



(10) 授权公告号 CN 103961058 B

(21) 申请号 201410043344.0

JP 特开 2012-266 A, 2012. 01. 05,

(22) 申请日 2014.01.29

CN 101133943 A, 2008. 03. 05.

(30) 优先权数据

CN 102058391 A, 2011. 05. 18.

2013-017661 2013.01.31 JP

JP 特开 2011-92291 A, 2011.05.12,

(73) 专利权人 佳能株式会社

审查员 王歆媛

地址 日本东京都大田区下丸子 3-30-2

(72) 发明人 坂川航 坂川幸雄 小野重秋

内田弘树

(74) 专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司

公司 11293

代理人 迟军

(51) Int. Cl.

A61B 3/14(2006.01)

(56) 对比文件

US 2012/0033181 A1, 2012. 02. 09,

US 2008/0024721 A1, 2008. 01. 31,

US 2011/0267581 A1, 2011. 11. 03,

CN 102209488 A, 2011. 10. 05,

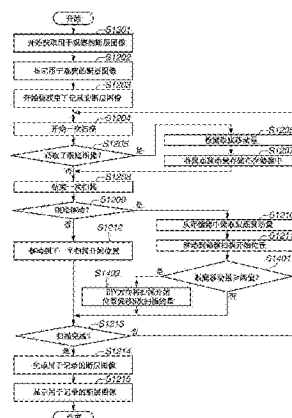
W0 2011/139895 A1, 2011. 10. 11.

权利要求书3页 说明书15页 附图14页

光学相干断层摄像装置及其控制方法

(57) 摘要

本发明提供光学相干断层摄像装置及其控制方法。所述光学相干断层摄像装置包括：移动量获取单元，被配置为基于在不同时间获取的被检眼的多个图像，获取被检眼移动量；确定单元，被配置为确定扫描单元进行扫描之前的被检眼移动量是否超过了阈值；以及控制单元，被配置为在扫描之前的被检眼移动量等于或小于阈值的情况下，控制扫描单元，基于移动量，在扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正。



1. 一种光学相干断层摄像装置,其包括:

图像获取单元,被配置为在不同时间获取被检眼的多个图像;

断层图像获取单元,被配置为基于通过来自经由扫描单元用测量光照射的所述被检眼的返回光和与所述测量光相对应的参照光之间的干涉产生的干涉光,获取所述被检眼的多个断层图像;

移动量获取单元,被配置为基于所述多个图像,获取被检眼移动量;

确定单元,被配置为确定所述扫描单元进行扫描之前的所述被检眼移动量是否超过了阈值;以及

控制单元,被配置为在所述扫描之前的所述被检眼移动量等于或小于所述阈值的情况下,控制所述扫描单元,基于所述移动量,在所述扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正。

2. 根据权利要求1所述的光学相干断层摄像装置,其中,在所述扫描之前的所述被检眼移动量超过所述阈值的情况下,所述控制单元控制所述扫描单元,从所述扫描之前的扫描位置开始,重新开始所述扫描单元的扫描。

3. 根据权利要求1所述的光学相干断层摄像装置,其中,所述图像获取单元获取所述被检眼的多个眼底图像,作为所述多个图像,并且

其中,所述移动量获取单元基于所述多个眼底图像,获取所述被检眼移动量。

4. 根据权利要求3所述的光学相干断层摄像装置,其中,所述图像获取单元通过对所述被检眼的所述多个断层图像进行处理,来获取所述多个眼底图像。

5. 根据权利要求1所述的光学相干断层摄像装置,其中,所述移动量获取单元基于所述多个图像获取被检眼转动量,作为所述移动量,并且

其中,所述控制单元控制所述扫描单元,基于所获取的转动量,在所述扫描和所述下一个扫描之间进行扫描位置校正。

6. 根据权利要求1所述的光学相干断层摄像装置,所述光学相干断层摄像装置还包括:

检测单元,被配置为基于所述多个图像,检测所述扫描之前的所述被检眼的眨动,

其中,在检测到所述眨动的情况下,所述控制单元控制所述扫描单元,从所述扫描之前的扫描位置开始,重新开始所述扫描单元的扫描。

7. 根据权利要求1所述的光学相干断层摄像装置,其中,所述控制单元控制所述扫描单元,在所述扫描单元的一个主扫描和下一个主扫描之间进行扫描位置校正,而在所述扫描单元的主扫描期间暂停所述扫描位置校正。

8. 根据权利要求1所述的光学相干断层摄像装置,其中,所述控制单元控制所述扫描单元,在所述扫描单元的副扫描期间进行扫描位置校正,而在所述扫描单元的主扫描期间暂停所述扫描位置校正。

9. 一种光学相干断层摄像装置,其包括:

图像获取单元,被配置为在不同时间获取被检眼的多个图像;

断层图像获取单元,被配置为基于通过来自经由扫描单元用测量光照射的所述被检眼的返回光和与所述测量光相对应的参照光之间的干涉产生的干涉光,获取所述被检眼的多个断层图像;

移动量获取单元,被配置为基于所述多个图像,获取被检眼移动量;以及

控制单元,被配置为,在所述扫描单元进行扫描之前的所述被检眼移动量等于或小于阈值的情况下,控制所述扫描单元,基于所述被检眼移动量,在所述扫描单元进行的扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正,并且在所述扫描之前的所述被检眼移动量超过所述阈值的情况下,控制所述扫描单元,从所述扫描之前的扫描位置开始,重新开始所述扫描单元的扫描。

10.一种光学相干断层摄像装置,其包括:

图像获取单元,被配置为在不同时间获取被检眼的多个图像;

断层图像获取单元,被配置为基于通过来自经由扫描单元用测量光照射的所述被检眼的返回光和与所述测量光相对应的参照光之间的干涉产生的干涉光,获取所述被检眼的多个断层图像;

