



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111803025 B

(45) 授权公告日 2024.04.05

(21) 申请号 202010398470.3

(22) 申请日 2020.05.12

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111803025 A

(43) 申请公布日 2020.10.23

(73) 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 纪家树 李莉华 余宁辉

(74) 专利代理机构 深圳中一联合知识产权代理

有限公司 44414

专利代理人 李艳丽

(51) Int.Cl.

A61B 3/107 (2006.01)

A61B 3/14 (2006.01)

A61B 3/15 (2006.01)

审查员 陈雨露

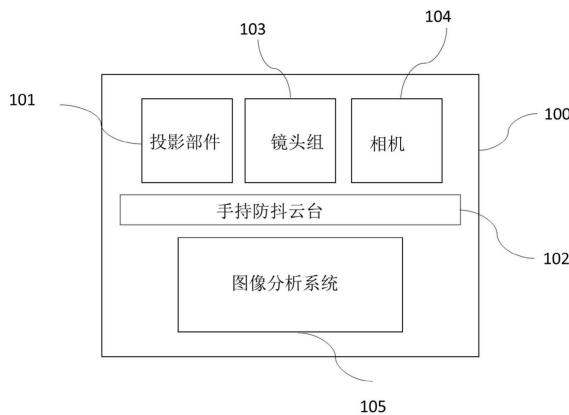
权利要求书3页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

便携式角膜地形图采集系统

(57) 摘要

本发明涉及一种手持记录角膜信息的采集系统，包括投影部分(101)，镜头组(103)，相机(104)和图像分析系统(105)，其中所述投影部分(101)由LED背光源(111)和Placido盘组成，其中所述Placido盘的内表面为均匀的黑白相间的同心圆环，所述LED背光源(111)发出的光线被圆环中黑色部分挡住并透过圆环中的白色部分透射到被测角膜(112)，并且所述Placido盘的内部采用旋转对称任意面型，其中所述Placido盘朝向被测角膜(112)的开口部分被尽量扩大以方便加工所述的Placido盘的内部，从被测角膜(112)反射出的光线通过所述镜头组(104)成像。采用本发明的采集系统，具有更好的视野和图像质量，并方便获得角膜形状的形状变化规律。



1. 便携式角膜地形图采集系统,包括:

投影部分(101),镜头组(103),相机(104)和图像分析系统(105),其中,所述投影部分(101)和镜头组(103)和相机(104)组成的部件为手持部分,其中所述投影部分(101)由LED背光源(111)和Placido盘组成,其中所述Placido盘的内表面为均匀的黑白相间的同心圆环,所述LED背光源(111)发出的光线被圆环中黑色部分挡住并透过圆环中的白色部分透射到被测角膜(112),并且所述Placido盘的内部采用旋转对称任意面型,其中所述Placido盘朝向被测角膜(112)的开口部分被尽量扩大以方便加工所述的Placido盘的内部,从被测角膜(112)反射出的光线通过所述镜头组(103)成像,并且所生成的角膜地形图被所述相机(104)记录;其中镜头组(103)为套筒式镜头结构,由至少两个镜头组成;第一螺杆结构(108)深入镜头组(103)内部,能够带动镜头组(103)沿水平方向运动,随着电机(107)的转动,第一螺杆结构(108)能够帮助镜头组(103)随时变焦;

所述图像分析系统(105)存储于所述手持部分的外部处理器中,利用所述图像分析系统(105)分析所述生成的角膜地形图,获得被测角膜(112)的质量;包括:

对准模块,在所述采集系统进行拍摄前,操作人员将采集系统的图像中心与人眼中心对准,并且同时人眼位于指定的拍摄距离才可以进行图像的采集与分析;

位置调节模块,在进行拍摄时在显示的图像中画出辅助的圆圈,位置调节由采集操作人员进行操作,当人眼上反射的圆圈图像与显示图像上的圆圈重合时系统自动判别为合适的拍摄位置;

距离判断模块,图像分析系统根据图像的清晰度来判断人眼是否在合适的距离,当中心位置以及距离符合要求时,系统开始采集人眼角膜的图像;投射模块,图像传感器接受图像后,进行采样点提取,而每一采样点是特定投影环特定角度的投射;

采样点分析模块,计算该采样点的法线角度,将采样点拟合到曲面后即可得出相应的曲率变化等参数。

2. 如权利要求1所述的便携式角膜地形图采集系统,其中

所述手持部分为手持防抖云台(102)。

3. 如权利要求1所述的便携式角膜地形图采集系统,其中所述相机(104)包含电荷耦合器件(CCD),当成像位置位于镜头组(103)1倍焦距之外、2倍焦距之内,并且在成像位置放置感光元件CCD/CMOS时,获得清晰的图像。

4. 如权利要求3所述的便携式角膜地形图采集系统,其中

并且所述Placido盘的内部为锥形截面、椭圆截面或双曲线截面。

5. 如权利要求4所述的便携式角膜地形图采集系统,其中在所述Placido盘的内部为锥形截面时,对所述Placido盘内表面的设计遵循下列公式:镜头组(103)与锥形截面尖部重叠于镜头光心(A)点;进一步所述Placido盘内环的位置C点与镜头光心A的距离用L表示,对C点的位置符合下列公式:

$$\frac{L}{\sin(2\alpha+2\theta)} = \frac{k}{\sin \varphi} \quad (3)$$

$$L = \frac{k \cdot \sin(2\alpha+2\theta)}{\sin \varphi} \quad (4)$$

$$\frac{k}{\sin \theta} = \frac{r}{\sin \alpha} \quad (5)$$

$$k = r \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} \quad (6)$$

将等式(4)与(6)相结合：

$$L = \frac{r \cdot \sin \theta \cdot \sin (2\alpha + 2\theta)}{\sin \alpha \cdot \sin \varphi} \quad (7)$$

其中r为角膜弧度；θ为180度-α-β；α为 $\arctan \frac{x'}{y'}$ ；β为 $180 - \arctan \left(\frac{y \cdot \sin \alpha}{r} \right)$ ；φ为 $180 - \left(\frac{\gamma}{2} - \alpha \right) - (2\alpha + 2\theta)$ ；

γ为锥形内角；y为透镜中心到角膜弧的中心的距离；

L为光心A到盘锥形体内环C点的距离。

6. 如权利要求5所述的便携式角膜地形图采集系统，其中光线从Placido盘锥形体内环的C点射出到被测角膜(112)上的B点，进而反射到镜头组(103)的光心A点，最终到达CCD上的D点，所述被测角膜(112)的弧度与设计弧度一致的情况下，Placido盘上的同心圆映射到被测角膜(112)上反光后，再反射到CCD上，形成等距的同心圆。

7. 如权利要求6所述的便携式角膜地形图采集系统，其中所述CCD为32个部分。

8. 如权利要求7所述的便携式角膜地形图采集系统，其中在所述Placido盘的内部为椭圆截面时，对所述Placido盘内表面的设计遵循下列公式：

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1 \quad (2)$$

其中，所述x和y为椭圆的xy坐标值；a是长轴的一半；b是短轴的一半，坐标的零位处于椭圆形中心点。

9. 如权利要求3所述的便携式角膜地形图采集系统，其中所述Placido盘的加工精度要达到至少0.01mm。

10. 如权利要求1所述的便携式角膜地形图采集系统，其中所述Placido盘的后表面获得均匀照明，使得黑白同心圆环中白色透光条纹和黑色阻光条纹形成明暗相间、照度均匀的同心圆环，从而增强相邻条纹间的对比度，并且在保障视觉安全的基本要求下，所述LED背光源的波长不仅对角膜表面要有高的反射率，而且要有足够的发光强度。

11. 如权利要求10所述的便携式角膜地形图采集系统，其中所述LED背光源为直径为3mm的AlGaNp红色LED，其主波长为625nm，发光强度为400mcd。

12. 如权利要求10所述的便携式角膜地形图采集系统，其中所述LED背光源采用自由调节红色LED的亮度且该灯板中心有一圈绿色LED，以吸引被测试者眼睛的注意以达到获取稳定的眼球中心位置，所述绿色LED可以设置流水式点亮、间隔式点亮、同时闪烁的不同点亮方式。

13. 如权利要求5所述的便携式角膜地形图采集系统，其中光线从Placido盘锥形体内环的C点射出到被测角膜(112)上的B点，进而反射到镜头组(103)的光心A点，最终到达CCD

上的D点,所述被测角膜(112)的弧度与设计弧度不一致的情况下,Placido盘上的同心圆映射到被测角膜(112)上反光后,再反射到CCD上,CCD上拍摄到的同心圆有偏差,从各同心圆的位置反推出角膜的弧度。

14. 如权利要求13所述的便携式角膜地形图采集系统,其中,镜头组(103)获得的图像,与相机(104)同轴,相机(104)位于滑道(106)上,所述相机(104)通过第二电机(107)的驱动随着第二螺杆结构(108')沿水平方向运动,从而与镜头组(103)对焦,在采集不同大小的角膜时,镜头组通过自动调焦调节视场,因角膜到镜头前距离固定,所以当检测到被观测角膜较小时将调节焦距以及相机位置使角膜图像放大到合适大小。

