



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104783925 B

(45)授权公告日 2017.01.18

(21)申请号 201510010026.9

(22)申请日 2015.01.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104783925 A

(43)申请公布日 2015.07.22

(73)专利权人 爱博诺德(北京)医疗科技有限公司

地址 102200 北京市昌平区超前路37号6号楼一层北区

(72)发明人 王宁利 郭淑艳 解江冰 王翌

(74)专利代理机构 北京金律言科知识产权代理
事务所(普通合伙) 11461

代理人 逯博 杨移

(51)Int. Cl.

A61F 2/16(2006.01)

(56)对比文件

CN 204394744 U, 2015.06.17, 全文.

审查员 黄文惠

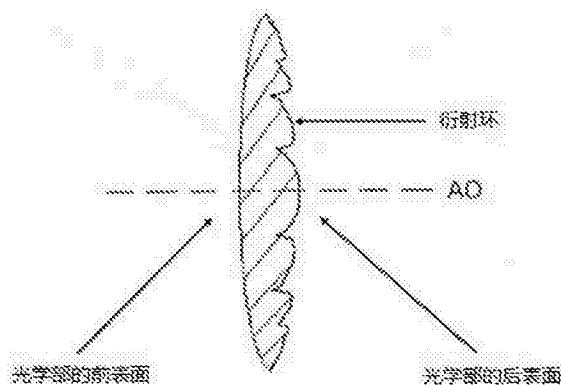
权利要求书1页 说明书16页 附图8页

(54)发明名称

多焦点人工晶状体

(57)摘要

本发明提供了一种多焦点人工晶状体,该多焦点人工晶状体光学部的前表面的面形、或者所述多焦点人工晶状体光学部的后表面的面形、或者所述多焦点人工晶状体光学部的前表面的面形和后表面的面形为非球面。本发明提供的这种多焦点非球面人工晶状体通过非球面设计为多焦点人工晶状体提供适量的景深,弥补现有技术中多焦点人工晶状体中程视力的缺失,实现多焦点人工晶状体的远、中、近全程视力。



1. 一种多焦点人工晶状体, 所述多焦点人工晶状体光学部的前表面的面形、或者所述多焦点人工晶状体光学部的后表面的面形、或者所述多焦点人工晶状体光学部的前表面的面形和后表面的面形为非球面, 其特征在于,

以所述多焦点人工晶状体采用非球面设计的光学部表面顶点0为原点建立二维坐标系, 所述坐标系的纵坐标轴Y与所述光学部表面相切且通过光学部表面顶点0; 所述坐标系的横坐标轴Z平行于光轴AO方向, 与纵坐标轴Y呈90°角且通过所述光学部表面顶点0, 所述非球面的面形在上述二维坐标系平面YZ上的曲线满足以下非球面曲线表达式:

$$Z(y) = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1+Q)c^2y^2}} + \sum_{i=m}^n A_{2i}y^{2i}$$

其中Z(y)为所述非球面在二维坐标系平面YZ上的曲线表达式, c为所述非球面的基础球面曲率半径的倒数, y为所述曲线上任一点距横坐标轴Z的垂直距离, A_{2i} 为非球面高次项系数, m、n均为不小于1的整数且 $n > m$, Q为非球面系数;

所述非球面面形上的各点由所述曲线通过围绕横坐标轴Z进行旋转对称变化而得到;

所述多焦点人工晶状体在5mm直径处非球面曲线在光轴方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为-0.0002mm~-0.1220mm。

2. 根据权利要求1所述的人工晶状体, 其特征在于, 所述多焦点人工晶状体在5mm直径处非球面曲线在光轴方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为-0.0002mm~-0.0550mm。

3. 根据权利要求1所述的人工晶状体, 其特征在于, 所述多焦点人工晶状体在5mm直径处非球面曲线在光轴方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为-0.0021mm~-0.0420mm。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的人工晶状体, 其特征在于, 所述多焦点人工晶状体的球差范围为-0.01 μ m~-0.15 μ m。

5. 根据权利要求1所述的人工晶状体, 其特征在于, 所述人工晶状体光学部的前表面、或者所述人工晶状体光学部的后表面、或者所述人工晶状体光学部的前表面和后表面包括可提供附加光焦度的衍射环结构或者折射环形光学区带结构。

6. 根据权利要求1所述的人工晶状体, 其特征在于, 所述人工晶状体的附加光焦度为+1.7D~+4.5D。

多焦点人工晶状体

技术领域

[0001] 本发明涉及一种人工晶状体。具体而言,本发明涉及一种多焦点人工晶状体。

背景技术

[0002] 白内障患者通过外科手术摘除原有病变的天然晶状体,植入人工晶状体来获取术后视力。近几年来,多焦点人工晶状体的临床应用为眼科医师提供了更新的方法和手段来改善白内障患者术后的视觉质量。其中,多焦点人工晶状体是在是在单焦点人工晶状体的基础上发展起来的,具体地,在单焦点人工晶状体的光学面上施加折射环形光学区带或刻蚀衍射环结构实现,利用折射或者衍射的光学原理,将入射到晶状体上的光线分开,产生多个焦点,使远处和近处物体发出的光线聚焦于视网膜上。图3为现有技术的多焦点人工晶状体眼视远的成像示意图,参照图3,当多焦点人工晶状体眼视远时,远焦点聚焦于视网膜上,近焦点远离视网膜,同理地,图4为现有技术的多焦点人工晶状体眼视近的成像示例图,与图3刚好相反,当多焦点人工晶状体眼视近时,近焦点聚焦于视网膜上,远焦点远离视网膜,结合同同时知觉原理,大脑皮质不能将两个物象融合,而是选择与被注视物体更接近、更清晰的物象抑制另一个物象,所以远近焦点的成像过程是完全分离的,视网膜上物体焦点焦深很小,从而使得多焦点人工晶状体眼在视远至视近的过程中,在视网膜上的成像有缺失,中程距离的物体不能在视网膜上成像,中程视力缺失。

[0003] 图1和图2给出的是在Liou-Brennan人眼模型中多焦点人工晶状体球差分别为 $-0.27\mu\text{m}$ 和 $-0.20\mu\text{m}$ 附加光焦度均为 $+3\text{D}$ 的现有技术的多焦点人工晶状体的全程视力曲线,从图中可以看出,虽然远、近距离视力良好,均在1.5以上,但在物距 $0.6\text{--}1.0\text{m}$ 的范围内视力小于0.5,即中程视力很差,不能达到功能性视力的要求。

[0004] 其中,视力也称视敏度(visual acuity,VA),反映了人眼分辨细节的能力,通常是在白色背景下分辨黑色视标,即在高对比度(近似于100%)下人眼的最小分辨角 α (minimum angle of resolution,MAR),视力通常以小数形式表示,与最小分辨角 α 的关系为: $VA=1/\alpha$;视力还可以用空间频率(spatial frequency,SF)来表示,单位是周/度(circle/degree,c/d),描述单位视角内人眼能分辨的周期数,空间频率SF与最小分辨角 α 的换算关系为: $SF=1/\alpha\times 30$,即 $VA=SF/30$ 。

[0005] 影响视力的因素包括光学因素和神经因素两个方面,对于正常人眼来说,这两方面的因素作用近似。此外,由于不同距离的物体在人工晶状体眼中成像时,会有不同的成像焦距,人眼视力大于0.5的焦距范围称为焦深,以毫米(mm)为单位,这段范围也可用光焦度表示。综上所述,可以利用植入人工晶状体的人眼模型,改变物距,研究人眼在不同距离下的视觉质量。

[0006] 发明人发现现有的多焦点人工晶状体均存在焦深小、中程视力缺失的缺点,且可以通过建立数学模型对多焦点人工晶状体的非球面面形进行控制,从而扩展焦深,且提供适量的景深,实现具有良好中程视力的多焦点人工晶状体的设计。

