



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112367939 B

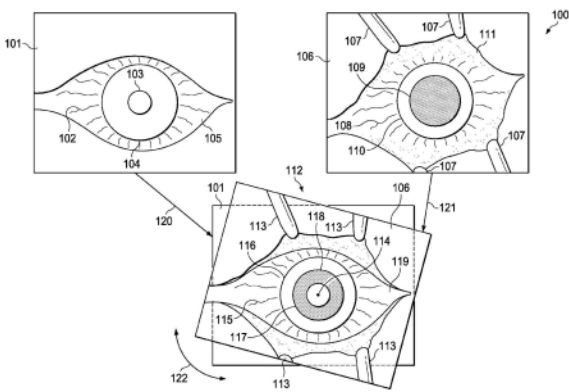
(45) 授权公告日 2024. 09. 17

(21) 申请号 201980044268.6	(73) 专利权人 爱尔康公司
(22) 申请日 2019.04.16	地址 瑞士弗里堡
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 112367939 A	(72) 发明人 M·埃尔 T·J·拉波波特
(43) 申请公布日 2021.02.12	(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所 有限公司 11038
(30) 优先权数据 62/693,169 2018.07.02 US	专利代理师 杜文树
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 2020.12.30	(51) Int.Cl. A61B 90/00 (2006.01) A61B 3/00 (2006.01)
(86) PCT国际申请的申请数据 PCT/IB2019/053156 2019.04.16	(56) 对比文件 W0 2017191487 A1,2017.11.09 US 2016364878 A1,2016.12.15 EP 1800636 A1,2007.06.27
(87) PCT国际申请的公布数据 W02020/008276 EN 2020.01.09	审查员 梁艳

权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称
摇动图像进行配准验证

(57) 摘要
描述了一种允许使用者在图像引导的眼科手术过程中验证配准建议的方法和系统。被配置用于执行所述方法的系统具有处理器和所述处理器可访问的非暂时性计算机可读介质,所述非暂时性计算机可读介质包含可由所述处理器执行的指令,以执行所述方法。



1. 一种被配置用于由使用者在眼科手术过程中验证建议配准的系统,所述系统包括:
处理器;以及
所述处理器可访问的非暂时性计算机可读介质,所述非暂时性计算机可读介质包含能够由所述处理器执行的指令,所述指令用于:
从光电传感器获取被显微镜放大的患者眼睛的术中图像;
从非暂时性计算机可读介质中检索所述患者眼睛的术前参考图像,其中,所述患者眼睛的术前图像的角膜缘具有中心;
执行配准过程,从而提供所述患者眼睛的术前参考图像与所述患者眼睛的术中图像的建议配准;
使所述术前参考图像和所述术中图像重叠,从而提供具有所述建议配准的合并图像,其中,所述合并图像是由所述使用者能够看到的;
调整所述术前参考图像和所述术中图像中的至少一个图像的透明度,使得所述术前参考图像和所述术中图像在所述合并图像中能够由所述使用者同时看到;以及
相对于能够看到的所述合并图像中包含的能够看到的所述术中图像来旋转能够看到的所述术前参考图像,其中,所述旋转以所述术前参考图像中的所述患者眼睛的角膜缘的中心为中心,所述旋转包括具有多个能够看到的交替的顺时针旋转和逆时针旋转的系列,其中所述系列具有第一能够看到的旋转,所述第一能够看到的旋转具有第一角度,并且在所述第一能够看到的旋转之后,所述系列中的各连续能够看到的旋转依次具有更小的角度;
由此允许所述使用者在眼科手术过程中验证建议配准。
2. 如权利要求1所述的系统,其中,所述透明度是从1-10%之间、10-20%之间、20-30%之间、30-40%之间、40-50%之间、50-60%之间、60-70%之间、70-80%之间、80-90%之间和90-99%之间之中选择的。
3. 如权利要求2所述的系统,其中,所述透明度为约50%。
4. 如权利要求1所述的系统,其中,所述旋转是顺时针的。
5. 如权利要求1所述的系统,其中,所述旋转是逆时针的。
6. 如权利要求1所述的系统,其中,所述旋转重复1至20次。
7. 如权利要求6所述的系统,其中,以1-10 Hz之间的频率重复所述旋转。
8. 如权利要求1所述的系统,其中,所述旋转具有1°-10°之间的角度。
9. 如权利要求8所述的系统,其中,所述角度为约5°。
10. 如权利要求1所述的系统,其中,多个能够看到的旋转包括约10次旋转。
11. 如权利要求1所述的系统,其中,所述第一角度为约10°。
12. 如权利要求1所述的系统,其中,各连续能够看到的旋转的角度减小约1°。
13. 如权利要求1所述的系统,其中,在所述系列之后,所述建议配准是能够看到的。
14. 如权利要求1所述的系统,进一步包括所述执行步骤、所述重叠步骤、所述调整步骤、以及所述旋转步骤中的一个或多个。
15. 如权利要求1所述的系统,其中,所述显微镜包括目镜,并且其中,所述处理器可访问的非暂时性计算机可读介质包含能够由所述处理器执行的指令,以用于通过所述目镜显示能够看到的所述合并图像。

16. 如权利要求1所述的系统,其中,所述系统进一步包括显示器;
并且其中,所述处理器可访问的非暂时性计算机可读介质包含能够由所述处理器执行的指令,以用于在所述显示器上显示能够看到的所述合并图像。
17. 如权利要求1所述的系统,其中,所述重叠步骤、所述调整步骤、以及所述旋转步骤通过所述处理器执行包含在所述非暂时性计算机可读介质中的指令来启动。
18. 如权利要求1所述的系统,其中,所述重叠步骤、所述调整步骤、以及所述旋转步骤由所述使用者启动。

摇动图像进行配准验证

背景技术

[0001] 本披露涉及眼科手术,更具体地涉及一种被配置用于允许使用者在图像引导的眼科手术过程中验证配准建议的方法和系统。

[0002] 在眼科学中,眼科手术每年拯救和改善数以万计患者的视力。然而,考虑到视力对眼睛的甚至小变化的敏感度以及许多眼睛结构的微小而脆弱的性质,很难进行眼科手术,并且甚至小的或不寻常的手术错误的减少或手术技术的准确度的小幅改进都可以对患者术后的视力产生巨大的不同。