15. 利用如权利要求1所述的便携式角膜地形图采集系统采集及获得角膜地形图的方法,其中:

在所述采集系统进行拍摄前,操作人员将采集系统的图像中心与人眼中心对准,并且同时人眼位于指定的拍摄距离才可以进行图像的采集与分析;在进行拍摄时在显示的图像中画出辅助的圆圈,位置调节由采集操作人员进行操作,当人眼上反射的圆圈图像与显示图像上的圆圈重合时系统自动判别为合适的拍摄位置;

图像分析系统根据图像的清晰度来判断人眼是否在合适的距离,当中心位置以及距离符合要求时,系统开始采集人眼角膜的图像;图像传感器接受图像后,进行采样点提取,而每一采样点是特定投影环特定角度的投射;

计算该采样点的法线角度,将采样点拟合到曲面后即可得出相应的曲率变化等参数。

便携式角膜地形图采集系统

技术领域

[0001] 本发明属于角膜地形图信息采集领域,特别涉及一种手持记录角膜信息的采集系统。

背景技术

[0002] 角膜的屈光力约占整个眼屈光力的75%,所以角膜表面形态的微小变化都将影响整个眼的屈光状态分布,从而直接影响眼的视功能。详细了解角膜的表面形貌,不仅能帮助理解角膜的病理及生理变化,而且在一些以角膜地形变化为主的角膜病变(如圆锥角膜,边缘角膜变性)的早期诊断、治疗及预后评价等方面都具有十分重要的意义。角膜地形图仪作为现代眼科医学检测中重要的测量仪器,能将角膜表面形貌通过数据或者图像的形式展出,从而成为眼科医生测量角膜表面形貌及辅助角膜屈光手术治疗的有力手段。

[0003] 现有的角膜地形图采集系统通常包括角膜地形图仪以及电子计算机,角膜地形图仪由投影盘、相机及操纵平台构成。角膜地形图仪可以将数个直径由大到小的同心圆环投影到人的眼角膜上,角膜上反射的圆环图像再由相机进行采集最终将采集的信息传给计算机进行分析计算得出人角膜表面的地形数据。现有的角膜地形图仪投影盘一般分为两种:盘式以及锥式,盘式的投影系统圆环数量较少,锥式的投影系统圆环较多。圆环越多计算机能采集到的数据点越多,对角膜地形的拟合也就越准确。现有的角膜地形图采集系统通常只能分析单幅图像,由于人眼角膜形状可能受眼睑眼里变化而产生形变,现有的角膜地形图采集系统并不能分析角膜的实时变化。同时现有的角膜地形图仪便携性差,只能在医院内进行采集。

[0004] 因此,需要一种便携式角膜地形图采集系统,具有良好的图像质量并方便获得角膜形状随眼球移动以及眼睑瞬动导致的形状变化规律。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种便携式角膜地形图采集系统,所述系统能够采集不同大小的角膜信息。

[0006] 本发明的便携式角膜地形图采集系统,包括:投影部分(101),镜头组(103),相机(104)和图像分析系统(105),其中,所述投影部分(101)和镜头组(103)和相机(104)组成的部件为手持部分,其中所述投影部分(101)由LED背光源(111)和Placido盘组成,其中所述Placido盘的内表面为均匀的黑白相间的同心圆环,所述LED背光源(111)发出的光线被圆环中黑色部分挡住并透过圆环中的白色部分透射到被测角膜(112),并且所述Placido盘的内部采用旋转对称任意面型,其中所述Placido盘朝向被测角膜(112)的开口部分被尽量扩大以方便加工所述的Placido盘的内部,从被测角膜(112)反射出的光线通过所述镜头组(104)成像,并且所生成的角膜地形图被所述相机(104)记录;所述图像分析系统(105)存储于所述手持部分的外部处理器中,利用所述图像分析系统(105)分析所述生成的角膜地形图,获得被测角膜(112)的质量。

[0007] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述手持部分为手持防抖云台(102)。

[0008] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述相机(104)包含电荷耦合器件(CCD),当成像位置位于镜头组(103)1倍焦距之外、2倍焦距之内,并且在成像位置放置感光元件CCD/CMOS时,获得清晰的图像。

[0009] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述Placido盘的内部为锥形截面、椭圆截面或双曲线截面。

[0010] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中在所述Placido盘的内部为锥形截面时,对所述Placido盘内表面的设计遵循下列公式:镜头组(103)与锥形截面尖部重叠于镜头光心(A)点;进一步所述Placido盘内环的位置C点与镜头光心A的距离用L表示,对C点的位置符合下列公式:

$$[0011] \frac{L}{\sin(2\alpha+2\theta)} = \frac{k}{\sin \varphi} \quad (3)$$

$$[0012] L = \frac{k \cdot \sin(2\alpha+2\theta)}{\sin \varphi} \quad (4)$$

$$[0013] \frac{k}{\sin \theta} = \frac{r}{\sin \alpha} \quad (5)$$

$$[0014] k = r \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} \quad (6)$$

[0015] 将等式(4)与(6)相结合:

$$[0016] L = \frac{r \cdot \sin \theta \cdot \sin(2\alpha+2\theta)}{\sin \alpha \cdot \sin \varphi} \quad (7)$$

[0017] 其中r为角膜弧度;θ为180度-α-β;α为 $\arctan \frac{x'}{y'}$;β为 $180 - \arctan \left(\frac{y \cdot \sin \alpha}{r} \right)$;φ为 $180 - \left(\frac{\gamma}{2} - \alpha \right) - (2\alpha+2\theta)$;

[0018] γ为锥形内角;y为透镜中心到角膜弧的中心的距离;

[0019] L为光心A到盘锥形体内环C点的距离。

[0020] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中光线从Placido盘锥形体内环的C点射出到被测角膜(112)上的B点,进而反射到镜头组(103)的光心A点,最终到达CCD上的D点,所述被测角膜(112)的弧度与设计弧度一致的情况下,Placido盘上的同心圆映射到被测角膜(112)上反光后,再反射到CCD上,形成等距的同心圆。

[0021] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述CCD为32个部分。

[0022] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中在所述Placido盘的内部为椭圆截面时,对所述Placido盘内表面的设计遵循下列公式:

[0023] 在一个实施例中,以下述椭圆方程加工:

$$[0024] \frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1 \quad (2)$$

[0025] 其中,所述x和y为椭圆的xy坐标值;a是长轴的一半;b是短轴的一半,坐标的零位处于椭圆形中心点。

[0026] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述Placido盘的加工精度要达到至少0.01mm。

[0027] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述Placido盘的后表面获得均匀照明,使得黑白同心圆环中白色透光条纹和黑色阻光条纹形成明暗相间、照度均匀的同心圆环,从而增强相邻条纹间的对比度,并且在保障视觉安全的基本要求下,所述LED光源的波长不仅对角膜表面要有高的反射率,而且要有足够的发光强度。

[0028] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述LED光源为直径为3mm的AlGaInP红色LED,其主波长为625nm,发光强度为400mcd。本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述LED光源采用自由调节红色LED的亮度且该灯板中心有一圈绿色LED,以吸引被测试者眼睛的注意以达到获取稳定的眼球中心位置,所述绿色LED可以设置不同的点亮方式,例如流水式点亮、间隔式点亮、同时闪烁等。

[0029] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中光线从Placido盘锥形体内环的C点射出到被测角膜(112)上的B点,进而反射到镜头组(103)的光心A点,最终到达CCD上的D点,所述被测角膜(112)的弧度与设计弧度不一致的情况下,Placido盘上的同心圆映射到被测角膜(112)上反光后,再反射到CCD上,CCD上拍摄到的同心圆有偏差,从各同心圆的位置反推出角膜的弧度。

[0030] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中所述图像分析系统包括:

[0031] 对准模块,在所述采集系统进行拍摄前,操作人员将采集系统的图像中心与人眼中心对准,并且同时人眼位于指定的拍摄距离才可以进行图像的采集与分析;位置调节模块,在进行拍摄时在显示的图像中画出辅助的圆圈,位置调节由采集操作人员进行操作,当人眼上反射的圆圈图像与显示图像上的圆圈重合时系统自动判别为合适的拍摄位置;距离判断模块,图像分析系统根据图像的清晰度来判断人眼是否在合适的位置,当中心位置以及距离符合要求时,系统开始采集人眼角膜的图像;投射模块,图像传感器接受图像后,进行采样点提取,而每一采样点是特定投影环特定角度的投射;采样点分析模块,计算该采样点的法线角度,将采样点拟合到曲面后即可得出相应的曲率变化等参数。

[0032] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中,镜头组(103)为套筒式镜头结构,由至少两个镜头组成;第一螺杆结构(108)深入镜头组(103)内部,能够带动镜头组(103)沿水平方向运动,随着电机(107)的转动,第一螺杆结构(108)能够帮助镜头组(103)随时变焦。

