



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203643682 U

(45) 授权公告日 2014. 06. 11

(21) 申请号 201290000031. 1

(74) 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司
44202

(22) 申请日 2012. 04. 24

代理人 郝传鑫 熊永强

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2012. 04. 25

(51) Int. Cl.
G02B 23/24 (2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2012/074577 2012. 04. 24

(87) PCT国际申请的公布数据
W02013/159280 ZH 2013. 10. 31

(73) 专利权人 深圳市斯尔顿科技有限公司
地址 518000 广东省深圳市龙岗区坪地街道
坪西社区登丰街 96 号 101、201

(72) 发明人 蔡守东 李鹏 郭曙光 代祥松
吴蕾

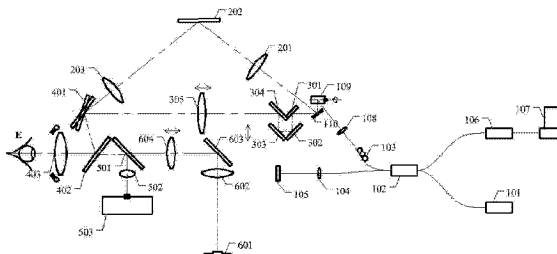
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种眼科光学相干断层成像系统

(57) 摘要

本实用新型提供了一种眼科光学相干断层成像系统,包括:光学相干断层成像 OCT 干涉仪主模块,样品臂模块,其中,所述 OCT 干涉仪主模块包括 OCT 光源、光纤耦合器、参考臂、探测模块、X 方向扫描单元、Y 方向扫描单元,所述样品臂模块包括眼前节成像模块、眼后节成像模块,其中,所述 Y 方向扫描单元可转动,当 Y 方向扫描单元处于第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元接收到的光反射进入眼前节成像模块,当 Y 扫描单元处于第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元接收到的光反射进入眼后节成像模块,本实用新型还提供了一种快速切换实现前后节成像方法,可实现在不同深度位置的同时成像和快速切换以及在此基础上准确地测量出眼轴长。



1. 一种眼科光学相干断层成像系统,其特征在于,包括:光学相干断层成像 OCT 干涉仪主模块,样品臂模块,其中,所述 OCT 干涉仪主模块包括 OCT 光源、光纤耦合器、参考臂、探测模块、X 方向扫描单元、Y 方向扫描单元,所述样品臂模块包括眼前节成像模块、眼后节成像模块,其中,

所述 OCT 光源输出的光经过所述光纤耦合器向所述样品臂模块和参考臂提供光,所述参考臂将接收到的光反射回到所述光纤耦合器,所述 Y 方向扫描单元可转动,当 Y 方向扫描单元处于第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元接收到的光反射进入眼前节成像模块,当 Y 扫描单元处于第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元接收到的光反射进入眼后节成像模块,所述光纤耦合器接收所述样品臂模块散射回来的光,并与所述参考臂的反射回来的光发生干涉,所述探测模块用于探测所述干涉光。

2. 如权利要求 1 所述的系统,其特征在于,所述眼前节成像模块包括:全反射镜、可转动调节全反射镜、二向色镜及眼底镜,其中,

所述 Y 方向扫描单元转动第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光发射到所述全反射镜,由所述全反射镜反射到所述可旋转调节全反射镜,所述可旋转调节全反射镜是根据所述 Y 方向扫描单元的转动而做相应的旋转调节的,并和所述 Y 方向扫描单元相互配合实现将所述照射在可旋转调节全反射镜的光反射到所述二向色镜,由所述二向色镜反射到所述眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

3. 如权利要求 2 所述的系统,其特征在于,所述眼前节成像模块还包括至少一个中继透镜,其中,

在所述 Y 方向扫描单元和所述全反射镜之间至少有一个中继透镜,此时,所述 Y 方向扫描单元转动第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光透过所述中继透镜发射到所述全反射镜;或

在所述全反射镜和所述可旋转调节全反射镜之间至少有一个中继透镜,此时,由所述全反射镜将所述 X 方向扫描单元发出的光反射透过所述中继透镜照射到所述可旋转调节全反射镜。

4. 如权利要求 1 所述的系统,其特征在于,所述眼后节成像模块包括:光程调节单元、屈光调节单元、可转动调节全反射镜、二向色镜及眼底镜,其中,

所述 Y 方向扫描单元转动第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光反射进入所述光程调节单元,由所述光程调节单元反射透过所述屈光调节单元照射到所述可旋转调节全反射镜,所述可旋转调节全反射镜是根据所述 Y 方向扫描单元的转动而做相应的旋转调节,并和所述 Y 方向扫描单元相互配合将所述照射在可旋转调节全反射镜的光反射到所述二向色镜,由所述二向色镜反射到所述眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

5. 如权利要求 1 所述的系统,其特征在于,还包括:虹膜成像模块,其中,

所述虹膜成像模块包括:眼底镜、二向色镜、虹膜二向色镜、物镜、摄像头,照明光源发出的光照射到被检人眼的角膜,并在角膜发生反射,所述反射光透射所述眼底镜和二向色镜到所述虹膜二向色镜,由所述二向色镜反射到所述物镜,由所述物镜透射到所述摄像头,由所述摄像头拍摄到。

6. 如权利要求 1 所述的系统,其特征在于,还包括:固视光学模块,其中,

所述固视光学模块包括:固视设备、透镜、全反射镜、屈光补偿镜、二向色镜、眼底镜,所

述固视设备的光经过所述透镜聚焦之后,被所述全反射镜反射到所述屈光补偿镜,由所述屈光补偿镜透射到所述虹膜成像模块中的虹膜二向色镜,由所述虹膜二向色镜透射到所述二向色镜和眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

7. 如权利要求 4 所述的系统,其特征在于,所述光程调节单元包括四个全反射镜,其中二个全反射镜固定不动,另外二个是可移动全反镜,在实现光程调节时只需保持其中二个全反镜不动,同时移动另外二个可移动全反射镜,便能实现光程调节。

8. 如权利要求 4 所述的系统,其特征在于,所述光程调节单元还包括二个全反射镜和一个可移动反向回射器,在实现光程调节时只需要保持二个全反射镜不动,同时通过移动所述可移动反向回射器,便能实现光程调节。

9. 如权利要求 1 至 4 中任一项系统,其特征在于,所述 Y 方向扫描单元中的全反射镜采用振镜。

10. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于,所述固视光学模块中的固视设备包括 LCD 或 OLED。

11. 如权利要求 7 或 8 所述的系统,其特征在于,所述光程调节单元的调节量是通过位置感应器获取得到,所述位置感应器是加装在所述光程调节单元中的可移动全反射镜或可移动反向回射器上。

一种眼科光学相干断层成像系统

技术领域

[0001] 本发明涉及光电子技术领域,尤其涉及一种眼科光学相干断层成像系统及快速切换实现前后节成像方法。

背景技术

[0002] 眼轴长是判断人眼屈光不正的根源,区别真性近视与假性近视,测算白内障手术后人工晶体参数的重要指标。

[0003] 现有技术中测量眼轴长的方法包括 A 超测量法和光学测量法,现有的 A 超测量法是采用超声测距原理,但需要探头直接接触人眼,且超声的分辨率较低、测量不够精确,而光学测量法基于双波长的光相干原理来测量眼轴长,其中光学相干断层成像(OCT, Optical Coherence Tomography)就是一种新兴的光学成像技术,专利文献 200710020707.9 公开了一种利用 OCT 测量眼轴长的测量方法,该方法虽然可以实现人眼和各种动物活体的眼轴长度的测量,但发明人在实施本发明的过程中,发现现有技术至少具有如下缺点:1,采用步进电机的移动探头,来实现光程的调节,从而实现角膜和眼底的成像。而电机发生前后移动需要一定的时间,无法实现前后节快速切换并实时成像,加上被测对象的眼睛会抖动,使得测量眼轴长度不准确,误差非常大;2,由于角膜及眼底结构不同,采用同一个探头无法在这两个位置都聚焦,导致成像质量差。

