为连续增加,或可以逐步或不连续的方式增加。因此,沿着给定子午线的连续弧可具有从眼镜中心向外延伸的增加的径向曲率度数,使得更靠近眼镜中心的弧具有更小的径向曲率度数,而更远离眼镜中心的弧可具有更大的径向曲率度数。

[0062] 连续一系列弧中的每一弧可沿其长度的中点倾斜,使得所述弧的径向矢状度数减小,但所述弧的半径曲率度数不变。由于一系列弧内每一弧的局部倾斜,穿过给定弧的光的焦点将偏离光轴。

[0063] 一系列弧中的每一弧在弧内可具有恒定径向曲率。因此,沿每一弧长度的径向曲率度数可为恒定的。

[0064] 沿着任何子午线可具有中心弧,所述弧以光轴为中心,且具有恒定径向曲率及恒定径向曲率度数。替代地,沿着任何子午线可具有两个中心弧部分,从光轴径向向外沿相反方向延伸。沿着任何子午线的中心弧或中心弧部分的径向曲率度数可提供眼镜的基本度数。基本度数可在+0.5D与-15.0D之间,优选地约-0.25D与-15.5D之间。

[0065] 沿着给定子午线的一系列弧中的任何或所有弧沿弧的长度可具有恒定径向曲率。从眼镜中心向外移动,连续弧的径向曲率及径向曲率度数将增加。每一连续弧之间的接合处的径向曲率可逐步增加。连续弧之间可具有过渡区域。过渡区域可在连续弧之间的每一接合处引起径向曲率度数的连续或不连续增加。

[0066] 沿着子午线的每一弧提供的径向曲率度数可提供附加度数。附加度数可在+0.5D与+20.0D之间,优选地在+0.5D与+10.0D之间。沿着弧的净度数将是基本度数及附加度数的总和。更靠近眼镜中心的弧可提供更小的附加度数,而远离眼镜中心的弧可提供更大的附加度数。

[0067] 一系列弧中的每一弧在弧内可具有曲率,所述曲率可随着距眼镜中心的径向距离而增加。

[0068] 沿着每一弧的长度的径向曲率可不是恒定的,但可随着距眼镜中心的径向距离的增加而增加。因此,沿着任何给定弧的长度的径向曲率度数可随着与中心弧的径向距离的增加而增加。此可导致沿着任何给定子午线径向向外延伸的径向曲率度数的持续增加。从光轴向外延伸的径向曲率度数的增加可为径向曲率度数中的线性增加。以光轴为中心的中心弧或从光轴沿任何给定子午线径向向外延伸的两个相对的中心弧部分可具有恒定径向曲率,此可提供基本度数。从中心弧或中心弧部分径向向外延伸的一系列弧中的其它弧可具有随着距眼镜中心的径向距离增加而增加的曲率。眼镜的中心区域(其可由中心弧或中心弧部分跨越)因此可具有恒定度数,且光学区域的其余部分可具有比从中心区域径向向外延伸增加的附加度数。

[0069] 沿着子午线,一系列连续弧可包括以光轴为中心的对称弧。沿着子午线的一系列弧可包括从光轴径向向外延伸的至少6个弧。沿着子午线的一系列弧可包括从光轴径向向外延伸的至少10个弧。沿着子午线的一系列连续弧可包括至少3个弧,所述弧在光轴的任一侧径向向外延伸。沿着子午线的一系列连续弧可包括至少5个弧,所述弧在光轴的任一侧径向向外延伸。一系列连续弧中的每一弧可具有相同的长度。替代地,一系列弧中的弧可具有不同的长度。

[0070] 沿着光学区的所有子午线截取的所有横截面切片可具有基本上相同的曲率曲线。因此,由中心弧跨越的眼镜的中心区域的周向曲率度数及视情况周向矢向度数可在距眼镜中心的固定径向距离处恒定。沿着每一子午线的中心弧可具有恒定径向曲率度数。横跨中心区域的曲率度数可由沿着每一子午线的中心弧跨越,且可为恒定的。

[0071] 沿着每一子午线,径向曲率度数曲线可相同,在此情况下,眼镜周围的周向曲率度数可在距眼镜中心的固定径向距离内保持恒定。替代地,沿着不同的子午线,径向曲率度数曲线可变动,因为弧的数目及长度可改变,及/或弧的曲率可改变。在此情况下,光学区周围的周向曲率度数曲线可随眼镜周围的子午线而变动。光学区周围的周向曲率度数可周期性或非周期性的方式变动。周向曲率度数可在最大值与最小值之间振荡。周向曲率度数曲线可依正弦曲线、锯齿曲线或阶梯曲线振荡。

[0072] 考虑到通过对沿着每一子午线的2D横截面切片求和而形成的3D眼镜,一系列弧可求和以形成从中心区域向外延伸的一系列同心环形区域。如果每一系列弧具有基本上相同的径向曲率曲线,那么弧可形成从眼镜中心向外延伸的圆形同心环形区域。如果沿着每一子午线的弧的长度相同,那么每一同心环形区域可具有相同的宽度。沿着每一子午线的一系列弧可具有不同的径向曲率度数曲线。此可导致部分围绕眼镜周向延伸的同心环形区域,或环形区域为椭圆形或椭圆形状。

[0073] 沿着光学区的任何子午线截取的横截面切片可具有基本上相同的矢状度数曲线。沿着给定子午线,连续一系列弧中的每一弧可围绕其长度的中点倾斜,从而产生沿着系列

弧的径向矢状度数曲线。沿着每一子午线,径向矢状度数曲线可为相同的,在此情况下,眼镜周围的周向矢状度数将是恒定的。替代地,沿着不同的子午线,径向矢状度数曲线可变动,因为每一系列弧内的弧可倾斜不同的量,或弧的数目及长度可改变。在此情况下,光学区周围的周向矢状度数曲线可随眼镜周围的子午线而变动。光学区周围的周向矢状度数可依周期性或非周期性的方式变动。周向矢状度数可在最大值与最小值之间振荡。周向矢状度数曲线可依正弦曲线、锯齿曲线或阶梯曲线振荡。

[0074] 隐形眼镜可包括弹性体材料、硅酮橡胶材料、水凝胶材料或硅酮水凝胶材料或其组合。正如在隐形眼镜领域所理解,水凝胶是一种将水保持在平衡状态的材料,且不含含硅酮的化学物质。硅酮水凝胶是包含含硅酮的化学物质水凝胶。如在本公开的上下文中所描述,水凝胶材料及硅酮水凝胶材料具有至少10%到约90% (wt/wt) 的平衡水含量 (EWC)。在一些实施例中,水凝胶材料或硅酮水凝胶材料具有约30%到约70% (wt/wt) 的EWC。相比之下,如在本公开的上下文中描述,硅酮弹性体材料具有约0%到小于10% (wt/wt) 的水含量。通常,与本方法或设备一起使用的硅酮弹性体材料具有0.1%到3% (wt/wt) 的水含量。合适的眼镜配方的实例包含具有以下美国采用名称 (USANs) 的那些:metafilcon A、ocufilcon A、ocuafilcon B、ocufilcon C、ocufilcon D、omafilcon A、omafilcon B、comfilcon A、enfilcon A、stenfilcon A、fanfilcon A、etafilcon A、senofilcon A、senofilcon B、senofilcon C、narafilcon A、narafilcon B、balafilcon A、samfilcon A、lotrafilcon A、lotrafilcon B、somofilcon A、riofilcon A、delefilcon A、verofilcon A、kalifilcon A 及其类似者。

[0075] 替代地,眼镜可包括,基本上由或由硅酮弹性体材料组成。例如,眼镜可包括,基本上由或由肖氏A硬度为3到50的硅酮弹性体材料组成。肖氏A硬度可使用所属领域的普通技术人员理解的常规方法(例如,使用方法DIN 53505)来确定。其它硅酮弹性体材料可从例如NuSil技术(NuSil Technology)或陶氏化学公司(Dow Chemical Company)获得。

[0076] 根据第二方面,本公开提供一种制造隐形眼镜的方法。所述方法可包括形成隐形眼镜,其中隐形眼镜包含以光轴为中心的光学区及围绕光学区的外围区。沿着子午线截取的穿过光学区的横截面切片包括从光轴径向向外延伸的一系列连续弧。来自远点源的穿过每一弧的中点的光朝向第一光轴上的点会聚。对于每一弧,来自远点源的光线穿过所述弧朝向离光轴第一距离的点会聚。

[0077] 眼镜可包含上文关于本公开的第一方面的任何特征。

[0078] 制造方法可包括形成具有凹形眼镜形成表面的阴模构件及具有凸形眼镜形成表面的阳模构件。所述方法可包括用大块眼镜材料填充阴模构件与阳模构件之间的间隙。所述方法可进一步包括固化大块眼镜材料以形成眼镜。

[0079] 隐形眼镜可使用车削过程形成。眼镜可通过铸造成型过程、旋转铸造成型过程或车削过程或其组合来形成。如所属领域的技术人员所理解,铸造成型指的是通过在具有凹形眼镜构件形成表面的阴模构件及具有凸形眼镜构件形成表面的阳模构件之间放置眼镜形成材料来模制眼镜。