[0033] 本发明的便携式角膜地形图采集系统的一个方面,其中,镜头组(103)获得的图像,与相机(104)同轴,相机(104)位于滑道(106)上,所述相机(104)通过第二电机(107)的驱动随着第二螺杆结构(108')沿水平方向运动,从而与镜头组(103)对焦,在采集不同大小的角膜时,镜头组通过自动调焦调节视场,因角膜到镜头前距离固定,所以当检测到被观测角膜较小时将调节焦距以及相机位置使角膜图像放大到合适大小。

[0034] 本发明的所述的便携式角膜地形图采集系统采集及获得角膜地形图的方法,其

中：在所述采集系统进行拍摄前，操作人员将采集系统的图像中心与人眼中心对准，并且同时人眼位于指定的拍摄距离才可以进行图像的采集与分析；在进行拍摄时在显示的图像中画出辅助的圆圈，位置调节由采集操作人员进行操作，当人眼上反射的圆圈图像与显示图像上的圆圈重合时系统自动判别为合适的拍摄位置；图像分析系统根据图像的清晰度来判断人眼是否在合适的距离，当中心位置以及距离符合要求时，系统开始采集人眼角膜的图像；图像传感器接受图像后，进行采样点提取，而每一采样点是特定投影环特定角度的投射；计算该采样点的法线角度，将采样点拟合到曲面后即可得出相应的曲率变化等参数。采用本发明的便携式角膜地形图采集系统，具有良好的能够获得更好的视野，图像质量并方便获得角膜形状随眼球移动以及眼睑瞬动导致的形状变化规律。

附图说明

[0035] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创新性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0036] 图1(a) 为本发明的采集系统结构示意图。
- [0037] 图1(b) 为本发明的采集系统一个实施方式的成像部分的示意图。
- [0038] 图2(a) – (b) 为本发明的采集系统中涉及镜头组的光学成像部分的结构图。
- [0039] 图3(a) 为本发明的采集系统中涉及镜头组的光学成像部分原理图。
- [0040] 图3(b) 为本发明的采集系统中涉及镜头组的光学成像部分的基本光学原理图。
- [0041] 图4(a) 为本发明的采集系统中涉及投影盘一个实施方式的结构主视图。
- [0042] 图4(b) 为本发明的采集系统中涉及的投影盘一个实施方式的设计原理图。
- [0043] 图4(c) 为本发明的采集系统中涉及投影盘结构的另一个实施方式的A-A剖视图。
- [0044] 图4(d) 为本发明的采集系统中涉及投影盘结构另一个实施方式的右视图。
- [0045] 图4(e) 为本发明的采集系统的投影盘依椭圆截面加工的实施方式的效果模拟图。
- [0046] 图4(f) 为本发明的采集系统的投影盘依椭圆截面加工的实施方式的效果示意图。
- [0047] 图4(g) 为本发明的采集系统的投影盘椭圆截面加工的示意图。
- [0048] 图5为本发明的采集系统的图像分析系统的工作流程图。
- [0049] 图6(a) 示意性地示出了用于执行根据本发明的方法的服务器的框图；以及
- [0050] 图6(b) 示意性地示出了用于保持或者携带实现根据本发明的方法的程序代码的存储单元。

具体实施方式

[0051] 现结合相应的附图，对本发明的具体实施例进行描述。然而，本发明可以以多种不同的形式实施，而不应被解释为局限于此处展示的实施例。提供这些实施例只是为了本发明可以详尽和全面，从而可以将本发明的范围完全地描述给本领域的技术人员。附图中说明的实施例的详细描述中使用的措辞不应对本发明造成限制。

[0052] 图1(a) 为本发明的采集系统结构示意图。采集系统100包括投影部件101，手持防抖云台102，镜头组103、相机104和图像分析系统105。其中投影盘101位于手持防抖云台102上，镜头组103，通过滑轨106，在电机107的控制下可移动地安装于相机104前部，图像分析

系统105为采集系统100的信息处理部分,通过安装于所述采集系统100中,基于相机104采集到的视频进行分析,可以得到角膜形状随着眼球移动以及眼睑瞬动导致的形状变化规律。所述手动防抖云台102是可选择的,也可以将所述投影盘101,镜头组103和相机104放置于普通的手持设备上,并在图像分析系统105的控制下工作。

[0053] 图1(b)为本发明的采集系统一个实施方式的成像部分的示意图。其中所述采集系统包括电荷耦合器件(CCD,图中未示出),所述CCD位于相机(104)中;投影部件101包括LED背光源111和Placido盘110,所述Placido盘110内侧表面为均匀的黑白相间的同心圆环,其开口部分正对球形角膜112。镜头组103与投影部件101以及被测角膜112之间的工作原理在下文有详细的描述。所述CCD用于记录所述被测角膜(112)的角膜地形图。

[0054] 图2(a)–(b)为本发明的采集系统中涉及镜头组的光学成像部分的结构图。图2(a)为本发明的采集系统镜头组变焦部分的结构图。其中,镜头组103为套筒式镜头结构,由至少两个镜头组成;第一螺杆结构108深入镜头组103内部,能够带动镜头组103沿水平方向运动,随着电机107的转动,第一螺杆结构108能够帮助镜头组103随时变焦;图2(b)为本发明的采集系统镜头组对焦部分的结构图。其中,镜头组103的变焦部分未示出;镜头组103获得的图像,与相机104同轴,相机104位于滑道106上,所述相机104通过第二电机107的驱动随着第二螺杆结构108'延水平方向运动,从而与镜头组103对焦。

[0055] 在采集不同大小的角膜时,镜头将通过自动调焦调节视场,因角膜到镜头前距离固定,所以当检测到被观测角膜较小时将调节焦距以及相机位置使角膜图像放大到合适大小。在一个实施方式中,镜头组103也可以与手持设备保持固定的关系。

[0056] 图3(a)为本发明的采集系统中涉及镜头组的光学成像部分原理图。现有的采集系统焦距和视野为固定的。本发明的一个实施例采用对采集系统调焦,即对焦的方式增大视野。在采集系统工作的过程中,镜头组的焦距并未改变,而是像距,即成像面和镜头距离通过调整得到了改变,使成像面到光心的距离等于像距,使物体可以清晰的成像到胶片(感光元件)上。调整相机使被摄体成清晰的像的过程,就是调焦(对焦)过程。例如,成像位置位于透镜1倍焦距之外、2倍焦距之内,并且成像位置即是感光元件CCD/CMOS所在的位置,这时成像非常清晰。如果成像位置偏离了感光元件CCD/CMOS所在的平面,这时成像变得非常虚,比较模糊,即出现摄影时的对焦不准现象。

[0057] 对采集系统变焦是另外一种扩大视野的方式,变焦为改变镜头的焦距,从而造成视角或图像大小的变化,获取拉近或拉远的效果。通常是通过镜头组合的变化实现的。焦距越长,视角越窄,画面中能容纳的景象就少,画面看起来越近。焦距越短,视角越大,画面中能容纳的景物就多,画面看起来较远。

[0058] 图3(b)为本发明的采集系统中涉及镜头组的光学成像部分的基本光学原理图。物尺寸204可用符号x表示,像尺寸207可用符号x'表示,成像位置与光心208之间的距离206可用符号f'表示,物体与光心208之间的距离205可用符号L表示。基本光学原理的公式(1)如下文所示:

$$[0059] \frac{L}{f'} = \frac{x}{x'} \quad (1) \text{,也就是说,在垂直距离} f' \text{越大的情况下,所成的像尺寸} 207,$$

即x'也越大。图4(a)为本发明的采集系统中涉及投影盘一个实施方式的结构主视图。本发明的采集系统中的投影盘是对现有角膜地形图信息采集系统中的Placido盘的改进。

Placido盘用于在眼角膜上投影等距同心圆环,设计时再与角膜曲率半径相同的钢球进行设计。

[0060] LED背光源发出的光经漫反射后,照亮一定距离外的眼球,并将Placido盘上的黑白条纹投射到角膜上,光线经角膜反射后再通过透镜系统成像在电荷耦合器件(“CCD”)上。在角膜表面没有病变的情况下,影像呈同心圆形,且各个环之间的距离分布均匀。如果角膜表面形貌不正常,则影像呈卵圆形,环与环之间的距离不均匀。角膜表面曲率较小的部分,相邻环在径向的间距较远;角膜表面曲率较大的部分,相邻环在径向的间距较小,类似于地形学上的等高线测量法。通过分析图像上同心环的变形程度,可以求得不同位置角膜曲率的变化,从而进一步分析角膜各处的屈光度。

[0061] Placido盘由一系列黑白相间的同心圆环组成,白色为透光部分,黑色为不透光部分,且中央开有一小孔,可以放置成像元件。LED背光源发出的光经漫反射后,照亮一定距离外的眼球,并将Placido盘上的黑白条纹投射到角膜上。