发明内容

[0004] 本发明实施例所要解决的技术问题在于,提供一种眼科光学相干断层成像系统及测量眼轴长的方法,实现在不同深度位置的同时成像和快速切换以及在此基础上准确地测量出眼轴长。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明实施例提供了一种眼科光学相干断层成像系统,包括:光学相干断层成像 OCT 干涉仪主模块,样品臂模块,其中,所述 OCT 干涉仪主模块包括 OCT 光源、光纤耦合器、参考臂、探测模块、X 方向扫描单元、Y 方向扫描单元,所述样品臂模块包括眼前节成像模块、眼后节成像模块,其中,

[0006] 所述 OCT 光源输出的光经过所述光纤耦合器向所述样品臂模块和参考臂提供光,所述参考臂将接收到的光反射回到所述光纤耦合器,所述 Y 方向扫描单元可转动,当 Y 方向扫描单元处于第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元接收到的光反射进入眼前节成像模块,当 Y 扫描单元处于第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元接收到的光反射进入眼后节成像模块,所述光纤耦合器接收所述样品臂模块散射回来的光,并与所述参考臂的反射回来的光发生干涉,所述探测模块用于探测所述干涉光。

[0007] 其中,所述眼前节成像模块包括:全反射镜、可转动调节全反射镜、二向色镜及眼底镜,其中,

[0008] 所述 Y 方向扫描单元转动第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光发射到所述全反射镜,由所述全反射镜反射到所述可旋转调节全反射镜,所述可旋转调节全反

镜是根据所述 Y 方向扫描单元的转动而做相应的旋转调节的,并和所述 Y 方向扫描单元相互配合实现将所述照射在可旋转调节全反射镜的光反射到所述二向色镜,由所述二向色镜反射到所述眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

[0009] 其中,所述眼前节成像模块还包括至少一个中继透镜,其中,

[0010] 在所述 Y 方向扫描单元和所述全反射镜之间至少有一个中继透镜,此时,所述 Y 方向扫描单元转动第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光透过所述中继透镜发射到所述全反射镜;或

[0011] 在所述全反射镜和所述可旋转调节全反射镜之间至少有一个中继透镜,此时,由所述全反射镜将所述 X 方向扫描单元发出的光反射透过所述中继透镜照射到所述可旋转调节全反射镜。

[0012] 其中,所述眼后节成像模块包括:光程调节单元、屈光调节单元、可转动调节全反射镜、二向色镜及眼底镜,其中,

[0013] 所述 Y 方向扫描单元转动第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光反射进入所述光程调节单元,由所述光程调节单元反射透过所述屈光调节单元照射到所述可旋转调节全反射镜,所述可旋转调节全反射镜是根据所述 Y 方向扫描单元的转动而做相应的旋转调节,并和所述 Y 方向扫描单元相互配合将所述照射在可旋转调节全反射镜的光反射到所述二向色镜,由所述二向色镜反射到所述眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

[0014] 其中,还包括:虹膜成像模块,其中,

[0015] 所述虹膜成像模块包括:眼底镜、二向色镜、虹膜二向色镜、物镜、摄像器,照明光源发出的光照射到被检人眼的角膜,并在角膜发生反射,所述反射光透射所述眼底镜和二向色镜到所述虹膜二向色镜,由所述二向色镜反射到所述物镜,由所述物镜透射到所述摄像器,由所述摄像器拍摄到。

[0016] 其中,还包括:固视光学模块,其中,

[0017] 所述固视光学模块包括:固视设备、透镜、全反射镜、屈光补偿镜、二向色镜、眼底镜,所述固视设备的光经过所述透镜聚焦之后,被所述全反射镜反射到所述屈光补偿镜,由所述屈光补偿镜透射到所述虹膜成像模块中的虹膜二向色镜,由所述虹膜二向色镜透射到所述二向色镜和眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

[0018] 其中,所述光程调节单元包括四个全反射镜,其中二个全反射镜固定不动,另外二个是可移动全反射镜,在实现光程调节时只需保持其中二个全反射镜不动,同时移动另外二个可移动全反射镜,便能实现光程调节。

[0019] 其中,所述光程调节单元还包括二个全反射镜和一个可移动反向回射器,在实现光程调节时只需要保持二个全反射镜不动,同时通过移动所述可移动反向回射器,便能实现光程调节。

[0020] 其中,所述 Y 方向扫描单元中的全反射镜采用振镜。

[0021] 其中,所述固视光学模块中的固视设备包括 LCD 或 OLED。

[0022] 其中,所述光程调节单元的调节量是通过位置感应器获取得到,所述位置感应器是加装在所述光程调节单元中的可移动全反射镜或可移动反向回射器上。

[0023] 相应地,本发明实施例还提供了一种快速切换实现眼前后节成像方法,包括:

[0024] 当所述 Y 方向扫描单元转动第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光发

射到所述全反射镜,由所述全反射镜反射到所述可旋转调节全反射镜,所述可旋转调节全反射镜是根据所述 Y 方向扫描单元的转动而做相应的旋转调节的,并和所述 Y 方向扫描单元相互配合实现将所述照射在可旋转调节全反射镜的光反射到所述二向色镜,由所述二向色镜反射到所述眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

[0025] 当所述 Y 方向扫描单元转动第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光反射进入所述光程调节单元,由所述光程调节单元反射透过所述屈光调节单元照射到所述可旋转调节全反射镜,所述可旋转调节全反射镜是根据所述 Y 方向扫描单元的转动而做相应的旋转调节,并和所述 Y 方向扫描单元相互配合将所述照射在可旋转调节全反射镜的光反射到所述二向色镜,由所述二向色镜反射到所述眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

[0026] 其中,包括:

[0027] 当系统在进行眼前节成像时,获取所述眼前节成像中的光线从光纤发出后到达测试者角膜所经过的光学距离,所述光学距离为眼前节光路固有光程+眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A,其中,所述眼前节光路固有光程是系统固有的参数,所述眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A 通过对 OCT 图像进行分析得到;

[0028] 当系统在进行眼后节成像时,获取所述眼后节成像中的光线从光纤发出后到达测试者视网膜所经过的光学距离,所述光学距离为眼后节光路固有光程+光程调节量+眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B,其中,所述眼后节光路是系统固有的参数,所述眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B 通过对 OCT 图像进行分析得到;

[0029] 计算所述眼前节成像时的光学距离和所述眼后节成像时的光学距离的差值,获取眼轴光学长度,其中,所述眼轴光学长度为:(眼后节光路固有光程+光程调节量+眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B)-(眼前节光路固有光程+眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A)。

[0030] 其中,包括:

[0031] 当系统在进行眼前节成像时,采集所述眼前节成像光路中的角膜图像中的角膜前表面,并通过调节光程调节单元中可移动全反射镜或可移动反向回射器来改变眼后节成像光路光程,以便测量晶状体表面,从而获取前房光学深度,所述前房光学深度是所述角膜到所述晶状体前表面的距离,其中,所述角膜前表面利用眼前节成像系统实现的,所述晶状体前表面是利用眼后节成像系统实现的。

[0032] 其中,包括:

[0033] 当系统在进行眼前节成像时,采集所述眼前节成像光路中的角膜图像,通过调节光程调节单元中可移动全反射镜或可移动反向回射器来改变眼后节光路光程,以便让后节光路测量晶状体后表面,获取所述角膜到所述晶状体后表面的距离,通过该距离减去所述前房光学深度,得到所述晶状体的光学的厚度;或

[0034] 让所述眼前节光路扫描晶状体的前表面,同时让所述眼后节光路采集晶状体后表面,得到晶状体的光学厚度,所述晶状体的光学厚度是所述眼后节光路采集到的晶状体后表面减去所述眼前节光路扫描到的晶状体前表面。