[0080] 根据第三方面,本公开提供一种设计隐形眼镜的方法。所述方法包括对隐形眼镜进行建模。眼镜包含以光轴为中心的光学区及围绕光学区的外围区。沿着子午线截取的穿过光学区的横截面切片具有径向曲率度数曲线,所述曲线随距光轴的径向距离而增加。所

述方法包括,在所述模型内,将穿过所述光学区的所述横截面切片划分为从以所述光轴为中心的所述中心弧径向向外延伸的一系列连续弧。所述方法包括,在所述模型内,使所述系列连续弧中的每一弧围绕所述弧的所述中点倾斜,使得来自远点源的穿过每一弧的所述中点的光线朝向所述第一光轴上的点会聚,且其中,对于每一弧,穿过所述弧的光线朝向离所述光轴第一距离的点会聚。所述方法包括基于所述建模眼镜设计眼镜。

[0081] 可使用建模来设计眼镜,此可为计算机实施的建模。所设计的眼镜可包含以上描述的任何特征。

[0082] 图1A展示隐形眼镜1的示意性俯视图,所述隐形眼镜1使用提供近视散焦图像以减少近视进展的治疗区域。图1B展示图1A的隐形眼镜1的示意性侧视图。眼镜1包括大致覆盖瞳孔的光学区2及位于虹膜上方的外围区4。外围区4提供机械功能,包含增加眼镜的大小,借此使眼镜1更容易操作,提供垂重以防止眼镜1旋转,及提供改进眼镜1穿戴者舒适度的塑形区域。光学区2提供眼镜1的光学功能,且光学区2包括环形区域3及中心区域5。眼镜1具有基本径向曲率度数,其等于基本径向矢状度数。基本度数由眼镜1的表面的曲率半径产生。中心区域5的曲率中心位于第一光轴19上(如图2A所展示)。环形区域3具有比基本径向曲率度数更大的径向曲率度数。如图3所展示,环形区域3的径向曲率度数由环形区域3的曲率半径6所提供,环形区域3的曲率半径6小于中心区域5的曲率半径7。环形区域3的曲率中心位于第一光轴19上。环形区域3具有比中心区域5更大的度数。如图2A所展示,环形区域3的焦点11及中心区域5的焦点15共享公共光轴19。环形区域3的焦点11位于近端焦点表面13上,而中心区域5的焦点位于远程焦点表面17上,所述远程焦点表面17离眼镜的后表面更远。如图2C所展示,对于无限远处的点源,由中心区域5聚焦的光线在远程焦点表面17处形成聚焦图像23。由中心区域5聚焦的光线也在近端焦点表面13处产生未聚焦的模糊光斑27。

[0083] 如图2B所展示,由环形区域3聚焦的光线在近端焦点表面13处形成聚焦图像21。由环形区域3聚焦的光线在近端焦点表面13之后发散,且发散的光线在远程焦点表面17处产生未聚焦的环25。如上文所讨论,未聚焦的环形图像25可导致眼镜1的穿戴者看到聚焦距离图像周围的“光环”。

[0084] 图4A是展示图1A及1B所展示的眼镜1的径向矢状度数的变动的曲线图31,且图4B是展示图1A及1B所展示的眼镜的径向曲率度数的变动的曲线图33。图4A及4B展示沿着眼镜1的径向直径的度数变动。对于所述眼镜1,由于环形区域3具有比中心区域5更大的度数,且环形区域3具有轴上曲率中心,因此径向矢状度数(由曲线35指示)在环形区域3上大于在中心区域5上。径向曲率度数(由曲线37指示)在环形区域3上也大于在中心区域5上。

[0085] 图5A展示具有用于减少近视进展的非同轴光学器件的隐形眼镜101的示意性俯视图。所述眼镜101具有离轴曲率中心的处理,且在近端焦点表面处不形成轴上图像。图5B展示5A的眼镜的示意性侧视图。类似地,对于图1A及1B的眼镜1,眼镜101包括大致覆盖瞳孔的光学区102及位于虹膜上方的外围区104。外围区104提供机械功能,包含增加眼镜的大小,借此使眼镜101更容易操作,提供垂重以防止眼镜101旋转,及提供改进眼镜101穿戴者舒适度的塑形区域。光学区102提供眼镜101的光学功能,且光学区包括环形区域103及中心区域105。眼镜101具有基本径向曲率度数,其等于基本径向矢状度数。基本度数由眼镜101的表面的曲率半径产生。中心区域105的曲率中心位于第一光轴119上(如图6A所展示)。环形区域103具有比基本径向曲率度数更大的径向曲率度数。环形区域103的径向曲率度数由环形

区域103的曲率半径提供,所述曲率半径小于中心区域105的曲率半径。然而,与图1A及1B的眼镜1相比,对于图5A及5B所展示的眼镜,环形区域103的曲率不能由单个球体限定,且环形区域103的曲率中心不位于第一光轴119上。此在图6D中展示。环形区域103相对于中心区域105倾斜,使得环形区域103的外边缘相对于其内边缘比图1A及1B的眼镜中的情况更高(在图5B中),此改变环形区域103的径向矢状度数,但不改变环形区域103的半径曲率度数。如图6D所展示,中心区域105的前表面限定较大半径107的球体的表面的部分。环形区域103的前表面限定具有较小半径106的弯曲环形表面。

[0086] 在远程焦点表面117处,穿过中心区域105的光线被聚焦。环形区域103起到光束阻挡的作用,此导致远程焦点表面117处的光斑大小124很小,如图6C所展示。

[0087] 在近端焦点表面113处未形成单个图像。如图6B所展示,在近端焦点表面113处,对于无限远处的点源,穿过中心区域105的光线产生模糊圆128,如图1A到2B的眼镜那样。然而,来自穿过环形区域103的远点源的光线产生聚焦环122,如图6B所展示,其围绕模糊圆128。图6B展示为远点源产生的光图案。与图1A及1B的眼镜1相比,图5A及5B的眼镜101在近端焦点表面113处不产生单个图像或轴上图像,所述图像可用于避免眼睛适应近处物体的需要。对于远处的延伸物体,在近端焦点表面113处形成的聚焦图像是(i)用具有环形区域103的光学度数的常规眼镜获得的延伸物体的聚焦图像及(ii)表示环形区域103的光学效果的光学传递函数的卷积。

[0088] 与图1A及1的眼镜相反,远程焦点表面117处不会出现环形或“光环”效应。

[0089] 图7A是展示图5A及5B所展示的眼镜101的径向矢状度数的变动的图表131,图7B是展示图5A及5B所展示的眼镜的基于径向曲率度数的变动的图表133。图5A及5B展示沿着眼镜101的径向直径的度数变动。对于所述眼镜101,由于环形区域103具有比中心区域更大的度数,且此意味着径向曲率度数(由曲线137指示)在环形区域103上大于在中心区域105上。然而,环形区域103相对于中心区域105倾斜,使得环形区域103具有离轴曲率中心。环形区域103相对于中心区域105的倾斜意味着在中心区域105与环形区域103之间的边界处,径向矢状度数比中心区域105的径向矢状度数更负,如曲线135所展示。径向矢状度数可随着朝向环形区域103的外边缘的径向距离的增加而增加。

[0090] 图8A展示根据本公开的实施例的隐形眼镜201的示意性俯视图。类似于图1A及1B的眼镜1及图5A及5B的眼镜101,眼镜201包括大致覆盖瞳孔的光学区202及位于虹膜上方的外围区204。外围区204提供机械功能,包含增加眼镜201的大小,借此使眼镜201更容易操作,提供垂重以防止眼镜201旋转,及提供改进眼镜201穿戴者舒适度的塑形区域。光学区202提供眼镜201的光学功能。光学区202包括中心区域205及一系列同心环形区域203'、203''、203'''、203''''。

[0091] 图8B展示沿着线A-A穿过图8A所展示的眼镜201的光学区202的横截面切片。在2D中,穿过光学区202的横截面切片展示横跨中心区域205的中心弧205a。中心弧205a具有提供基本径向曲率度数的径向曲率曲线。曲率沿着中心弧205a的长度是恒定的。一系列连续的弧203a到h以对称的方式从中心区域205径向向外延伸。每一弧203a到h沿其长度具有恒定径向曲率曲线,但是连续弧的径向曲率从中心弧205a向外移动增加,使得最内侧弧203a、203e具有比最外侧弧203h、203d更大的曲率半径,且因此具有更小的径向曲率度数。因此,光学区202的径向曲率度数从眼镜201的中心区域205向外移动而增加。径向曲率度数曲线

展示在每一弧203a到h之间的接合处逐步增加。

[0092] 每一弧203a到h在围绕其长度的一半的点处倾斜,用字母X指示弧203a。使每一弧230a到h围绕其中点倾斜减小沿弧203a到h的长度的径向矢状度数,但不改变沿弧203a到h的长度的径向曲率度数。

[0093] 对于图8A所展示的眼镜,沿任何子午线截取的横截面切片产生相同的曲率曲线。因此,考虑到3D中的光学区域202,光学区域包括由中心弧205a横跨的中心区域205,及由从中心区域205径向向外延伸的连续弧203a到h形成的一系列同心环形区域203'、203''、203'''、203''''。对于图8A及8B所展示的眼镜,各弧230a到h具有相同的长度。同心环形区域203'、203''、203'''及203''''的形状是圆形的,并具有基本上相同的径向宽度。