[0062] 理想的Placido盘为与钢球同心的半球体,盘上做等距圆环,此时投影在钢球上的图像为等距同心圆环。一般的Placido盘面型包括锥形、球形和椭球形。其中锥形同心圆数目相对较多,环的排布相对较密,测量数据点密集,加工精度要求非常高;球形加工相对简单,但是测量角膜范围小,精度不高且装置体积大;椭球形同心环数目相对比较少,加工精度要求相对来说比较低,且具有良好的测量精度。为了配合本发明的便携特性,本发明的投影盘采用旋转对称的任意面型。为了能够实现旋转对称的任意面型,首先采用内部为锥形截面、椭圆截面或双曲线截面的方法,使所述Placido盘朝向被测角膜(112)的开口部分口径被尽量扩大,以便于加工,以便解决小开口锥体内环由于空间狭小导致加工难度提高的问题。

[0063] 图4(b)为本发明的采集系统中涉及的投影盘一个实施方式的设计原理图。其中C点为所述Placido盘内环的位置,距离L表示C点与镜头光心A的距离,对C点的位置利用如下公式进行设计:

$$[0064] \frac{L}{\sin(2\alpha+2\theta)} = \frac{k}{\sin \varphi} \quad (3)$$

$$[0065] L = \frac{k \cdot \sin(2\alpha+2\theta)}{\sin \varphi} \quad (4)$$

$$[0066] \frac{k}{\sin \theta} = \frac{r}{\sin \alpha} \quad (5)$$

$$[0067] k = r \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} \quad (6)$$

[0068] 将等式(4)与(6)相结合:

$$[0069] L = \frac{r \cdot \sin \theta \cdot \sin (2\alpha+2\theta)}{\sin \alpha \cdot \sin \varphi} \quad (7)$$

[0070] 其中r为角膜弧度;θ为180度-α-β;α为 $\arctan \frac{x'}{y'}$;β为 $180 - \arctan \left(\frac{y \cdot \sin \alpha}{r} \right)$;φ

为 $180 - \left(\frac{\gamma}{2} - \alpha\right) - (2\alpha + 2\theta)$;

[0071] γ 为锥形内角; y 为透镜中心到角膜弧的中心的距离;

[0072] L 为光心A到盘锥形体内环C点的距离。

[0073] 上述设计原理是根据将透镜中心与锥形尖重叠于光心A点以简化的计算模型。其中D点为CCD的位置,A点为镜头光心,C点为所述Placido盘锥形体内环的位置点;B点为模拟眼睛的钢球表面位置点。将本发明投影盘锥形体内环设计为均匀的同心圈。在一个实施方式中,在CCD上分为32个部分。

[0074] 在测量角膜弧度的过程中,将光打到眼球上,是指模拟眼球的钢球,因为钢球是理想的球体,与真实的眼球角膜是有一定的区别;但是可以一定程度上模拟眼球角膜的形状;在图4(b)中,光线从Placido盘锥形体内环的C点射出到被测角膜(112)上的B点,进而反射到镜头组(103)的光心A点,最终到达CCD上的D点,所述被测角膜(112)的弧度与设计弧度一致的情况下,Placido盘上的同心圆映射到被测角膜(112)上反光后,再反射到CCD上,形成等距的同心圆,弧度不一样的话,CCD上所拍到的同心圆的位置会有偏差。从各同心圆的位置可以反推出角膜的弧度。CCD上拍到的圈的间距和大小会随着角膜弧度的大小而改变,只有角膜度和设计弧度一样的时候间距才会是一样的。弧度小圈也小,弧度大圈也大,圈的间距是非等距的。

[0075] 在另一个实施例中,以下述椭圆方程加工,形成图4(g)中的椭圆形:

[0076]
$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1 \quad (2)$$
 其中,所述x和y为椭圆的xy坐标值;a是长轴的一半;b是短轴的一半。坐标的零位处于椭圆形中心点。

[0077] 图4(c)为本发明的采集系统中涉及投影盘结构的另一个实施方式的A-A剖视图。如图所示,所述Placido盘的内部为椭圆形。图4(d)为本发明的采集系统中涉及投影盘结构的右视图。从图4(c)图4(d)中可以看出,在同样的开口大小的情况下,利用椭圆截面或者双曲线截面可以获得更好的内部环线的加工。这一点在图4(e)中也有所体现,图4(e)为本发明的采集系统的投影盘依椭圆截面的加工效果模拟图。采用弧线形设计比采用直线形设计具有更易加工的特点,并且更好的测量精度。图4(f)为本发明的采集系统的投影盘依椭圆截面加工的实施方式的效果示意图。图4(g)为本发明的采集系统的投影盘椭圆截面加工的示意图。

[0078] Placido盘的面型数据及环分布确定以后,需要选择适当的加工工艺和加工方法进行加工生产。最终图像处理时要求分辨率达到亚像素,因此Placido盘的加工精度要达到至少0.01mm。正常角膜表面应为等距同心圆,与后期的曲率计算方法有关,不必是同心圆环也可以进行监测。图4(f)为,依照椭圆截面加工的效果图。其中所述钢球202为模拟的眼球晶状体,位于眼球201前部,Placido盘延椭圆203加工,能够获得更好的视野。

[0079] 此外,小开口的投影盘会有无法采集到深眼窝的人的图像的问题,因此将一起的开口扩大到直径80mm,即上述公式中的纵轴改为80mm。

[0080] 本发明的采集系统还包括可自由调节的LED照明灯板。为满足CCD的成像要求,Placido盘的后表面需要均匀照明,使得黑白同心圆环中白色透光条纹和黑色阻光条纹形成明暗相间、照度均匀的同心圆环,从而大大增强相邻条纹间的对比度,使图像采集时

Placido盘上条纹更容易被观察,图像处理工作更容易进行,采集到的边缘采样点数据更加准确。SONY ICX424AL型号CCD的光谱敏感特性及人眼明视觉光谱光视效率均在550nm左右达到最高,不过绿光在正常眼屈光介质中仍拥有良好的穿透率,约为80%。因此,在保障视觉安全的基本要求下,LED光源的波长不仅对角膜表面要有高的反射率,而且要有足够的发光强度。本发明可采用直径为3mm的AlGaInP红色LED作为光源发光元件,其主波长为625nm,发光强度为400mcd,具有单色性良好、亮度高、发光效率高及寿命长等特点,对于CCD有较高的光谱敏感性,同时在不伤害眼睛的情况下对角膜有高的反射率。但是单颗LED灯作为近朗伯体发光的光能输出较低、发散角较大,无法保证均匀性。

[0081] 本发明的采集系统可采用自由调节红色LED的亮度且该灯板中心有一圈绿色LED,其作用是吸引被测试者眼睛的注意以达到获取稳定的眼球中心位置,该绿色LED可以设置不同的点亮方式,例如流水式点亮、间隔式点亮、同时闪烁等,可以更好地吸引被测试者的注意。

[0082] 图5为本发明的采集系统的图像分析系统的工作流程图。在步骤301,所述采集系统在进行拍摄前,需要操作人员将采集系统的图像中心与人眼中心对准,并且同时人眼位于指定的拍摄距离才可以进行图像的采集与分析。在步骤302,在进行拍摄时在显示的图像中画出辅助的圆圈,位置调节由采集操作人员进行操作,当人眼上反射的圆圈图像与显示图像上的圆圈重合时系统自动判别为合适的拍摄位置;在步骤303,图像分析系统根据图像的清晰度来判断人眼是否在合适的距离,当中心位置以及距离符合要求时,系统开始采集人眼角膜的图像。在步骤304,图像传感器接受图像后,进行采样点提取,而每一采样点是特定投影环特定角度的投射。在步骤305,计算该采样点的法线角度,将采样点拟合到曲面后即可得出相应的曲率变化等参数。根据上述步骤,采集系统的图像分析系统将实现图像条件的判断、记录以及分析生成地形图的功能。

[0083] 图6(a)为本发明的采集系统的图像分析系统的结构图。所述采集系统在进行拍摄时需要操作人员将仪器的图像中心与人眼中心对准,并且同时人眼位于指定的拍摄距离才可以进行图像的采集与分析。在进行拍摄时将在显示的图像中画出辅助的圆圈,位置调节由采集操作人员进行操作,当人眼上反射的圆圈图像与显示图像上的圆圈重合时系统自动判别为合适的拍摄位置,另外图像分析系统根据图像的清晰度来判断人眼是否在合适的距离,当中心位置以及距离符合要求时,系统开始采集人眼角膜的图像。在图像传感器接受图像后,将进行采样点提取,而每一采样点是特定投影环特定角度的投射。于此即可计算该采样点的法线角度,将采样点拟合到曲面后即可得出相应的曲率变化等参数。采集系统的图像分析系统将实现图像条件的判断、记录以及分析生成地形图的功能,记录后数据可以迁移至电脑进行进一步的分析。