发明内容

[0007] 本发明的实施例的目的在于提供一种多焦点人工晶状体,通过对多焦点人工晶状体远近焦点之间的距离与晶体的非球面进行匹配设计,扩展焦深,且提供适量的景深,为多焦点人工晶状体远近焦点之间提供中程视力,从而提高人工晶状体的全程视力。

[0008] 为达到上述目的,本发明的实施例采用如下技术方案:提供了一种多焦点人工晶状体,所述多焦点人工晶状体光学部的前表面的面形、或者所述多焦点人工晶状体光学部的后表面的面形、或者所述多焦点人工晶状体光学部的前表面的面形和后表面的面形为非球面。

[0009] 以所述多焦点人工晶状体采用非球面设计的光学部表面顶点O为原点建立二维坐标系,所述坐标系的纵坐标轴Y与所述光学部表面相切且通过光学部表面顶点O;所述坐标系的横坐标轴Z平行于光轴AO方向,与纵坐标轴Y呈90°角且通过所述光学部表面顶点O,所述非球面的面形在上述二维坐标系平面YZ上的曲线满足以下非球面曲线表达式:

$$[0010] \quad Z(y) = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1+Q)c^2y^2}} + \sum_{i=m}^n A_{2i}y^{2i}$$

[0011] 其中Z(y)为所述非球面在二维坐标系平面YZ上的曲线表达式,c为所述非球面的基础球面曲率半径的倒数,y为所述曲线上任一点距横坐标轴Z的垂直距离,A_{2i}为非球面高次项系数,m、n均为不小于1的整数且n>m,Q为非球面系数。

[0012] 所述非球面面形上的各点由所述曲线通过围绕横坐标轴Z进行旋转对称变化而得到。

[0013] 所述多焦点人工晶状体在5mm直径处非球面曲线在光轴方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为-0.0002mm~-0.1220mm。

[0014] 优选地,所述多焦点人工晶状体在5mm直径处非球面曲线在光轴方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为-0.0002mm~-0.0550mm。

[0015] 优选地,所述多焦点人工晶状体在5mm直径处非球面曲线在光轴方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为-0.0021mm~-0.0420mm。

[0016] 优选地,所述多焦点人工晶状体的球差范围为-0.01μm~-0.15μm。

[0017] 优选地,所述人工晶状体光学部的前表面、或者所述人工晶状体光学部的后表面、或者所述人工晶状体光学部的前表面和后表面包括可提供附加光焦度的衍射环结构或者折射环形光学区带结构。

[0018] 优选地,所述人工晶状体的附加光焦度为+1.7D~+4.5D。

[0019] 本发明通过对多焦点人工晶状体远近焦点之间的距离与晶体的非球面进行匹配设计,对多焦点人工晶状体的非球面面形进行控制,扩展焦深,且提供适量的景深,为多焦点人工晶状体远近焦点之间提供中程视力,弥补现有技术的多焦点人工晶状体中程视力的缺失,实现多焦点人工晶状体的远、中、近全程视力,从而提高人工晶状体的全程视力。

附图说明

- [0020] 图1为现有技术的球差为 $-0.27\mu\text{m}$ 附加光焦度为 $+3\text{D}$ 的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线。
- [0021] 图2为现有技术的球差为 $-0.20\mu\text{m}$ 附加光焦度为 $+3\text{D}$ 的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线。
- [0022] 图3为现有技术的多焦点人工晶状体眼视远的成像示意图。
- [0023] 图4为现有技术的多焦点人工晶状体眼视近的成像示意图。
- [0024] 图5为本发明实施例的多焦点人工晶状体光学部示例性结构示意图。
- [0025] 图6为本发明实施例的多焦点人工晶状体非球面在YZ决定的二维坐标系平面上的曲线。
- [0026] 图7为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之一。
- [0027] 图8为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之二。
- [0028] 图9为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之三。
- [0029] 图10为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之四。
- [0030] 图11为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之五。
- [0031] 图12为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之六。
- [0032] 图13为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之七。
- [0033] 图14为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之八。
- [0034] 图15为本发明实施例的多焦点人工晶状体眼全程视力曲线之九。

具体实施方式

- [0035] 下面结合附图对本发明的实施例一种多焦点人工晶状体进行详细描述。
- [0036] 本发明实施例通过对多焦点人工晶状体远近焦点之间的距离与晶体的非球面进行匹配设计,对多焦点人工晶状体的非球面面形进行控制,扩展焦深,弥补现有技术多焦点人工晶状体的中程视力的缺失,实现了多焦点人工晶状体的远、中、近全程视力。
- [0037] 本发明的实施例的多焦点人工晶状体光学部的前表面的面形、或者多焦点人工晶状体光学部的后表面的面形、或者多焦点人工晶状体光学部的前表面的面形和后表面的面形为非球面,其中,非球面的曲线形态将在后面进行详细说明。本发明实施例的多焦点人工晶状体在 5mm 直径处非球面曲线在光轴方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为 $-0.0002\text{mm}\sim-0.1220\text{mm}$ 。
- [0038] 其中,光学部指的是位于人工晶体中心的具有光学特性从而能够实现调节人工晶体屈光度的主要功能的部分。光学部的后表面指的是在将人工晶状体植入人眼中后与人眼后囊接触的光学部表面,光学部的前表面指的是在将人工晶状体植入人眼后与光学部后表面相对的更远离人眼后囊设置的光学部表面。
- [0039] 优选地,所述多焦点人工晶状体在 5mm 直径处非球面曲线在光轴方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为 $-0.0002\text{mm}\sim-0.0550\text{mm}$ 。
- [0040] 更优选地,所述多焦点人工晶状体在 5mm 直径处非球面曲线在光轴方向的投影距

离与非球面的基础球面曲线在光轴方向的投影距离数值之差的范围为 $-0.0021\text{mm}\sim-0.0420\text{mm}$ 。

[0041] 所述多焦点人工晶状体的球差范围为 $-0.01\mu\text{m}\sim-0.15\mu\text{m}$ 。具体的,本发明的实施例在人工晶状体的光学部的基础球面上增加非球面设计,非球面的面形设计可以补偿角膜本身具有的正球差,改善视觉质量。多焦点人工晶状体的球差范围 $-0.01\mu\text{m}\sim-0.15\mu\text{m}$ 与角膜本身的球差之和可使人工晶状体眼保留一定量的正球差,增加景深,提高中程视力。

[0042] 所述人工晶状体光学部的前表面、或者人工晶状体光学部的后表面、或者人工晶状体光学部的前表面和后表面包括可提供附加光焦度的衍射环结构或者折射环形光学区带结构。

[0043] 其中,光焦度也叫屈光度,用来表示屈光的能力,即光线由一种物质射入到另一种光密度不同的物质时,其光线的传播方向产生偏折,屈光度是指这种偏折的大小,单位是屈光度(缩写为“D”)。1D屈光力相当于可将平行光线聚焦在1米焦距上。

[0044] 根据本发明实施例,多焦点人工晶状体具有可提供附加光焦度的衍射环结构或者折射环形光学区带结构可调节多焦点人工晶状体的光焦度,从而提高视觉质量。

[0045] 图5是本发明实施例的多焦点人工晶状体光学部示例性结构示意图,如图5所示,多焦点人工晶状体光学部包括光学部的前表面、光学部的后表面以及衍射环,其中,虚线A0表示光轴。

[0046] 进一步地,在本实施例中,人工晶状体光学部的前表面、或者人工晶状体光学部的后表面、或者人工晶状体光学部的前表面和后表面可以包括可提供附加光焦度的衍射环结构或者折射环形光学区带结构。图5示出的情形中,光学部的后表面为非球面,前表面为球面,衍射环结构设置在后表面上。