[0035] 实施本发明,可以实现在不同深度位置快速切换并实时成像,一方面具有快速切换功能,可实现对物体不同深度进行测量,提高了 OCT 系统的探测范围,切换系统稳定,定位精确,不影响系统信噪比;另一方面能实现光束在不同位置分别聚焦,可针对不同视力的

人眼实现高质量的前后节成像,具有较高的横向分辨率,且在实现眼前后节成像的基础上,增加实时测量眼轴长的功能。

附图说明

[0036] 图 1 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统的第一例结构示意图;

[0037] 图 2 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统中实现眼前节成像模块的结构示意图;

[0038] 图 3 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统中实现眼后节成像模块的结构示意图;

[0039] 图 4 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统中虹膜成像模块的结构示意图;

[0040] 图 5 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统中固视光学模块的结构示意图;

[0041] 图 6 是本发明实施例提供的一种快速切换实现眼前后节成像的方法的示意图;

[0042] 图 7 是本发明实施例提供的快速切换实现眼前后节成像的基础上测量眼轴长的结构示意图;

[0043] 图 8 是本发明实施例提供的快速切换实现眼前后节成像的基础上测量眼轴长的示意图。

具体实施方式

[0044] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0045] 图 1 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统的第一例结构示意图,如图 1 所示,包括:光学相干断层成像 OCT 干涉仪主模块,样品臂模块,其中,所述 OCT 干涉仪主模块包括 OCT 光源 101、光纤耦合器 102、参考臂 104、探测模块 106、X 方向扫描单元 109、Y 方向扫描单元 110,所述样品臂模块包括眼前节成像模块、眼后节成像模块,其中,

[0046] 所述 OCT 光 101 源输出的光经过所述光纤耦合器 102 向所述样品臂模块和参考臂 104 提供光,所述参考臂 104 将接收到的光反射回到所述光纤耦合器 102,所述 X 方向扫描单元 109 接收所述 OCT 光源 101 输出的光,所述 Y 方向扫描单元 110 可转动,当 Y 方向扫描单元 110 处于第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元 109 接收到的光反射进入眼前节成像模块,当 Y 扫描单元 110 处于第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元 109 接收到的光反射进入眼后节成像模块,所述光纤耦合器 102 接收所述样品臂模块散射回来的光,并与所述参考臂 104 的反射回来的光发生干涉,所述探测模块 106 用于探测所述干涉光,并经过所述计算机 107 处理和显示。

[0047] 具体的,在本发明实施例中,当所述 OCT 光源 101 为弱相干光源时,所述探测模块 106 中的探测器为光谱仪(系统为频域 OCT),当所述 OCT 光源 101 为扫频光源时,所述探测

器为高速光电探测器(系统为扫频 OCT),所述参考臂 104 包括参考镜 105 和准直镜 108,其中,所述参考臂 104 通过所述参考镜 105 将接收到的所述 OCT 光源 101 输出的光反射回到所述光纤耦合器 102 中,所述准直镜 108 将所述 OCT 光源 110 输出的光发送到所述 X 方向扫描单元 109,所述 Y 方向扫描单元 110 可转动,通过所述 Y 方向扫描单元 110 的转动,将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光路反射进入与转动角度对应的成像模块,即当 Y 方向扫描单元 110 处于第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元 109 接收到的光反射进入眼前节成像模块,当 Y 扫描单元 110 处于第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元 109 接收到的光反射进入眼后节成像模块,所述 OCT 干涉仪主模块还包括偏振控制器 103,所述偏振控制器 103 与所述光纤耦合器 102 相连接的,用于接收所述样品臂模块反射回来的光,并发送到所述光纤耦合器 102。

[0048] 需要说明的是,所述样品臂模块包括眼前节成像模块、眼后节成像模块,其中,所述眼前节成像模块包括:全反射镜 202、可转动调节全反射镜 401、二向色镜 402 以及眼底镜 403,其中,所述 Y 方向扫描单元 110 转动第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光反射到所述全反射镜 202,由所述全反射镜 202 反射到所述可旋转调节全反射镜 401,所述可旋转调节全反镜 401 是根据所述 Y 方向扫描单元 110 的转动而做相应的旋转调节的,并和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现将所述照射在可旋转调节全反射镜 401 的光反射到所述二向色镜 402,由所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403,由所述眼底镜 403 入射到被检人眼 E。

[0049] 需要说明的是,所述样品臂模块包括眼前节成像模块、眼后节成像模块,其中,所述眼后节成像模块除了包括所述眼前节成像模块中的可转动调节全反射镜 401、二向色镜 402 及眼底镜 403 外,所述眼后节成像模块进一步包括:光程调节单元、屈光调节单元 305、所述 Y 方向扫描单元 110 转动第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光反射进入所述光程调节单元中的第一全反镜 301,并经过所述第二全反镜 302、第三全反镜 303、第四全反镜 304,由所述光程调节单元反射透过所述屈光调节单元 305 到所述可旋转调节全反射镜 401,所述可旋转调节全反镜 401 根据所述 Y 方向扫描单元 110 的转动角度而做相应的旋转,并和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现将所述照射在可旋转调节全反射镜 401 的光反射到所述二向色镜 402,由所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403,由所述眼底镜 403 入射到被检人眼 E。

[0050] 需要说明的是,所述眼前节成像模块中的可转动调节全反射镜 401、二向色镜 402 及眼底镜 403 和所述眼后节成像模块中的可转动调节全反射镜 401、二向色镜 402 及眼底镜 403 是相同的。

[0051] 需要说明的是,所述眼科光学相干断层成像系统还包括虹膜成像模块,其中,所述虹膜成像模块包括:虹膜二向色镜 501、物镜 502、摄像器 503,当照明光源发出的光照射到被检人眼的角膜,并在角膜发生反射,所述反射光透射所述眼底镜 403 和二向色镜 402 到所述虹膜二向色镜 501,由所述虹膜二向色镜 501 反射到所述物镜 502,由所述物镜 502 透射到所述摄像器 503,由所述摄像器 503 拍摄到。

[0052] 需要说明的是,所述眼科光学相干断层成像系统还包括固视光学模块,其中,所述固视光学模块包括:固视设备 601、透镜 602、全反射镜 603、屈光补偿镜 604,所述固视设备 601 的光路经过所述透镜 602 聚焦之后,被所述全反射镜 603 反射到所述屈光补偿镜 604,

由所述屈光补偿镜 604 透射到所述虹膜二向色镜 501, 由所述虹膜二向色镜 501 透射到所述二向色镜 402 和眼底镜 403, 由所述眼底镜 403 入射到被检人眼 E。

[0053] 本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统既能够实现眼后节成像功能又能够实现眼前节成像功能, 通过所述 Y 方向扫描单元 110 和所述可转动调节全反射镜 401 相互配合, 即在转动所述 Y 方向扫描单元 110 的同时, 所述可转动全反射镜 401 也做相应的旋转, 能够实现在不同深度位置上的快速准确实时成像及前后节成像系统之间的切换, 且在实现眼前节和眼后节成像的基础上, 增加实时测量眼轴长的功能。

[0054] 图 2 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统中实现眼前节成像模块的结构示意图, 如图 2 所示, 所述眼前节成像模块包括: 全反射镜 202、可转动调节全反射镜 401、二向色镜 402 以及眼底镜 403, 其中, 所述 Y 方向扫描单元 110 转动第一转动角度时, 将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光发射到所述全反射镜 202, 由所述全反射镜 202 反射到所述可旋转调节全反射镜 401, 所述可旋转调节全反射镜 401 是根据所述 Y 方向扫描单元 110 的转动而做相应的旋转调节的, 并和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现将所述照射在可旋转调节全反射镜 401 的光反射到所述二向色镜 402, 由所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403, 由所述眼底镜 403 入射到被检人眼 E。

[0055] 需要说明的是所述眼前节成像模块还包括至少一个中继透镜, 其中,

[0056] 在所述 Y 方向扫描单元 110 和所述全反射镜 202 之间至少有一个中继透镜, 此时, 所述 Y 方向扫描单元 110 转动第一转动角度时, 将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光透过所述中继透镜发射到所述全反射镜 202 ; 或