移动量获取单元,被配置为基于所述多个图像,获取被检眼移动量;

检测单元,被配置为基于所述多个图像,检测所述扫描单元进行扫描之前的所述被检眼的眨动;以及

控制单元,被配置为,在所述扫描之前的所述被检眼移动量等于或小于阈值的情况下,控制所述扫描单元,基于所述被检眼移动量,在所述扫描单元进行的扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正,并且在检测到所述眨动的情况下,控制所述扫描单元,从所述扫描之前的扫描位置开始,重新开始所述扫描单元的扫描。

11.一种光学相干断层摄像装置的控制方法,所述光学相干断层摄像装置用于基于通过来自经由扫描单元用测量光照射的被检眼的返回光和与所述测量光相对应的参照光之间的干涉产生的干涉光,获取所述被检眼的多个断层图像,所述控制方法包括:

基于在不同时间获取的所述被检眼的多个图像,获取被检眼移动量;

确定所述扫描单元进行扫描之前的所述被检眼移动量是否超过了阈值;以及

在所述扫描之前的所述被检眼移动量等于或小于所述阈值的情况下,控制所述扫描单元,基于所述移动量,在所述扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正。

12.根据权利要求11所述的光学相干断层摄像装置的控制方法,其中,在所述控制中,在所述扫描之前的所述被检眼移动量超过所述阈值的情况下,所述控制方法控制所述扫描单元,从所述扫描之前的扫描位置开始,重新开始所述扫描单元的扫描。

13.根据权利要求11所述的光学相干断层摄像装置的控制方法,其中,所述多个图像是所述被检眼的多个眼底图像,并且

其中,在获取所述移动量时,所述控制方法基于所述多个眼底图像,获取所述被检眼移动量。

14.根据权利要求13所述的光学相干断层摄像装置的控制方法,其中,所述控制方法通过对所述被检眼的所述多个断层图像进行处理,来获取所述多个眼底图像。

15.根据权利要求11所述的光学相干断层摄像装置的控制方法,其中,在获取所述移动量时,所述控制方法基于所述多个图像获取被检眼转动量,作为所述移动量,并且

其中,在所述控制中,所述控制方法控制所述扫描单元,基于所获取的转动量,在所述扫描和所述下一个扫描之间进行扫描位置校正。

16.根据权利要求11所述的光学相干断层摄像装置的控制方法,所述控制方法还包括:

基于所述多个图像,检测所述扫描之前的所述被检眼的眨动,

其中,在所述控制中,在检测到所述眨动的情况下,所述控制方法控制所述扫描单元,从所述扫描之前的扫描位置开始,重新开始所述扫描单元的扫描。

17.根据权利要求11所述的光学相干断层摄像装置的控制方法,其中,在所述控制中,所述控制方法控制所述扫描单元,在所述扫描单元的一个主扫描和下一个主扫描之间进行扫描位置校正,而在所述扫描单元的主扫描期间暂停所述扫描位置校正。

18.根据权利要求11所述的光学相干断层摄像装置的控制方法,其中,在所述控制中,所述控制方法控制所述扫描单元,在所述扫描单元的副扫描期间进行扫描位置校正,而在所述扫描单元的主扫描期间暂停所述扫描位置校正。

19.一种光学相干断层摄像装置的控制方法,所述光学相干断层摄像装置用于基于通过来自经由扫描单元用测量光照射的被检眼的返回光和与所述测量光相对应的参照光之间的干涉产生的干涉光,获取所述被检眼的多个断层图像,所述控制方法包括:

基于在不同时间获取的所述被检眼的多个图像,获取被检眼移动量;

在所述扫描单元进行扫描之前的所述被检眼移动量等于或小于阈值的情况下,控制所述扫描单元,基于所述被检眼移动量,在所述扫描单元进行的扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正;以及

在所述扫描之前的所述被检眼移动量超过所述阈值的情况下,控制所述扫描单元,从所述扫描之前的扫描位置开始,重新开始所述扫描单元的扫描。

20.一种光学相干断层摄像装置的控制方法,所述光学相干断层摄像装置用于基于通过来自经由扫描单元用测量光照射的被检眼的返回光和与所述测量光相对应的参照光之间的干涉产生的干涉光,获取所述被检眼的多个断层图像,所述控制方法包括:

基于在不同时间获取的所述被检眼的多个图像,获取被检眼移动量;

基于所述多个图像,检测所述扫描单元进行扫描之前的所述被检眼的眨动;

在所述扫描之前的所述被检眼移动量等于或小于阈值的情况下,控制所述扫描单元,基于所述被检眼移动量,在所述扫描单元进行的扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正;以及

在检测到所述眨动的情况下,控制所述扫描单元,从所述扫描之前的扫描位置开始,重新开始所述扫描单元的扫描。

光学相干断层摄像装置及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过光学相干捕获被检眼的断层图像的光学相干断层摄像装置及该光学相干断层摄像装置的控制方法。

背景技术

[0002] 目前已知的基于光学相干断层扫描(OCT)的光学相干断层摄像装置利用多波长光波干涉。例如,这种光学相干断层摄像装置用于与内窥镜一起获取内部器官信息并与眼科装置一起获取视网膜信息,并且,这种光学相干断层摄像装置对人体的适用领域正在逐渐拓宽。适用于人眼的光学相干断层摄像装置作为眼科装置,对于视网膜专科门诊必不可少。

[0003] 这种光学相干断层摄像装置能够用作为低相干光的测量光照射样本,并且使用干涉仪来测量来自样本的后向散射光。在用测量光照射样本上的一个点的情况下,能够获取样本上的该一个点处的深度方向上的图像信息。此外,通过在用测量光扫描样本的同时进行测量,能够获取样本的断层图像。在将该光学相干断层摄像装置应用于眼底的情况下,用测量光扫描被检眼的眼底,以捕获被检眼的眼底的高分辨率断层图像。因此,光学相干断层摄像装置在视网膜眼科诊断中得到广泛使用。