[0003] 图像引导的手术系统可以用于基于术前计划的手术程序。在图像引导的眼科手术过程中,患者眼睛的术前图像(诸如诊断图像)可以用作参考图像,以用于引导眼外科医生对患者眼睛进行手术程序。术前图像可以被认为参考图像,并且可以包括指示坐标的标记,以用于引导眼外科医生,这种标记指示患者眼睛结构内的作为手术程序的靶的位置。

[0004] 典型地,对于图像引导的眼科手术,执行配准步骤,在所述配准步骤中,将患者眼睛的术前参考图像与患者眼睛的术中图像对准。执行对准以使患者眼睛的术前图像的特征(诸如巩膜血管、虹膜特征和角膜缘)的位置与患者眼睛的术中图像中相同特征的位置相匹配。配准步骤可以包括相对于术中图像旋转术前图像,这可以被称为配准角度。各种眼科手术系统采用计算机处理器,所述计算机处理器执行用于执行配准步骤的算法。由系统执行的配准步骤的结果可以被称为建议配准或配准建议,所述建议配准或配准建议包括建议配准角度。典型地,在建议配准之后,眼外科医生执行验证步骤,在所述验证步骤中,眼外科医生检查建议配准。现有的用于验证建议配准的方法对眼外科医生提出了挑战。例如,这通常需要人工干预来评估建议配准角度是否代表最佳配准角度。然而由此,眼外科医生验证建议配准的过程的改进仍然具有挑战性。

发明内容

[0005] 本披露提供了一种被配置用于由使用者在眼科手术过程中验证建议配准的系统。所述系统包括处理器和所述处理器可访问的非暂时性计算机可读介质,所述非暂时性计算机可读介质包含可由所述处理器执行的指令,所述指令用于:从光电传感器获取被显微镜放大的患者眼睛的术中图像;从非暂时性计算机可读介质中检索所述患者眼睛的术前参考图像,其中,所述患者眼睛的术前图像的角膜缘具有中心;执行配准过程,从而提供所述患者眼睛的术前参考图像与所述患者眼睛的术中图像的建议配准;使所述术前参考图像和所述术中图像重叠,从而提供具有所述建议配准的合并图像,其中,所述合并图像是可由所述使用者看到的;调整所述术前参考图像和所述术中图像中的至少一个图像的透明度,使得所述术前参考图像和所述术中图像在所述合并图像中可由所述使用者同时看到;并且相对于能够看到的所述合并图像中的能够看到的所述术中图像旋转能够看到的所述术前参考图像,其中,所述旋转以所述术前参考图像中的所述患者眼睛的角膜缘的中心为中心。所述系统由此被配置用于允许所述使用者在眼科手术过程中验证建议配准。

[0006] 在所披露的实施方式中的任一实施方式中,所述系统和方法可以进一步包括以下

细节,所述细节可以以任意组合的方式与所述方法和系统组合,并且彼此组合,除非明显相互排斥:

[0007] i) 所述透明度可以选自约1-10%、10-20%、20-30%、30-40%、40-50%、50-60%、60-70%、70-80%、80-90%和90-99%之间;

[0008] ii) 所述透明度可以为约50%;

[0009] iii) 所述旋转可以是顺时针的;

[0010] iv) 所述旋转可以是逆时针的;

[0011] v) 所述旋转可以包括至少一次顺时针旋转和至少一次逆时针旋转,其中,所述顺时针旋转和所述逆时针旋转交替;

[0012] vi) 所述旋转可以重复约1至20次;

[0013] vii) 可以以1-10Hz之间的频率重复所述旋转;

[0014] viii) 所述旋转可以具有约1°-10°之间的角度;

[0015] ix) 所述角度可以为约5°;

[0016] x) 所述旋转可以包括具有多个能够看到的交替的顺时针旋转和逆时针旋转的系列,其中:所述系列具有第一能够看到的旋转,所述第一能够看到的旋转具有第一角度;并且在所述第一能够看到的旋转之后,所述系列中的各连续能够看到的旋转具有更小的角度;

[0017] xi) 所述多个能够看到的旋转可以包括约10次旋转;

[0018] xii) 所述第一角度可以为约10°;

[0019] xiii) 各连续能够看到的旋转的角度可以减小约1°;

[0020] xiv) 在所述系列之后,所述建议配准可以是能够看到的;

[0021] xv) 所述系统和方法可以进一步包括所述执行、重叠、调整、以及旋转步骤中的一个或多个;

[0022] xvi) 所述显微镜可以包括目镜,并且所述处理器可访问的非暂时性计算机可读介质可以包含可由所述处理器执行的指令,以用于通过所述目镜显示能够看到的所述合并图像;

[0023] xvii) 所述系统可以包括显示器,并且所述处理器可访问的非暂时性计算机可读介质可以包含可由所述处理器执行的指令,以用于在所述显示器上显示能够看到的所述合并图像;

[0024] xviii) 所述重叠、调整、以及旋转可以通过所述处理器执行包含在所述非暂时性计算机可读介质中的指令来启动;并且

[0025] xix) 所述重叠、调整、以及旋转可以由所述使用者启动。

附图说明

[0026] 为了更完整地理解本披露,现在结合附图参考以下说明,附图是示例性的,并且没有按比例绘制,在附图中:

[0027] 图1是眼睛的术前参考图像、患者眼睛的术中图像、以及术前参考图像和术中图像的合并图像的示例性示意图示,其中,合并图像具有建议配准,展示了在眼科手术过程中验证建议配准的示例性方法;

- [0028] 图2A是术前参考图像重叠在术中图像上的示例性示意图；
- [0029] 图2B是展示了术前参考图像相对于术中图像顺时针旋转的示例性示意图；
- [0030] 图2C是展示了术前参考图像相对于术中图像逆时针旋转的另一个示例性示意图；
- [0031] 图3是用于执行由使用者在眼科手术过程中验证建议配准的方法的示例性系统的示意图；并且
- [0032] 图4是展示旋转角度与时间之间的示例性关系的示例性示意图，其中，旋转角度在一系列交替的顺时针旋转和逆时针旋转中随时间减小。

具体实施方式

[0033] 在以下说明中，通过举例的方式阐述了细节以便于讨论所披露的主题。然而，对于本领域普通技术人员而言明显的是，所披露的实施方式是示例性的，并且不是所有可能实施方式的穷举。