[0047] 本发明的实施例通过对多焦点人工晶状体远近焦点之间的距离与晶体的非球面进行匹配设计,对多焦点人工晶状体的非球面面形进行控制,扩展焦深,此外,通过非球面提供的球差在人工晶体眼内产生适量的景深,从而弥补现有技术的多焦点人工晶状体中程视力的缺失,实现了多焦点人工晶状体的远、中、近全程视力。

[0048] 进一步地,为了更详细精确的描述本发明实施例的多焦点人工晶状体光学部非球面的面形,在图5的基础上,如图6所示,以本发明实施例的多焦点人工晶状体中采用非球面设计的光学部的后表面顶点O为原点建立二维坐标系。坐标系的纵坐标轴Y与光学部的后表面相切且通过光学部的后表面顶点O;坐标系的横坐标轴Z平行于光轴,与纵坐标轴Y呈 90° 角且通过光学部的后表面顶点O。由于本实施例中采用非球面设计的光学部的后表面上的各点关于通过光学部的后表面顶点O且平行于光轴的横坐标轴Z呈旋转对称关系,因此只要限定在由上述纵坐标轴Y与横坐标轴Z构成的平面上的本实施例中的光学部的后表面的坐标关系,通过旋转对称变换就可以复原出本实施例中采用非球面设计的光学部的后表面的面形。在由上述纵坐标轴Y与横坐标轴Z构成的平面上的本实施例中采用非球面设计的光学部的后表面上的各点可表示为 (Z,y) 。

[0049] 非球面对面形的控制程度可以用投影距离来表示,图6中示意了球面与非球面在YZ平面上的曲线示意图, Z_{sph} 、 Z_{asph} 分别表示非球面的基础球面(曲率为c)与非球面曲线的截面轮廓线, Z_{sph} 、 Z_{asph} 分别围绕Z轴旋转一周得到相应的球面与非球面。 $|Z_{\text{asph}}|$ 表示5mm直径(半径2.5mm)处非球面曲线 Z_{asph} 在Z轴方向的投影距离, $|Z_{\text{sph}}|$ 表示5mm直径(半径2.5mm)处

非球面的基础球面曲线 Z_{sph} 在Z轴方向的投影距离, Δ 表示5mm直径(半径2.5mm)处非球面曲线在Z轴(光轴)方向的投影距离与非球面的基础球面曲线在Z轴(光轴)方向的投影距离数值之差,在此,可以将 Δ 表述为 $|Z_{asph}|$ 与 $|Z_{sph}|$ 的数值之差, Δ 大小可正可负。

[0050] 根据本发明优选实施例,对于多焦点人工晶状体,在5mm直径处, Δ 的取值范围为-0.0002mm~ -0.1220mm。

[0051] 在此需要说明的是,在本实施例中对光学部的后表面的面形为非球面,光学部的后表面包括提供附加光焦度的衍射环结构或者折射环形光学区带结构的这一种实施方式进行说明,本发明其他实施方式与此方式效果相同,在此不再赘述。

[0052] 以所述多焦点人工晶状体采用非球面设计的光学部表面顶点O为原点建立二维坐标系,所述坐标系的纵坐标轴Y与所述光学部表面相切且通过光学部表面顶点O;所述坐标系的横坐标轴Z平行于光轴AO方向,与纵坐标轴Y呈90°角且通过所述光学部表面顶点O,本发明实施例的非球面的面形在上述二维坐标系平面(YZ)上的曲线满足以下非球面曲线表达式:

[0053]
$$Z(y) = \frac{cy^2}{1+\sqrt{1-(1+Q)c^2y^2}} + \sum_{i=m}^n A_{2i}y^{2i} \dots \dots \dots (1)$$

[0054] 其中 $Z(y)$ 为非球面在二维坐标系平面YZ上的曲线表达式, c 为非球面的基础球面曲率半径的倒数, y 为曲线上任一点距横坐标轴(Z)的垂直距离, A_{2i} 为非球面高次项系数, m, n 均为不小于1的整数且 $n > m$, Q 为非球面系数。由以上公式可见,非球面可被视为基础球面

项 $\frac{cy^2}{1+\sqrt{1-c^2y^2}}$ 在非球面系数 Q 的调制下与非球面高次项系数 $\sum_{i=m}^n A_{2i}y^{2i}$ 的叠加,通过控制非球面高次项系数 A_{2i} 与非球面系数 Q ,控制 $Z(y)$ 偏离球面曲线的程度,从而增加多焦点人工晶状体的焦深,例如,当 A_{2i} 与 Q 同时为0时, $Z(y)$ 表示的曲线为球面曲线,当 A_{2i} 与 Q 不同时为0时, $Z(y)$ 表示的曲线为非球面曲线(具体地,当 A_{2i} 不为0, Q 为0时, $Z(y)$ 表示的曲线为高次非球面曲线),此外,非球面面形上的各点由曲线 $Z(y)$ 通过围绕横坐标轴(Z)进行旋转对称变换而得到。

[0055] 进一步地,本发明实施例的多焦点人工晶状体的附加光焦度可以为+1.7D~+4.5D。

[0056] 为了进一步地的说明本发明的多焦点人工晶状体的技术效果,本实施例提供了如下示例性的面形设计方案及对应的技术效果图。

[0057] 图7是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处, Δ 值为-0.0002mm,对应的晶体球差值为-0.01 μ m,光焦度为+5.0D,附加光焦度+3.0D的全程视力曲线。该多焦点人工晶状体光学部前表面采用非球面设计,后表面为球面设计,衍射环位于后表面,如表2所示为附加光焦度+3.0D对应的衍射环参数(表2中的衍射环参数设计提供+3.0D的附加光焦度)。从图7中可以看出,该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上。此外,图7对应的人工晶状体面形设计参数如表1所示。

[0058]

参数名称	前表面曲率半径/mm	A4	A6	A8	A10	后表面曲率半径/mm	中心厚度/mm	折射率	附加光焦度
参数值	4599.6	8.3556 42E-00 6	2.52234 6E-006	1.2764 08E-00 7	-3.854 782E-0 08	-45.50	0.50	1.56	+3.0D

[0059] 表1:图7对应的多焦点人工晶状体面形设计参数

[0060]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.599
-2	0.847
-3	1.038
-4	1.199
-5	1.340
-6	1.469
-7	1.587
-8	1.697
-9	1.800
-10	1.898
-11	1.991
-12	2.080
-13	2.166
-14	2.248
-15	2.328
-16	2.405
-17	2.480
-18	2.552
-19	2.623
-20	2.692
-21	2.759
-22	2.825
-23	2.889
-24	2.952

[0061] 表2:附加光焦度为+3.0D对应的衍射环参数

[0062] 图8是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处, Δ 值为-0.0022mm, 对应的晶体球差值为-0.01 μ m, 光焦度为+15.0D,

[0063] 附加光焦度+3.0D的全程视力曲线。该多焦点人工晶状体光学部前表面采用非球

面设计,后表面为球面设计,衍射环位于前表面,如表4所示为附加光焦度+3.0D对应的衍射环参数,从图8中可以看出,该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上,图8对应的人工晶状体面形设计参数如表3所示。

[0064]

参数名称	前表面曲率半径/mm	A4	A6	A8	A10	后表面曲率半径/mm	中心厚度/mm	折射率	附加光焦度
参数值	148.490963	-3.732331E-05	-4.355525E-006	-1.845091E-07	4.773469E-008	-15.50	0.50	1.56	+3.0D