[0057] 在所述全反射镜 202 和所述可旋转调节全反射镜 401 之间至少有一个中继透镜, 此时, 由所述全反射镜 202 将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光反射透过所述中继透镜照射到所述可旋转调节全反射镜 401。

[0058] 本发明实施例中所述眼前节成像光路中优选的是包括二个中继透镜, 即第一中继透镜 201 和第二中继透镜 203, 其中所述第一中继透镜 201 在所述全反射镜 202 和 Y 方向扫描单元 110 之间, 所述第二中继透镜 203 在所述全反射镜 202 和所述可旋转调节全反射镜 401 之间, 此时, 所述 Y 方向扫描单元 110 转动第一转动角度时, 将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光透过第一中继透镜 201 发射到所述全反射镜 202, 由所述全反射镜 202 反射透过所述第二中继透镜 203 照射到所述可旋转调节全反射镜 401, 再经过所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403, 最后经过人眼 E 会聚到眼底。

[0059] 具体的, 本发明实施例中所述可旋转调节全反射镜 401 与所述 Y 方向扫描单元 110 同时被计算机控制, 通过计算机控制所述 Y 方向扫描单元 110 第一转动角度, 此时所述 Y 方向扫描单元 110 所处的位置, 刚好使得入射光与反射光的夹角为 β 角, 同时计算机控制所述可旋转调节全反射镜 401 根据所述 Y 方向扫描单元 110 的第一转动角度而进行相应的旋转, 并和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现眼前节成像, 所述光束经过 Y 方向扫描单元 110 透过第一中继透镜 201 发射到所述全反射镜 202, 由所述全反射镜 202 反射透过所述第二中继透镜 203 到所述可旋转调节全反射镜 401, 再经过所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403, 最后经过人眼 E 会聚到眼底。

[0060] 需要说明的是, 本发明实施例中所述 Y 方向扫描单元 110 不仅起到一维扫描的作用, 也起到光路切换的作用, 本发明实施例中所述 Y 方向扫描单元 110 采用振镜或其他高精

度定位机制,便能满足系统光路快速切换的需求,在测量眼底时,通过所述 Y 方向扫描单元 110 转动,让光路从所述 X 方向扫描单元 109 反射到所述全反射镜 301,光线转动 α 角;当测角膜时,旋转所述 Y 方向扫描单元 110,让光路从所述 X 方向扫描单元 109 反射到所述第一中继透镜 201,光线转动 β 角,其中,所述可旋转调节全反镜 401 是根据所述 Y 方向扫描单元 110 的转动而做相应的旋转的,所述 Y 方向扫描单元 110 和所述可旋转调节全反射镜 401 镜片相互配合,便能实现前后节光路的快速切换。

[0061] 图 3 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统中实现眼后节成像模块的结构示意图,如图 3 所示,所述眼后节成像模块除了包括图 2 中所述眼前节成像模块中的可转动调节全反射镜 401、二向色镜 402 以及眼底镜 403 外,所述眼后节成像模块还进一步包括:屈光调节单元 305、光程调节单元,所述 Y 方向扫描单元 110 转动第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光路反射进入所述光程调节单元中第一全反镜 301,并经过所述第二全反镜 302、第三全反镜 303、第四全反镜 304,由所述第四全反镜 304 反射透过所述屈光调节单元 305 到所述可旋转调节全反射镜 401,所述可旋转调节全反镜 401 和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现眼后节成像光路。

[0062] 具体的,本发明实施例中所述可旋转调节全反射镜 401 与所述 Y 方向扫描单元 110 同时被计算机控制,所述 Y 方向扫描单元 110 在转动第二转动角度的同时,所述可旋转调节全反射镜 401 也做相应的旋转,即所述可旋转调节全反镜 401 和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现眼后节的成像光路。本发明实施例通过计算机控制所述 Y 方向扫描单元 110 第二转动角度,此时所述 Y 方向扫描单元 110 所处的位置,刚好使得入射光与反射光的夹角为 α 角,所述光束经过 Y 方向扫描单元 110 将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光路反射进入所述光程调节单元中第一全反镜 301,并经过所述第二全反镜 302、第三全反镜 303、第四全反镜 304,由所述第四全反镜 304 反射透过所述屈光调节单元 305 到所述可旋转调节全反射镜 401,再经过所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403,即眼底 OCT 成像时要求扫描振镜不动时 OCT 光束汇聚于眼底,所述振镜扫描时,扫描光束的中心光束汇聚于瞳孔。

[0063] 需要说明的是,在测眼底时,由于不同人眼的眼轴长不同,但所述 OCT 成像模块中的参考臂 104 是不可调节的,因此在所述眼后节成像模块中的眼底光路中必须有光程调节单元,若光程调节机制是在光程调节单元中的二维振镜之前,例如采用步进电机前后移动来改变光程或者采用其他方式,但前后节切换时,需要机械系统运动来改变光程,这会引入多普勒效应,从而降低系统的信噪比,为解决这个问题,本发明在光程调节单元中的二维振镜后的眼底光路中添加光程调节单元,所述光程调节单元包括四个全反射镜,其中二个全反射镜固定不动,另外二个是可移动全反镜,即第一全反镜 301、第四全反镜 304 是固定不动的,第二全反镜 302、第三全反镜 303 是可移动的全反射镜,在实现光程调节时只需保持其中二个全反镜不动,即保持所述第一全反镜 301、第四全反镜 304 固定不动,同时移动另外二个可移动全反射镜,即移动所述第二全反镜 302、第三全反镜 303,便能实现光程调节,以便对于不同人眼,通过调节所述可移动全反射镜,即所述第二全反镜 302 和第三全反镜 303,定好前后节的光程差,这样进行快速切换时,不会引入多普勒频移。

[0064] 另外,本发明实施例中所述光程调节单元还包括二个全反射镜和一个可移动反向回射器,在实现光程调节时只需要保持二个全反射镜不动,同时通过移动所述可移动反向回射器,便能实现光程调节。

[0065] 图 4 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统中虹膜成像模块的结构示意图,如图 4 所示,所述虹膜成像模块包括:眼底镜 403、二向色镜 402、虹膜二向色镜 501、物镜 502、摄像器 503,当照明光源发出的光照射到被检人眼 E 的角膜,并在角膜发生反射,所述反射光透射所述眼底镜 403 和二向色镜 402 到所述虹膜二向色镜 501,由所述虹膜二向色镜 501 反射到所述物镜 502,由所述物镜 502 透射到所述摄像器 503,由所述摄像器 503 拍摄到。

[0066] 具体的,本发明实施例中所述虹膜成像模块中的监视光路指导医生操作仪器和了解被测者的相关信息,检测者使用下颚托系统使被检眼固定,使来自固视光学模块中的固视标固视在被检眼 E 中后,检测者一边通过观察所述 OCT 干涉仪主模块中的计算机 107 的显示屏,一边通过操作杆控制下颚托系统的移动,以使被检眼 E 的角膜进入所述虹膜成像模块的摄像器 503 中,并且角膜像呈现在所述 OCT 干涉仪主模块中的计算机 107 的显示屏中,以便指导医生操作仪器和了解被测人眼 E 的相关信息。

[0067] 需要说明的是,所述虹膜二向色镜 501 不仅仅可对来自虹膜成像模块中的照明光源发出的照明光进行反射,而且可对所述固视光学模块中的固视设备 601 发出的固视光进行透射。

