



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104720740 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 24

(21) 申请号 201510155703. 6

(22) 申请日 2015. 04. 02

(71) 申请人 深圳市莫廷影像技术有限公司

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽镇丽山路大学城创业园 1401 室

(72) 发明人 蔡守东 吴蕾

(51) Int. Cl.

A61B 3/135(2006. 01)

A61B 3/107(2006. 01)

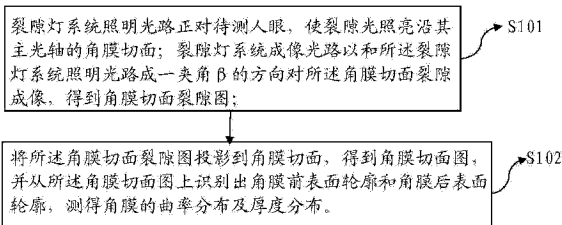
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法

(57) 摘要

本发明公布了利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,包括:利用裂隙灯拍摄出角膜切面裂隙图;将角膜切面裂隙图投影到角膜切面,得到角膜切面图,然后在角膜切面图上找到角膜前、后表面轮廓,求出角膜的曲率分布和厚度分布;或者先在角膜切面裂隙图上找到角膜前、后表面轮廓,再利用角膜切面裂隙图投影到角膜切面图所需的坐标变换关系,对角膜前、后表面轮廓进行坐标变换,得到角膜切面图上的角膜前、后表面轮廓曲线,求得角膜的曲率分布和厚度分布。本方法利用裂隙灯拍摄得到的角膜切面裂隙图,经图像处理得到角膜切面图,根据角膜切面图求得角膜的厚度分布及曲率分布,拓宽了裂隙灯的使用范围,帮助医生利用裂隙灯检测更全面的人眼参数。



1. 一种利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于,包括如下步骤:

裂隙灯系统照明光路正对待测人眼,使裂隙光照亮沿其主光轴的角膜切面;裂隙灯系统成像光路以和所述裂隙灯系统照明光路成一夹角 β 的方向对所述角膜切面裂隙成像,得到角膜切面裂隙图;

将所述角膜切面裂隙图投影到角膜切面,得到角膜切面图,从所述角膜切面图上识别出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,测得角膜的曲率分布及厚度分布。

2. 如权利要求 1 所述的利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于,将所述角膜切面裂隙图投影到角膜切面,得到角膜切面图,从所述角膜切面图上识别出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,测得角膜的曲率分布及厚度分布,具体包括如下步骤:

将所述角膜切面裂隙图上的某像素点 $EcXi'$ 投影到所述角膜切面上的对应点 $EcXi$,并计算出所述对应点 $EcXi$ 在所述角膜切面上的真实坐标;

将所述角膜切面裂隙图上的其余各像素点以同样的方法分别投影到所述角膜切面上对应位置并计算出在角膜切面上的真实坐标;

根据已经投影到所述角膜切面上的全部像素点的真实坐标,得到所述角膜切面图,将所述角膜切面图处理后,识别出角膜的前表面轮廓和后表面轮廓,测得角膜的曲率分布及厚度分布。

3. 如权利要求 2 所述的利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于:所述将角膜切面裂隙图上的某像素点 $EcXi'$ 投影到所述角膜切面上的对应点 $EcXi$,并计算出所述对应点 $EcXi$ 在所述角膜切面上的真实坐标,具体包括如下步骤:

定义所述角膜切面裂隙图的成像宽度为 L , 图像宽度方向的像素总个数为 K , 所述角膜切面裂隙图的中心线为 Sx' , 所述某点 $EcXi'$ 与所述中心线 Sx' 之间的像素个数为 ki , 所述成像光路和所述照明光路的共焦点为 Sx ;

求出所述某点 $EcXi'$ 与所述中心线 Sx' 之间的空间距离 Xi ;

$$Xi = \frac{ki}{K} L;$$

求出所述共焦点 Sx 到所述对应点 $EcXi$ 的距离 $SxEcXi$;

$$SxEcXi = \frac{SxEcXi'}{\sin \beta} = \frac{Xi}{\sin \beta} = \frac{ki \cdot L}{K \cdot \sin \beta};$$

以所述共焦点 Sx 为原点,所述 $SxEcXi$ 所在的边为横坐标建立坐标系,求出所述对应点 $EcXi$ 的坐标 $(\frac{ki \cdot L}{K \cdot \sin \beta}, 0)$;