[0065] 表3:图8对应的多焦点人工晶状体面形设计参数

[0066]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.590
-2	0.835
-3	1.024
-4	1.183
-5	1.324
-6	1.451
-7	1.569
-8	1.679
-9	1.783
-10	1.881
-11	1.975
-12	2.064
-13	2.151
-14	2.234
-15	2.315
-16	2.393
-17	2.469
-18	2.543
-19	2.615
-20	2.686
-21	2.755
-22	2.823
-23	2.889
-24	2.954

[0067] 表4:附加光焦度为+3.0D对应的衍射环参数

[0068] 图9是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处, Δ 值为-0.0072mm, 晶体球差值为-0.01 μ m, 光焦度为+20.0D, 附加光焦度为+1.70D的全程视力曲线。该多焦点人工晶状体光学部前表面采用非球面设计, 后表面为球面设计, 衍射环位于后表面, 如表6所示为附加光焦度为+1.7D对应的衍射环参数(表6中的衍射环参数设计提供+1.7D的附加光焦度), 从图9中可以看出, 该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上, 图9对应的人工晶状体面形设计参数如表5所示。

[0069]

参数名称	前表面曲率半径/mm	Q值	后表面曲率半径/mm	中心厚度	折射率	附加光焦度
参数值	17.288873	-8.094409	-11.10	0.725	1.48	1.70D

[0070] 表5:图9对应的多焦点人工晶状体面形设计参数

[0071]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.896
-2	1.268
-3	1.554
-4	1.795
-5	2.007
-6	2.200
-7	2.377
-8	2.542
-9	2.697
-10	2.844
-11	2.984

[0072] 表6:附加光焦度为+1.7D对应的衍射环参数

[0073] 图10是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处, Δ 值为-0.0257mm, 晶体球差值为-0.15 μ m, 光焦度为+20.0D, 附加光焦度为+1.70D的全程视力曲线, 该多焦点人工晶状体光学部前表面采用非球面设计, 后表面为球面设计, 衍射环位于后表面, 如表8所示为附加光焦度为+1.7D对应的衍射环参数, 从图10中可以看出, 该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上, 图10对应的人工晶状体面形设计参数如表7所示。

[0074]

参数名称	前表面曲率半径/mm	Q值	后表面曲率半径/mm	中心厚度	折射率	附加光焦度
------	------------	----	------------	------	-----	-------

[0075]

参数值	16.943860	-33.833776	-11.10	0.725	1.48	1.70D
-----	-----------	------------	--------	-------	------	-------

[0076] 表7:图10对应的多焦点人工晶状体面形设计参数

[0077]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.897
-2	1.268
-3	1.554
-4	1.795
-5	2.008
-6	2.200
-7	2.377
-8	2.542
-9	2.698
-10	2.845
-11	2.985

[0078] 表8:附加光焦度为+1.7D对应的衍射环参数

[0079] 图11是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处,前表面的 Δ 值为-0.0050mm,后表面的 Δ 值为-0.0023mm,晶体的球差值为-0.01 μ m,光焦度为+20.0D,附加光焦度为+4.5D的全程视力曲线,该多焦点人工晶状体光学部前表面和后表面均采用非球面设计,且后表面为高次非球面设计,衍射环位于前表面,如表10所示为附加光焦度为+4.5D对应的衍射环参数(表10中的衍射环参数设计提供+4.5D的附加光焦度),从图10中可以看出,该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上,图11对应的人工晶状体面形设计参数如表9所示。

[0080]

参数名称	前表面曲率半径/mm	Q值	后表面曲率半径/mm	A4	A6	A8	A10	中心厚度/mm	折射率	附加光焦度
参数值	17.289983	-5.530697	-11.10	1.077368E-04	-1.268149E-056	-9.034841E-007	2.705608E-007	0.725	1.48	+4.5D

[0081] 表9:图11对应的多焦点人工晶状体面形设计参数

[0082]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.515
-2	0.728
-3	0.892
-4	1.030
-5	1.152

[0083]

-6	1.262
-7	1.363
-8	1.457
-9	1.546
-10	1.630
-11	1.709
-12	1.786
-13	1.859
-14	1.929
-15	1.997
-16	2.063
-17	2.127
-18	2.189
-19	2.249
-20	2.308
-21	2.365
-22	2.421
-23	2.476
-24	2.529
-25	2.582
-26	2.633
-27	2.684
-28	2.733
-29	2.782
-30	2.830
-31	2.877
-32	2.924
-33	2.969

[0084] 表10:附加光焦度为+4.5D对应的衍射环参数

[0085] 图12是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处,前表面的 Δ

值为-0.0092mm,后表面的 Δ 值为-0.0119mm,相应晶体的球差值为-0.15 μ m,光焦度为+20.0D,附加光焦度为+4.5D的全程视力曲线,该多焦点人工晶状体光学部前表面和后表面均采用非球面设计,后表面为高次非球面设计,衍射环位于前表面,如表12所示为附加光焦度为+4.5D对应的衍射环参数,从图12中可以看出,该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上,图12对应的人工晶状体面形设计参数如表11所示。

[0086]

参数名称	前表面曲率半径/mm	前表面Q值	后表面曲率半径/mm	A4	A6	A8	A10	中心厚度/mm	折射率	附加光焦度
参数值	17.441 854	-10.86 5203	-11.10	2.41336 1E-004	1.412932 E-005	2.62039 5E-007	-1.46056 3E-007	0.725	1.4 8	+4.5 D

[0087] 表11:图12对应的多焦点人工晶状体面形设计参数

[0088]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.515
-2	0.728
-3	0.892
-4	1.030
-5	1.152
-6	1.262
-7	1.363
-8	1.458
-9	1.546
-10	1.630
-11	1.710
-12	1.786
-13	1.859
-14	1.930
-15	1.998
-16	2.063
-17	2.127
-18	2.189
-19	2.249
-20	2.308
-21	2.365
-22	2.421
-23	2.476

-24	2.530
-25	2.582
-26	2.634
-27	2.684
-28	2.734
-29	2.783
-30	2.830
-31	2.878
-32	2.924
-33	2.970

[0089] 表12:附加光焦度为+4.5D对应的衍射环参数

[0090] 图13是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处, Δ 值为-0.0420mm,晶体的球差值为-0.15 μ m,光焦度为+26.0D,附加光焦度为+3.0D的全程视力曲线,该多焦点人工晶状体光学部前表面采用球面设计,后表面为高次非球面设计,衍射环位于前表面,如表14所示为附加光焦度为+3.0D对应的衍射环参数,从图13中可以看出,该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上,图13对应的人工晶状体面形设计参数如表13所示。

[0091]

参数	前表面	后表面	A4	A6	A8	A10	中心厚	折射率	附加光
----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

[0092]

名称	曲率半径/mm	曲率半径/mm					度/mm		焦度
参数 值	24.50	-6.127 905	6.9419 42E-00 4	8.803564 E-005	3.38777 5E-006	-1.23360 6E-006	1.10	1.46	+3.0D

[0093] 表13:图13对应的人工晶状体面形设计参数

[0094]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.550
-2	0.779
-3	0.954
-4	1.102
-5	1.233
-6	1.351
-7	1.460
-8	1.562
-9	1.658
-10	1.748

-11	1.835
-12	1.917
-13	1.997
-14	2.073
-15	2.147
-16	2.219
-17	2.288
-18	2.356
-19	2.422
-20	2.486
-21	2.549
-22	2.610
-23	2.671
-24	2.729
-25	2.787
-26	2.844
-27	2.900
-28	2.955