[0094] 图9展示图8A及8B的眼镜201的局部光线图。来自穿过中心区域205(由中心弧205a表示)的远点源的光线在远程焦点表面217处朝向光轴219上的光斑215会聚。来自穿过每一弧203a到h的中心的远点源的光线(点划线)在远程焦点表面217处朝向光轴219上的相同光斑215会聚。对于给定弧203e,来自穿过所述弧的远点的光线(虚线)在远程焦点表面217前面(或更靠近眼镜)的焦点表面处朝向离光轴219第一距离(由字母Y指示)的点216会聚。

[0095] 图10展示设计隐形眼镜的方法501,其中所述眼镜是根据本公开的实施例的眼镜。在第一步骤503,所述方法包括对隐形眼镜进行建模。眼镜包含以光轴为中心的光学区及围绕光学区的外围区。沿着子午线截取的穿过光学区的横截面切片具有径向曲率度数曲线,所述曲线随距光轴的径向距离而增加。在第二步骤505,所述方法包括,在模型内,将穿过光学区的横截面切片划分为从以光轴为中心的中心弧径向向外延伸的一系列连续弧。在第三步骤507,所述方法包括,在模型内,使一系列连续弧中的每一弧围绕所述弧的中点倾斜,使得来自远点源的穿过每一弧的中点的光线朝向光轴上的点会聚,且其中对于每一弧,穿过所述弧的光线朝向离光轴第一距离的点会聚。

[0096] 图11A到11C展示使用图10中描述的方法501建模的眼镜601的实例。在第一步骤503,对图11A所展示的眼镜601进行建模。眼镜601包含以光轴619为中心的光学区602及围绕光学区602的外围区604。光学区602具有以光轴为中心的中心区域605。来自穿过中心区域605的远点源的光将在远程焦点表面617处朝向光轴上的点615会聚。图11B展示沿着子午线截取的穿过光学区602的横截面切片,其中虚线曲线701展示在第一步骤503中建模的眼镜601的径向曲率曲线。中心弧705a横跨眼镜的中心区域605。眼镜601的径向曲率度数曲线随着距光轴619的径向距离而增加。在第二步骤505,在模型内,穿过眼镜601的横截面切片被划分成一系列连续的弧,且在第三步骤507,在模型内,一系列连续弧中的每一弧围绕所述弧的中点倾斜。此产生图11B所展示的红色曲线801,其包含与在第一步骤中建模的眼镜的中心弧705a不同的中心弧805a及连续的一系列倾斜弧805a到h。倾斜弧805a到h不会改变弧805a到h的径向曲率度数,且因此来自远点源的光线(用点划线指示)穿过每一弧805a到h的中点,将在远程焦点表面617处朝向光轴619上的点会聚。倾斜弧805a到h减小弧805a到h的径向矢状度数,且因此对于每一弧805a到h,穿过所述弧805a的光线(如虚线所展示)朝向与光轴619相距第一距离(由字母H指示)的点816会聚。图11C展示基于虚线曲线801设计的眼镜901的示意性俯视图。眼镜901包括大致覆盖瞳孔的光学区902及位于虹膜上方的外围区904。光学区902提供眼镜901的光学功能。光学区902包括中心区域905及一系列同心环形区域903'、903''、903'''、903'''' ,所述具有图11B所展示的曲线801的径向曲率。

[0097] 所属领域的普通技术人员将理解,所述实例实施例的特征可在属于本公开的范围的其它实施例中进行组合。

[0098] 虽然在上述描述中,提到具有已知的明显或可预见的等效物的整体或元素,但接着此类等效物就像单独列出一样被并入本文中。应参考用于确定本公开的真实范围的权利要求书,其应被解释为包括任何此类等效物。读者还将明白,被描述为有利、方便或类似的本公开的整体或特征是视情况的,且不限独立权利要求书的范围。此外,应理解,虽然在本公开的一些实施例中可能有益,但此类视情况的整体或特征可不是期望的,且因此在其它实施例中可不存在。

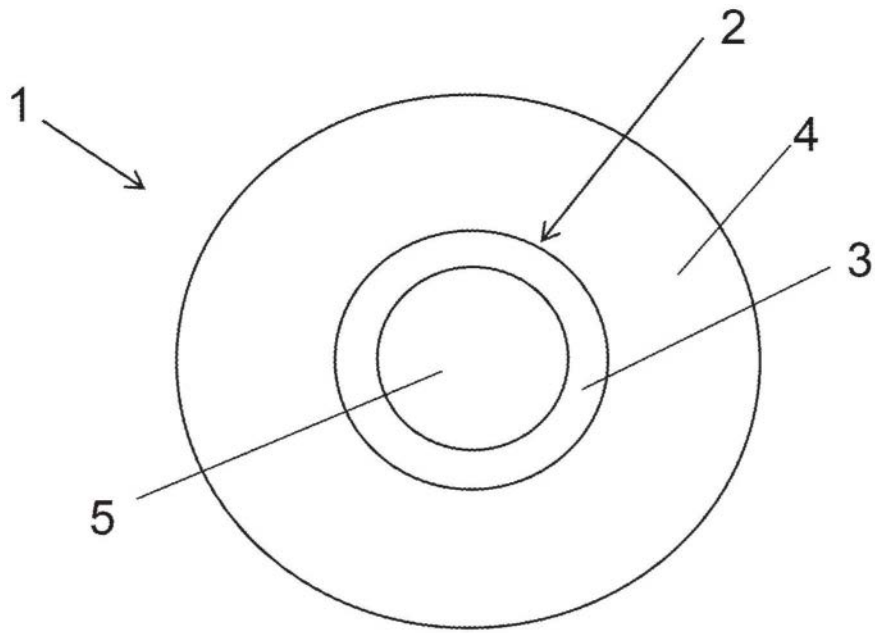


图1A

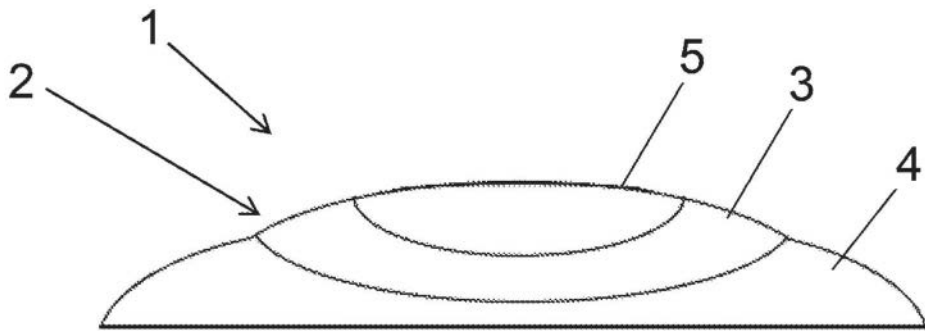
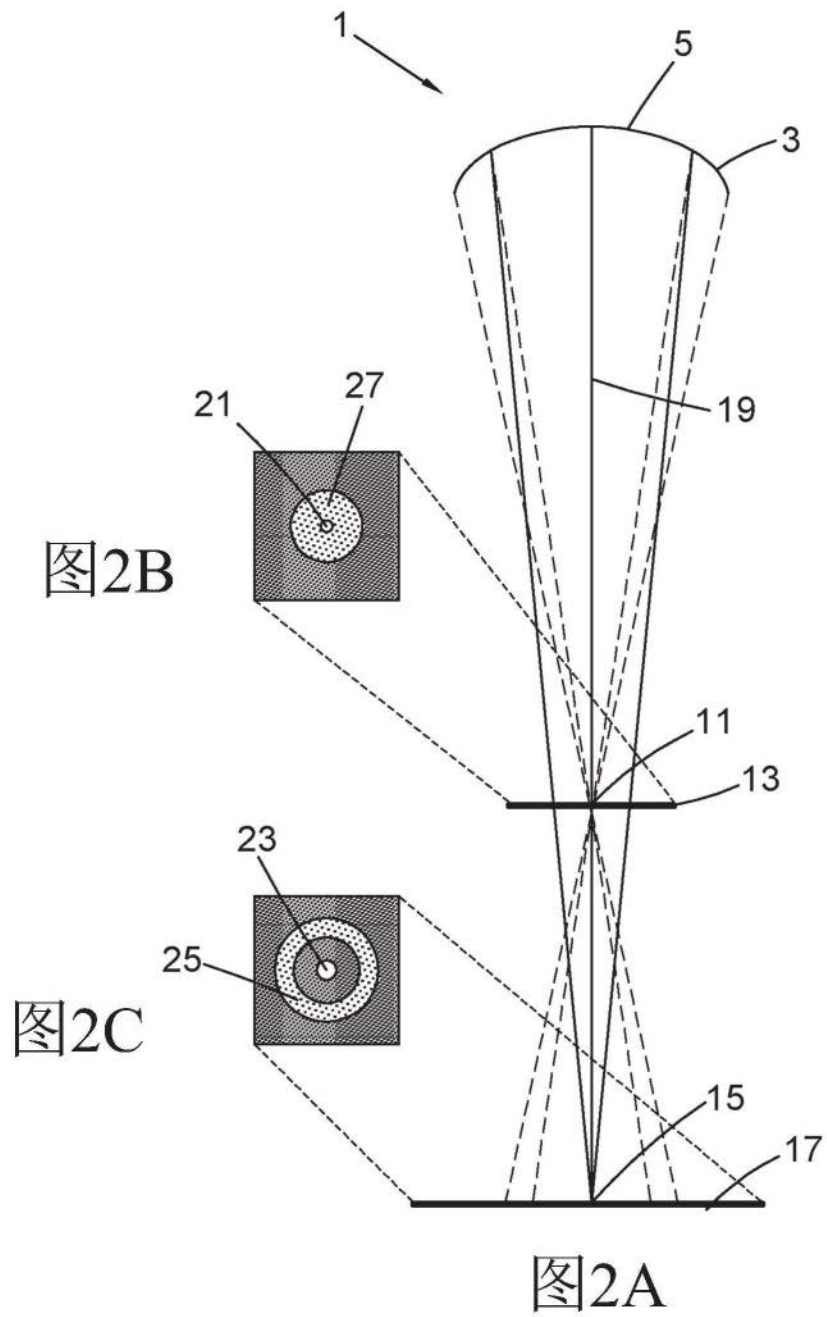