[0084] 所述图像分析系统包括图像分析系统的服务器501。该图像分析系统的服务器包括处理器510,此处的处理器可以为通用或专用芯片(ASIC/eASIC)或FPGA或NPU等,和以存储器520形式的计算机程序产品或者计算机可读介质。存储器520可以是诸如闪存、EEPROM(电可擦除可编程只读存储器)、EPROM、硬盘或者ROM之类的电子存储器。存储器520具有用于执行上述方法中的任何方法步骤的程序代码的存储空间530。例如,用于程序代码的存储空间530可以包括分别用于实现上面的方法中的各种步骤的各个程序代码531。这些程序代码可以被读出或者写入到所述处理器510中。这些计算机程序产品包括诸如硬盘,致密盘

(CD)、存储卡或者软盘之类的程序代码载体。这样的计算机程序产品通常为如参考图6 (b) 所述的便携式或者固定存储单元。该存储单元可以具有与图6 (a) 的服务器中的存储器520类似布置的存储段、存储空间等。程序代码可以例如以适当形式进行压缩。通常，存储单元包括计算机可读代码531'，即可以由例如诸如510之类的处理器读取的代码，这些代码当由服务器运行时，导致该服务器执行上面所描述的方法中的各个步骤。这些代码当由服务器运行时，导致该服务器执行上面所描述的方法中的各个步骤。

[0085] 本文中所称的“一个实施例”、“实施例”或者“一个或者多个实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或者特性包括在本发明的至少一个实施例中。此外，请注意，这里“在一个实施例中”的词语例子不一定全指同一个实施例。

[0086] 以上所述仅用于说明本发明的技术方案，任何本领域普通技术人员均可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰与改变。因此，本发明的权利保护范围应视权利要求范围为准。本发明已结合例子在上面进行了阐述。然而，在本发明公开范围以内的上述实施例以外的其它实施例也同样可行。本发明的不同的特点和步骤可以以不同于所描述的其它方法进行组合。本发明的范围仅受限于所附的权利要求书。更一般地，本领域普通技术人员可以轻易地理解此处描述的所有的参数，尺寸，材料和配置是为示范目的而实际的参数，尺寸，材料和/或配置将取决于特定应用或本发明教导所用于的应用。

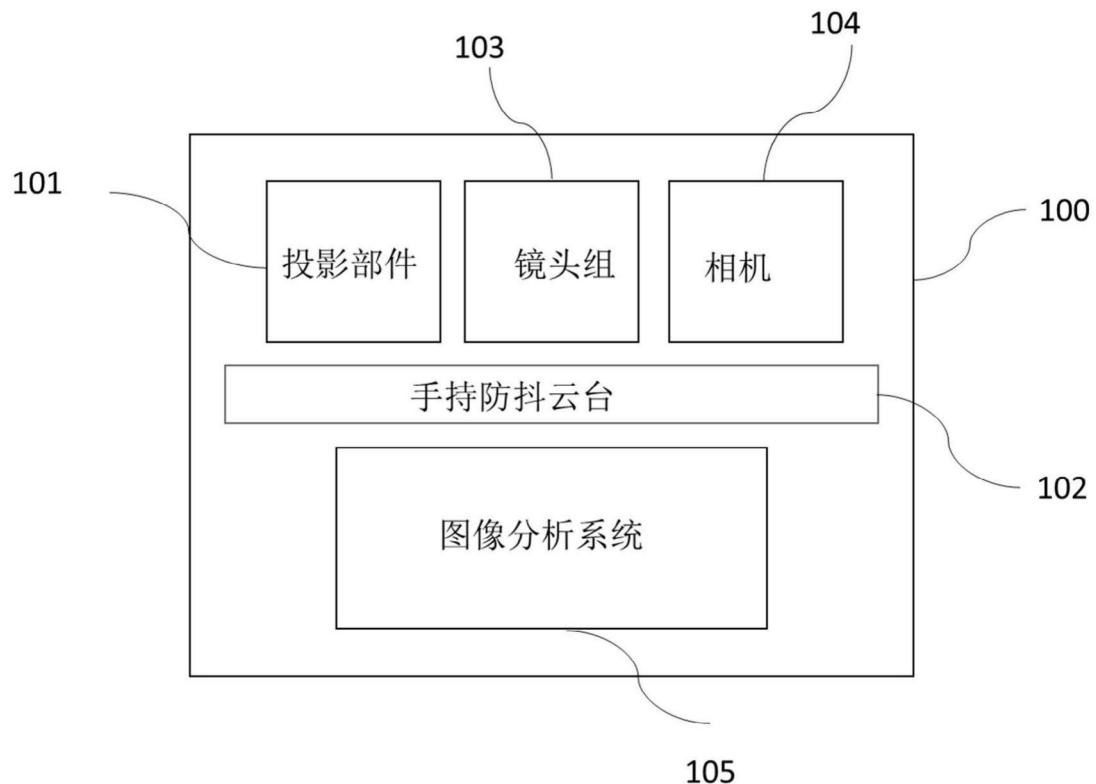


图1(a)

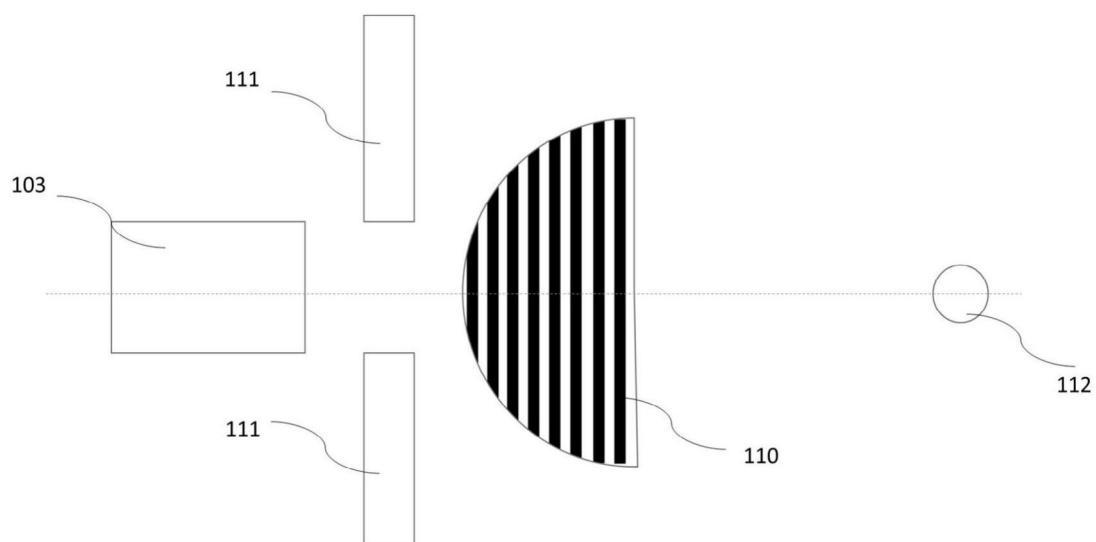


图1(b)

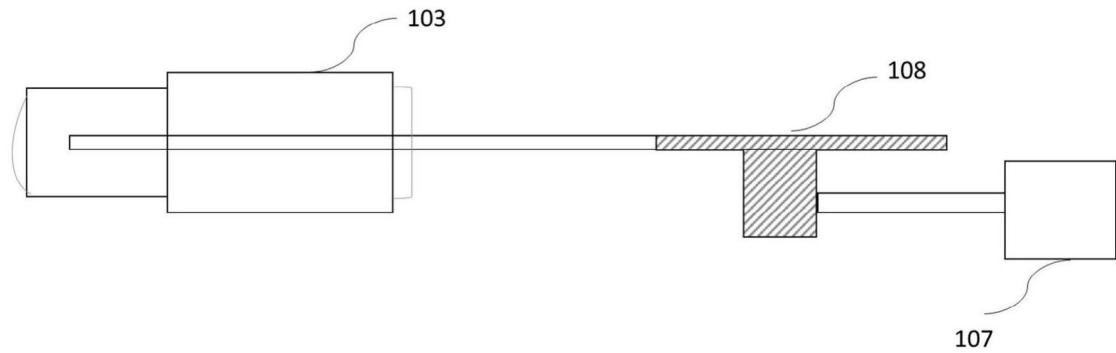


图2(a)

