



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106932921 B

(45)授权公告日 2019.06.28

(21)申请号 201710312417.5

(22)申请日 2017.05.05

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106932921 A

(43)申请公布日 2017.07.07

(73)专利权人 上海理工大学

地址 200093 上海市杨浦区军工路516号

(72)发明人 项华中 武杰 郑刚 王成

付东翔 张通 庄松林 陈家璧

(74)专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司

31001

代理人 吴宝根

(51)Int.Cl.

G02C 7/06(2006.01)

G02C 7/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 105652466 A,2016.06.08,

项华中等.多光轴渐进变焦眼镜设计.《光学技术》.2015,全文.

Xinda Hu等.High-resolution optical see-through multi-focal-plane head-mounted display using freeform optics.《OPTICS EXPRESS》.2014,13896-13903.

审查员 丁文

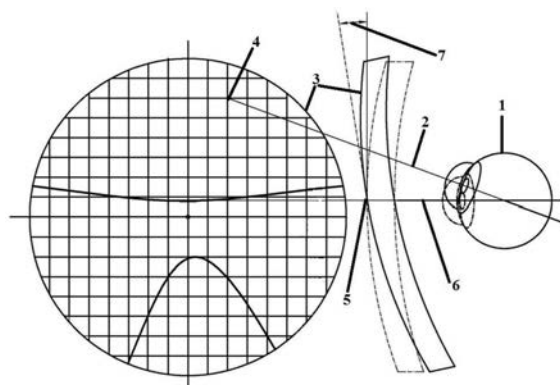
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法

(57)摘要

本发明涉及一种渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法,在设计阶段从多视轴的角度出发,在多视轴状态下人眼配戴渐进多焦点自由曲面镜片时镜片的光焦度、散光和轴向分布评价方法,不仅能给出人眼在配戴渐进多焦点镜时,在多视轴状态下看远、近及周边区域视轴改变对镜片光焦度、散光和轴向分布的影响,还能给出镜片不同区域的符合度及权重因子,归一化处理后,计算多视轴状态下的渐进多焦点自由曲面镜片评价镜片网格格点光焦度、散光和轴向分布的权重因子阈值。根据权重因子阈值,得到在多视轴状态下设计的渐进多焦点自由曲面与处方之间的差距,了解到设计过程的参数的误差。这种评价方法,能够缩短设计周期,降低加工废品率,提高产品合格率。



1. 一种渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法,其特征在于,

1) 对于设计的渐进多焦点自由曲面镜片进行网格划分,镜片的直径为R,每个网格为正方形,网格边长为r,将镜片划分为 $m \times n$ 个网格格点;

2) 镜片上任意一个网格格点(m,n)与人眼眼球中心的连线作为一根视轴,在得到镜片的面型数据之后,得到 $m \times n$ 个网格格点的设计光焦度 f_{ij} 、散光 c_{ij} 和散光轴向 a_{ij} 分布的矩阵, $i=1 \cdots m, j=1 \cdots n$,计算设计光焦度、散光和散光轴向与配戴者处方之间的差值;

3) 根据渐进多焦点眼镜国际标准确定 $m \times n$ 个网格格点在设计面型数据下的光焦度、散光和轴向分布与配镜者处方之间的符合度,根据实际使用过程中的需求程度赋予不同的权重因子,得到符合度和权重因子矩阵;

4) 重新选择视轴,重复步骤2)和3),直到得到所有视轴状态下渐进多焦点自由曲面镜片设计光焦度、散光及轴向与配戴者处方在视远区、视近区、加光通道及散光区的符合度和权重因子矩阵,并归一化处理,将符合度和权重因子进行归一化作为评价指数;