图1B



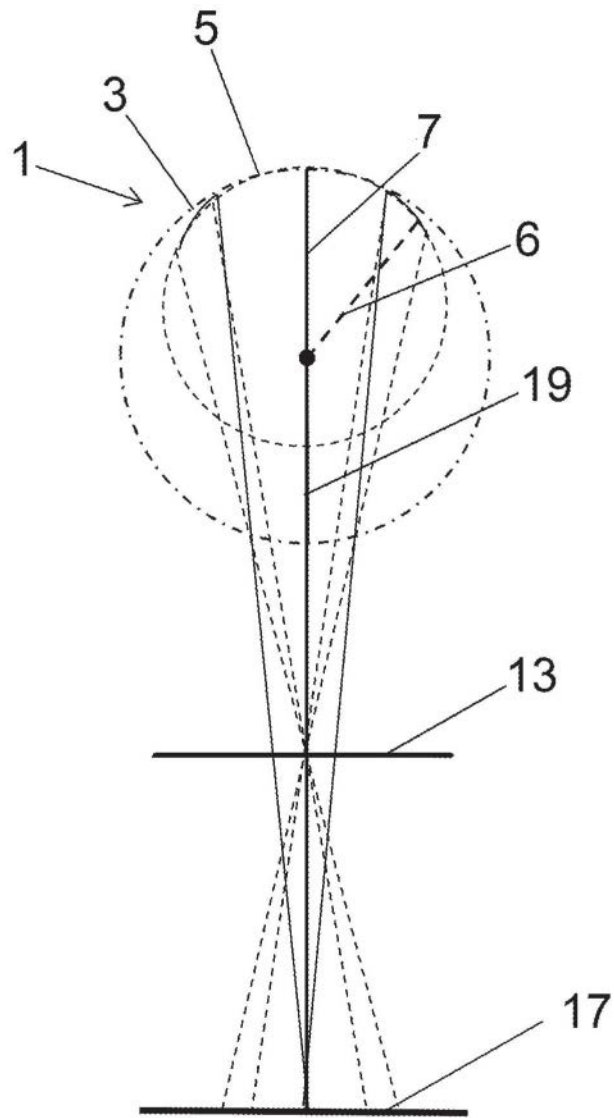


图3

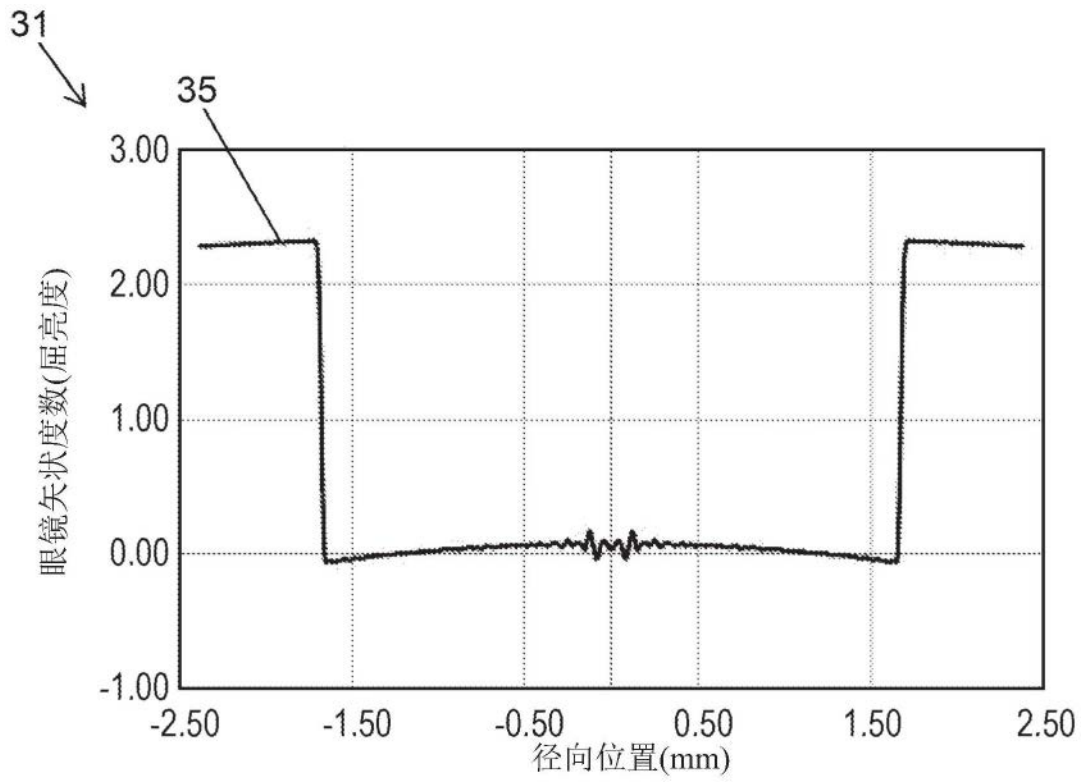


图4A

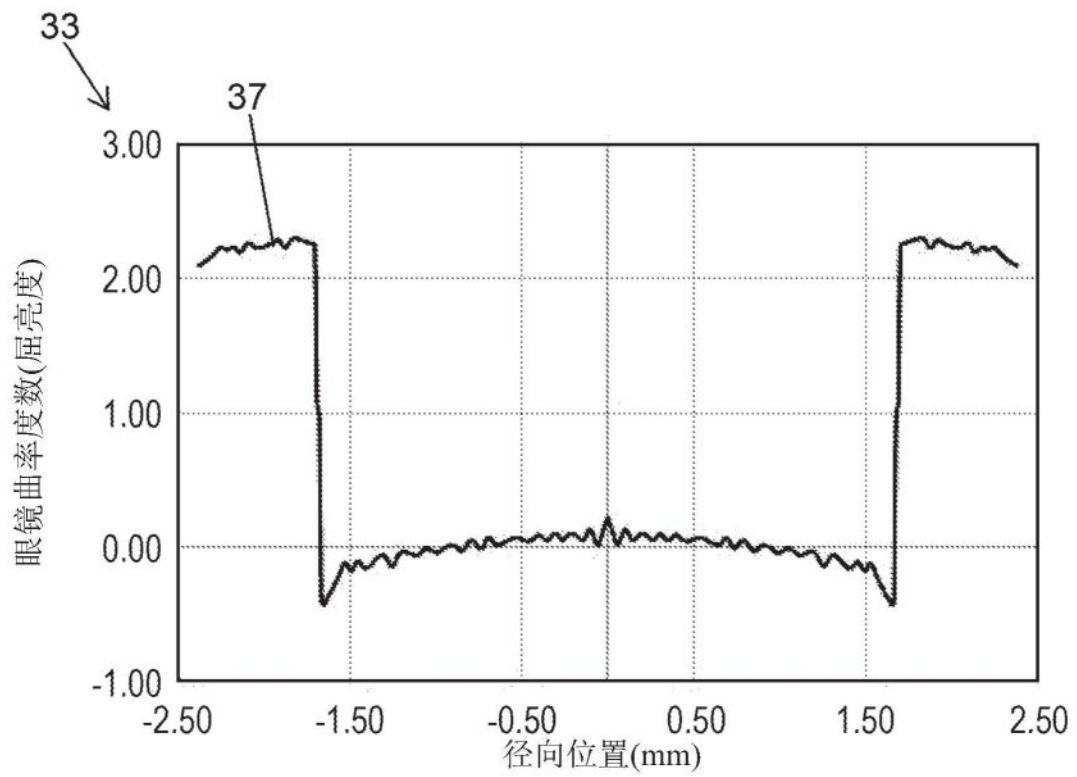