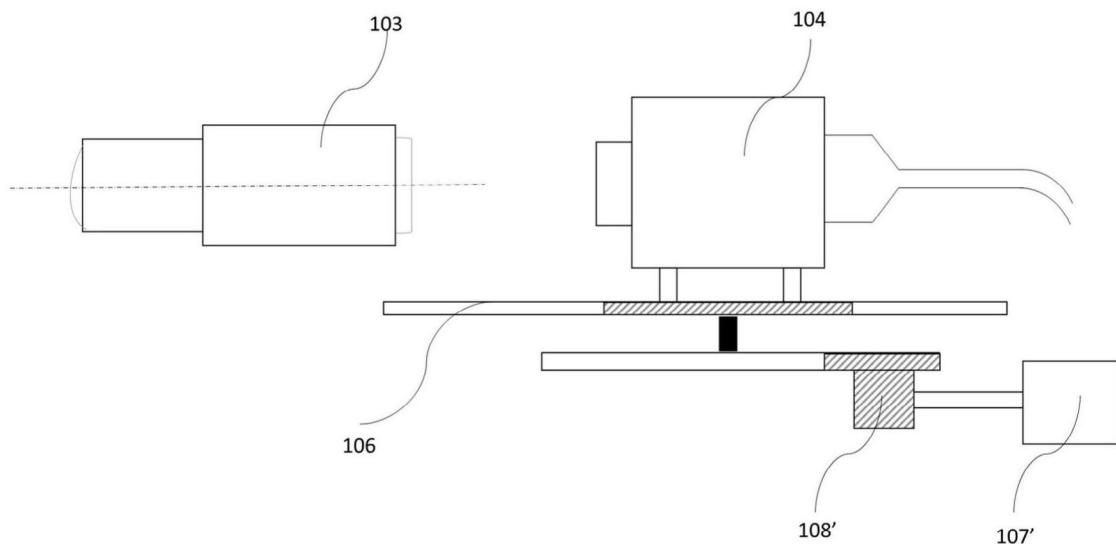


图2(b)

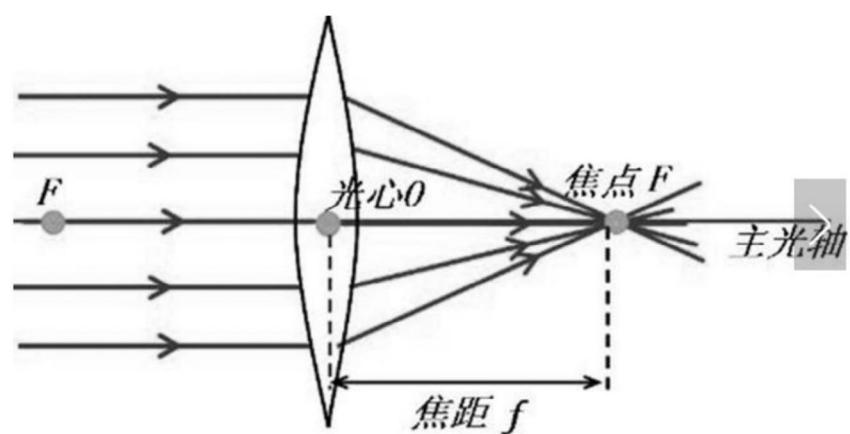


图3(a)

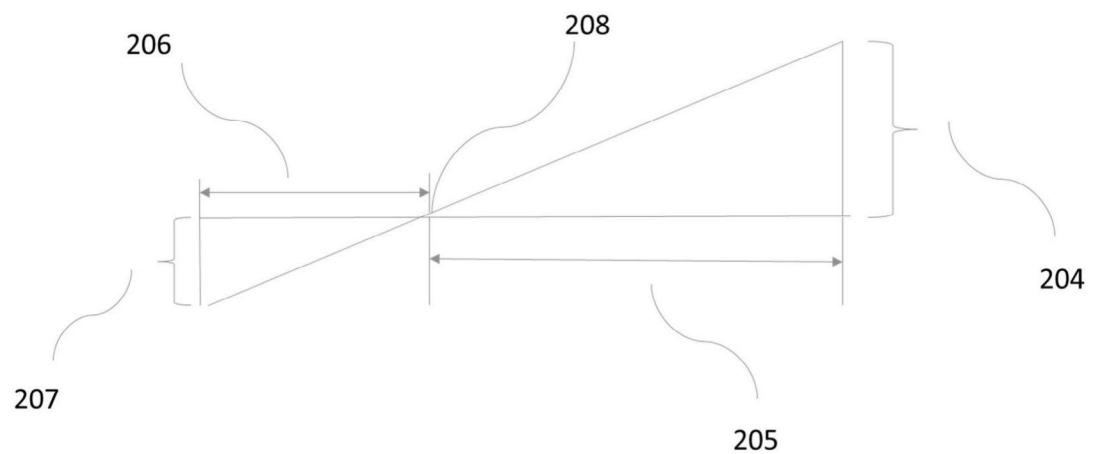


图3(b)

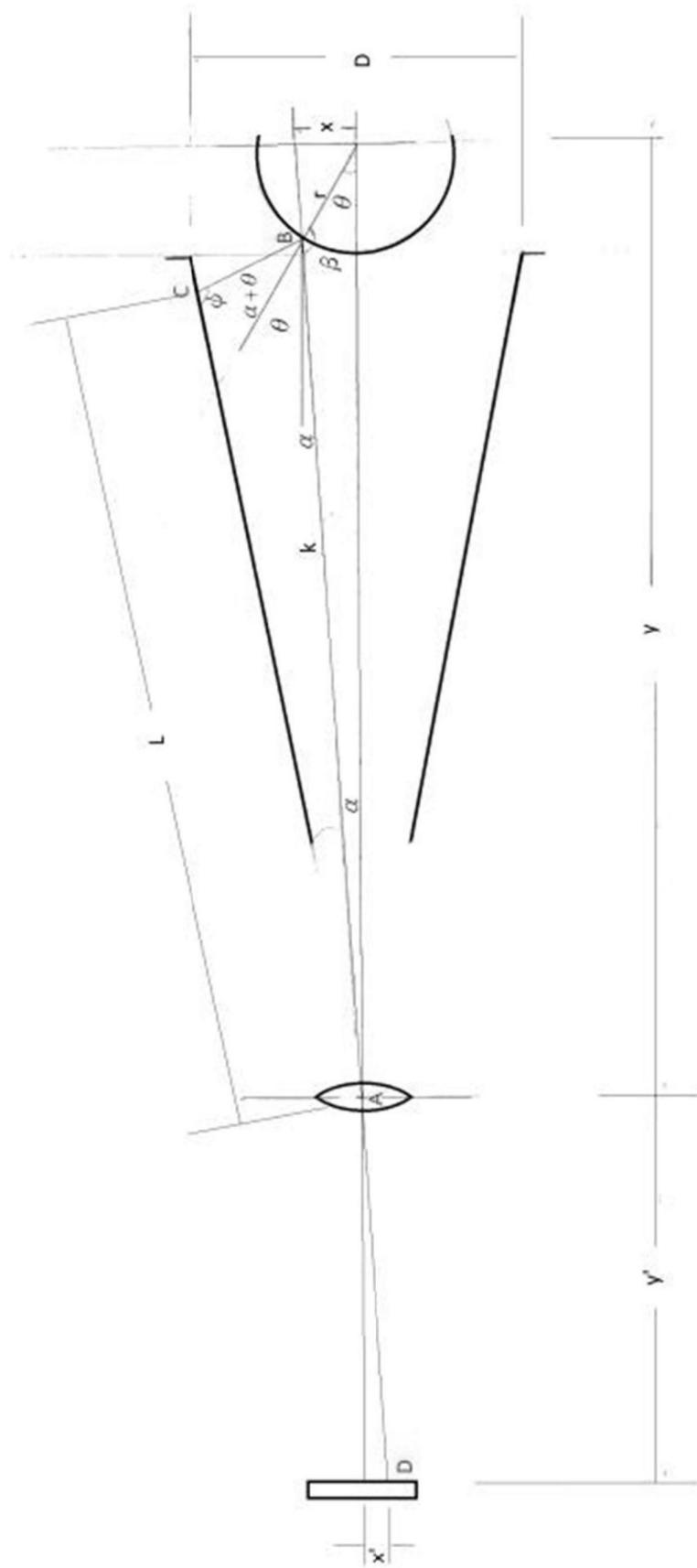


图4(b)

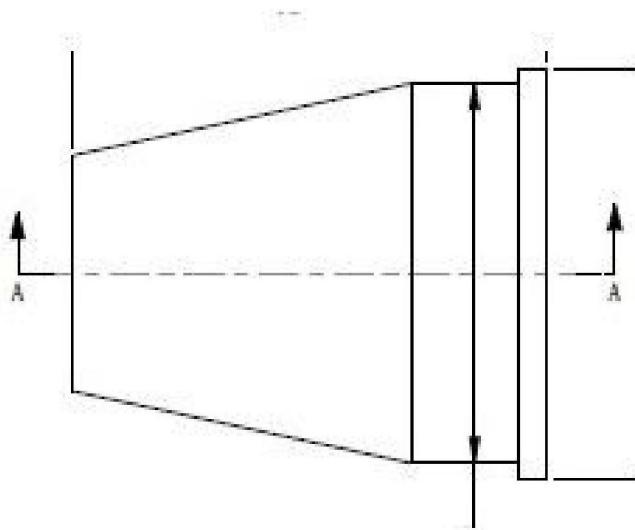


图4(a)