[0004] 通常,光学相干断层摄像装置使用通过沿水平或垂直方向重复扫描测量目标(眼底),来捕获多个断层图像的方法。因此,光学相干断层摄像装置对眼底上的同一区域进行多次扫描,以捕获同一区域的多个断层图像,并且对捕获的断层图像进行求平均处理,以获取眼底的高清晰度断层图像。此外,通过在平行地移动扫描位置的同时、对眼底进行多次扫描,能够获取眼底的三维图像。然而,在以这种方式对眼底进行多次扫描的情况下,由于完成图像捕获耗费一定量的时间,因此眼睛可能在图像捕获期间移动。

[0005] 日本特开2008-29467号公报讨论了一种具有跟踪功能的眼科摄像装置。具体来说,该眼科摄像装置连续捕获被检眼的多个正面图像,使用所获取的多个正面图像来检测被检眼移动,并且根据被检眼移动,来对扫描位置进行校正。

发明内容

[0006] 根据本发明的一方面,提供一种光学相干断层摄像装置,其包括:图像获取单元,被配置为在不同时间获取被检眼的多个图像;断层图像获取单元,被配置为基于通过来自经由扫描单元用测量光照射的所述被检眼的返回光和与所述测量光相对应的参照光之间的干涉产生的干涉光,获取所述被检眼的多个断层图像;移动量获取单元,被配置为基于所述多个图像,获取被检眼移动量;确定单元,被配置为确定所述扫描单元进行扫描之前的所述被检眼移动量是否超过了阈值;以及控制单元,被配置为在所述扫描之前的所述被检眼移动量等于或小于所述阈值的情况下,控制所述扫描单元,基于所述移动量,在所述扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正。

[0007] 从以下参照附图对示例性实施例的详细描述,本发明的其它特征和方面将变得清楚。

附图说明

[0008] 包含在说明书中并构成说明书的一部分的附图例示了本发明的示例性实施例、特征和方面,并且与文字说明一起用来解释本发明的原理。

[0009] 图1例示了根据第一示例性实施例的光学相干断层摄像装置的配置的示例。

[0010] 图2是例示根据第一示例性实施例的自动对准的示例的流程图。

[0011] 图3是例示根据第一示例性实施例的眼底跟踪的示例的流程图。

[0012] 图4例示了根据第一示例性实施例的在适当的对准状况下捕获的断层图像的示例。

[0013] 图5例示了根据第一示例性实施例的在眼睛正在移动时捕获的断层图像的示例。

[0014] 图6例示了根据第一示例性实施例的在执行自动对准期间捕获的断层图像的示例。

[0015] 图7例示了根据第一示例性实施例的在执行自动对准期间捕获的多个断层图像的示例。

[0016] 图8例示了根据第一示例性实施例的根据多个断层图像生成的虚拟断层图像的示例。

[0017] 图9是例示根据第一示例性实施例的自动对准控制的示例的流程图。

[0018] 图10例示了根据第一示例性实施例的在不进行眼底跟踪控制的情况下的扫描模式的示例。

[0019] 图11例示了根据第一示例性实施例的通过扫描获取的断层图像的示例。

[0020] 图12是例示根据第一示例性实施例的眼底跟踪控制的示例的流程图。

[0021] 图13例示了根据第一示例性实施例的眼底跟踪控制中的扫描模式的示例。

[0022] 图14A和14B例示了根据第二示例性实施例的光学相干断层摄像装置的配置的示例。

[0023] 图15是例示根据第三示例性实施例的眼底跟踪控制的示例的流程图。

[0024] 图16是例示根据第四示例性实施例的眼底跟踪控制的示例的流程图。

具体实施方式

[0025] 下面,参照附图详细描述本发明的各种示例性实施例、特征和方面。

[0026] 通常,存在从检测到被检眼移动时起直到进行扫描位置校正时为止的时间滞后。因此,在出现每单位时间比较大的被检眼移动(例如固视期间的作为一种不自主眼移动的轻抖移动)的情况下,即使跟踪到了该移动,在断层图像中也可能由于该移动而出现畸变。此外,由于该移动,在对扫描位置偏差进行校正时,也会出现畸变。

[0027] 本示例性实施例的目的之一在于,即使在跟踪被检眼移动期间,出现每单位时间比较大的被检眼移动,也获取使由于该移动而出现的畸变减小的断层图像。

[0028] 根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置能够基于在不同的时间获取的被检眼的多个图像(例如多个眼底图像),来获取被检眼移动量(例如被检眼转动量)。根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置能够确定扫描单元进行扫描之前的被检眼移动量是否超过了阈值。在扫描之前的被检眼移动量等于或小于阈值的情况下,根据本示例性实

施例的光学相干断层摄像装置能够控制扫描单元,基于被检眼移动量,在该扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正。

[0029] 根据另一示例性实施例的光学相干断层摄像装置能够控制扫描单元,在该扫描之前的被检眼移动量超过阈值的情况下,从该扫描之前的扫描位置开始,重新开始扫描单元的扫描。

[0030] 根据又一示例性实施例的光学相干断层摄像装置能够基于在不同时间获取的被检眼的多个图像,检测扫描单元进行扫描之前的被检眼的眨动。根据又一示例性实施例的光学相干断层摄像装置能够控制扫描单元,在检测到被检眼的眨动的情况下,从该扫描之前的扫描位置开始,重新开始扫描单元的扫描。

[0031] 根据又一示例性实施例的光学相干断层摄像装置能够控制扫描单元(控制用于跟踪被检眼的单元的操作),基于在不同时间获取的被检眼的多个图像,在扫描单元的扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正。