图4B

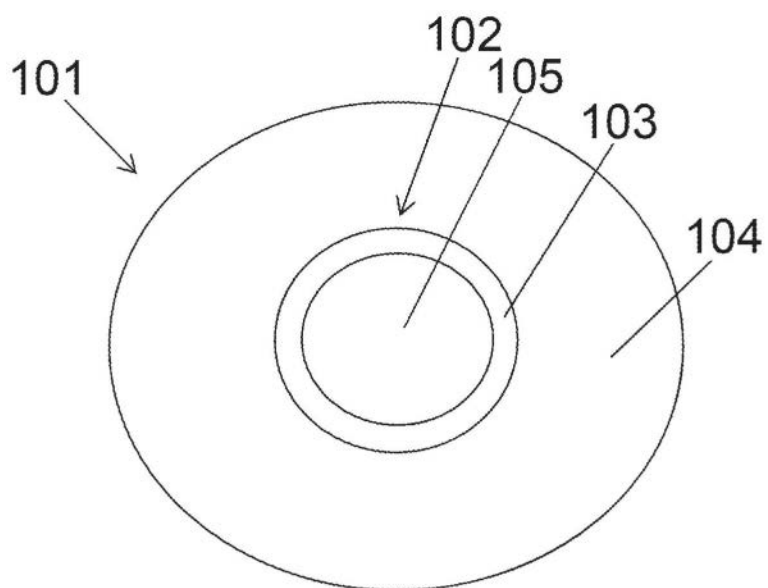


图5A

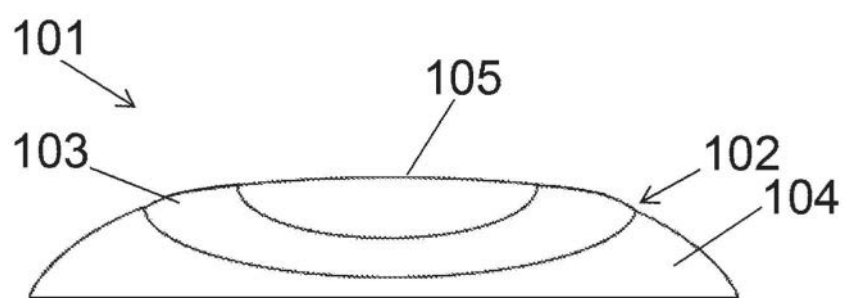
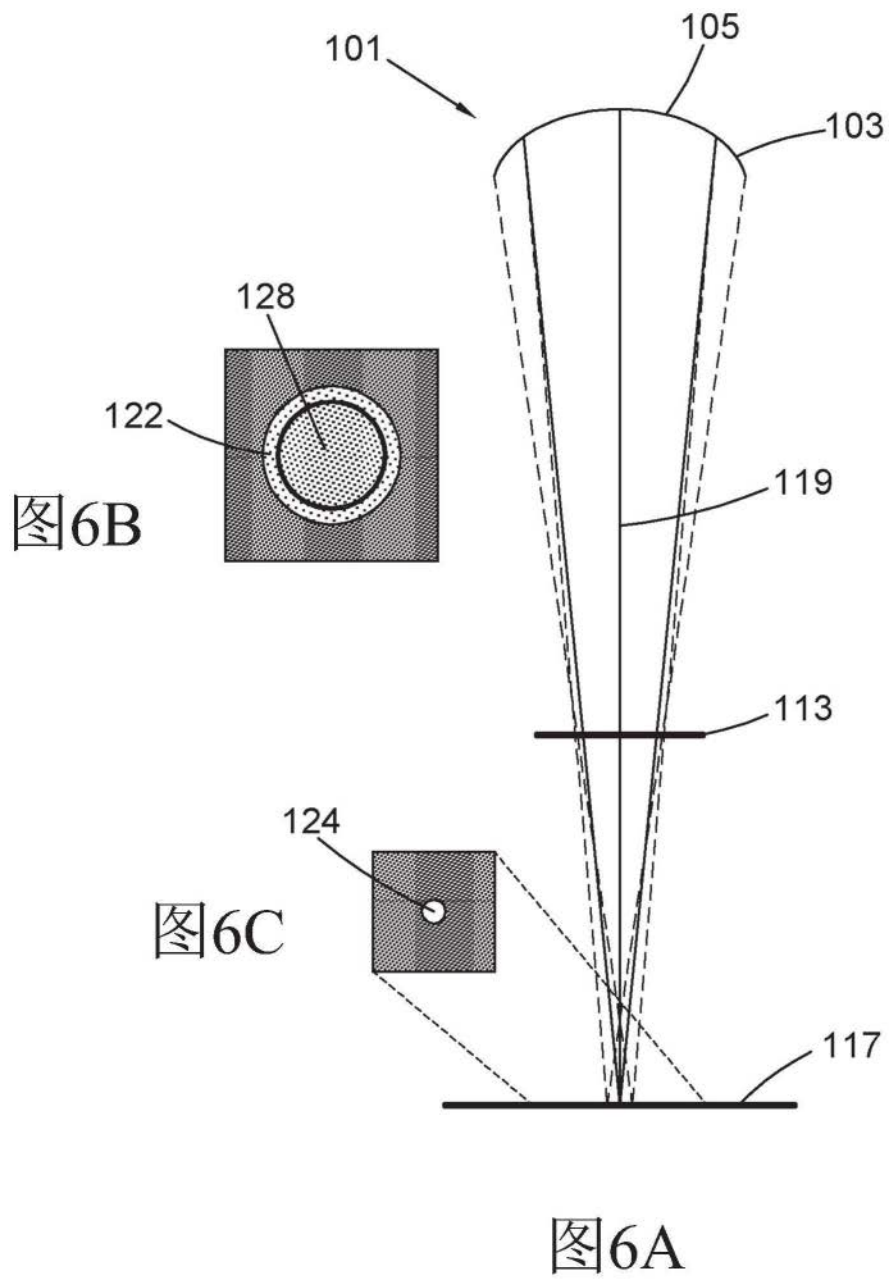