[0095] 表14:附加光焦度为+3.0D对应的衍射环参数

[0096] 图14是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处, Δ 值为-0.0550mm,对应的晶体的球差值为-0.15 μ m,光焦度为+36.0D,附加光焦度为+3.0D的全程视力曲线,该多焦点人工晶状体光学部前表面采用高次非球面设计,后表面为球面,衍射环位于后表面,如表16所示为附加光焦度为+3.0D对应的衍射环参数,从图14中可以看出,该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上,图14对应的人工晶状体面形设计参数如表15所示。

[0097]

参数名称	前表面曲率半径/mm	A4	A6	A8	A10	后表面曲率半径/mm	中心厚度/mm	折射率	附加光焦度
参数值	5.06286 2	-8.126 940E-0 04	-1.05185 1E-004	-5.41460 7E-006	1.16408 2E-006	-11.10	1.35	1.46	+3.0D

[0098] 表15:图14对应的人工晶状体面形设计参数

[0099]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.543
-2	0.770
-3	0.944

-4	1.091
-5	1.222
-6	1.341
-7	1.450
-8	1.552
-9	1.649
-10	1.741
-11	1.829
-12	1.913
-13	1.994
-14	2.073
-15	2.149
-16	2.223
-17	2.295
-18	2.365
-19	2.434
-20	2.501
-21	2.567
-22	2.632
-23	2.696
-24	2.759
-25	2.820
-26	2.881
-27	2.942

[0100] 表16:附加光焦度为+3.0D对应的衍射环参数

[0101] 图15是本发明实施例的多焦点人工晶状体在5mm直径(半径2.5mm)处, Δ 值为-0.12200mm,对应的晶体的球差值为-0.15 μ m,光焦度为+36.0D,附加光焦度为+3.0D的全程视力曲线,该多焦点人工晶状体光学部前表面采用高次非球面设计,后表面为平面,衍射环位于后表面,如表18所示为附加光焦度为+3.0D对应的衍射环参数,从图15中可以看出,该多焦点人工晶状体眼的远距至近距全程视力曲线在0.5以上,图15对应的人工晶状体面形设计参数如表17所示。

[0102]

参数名称	前表面 曲率半 径/mm	A4	A6	A8	A10	后表面 曲率半 径/mm	中心 厚度 /mm	折射 率	附加 光焦 度
参数值	3.6551 04	-1.511304 E-003	-2.38164 4E-004	-1.59457 4E-0056	2.05294 4E-006	Infinity	1.35	1.46	+3.0 D

[0103] 表17:图15对应的人工晶状体面形设计参数

[0104]

衍射环序号	衍射环半径/mm
-1	0.543
-2	0.768
-3	0.941
-4	1.087
-5	1.216
-6	1.333
-7	1.440
-8	1.540
-9	1.635
-10	1.724
-11	1.809
-12	1.891
-13	1.969
-14	2.044
-15	2.117
-16	2.188
-17	2.257
-18	2.323
-19	2.388
-20	2.452
-21	2.514
-22	2.574
-23	2.634
-24	2.692
-25	2.749
-26	2.805
-27	2.860
-28	2.914
-29	2.967

[0105] 表18:附加光焦度为+3.0D对应的衍射环参数

[0106] 综上所述,本发明通过对多焦点人工晶状体远近焦点之间的距离与晶体的非球面进行匹配设计,对多焦点人工晶状体的非球面面形进行控制,扩展焦深,且提供适量的景深,为多焦点人工晶状体远近焦点之间提供中程视力,弥补现有技术的多焦点人工晶状体中程视力的缺失,实现多焦点人工晶状体的远、中、近全程视力,从而提高人工晶状体的全程视力。