[0032] 根据上述示例性实施例中的至少一个,即使在出现每单位时间比较大的被检眼移动的情况下,也能够通过减小由于相关被检者的移动而出现的畸变,来获取断层图像。

[0033] 在断层图像捕获期间激活眼底跟踪的情况下,可能由于通过眼底跟踪对扫描位置的校正,而在断层图像中出现畸变。在通过眼底跟踪的扫描位置校正的间隔,比获取被检眼上的一个点处的深度方向上的信息的时间(A扫描获取时间)短的情况下,因为在获取一个断层图像的各扫描点处适当地进行扫描位置校正,因此在断层图像中不出现畸变。然而,很难使通过眼底跟踪的扫描位置校正的间隔比A扫描获取时间短。例如,在进行眼底跟踪时,由于经常使用正面眼底图像,因此很难使通过眼底跟踪的扫描位置校正的间隔比正面图像获取间隔短。通常来说,正面图像获取间隔大约为几十毫秒,这比A扫描获取间隔(通常为几十微秒)长。因此,很难在对被检眼的扫描期间针对各点,通过眼底跟踪进行扫描位置校正。以固定间隔针对各量的扫描范围,进行扫描位置校正。在以固定间隔进行扫描位置校正之后,将一次对以固定间隔检测到的眼移动进行校正。其结果是,在对被检眼进行扫描的情况下,将以固定间隔产生扫描位置的快速改变。这种扫描位置的快速改变在捕获的断层图像上以固定间隔作为断层偏差(畸变)而出现。

[0034] 这种断层图像畸变不仅干扰医生进行的图像诊断,还导致将断层图像畸变误识别为病变部分,这可能导致误诊。此外,断层图像畸变还可能对在许多光学相干断层摄像装置中设置的自动视网膜层边界识别功能有负面影响。如果误识别了视网膜层边界,则将显示基于该误识别的视网膜层厚度的测量值,这可能导致误诊。

[0035] 为了避免这种问题,在获取被检眼的多个断层图像的情况下,希望对跟踪相关被检眼的方法进行控制。这使得能够获取由于被检眼移动而出现的畸变减小的断层图像。例如,希望激活用于跟踪被检眼的单元,以在获取多个断层图像中的一个的时间和获取下一个断层图像的时间之间,对下一个断层图像的获取位置进行校正。

[0036] 在捕获断层图像期间,激活用于自动调整被检眼和光学存储单元之间的相对位置关系的自动对准的情况下,可能在断层图像中出现类似的畸变。在这种情况下,由于自动对准而发生的图像捕获光轴的偏心,可能使视网膜在断层图像上倾斜或者垂直移动。特别地,在进行多次扫描以获取多个断层图像的情况下,发生视网膜在特定断层图像中水平地定位、而在其他断层图像中倾斜的情形。在以这种方式捕获具有不同倾斜度的多个断层图像

的情况下,断层图像之间的倾斜度的差在根据多个断层图像生成的三维图像上作为视网膜形状畸变而出现。

[0037] 将在下面的示例性实施例中具体描述上述因素。

[0038] 下面,参照附图描述第一示例性实施例。

[0039] (光学相干断层摄像装置的总体配置)

[0040] 下面,参照图1,描述根据第一示例性实施例的光学相干断层摄像装置的总体配置。根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置基于来自经由扫描单元用测量光照射的被检眼的返回光和与测量光相对应的参照光之间的干涉产生的干涉光,来获取被检眼的断层图像。该光学相干断层摄像装置包括光学头单元100、分光器200和控制单元300。下面,按照光学头单元100、分光器200和控制单元300的顺序,描述光学头单元100、分光器200和控制单元300的配置。

[0041] (光学头单元100和分光器200的配置)

[0042] 光学头单元100包括用于捕获被检眼E的前眼部Ea和眼底Er的二维图像和断层图像的测量光光学系统。下面描述光学头单元100的内部。以面对被检眼E的方式布置物镜101-1。布置在光轴上的用作光路分离单元的第一二向色镜102和第二二向色镜103使光路分支。具体来说,光路针对各波长带分支为OCT光学系统的测量路径L1、眼底观察光路和固视灯光路L2以及前眼部观察光路L3。

[0043] 第三二向色镜118针对各波长带,进一步将光路L2分支为到用于进行眼底观察的雪崩光电二极管(APD)115的光路和到固视灯116的光路。在光路L2上布置透镜101-2、111和112。透镜111由用于进行用于固视灯和眼底观察的聚焦调整的电机(未示出)驱动。APD115具有用于眼底观察的照明光(未示出)的波长、具体来说为780纳米附近的灵敏度。固视灯116产生可见光,以提示被检者进行固视。

[0044] 用于使用从用于眼底观察的照明光源(未示出)发出的光对被检眼E的眼底Er进行扫描的X扫描器117-1(用于主扫描方向)和Y扫描器117-2(用于与主扫描方向相交的副扫描方向)布置在光路L2上。布置透镜101-2,使得其焦点位置在X扫描器117-1和Y扫描器117-2之间的中心位置附近。虽然X扫描器117-1是共振型镜,但是其可以是多棱镜。X扫描器117-1和Y扫描器117-2之间的中心位置附近,与被检眼E的瞳孔位置具有光学共轭关系。APD115(单个检测器)检测作为返回光由眼底Er散射和反射的光。作为由穿孔镜或者汽相沉积的中空镜构成的棱镜的第三二向色镜118将入射光分离为照明光和来自眼底Er的返回光。

[0045] 透镜141和用于前眼部观察的红外线电荷耦合器件(CCD)142布置在光路L3上。红外线CCD142具有用于前眼部观察的照明光(未示出)的波长、具体来说为970纳米附近的灵敏度。如上所述,光路L1形成OCT光学系统,其用来捕获被检眼E的眼底Er的断层图像。更具体来说,光路L1用来获取用于形成断层图像的干涉信号。