图5B



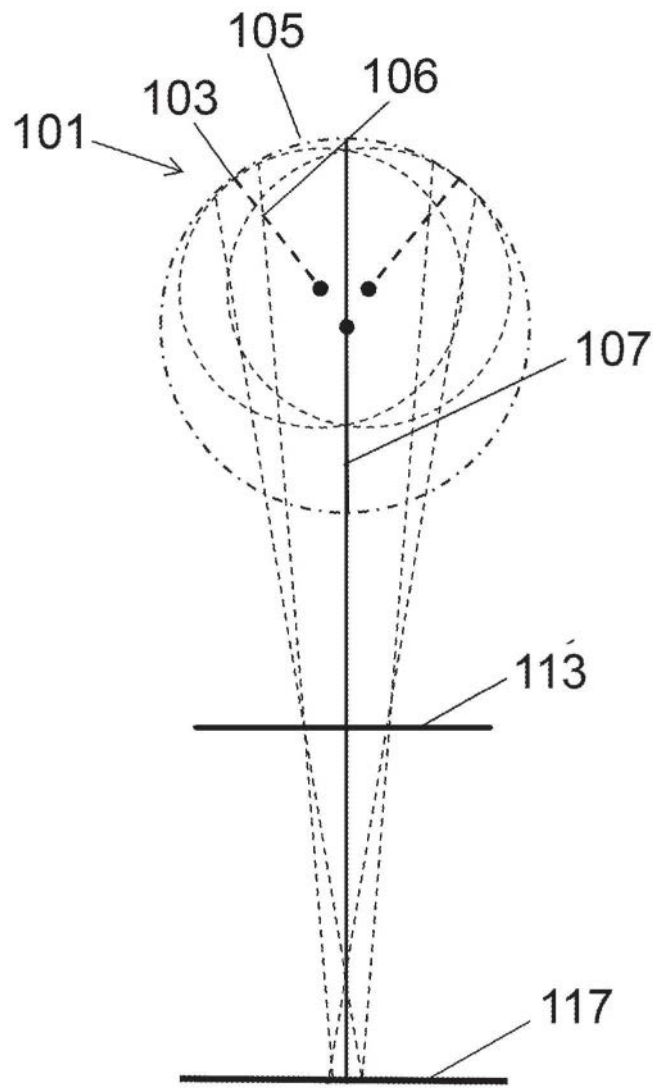


图6D

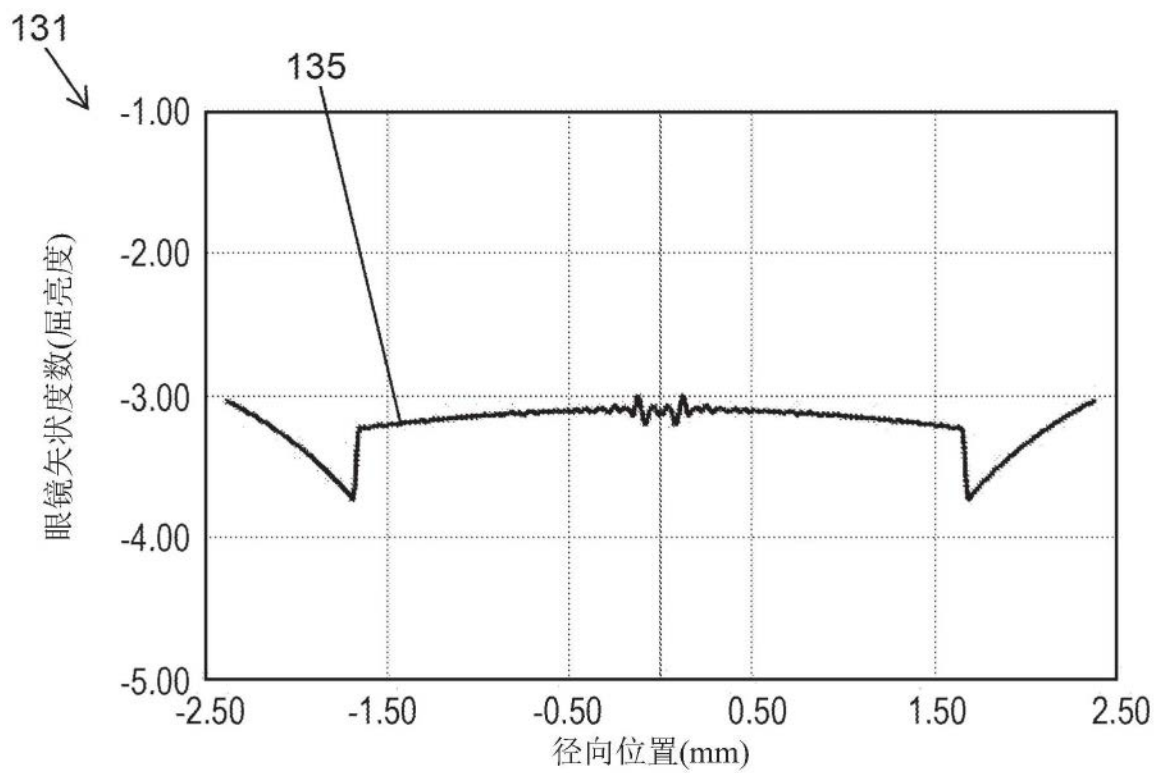


图7A

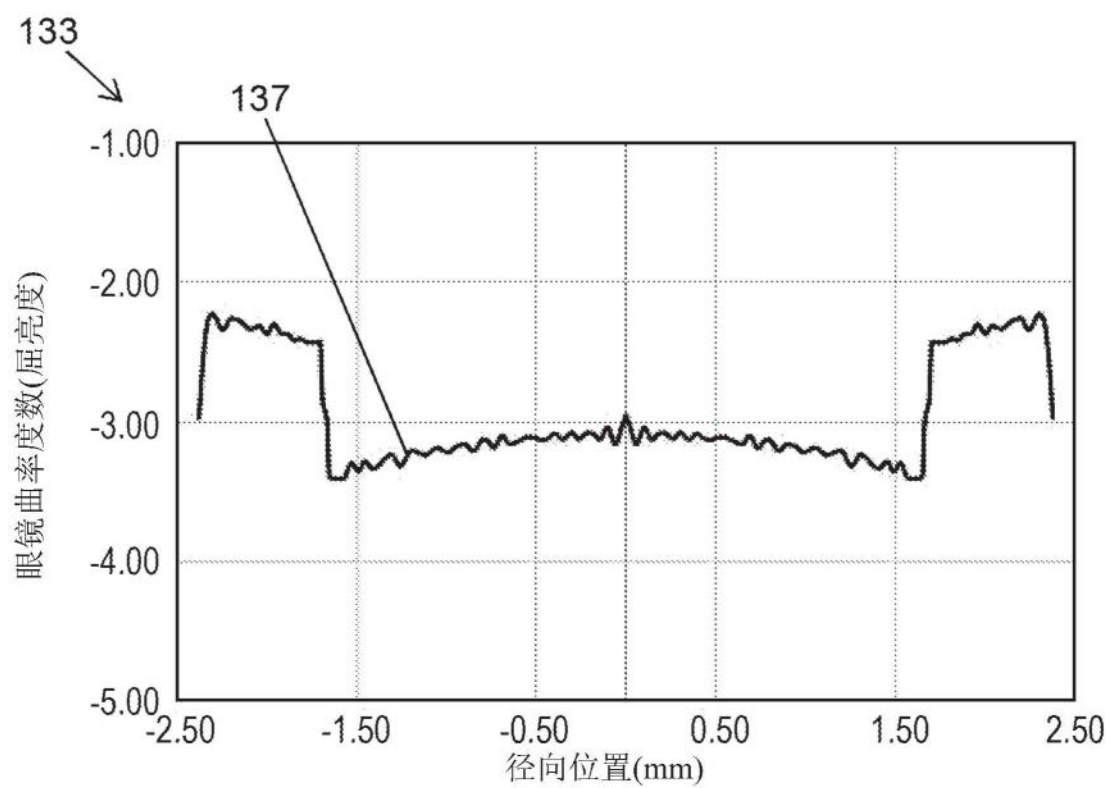


图7B