5) 根据满足佩戴者舒适度的光焦度、散光及散光轴向符合度的权重因子阈值评价镜片的佩戴性能。

2. 根据权利要求1所述渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法,其特征在于,所述步骤3)中符合度计算方式:在渐进多焦点自由曲面镜片 $m \times n$ 个网格格点上,当设计值与处方值之差的绝对值小于或者等于标准允许最小值A时即:

$$|\text{设计值} - \text{处方值}| \leq A$$

认定该点达到处方要求,且符合度为1;

当设计值与处方值之差的绝对值大于标准允许最大值B时即:

$$|\text{设计值} - \text{处方值}| > B$$

即认定该点不满足处方要求,符合度为0;

对于设计值与处方值之差的绝对值在A和B之间,认定该点部分满足设计要求,符合度满足线性分布:

$$\text{符合度} = \frac{(B - |\text{设计值} - \text{处方值}|)}{|B - A|}$$

那么,对于 $m \times n$ 个网格格点来说,就可用符合度矩阵来表示整个镜片的符合度,而镜片的远光、近光、加光通道和像散区在镜片配戴过程中,所赋予的重视程度不一样,每一个网格格点就有不同的权重光焦度、散光和散光轴向,符合度矩阵与对应权重矩阵相乘,得到镜片光焦度、散光和散光轴向的分布指数 F_p, C_p, A_p 。

3. 根据权利要求2所述渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法,其特征在于,所述步骤4)渐进多焦点自由曲面镜片归一化评价指数为:

$$\begin{cases} g = F_p \cdot \sigma_1 + C_p \cdot \sigma_2 + \sigma_3 \cdot A_p \\ g = 1 \end{cases}$$

其中 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 为归一化后 F_p, C_p, A_p 所对应分布的权重因子阈值。

渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学性能,特别涉及一种渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法。

背景技术

[0002] 渐进多焦点镜片是在双光镜、三光镜以及多焦眼镜的基础上设计的自由曲面镜片,克服了光焦度突变造成的像跳和镜片表面有光焦度突变界痕等缺点。它是一种光焦度从上到下逐渐增加的镜片。随着人眼观察范围由远至近,这种镜片的光焦度逐渐增大,只用一块镜片就可以矫正所有视场的视力。

[0003] 对于渐进多焦点镜片性能评价,在光学上主要采用光焦度和散光分布图,主要是用来表示、评估渐进多焦点镜片光学性能的二维或者三维的图形。分布图的绘制主要是将渐进多焦点镜片上光焦度或者散光相等的点连接起来,以此来反映渐进多焦点镜片曲面光焦度的变化特征。然而分布图对镜片的评价仅仅只是一个粗略的主观的结果,并不能量化地评价镜片。而关于量化评价目前国内外大多使用自动焦度计(如日本NEDIK公司的自动焦度计)测量镜片上远光、近光光焦度、散光及轴向。这种焦度计测量方法也仅仅只是得到了镜片上某点的量化结果,并不能给出整个镜片的综合评价结果。随着渐进多焦点镜片的广泛应用,其相应的检测技术也在不断发展。表面轮廓测量法、哈特曼-夏克波前传感法及莫尔条纹等测量方法被用来对渐进多焦点镜片进行研究,主要是分析镜片的散光、像差及光焦度分布情况。从以上的方法可以看出自动焦度计是一种单点测量法,只能得到镜片上每一点的光学信息,对渐进多焦点镜片整个面的光学特性评价具有局限性;哈特曼测量法(例如VISIONIX公司的VM系列面型测量仪)、基于莫尔偏折技术的测量方法(以色列Roltex公司的FFV面型仪)、朗奇光栅测量法这三种整体表面采样测量方法均为平行光穿过被测镜片,得到全口径范围内镜片的相关光学参数。

[0004] 虽然目前国内外有很多关于渐变焦眼睛的评价方法,并且其中一些已经广泛应用于生活中,但现有的方法均方法部均有一定的缺陷,且这些评价方法在设计阶段并不对镜片的设计误差进行分析,而是镜片面型设计完成后,直接在对应的自由曲面加工机床进行加工,这就大大的增加了渐进多焦点镜片次品率。因此,研究在多视轴状态下渐进多焦点自由曲面镜片的评价方法是设计过程中需要解决的首要问题。

