



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112147797 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 18

(21) 申请号 201910566518.4

审查员 黄锦胜

(22) 申请日 2019.06.27

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112147797 A

(43) 申请公布日 2020.12.29

(73) 专利权人 东莞东阳光医疗智能器件研发有限公司

地址 523871 广东省东莞市长安镇上沙社区振安中路368号3号楼3楼301室

(72) 发明人 罗敏 李建霖 曹立 潘显峰

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙) 11201

专利代理师 黄德海

(51) Int. Cl.

G02C 7/06 (2006.01)

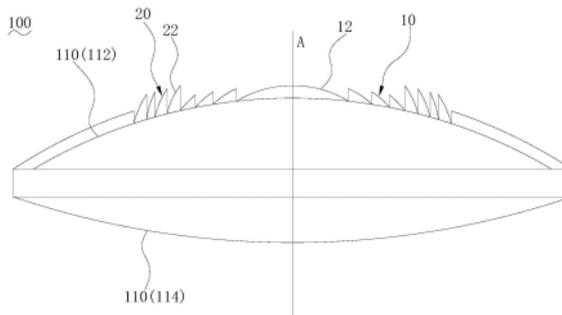
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

眼科透镜

(57) 摘要

本发明公开了一种眼科透镜。眼科透镜的至少一个光学面设有至少一个第一衍射结构和至少一个第二衍射结构,第一衍射结构包括至少一个第一衍射单元,第二衍射结构包括至少一个第二衍射单元,每个第一衍射单元内的相位差等于 2π ,每个第二衍射单元内的相位差等于 4π 。本发明实施方式的眼科透镜中,第一衍射结构中每个第一衍射单元内的相位差为 2π ,设计波长光线聚焦于+1阶衍射焦点,第二衍射结构中每个第二衍射单元内的相位差为 4π ,设计波长光线聚焦于+2阶衍射焦点,均避免了高阶衍射能量的损失,提高了视觉质量。



1. 一种眼科透镜,其特征在於,所述眼科透镜的至少一个光学面设有至少一个第一衍射结构和至少一个第二衍射结构,所述第一衍射结构包括至少一个第一衍射单元,所述第二衍射结构包括至少一个第二衍射单元,每个所述第一衍射单元内的相位差等于 2π ,每个所述第二衍射单元内的相位差等于 4π ;

所述第一衍射结构的+1阶衍射光焦度与所述第二衍射结构的+1阶衍射光焦度的最小整数比为M:N,每个所述第一衍射结构包括的所述第一衍射单元的数量为M的整数倍,每个所述第二衍射结构包括的所述第二衍射单元的数量为N的整数倍;

所述眼科透镜包括多个所述第一衍射结构和多个所述第二衍射结构,所述第一衍射结构与所述第二衍射结构交替排布;

在第一口径范围内,所述第一衍射单元与所述第二衍射单元自所述眼科透镜的光轴向外排布为 $2M:N:M:2N:M:N$, $M:N:2M:N:M:2N$, $2N:M:N:2M:N:M$ 或 $N:M:2N:M:N:2M$ 。

2. 根据权利要求1所述的眼科透镜,其特征在於,所述第一衍射结构的+1阶衍射光焦度不同于所述第二衍射结构的+2阶衍射光焦度。

3. 根据权利要求1所述的眼科透镜,其特征在於,所述第二衍射结构的+1阶衍射光焦度等于所述第二衍射结构的+2阶衍射光焦度的一半。

4. 根据权利要求1所述的眼科透镜,其特征在於,所述第一衍射结构形成有+1阶衍射焦点,所述第二衍射结构形成有+2阶衍射焦点。

5. 根据权利要求1所述的眼科透镜,其特征在於,在第二口径范围内,所述第一衍射单元与所述第二衍射单元自所述眼科透镜的光轴向外排布为M:N。

6. 根据权利要求5所述的眼科透镜,其特征在於,所述第一衍射结构形成有+1阶衍射焦点,所述第二衍射结构形成有+2阶衍射焦点,所述第一衍射结构与所述第二衍射结构干涉形成视中焦点,所述视中焦点的光焦度介于所述+1阶衍射焦点的光焦度与所述+2阶衍射焦点的光焦度之间。

7. 根据权利要求1所述的眼科透镜,其特征在於,所述眼科透镜表现为单焦点,所述第一衍射单元与所述第二衍射单元自所述眼科透镜的光轴向外排布为M:N。

8. 根据权利要求7所述的眼科透镜,其特征在於,所述第一衍射结构形成有+1阶衍射焦点,所述第二衍射结构形成有+2阶衍射焦点,所述第一衍射结构与所述第二衍射结构干涉形成有第三个焦点,所述+1阶衍射焦点、所述+2阶衍射焦点与所述第三个焦点融合成所述单焦点。

9. 根据权利要求8所述的眼科透镜,其特征在於,所述+1阶衍射焦点的光焦度与所述+2阶衍射焦点的光焦度的差异小于2.0D,所述第三个焦点的光焦度等于所述+1阶衍射焦点的光焦度与所述+2阶衍射焦点的光焦度之和的一半。

10. 根据权利要求1所述的眼科透镜,其特征在於,所述眼科透镜形成有双焦点,所述第一衍射单元与所述第二衍射单元自所述眼科透镜的光轴向外排布为 $2M:2N$ 。

11. 根据权利要求10所述的眼科透镜,其特征在於,所述第一衍射结构形成有+1阶衍射焦点,所述第二衍射结构形成有+2阶衍射焦点,多个所述第一衍射结构干涉使所述+1阶衍射焦点的焦深增加,多个所述第二衍射结构干涉使所述+2阶衍射焦点的焦深增加。

眼科透镜

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗器械领域,更具体而言,涉及一种眼科透镜。

背景技术

[0002] 衍射型眼科透镜的衍射结构利用不同衍射阶次实现光线在不同焦点汇聚。在相关技术的衍射型眼科透镜中,成像使用的是0阶和+1阶衍射焦点,而更高阶次的衍射焦点不能被利用。因此,通过衍射汇聚在更高阶次的光线不能被有效利用,造成能量损耗,损耗大致为13%到18%。能量的损耗会导致眼科透镜的成像质量下降。

发明内容

[0003] 本发明提供一种眼科透镜。

[0004] 本发明实施方式的眼科透镜的至少一个光学面设有至少一个第一衍射结构和至少一个第二衍射结构,所述第一衍射结构包括至少一个第一衍射单元,所述第二衍射结构包括至少一个第二衍射单元,每个所述第一衍射单元内的相位差等于 2π ,每个所述第二衍射单元内的相位差等于 4π 。

[0005] 本发明实施方式的眼科透镜中,第一衍射结构中每个第一衍射单元内的相位差为 2π ,设计波长光线聚焦于+1阶衍射焦点,第二衍射结构中每个第二衍射单元内的相位差为 4π ,设计波长光线聚焦于+2阶衍射焦点,均避免了高阶衍射能量的损失,提高了视觉质量。