其中, $SxEcXi'$ 为所述共焦点 Sx 到所述某像素点 $EcXi'$ 的距离,其值为 Xi 。

4. 如权利要求 3 所述的利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于:所述裂隙灯系统成像光路的主光轴和所述裂隙灯系统照明光路的主光轴构成的平面分别和所述角膜切面裂隙图所在的平面以及所述角膜切面垂直;所述角膜切面裂隙图所在的平面和所述角膜切面的交线为所述中心线 Sx' 所对应的旋转共轴线。

5. 如权利要求 4 所述的利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于:所述裂隙灯系统成像光路和所述裂隙灯照明光路,以和所述中心线 Sx' 所对应的共轴线为

旋转轴,在同一平面内转动,所述裂隙灯系统成像光路能对不同的角膜切面成像。

6. 如权利要求 4 所述的利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于:所述角膜切面裂隙图所在的平面和所述角膜切面构成的夹角为 $(90^\circ - \beta)$ 。

7. 如权利要求 3 至 6 中任一项所述的利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于:所述夹角 β 通过角度标尺读出或者通过角度测量模块自动或手动测得。

8. 如权利要求 7 所述的利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于:在使所述裂隙灯系统成像光路对人眼角膜裂隙成像前,还需要调节裂隙灯,步骤为:

上下左右调节裂隙灯的探头,使所述所述裂隙灯系统照明光路的主光轴对准角膜顶点 E_c ;

前后调节所述探头,使所述裂隙灯系统成像光路对角膜清晰成像;

此时,角膜顶点 E_c 处于所述共焦点 S_x 的附近。

9. 一种利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,其特征在于,包括如下步骤:

裂隙灯系统照明光路正对待测人眼,使裂隙光照亮沿其主光轴的角膜切面;裂隙灯系统成像光路以和所述裂隙灯系统照明光路成一夹角 β 的方向对所述角膜切面裂隙成像,得到角膜切面裂隙图;

在所述角膜切面裂隙图上识别出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,然后用和将角膜切面裂隙图投影到角膜切面同样的投影方法,对角膜前、后表面轮廓进行坐标变换,得到角膜切面上的角膜前、后表面轮廓曲线,进而测得所述角膜的曲率分布及厚度分布。

利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法

技术领域

[0001] 本发明属于裂隙灯技术应用领域,具体涉及到一种将裂隙灯测得的角膜切面裂隙图经过处理求得角膜曲率分布和厚度分布的方法。

背景技术

[0002] 裂隙灯是眼科检查的重要仪器,裂隙灯显微镜由照明系统和双目显微镜组成,它不仅能使表浅的病变观察得十分清楚,而且可以调节焦点和光源宽窄,做成“光学切面”,使深部组织的病变也能清楚地显现。裂隙灯可以清楚地观察眼睑、结膜、巩膜、角膜前房、虹膜、瞳孔、晶状体及玻璃体前 1/3,可确定病变的位置、性质、大小及其深度。角膜是位于眼球前壁的透明薄膜,约占纤维膜的前 1/6,从后面看角膜呈正圆形,从前面看为横椭圆形。角膜具有屈光和自我保护功能,在整个眼睛中处于重要地位;因此研究角膜的厚度和曲率分布有利于判断角膜是否发生病变。但是在现有技术中,还没有出现利用裂隙灯测量角膜的曲率分布和厚度分布的技术方案,因此,从这个意义上讲,若能利用裂隙灯实现测量角膜的曲率分布和厚度分布,则必然拓展了裂隙灯的用途。

发明内容

[0003] 本发明公布了一种利用裂隙灯测角膜曲率和厚度的办法,其目的在于利用裂隙灯对人眼角膜切面成像,将得到的角膜切面裂隙图处理成角膜切面图,然后根据角膜切面图求得角膜的曲率分布和厚度分布。

[0004] 本发明的技术方案:

[0005] 一种利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,包括如下步骤:

[0006] 裂隙灯系统照明光路正对待测人眼,使裂隙光照亮沿其主光轴的角膜切面;裂隙灯系统成像光路以和所述裂隙灯系统照明光路成一夹角 β 的方向对所述角膜切面裂隙成像,得到角膜切面裂隙图;

[0007] 将所述角膜切面裂隙图投影到角膜切面,得到角膜切面图,从所述角膜切面图上识别出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,测得角膜的曲率分布及厚度分布。

[0008] 进一步地,将所述角膜切面裂隙图投影到角膜切面,得到角膜切面图,从所述角膜切面图上识别出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,测得角膜的曲率分布及厚度分布,具体包括如下步骤:

[0009] 将所述角膜切面裂隙图上的某像素点 E_cX_i 投影到所述角膜切面上的对应点 E_cX_i ,并计算出所述对应点 E_cX_i 在所述角膜切面上的真实坐标;