发明内容

[0005] 本发明是针对渐进多焦点镜片性能测量及评价存在的问题,提出了一种渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法,与传统的渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法相比较,在设计阶段从多视轴的角度出发,在多视轴状态下人眼配戴渐进多焦点自由曲面镜片时镜片的光焦度、散光和轴向分布评价方法,不仅能给出人眼在配戴渐进多焦点镜时在多视轴状态下看远、近及周边区域视轴改变对镜片光焦度、散光和轴向分布的影响,还能给出镜片不同区域的符合度及权重因子,归一化处理后,计算多视轴状态下的渐进多焦点自由曲面

镜片评价镜片网格格点光焦度、散光和轴向分布的权重因子阈值。根据权重因子阈值,得到在多视轴状态下设计的渐进多焦点自由曲面与处方之间的差距,了解到设计过程的参数的误差。

[0006] 本发明的技术方案为:一种渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法,

[0007] 1) 对于设计的渐进多焦点自由曲面镜片进行网格划分,镜片的直径为R,每个网格为正方形,网格边长为r,将镜片划分为 $m \times n$ 个网格格点;

[0008] 2) 镜片上任意一个网格格点(m,n)与人眼眼球中心的连线作为一根视轴,在得到镜片的面型数据之后,得到 $m \times n$ 个网格格点的设计光焦度 f_{ij} 、散光 c_{ij} 和散光轴向 a_{ij} 分布的矩阵, $i=1 \cdots m, j=1 \cdots n$,计算设计光焦度、散光和散光轴向与配戴者处方之间的差值;

[0009] 3) 根据渐进多焦点眼镜国际标准确定 $m \times n$ 个网格格点4在设计面型数据下的光焦度、散光和轴向分布与配戴者处方之间的符合度,根据实际使用过程中的需求程度赋予不同的权重因子,得到符合度和权重因子矩阵;

[0010] 4) 重新选择视轴,重复步骤2)和3),直到得到所有视轴状态下渐进多焦点自由曲面镜片设计光焦度、散光及轴向与配戴者处方在视远区、视近区、加光通道及散光区的符合度和权重因子矩阵,并归一化处理,将符合度和权重因子进行归一化作为评价指数;

[0011] 5) 根据满足佩戴者舒适度的光焦度、散光及散光轴向符合度的权重因子阈值评价镜片的佩戴性能。

[0012] 所述步骤3)中符合度计算方式:在渐进多焦点自由曲面镜片 $m \times n$ 个网格格点上,当设计值与处方值之差的绝对值小于或者等于标准允许最小值A时即:

[0013] $|\text{设计值}-\text{处方值}| \leq A$

[0014] 认定该点达到处方要求,且符合度为1;

[0015] 当设计值与处方值之差的绝对值大于标准允许最大值B时即:

[0016] $|\text{设计值}-\text{处方值}| > B$

[0017] 即认定该点不满足处方要求,符合度为0;

[0018] 对于设计值与处方之差的绝对值在A和B之间,认定该点部分满足设计要求,符合度满足线性分布:

[0019]
$$\text{符合度} = \frac{(B - |\text{设计值} - \text{处方值}|)}{|B - A|}$$

[0020] 那么,对于 $m \times n$ 个网格格点来说,就可用符合度矩阵来表示整个镜片的符合度,而镜片的远光、近光、加光通道和像散区在镜片配戴过程中,所赋予的重视程度不一样,每一个网格格点就有不同的权重光焦度、散光和散光轴向,符合度矩阵与对应权重矩阵相乘,得到镜片光焦度、散光和散光轴向的分布指数 F_p, C_p, A_p 。

[0021] 所述步骤4)渐进多焦点自由曲面镜片归一化评价指数为:

[0022]
$$\begin{cases} g = F_p \cdot \sigma_1 + C_p \cdot \sigma_2 + \sigma_3 \cdot A_p \\ g = 1 \end{cases}$$

[0023] 其中 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 为归一化后 F_p, C_p, A_p 所对应分布的权重因子阈值。

[0024] 本发明的有益效果在于:本发明渐进多焦点自由曲面镜片性能评价方法,能够缩短设计周期,降低加工废品率,提高产品合格率,为渐进多焦点自由曲面镜片的评价方法提

供了新思想、新途径,实施性强,具有非常实际的应用前景。

附图说明

[0025] 图1为本发明渐进多焦点自由曲面镜片性能评价示意图;

[0026] 图2为本发明渐进多焦点自由曲面镜片网格划分标准示意图。

具体实施方式

[0027] 如图1所示渐进多焦点自由曲面镜片性能评价示意图。将镜片3放在人眼1的正前方,过人眼1眼球中心的水平线为光轴6,光轴6与镜片3前表面的交点为前表面顶点5,镜片3的前表面顶点5距离人眼眼球中心的长度为27mm。根据配戴者的面部特征,将镜片3沿光轴6垂直的直线倾斜一定角度7,其范围为10~12°,用此模拟不同佩戴状态,也就是面型。

[0028] 如图2所示网格划分标准示意图,镜片3的直径8大小为R,按照不同佩戴者眼球瞳孔的半径r划分,网格9为正方形,网格边长10为r,将镜片3划分为m×n个网格格点,也可加坐标系数,按小于眼球瞳孔的半径r进行划分。

[0029] 任意一个网格格点4(m,n)与人眼眼球中心的连线作为一根视轴2。在这里,渐进多焦点镜片3m×n网格格点4的处方光焦度值(处方定义为:人眼验光参数)定义为 F_{ij} ,这里: $i=1\cdots m, j=1\cdots n$,理论散光为 C_{ij} ,散光轴向为 A_{ij} ,设计光焦度结果为 f_{ij} ,散光为 c_{ij} ,散光轴向为 a_{ij} 。根据镜片3处方,得到镜片3m×n网格格点4的光焦度、散光和散光轴向分布的矩阵 F_{ij}, C_{ij}, A_{ij} 。

[0030] 在得到镜片3的面型数据之后,m×n个网格格点4的光焦度 f_{ij} 、散光 c_{ij} 和散光轴向 a_{ij} 分布的矩阵。那么,设计光焦度、散光和散光轴向与配戴者处方之间的差值分别为:

$$[0031] \quad \Delta F_{ij} = F_{ij} - f_{ij}$$

$$[0032] \quad \Delta C_{ij} = C_{ij} - c_{ij}$$

$$[0033] \quad \Delta A_{ij} = A_{ij} - a_{ij}$$

[0034] 这里, ΔF_{ij} 、 ΔC_{ij} 和 ΔA_{ij} 分别为处方与设计光焦度、散光和散光轴向之差。

[0035] 为了探讨设计光焦度和设计仿真得到的光焦度之间的符合度,用 $\delta_{(m,n)}$ 表示,根据渐进多焦点眼镜国际标准,当处方与设计值的光焦度差小于等于 P_1 , $P_1=0.12D$ (D屈光度是光焦度的单位的简写是D,国际单位制的单位是m的-1次方),认定该点满足设计要求,符合度 $\delta_{(m,n)}=1$;当 $|f_{ij}-F_{ij}|>P_2$,其中, $P_2=0.25D$,认定该点不满足设计要求,符合度 $\delta_{(m,n)}=0$;当 $P_2 \geq |f_{ij}-F_{ij}| > P_1$,认定该点部分满足设计要求,符合度满足线性分布:

$$[0036] \quad \delta_{(m,n)} = \frac{(P_1 - |f_{ij} - F_{ij}|)}{P_2 - P_1}$$

[0037] 即:

$$[0038] \quad \delta_{(m,n)} = \begin{cases} 1 & |f_{ij} - F_{ij}| \leq P_1 \\ \frac{(P_2 - |f_{ij} - F_{ij}|)}{P_2 - P_1} & P_2 \geq |f_{ij} - F_{ij}| > P_1 \\ 0 & |f_{ij} - F_{ij}| > P_2 \end{cases}$$