[0006] 在某些实施方式中,所述第一衍射结构的+1阶衍射光焦度不同于所述第二衍射结构的+2阶衍射光焦度。

[0007] 在某些实施方式中,所述第二衍射结构的+1阶衍射光焦度等于所述第二衍射结构的+2阶衍射光焦度的一半。

[0008] 在某些实施方式中,所述第一衍射结构的+1阶衍射光焦度与所述第二衍射结构的+1阶衍射光焦度的最小整数比为M:N,每个所述第一衍射结构包括的所述第一衍射单元的数量为M的整数倍,每个所述第二衍射结构包括的所述第二衍射单元的数量为N的整数倍。

[0009] 在某些实施方式中,所述眼科透镜包括多个所述第一衍射结构和多个所述第二衍射结构,所述第一衍射结构与所述第二衍射结构交替排布。

[0010] 在某些实施方式中,在第一口径范围内,所述第一衍射单元与所述第二衍射单元自所述眼科透镜的光轴向外排布为 $2M:N:M:2N:M:N$, $M:N:2M:N:M:2N$, $2N:M:N:2M:N:M$ 或 $N:M:2N:M:N:2M$ 。

[0011] 在某些实施方式中,所述第一衍射结构形成有+1阶衍射焦点,所述第二衍射结构形成有+2阶衍射焦点。

[0012] 在某些实施方式中,在第二口径范围内,所述第一衍射单元与所述第二衍射单元自所述眼科透镜的光轴向外排布为M:N。

[0013] 在某些实施方式中,所述第一衍射结构形成有+1阶衍射焦点,所述第二衍射结构形成有+2阶衍射焦点,所述第一衍射结构与所述第二衍射结构干涉形成视中焦点,所述视

中焦点的光焦度介于所述+1阶衍射焦点的光焦度与所述+2阶衍射焦点的光焦度之间。

[0014] 在某些实施方式中,所述眼科透镜表现为单焦点,所述第一衍射单元与所述第二衍射单元自所述眼科透镜的光轴向外排布为M:N。

[0015] 在某些实施方式中,所述第一衍射结构形成有+1阶衍射焦点,所述第二衍射结构形成有+2阶衍射焦点,所述第一衍射结构与所述第二衍射结构干涉形成有第三个焦点,所述+1阶衍射焦点、所述+2阶衍射焦点与所述第三个焦点融合成所述单焦点。

[0016] 在某些实施方式中,所述+1阶衍射焦点的光焦度与所述+2阶衍射焦点的光焦度的差异小于2.0D,所述第三个焦点的光焦度等于所述+1阶衍射焦点的光焦度与所述+2阶衍射焦点的光焦度之和的一半。

[0017] 在某些实施方式中,所述眼科透镜形成有双焦点,所述第一衍射单元与所述第二衍射单元自所述眼科透镜的光轴向外排布为2M:2N。

[0018] 在某些实施方式中,所述第一衍射结构形成有+1阶衍射焦点,所述第二衍射结构形成有+2阶衍射焦点,多个所述第一衍射结构干涉使所述+1阶衍射焦点的焦深增加,多个所述第二衍射结构干涉使所述+2阶衍射焦点的焦深增加。

[0019] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0020] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施方式的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0021] 图1是本发明实施方式的眼科透镜的结构示意图;

[0022] 图2是图1从衍射光学面中分离出的第一衍射结构和第二衍射结构的排布示意图;

[0023] 图3是本发明实施方式的眼科透镜的初始相位图;

[0024] 图4是对图3的眼科透镜进行相移后的相位图;

[0025] 图5-图8是本发明实施方式的第一衍射结构和第二衍射结构的排布示意图。

具体实施方式

[0026] 下面详细描述本发明的实施方式,所述实施方式的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施方式是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0027] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个所述特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0028] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接或可以相互通信;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0029] 下文的公开提供了许多不同的实施方式或例子用来实现本发明的不同结构。为了简化本发明的公开,下文中对特定例子的部件和设定进行描述。当然,它们仅仅为示例,并且目的不在于限制本发明。此外,本发明可以在不同例子中重复参考数字和/或参考字母,这种重复是为了简化和清楚的目的,其本身不指示所讨论各种实施方式和/或设定之间的关系。此外,本发明提供了的各种特定的工艺和材料的例子,但是本领域普通技术人员可以意识到其他工艺的应用和/或其他材料的使用。

[0030] 请参阅图1和图2,本发明实施方式提供一种眼科透镜100。眼科透镜100的至少一个光学面110设有至少一个第一衍射结构10和至少一个第二衍射结构20。第一衍射结构10包括至少一个第一衍射单元12,第二衍射结构20包括至少一个第二衍射单元22。每个第一衍射单元12内的相位差等于 2π ,每个第二衍射单元22内的相位差等于 4π 。

[0031] 本发明实施方式的眼科透镜100中,第一衍射结构10中每个第一衍射单元12内的相位差为 2π ,设计波长光线聚焦于+1阶衍射焦点,第二衍射结构20中每个第二衍射单元22内的相位差为 4π ,设计波长光线聚焦于+2阶衍射焦点,均避免了高阶衍射能量的损失,提高了视觉质量。

[0032] 具体地,眼科透镜100包括位于相背两侧的第一光学面112和第二光学面114。眼科透镜100的至少一个光学面110设有至少一个第一衍射结构10和至少一个第二衍射结构20,也即是说,第一光学面112或第二光学面114设有第一衍射结构10和第二衍射结构20,或者,第一光学面112和第二光学面114均设有第一衍射结构10和第二衍射结构20。在图示的实施方式中,第一光学面112具有第一衍射结构10和第二衍射结构20。

[0033] 可以理解,每个第一衍射单元12内的相位差等于 2π ,即第一衍射结构10中的第一衍射单元12内的高度差 H_1 导致平行于光轴A入射的设计波长光线(如546纳米)的光程差等于该入射光线的的一个波长。第一衍射结构10依靠+1阶衍射形成+1阶衍射焦点。对第一衍射单元12的透镜分析,设计波长光线100%汇聚于+1阶衍射焦点,设计波长光线无能量损失。每个第二衍射单元22内的相位差等于 4π ,即第二衍射结构20中的第二衍射单元22内的高度差 H_2 导致平行于光轴A入射的设计波长光线(如546纳米)的光程差等于该入射光线的两个波长。第二衍射结构20依靠+2阶衍射形成+2阶衍射焦点。对第二衍射单元22的透镜分析,设计波长光线100%汇聚于+2阶衍射焦点,设计波长光线无能量损失。因此,本发明的眼科透镜100有利于改善成像质量,即提高了视觉质量。

[0034] 在本发明中,单一的第一衍射结构10会形成+1阶衍射焦点,不会形成+2阶及更高阶的衍射焦点;单一的第二衍射结构20会形成+2阶衍射焦点,不会形成+3阶及更高阶的衍射焦点。第一衍射结构10和第二衍射结构20的组合,可能通过干涉形成其他衍射焦点。