[0034] 本披露涉及眼科手术，更具体地涉及一种允许使用者在图像引导的眼科手术过程中验证建议配准的方法、以及一种被配置用于执行所述方法的系统。

[0035] 眼科手术是在眼睛和附属视觉结构上进行的。例如，玻璃体视网膜手术包括涉及眼睛内部部分（诸如玻璃体液和视网膜）的各种精细程序。视网膜是包括黄斑的感光区域，黄斑由感光细胞组成，感光细胞提供清晰、细致的视力。眼睛的玻璃体液是填充视网膜与晶状体之间的空间的透明胶状体。视网膜、黄斑、以及玻璃体全部可能遭受各种疾病和病状，所述疾病和病状可能导致失明或视力丧失，并且可能需要玻璃体视网膜外科医生的关注。

[0036] 使用不同的玻璃体视网膜手术程序（有时使用激光）来改善许多眼睛疾病（包括黄斑前膜、糖尿病视网膜病变、玻璃体出血、黄斑裂孔、视网膜脱落、以及白内障手术的并发症等等）的治疗中的视觉感观性能。

[0037] 眼科手术经常涉及去除眼组织。例如，白内障手术通常需要去除和更换晶状体。然后将人工晶状体或眼内透镜植入物植入眼睛中，以恢复或改善患者的视力。其他程序也可能涉及去除晶状体组织和/或其他类型的眼组织。

[0038] 存在已经开发用于去除眼组织的许多程序和装置。例如，超声乳化术是广泛用于去除病变或受损晶状体组织的方法。超声乳化术过程通常涉及：穿过较小的角膜切口插入探针，以在白内障手术中打碎并去除晶状体。

[0039] 在超声乳化术中，通常在眼睛中形成一个或多个切口，以允许引入手术器械。外科医生然后去除包含眼睛内的晶状体的囊的前面。尖端以超声波频率振动的超声波手机通常用于修整和乳化白内障。去除白内障后，后囊通常仍然完好无损，并且可以将眼内透镜植入物（IOL）放置到剩余的晶状体囊中。

[0040] 在眼科手术过程中，由于眼睛结构的较小尺寸和精细性质，外科医生典型地使用显微镜来放大正在手术的患者眼睛或眼睛的一部分的可视化。

[0041] 眼外科医生可以使用接目镜（另外被称为目镜）来观察被显微镜放大的眼睛或眼睛的一部分。在眼科手术过程中，典型地使用具有两个接目镜的立体显微镜，所述两个接目镜可由两只眼睛同时观察以进行双目观察。作为使用接目镜的替代方案，或者附加地，在眼科手术过程中，数字显微术的发展已经允许被显微镜放大的眼睛或眼睛的一部分的实时术中图像和存储的术前图像显示在可由外科医生能够看到的屏幕上。

[0042] 适用于本文描述的方法和系统的、利用数字显微术和显示屏的眼科手术可视化平台通常包括至少一个高分辨率光电传感器(诸如相机或电荷耦合器件(CCD)),所述高分辨率光电传感器能够接收和获取被显微镜放大的眼睛的一个或多个光学视图。本领域技术人员应了解的是,接收除正常可见光波长外的波长之外的可见波长的光也在本发明的范围内。一般而言,高分辨率光电传感器然后将得到的图像信号传输到高分辨率显示器,所述得到的图像信号经由执行包含在非暂时性计算机可读介质中的指令的处理器传输。

[0043] 图像引导的手术系统可以用于基于术前计划的手术程序。在图像引导的眼科手术过程中,患者眼睛的术前图像(诸如诊断图像)可以用作参考图像,以用于引导眼外科医生对患者眼睛进行手术程序。术前图像可以被认为参考图像,并且可以包括指示坐标的标记,以用于引导眼外科医生,这种标记指示患者眼睛结构内的作为手术程序的靶的位置。

[0044] 本文使用的术语“显示器”是指能够显示静态图像或视频图像的任何装置。优选地,本披露的显示器显示高清(HD)静态图像和视频图像或视频,所述静态图像和视频图像或视频向外科医生提供比标清(SD)信号更高水平的细节。在一些实施方式中,显示器以三维(3D)方式呈现这种HD静态和图像。示例性显示器包括HD监测器、阴极射线管、投影屏幕、液晶显示器、等离子显示面板、发光二极管(LED)或有机LED(OLED)、其3D等效物等。3D高清全息显示系统被认为在本披露的范围内。

[0045] 本文描述的可视化平台包括至少一个高分辨率光电传感器。光电传感器是电磁传感器,所述电磁传感器对光作出响应,并产生电信号或将光转换成电信号,所述电信号可以传输到接收器以供进行信号处理或其他操作,并且最终由仪器或观察者读取。它可能能够响应于或检测形成电磁波谱的任何或所有波长的光。替换性地,光电传感器可以对更有限范围的波长敏感。

[0046] 本文描述的可视化平台可以包括的光电传感器的实例是相机。相机是用于捕获图像作为静态照片或活动图像序列(电影或视频)的装置。相机通常由封闭中空件组成,所述中空件在一端具有用于光进入的开口(孔径),并且在另一端具有用于捕获光的记录表面或观察表面。记录表面可以是化学的(如带有薄膜)、或电子的。相机可以具有定位在相机开口前方的透镜以收集入射光,并将全部或一部分图像聚焦在记录表面上。孔径的直径通常由光圈机构控制,但是替换性地,在适当的情况下,相机具有固定尺寸的孔径。

[0047] 根据本披露的示例性电子光电传感器包括但不限于互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器或电荷耦合器件(CCD)传感器。两种类型的传感器都执行捕获光并将其转换成电信号的功能。CCD是模拟器件。当光到达CCD时,其持有小电荷。在电荷从CCD被读取时,所述电荷一次被转换成一个像素的电压。CMOS芯片是使用CMOS半导体工艺制成的一种有源像素传感器。通常位于每个光电传感器旁边的电子电路系统将接收到的光能转换成电压,然后附加电路系统将电压转换成可以传输或记录的数字数据。

[0048] 适用于实施所述系统和实践本文描述的方法的示例性图像引导的系统包括**VERION[®]**图像引导的系统(诺华股份公司,巴塞尔,瑞士)和蔡司**CALLISTO eye[®]**(卡尔·蔡司股份公司,奥伯科亨,德国)、以及技术人员可识别的其他系统。