[0010] 将所述角膜切面裂隙图上的其余各像素点以同样的方法分别投影到所述角膜切面上对应位置并计算出在角膜切面上的真实坐标;

[0011] 根据已经投影到所述角膜切面上的全部像素点的真实坐标,得到所述角膜切面图,将所述角膜切面图处理后,识别出角膜的前表面轮廓和后表面轮廓,测得角膜的曲率分布及厚度分布。

[0012] 进一步地,所述将角膜切面裂隙图上的某像素点 $EcXi'$ 投影到所述角膜切面上的对应点 $EcXi$,并计算出所述对应点 $EcXi$ 在所述角膜切面上的真实坐标,具体包括如下步骤:

[0013] 定义所述角膜切面裂隙图的成像宽度为 L , 图像宽度方向的像素总个数为 K ,所述角膜切面裂隙图的中心线为 Sx' ,所述某点 $EcXi'$ 与所述中心线 Sx' 之间的像素个数为 ki ,所述成像光路和所述照明光路的共焦点为 Sx ;

[0014] 求出所述某点 $EcXi'$ 与所述中心线 Sx' 之间的空间距离 Xi ;

$$[0015] \quad Xi = \frac{ki}{K}L;$$

[0016] 求出所述共焦点 Sx 到所述对应点 $EcXi$ 的距离 $SxEcXi$;

$$[0017] \quad SxEcXi = \frac{SxEcXi'}{\sin \beta} = \frac{Xi}{\sin \beta} = \frac{ki \cdot L}{K \cdot \sin \beta};$$

[0018] 以所述共焦点 Sx 为原点,所述 $SxEcXi$ 所在的边为横坐标建立坐标系,求出所述对应点 $EcXi$ 的坐标 $(\frac{ki \cdot L}{K \cdot \sin \beta}, 0)$;

[0019] 其中, $SxEcXi'$ 为所述共焦点 Sx 到所述某像素点 $EcXi'$ 的距离,其值为 Xi 。

[0020] 进一步地,所述裂隙灯系统成像光路的主光轴和所述裂隙灯系统照明光路的主光轴构成的平面分别和所述角膜切面裂隙图所在的平面以及所述角膜切面垂直;所述角膜切面裂隙图所在的平面和所述角膜切面的交线为所述中心线 Sx' 所对应的旋转共轴线。

[0021] 进一步地,所述裂隙灯系统成像光路和所述裂隙灯照明光路,以和所述中心线 Sx' 所对应的共轴线为旋转轴,在同一平面内转动,所述裂隙灯系统成像光路能对不同的角膜切面成像。

[0022] 进一步地,所述角膜切面裂隙图所在的平面和所述角膜切面构成的夹角为 $(90^\circ - \beta)$ 。

[0023] 进一步地,所述夹角 β 通过角度标尺读出或者通过角度测量模块自动或手动测得。

[0024] 进一步地,在使所述裂隙灯系统成像光路对人眼角膜裂隙成像前,还需要调节裂隙灯,步骤为:

[0025] 上下左右调节裂隙灯的探头,使所述所述裂隙灯系统照明光路的主光轴对准角膜顶点 Ec ;

[0026] 前后调节所述探头,使所述裂隙灯系统成像光路对角膜清晰成像;

[0027] 此时,角膜顶点 Ec 处于所述共焦点 Sx 的附近。

[0028] 一种利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法,包括如下步骤:

[0029] 裂隙灯系统照明光路正对待测人眼,使裂隙光照亮沿其主光轴的角膜切面;裂隙灯系统成像光路以和所述裂隙灯系统照明光路成一夹角 β 的方向对所述角膜切面裂隙成像,得到角膜切面裂隙图;

[0030] 在所述角膜切面裂隙图上识别出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,然后用和将角膜切面裂隙图投影到角膜切面同样的投影方法,对角膜前、后表面轮廓进行坐标变换,得到角膜切面上的角膜前、后表面轮廓曲线,进而测得所述角膜的曲率分布及厚度分布。

[0031] 本发明的有益效果：本发明包括两种技术方案，一种是：通过将裂隙灯采集到的角膜切面裂隙图上的所有像素点经过投影处理，得到了角膜切面图，然后根据角膜切面图，找到角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓，测得角膜的厚度分布及曲率分布。另外一种是：先在裂隙灯拍摄得到的角膜切面裂隙图上找出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓，然后用和方案一中将角膜切面裂隙图上的像素点投影到角膜切面上同样的投影思路，对上述角膜前后表面轮廓进行坐标变换，得到角膜切面上的角膜前后表面轮廓曲线，进而测得所述角膜的曲率分布及厚度分布。该方法拓宽了裂隙灯的用途，即根据裂隙灯测得的角膜切面裂隙图，将其处理后测得角膜的曲率分布及厚度分布，帮助医生利用裂隙灯检测更全面的人眼参数。