[0068] 需要说明的是,所述照明光源发出的光可以波长为 780nm 的近红外光。

[0069] 图 5 是本发明实施例提供的一种眼科光学相干断层成像系统中固视光学模块的结构示意图,如图 5 所示,所述固视光学模块包括:固视设备 601、透镜 602、全反射镜 603、屈光补偿镜 604、二向色镜 402、眼底镜 403,所述固视设备 601 的光路经过所述透镜 602 聚焦之后,被所述全反射镜 603 反射到所述屈光补偿镜 604,由所述屈光补偿镜 604 透射到所述虹膜成像模块中的虹膜二向色镜 501,由所述虹膜二向色镜 501 透射到所述二向色镜 402 和眼底镜 403,由所述眼底镜 403 入射到被检人眼 E。

[0070] 具体的,在本发明实施例中可以使用其内部固视标来变更被检眼 E 的固视位置,所述内部固视标可以上下左右移动,以此来满足检测人眼不同位置,其中在进行眼后节 OCT 成像时,所述眼后节成像模块中的屈光调节单元 305 与所述固视光学模块中的屈光补偿镜 604,由计算机同时控制移动。

[0071] 若固视点固定不动,不同人眼观察时,固视点的清晰程度不同,这给被测者固视时造成不舒适,因此所述眼后节成像模块的 OCT 光路经过所述屈光调节单元 305 调屈后,能聚焦于眼底视网膜上,使人眼能看清楚扫描线。

[0072] 本发明实施中为了实现对于不同人眼都能看清楚扫描线,通过所述固视光学中的屈光补偿镜 604 在固视点中引入了调屈机制,就是为了能实现对于不同人眼都能看清,但在眼后节成像模块中的屈光调节单元 305 后加入固视光路,则会影响眼后节成像模块的 OCT 光路,所述固视点不能随所述光程调节单元中的四个全反射镜一起移动,因此所述固视光路必然在所述光程调节单元中的四个全反射镜前,本发明实施例通过计算机控制实现所述眼后节成像模块中的屈光调节单元 305 与所述固视光学模块中的屈光补偿镜 604 同时移动,实现所述屈光调节单元 305 与所述屈光补偿镜 604 联动机制,通过计算机控制实现所述眼后节成像模块中的屈光调节单元 305 与所述固视光学模块中的屈光补偿镜 604 一起移动,既可以实现人眼固视,又不影响眼后节成像模块的 OCT 光路。

[0073] 需要说明的是,所述固视光学模块中的固视设备 601 发出的固视光包括波长是

550nm 的可见光。

[0074] 需要说明的是,所述固定光学模块中的固视设备 601 包括 LCD 或 OLED。

[0075] 图 6 是本发明实施例提供的一种快速切换实现眼前后节成像的方法的示意图,如图 6 所示,所述方法包括:

[0076] S101,当所述 Y 方向扫描单元转动第一转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光发射到所述全反射镜,由所述全反射镜反射到所述可旋转调节全反射镜,所述可旋转调节全反射镜是根据所述 Y 方向扫描单元的转动而做相应的旋转调节的,并和所述方向扫描单元相互配合实现将所述照射在所述可旋转调节全反射镜的光反射到所述二向色镜,由所述二向色镜反射到所述眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼 E。

[0077] 具体的,本发明实施例中所述可旋转调节全反射镜 401 与所述 Y 方向扫描单元 110 同时被计算机控制,通过计算机控制所述 Y 方向扫描单元 110 第一转动角度,此时所述 Y 方向扫描单元 110 所处的位置,刚好使得入射光与反射光的夹角为 β 角,同时计算机控制所述可旋转调节全反射镜 401 根据所述 Y 方向扫描单元 110 的第一转动角度而进行相应的旋转,并和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现眼前节成像,通过旋转所述 Y 方向扫描单元 110,让光路经过 Y 方向扫描单元 110 透过第一中继透镜 201 发射到所述全反射镜 202,由所述全反射镜 202 反射透过所述第二中继透镜 203 到所述可旋转调节全反射镜 401,再经过所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403,最后经过人眼 E 会聚到眼底。

[0078] S102,当所述 Y 方向扫描单元转动第二转动角度时,将所述 X 方向扫描单元发出的光反射进入所述光程调节单元,并由所述光程调节单元反射透过所述屈光调节单元照射到所述可旋转调节全反射镜,所述可旋转调节全反射镜是根据所述 Y 方向扫描单元的转动而做相应的旋转调节,并和所述 Y 方向扫描单元相互配合将所述照射在可旋转调节全反射镜的光反射到所述二向色镜,由所述二向色镜反射到所述眼底镜,由所述眼底镜入射到被检人眼。

[0079] 具体的,本发明实施例中所述可旋转调节全反射镜 401 与所述 Y 方向扫描单元 110 同时被计算机控制,通过计算机控制所述 Y 方向扫描单元 110 第二转动角度,此时所述 Y 方向扫描单元 110 所处的位置,刚好使得入射光与反射光的夹角为 α 角,在进行眼后节成像时要求扫描振镜不动时 OCT 光束汇聚于眼底,所述 Y 方向扫描单元 110 将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光路反射进入所述光程调节单元,由所述光程调节单元反射透过所述屈光调节单元 305 到所述可旋转调节全反射镜 401,所述可旋转调节全反射镜 401 是根据所述 Y 方向扫描单元 110 的转动的第二角度而做相应的旋转,并和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现眼后节成像,将所述照射在可旋转调节全反射镜 401 的光反射到所述二向色镜 402,由所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403,最后经过人眼 E 会聚到人眼瞳孔

[0080] 本发明实施例通过所述 Y 方向扫描单元 110 和所述可旋转调节全反射镜 401 相互配合,实现前后节光路的切换。

[0081] 图 7 是本发明实施例提供的快速切换实现眼前后节成像的基础上测量眼轴长的结构示意图,所述图 7 包括:眼前节 OCT 图像中角膜顶端 K、眼前节图像顶端 D、眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A、眼后节 OCT 图像中图像顶端 E、眼后节 OCT 图像黄斑中心凹 I、眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B。

[0082] 具体的,本发明实施例通过让所述可移动全反射镜 302、303 复位,实现光路前后

节快速切换,让被测物体前后移动,使得物体的 OCT 信号处于前后节 OCT 图像中相同的位置即所述干涉面到图像顶端的距离相同,通过测量物体前后移动量,便能定标测得所述眼前后节的固定光程差 C_0 的值,同时上下移动所述可移动全反射镜 302 与 303,找到人眼视网膜的 OCT 图像,对眼前后节快速成像后,得到所述眼前后节成像的 OCT 图像,其中所述可移动全反射镜 302 与 303 的移动量为 X ,分别用于测量眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A 以及眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B ,其中,所述眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A 通过对 OCT 图像进行分析得到,所述眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B 通过对 OCT 图像进行分析得到,因此所述眼前后节的光程差 $C=C_0 \pm 2X$,其中“ \pm ”是根据所述可移动全反射镜 302、303 向上或向下移动决定,所述 C_0 是眼前后节的固定光程差,最后,人眼轴光学长度 $L=B+C-A$,即所述眼轴光学长度 = 眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B + 眼前后节的光程差 C - 前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A 。

[0083] 本发明实施例是在实现眼前节和眼后节成像的基础上实现测量眼轴长,所述眼轴光学长度 $L=B+C-A$,即所述眼轴光学长度 = 眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B + 眼前后节的光程差 C - 前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A 。

[0084] 图 8 是本发明实施例提供的快速切换实现眼前后节成像的基础上测量眼轴长的方法示意图,所述测量眼轴长的方法包括:

[0085] S201,当系统在进行眼前节成像时,获取所述眼前节成像中的光线从光纤发出后到达测试者角膜所经过的光学距离,所述光学距离为眼前节光路固有光程 + 眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A ,其中,所述眼前节光路固有光程是系统固有的参数,所述眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A 通过对 OCT 图像进行分析得到;