[0049] 在图像引导的眼睛手术的工作流程过程中,将眼睛的术前图像与术中拍摄的图像进行比较并与其对准。此对准步骤被称为配准,并且允许根据治疗计划进行治疗。典型地,图像引导的系统通过提供使用配准算法计算的配准建议而在此配准步骤过程中帮助外科

医生。适用于实施所述系统和实践本文描述的方法的示例性配准方法包括 **VERION**[®] 图像引导的系统中使用的那些配准方法、以及诸如美国专利申请13/989,501和美国专利申请14/065,173中描述的那些配准方法,所述专利申请通过援引整体并入本文。

[0050] 例如,对于白内障屈光手术, **VERION**[®] 参考单元执行关键诊断测量,并捕获患者眼睛的高分辨率术前图像,所述高分辨率术前图像包括巩膜血管、角膜缘和虹膜特征,这个高分辨率术前图像用作眼睛的“指纹”,并用作参考图像从而作为手术干预(诸如切口定位、囊切开术和IOL定位)的视觉参考来配准和跟踪眼睛。使用参考图像作为指纹, **VERION**[®] 数字标记然后允许外科医生在手术程序过程中实时定位所有切口和对准。

[0051] 典型地,对于图像引导的眼科手术,执行配准步骤,在所述配准步骤中,将患者眼睛的术前参考图像与患者眼睛的术中图像对准。执行对准以使患者眼睛的术前图像的特征(诸如巩膜血管、虹膜特征和角膜缘)的位置与患者眼睛的术中图像中相同特征的位置相匹配。配准步骤可以包括相对于术中图像旋转术前图像,这可以被称为配准角度。各种眼科手术系统采用计算机处理器,所述计算机处理器执行本领域普通技术人员可识别的用于执行配准步骤的算法。由系统执行的配准步骤的结果可以被称为建议配准,所述建议配准包括建议配准角度。

[0052] 在图像引导的手术工作流程过程中,外科医生需要验证和确认配准建议。这是通过在患者眼睛的术前参考图像和术中图像中验证患者眼睛的结构(例如,巩膜血管、虹膜特征和角膜缘)在两个图像中是否匹配而在视觉上完成的。

[0053] 基于术前计划的每个图像引导的手术系统都需要进行配准,所述手术系统是例如 **VERION**[®] 图像引导的系统以及蔡司CALLISTOeye[®] 系统。目前,图像引导的系统要求外科医生根据不同方法来验证和确认建议配准。在一种方法中,眼外科医生可在屏幕上看到患者眼睛的术前参考图像和术中图像,在所述屏幕上这两个图像被可视化为交替图像。在另一种方法中,所示的患者眼睛的术前参考图像和术中图像彼此相邻。在另一种方法中,眼睛的术前图像和术中图像被切割、展开或拉伸成矩形,并彼此相邻地进行比较。

[0054] 用于验证建议配准的当前方法和系统的一个问题是,经常需要人工干预来评估建议配准是否表示最佳配准角度。典型地,周密的验证需要外科医生稍微改变建议旋转,以便验证建议配准。

[0055] 本文描述的方法和系统的优点预期包括诸如眼外科医生等使用者更容易且更快地验证和确认建议配准。

[0056] 一般而言,本文描述的方法和系统提供了改进的过程和系统,所述过程和系统被如此配置以用于在眼科手术过程中验证建议配准。在各个实施方式中,所述方法和系统通常包括使术前参考图像和术中图像重叠或合并的过程,其中,两个图像是可同时看到的。接下来,使诸如术前参考图像等图像中的一个图像绕建议配准角度以旋转运动的方式例如前后“摇动”几度。这种“摇动”可以自动触发、或由使用者的动作触发。因此,合并图像中的一个图像的“摇动”预期使得更容易区分结构并更容易验证建议配准,包括验证建议配准角度是否是图像的最佳旋转配准。

[0057] 图1示出了展示本披露的示例性方法的示意图100。示意图100示出了眼睛的术前(例如,诊断)图像101,所述图像示出了眼睛的特征,诸如血管102、瞳孔103、角膜缘104和巩

膜105。

[0058] 示意图100还示出了眼睛的术中图像106,所述图像示出了眼睛夹具107(用于在眼科手术过程中保持眼睛张开)和眼睛的特征,诸如血管108、瞳孔109、角膜缘110和巩膜111。

[0059] 示意图100还示出了术前图像101和术中图像106的重叠,从而提供合并图像112。合并图像112中所示的眼睛夹具113对应于术前图像106中的眼睛夹具107。合并图像112示出了患者眼睛的重叠特征,诸如与术前参考图像101的角膜缘104和术中图像106的角膜缘110相对应的角膜缘116的重叠图像。在合并图像112中还示出了眼睛的其他特征,诸如合并图像112中的巩膜119(对应于术前图像101的巩膜105和术中图像106的巩膜111的重叠图像)、以及合并图像112中的血管115(对应于术前图像101中的血管102和术中图像106的血管108的重叠图像)。合并图像112示出了与术前图像101的瞳孔103相对应的瞳孔117和与术中图像106的瞳孔109相对应的瞳孔118。

[0060] 应当注意的是,如示例性示意图101所示,与术前图像101中的与合并图像112中的瞳孔117相对应的瞳孔103相比,术中图像106中的与合并图像112中的瞳孔118相对应的瞳孔109扩张(更大)。在一些实施方式中,瞳孔103/117和瞳孔109/118的尺寸可以是大致相同的尺寸,或者瞳孔103/117可以小于瞳孔109/118。

[0061] 图1的合并图像112示出了中心114。在本文描述的方法和系统的一些实施方式中,中心114可以对应于重叠图像112的角膜缘116的中心、或者术前参考图像101的角膜缘104的中心、或者术中图像106的角膜缘110的中心。本领域技术人员应理解的是,角膜缘116/110/104的形状近似于圆。在其他实施方式中,中心114可以对应于术前图像101的瞳孔103的中心或术中图像106的瞳孔109,这两个瞳孔在合并图像112中分别示出为瞳孔117和瞳孔118。本领域技术人员应理解的是,瞳孔103/109/117/118的形状近似于圆。

[0062] 在合并图像112中,术前图像101和/或术中图像106的透明度可以被设置为大于0%的值。因此,对于术前图像101和/或术中图像106中的至少一个图像,将透明度设置为大于0%的值可以允许使用者看见眼睛特征在术前图像101和/或术中图像106重叠在合并图像112中时在每一个图像中的相对位置。