附图说明

[0032] 图 1 为利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法的流程图；

[0033] 图 2 为图 1 中步骤 S102 的分解图；

[0034] 图 3 为裂隙灯测人眼角膜系统示意图；

[0035] 图 4 为裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1，也就是图 5 中沿 A 向看到的详图；

[0036] 图 5 为裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1 投影到角膜切面 3 的投影示意图；

[0037] 图 6 为角膜切面裂隙图 1 上的像点 $EcXi'$ 投影到角膜切面 3 上的坐标计算示意图。

[0038] 上述各图中各符合及对应的名称分别为：

[0039] 1. 裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图；

[0040] 2. 裂隙灯系统照明光路 101 的主光轴和裂隙灯系统成像光路 102 的主光轴构成的平面；

[0041] 3. 裂隙灯系统照明光路 101 沿其主光轴照亮的角膜切面，和角膜切面图重合；

[0042] E、人眼；

[0043] Ec 、角膜顶点；

[0044] Ec' 、角膜顶点在角膜切面裂隙图 1 中的像点；

[0045] $Ec1'$ 、角膜前表面在角膜切面裂隙图 1 中的像；

[0046] $Ec2'$ 、角膜后表面在角膜切面裂隙图 1 中的像；

[0047] $EcXi$ 、采集的角膜图像对应的角膜上的某一点；

[0048] $EcXi'$ 、 $EcXi$ 在角膜切面裂隙图 1 上对应的点；

[0049] Sx 、裂隙灯系统照明光路 101 和裂隙灯系统成像光路 102 的共焦点；

[0050] Sx' 、角膜切面裂隙图中心线，对应裂隙灯系统照明光路 101 和裂隙灯系统成像光路 102 的共同旋转轴；

[0051] ki 、 $EcXi'$ 与角膜切面裂隙图 1 的中心线 Sx' 间的像素宽度；

[0052] Xi 、 $EcXi'$ 与角膜切面裂隙图 1 的中心线 Sx' 间的像素宽度 ki 所代表的空间距离；

[0053] β 、裂隙灯系统照明光路 101 和裂隙灯系统成像光路 102 的夹角；

[0054] L 、在角膜切面裂隙图 1 中过共焦点 Sx 的图像采集区域所对应的宽度；

[0055] K 、角膜切面裂隙图 1 宽度方向的像素总个数；

[0056] 101、裂隙灯系统照明光路；

[0057] 102、裂隙灯系统成像光路。

具体实施方式

[0058] 为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0059] 参考图 1,图 1 为利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法的流程图,包括:

[0060] S101:裂隙灯系统照明光路正对待测人眼,使裂隙光照亮沿其主光轴的角膜切面;裂隙灯系统成像光路以和所述裂隙灯系统照明光路成一夹角 β 的方向对所述角膜切面裂隙成像,得到角膜切面裂隙图。

[0061] 具体地,参考图 3、图 4 和图 5。在图 3 中,裂隙灯系统照明光路 101 正对待测人眼 E,并从角膜顶点 E_c 射入;裂隙灯系统成像光路 102 以和裂隙灯系统照明光路 101 构成一定夹角 β 的方向,对裂隙灯系统照明光路 101 照亮的角膜切面成像,得到角膜切面裂隙图 1。在本技术方案中,裂隙灯系统成像光路 102 和裂隙灯系统照明光路 101 需要满足共焦共轴条件。所谓共焦,即在图 3 中所显示的裂隙灯系统成像光路 102 和裂隙灯系统照明光路 101 具有共同焦点 S_x ;所谓共轴,即裂隙灯系统成像光路 102 和裂隙灯系统照明光路 101 共同垂直于同一轴线且能绕着该轴线转动。参考图 4 和图 5,由于共焦点 S_x 为共轴线在裂隙灯系统照明光路 101 的主光轴和裂隙灯系统成像光路 102 的主光轴构成的平面 2 上的投影,因此不难理解,角膜切面裂隙图中心线 S_x' 即为所说的共轴线。

[0062] S102:将所述角膜切面裂隙图投影到角膜切面,得到角膜切面图,并从所述角膜切面图上识别出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,测得角膜的曲率分布及厚度分布。