[0039] 对应镜片上 $m \times n$ 个网格格点的光焦度符合度矩阵 δ_{ij} 为:

$$[0040] \quad \delta_{ij} = \begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \cdots & \delta_{mn} \end{pmatrix}$$

[0041] 对于 $m \times n$ 个网格格点上每一点光焦度,根据实际使用过程中的需求程度赋予不同的权重 $\lambda_{(m,n)}$ (例如视远视近区以及加光通道的成像效果对配戴者来说十分重要,光焦度误差小于 P_1 的权重也应较大),那么对应权重矩阵 λ_{ij} 为:

$$[0042] \quad \lambda_{ij} = \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \cdots & \lambda_{mn} \end{pmatrix},$$

[0043] 光焦度分布指数 F_p 计算如下:

$$[0044] \quad F_p = \sum \lambda_{ij} * \delta_{ij} = \sum \begin{pmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \cdots & \lambda_{mn} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \cdots & \delta_{mn} \end{pmatrix},$$

$$= \lambda_{11}\delta_{11} + \lambda_{12}\delta_{12} + \lambda_{13}\delta_{13} + \cdots + \lambda_{mn}\delta_{mn}$$

[0045] 且有:

$$[0046] \quad \sum_1^n \lambda_{ij} = 1。$$

[0047] 光焦度分布指数 F_p 计算如下:

$$[0048] \quad F_p = \sum \lambda_{ij} * \delta_{ij}$$

[0049] 且有:

$$[0050] \quad \sum_1^n \lambda_{ij} = 1。$$

[0051] 对于处方散光和设计值之间的符合度,在这里,根据渐进多焦点眼镜国际标准,我们定义:当 $|c_{ij}-C_{ij}| \leq P_3$ (配镜处方与设计值的散光值差小于等于 $P_3=0.5D$),认定该点满足设计要求,符合度 $\varepsilon_{(m,n)}=1$;当 $|c_{ij}-C_{ij}| > 2*ADD$ 该点不满足设计要求,符合度 $\varepsilon_{(m,n)}=0$;当 $2*ADD \geq |c_{ij}-C_{ij}| > P_3$ 认定该点部分满足设计要求,符合度满足线性分布:

$$[0052] \quad \varepsilon_{(m,n)} = \frac{(2 * ADD - |c_{ij} - C_{ij}|)}{2 * ADD - P_3}$$

[0053] 即:

$$[0054] \quad \varepsilon_{(m,n)} = \begin{cases} 1 & |c_{ij} - C_{ij}| \leq P_3 \\ \frac{(2 * ADD - |c_{ij} - C_{ij}|)}{2 * ADD - P_3} & 2 * ADD \geq |c_{ij} - C_{ij}| > P_3 \\ 0 & |c_{ij} - C_{ij}| > 2 * ADD \end{cases}$$

[0055] 对应镜片上 $m \times n$ 网格格点4的散光符合度矩阵为 ε_{ij} 。

[0056] 对于网格格点4上每一点散光,根据实际使用过程中的需求程度赋予不同的权重 $k_{(m,n)}$, (例如视远视近区以及加光通道的成像效果对配戴者来说十分重要,散光误差小于 P_3 的权重也应较大),散光权重矩阵为 k_{ij} 。