[0063] 例如,术前图像101和术中图像106的透明度可以被设置为诸如50%等值。可以使用技术人员可识别的其他值,以允许使用者在合并图像112中看见眼睛特征在术前图像101和术中图像106中的每一个图像中的相对位置。例如,术前图像101和/或术中图像106在重叠在合并图像112中时的透明度可以被设置为在约1-10%、10-20%、20-30%、30-40%、40-50%、50-60%、70-80%、80-90%、或90-99%之间的值。

[0064] 箭头120和箭头121指示术前图像101和术中图像106的合并或重叠,从而提供合并图像112。技术人员应理解的是,术语“合并”和“重叠”大致等同,并且因此在本说明书中可以互换使用。

[0065] 箭头122指示当重叠为合并图像112时,术前图像101相对于术中图像106的旋转。旋转中心是中心114。应理解的是,在合并图像112中,可以对术前图像101和/或术中图像106进行旋转,使得术前图像101的旋转角度与术中图像106相比发生了变化。

[0066] 本文使用的术语“旋转角度”是指通常以度数($^{\circ}$)测量的角度值,图像围绕固定点(诸如圆心)旋转所述角度值。传统上,逆时针旋转被认为是正旋转,而顺时针旋转被认为是负旋转,使得例如旋转 310° (逆时针)也可以被称为旋转 -50° (顺时针),因为 $310^{\circ}+50^{\circ}=$

360°,即完整旋转。

[0067] 图2A-图2C示出了术前图像101相对于重叠在图1的合并图像112中的术中图像106的旋转的示例性示意图200,所述术前图像和术中图像在图2A-图2C图中被分别描绘为术前图像201和术中图像202。如图2A-图2C所示,瞳孔203对应于图1的术中图像106的瞳孔109/118,而瞳孔204对应于图1的术前图像101的瞳孔103/117。图2A-图2C中的中心205对应于图1的中心114。

[0068] 如图2A-图2C中示意性所示,当术前图像201和/或术中图像202具有图1和图2A-图2C所示的横向定向的矩形的形状时,本文使用的术语“旋转角度”可以指例如术前图像201的长边(指示为长边206)与术中图像202的长边(指示为长边207)之间的旋转角度。因此,例如,如图2A所示,其中术前图像202相对于术中图像201的旋转角度为零,长边206和长边207平行。

[0069] 具体地,图2A示出了术前图像202和术中图像201的示例性示意图,其中术前图像202相对于术中图像201的旋转角度为零(例如,0°)。

[0070] 与图2A相比,在示例性图2B中,术前图像201相对于术中图像202绕中心205朝箭头208指示的顺时针方向旋转了负角度 θ (θ)。

[0071] 在示例性图2C中,术前图像201相对于术中图像202绕中心205朝箭头208指示的逆时针方向旋转了正角度 θ (θ)。

[0072] 本领域技术人员应理解的是,在配准过程中,患者眼睛的术前参考图像可以根据配准算法按照要求旋转,以将术前参考图像的特征与患者眼睛的术中图像对准,从而提供建议配准。患者眼睛的术前参考图像相对于术中图像在配准过程中的旋转角度可以被称为配准角度。因此,在配准过程之后,建议配准具有建议配准角度。

[0073] 本披露提供了一种方法和系统,所述方法和系统被如此配置以用于由使用者在眼科手术过程中验证建议配准。图3示出了用于执行由使用者在眼科手术过程中验证建议配准的方法的示例性系统的示意性图示。图3中所示的示例性系统包括处理器301和非暂时性计算机可读介质(另外本文称为处理器可通过连接311访问的存储器302)。存储器302包含可由处理器301执行的指令,以用于从诸如相机303等光电传感器获取被显微镜305放大的患者眼睛304的术中图像。所示显微镜305通过连接312连接到相机303上,并且所示相机303通过连接313连接到处理器301上。虚线306指示可通过显微镜305看到的患者眼睛304的术中视野。存储器302还包含可由处理器301执行的指令,以用于从存储器中检索患者眼睛304的术前参考图像307。包含患者眼睛304的术前参考图像407的存储器可以是与存储器302相同的介质、或者可以是不同的介质。例如,在一些实施方式中,存储器302可以是计算机内部硬盘驱动器,而包含患者眼睛的术前图像的存储器可以是诸如USB驱动器等可移动介质、以及技术人员可识别的其他配置。存储器302具有可由处理器301执行的指令,以用于执行配准过程,从而提供患者眼睛的术前参考图像307相对于患者眼睛304的术中图像的建议配准。

[0074] 处理器301可以包括具有操作系统(诸如UNIX或类UNIX操作系统、Windows系列操作系统或另一种合适的操作系统的那些操作系统)的任何合适的计算机。非暂时性计算机可读介质302可以包括持久性和易失性介质、固定和可移动介质、磁性和半导体介质、以及本领域普通技术人员可识别的其他介质。此外,任何合适的通信接口(包括技术人员可识别

的有线和/或无线接口)都可以用作在本文描述的系统300的部件之间发送和接收电子通信信号的装置。

[0075] 为了执行本文描述的方法来验证建议配准,系统,诸如图3所示的示例性系统,被配置成使得存储器302包含可由处理器301执行的指令,以用于使患者眼睛304的术前参考图像307和术中图像重叠,从而提供图1所示的具有建议配准的合并图像112,其中,合并图像是可由使用者看到的。在图3中,所示的术前参考图像307概念性地重叠在术中患者眼睛304上方。在一些实施方式中,合并图像可以是可通过显微镜目镜308看到的。包括此功能的示例性系统是**VERION**[®]图像引导的系统,在所述系统中,显示器309集成到显微镜中,如线310指示的。因此,在一些实施方式中,存储器302可以包含可由处理器301执行的指令,以用于通过目镜308显示能够看到的合并图像。在其他实施方式中,合并图像可以是可在显示器309(诸如在不通过目镜308看的情况下就能够看到的分离的显示屏)上看到的。因此,在一些实施方式中,存储器302可以包含可由处理器301执行的指令,以用于在显示器309上显示能够看到的合并图像。存储器302具有可由处理器301执行的指令,以用于通过连接314将合并图像发送至显示器309。