[0107] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵

盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

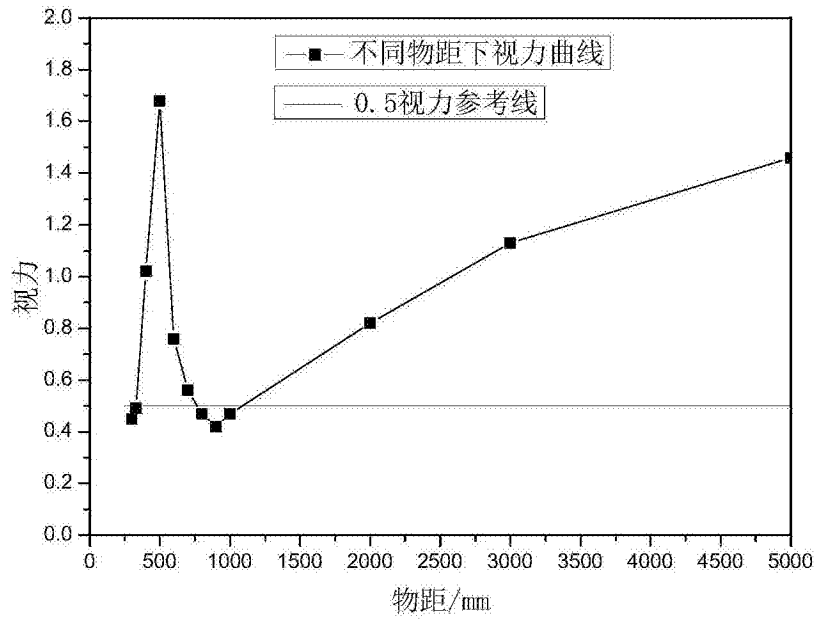


图1

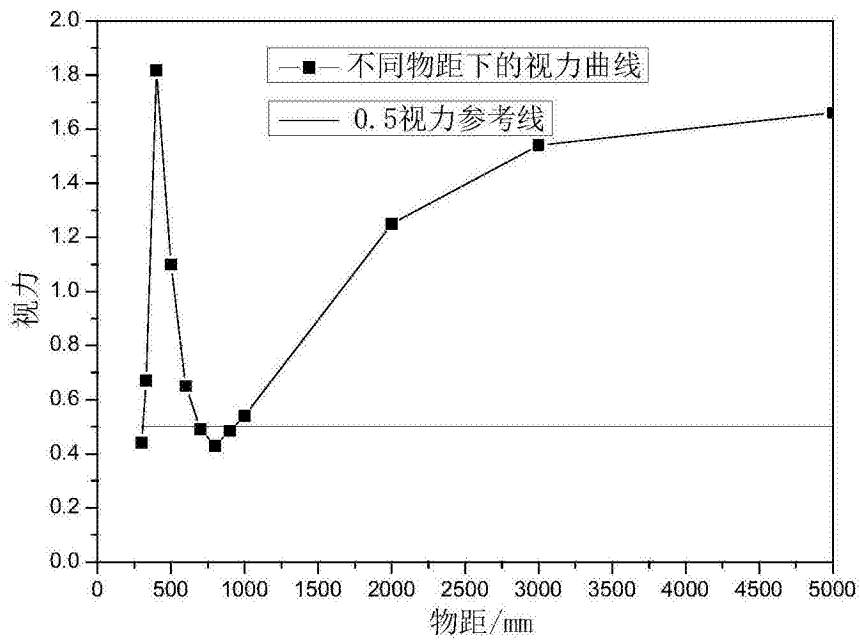


图2

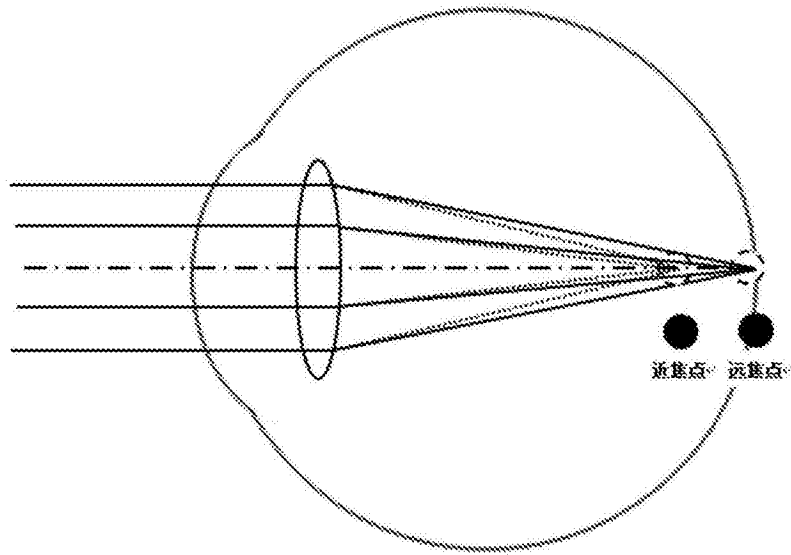


图3