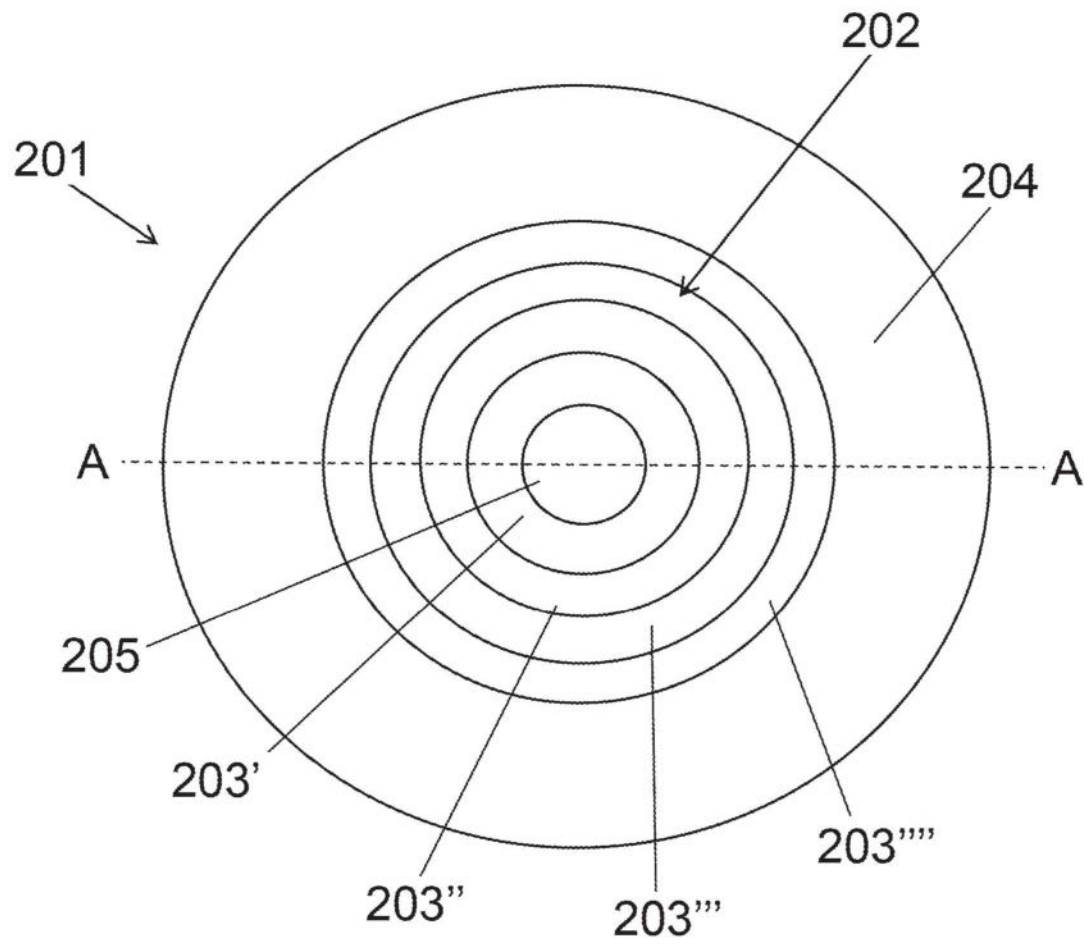


图8A

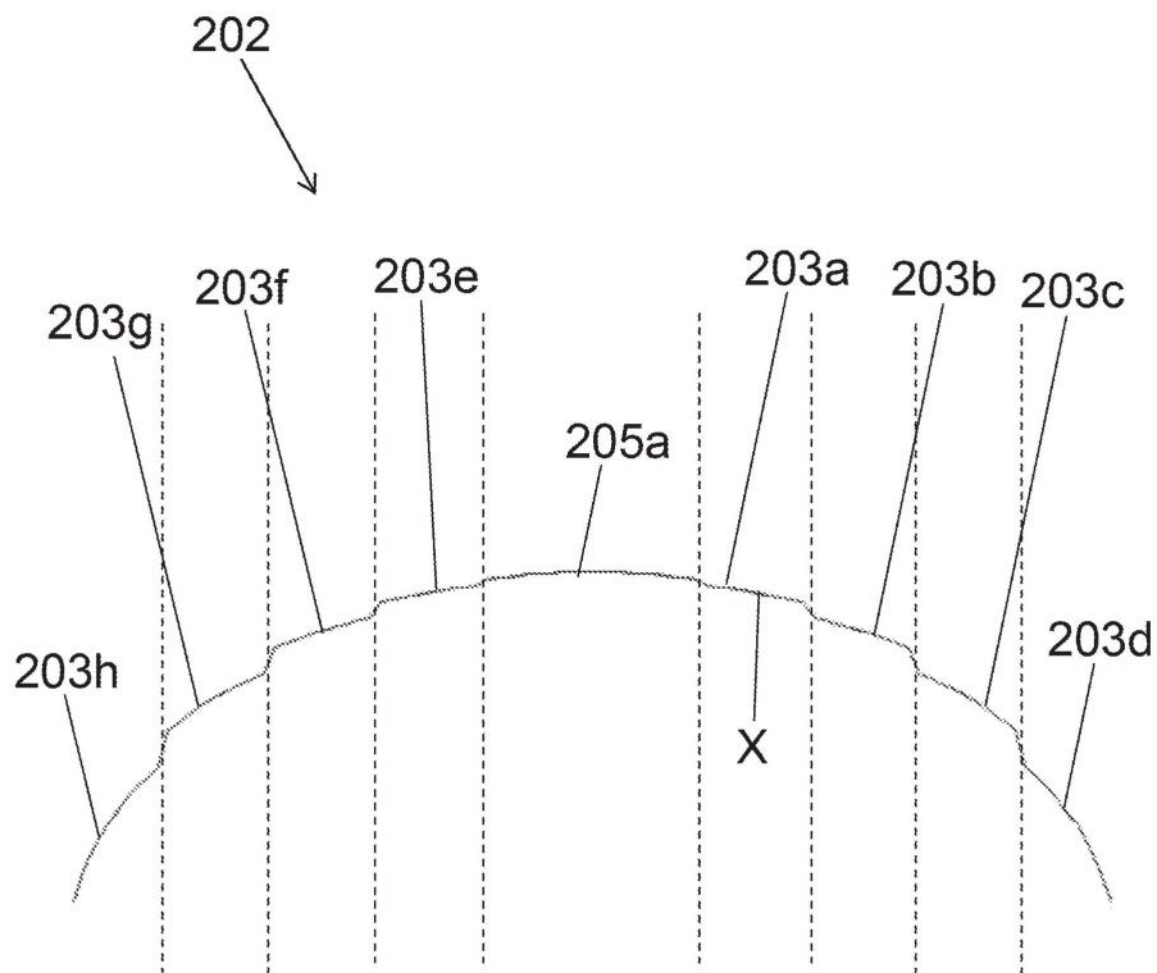


图8B

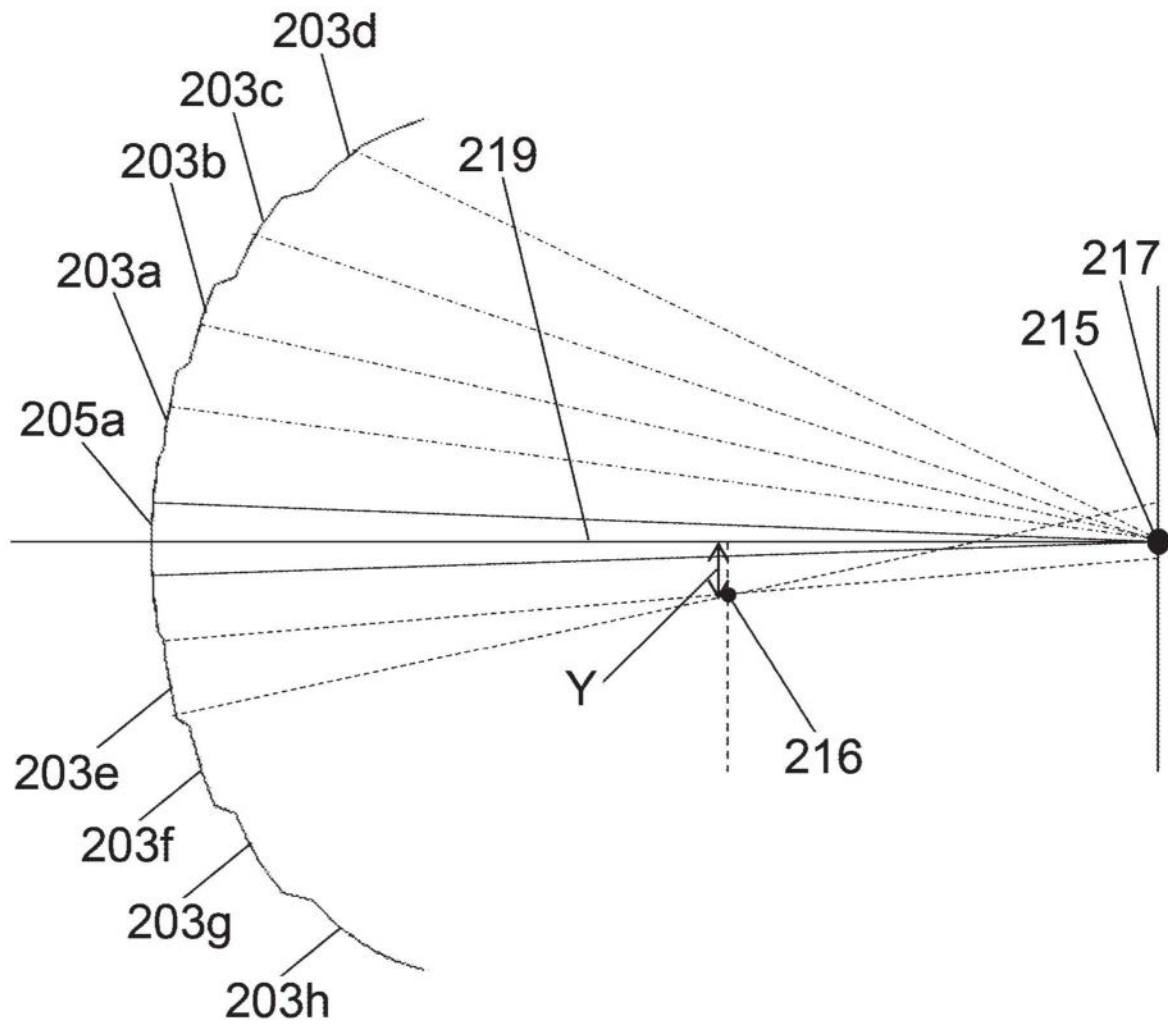


图9

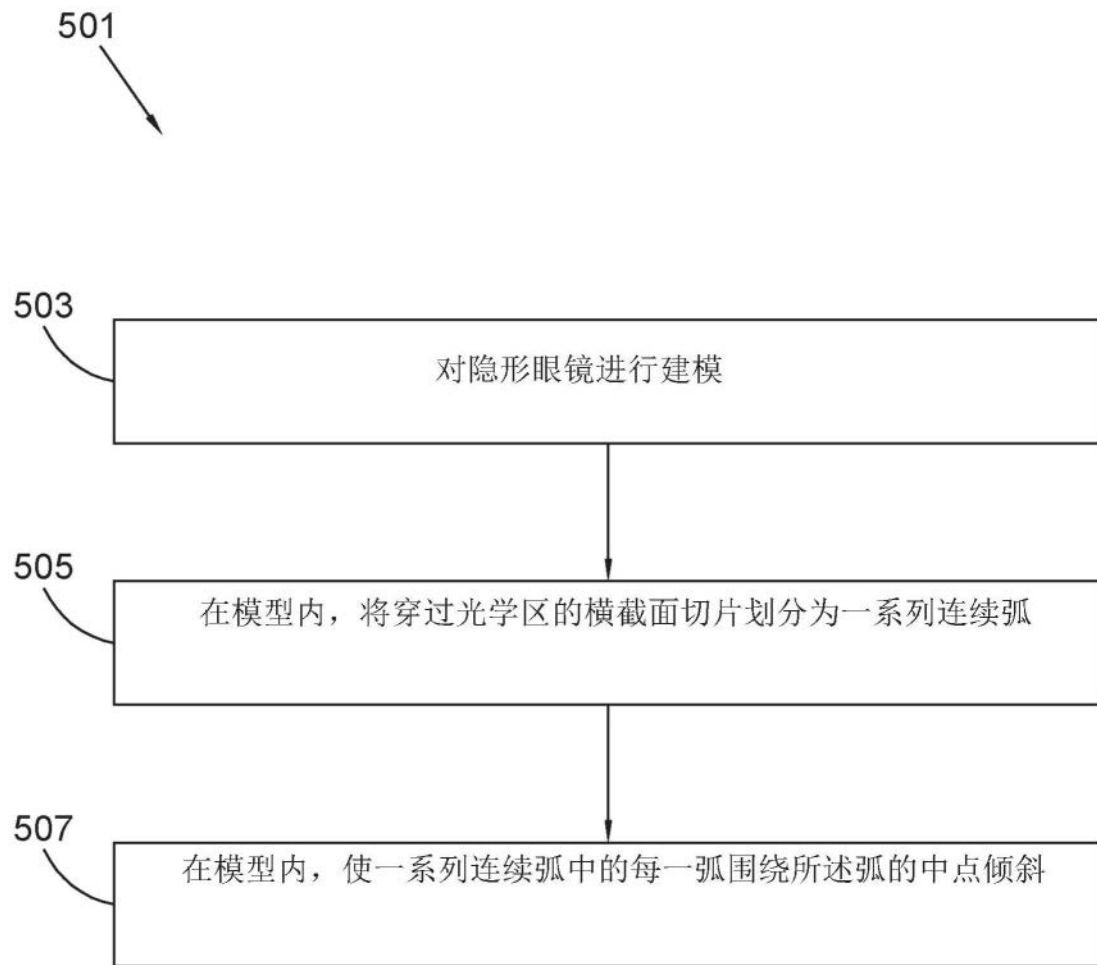