[0035] 衍射单元包括第一衍射单元12和第二衍射单元22。衍射单元内的高度差,指的是,衍射单元内从最高点到最低点的高度差。第一衍射结构10的所有第一衍射单元12内的高度差 H_1 相等,第二衍射结构20的所有第二衍射单元22内的高度差 H_2 也相等。衍射单元内的高度差,导致光波传播延迟,当最高点与最低点的高度差刚好使光线传播减慢一个设计波长时,则相位差为 2π ;当最高点与最低点的高度差刚好使光线传播减慢两个设计波长时,则相位差为 4π 。

[0036] 可以理解,在本发明中,衍射单元包括第一衍射单元12和第二衍射单元22。衍射单元之间存在衍射台阶以将相邻的衍射单元分隔开。衍射台阶包括第一衍射台阶14和第二衍射台阶16。

射台阶24。具体地,相邻两个第一衍射单元12之间存在第一衍射台阶14,相邻两个第二衍射单元22之间存在第二衍射台阶24,相邻的第一衍射单元12和第二衍射单元22之间存在第一衍射台阶14或第二衍射台阶24。

[0037] 需要说明的是,光学面110设有第一衍射结构10和第二衍射结构20,形成衍射光学面。衍射光学面可以看成是基础非球面/球面(光学面110)与第一衍射结构10和第二衍射结构20组合而成。在本发明中,将第一衍射结构10和第二衍射结构20从衍射光学面中分离出来讨论。由于光学面110是弧形的,其基础非球面/球面本身就有高度差。因此,图1所示的高度差是衍射单元内的高度差与基础非球面/球面本身高度差的和。衍射单元内的高度差为图2分离出的衍射结构所示的衍射单元内的高度差。

[0038] 在某些实施方式中,第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 不同于第二衍射结构20的+2阶衍射光焦距 D_2 。

[0039] 可以理解,第一衍射结构10形成有+1阶衍射焦点,第二衍射结构20形成有+2阶衍射焦点。第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 ,指的是,第一衍射结构10的+1阶衍射焦点的光焦距 D_1 。第二衍射结构20的+2阶衍射光焦距 D_2 ,指的是,第二衍射结构20的+2阶衍射焦点的光焦距 D_2 。第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 不同于第二衍射结构20的+2阶衍射光焦距 D_2 ,使得眼科透镜100可以形成至少两个焦点。

[0040] 在某些实施方式中,第二衍射结构20的+1阶衍射光焦距B等于第二衍射结构20的+2阶衍射光焦距的一半 D_2 ,即 $B=D_2/2$ 。

[0041] 可以理解,第二衍射结构20的+1阶衍射光焦距B可以与第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 相等或不相等。对于第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 与第二衍射结构20的+1阶衍射光焦距B相等的情况,衍射结构更加容易设计,第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 也等于第二衍射结构20的+2阶衍射光焦距 D_2 的一半。

[0042] 在某些实施方式中,第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 与第二衍射结构20的+1阶衍射光焦距B的最小整数比为M:N,每个第一衍射结构10包括的第一衍射单元12的数量为M的整数倍,每个第二衍射结构20包括的第二衍射单元22的数量为N的整数倍。

[0043] 如此,根据M确定每个第一衍射结构10中第一衍射单元12的数量及根据N确定每个第二衍射结构20中第二衍射单元22的数量。第一衍射单元12的数量及第二衍射单元22的数量与第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 及第二衍射结构20的+1阶衍射光焦距B相关。第一衍射单元12的数量及第二衍射单元22的数量与第一衍射结构10的+1阶衍射光焦距 D_1 及第二衍射结构20的+1阶衍射光焦距B符合如下关系, $M:N=D_1:B$ 。其中,M和N可以相等,也可以不相等。

[0044] 对第一衍射单元12和第二衍射单元22进行不同的排列分布,可以形成不同光学特性的眼科透镜100。根据第一衍射单元12和第二衍射单元22的数量差异,可以调节在不同焦点的能量分布。根据第一衍射单元12和第二衍射单元22在光学面110的位置,可以调节不同口径出现不同衍射焦点。

[0045] 在某些实施方式中,眼科透镜100包括多个第一衍射结构10和多个第二衍射结构20。第一衍射结构10与第二衍射结构20交替排布。

[0046] 如此,第一衍射结构10和第二衍射结构20交替排布在光学面110,形成衍射光学面。

[0047] 在某些实施方式中,在第一口径范围内,第一衍射单元12与第二衍射单元22自眼科透镜100的光轴A向外排布为 $2M:N:M:2N:M:N, M:N:2M:N:M:2N, 2N:M:N:2M:N:M$ 或 $N:M:2N:M:N:2M$ 。

[0048] 可以理解,眼科透镜100包括交替排布的多个第一衍射结构10和多个第二衍射结构20。其中,第一衍射单元12的数量与第二衍射单元22的数量可以按 $2M:N:M:2N:M:N, M:N:2M:N:M:2N, 2N:M:N:2M:N:M$ 或 $N:M:2N:M:N:2M$ 自眼科透镜100的光轴A向外排布。

[0049] 本实施方式中,在第一口径范围的衍射区间内,第一衍射结构10形成有+1阶衍射焦点,第二衍射结构20形成有+2阶衍射焦点。通过第一衍射结构10与第二衍射结构20形成两个焦点,第一衍射结构10将光线汇聚于+1阶衍射焦点,第二衍射结构20将光线汇聚于+2阶衍射焦点,使设计波长光线完全聚焦于两个焦点,无能量损失,从而提高视觉质量。理论上第一衍射结构10和第二衍射结构20形成双焦点,但当第一衍射结构10及第二衍射结构20与非球面/球面结构组合形成眼科透镜100时,由于眼科透镜100的球差等因素的影响,眼科透镜100将表现为三焦点,第三个焦点位于第一衍射结构10和第二衍射结构20所形成的两个焦点之间,可以形成有效的视中焦点。

[0050] 进一步地,在与该衍射区间相连的区域可以设置第一衍射结构10、第二衍射结构20、焦距等于视远焦点的折射结构或其他衍射结构。

[0051] 在某些实施方式中,在第二口径范围内,第一衍射单元12与第二衍射单元22自眼科透镜100的光轴A向外排布为 $M:N$ 。

[0052] 可以理解,眼科透镜100包括交替排布的多个第一衍射结构10和多个第二衍射结构20。其中,第一衍射单元12的数量与第二衍射单元22的数量可以按 $M:N$ 重复自眼科透镜100的光轴A向外排布。

[0053] 本实施方式中,在第二口径范围的衍射区间内,第一衍射结构10形成有+1阶衍射焦点,第二衍射结构20形成有+2阶衍射焦点,第一衍射结构10与第二衍射结构20干涉形成视中焦点。视中焦点的光焦度介于+1阶衍射焦点的光焦度与+2阶衍射焦点的光焦度之间。如此,使设计波长光线完全聚焦于三个焦点,无能量损失,从而提高视觉质量。