[0046] 透镜101-3、镜121以及作为扫描单元的X扫描器122-1和Y扫描器122-2布置在光路L1上,以在被检眼E的眼底Er上使光偏转。此外,布置X扫描器122-1和Y扫描器122-2,使得X扫描器122-1和Y扫描器122-2之间的中心位置达到透镜101-3的焦点位置。此外,X扫描器122-1和Y扫描器122-2之间的中心位置附近与被检眼E的瞳孔位置具有光学共轭关系。使用这种配置,使扫描单元作为物点的光路在透镜101-1和101-3之间近似变得平行。这使得即使在X扫描器122-1和Y扫描器122-2进行扫描时,也能够针对第一二向色镜102和第二二向

色镜103提供相同的入射角。

[0047] 测量光源130用作用于发出测量光到测量路径中的光源。根据本示例性实施例,测量光源130是光纤端部,其与被检眼E的眼底Er具有光学共轭关系。透镜123和124布置在光路L1上。透镜123由用于进行聚焦调整的电机(未示出)驱动。进行聚焦调整,使得从测量光源130(光纤端部)发出的光聚焦在眼底Er上。用作聚焦调整单元的透镜123布置在测量光源130与作为扫描单元的X扫描器122-1和Y扫描器122-2之间。这使得不需要移动较大的透镜101-3和光纤125-2。

[0048] 该聚焦调整使得能够在被检眼E的眼底Er上形成测量光源130的图像,并且能够使返回光从被检眼E的眼底Er经由测量光源130向光纤125-2高效地返回。

[0049] 参照图1,虽然X扫描器122-1和Y扫描器122-2之间的光路在图纸内形成,但是其实际上是沿垂直于图纸的方向形成的。光学头单元100还包括头驱动单元140。头驱动单元140包括使得光学头单元100能够相对于被检眼E沿三维(X,Y,Z)方向移动的三个电机(未示出)。因此,光学头单元100能够相对于被检眼E对准。

[0050] 下面描述从测量光源130开始的光路、参照光光学系统和分光器200的配置。测量光源130、光耦合器125、光纤125-1至125-4、透镜151、散射补偿玻璃152、镜153和分光器200形成迈克尔逊干涉系统。光纤125-1至125-4(单模光纤)连接到光耦合器125,并且与光耦合器125一体化。

[0051] 从测量光源130发出的光通过光纤125-1前进,并且被光耦合器125分割为光纤125-2侧的测量光和光纤125-3侧的参照光。测量光通过上述OCT光学系统的光路前进。用测量光照射被检眼E的眼底Er(观察目标)。然后,在视网膜上反射和散射之后,测量光经由同一光路到达光耦合器125。

[0052] 另一方面,参照光通过光纤125-3、透镜151、为了合并测量光和参照光的散射而设置的散射补偿玻璃152前进,到达镜153,并且反射离开镜153。然后,参照光通过同一光路前进,并且到达光耦合器125。光耦合器125将测量光和参照光合成为干涉光。在这种情况下,当针对测量光的光路长度变得与针对参照光的光路长度几乎相同时,发生干涉。由电机和驱动机构(未示出)沿光轴方向可调整地保持镜153的位置,这使得能够将参照光的光路长度调整为根据被检眼E改变的测量光的光路长度。将干涉光经由光纤125-5导向分光器200。

[0053] 分光器200包括透镜201、衍射光栅202、透镜203和线传感器204。透镜201将从光纤125-4发出的干涉光转换为近似平行光,衍射光栅202对其进行分光衍射,然后由透镜203聚焦在线传感器204上。

[0054] 下面描述测量光源130的周边。测量光源130、一般的低相干光源是具有855纳米的中心波长和大约100纳米的波长带宽的超发光二极管(SLD)。带宽影响获取的断层图像在光轴方向上的分辨率,因此作为重要的参数。此外,虽然选择SLD作为光源,但是光源类型不限于此,而只要能够发出低相干光,可以是例如放大自发辐射(ASE)。考虑到眼部测量,近红外光适合于中心波长。由于中心波长影响获取的断层图像在水平方向上的分辨率,因此希望中心波长尽可能短。由于这两个原因,将中心波长设置为855nm。

[0055] 虽然在本示例性实施例中,使用迈克尔逊干涉仪作为干涉仪,但是也可以使用马赫-曾德尔干涉仪。在测量光和参照光之间的光量差大的情况下,使用马赫-曾德尔干涉仪是理想的。在光量差比较小的情况下,使用迈克尔逊干涉仪是理想的。

[0056] (控制单元300的配置)

[0057] 控制单元300与光学头单元100和分光器200的各部分连接。具体来说,控制单元300与光学头单元100中的红外线CCD142连接,以使得能够生成被检眼E的前眼部Ea的观察图像。控制单元300还与光学头单元100中的APD115连接,以使得能够生成被检眼E的眼底Er的眼底观察图像。此外,控制单元300还与光学头单元100中的头驱动单元140连接,以使得能够相对于被检眼E三维地驱动光学头单元100。

[0058] 另一方面,控制单元300还与分光器200中的线传感器204连接。分光器200使得能够针对各个波长获取测量信号,并且进一步基于这些测量信号,生成被检眼E的断层图像。

[0059] 能够在连接到控制单元300的监视器301上,显示所生成的被检眼E的前眼部观察图像、眼底观察图像和断层图像。

[0060] (被检眼E对准方法)

[0061] 下面,参照图2所示的流程图,描述使用根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置的被检眼E对准方法。在进行图像捕获之前,检查者让被检者坐在装置前面。