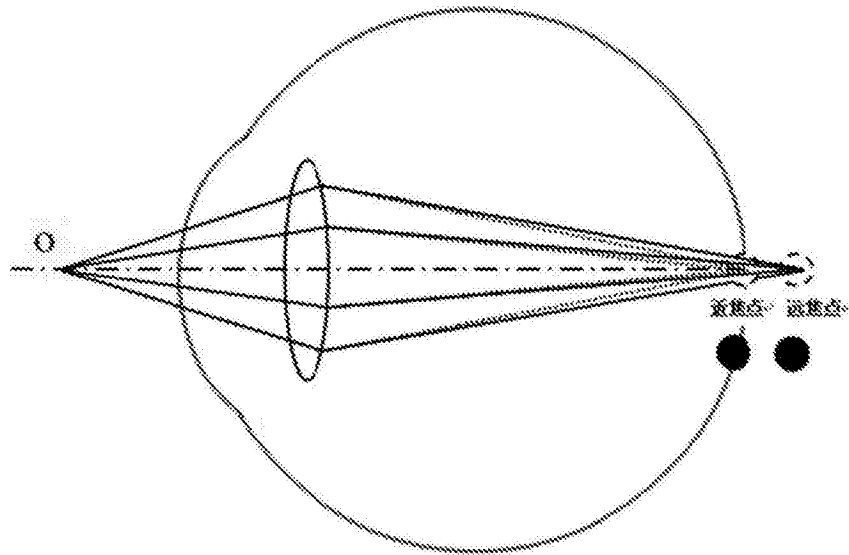


图4

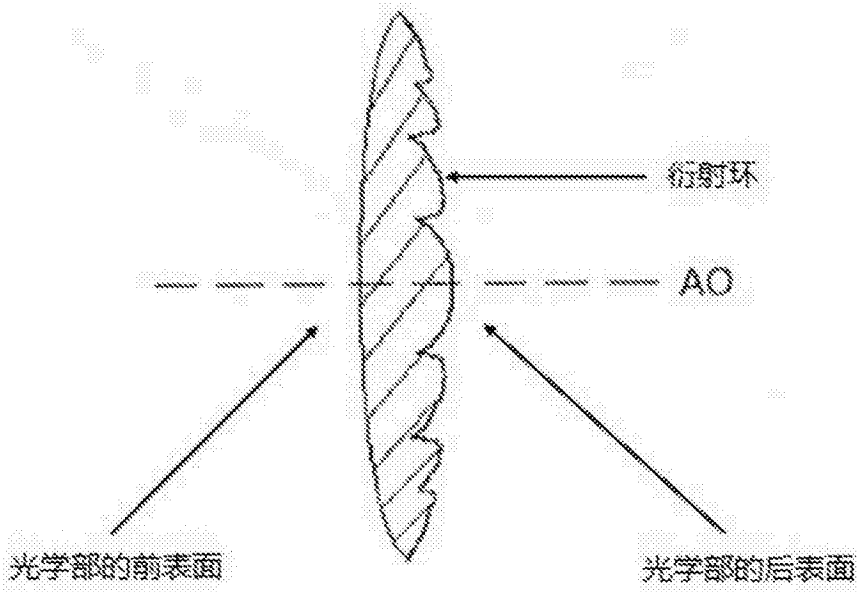


图5

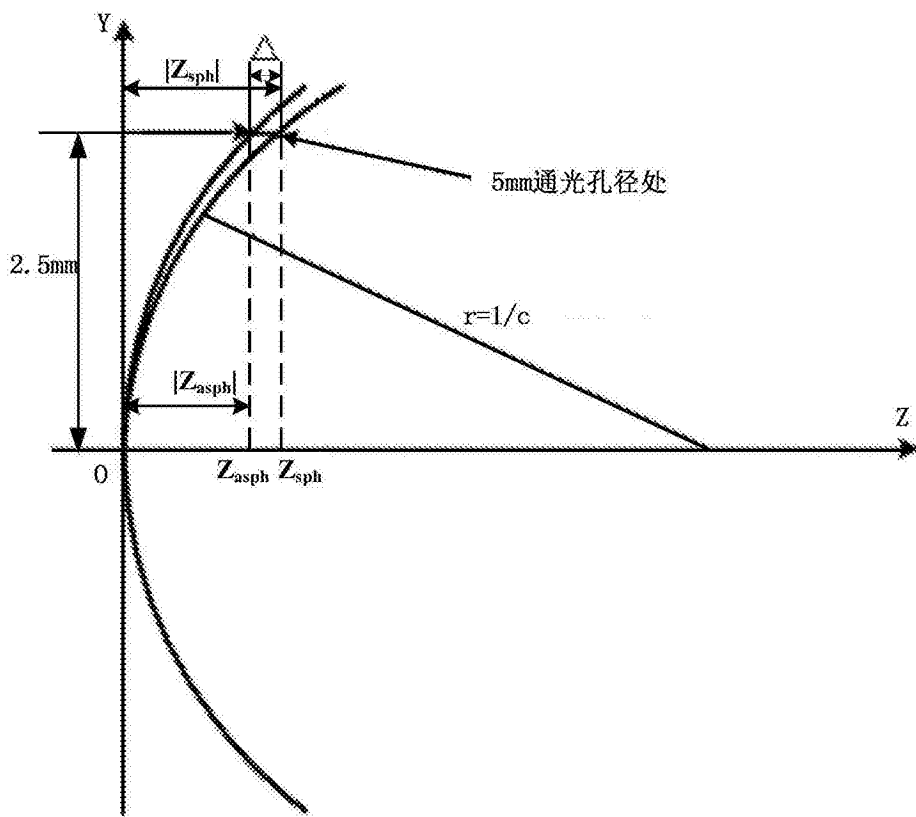


图6

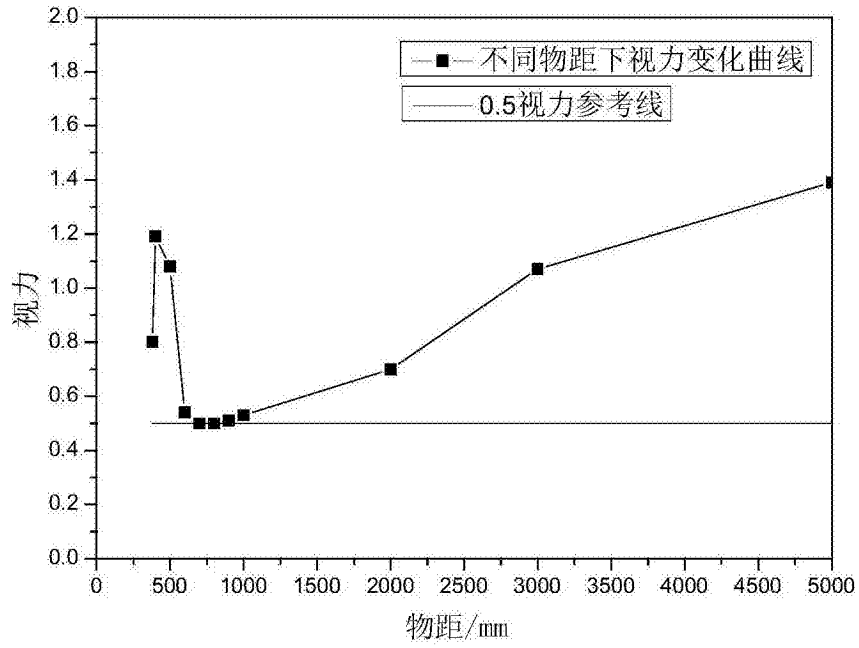


图7

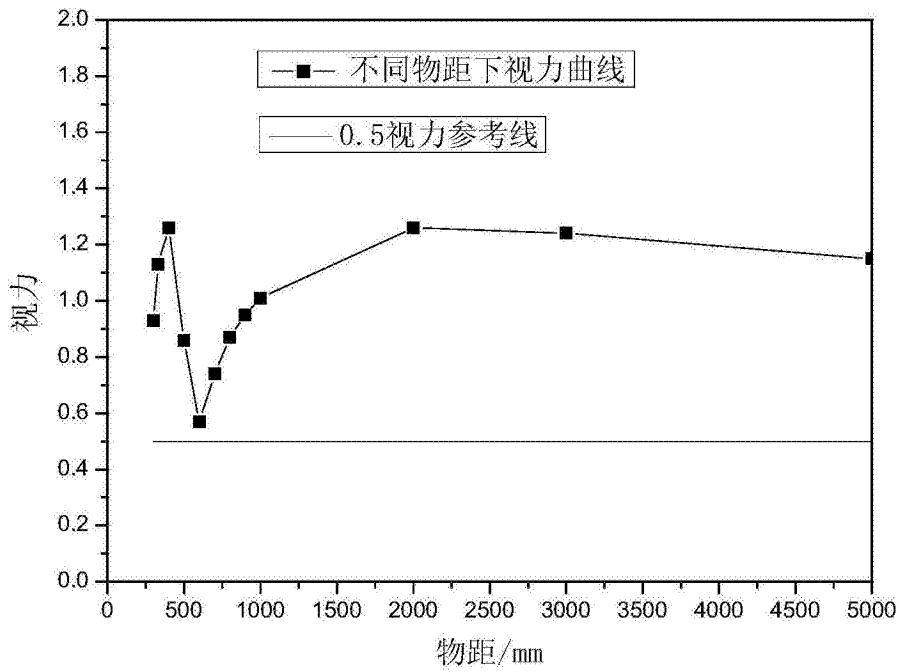


图8

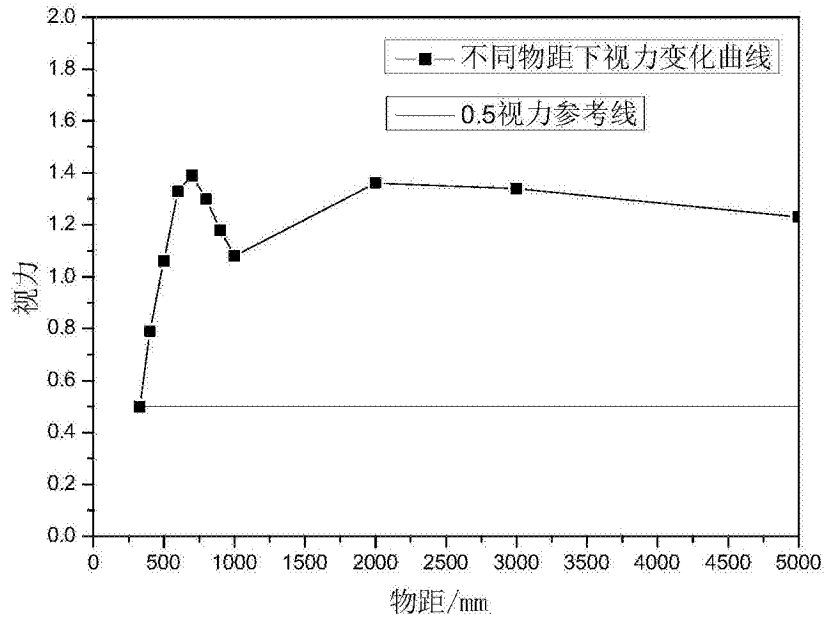


图9