[0054] 进一步地,在与该衍射区间相连的区域可以设置第一衍射结构10、第二衍射结构20、焦距等于视远焦点的折射结构或其他衍射结构。

[0055] 需要说明的是,在本发明中,口径(如第一口径、第二口径),表示在眼科透镜100的光学面范围内的任意一个以光学中心为圆心的圆形区域的直径或者环形区域的直径范围。其中,第一口径、第二口径可以单独存在于眼科透镜100的光学面上,或者第一口径及第二口径组合存在于眼科透镜100的光学面上。当第一口径及第二口径组合存在于眼科透镜100的光学面时,第二口径位于第一口径之外的圆环的直径范围。

[0056] 在某些实施方式中,眼科透镜100表现为单焦点,第一衍射单元12与第二衍射单元22自眼科透镜100的光轴A向外排布为 $M:N$ 。

[0057] 可以理解,眼科透镜100包括交替排布的多个第一衍射结构10和多个第二衍射结构20。其中,第一衍射单元12的数量与第二衍射单元22的数量可以按 $M:N$ 重复自眼科透镜100的光轴A向外排布。

[0058] 本实施方式中,在衍射区间内,第一衍射结构10形成有+1阶衍射焦点,第二衍射结构20形成有+2阶衍射焦点,第一衍射结构10与第二衍射结构20干涉形成有第三个焦点。+1

阶衍射焦点、+2阶衍射焦点与第三个焦点融合成单焦点。+1阶衍射焦点的光焦度 D_1 与+2阶衍射焦点的光焦度 D_2 的差异小于 $2.0D$ ，第三个焦点的光焦度等于+1阶衍射焦点的光焦度 D_1 与+2阶衍射焦点的光焦度 D_2 之和的一半，即 $(D_1+D_2)/2$ 。由于 D_2 与 D_1 的差异小于 $2.0D$ ，三个焦点可以融合成一个焦深更大的单焦点。如此，使设计波长光线完全聚焦于焦深更大的单焦点，无能量损失，从而提高视觉质量。

[0059] 进一步地，在与该衍射区间相连的区域可以设置第一衍射结构10、第二衍射结构20、焦距等于视远焦点的折射结构或其他衍射结构。

[0060] 在某些实施方式中，眼科透镜100形成有双焦点，第一衍射单元12与第二衍射单元22自眼科透镜100的光轴A向外排布为 $2M:2N$ 。

[0061] 可以理解，眼科透镜100包括交替排布的多个第一衍射结构10和多个第二衍射结构20。其中，第一衍射单元12的数量与第二衍射单元22的数量可以按 $2M:2N$ 重复自眼科透镜100的光轴A向外排布。

[0062] 本实施方式中，在衍射区间内，第一衍射结构10形成有+1阶衍射焦点，第二衍射结构20形成有+2阶衍射焦点，多个第一衍射结构10干涉使+1阶衍射焦点的焦深增加，多个第二衍射结构20干涉使+2阶衍射焦点的焦深增加。具体地，第一衍射结构10将光线汇聚于+1阶次衍射焦点，第二衍射结构20将光线汇聚于+2阶次衍射焦点。由于多个第一衍射结构10干涉的影响，在+1阶衍射焦点的两边形成两个新的焦点，但两个新的焦点与+1阶衍射焦点接近，从而表现为一个焦深增加的焦点。由于多个第二衍射结构20干涉的影响，在+2阶次衍射焦点的两边形成两个新的焦点，但两个新的焦点与+2阶次衍射焦点接近，从而表现为一个焦深增加的焦点。如此，使设计波长光线完全聚焦于表现出的这两个焦点，无能量损失，从而提高视觉质量。

[0063] 进一步地，在与该衍射区间相连的区域可以设置第一衍射结构10、第二衍射结构20、焦距等于视远焦点的折射结构或其他衍射结构。

[0064] 下面以具体实施例对本发明实施方式的眼科透镜100进行说明。

[0065] 衍射结构(第一衍射结构10及第二衍射结构20)的设计:

[0066] (1) 首先确定 q 值， q 值为衍射单元内高度差导致的设计波长的光程差与设计波长的比值， q 值决定了能量在各焦点的分布。第一衍射结构10的 $q=1$ ，第二衍射结构20的 $q=2$ 。

[0067] (2) 确定光线可有效利用的衍射阶次: 第一衍射结构10的第一衍射单元12， $q=1$ ，衍射阶次 $m=1$ ，第二衍射结构20的第二衍射单元22， $q=2$ ，衍射阶次 $m=2$ 。

[0068] 第 m 阶衍射焦点的光焦度为 D_m ，第1阶衍射焦点的光焦度 $D_1=D_m/m$ 。

[0069] 在眼科透镜110中，振幅传递函数可以用以下傅利叶级数函数表示为:

$$[0070] \quad t(r) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \exp[-i\pi(\alpha p - m)] \times \sin c(\alpha p - m) \exp\left(-\frac{i\pi m r^2}{p\lambda_0 F_0}\right)$$

[0071] 其中， p 表示设计波长相位差为 2π 的倍数， m 表示衍射阶次， r 表示衍射结构中某点到光学中心的距离， λ_0 表示设计波长， F_0 表示设计波长的衍射焦距。 α 表示波长影响因素，即波长与设计波长不相等时对振幅的影响，如下:

$$[0072] \quad \alpha = \frac{\lambda_0}{\lambda} \left[\frac{n(\lambda) - 1}{n(\lambda_0) - 1} \right]$$

[0073] 其中, λ 表示波长, λ_0 表示设计波长, $n(\lambda_0)$ 表示透镜对设计波长的折光率, $n(\lambda)$ 表示透镜对波长的折光率。

[0074] 对于衍射结构第 m 阶次衍射能量可通过 $t(r)$ 的傅利叶系数的平方获得, 如下:

$$[0075] \quad \eta_m = \sin^2(\alpha p = m)$$

[0076] (3) 确定衍射台阶的位置 r_n :

$$[0077] \quad r_n = \sqrt{2n\lambda_0 f_1} = \sqrt{2000n\lambda_0 m / D_m}$$

[0078] 其中, n 表示第 n 个衍射台阶的位置 (自眼科透镜 100 的光轴 A 开始, 半口径), λ_0 表示设计波长, D_m 表示第 m 阶的附加衍射度数, f_1 表示 +1 阶衍射附加焦点的焦距: $f_1 = 1000 / (D_m / m)$ 。第 m 阶衍射附加焦点的焦距为: $f_m = f_1 / m$ 。

[0079] 衍射单元内的高度差以及衍射台阶的高度:

$$[0080] \quad h = \frac{q\lambda_0}{n(\lambda_0) - n_m}$$

[0081] 其中, 第一衍射结构 10 的 $q=1$, 第二衍射结构 20 的 $q=2$, λ_0 表示设计波长, $n(\lambda_0)$ 表示透镜对设计波长的折光率, n_m 表示介质的折光率。

[0082] 请参阅图 2、图 3 和图 4, 每个第一衍射单元 12 内的相位差等于 2π , 每个第二衍射单元 22 内的相位差等于 4π 。由于第一衍射单元 12 与第二衍射单元 22 的高度差及相位差不同, 在设计眼科透镜 100 时引入相移, 相移可能改变不同焦点的能量分布。在相移之前, 第一衍射单元 12 内的高度差 H_1 与第一衍射台阶 14 的高度 h_1 相等, 第二衍射单元 22 内的高度差 H_2 与第二衍射台阶 24 的高度 h_2 相等。在相移之后, 第一衍射单元 12 内的高度差 H_1 与第一衍射台阶 14 的高度 h_1 不相等, 第二衍射单元 22 内的高度差 H_2 与第二衍射台阶 24 的高度 h_2 不相等。