[0063] 具体地,请参考图 4 和图 5,先将角膜切面裂隙图 1 上的像素点全部投影在角膜切面 3 上,得到角膜切面图(未图示,角膜切面图和角膜切面 3 位于同一平面),从角膜切面图上找到角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,然后根据角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓得到角膜曲率分布和厚度分布;具体地,对步骤 S102 中的第一种情况的处理步骤见图 2,

[0064] S201:将所述角膜切面裂隙图上的某像素点 $E_c X_i'$ 投影到所述角膜切面上的对应点 $E_c X_i$,并计算出所述对应点 $E_c X_i$ 在所述角膜切面上的真实坐标。

[0065] 对于步骤 S201 的具体展开说明,请参考图 4、图 5 和图 6。请先参考图 4,图 4 为图 5 中的角膜切面裂隙图 1 的详图。图 4 中,定义角膜切面裂隙图 1 在宽度方向上的像素总个数为 K ,宽度为 L ,角膜切面裂隙图 1 的中心线为 S_x' ,采集的角膜切面裂隙图 1 上的某一点为 $E_c X_i'$, $E_c X_i'$ 与角膜切面裂隙图中心线 S_x' 间的像素个数为 k_i ,空间距离为 X_i ; $E_c X_i'$ 对在裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面 3 的点为 $E_c X_i$;角膜前表面图像为 $E_c 1'$,角膜后表面像为 $E_c 2'$;图 3 中的角膜顶点 E_c 在图 4 中对应的像 E_c' 。为了求得角膜切面 3 的真实图像,需要将裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1 上的每一像素点对应到角膜切面 3 上。因此,只要求出角膜切面裂隙图 1 的其中一个像素点在裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面 3 上的真实位置,就可以用同样的办法求出角膜切面裂隙图 1 上其余像素点在裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面 3 上的真实位置,最后根据角膜切面的图像识别角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,进而求得角膜厚度分布和曲率分布。

[0066] 请继续参考图 4 和图 5,由于 L 、 K 为系统已知值,因而只需测得 k_i ,便可求得 X_i , X_i 可以通过下面的公式求得:

$$[0067] \quad X_i = \frac{ki}{K} L. \quad (1)$$

[0068] 请参考图 5, 由于裂隙灯成像采图时, 是对垂直于裂隙灯系统成像光路 102 的主光轴并经过共焦点 S_x 的平面 (即平面 1) 成像, 因而角膜切面 3 上的某一点 $EcXi$ 的像点 $EcXi'$ 应当认为是 $EcXi$ 在裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1 上的投影。在本技术方案中, 共焦点 S_x 为裂隙灯系统照明光路 101 与裂隙灯系统成像光路 102 的共同焦点, 它处于角膜切面裂隙图 1 内, 也处于裂隙灯系统照明光路 101 的主光轴和裂隙灯系统成像光路 102 的主光轴构成的平面 2 内, 还处于角膜切面 3 内。

[0069] 参考图 4 和图 5, 由三角形 $S_x EcXi EcXi'$ 知,

$$[0070] \quad \frac{S_x EcXi'}{\sin \beta} = \frac{X_i}{\sin \beta} = \frac{ki \cdot L}{K \cdot \sin \beta}, \quad (2)$$

[0071] 因此, 根据公式 (2) 可以求出 $S_x EcXi$ 的距离。

[0072] 参考图 6, 当 $S_x EcXi$ 的值求出后, 以共焦点 S_x 为坐标原点, 以 $S_x EcXi$ 所在的边为横坐标建立坐标系, 求出 $EcXi$ 的坐标 $(\frac{ki \cdot L}{K \cdot \sin \beta}, 0)$ 。

[0073] 又由于 $EcXi$ 、 $EcXi'$ 同在一个平面, 因此 $EcXi'$ 投影变成 $EcXi$ 后在图像高度方向上不变, 也就是其纵坐标不变。

[0074] 因此, 通过上述计算, 可以求出裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1 上的其中一个像素点 $EcXi'$ 在裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面 3 上坐标位置。

[0075] S202: 将所述角膜切面裂隙图上的其余各像素点以同样的方法分别投影到所述角膜切面上对应位置并计算出在其上的真实坐标。

[0076] 当求出裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1 上的像素点 $EcXi'$ 在裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面 3 上的真实位置后, 接着就用同样的办法求出裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1 上的其他像素点在裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面 3 上的真实坐标。同样地, 其他像素点在投影前后图像高度方向上不变, 也就是其纵坐标不变。由于裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面 3 即角膜本身的真实的切面, 所以通过该办法能求出裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1 上任意一点在裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面上的真实位置。