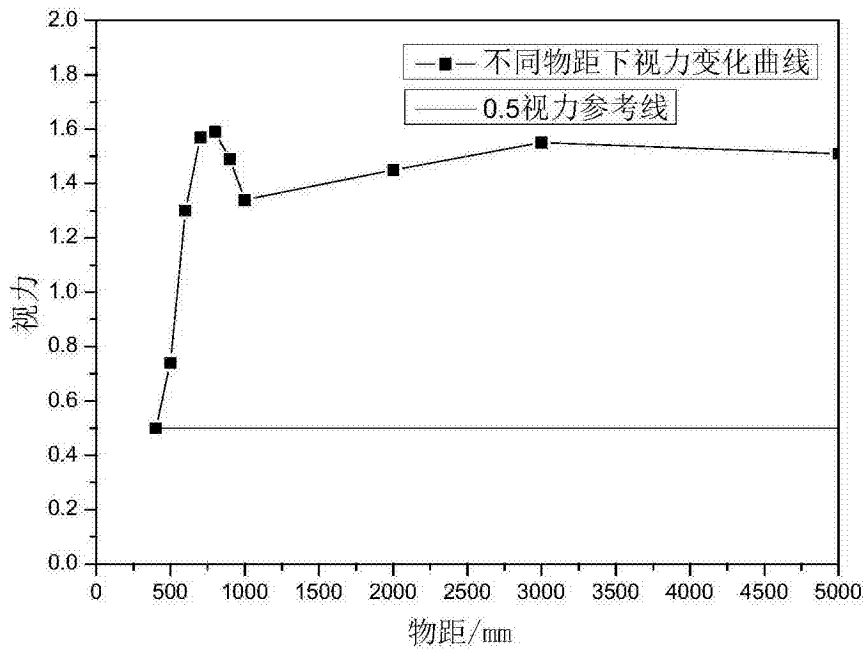


图10

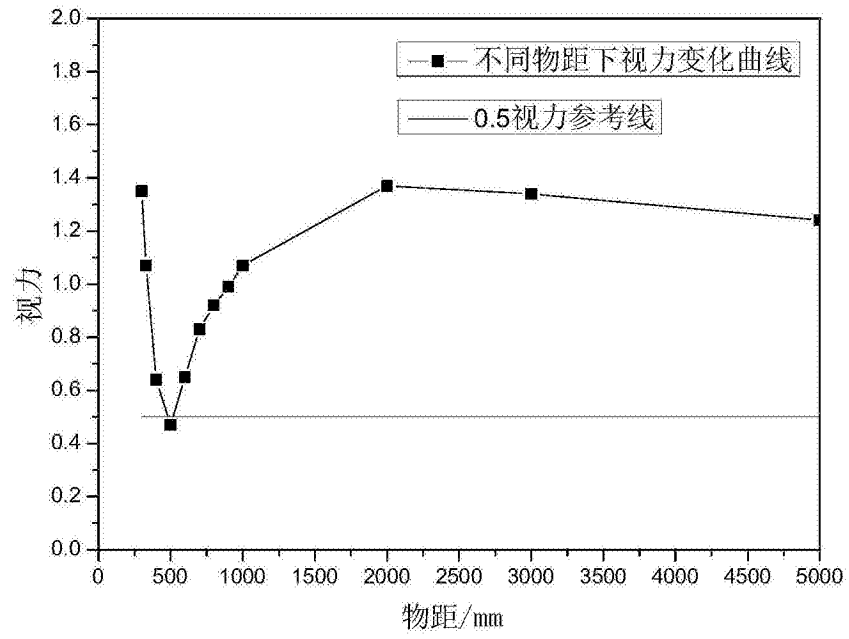


图11

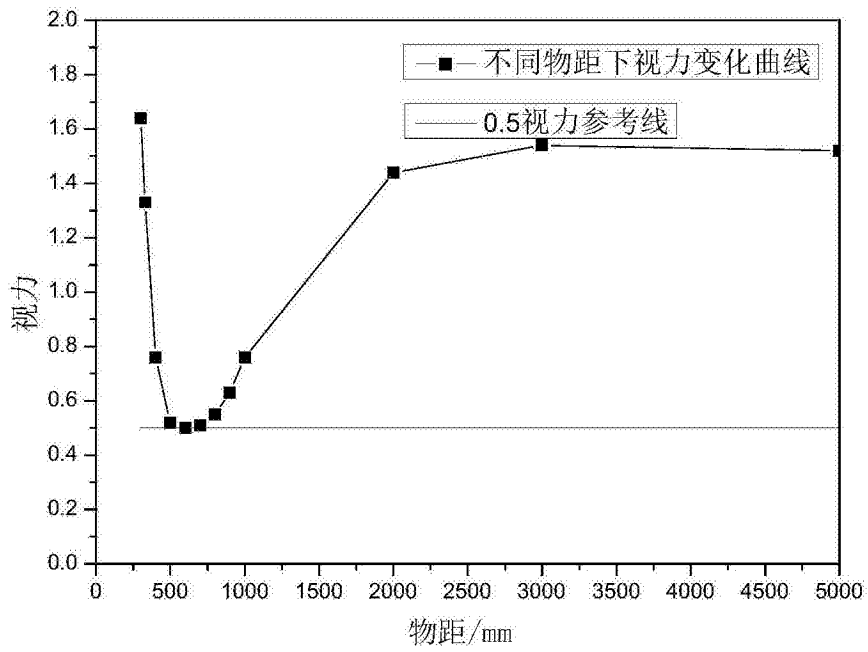


图12

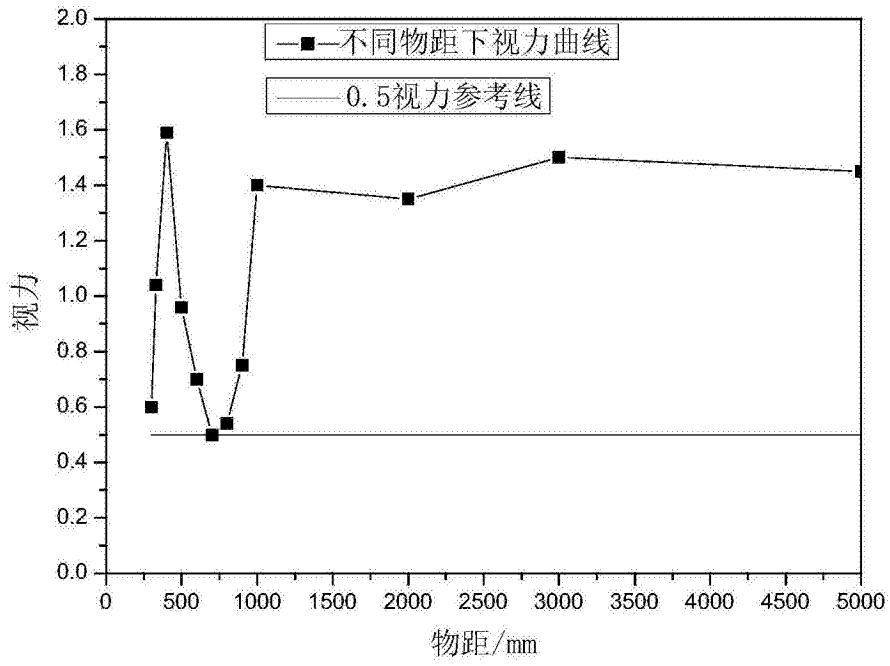


图13

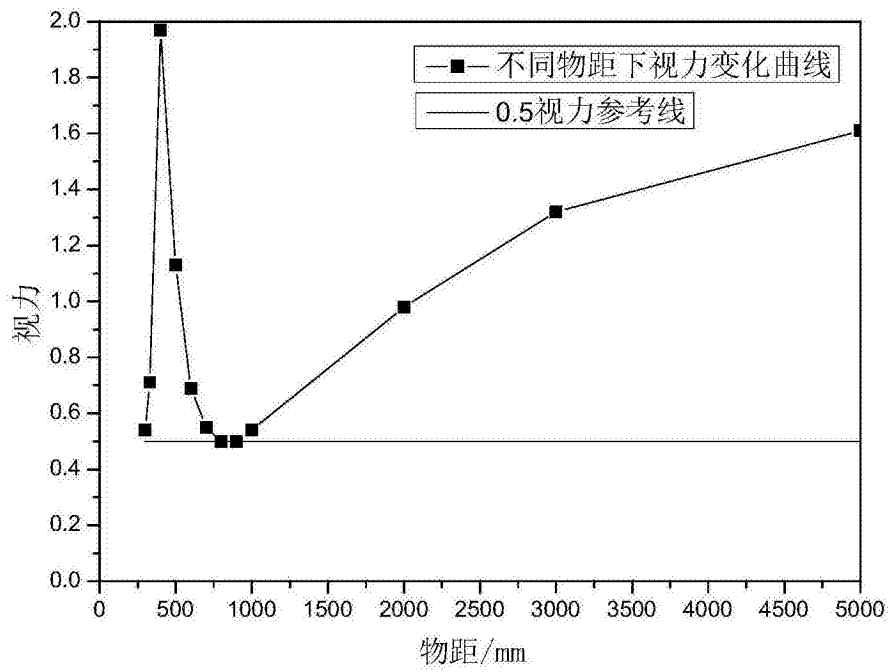


图14

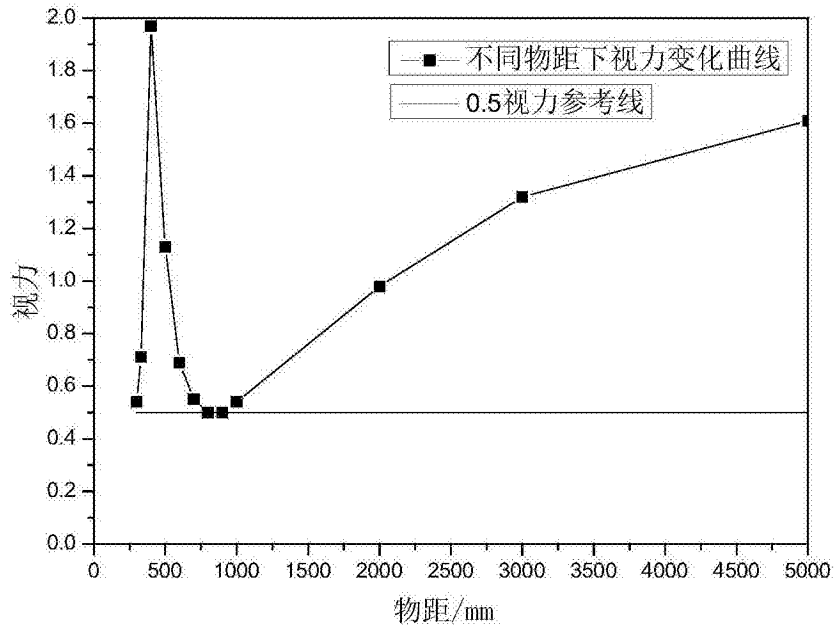


图15