[0083] 本发明的眼科透镜 100 的衍射结构的具体实施例如下:

[0084] 在以下实施例中, 眼科透镜 100 的材料折光率为 1.531, 眼科透镜 100 所处的环境介质的折光率为 1.336, 设计波长为 546 纳米。

[0085] 实施例一

[0086] 请参阅图 5, 第一衍射结构 10 的 +1 阶衍射焦点的光焦度 D_1 与第二衍射结构 20 的 +1 阶衍射焦点的光焦度 B 相同, 即第一衍射结构 10 的单个第一衍射单元 12 对应的波带面积与第二衍射结构 20 的单个第二衍射单元 22 对应的波带面积相同, $M:N=D_1:B=1:1$ 。

[0087] 对于 546 纳米波长光线, 第一衍射结构 10 通过 +1 阶衍射形成光焦度 $D_1 = +3.0D$ 的焦点。

[0088] 对于 546 纳米波长光线, 第二衍射结构 20 通过 +2 阶衍射形成光焦度 $D_2 = +6.0D$ 的焦点。

[0089] 具体地, 在第一口径为 3.413 毫米的范围内, 自眼科透镜 100 的光轴 A 向外, 第一衍射结构 10 与第二衍射结构 20 交替排布, 第一衍射单元 12 的数量与第二衍射单元 22 的数量为 2:1:1:2:1:1, 理论上可形成光焦度为 +6.0D 与 +3.0D 的两个焦点, 实际上, 当第一衍射结构 10 及第二衍射结构 20 与基础非球面/球面结构组合形成眼科透镜 100 时, 由于眼科透镜 100 的球差等因素的影响, 会在光焦度为 +6.0D 与 +3.0D 的两个焦点之间形成光焦度为 +4.5D 的第三个焦点, 从而表现为光焦度为 +6.0D、+4.5D 与 +3.0D 的三个焦点。第一口径范围内包含 8 个衍射单元, 其中第一衍射单元 12 及第二衍射单元 22 分别为 4 个。

[0090] 在第二口径,直径为3.413毫米至4.180mm的范围内,第一衍射结构10与第二衍射结构20交替排布。在此区间内,每个第一衍射结构10含有一个第一衍射单元12,每个第二衍射结构20含有一个第二衍射单元22。在此区间,形成光焦度为+6.0D、+4.5D及+3.0D的三个焦点,且更多能量聚集于光焦度为+4.5D的焦点。第二口径范围内包含4个衍射单元,其中第一衍射单元12及第二衍射单元22分别为2个。

[0091] 在第二口径范围外的区域,还设置有第一衍射结构10,包含4个第一衍射单元12。

[0092] 眼科透镜100的整个衍射光学面表现为光焦度为+3.0D、+4.5D、+6.0D的三个焦点。眼科透镜100的相关参数如下表所示。

[0093]

衍射结构	衍射单元编号	衍射单元边缘位置/毫米	衍射单元内高度差/微米	衍射阶次及光焦度
第一衍射结构 10	1	0.6033	2.80	+1 阶 (+3.0D)
	2	0.8532		
第二衍射结构 20	3	1.0450	5.60	+2 阶 (+6.0D)
第一衍射结构 10	4	1.2066	2.80	+1 阶 (+3.0D)
第二衍射结构 20	5	1.3491	5.60	+2 阶 (+6.0D)
	6	1.4778	5.60	
第一衍射结构 10	7	1.5963	2.80	+1 阶 (+3.0D)
第二衍射结构 20	8	1.7065	5.60	+2 阶 (+6.0D)
第一衍射结构 10	9	1.8100	2.80	+1 阶 (+3.0D)
第二衍射结构 20	10	1.9079	5.60	+2 阶 (+6.0D)
第一衍射结构 10	11	2.001	2.80	+1 阶 (+3.0D)
第二衍射结构 20	12	2.0900	5.60	+2 阶 (+6.0D)
以上结构可以形成光焦度为+6.0D、+4.5D 与+3.0D 的三个焦点				

[0094]

[0095] 在本实施例的眼科透镜100中,对于设计波长而言,光线在光焦度为+3.0D、+4.5D、+6.0D的三个焦点处汇聚,无其他更高衍射阶次焦点能量的损失,有利于成像质量的改善。

[0096] 实施例二

[0097] 请参阅图6,第一衍射结构10的+1阶衍射焦点的光焦度 D_1 与第二衍射结构20的+1阶衍射焦点的光焦度B相同,即第一衍射结构10的单个第一衍射单元12对应的波带面积与第二衍射结构20的单个第二衍射单元22对应的波带面积相同, $M:N=D_1:B=1:1$ 。

[0098] 对于546纳米波长光线,第一衍射结构10通过+1阶衍射形成光焦度 $D_1=+1.0D$ 的焦点。

[0099] 对于546纳米波长光线,第二衍射结构20通过+2阶衍射形成光焦度 $D_2=+2.0D$ 的焦点。

[0100] 第一衍射结构10与第二衍射结构20所形成的焦点的光焦度差为1.0D。

[0101] 具体地,在衍射区间内,自眼科透镜100的光轴A向外,第一衍射结构10与第二衍射结构20交替排布。在此区间内,每个第一衍射结构10含有一个第一衍射单元12,每个第二衍射结构20含有一个第二衍射单元22。在此区间,形成光焦度为+1.0D、+1.5D及+2.0D的三个

焦点。由于三个焦点的光焦度差异较小,且能量主要聚集在光焦度为+1.5D的焦点,眼科透镜100的整个衍射光学面表现出一个更大焦深的焦点,其光焦度为+1.5D。眼科透镜100的相关参数如下表所示。

	衍射结构	衍射单元编号	衍射单元边缘位置/毫米	衍射单元内高度差/微米	衍射阶次及光焦度
[0102]	第一衍射结构 10	1	1.0450	2.80	+1 阶 (+1.0D)
	第二衍射结构 20	2	1.4778	5.60	+2 阶 (+2.0D)
[0103]	第一衍射结构 10	3	1.8100	2.80	+1 阶 (+1.0D)
	第二衍射结构 20	4	2.0900	5.60	+2 阶 (+2.0D)
	第一衍射结构 10	5	2.3367	2.80	+1 阶 (+1.0D)
	第二衍射结构 20	6	2.5597	5.60	+2 阶 (+2.0D)
	第一衍射结构 10	7	2.7648	2.80	+1 阶 (+1.0D)
	第二衍射结构 20	8	2.9557	5.60	+2 阶 (+2.0D)