[0086] 具体的,本发明实施例中的系统处于眼前节成像时,所述可旋转调节全反镜 401 是根据所述 Y 方向扫描单元 110 的转动的第一角度而做相应的旋转,并和所述 Y 方向扫描单元 110 相互配合实现眼前节成像,所述光束经过 Y 方向扫描单元 110 透过第一中继透镜 201 发射到所述全反射镜 202,由所述全反射镜 202 反射透过所述第二中继透镜 203 到所述可旋转调节全反射镜 401,再经过所述二向色镜 402 反射到所述眼底镜 403,最后经过人眼 E ,所述光线从光纤发出后到达测试者角膜所经过的光学距离为眼前节光路固有光程 + 眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A ,其中,所述眼前节光路固有光程是系统固有的参数,所述眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A 通过对 OCT 图像进行分析得到,本发明实施例中系统处于眼前节成像时,所述眼前节成像光路的等干涉面的位置为图 8 中的 F 。

[0087] S202,当系统在进行眼后节成像时,获取所述眼后节成像中的光线从光纤发出后到达测试者视网膜所经过的光学距离,所述光学距离为眼后节光路固有光程 + 光程调节量 + 眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B ,其中,所述眼后节光路是系统固有的参数,所述眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B 通过对 OCT 图像进行分析得到;

[0088] 具体的,本发明实施例中的系统处于眼后节成像时,所述 Y 方向扫描单元 110 将所述 X 方向扫描单元 109 发出的光路反射进入所述光程调节单元,由所述光程调节单元反射透过所述屈光调节单元 305 到所述可旋转调节全反射镜 401,再经过所述二向色镜 402 反射

到所述眼底镜 403,最后经过人眼 E 会聚到人眼瞳孔,所述光线从光纤发出后到达测试者视网膜所经过的光学距离为眼后节光路固有光程 + 光程调节量 + 眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B,其中所述眼后节光路是系统固有的参数,所述眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B 通过对 OCT 图像进行分析得到,所述眼后节成像光路的等干涉面的位置为图 8 中的 G,所述眼底光路的等干涉面移动的位置为图 8 中的 H。

[0089] S203,计算所述眼前节成像时的光学距离和所述眼后节成像时的光学距离的差值,获取被测眼轴光学长度,其中,所述眼轴光学长度为:(眼后节光路固有光程 + 光程调节量 + 眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B) - (眼前节光路固有光程 + 眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A),根据所述获取到的眼轴光学长度,可以得到所述眼轴长,即所述眼轴长 = 眼轴光学长度 / 眼球的折射率。

[0090] 具体的,本发明实施例中,当所述光程调节单元中的可移动全反射镜 302 和 303 处于起始位置时,眼底光路的等干涉面(图 8 中 G 所示位置)与前节光路的等干涉面(图 8 中 F 所示位置)之间的光程差为 C_0 ,其距离可以通过定标测量出,由于人眼眼轴长不同,在进行眼底 OCT 成像时,所述眼底成像中的光路等干涉面处于图 8 中 G 所示位置,通过同时对所述可移动全反射镜 302、303 的上下移动来实现不同人眼轴长的眼底成像,当所述全反射镜 302 与 303 同时一起向下移动距离 X 时,则此时所述眼底成像的光路等干涉面位置从 306 变为 307,变化的距离为 $2X$ 。

[0091] 本发明实施例是在实现眼前节和眼后节成像的基础上实现测量眼轴长,所述测量眼轴长具体操作步骤:先让所述可移动全反射镜 302、303 复位,此时眼前后节的固定光程差为 C_0 ,其中,所述眼前后节的固定光程差 C_0 是根据定标得到,也就是通过让所述可移动全反射镜 302、303 复位,实现光路前后节快速切换,让被测物体前后移动,使得物体的 OCT 信号处于前后节 OCT 图像中相同的位置即所述干涉面到图像顶端的距离相同,通过测量物体前后移动量,便能定标测得所述眼前后节的固定光程差 C_0 的值,接着让角膜处在图 8 中 F 所示位置,同时上下移动所述可移动全反射镜 302 与 303,找到人眼视网膜的 OCT 图像,对眼前后节快速成像后,得到所述眼前后节成像的 OCT 图像,其中所述可移动全反射镜 302 与 303 的移动量为 X,分别用于测量眼前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A 以及眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B,因此所述眼前后节的光程差 $C = C_0 \pm 2X$,其中“ \pm ”是根据所述可移动全反射镜 302、303 向上或向下移动决定,所述 C_0 是眼前后节的固定光程差,最后,人眼轴光学长度 $L = B + C - A$,即所述眼轴光学长度 = 眼后节 OCT 图像中图像顶端到黄斑中心凹的距离 B + 眼前后节的光程差 C - 前节 OCT 图像中角膜顶端到图像顶端的距离 A。

[0092] 需要说明的是,本发明实施例中提供的一种眼科光学相干断层成像系统也可以用于前房深度的测量,所述测量前房深度的方法与所述测量眼轴长的原理相同,当系统在进行前节成像时,采集所述前节成像光路中的角膜图像中的角膜前表面,并通过调节光程调节单元中的可移动全反射镜,即第二全反射镜 302、第三全反射镜 303 或者可移动反向回射器,来改变眼后节成像光路光程,便能实现让后节光路测量晶状体表面,从而获取前房光学深度,所述前房光学深度是所述角膜到所述晶状体前表面的距离,其中,所述角膜前表面利用眼前节成像系统实现的,所述晶状体前表面是利用眼后节成像系统实现的。

[0093] 根据所述获取到的前房光学深度,可以得到所述前房深度,其中所述前房深度 =

前房光学深度 / 前房折射率。

[0094] 需要说明的是,本发明实施例中提供的一种眼科光学相干断层成像系统也可以用于晶状体厚度的测量,当系统在进行前节成像时,采集所述前节成像光路中的角膜图像,通过调节光程调节单元中的全反射镜或者反向回射器,来改变节后节光路光程,以便让节后光路测量晶体状的后表面,获取所述角膜到所述晶体状后表面的距离,通过该距离减去所述前房光学深度,得到所述晶体状的光学厚度;或

[0095] 让所述前节光路扫描体晶体状的前表面,同时让所述节后光路采集晶体状后表面,直接得到晶体状的光学厚度,所述晶体状的光学厚度是所述节后光路采集到的晶体状的后表面减去所述前节光路扫描到的晶体状的前表面。

[0096] 根据所述的晶状体的光学厚度,可以得到所述晶状体厚度,其中所述晶体状厚度 = 晶状体的光学厚度 / 晶状体的折射率。

[0097] 需要说明的是,在所述前后节光路中为测晶状体前后表面,可以在前后节光路中任意一路或两路插入镜片,来改变光路聚集点的位置,使得光路聚焦点恰好处于晶状体前后表面上。

[0098] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的程序可存储于一计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,所述的存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体(Read-Only Memory, ROM)或随机存储记忆体(Random Access Memory, RAM)等。

[0099] 以上所揭露的仅为本发明较佳实施例而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分流程,并依本发明权利要求所作的等同变化,仍属于发明所涵盖的范围。