[0062] 在步骤S201中,在接收到检查者进行的开关操作(未示出)后,控制单元300开始进行自动对准。在步骤S202中,控制单元300用作前眼部图像获取单元。当自动对准开始时,控制单元300周期性地从红外线CCD142获取前眼部图像,并对其进行分析。具体来说,控制单元300在输入的前眼部图像中检测瞳孔区域。

[0063] 在步骤S203中,控制单元300计算检测到的瞳孔区域的中心位置。在步骤S204中,控制单元300用作位移量计算单元,并且计算检测到的瞳孔区域的中心位置和前眼部图像的中心位置之间的位移量。根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置被配置为使得前眼部图像的中心与物镜101-1的光轴一致。在步骤S204中计算的位移量表示被检眼E和测量光轴之间的位移量。

[0064] 在步骤S205中,控制单元300指示头驱动单元140根据在步骤S204中计算的位移量移动光学头单元100。在步骤S206中,头驱动单元140驱动三个电机(未示出),以相对于被检眼E沿三维(X,Y,Z)方向移动光学头单元100的位置。作为该移动的结果,将安装在光学头单元100上的物镜101-1的光轴的位置,校正为靠近被检眼E的前眼部Ea的瞳孔中心位置。

[0065] 在步骤S207中,在移动光学头单元100之后,控制单元300确定是否从红外线CCD142输入了新的前眼部图像。在确定输入了新的前眼部图像(步骤S207:是)的情况下,处理返回到步骤S202。另一方面,在确定未输入新的前眼部图像(步骤S207:否)的情况下,处理退出该流程图。

[0066] 通过该一系列自动对准,物镜101-1的光轴位置不断移动,以不断跟踪被检眼E的前眼部Ea的瞳孔中心位置。即使被检眼E的视线的方向改变,该自动对准也使得物镜101-1的光轴能够在视线改变之后,跟踪前眼部Ea的瞳孔中心(前眼部跟踪)。因此,用不被瞳孔打断的从测量光源130发出的测量光照射眼底Er,从而实现稳定的断层图像捕获。

[0067] 在为了记录被检眼E的眼底Er的断层图像,而在测量光在被检眼E的眼底Er上的偏转开始之前,控制单元300继续进行该一系列自动对准。

[0068] 虽然在本示例性实施例中,控制单元300基于由红外线CCD142捕获的前眼部图像,针对被检眼E进行光学系统的自动对准,但是可以使用其它技术来进行自动对准。例如,通过将对准指标投影到被检眼E的前眼部上,并且检测反射光,能够进行三维(X,Y,Z)方向上

的自动对准。(眼底跟踪方法)

[0069] 下面,参照图3所示的流程图,描述当为了观察被检眼E的状态,用测量光照射被检眼E的眼底Er时,对由于被检眼E移动而产生的测量光照射位置偏差进行校正的眼底跟踪方法。

[0070] 在步骤S301中,在上述自动对准开始之后,控制单元300开始进行获取通过了光路L2的眼底Er的二维观察图像的操作。具体来说,控制单元300开始获取从APD115输入的来自眼底Er的反射光。X扫描器117-1和Y扫描器117-2使来自眼底Er的反射光在眼底Er上二维地连续偏转。因此,周期性地合成从APD115输入的反射光,使得能够周期地获取眼底Er的眼底观察图像。

[0071] 在步骤S302中,控制单元300基于周期性地获取的眼底观察图像,开始进行眼底跟踪。在步骤S303中,控制单元300使用两个眼底观察图像(先前获取的眼底观察图像和当前眼底观察图像),计算眼底Er移动量。具体来说,控制单元300计算二维(X,Y)方向上的眼底观察图像上的目标区域之间的位移量,以计算二维(X,Y)方向上的眼底Er移动量。控制单元300是用于基于在不同时间获取的多个被检眼E图像(例如多个眼底图像),来获取被检眼移动的移动量获取单元的示例。此外,目标区域是眼底Er的黄斑、视神经乳头、血管分支等,并且只要能够计算眼底Er移动量,可以是眼底Er上的任意希望的区域。

[0072] 在步骤S304中,根据计算的眼底Er移动量,控制单元300控制X扫描器122-1和Y扫描器122-2进行扫描位置校正,使得用取光路L1的测量光一直照射眼底Er上的同一区域。

[0073] 在步骤S305中,控制单元300确定是否获取了眼底Er的新的二维观察图像。在确定获取了眼底Er的新的二维观察图像(步骤S305:是)的情况下,处理返回到步骤S303。另一方面,在确定未获取眼底Er的新的二维观察图像(步骤S305:否)的情况下,处理退出该流程图。

[0074] 通过该一系列眼底跟踪,从测量光源130照射到眼底Er上的测量光,以一直跟踪被检眼E的眼底Er的移动的方式移动,从而实现稳定的断层图像捕获。控制单元300继续进行该一系列跟踪,直到对被检眼E的检查完成为止。

[0075] 虽然在本示例性实施例中,控制单元300使用基于点扫描激光检眼镜(SLO)的眼底观察图像,来进行眼底跟踪,但是可以使用其它技术来进行眼底跟踪。例如,控制单元300能够使用通过能够广泛地照射到眼底上的红外光和红外线CCD的组合获取的二维眼底观察图像,来进行眼底跟踪。还可以通过将由光源形成的任意希望的图案投影到眼底Er上,并且检测反射光,来进行眼底跟踪。

[0076] (断层图像捕获方法)

[0077] 下面,描述使用根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置的断层图像捕获方法。

[0078] 检查者操作控制单元300上的开关(未示出),以开始进行图像捕获。响应于开始进行图像捕获的指令,控制单元300开始基于从线传感器204周期性地输出的干涉光,生成要记录的断层图像。