[0077] 步骤 S203: 当准确确定了裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1 上所有像素点在裂隙光沿其照明光路主光轴照亮的角膜切面 3 上的真实位置后, 得到角膜切面的真实图像。将角膜切面的真实图像处理后, 得到角膜前表面轮廓图像和后表面轮廓图像, 从而得到角膜的曲率分布和厚度分布。

[0078] 本发明还公布了另外一种利用裂隙灯测角膜曲率分布和厚度分布的方法, 包括如下步骤:

[0079] S301: 裂隙灯系统照明光路正对待测人眼, 使裂隙光照亮沿其主光轴的角膜切面; 裂隙灯系统成像光路以和所述裂隙灯系统照明光路成一夹角 β 的方向对所述角膜切面裂隙成像, 得到角膜切面裂隙图。

[0080] S302: 在所述角膜切面裂隙图上识别出角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓, 然后用和将角膜切面裂隙图投影到角膜切面同样的投影办法, 对角膜前、后表面轮廓进行坐标变换, 得到角膜切面上的角膜前、后表面轮廓曲线, 进而测得所述角膜的曲率分布及厚度分

布。

[0081] 步骤 S301 和步骤 S101 一样,在此不再累述。

[0082] 对于步骤 S302,请参考图 4。根据已经拍摄到的角膜切面裂隙图 1,在它上面识别出角膜前表面轮廓 $Ec1'$ 和角膜后表面轮廓 $Ec2'$ 。参考图 5,然后将角膜前表面轮廓 $Ec1'$ 和角膜后表面轮廓 $Ec2'$ 的各像素点,先后用和公式 (1) 和公式 (2) 同样的坐标变化思路,将角膜前表面轮廓 $Ec1'$ 的各像素点和角膜后表面轮廓 $Ec2'$ 的各像素点分别投影到角膜切面 3 上,得到在角膜切面 3 上的角膜前、后表面轮廓曲线(未图示),最后求得角膜曲率分布和厚度分布。因此,该方法不需要将角膜切面裂隙图 1 上除角膜前表面轮廓 $Ec1'$ 和角膜后表面轮廓 $Ec2'$ 以外的其余像素点进行投影转换,操作比较简洁。

[0083] 在两种技术方案中,裂隙灯系统照明光路 101 和裂隙灯系统成像光路 102 可以绕共轴线 Sx' 转动,裂隙光沿其主光轴照亮的角膜切面 3 的位置可以变化,因此裂隙灯系统成像光路 102 能对不同位置的角膜切面裂隙成像。然后用上述两种方法,通过角膜切面图测得角膜不同位置的厚度分布及曲率分布。

[0084] 由图 5 还可以看出,裂隙灯系统照明光路 101 生成裂隙光沿其主光轴照亮角膜切面 3,裂隙灯系统照明光路 101 的主光轴和裂隙灯系统成像光路 102 的主光轴构成的平面 2 和角膜切面 3 垂直,角膜切面 3 和平面 2 的交线即为裂隙灯系统照明光路 101 的主光轴。

[0085] 参考图 5,裂隙灯系统成像光路 102 主光轴垂直于裂隙灯采集得到的角膜切面裂隙图 1,裂隙灯系统照明光路 101 和裂隙灯系统成像光路 102 的夹角为 β 。由于角膜切面裂隙图 1 的中心线 Sx' 垂直于平面 2,裂隙灯系统照明光路 101 的主光轴位于平面 2 内,则中心线 Sx' 必然垂直于裂隙灯系统照明光路 101;同时,中心线 Sx' 垂直于 $SxEcXi'$ 构成的直线,因此角 $EcXi'SxEcXi'$ 构成的夹角即为角膜切面裂隙图 1 和角膜切面 3 构成的夹角,其值为 $(90^\circ - \beta)$ 。角膜切面裂隙图 1 和角膜切面 3 的交线即为中心线 Sx' 。

[0086] 另外,裂隙灯在机械结构设计上需要满足裂隙灯系统成像光路 102 和裂隙灯系统照明光路 101 能绕同一旋转轴旋转,该旋转轴垂直于裂隙灯系统成像光路 102 和裂隙灯系统照明光路 101 构成的平面 2,其垂足为共焦点 Sx 。通过图 5 可以看出,该旋转轴即为中心线 Sx' ,因为共焦点 Sx 为中心线 Sx' 在平面 2 上的投影。

[0087] 还需要说明的是,利用裂隙灯的成像光路对人眼角膜裂隙成像前,还需要调节裂隙灯,其调节步骤为:

[0088] 参考图 1,通过上、下、左、右四个方向调节裂隙灯的探头(未图示),使裂隙灯系统照明光路 101 的主光轴对准角膜顶点 Ec ;接着在前后方向上调节探头,直到裂隙灯系统成像光路 102 能对角膜清晰成像。此时,角膜顶点 Ec 处于裂隙灯系统照明光路 101 与裂隙灯系统成像光路 102 的共焦点 Sx 的附近。

[0089] 另外,在两种方案中,夹角 β 可通过角度标尺(未图示)读得或者根据角度测量模块(未图示)自动或手动测得。

[0090] 综上所述,在本发明中,一种方案为:通过将裂隙灯拍摄到的角膜切面裂隙图上的全部像素点投影到角膜切面,得到了角膜切面图,然后根据角膜切面图,找到角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,根据角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓测得角膜的厚度分布及曲率分布;另一种方案是:先在裂隙灯拍摄得到的角膜切面裂隙图上找到角膜前表面轮廓和角膜后表面轮廓,然后利用和第一种方案同样的坐标投影思路,对角膜切面裂隙图上的角膜

前、后表面轮廓进行坐标变换,得到它们分别在角膜切面上的轮廓曲线,根据该轮廓曲线测得角膜的厚度分布及曲率分布。这两种方法,拓宽了裂隙灯的用途,帮助医生检测更全面的人眼参数。