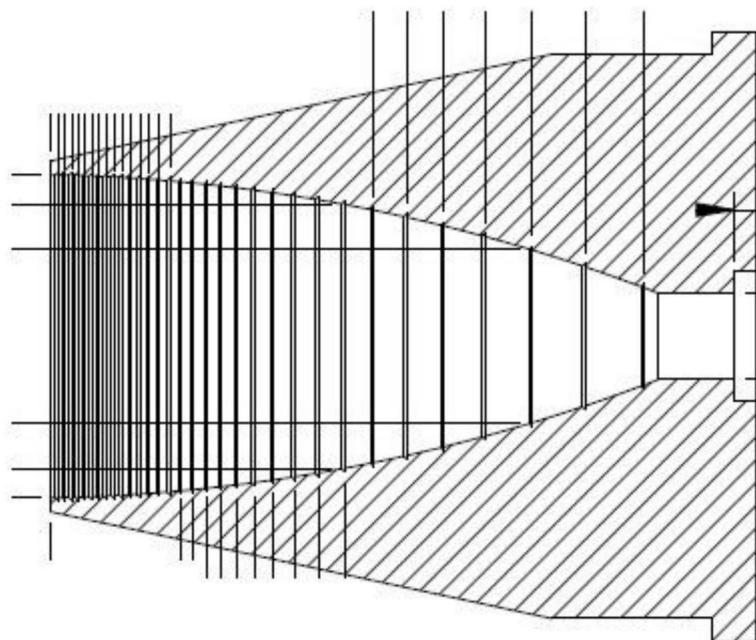


图4(c)

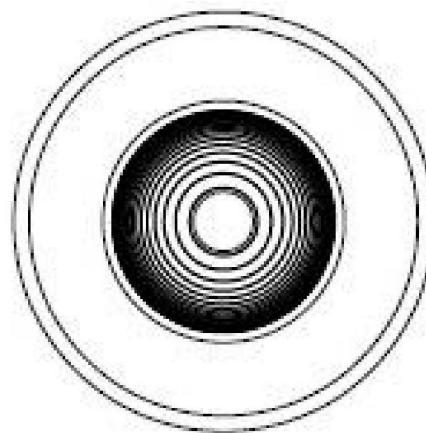


图4 (d)

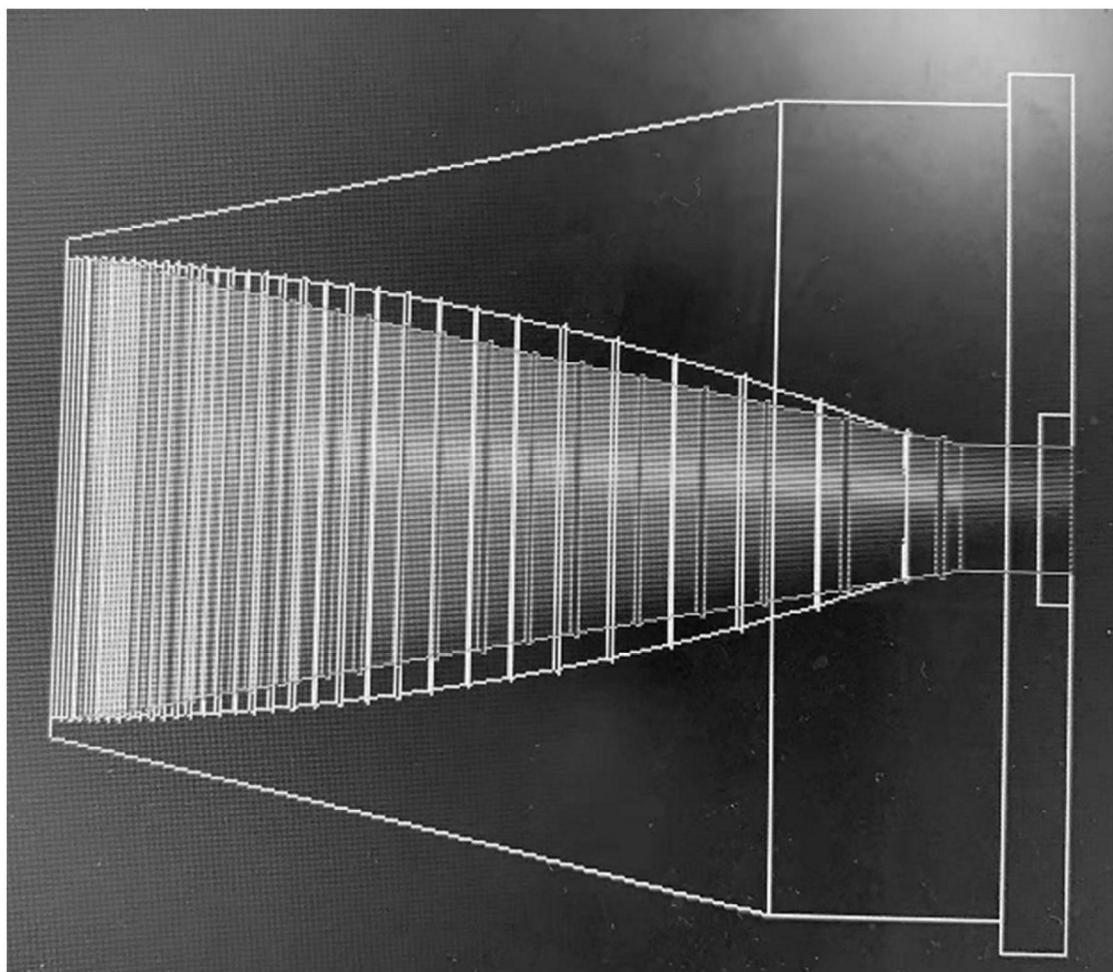


图4(e)

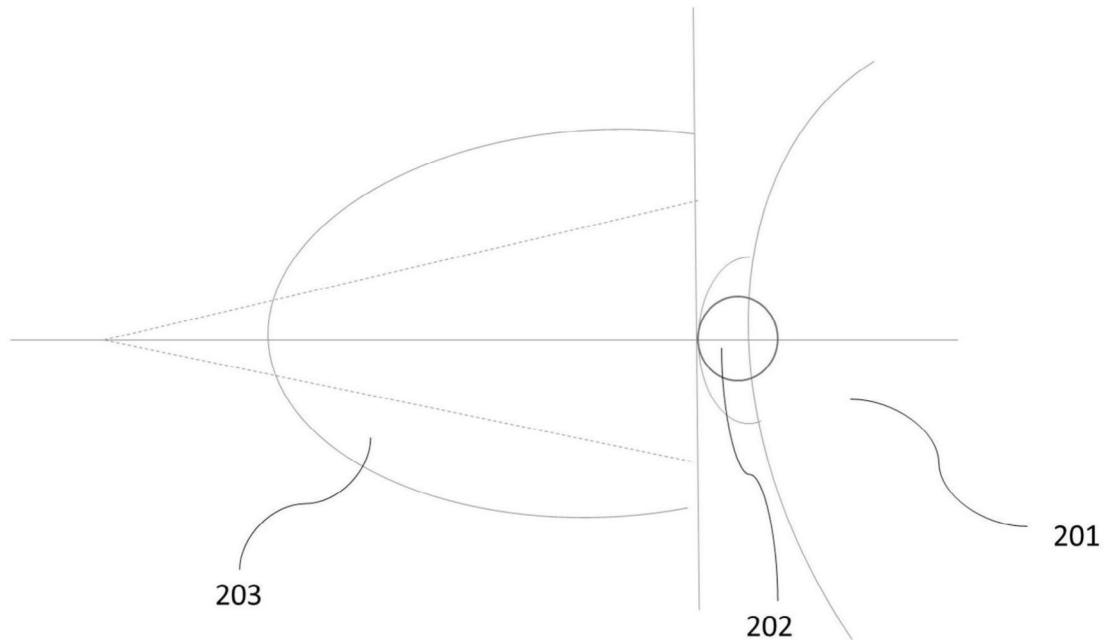


图4 (f)

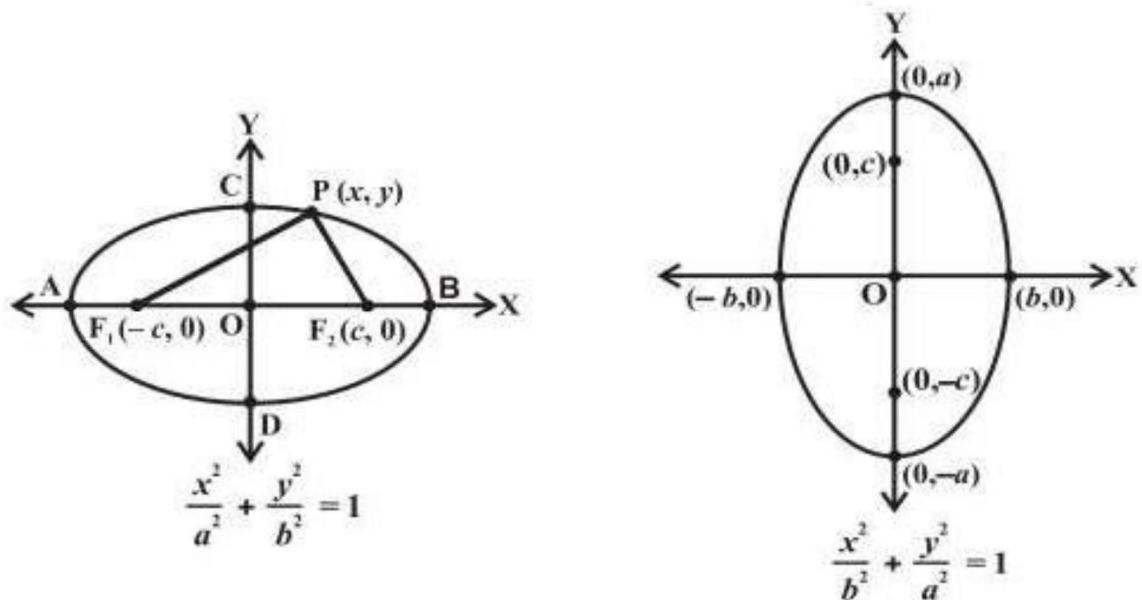


图4(g)