[0076] 所述系统被配置成使得存储器302包含可由处理器301执行的指令,以用于调整术前参考图像和术中图像中的至少一个图像的透明度,使得术前参考图像和术中图像可在显示器309上的合并图像中由使用者同时看到。典型地,在一些实施方式中,将调整术前参考图像的透明度。在一些实施方式中,存储器302包含可由处理器301执行的指令,以将术前参考图像和术中图像中的至少一个图像的透明度调整(例如,增加)到至少约1%、诸如在约1-10%、10-20%、20-30%、30-40%、40-50%、50-60%、60-70%、80-90%或约90-99%之间。在一些实施方式中,透明度为约50%。

[0077] 应理解的是,通常在合并两个图像后,认为所述合并图像具有两层,并且所述图像之一可以在另一个图像之上。因此,如果术前参考图像和术中图像中只有一个被制成透明的,那么合并图像中在上面(例如,最接近使用者的视点)的图像将被制成透明的,使得下面(例如,在下层)的图像将可透过顶层的图像看到。

[0078] 可以在本文描述的系统使用的用于调整图像透明度的算法在本领域中是众所周知的,诸如在广泛使用的程序(诸如**Photoshop**[®](奥多比系统公司,加利福尼亚))中使用的那些算法。

[0079] 在被配置用于执行验证建议配准的方法的系统中,存储器302还包含可由处理器301执行的指令,用于在具有建议配准的能够看到的合并图像中相对于患者眼睛304的能够看到的术中图像旋转能够看到的术前参考图像307。应理解的是,在验证过程中合并图像中旋转的起始位置是建议配准的建议配准角度。由此,作为验证过程的起始位置的建议配准角度可以被认为具有0°的验证旋转,并且本文指示的在验证过程中的旋转角度是相对于建议配准角度来测量的。验证建议配准的方法的旋转在图3中由双箭头315指示。如图1和图2所示,例如,旋转可以以术前参考图像中的患者眼睛的角膜缘或瞳孔的中心为中心。如技术人员应理解的,角膜缘或瞳孔形成具有可识别中心的近似圆形形状。关于眼科手术过程中眼睛和眼睛内结构的放大图像的检测,本文使用的术语“圆”指的是近似圆形形状,并且可以包括椭圆形和近似椭圆形形状。

[0080] 因此,在一些实施方式中,存储器可以包含可由处理器执行的指令,用于确定图1所示的瞳孔103/109/117/118或角膜缘104/110/116的图像的中心。例如,如美国专利申请14/065,173(通过援引并入本文)中所述,如本领域技术人员应理解的,瞳孔中心可以使用凸包的重心、或者使用强度阈值处理分割的对象来计算,或者替代性地,通过边缘点的变换或椭圆拟合来计算。此方法列表并非穷举,并且可以使用本领域技术人员可识别的其他技术。角膜缘中心可以通过利用沿着从瞳孔中心开始的径向线的像素强度的梯度来计算。使用预定梯度阈值,可以找到角膜缘的边缘点,并且应用椭圆拟合算法来找到角膜缘中心。此方法列表也并非穷举,并且可以使用本领域技术人员可识别的其他技术。在本文描述的各种实施方式中,角膜缘或瞳孔的近似圆形图像的中心的检测可以使用本领域技术人员可识别的、用于检测图像中的圆的任何合适的算法。可以用于检测圆的标准算法包括圆霍夫变换和随机抽样一致性(RANSAC)、以及技术人员可识别的其他算法。

[0081] 在一些实施方式中,对于验证过程,在系统中,存储器302包含可由处理器301执行的指令,以相对于患者眼睛304的术中图像顺时针和/或逆时针旋转患者眼睛的术前参考图像307。在一些实施方式中,旋转可以包括至少一次顺时针旋转和至少一次逆时针旋转,并且顺时针旋转和逆时针旋转交替进行。可以重复一次或多次旋转,例如最高达约20次。在一些实施方式中,旋转重复约10次。具体地,在一些实施方式中,旋转可以顺时针和逆时针交替进行。在一些实施方式中,顺时针旋转和逆时针旋转的交替可以具有约1-10Hz(每秒1-10个周期)、诸如约5Hz的频率。每次旋转可以具有相对于建议配准角度约 $\pm 1-10^\circ$ 的旋转角度。例如,相对于建议配准角度,旋转角度可以为约 $\pm 5^\circ$ 。

[0082] 在一些实施方式中,在验证过程中,旋转可以包括具有相对于建议配准角度的多个能够看到的交替的顺时针旋转和逆时针旋转的系列,其中,所述系列具有第一旋转,所述第一旋转具有第一角度,并且所述系列的各连续能够看到的旋转相对于建议配准角度具有更小的角度。例如,多个能够看到的交替的顺时针旋转角度和逆时针旋转角度可以包括约10个交替的顺时针旋转角度和逆时针旋转角度,并且各连续能够看到的旋转的角度相对于建议配准角度可以减小约 1° 。

[0083] 例如,相对于建议配准角度,这样的一系列交替的旋转角度可以包括以下: $+10^\circ$ 、 -9° 、 $+8^\circ$ 、 -7° 、 $+6^\circ$ 、 -5° 、 $+4^\circ$ 、 -3° 、 $+2^\circ$ 、 -1° 、 0° 。

[0084] 例如,在验证过程中,图4示出了展示旋转角度与时间之间的示例性关系的示意性曲线图400,其中,旋转角度在一系列交替的顺时针旋转和逆时针旋转中随时间减小。具体地,曲线图400示出了表示旋转角度(旋转 $^\circ$)的垂直轴线,所述垂直轴线示出了正验证旋转角度(指示相对于建议配准角度的逆时针旋转角度)和负验证旋转角度(指示相对于建议配准角度的顺时针旋转角度)。因此,如本文描述的,在由401指示的曲线图的原点验证旋转角度的值为零(0°)的点表示建议配准的角度。因此,所示的顺时针负验证旋转值沿着轴线的在点401以下的由402指示的部分,而所示的逆时针正验证旋转值沿着轴线的在点401以上的由403指示的部分。指示时间的轴线由404指示。在图4中,示例性曲线图400示出了指示一系列能够看到的交替的顺时针旋转和逆时针旋转的线405,其中,所述系列具有第一旋转,所述第一旋转具有第一角度,并且所述系列的各连续能够看到的旋转具有更小的角度。具体地,在轴线404的左端处,所示的线405具有 0° 的值,指示配准角度,随后是一系列验证旋转角度,所述系列验证旋转角度的峰值的值依次变小。最后,在轴线404的右端处,所示的线