[0104] 在本实施例的眼科透镜100中,对于设计波长而言,通过理论分析,光线将在光焦度为+1.0D、+1.5D、+2.0D的三个焦点处汇聚,但实际表现为光焦度为+1.5D的大焦深焦点,无其他更高衍射阶次焦点能量的损失,有利于成像质量的改善。

[0105] 实施例三

[0106] 请参阅图7,第一衍射结构10的+1阶衍射焦点的光焦度 D_1 与第二衍射结构20的+1阶衍射焦点的光焦度B相同,即第一衍射结构10的单个第一衍射单元12对应的波带面积与第二衍射结构20的单个第二衍射单元22对应的波带面积相同, $M:N=D_1:B=1:1$ 。

[0107] 对于546纳米波长光线,第一衍射结构10通过+1阶衍射形成光焦度 $D_1=+1.5D$ 的焦点。

[0108] 对于546纳米波长光线,第二衍射结构20通过+2阶衍射形成光焦度 $D_2=+3.0D$ 的焦点。

[0109] 第一衍射结构10与第二衍射结构20所形成的焦点的光焦度差异为+1.5D。

[0110] 具体地,在衍射区间内,自眼科透镜100的光轴A向外,第一衍射结构10与第二衍射结构20交替排布。在此区间内,每个第一衍射结构10含有两个第一衍射单元12,每个第二衍射结构20含有两个第二衍射单元22。在此区间,形成光焦度为+1.5D及+3.0D的两个焦点。由于多个第一衍射结构10干涉的影响,在光焦度+1.125D及+1.875D处会有能量分布,但其与光焦度为+1.5D的焦点融合,表现为光焦度为+1.5D的大焦深焦点。由于多个第二衍射结构20干涉的影响,在光焦度+3.375D及+2.625D处会有能量分布,但其与光焦度为+3.0D的焦点融合,表现为光焦度为+3.0D的大焦深焦点。眼科透镜100的相关参数如下表所示。

衍射结构	衍射单元编号	衍射单元边缘位置/毫米	衍射单元内高度差/微米	衍射阶次及光焦度
第一衍射结构 10	1	0.8532	2.80	+1 阶 (+1.0D)
	2	1.2066	2.80	
第二衍射结构 20	3	1.4778	5.60	+2 阶 (+2.0D)
	4	1.7065	5.60	
第一衍射结构 10	5	1.9079	2.80	+1 阶 (+1.0D)
	6	2.0900	2.80	
第二衍射结构 20	7	2.2574	5.60	+2 阶 (+2.0D)
	8	2.4133	5.60	
第一衍射结构 10	9	2.5597	2.80	+1 阶 (+1.0D)
	10	2.6981	2.80	

[0113] 在本实施例的眼科透镜100中,对于设计波长而言,通过理论分析,光线将在光焦度为+1.125D、+1.875D、+1.5D、+3.375D、+2.625D、+3.0D的六个焦点处汇聚,但实际表现为光焦度为+1.5D及+3.0D的两个大焦深焦点,无其他更高衍射阶次焦点能量的损失,有利于成像质量的改善。

[0114] 实施例四

[0115] 请参阅图8,第一衍射结构10的+1阶衍射焦点的光焦度 D_1 与第二衍射结构20的+1阶衍射焦点的光焦度B相同, $M:N=D_1:B$ 。

[0116] 对于546纳米波长光线,第一衍射结构10通过+1阶衍射形成光焦度 $D_1=+9.0D$ 的焦点。

[0117] 对于546纳米波长光线,第二衍射结构20通过+2阶衍射形成光焦度 $D_2=+12.0D$ 的焦点(其对应的+1阶衍射焦点的光焦度 $B=+6.0D$)。因此, $M:N=D_1:B=3:2$ 。

[0118] 具体地,在第一口径为3.413毫米的范围内,自眼科透镜100的光轴A向外,第二衍射结构20与第一衍射结构10交替排布,第二衍射单元22的数量与第一衍射单元12的数量为4:3:2:6:2:3,理论上可形成光焦度为+12.0D与+9.0D的两个焦点,实际上,第一衍射结构10及第二衍射结构20与基础非球面/球面结构组合形成眼科透镜100时,由于眼科透镜100的球差等因素的影响,会在光焦度为+12.0D与+9.0D的两个焦点之间形成光焦度为+10.5D的第三个焦点,从而表现为光焦度为+12.0D、+10.5D与+9.0D的三个焦点,其中光焦度为+10.5D的焦点将实现良好的视中效果。第一口径范围内包含20个衍射单元,其中包含12个第一衍射单元12及8个第二衍射单元22。

[0119] 在第二口径,直径为3.413毫米至4.180mm的范围内,第二衍射结构20与第一衍射结构10交替排布。在此区间内,每个第一衍射结构10含有三个第一衍射单元12,每个第二衍射结构20含有两个第二衍射单元22。在此区间,可以增强光焦度为+10.5D的视中焦点的能量分布。第二口径内包含10个衍射单元,其中包含6个第一衍射单元12及4个第二衍射单元22。

[0120] 眼科透镜100的整个衍射光学面表现为光焦度为+9.0D,+10.5D、+12.0D的三个焦点。眼科透镜100的相关参数如下表所示。

[0121]

衍射结构	衍射单元编号	衍射单元边缘位置/毫米	衍射单元内高度差/微米	衍射阶次及光焦度
第二衍射结构 20	1	0.4267	5.60	+2 阶 (+12.0D)
	2	0.6033	5.60	
	3	0.7389	5.60	
	4	0.8532	5.60	
第一衍射结构 10	5	0.9216	2.80	+1 阶 (+9.0D)
	6	0.9852	2.80	
	7	1.0450	2.80	
第二衍射结构 20	8	1.1287	5.60	+2 阶 (+12.0D)
	9	1.2066	5.60	
第一衍射结构 10	10	1.2559	2.80	+1 阶 (+9.0D)
	11	1.3033	2.80	
	12	1.3491	2.80	
	13	1.3933	2.80	
	14	1.4362	2.80	
	15	1.4778	2.80	
第二衍射结构 20	16	1.5382	5.60	+2 阶 (+12.0D)
	17	1.5962	5.60	
第一衍射结构 10	18	1.6338	2.80	+1 阶 (+9.0D)
	19	1.6705	2.80	
	20	1.7065	2.80	
第二衍射结构 20	21	1.7590	5.60	+2 阶 (+12.0D)
	22	1.8100	5.60	
第一衍射结构 10	23	1.8432	2.80	+1 阶 (+9.0D)
	24	1.8758	2.80	
	25	1.9079	2.80	
第二衍射结构 20	26	1.9550	5.60	+2 阶 (+12.0D)
	27	2.001	5.60	
第一衍射结构 10	28	2.0311	2.80	+1 阶 (+9.0D)
	29	2.0607	2.80	
	30	2.0900	2.80	
以上结构可以形成光焦度为+12.0D、+10.5D 与+9.0D 的三个焦点				

[0122]

[0123] 在本实施例的眼科透镜100中,对于设计波长而言,光线在光焦度为+9.0D、+10.5D、+12.0D的三个焦点处汇聚,无其他更高衍射阶次焦点能量的损失,有利于成像质量