[0091] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

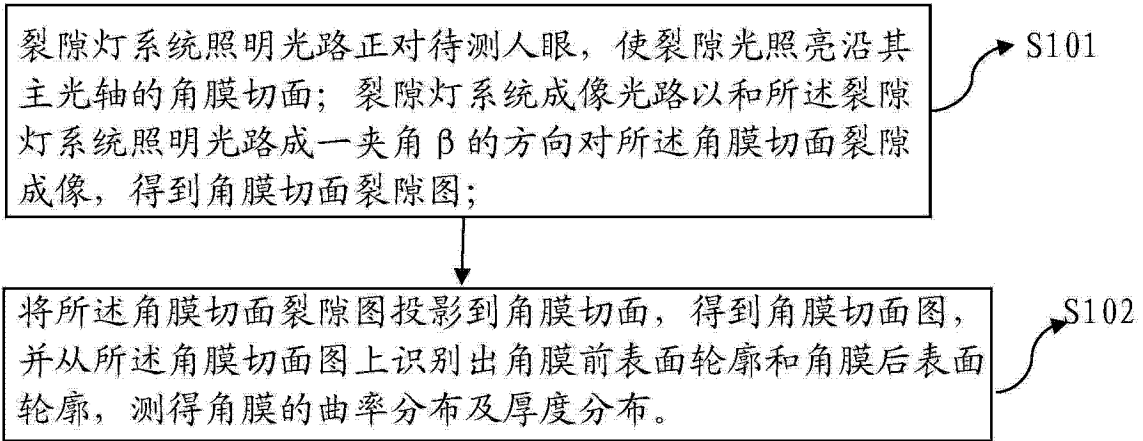


图 1

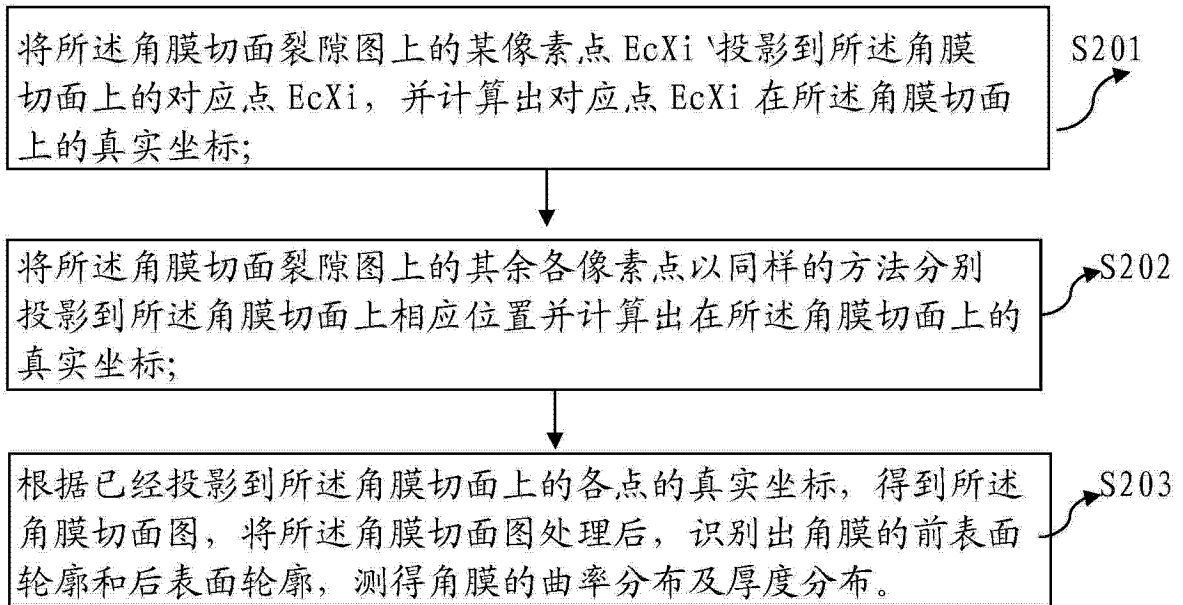


图 2

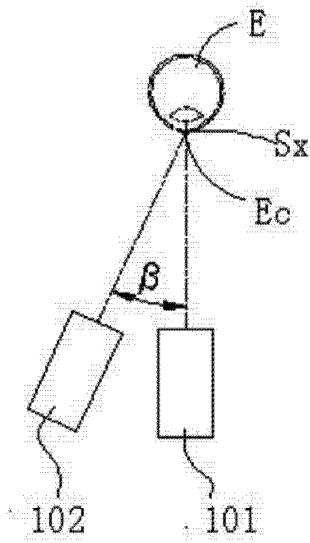


图 3

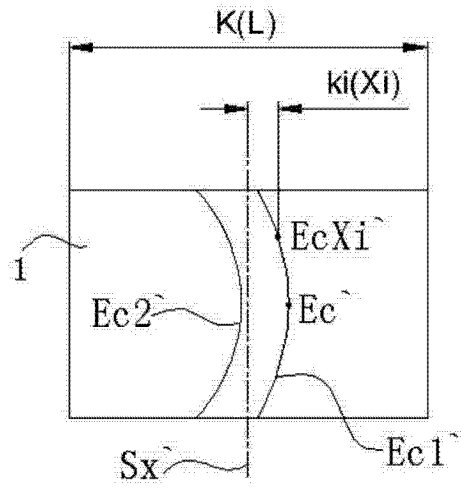


图 4

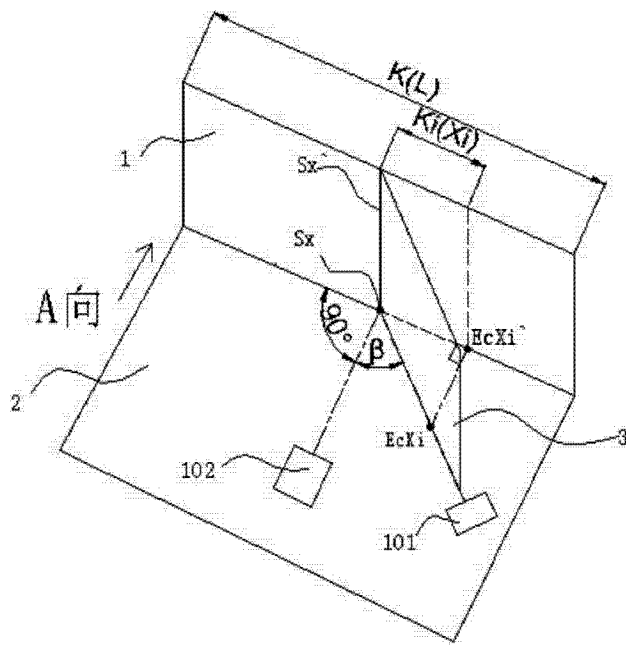


图 5

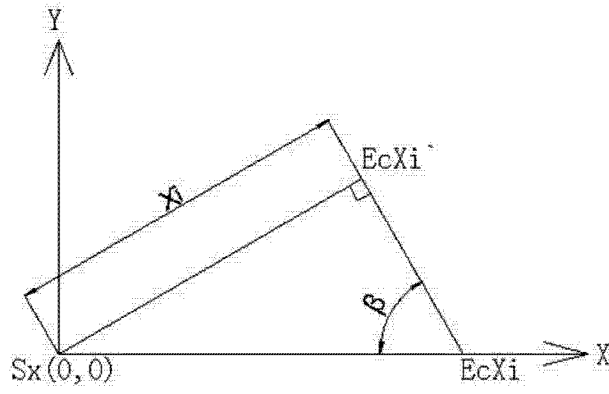


图 6