图10

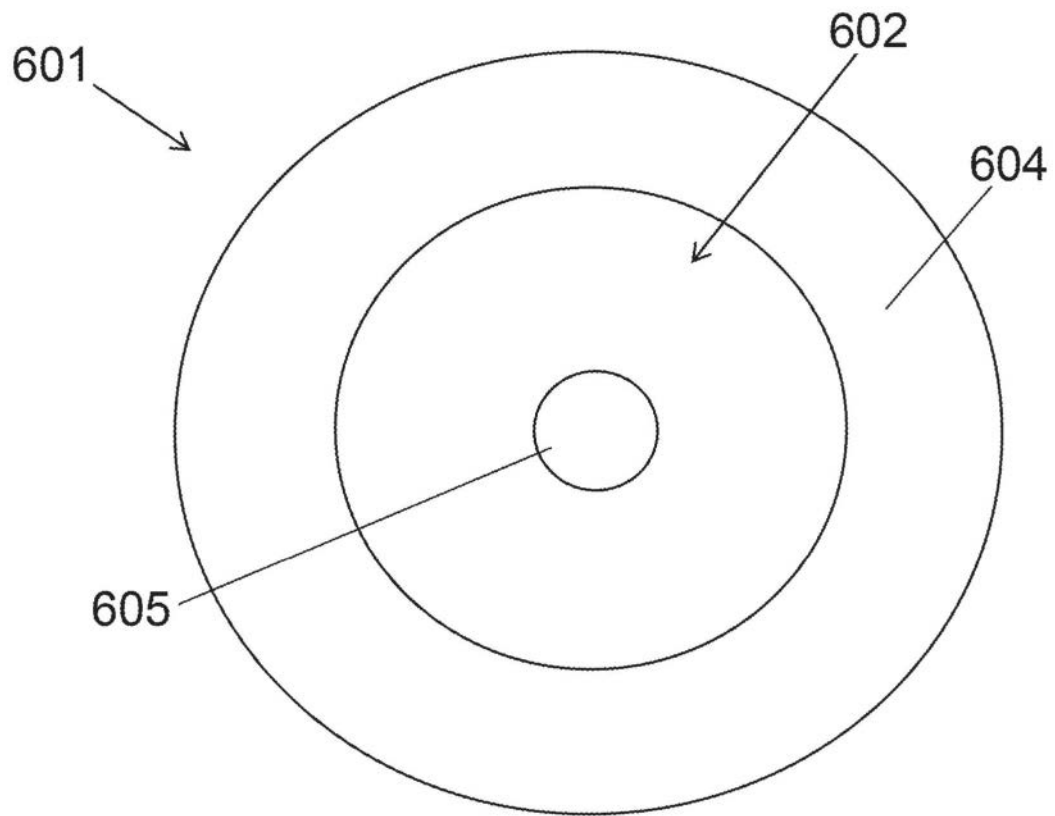


图11A

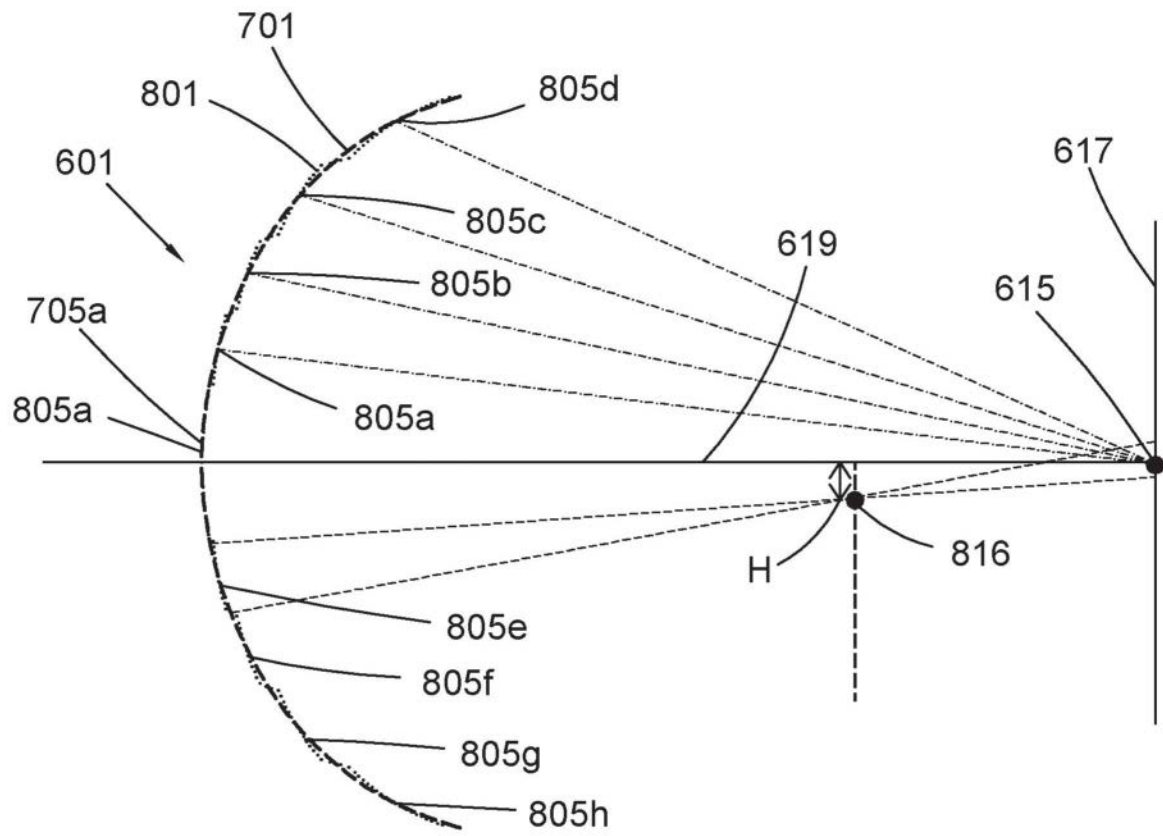


图11B

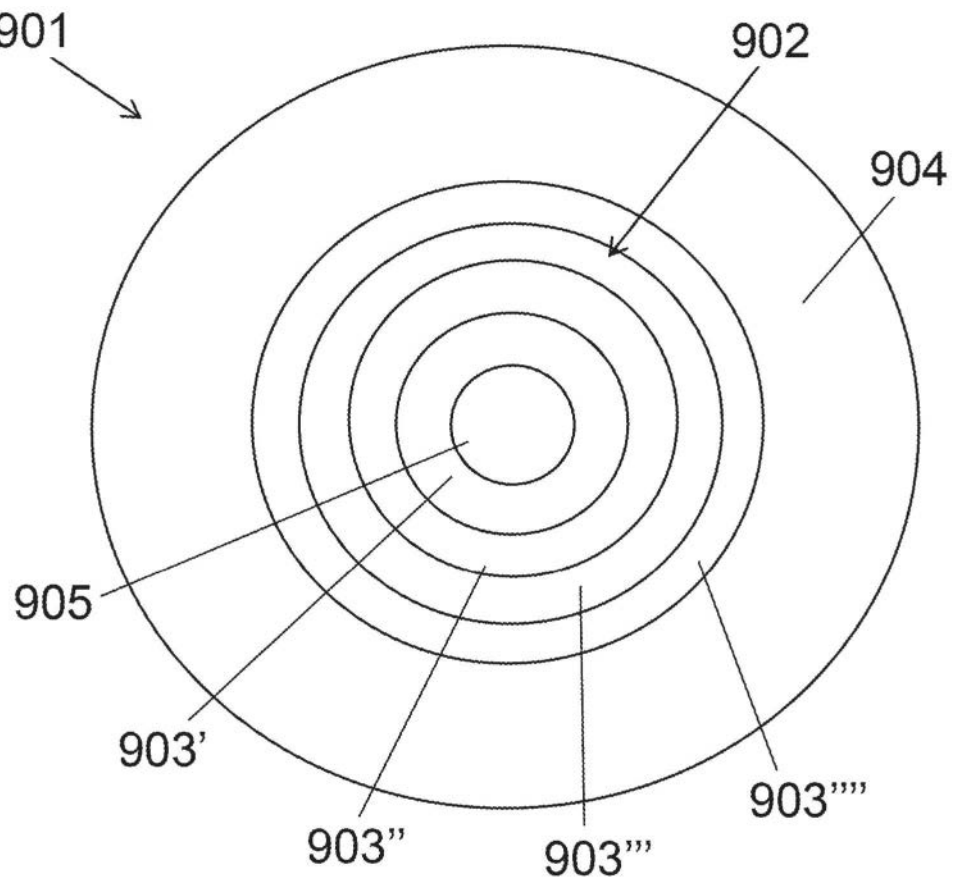


图11C