的改善。

[0124] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施方式”、“某些实施方式”、“示意性实施方式”、“示例”、“具体示例”、或“某些示例”等的描述意指结合所述实施方式或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施方式或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施方式或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施方式或示例中以合适的方式结合。

[0125] 尽管已经示出和描述了本发明的实施方式,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施方式进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

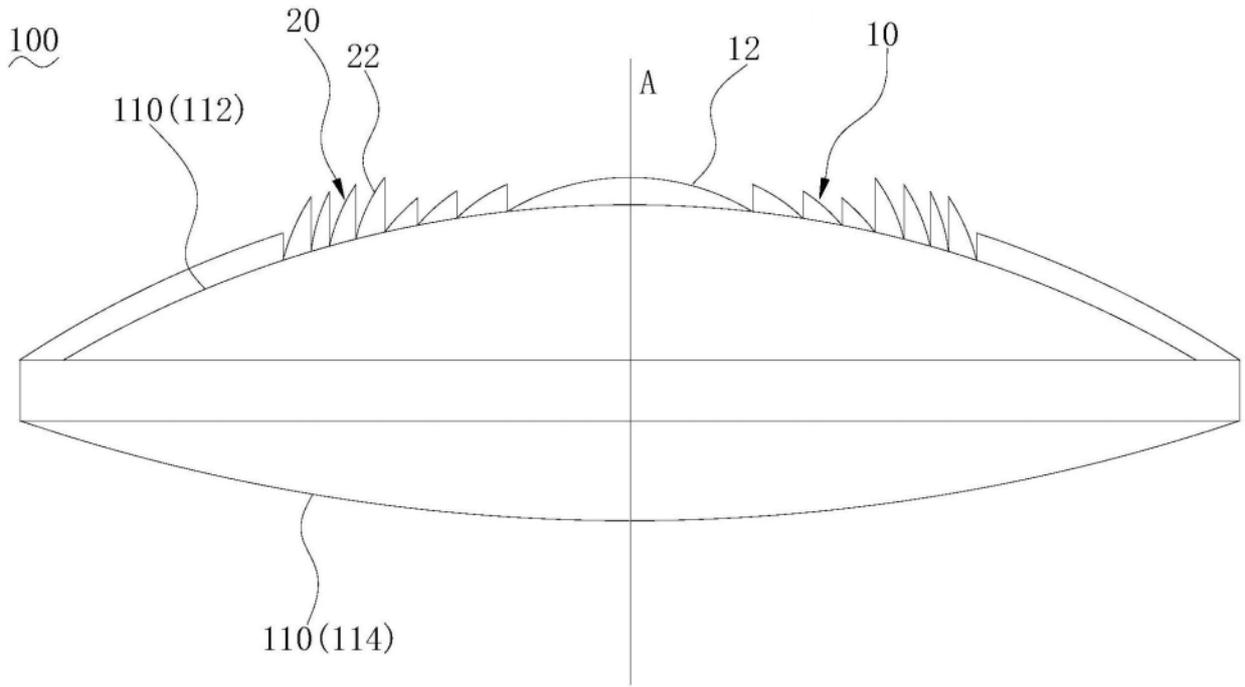


图1

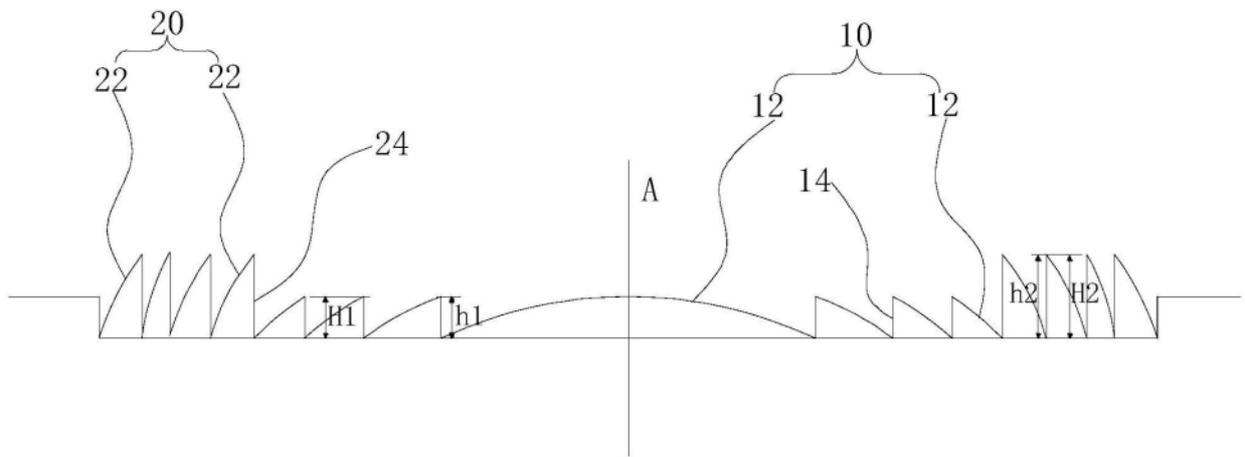


图2

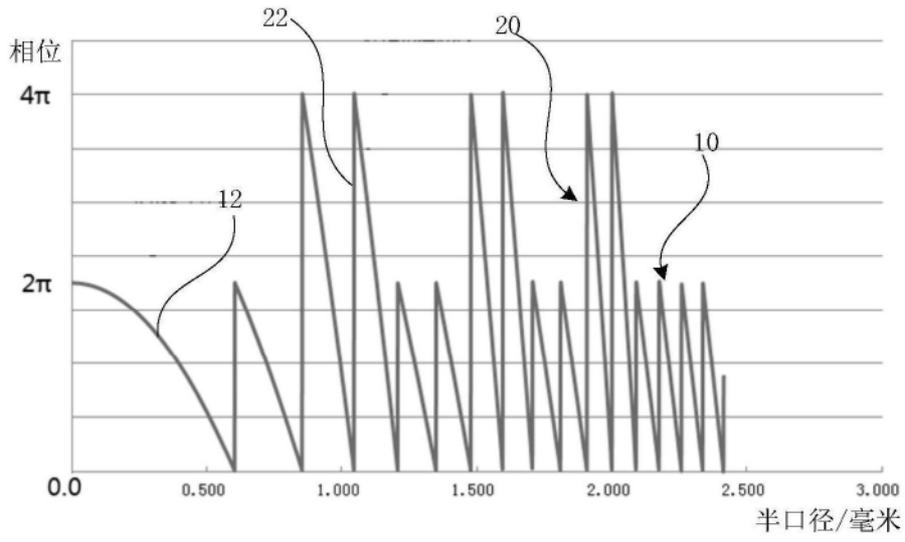


图3

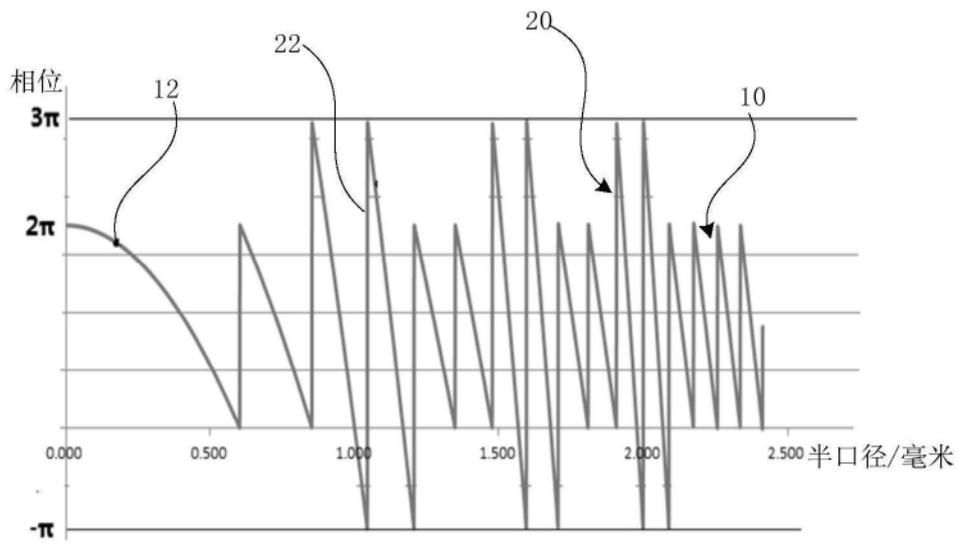


图4

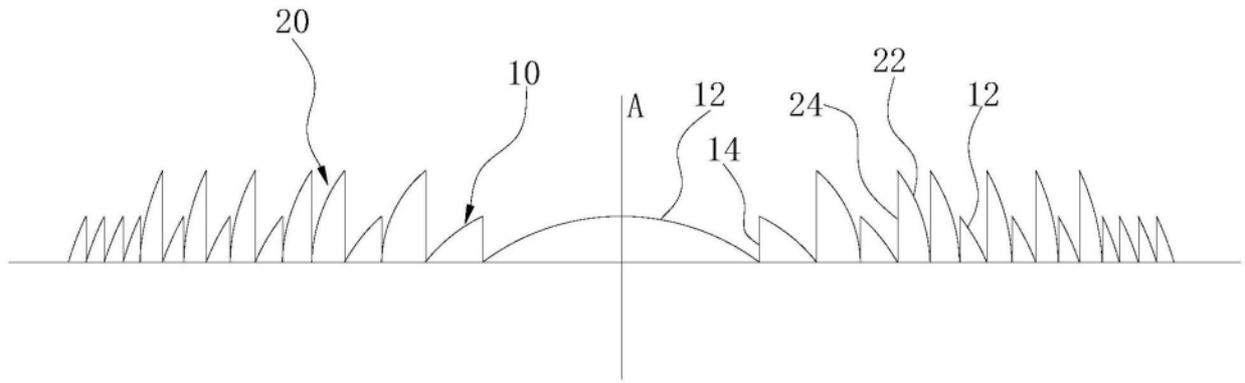


图5

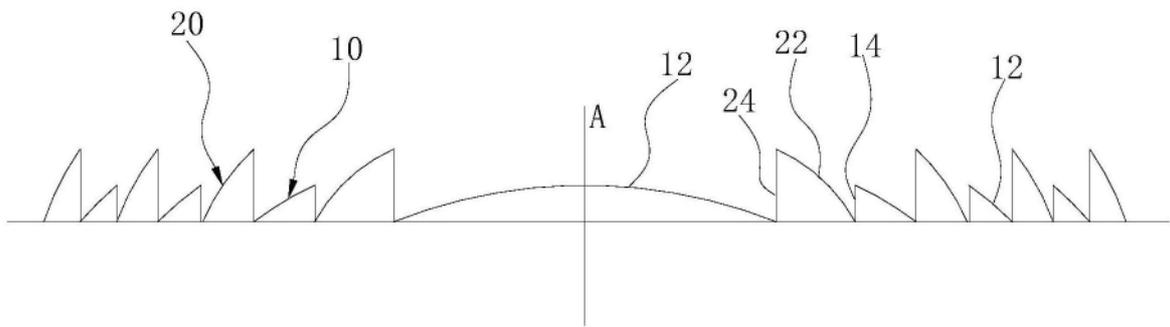


图6

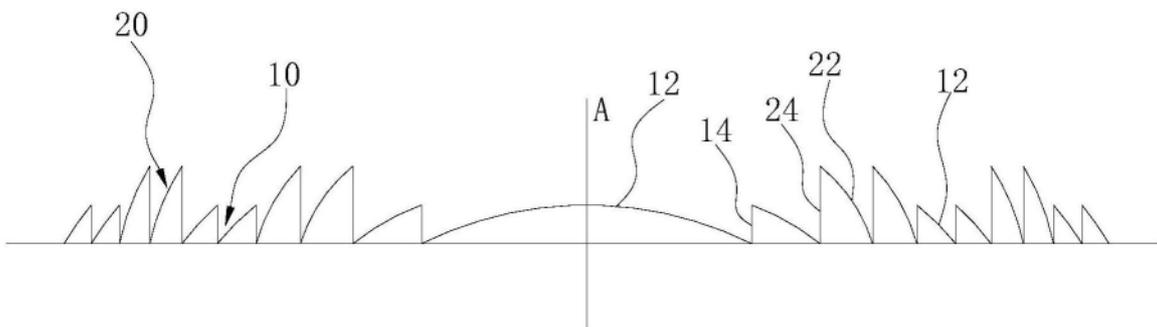


图7

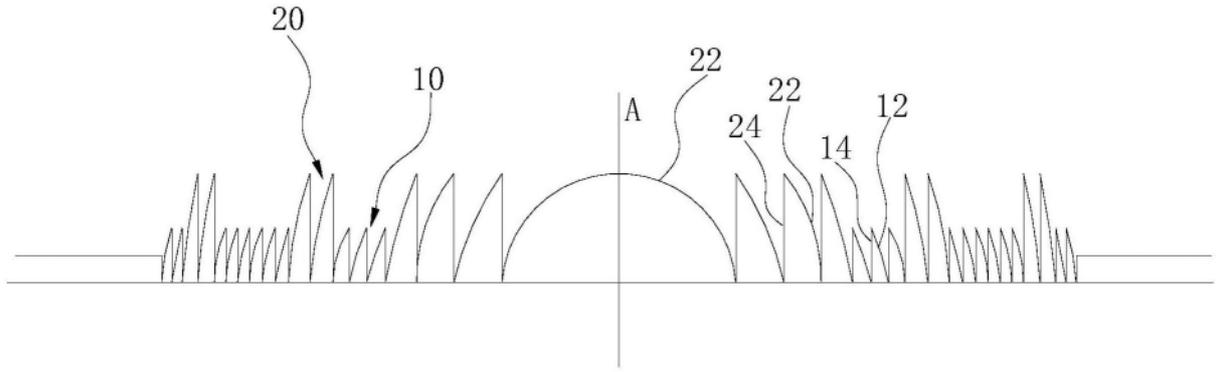


图8