[0079] 从线传感器204输出的干涉光是经过衍射光栅202进行的分光衍射的各频率的信号。控制单元300对线传感器204的信号进行快速傅立叶变换(FFT)处理,以生成眼底Er上的特定点处的深度方向上的信息。将该眼底Er上的特定点处的深度方向上的信息的生成称为

A扫描。

[0080] 控制单元300驱动X扫描器122-1和Y扫描器122-2中的至少任意一个,用测量光照射眼底Er,因此可以任意对眼底Er进行扫描。X扫描器122-1和Y扫描器122-2使得测量光能够在被检眼E上偏转,来进行扫描。

[0081] 控制单元300将在任意轨迹上的扫描期间获取的多个A扫描合成为二维图像,以生成眼底Er在任意轨迹上的断层图像。

[0082] 此外,控制单元300驱动X扫描器122-1和Y扫描器122-2中的至少任意一个,重复进行多次上述任意轨迹上的扫描。进行多次相同轨迹操作,使得能够获取眼底Er上的任意轨迹上的多个断层图像。例如,控制单元300仅驱动X扫描器122-1,重复进行X方向上的扫描,以生成眼底Er在同一扫描线上的多个断层图像。此外,控制单元300能够同时驱动X扫描器122-1和Y扫描器122-2重复进行圆形操作,以生成眼底Er在同一圆形上的多个断层图像。控制单元300对该多个断层图像进行相加平均,以生成一个高清晰度断层图像,并且在监视器301上显示该高清晰度断层图像。

[0083] 另一方面,控制单元300能够驱动X扫描器122-1和Y扫描器122-2中的至少任意一个,在沿X和Y方向将任意轨迹上的各扫描移位的同时,进行多次扫描。例如,控制单元300在Y方向上以固定间隔将各扫描移位的同时,进行多次X方向上的扫描,以生成覆盖眼底Er上的整个矩形区域的多个断层图像。然后,控制单元300合成该多个断层图像,以生成眼底Er的三维信息,并且在监视器301上显示该信息。

[0084] 通过按下扫描模式选择按钮(未示出),能够任意地切换X扫描器122-1和Y扫描器122-2的这些扫描模式。

[0085] (断层图像捕获期间的自动对准控制)

[0086] 在如上所述进行多次扫描,以捕获多个断层图像的情况下,进行多次扫描所需的时间比进行一次扫描所需的时间长。例如,在根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置中,控制单元300能够在沿Y方向将各扫描移位0.078毫米的同时,在眼底Er上沿X方向重复128次10-mm扫描。这128次扫描使得能够获取128个断层图像,并且生成眼底Er上的10mm×10mm范围的三维信息。在根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置中,一个断层图像由总共1024个A扫描构成。各A扫描耗费14.3微秒。因此,由于一个断层图像的获取耗费 $1024 \times 14.3 \text{ 微秒} = 14.6 \text{ 毫秒}$,因此所有128个断层图像的获取耗费至少 $14.6 \text{ 毫秒} \times 128 = 1.87 \text{ 秒}$ 。

[0087] 能够将人眼移动大致分为三种不同的类型:扫视、漂移、颤动。这些眼移动是不自主移动的类型,即使被检者注视固视灯,也难以完全停止。这些眼移动的发生间隔比上述图像捕获间隔(1.87秒)短。在许多情况下,在执行所有128次扫描期间,这些眼移动发生多次。

[0088] 然而,瞳孔位置由于这些眼移动的改变对捕获的断层图像的影响不大。图4例示了在被检眼E的前眼部Ea的瞳孔中心与物镜101-1的光轴一致的状态下捕获的断层图像的示例。另一方面,图5例示了在瞳孔中心相对于物镜101-1的光轴沿X方向偏离大约1毫米的状态下捕获的断层图像的示例。在图5所示的眼底Er的断层图像中,与图4所示的断层图像相比,视网膜R沿X方向偏离。然而,断层图像本身的形状没有大的改变。X方向上的这种偏离能够通过上述眼底跟踪进行校正。

[0089] 另一方面,在伴随眼移动激活自动对准的情况下,眼移动大大影响捕获的断层图

像。图6例示了除了激活自动对准,使得瞳孔中心与物镜101-1的光轴一致之外,在图5所示的状态下捕获的断层图像的示例。与图4所示的断层图像相比,出现X方向上的偏离,并且视网膜R还大大倾斜。视网膜R的这种倾斜无法通过眼底跟踪进行校正。在正在进行所有128次扫描的同时,激活自动对准的情况下,视网膜R的倾斜将在获取128个断层图像中间大大改变,如图7所示。视网膜R的倾斜的这些改变特别在通过重新配置多个断层图像生成的三维图像中产生明显的问题。图8例示了通过重新配置图7所示的128个断层图像而生成的与主扫描方向垂直相交的虚拟断层图像的示例显示。在该虚拟断层图像中,视网膜R的形状大大改变。对于基于视网膜R的状况诊断眼病的眼科医生,视网膜R的倾斜的改变不仅干扰诊断,还导致误诊。

[0090] 因此,根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置在执行用于捕获多个断层图像的扫描期间,暂停进行自动对准。下面,参照图9所示的流程图描述该操作。在进行图像捕获之前,检查者让被检者坐在装置前面。控制单元300驱动作为扫描单元的X扫描器122-1和Y扫描器122-2中的至少任意一个,以在用于捕获用于被检眼观察的断层图像(下文中称为用于观察的断层图像)的观察扫描和用于捕获用于被检眼状态记录的断层图像(下文中称为用于记录的断层图像)的记录扫描之间进行切换。

[0091] 在步骤S901中,在接收到检查者进行的开关操作(未示出)后,控制单元300开始进行自动对准。在步骤S902中,为了观察对准状况,控制单元300开始捕获眼底Er的观察断层图像。