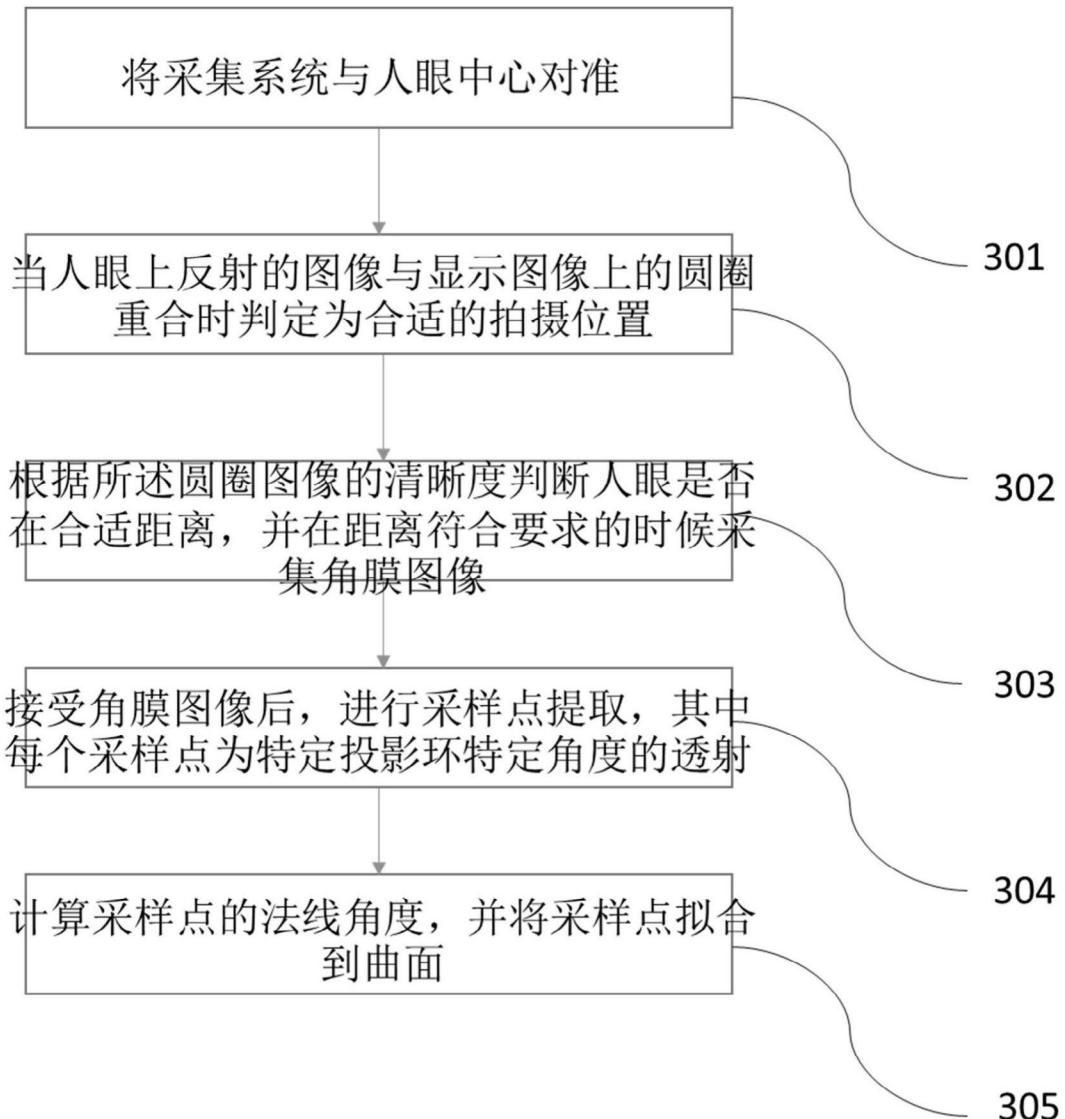


图5

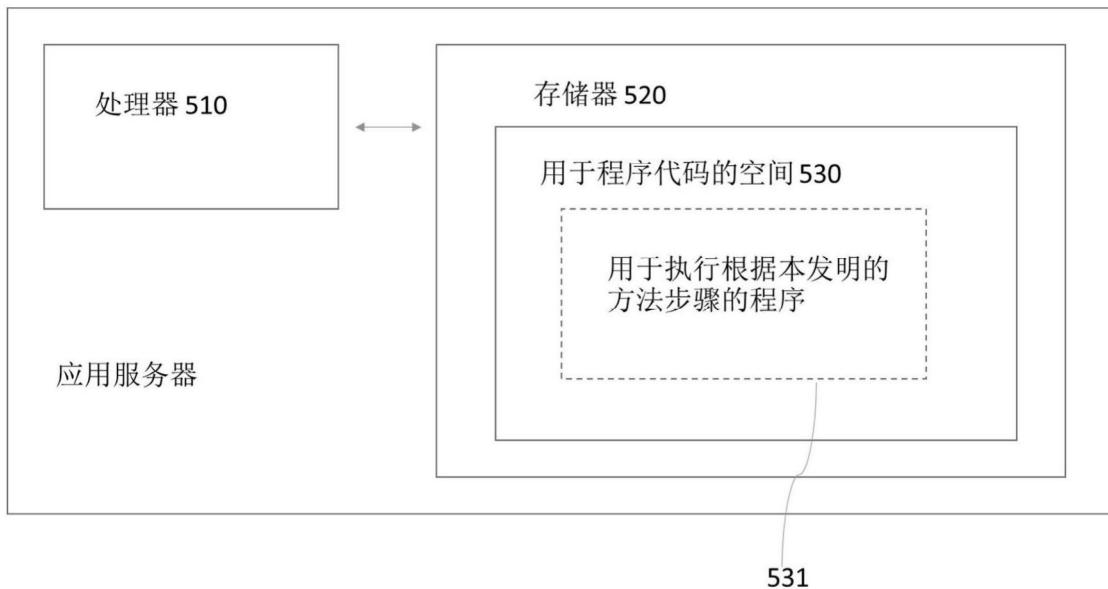


图6(a)

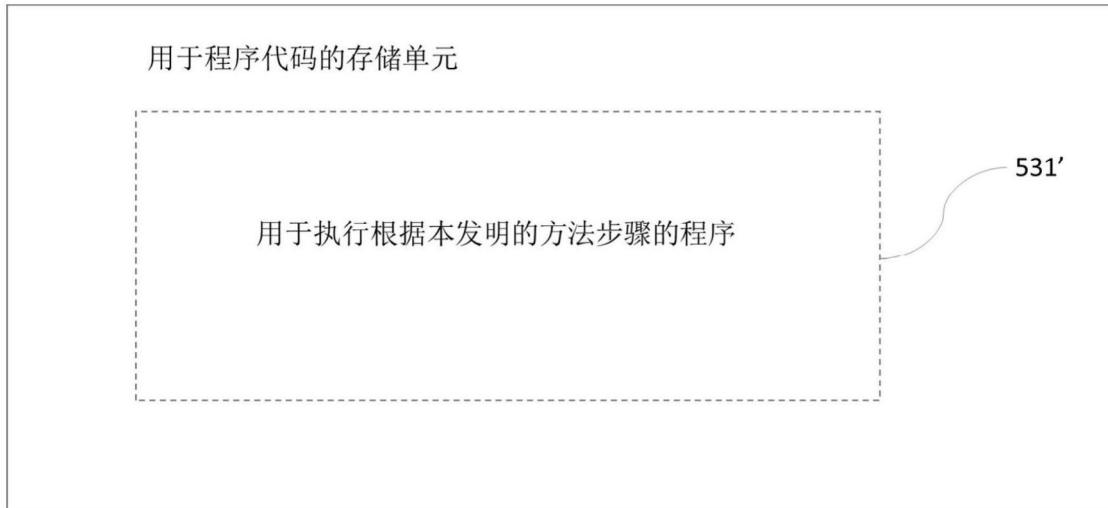


图6(b)