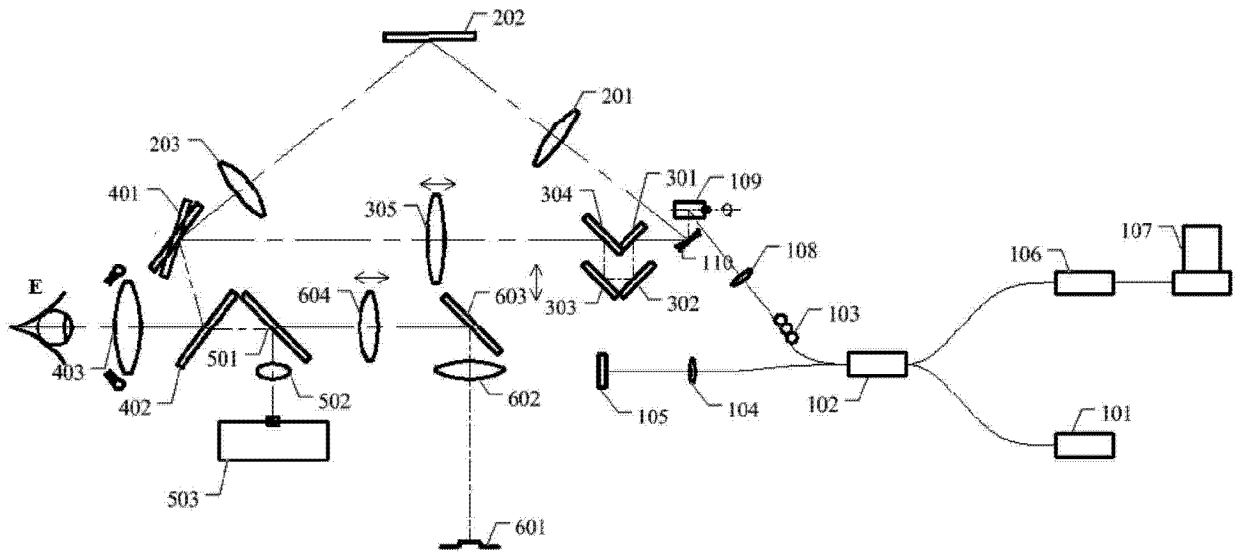


图 1

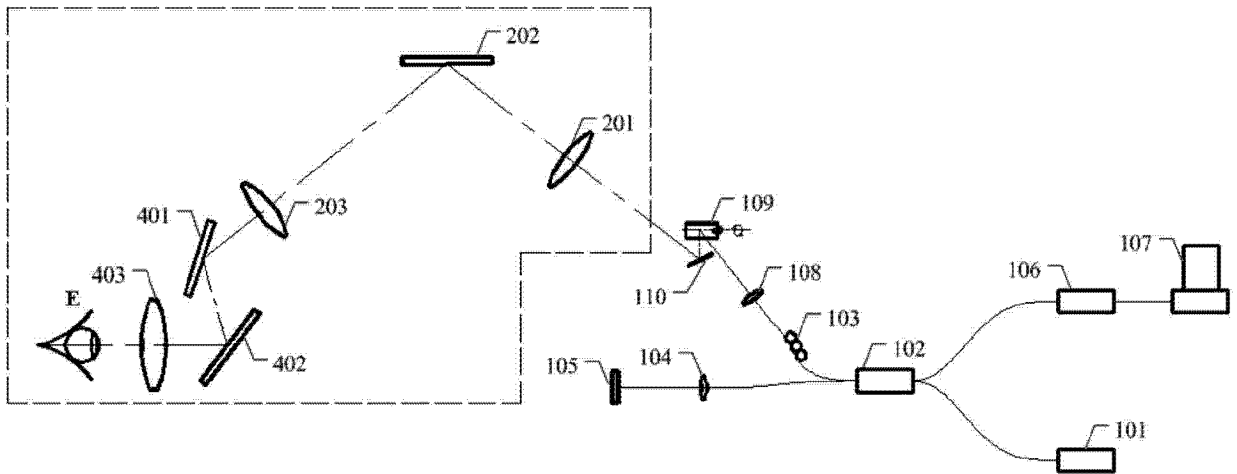


图 2

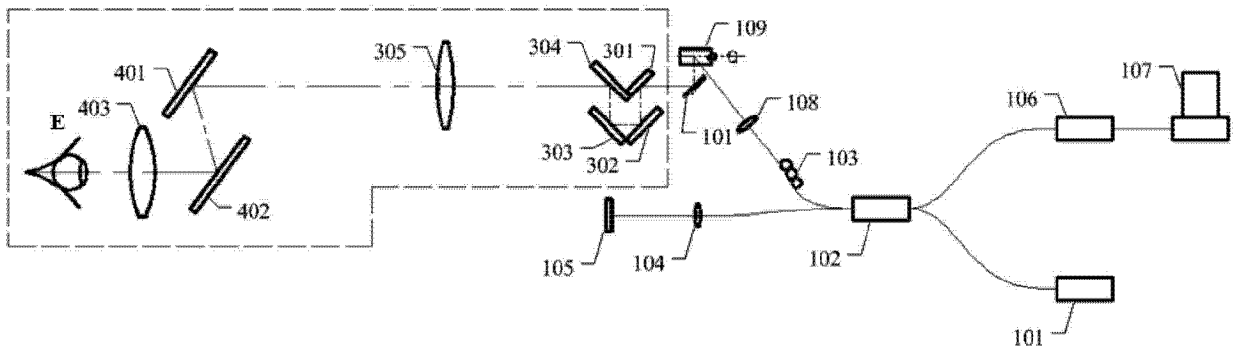


图 3

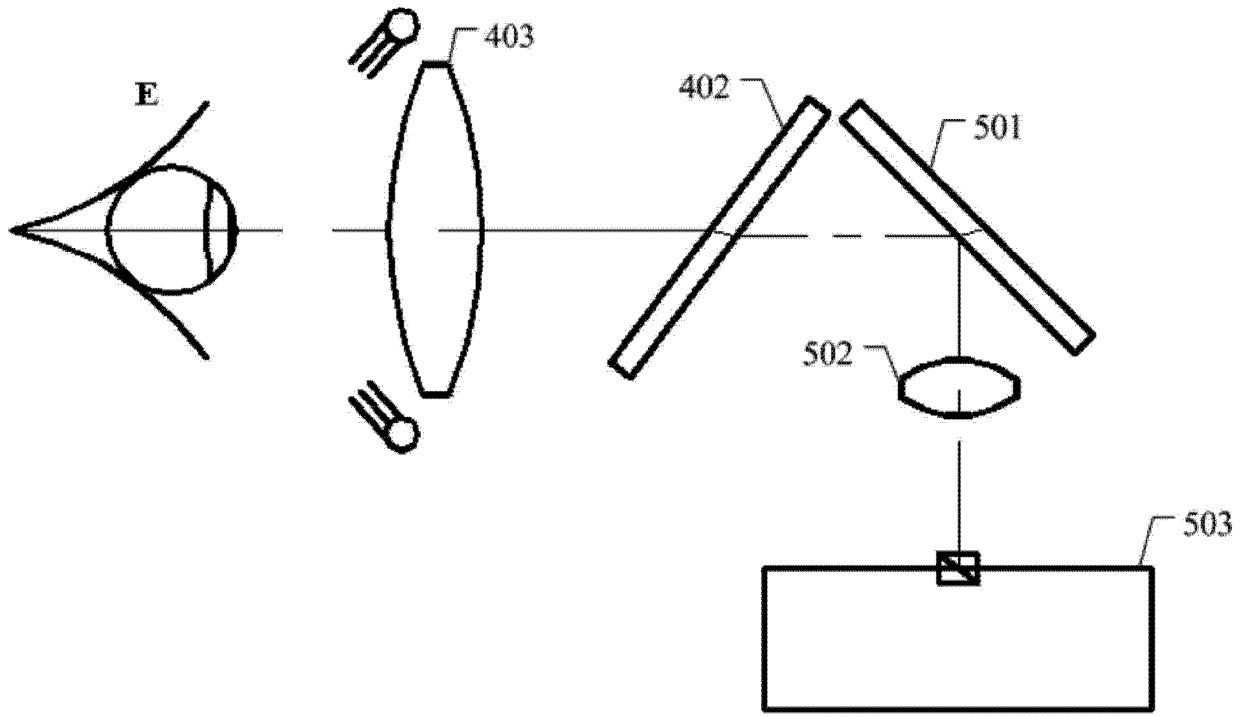


图 4