405返回至0°的值。

[0085] 在本文描述的验证过程中,旋转或一系列旋转之后,合并图像中的建议配准可以是能够看到的。因此,在本文描述的验证过程之后,处理器301可以执行包含在存储器302中的指令,以在显示器309上再次呈现具有建议配准的合并图像。

[0086] 在本文描述的验证过程之后,使用者可以确认建议配准是最佳配准,或者使用者可以确认建议配准不是最佳配准。本文描述的验证过程可以根据使用者的要求执行多次,以对确认建议配准是或不是最佳配准作出判定。因此,所述系统和方法可以进一步包括执行、重叠、调整、以及旋转步骤中的一个或多个。

[0087] 因此,在一些实施方式中,存储器302可以包含可由处理器301执行的指令,以用于在执行配准过程之后,自动启动重叠、调整、以及旋转步骤。在其他实施方式中,在执行配准过程之后,使用者可以启动系统来执行重叠、调整、以及旋转步骤。

[0088] 因此,本文描述的系统被配置用于允许使用者在合并图像中同时看到术前参考图像和术中图像,其中,已经对术前参考图像和术中图像执行了配准过程,并且合并图像具有建议配准。

[0089] 随后,在本文描述的验证过程中,使用者可以验证建议配准。如本文描述的,本文描述的验证过程涉及一种方法,其中使用者观看计算机处理器控制的术前参考图像背离建议配准角度的临时旋转。

[0090] 本文描述的过程可以被称为在合并图像中相对于建议配准角度“摇动”术前图像,其中,关于建议配准,患者眼睛的术前参考图像的旋转角度与建议配准的旋转角度短暂不同。执行摇动以允许使用者验证建议配准。

[0091] 在验证过程中,在各个实施方式中,所述方法和系统允许使用者看见术前参考图像相对于患者眼睛的术中图像的旋转角度背离建议配准角度的短暂变化。

[0092] 本文描述的验证过程的各个参数可以根据使用者偏好来定制,诸如透明度、旋转角度、旋转重复次数、以及旋转频率。因此,图3所示的示例性系统可以另外包括诸如触摸屏等控制面板(未示出),所述控制面板具有允许外科医生调整参数的使用者操作的控件或命令。

[0093] 在一些实施方式中,在完成建议配准后,本文描述的验证过程可以通过处理器执行包含在存储器中的指令来启动。在其他实施方式中,在完成建议配准后,使用者可以启动验证过程的步骤,例如通过选择启动验证过程的使用者操作的控件、例如显示在诸如触摸屏等控制面板上的命令,所述命令被配置用于启动系统中的验证过程。在一些实施方式中,验证的启动可以是在处理器启动与使用者启动之间可选的。因此,控制面板可以包括使用者操作的控件或命令,所述控件或命令被配置用于通过包含在存储器中的指令来实现在处理器启动与由使用者启动之间的选择。因此,在配准过程之后,包括重叠、调整、以及旋转步骤的验证过程可以自动触发,或者可以由使用者触发。一般而言,应理解的是,术语“自动”指的是不需要使用者(诸如眼外科医生)手动控制或操纵的动作或过程。

[0094] 以上披露的主题应认为是说明性而非限制性的,并且所附权利要求旨在覆盖所有此类修改、增强、以及落入本披露的真实精神和范围内的其他实施方式。因此,为了被法律最大程度地允许,本披露的范围将由以下权利要求及其等效物的最广泛允许的解读来确定、并且不应受限于或局限于上述详细说明。

[0095] 如在本说明书和所附权利要求中使用的,单数形式“一(a,an)”和“所述(the)”包括复数指代物,除非内容另有明确规定。术语“多个”包括两个或更多个指代物,除非内容另有明确指明。除非另有定义,本文使用的所有技术和科学术语具有与本披露所属领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