[0057] 散光分布指数 C_p 计算如下:

$$[0058] \quad C_p = \sum k_{ij} * \varepsilon_{ij}$$

[0059] 且有:

$$[0060] \quad \sum k_{ij} = 1$$

[0061] 对于处方轴向和设计值之间的符合度,根据渐进多焦点眼镜国际标准,在不同的远光散光范围内,散光的误差值也不一样,因此,我们定义一个字母A表示在不同的散光数值下轴向的误差范围极限绝对值。我们定义:当 $|A_{ij} - a_{ij}| = 0^\circ$ (配镜处方与设计值的轴向差等于 0°),认定该点满足设计要求,符合度为 $\omega_{(m,n)} = 1$;当 $|A_{ij} - a_{ij}| > H^\circ$,该点不满足设计要求,符合度为 $\omega_{(m,n)} = 0$;当 $H^\circ \geq |a_{ij} - A_{ij}| > 0^\circ$ 认定该点部分满足设计要求,符合度满足线性分布:

$$[0062] \quad \omega_{(m,n)} = \frac{(H^\circ - |a_{ij} - A_{ij}|)}{H^\circ}$$

[0063] 即:

$$[0064] \quad \omega_{(m,n)} = \begin{cases} 1 & |a_{ij} - A_{ij}| = 0 \\ \frac{(H^\circ - |a_{ij} - A_{ij}|)}{H^\circ} & H^\circ \geq |a_{ij} - A_{ij}| > 0 \\ 0 & |a_{ij} - A_{ij}| > H^\circ \end{cases}$$

[0065] 对应镜片上 $m \times n$ 网格格点4的散光轴向符合度矩阵为 ω_{ij} 。

[0066] 对于网格格点4上每一点散光,根据实际使用过程中的需求程度赋予不同的权重 $\rho_{(m,n)}$,散光轴向权重矩阵 ρ_{ij} 为:

$$[0067] \quad \rho_{ij} = \begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \cdots & \rho_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \rho_{m1} & \rho_{m2} & \cdots & \rho_{mn} \end{pmatrix}。$$

[0068] 散光轴向分布指数 A_p 计算如下:

$$[0069] \quad A_p = \sum \rho_{ij} * \omega_{ij}$$

[0070] 且有:

$$[0071] \quad \sum \rho_{ij} = 1$$

[0072] 根据上述定义,渐进多焦点自由曲面镜片归一化评价指数为:

$$[0073] \quad \begin{cases} g = F_p \cdot \sigma_1 + C_p \cdot \sigma_2 + \sigma_3 \cdot A_p \\ g = 1 \end{cases}$$

[0074] 这里, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 为归一化后 F_p, C_p, A_p 所对应分布的权重因子阈值。

[0075] 根据以上方案得到在多视轴2状态下渐进多焦点自由曲面镜片3设计光焦度、散光及轴向与配戴者处方在视远区、视近区、加光通道及散光区的符合度和权重因子矩阵。归一化处理后,计算多视轴2状态下的渐进多焦点自由曲面镜片3评价镜片网格格点4光焦度、散光和轴向分布的权重因子阈值 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 。根据权重因子阈值,得到在多视轴状态下设计的渐进多焦点自由曲面与处方之间的差距,了解到设计过程的参数的误差。这种评价方法,能够缩短设计周期,降低加工废品率,提高产品合格率。

[0076] 我们将用符合度和权重作为评价标准和优化的目标,使得最终的优化设计结果满足验光处方要求。研究不同符合度值对镜片的设计来说实际上就是各符合度值在镜片评价模型中的权重,并归一化。通过统计分析得出归一化后各符合度值的相对权重并提出弥补渐进多焦点自由曲面镜片在初始设计过程中由于设计计算导致的误差的相对权重计算方法,提出满足配戴者舒适的光焦度、散光及轴向符合度的权重因子阈值,权重因子的分布、每一个点符合度大小的确定和求解的准确性将直接关系到渐进多焦点眼镜优化设计及加工完成之后的可靠度及配戴的舒适性。