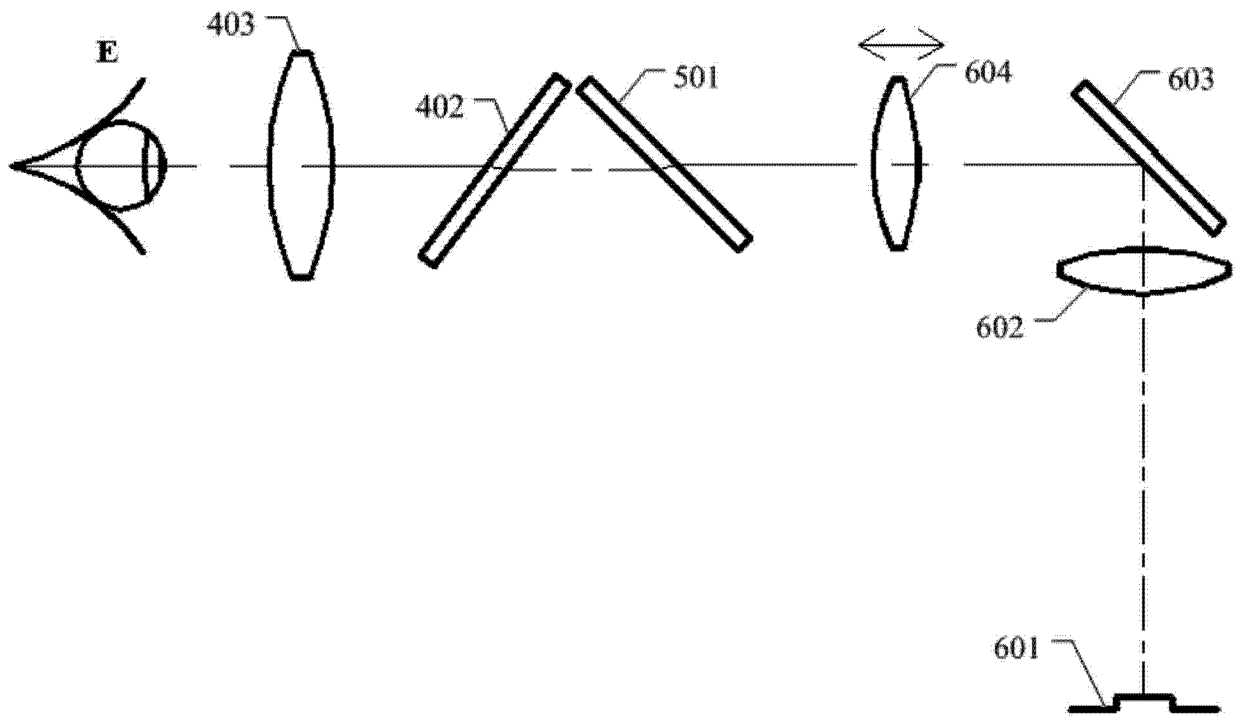


图 5

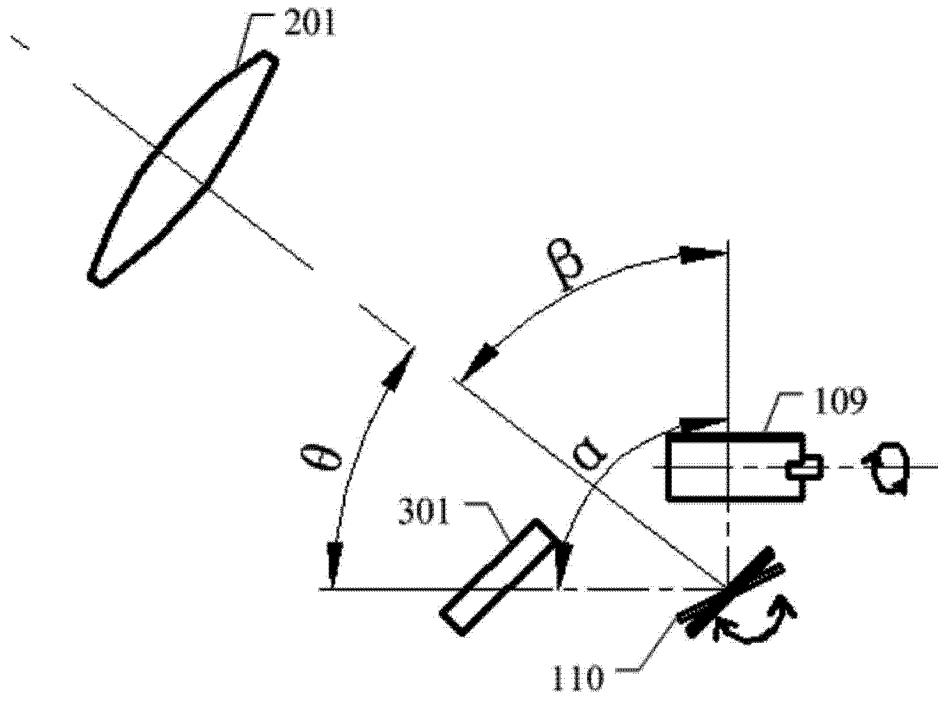


图 6

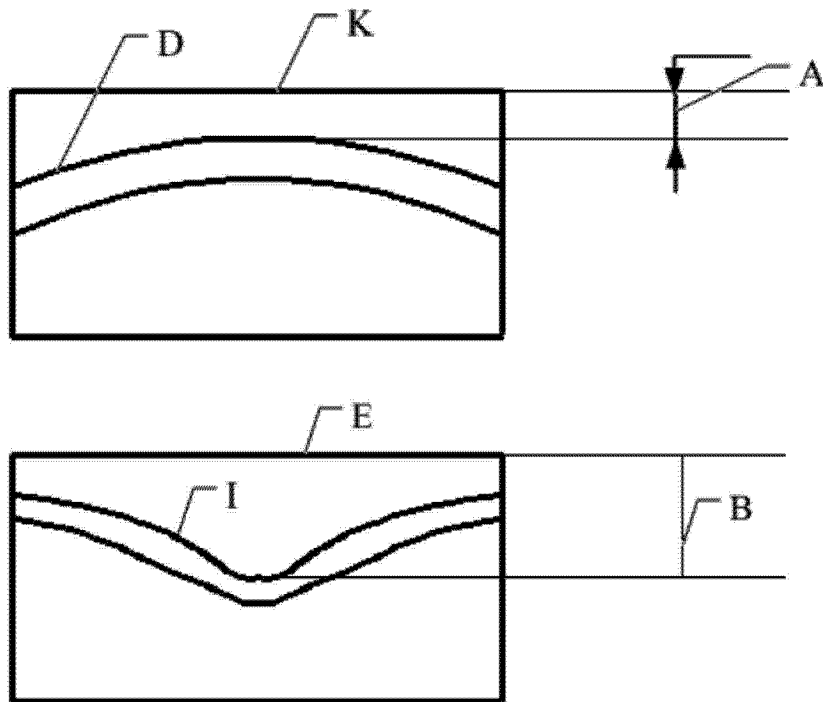


图 7

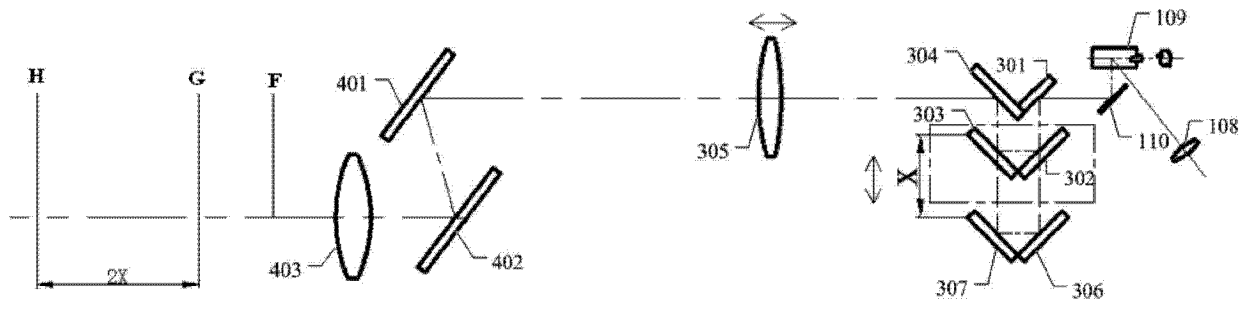


图 8