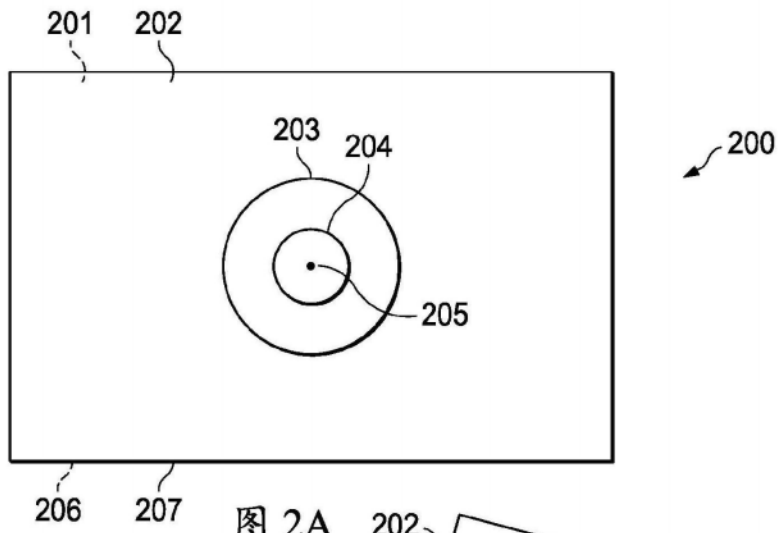


图 2A

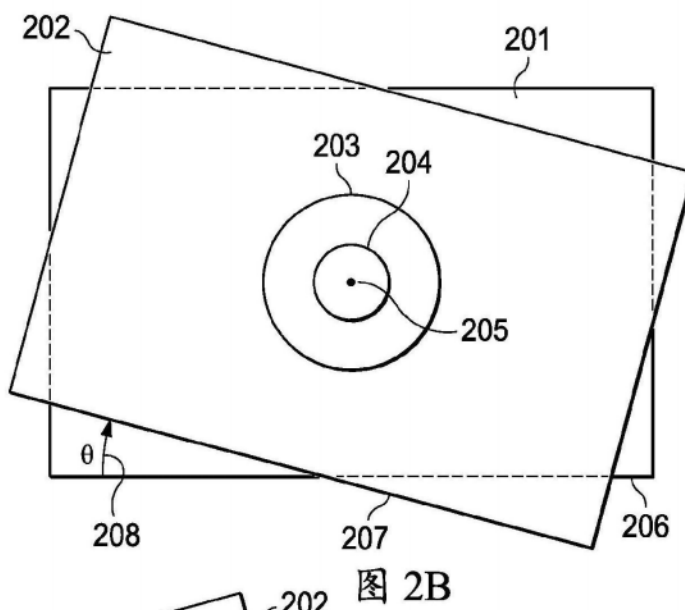


图 2B

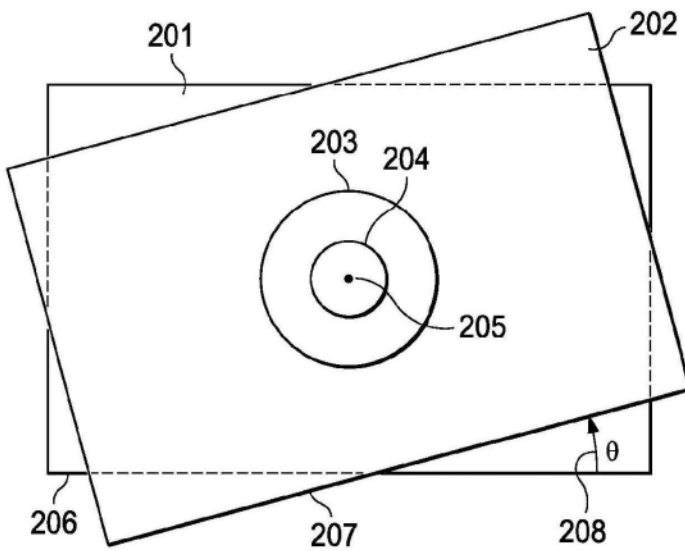


图 2C

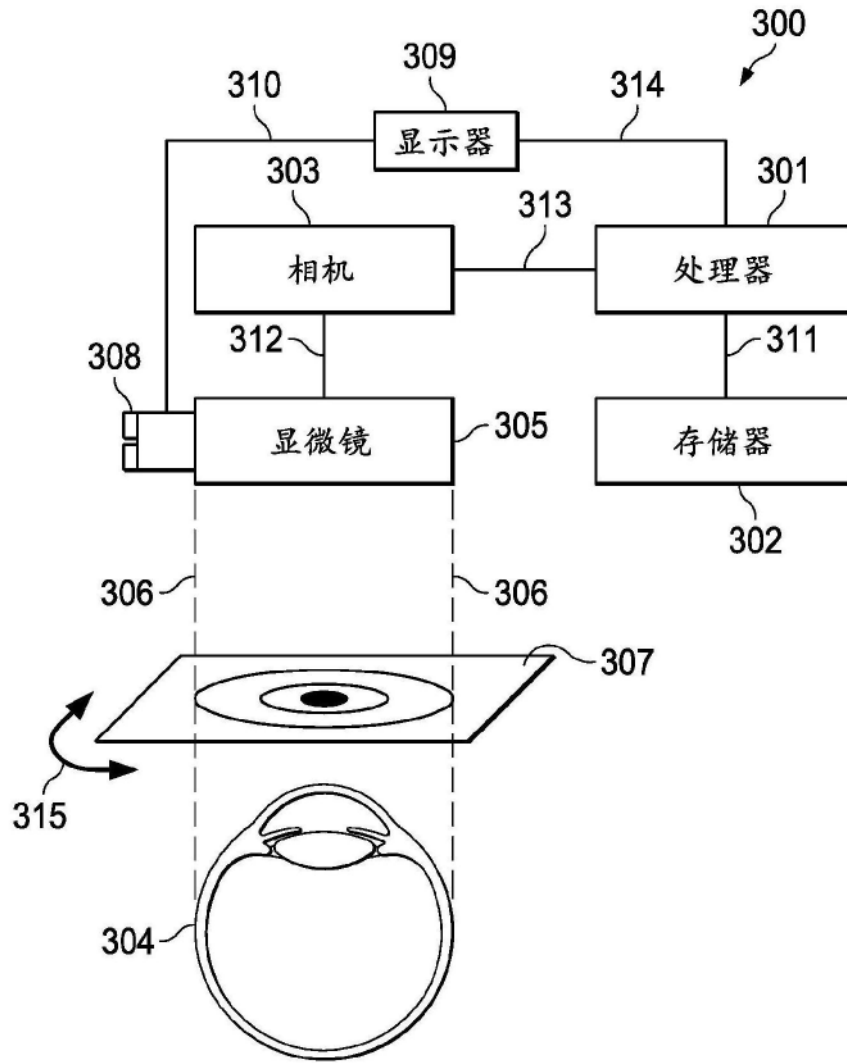


图3

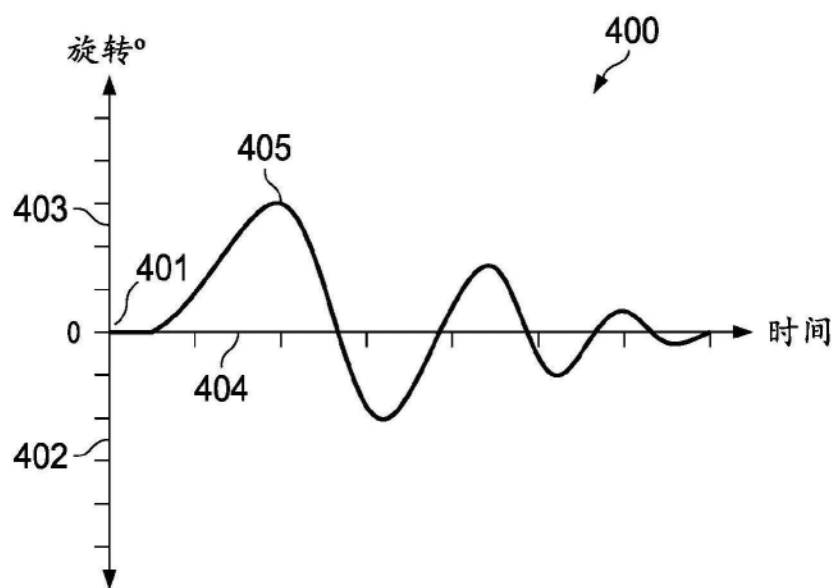


图4