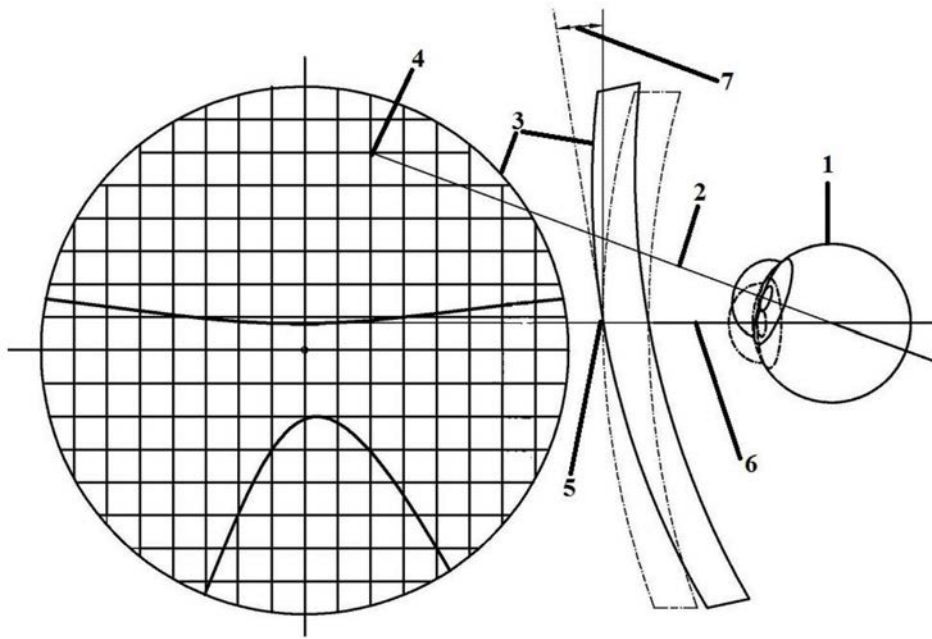


图1

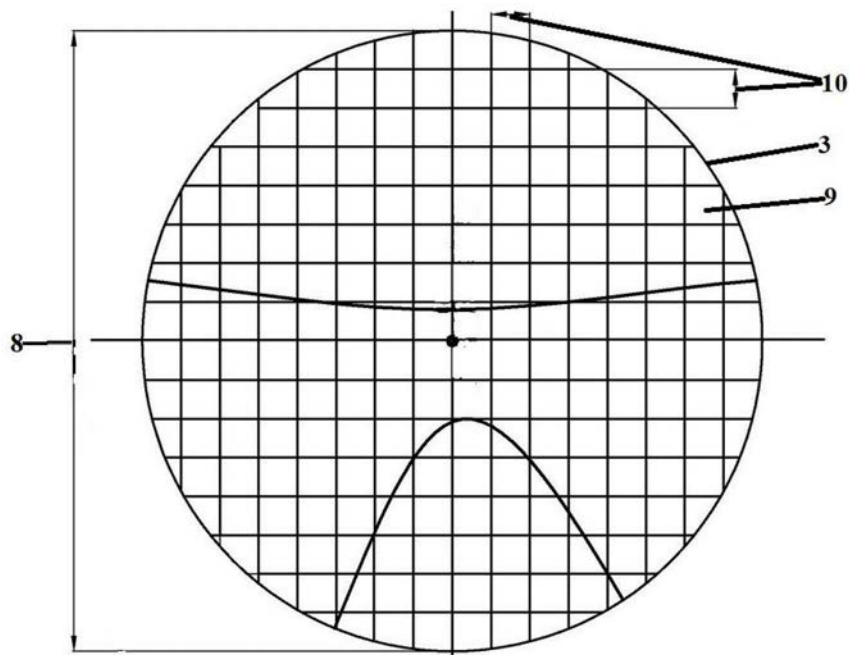


图2