[0092] 在步骤S903中,控制单元300在监视器301上显示获取的观察断层图像。检查者能够参照在监视器301上显示的观察断层图像,来确定对准状况的正确与错误。在检查者确定对准状况正确的情况下,检查者操作控制单元300上的开关(未示出),以指示开始进行断层图像捕获。

[0093] 在步骤S904中,响应于检查者进行的开关操作(未示出),控制单元300开始捕获用于记录的断层图像。在步骤S905中,在接收到图像捕获开始指令后,在开始进行用于记录的图像捕获之前,控制单元300暂停进行自动对准。

[0094] 在步骤S906中,控制单元300开始进行用于生成多个用于记录的断层图像的扫描。具体来说,控制单元300控制X扫描器122-1和Y扫描器122-2中的至少任意一个,进行多次任意轨迹上的扫描。

[0095] 在步骤S907中,在完成所有扫描后,控制单元300重新开始进行自动对准。在步骤S908中,控制单元300生成与该多次扫描相对应的多个断层图像。在步骤S909中,控制单元300将在步骤S908中生成的该多个断层图像记录在记录介质(未示出)中。这使图9所示的流程图的处理完成。

[0096] 虽然在本示例性实施例中,紧接在开始进行用于获取用于记录的断层图像的扫描之前,暂停进行自动对准,但是可以在该定时之前暂停进行自动对准。具体来说,可以在确定通过进行自动对准,被检眼E的瞳孔位置几乎与光学系统的光轴一致时,暂停进行自动对准。

[0097] 此外,可以设置用于接收用于获取多个断层图像的信号的接收单元,并且在接收到该信号时,开始进行断层图像获取处理。

[0098] 如上所述,在根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置中,控制单元300至少

在生成用于记录的断层图像时,暂停进行自动对准,这使得能够获取具有较小的畸变的合适的断层图像。

[0099] (断层图像捕获期间的眼底跟踪控制)

[0100] 在进行用于获取一个断层图像的扫描期间,进行眼底跟踪的情况下,捕获的断层图像也大大受影响。如上所述,在根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置中,一个断层图像的获取耗费14.6毫秒。因此,在获取多个断层图像的情况下,控制单元300以大约14.6毫秒的周期,将眼底Er扫描多次。该间隔取决于形成一个断层图像所需的A扫描的数量,并且取决于获取一个A扫描所需的时间。另一方面,在根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置中,通过眼底跟踪进行扫描位置校正的周期是33.3毫秒。该周期取决于用来计算扫描位置校正的位移量的眼底Er的眼底观察图像的获取间隔。

[0101] 因此,在断层图像的获取间隔与眼底观察图像的获取间隔不同的情况下,控制单元300在用于获取一个断层图像的对眼底Er的扫描期间,通过眼底跟踪,在定时Ci(i=1至3)进行扫描位置校正,如图10所示。虽然在眼底跟踪中,以长间隔进行扫描位置校正,但是以非常高的速度进行实际校正。因此,以响应于在校正间隔内发生的所有眼移动,即时进行扫描位置校正的方式,进行眼底跟踪的操作。因此,在用于获取一个断层图像的对眼底Er的扫描期间,进行通过眼底跟踪的扫描位置校正的情况下,将出现视网膜层的中断G,如图11所示。对于基于视网膜层的形状诊断眼病的眼科医生,视网膜层的中断G不仅干扰诊断,还导致误诊。

[0102] 在根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置中,当捕获多个断层图像时,控制单元300在针对各断层图像获取的扫描之间,通过眼底跟踪进行扫描位置校正,并且在扫描期间暂停进行扫描位置校正。下面,参照图12所示的流程图,描述该操作。在进行图像捕获之前,检查者让被检者坐在装置前面。控制单元300可以驱动作为扫描单元的X扫描器122-1和Y扫描器122-2中的至少任意一个,以在用于捕获用于被检眼观察的断层图像的观察扫描和用于捕获用于被检眼状态记录的断层图像的记录扫描之间进行切换。

[0103] 在步骤S1201中,在接收到检查者进行的开关操作(未示出)后,控制单元300开始进行自动对准。然后,为了观察对准状况,控制单元300开始捕获眼底Er的观察断层图像。在步骤S1202中,控制单元300在监视器301上显示获取的观察断层图像。检查者能够参照在监视器301上显示的观察断层图像,来确定对准状况的正确或者错误。

[0104] 在步骤S1203中,检查者确定对准状况正确,并且在接收到开关操作(未示出)后,控制单元300开始捕获用于记录的断层图像。在步骤S1201至S1203中,为了调整相干门,控制单元300可以基于眼底跟踪,来进行扫描位置校正。

[0105] 在步骤S1204中,控制单元300驱动作为扫描单元的X扫描器122-1和Y扫描器122-2中的至少任意一个,以开始进行任意轨迹上的扫描。

[0106] 在步骤S1205中,控制单元300用作眼底图像获取单元,并且确定是否获取了捕获的眼底图像。在确定获取了眼底图像(步骤S1205:是)的情况下,处理进行到步骤S1206。另一方面,在确定未获取眼底图像(步骤S1205:否)的情况下,处理进行到步骤S1208。

[0107] 在步骤S1206中,控制单元300用作移动量计算单元,并且基于已经获取和新获取的眼底图像,来计算眼底Er的移动量。

[0108] 在步骤S1207中,控制单元300将指示在扫描期间检测到了眼底Er的移动的信息以

及指示检测到的眼底Er的移动量的信息存储在存储器(未示出)中。然后,处理进行到步骤S1208。在步骤S1208中,控制单元300结束扫描。

[0109] 在步骤S1209中,基于存储在存储器(未示出)中的信息,控制单元300确定是否在执行扫描期间,检测到了眼底Er的移动。在确定检测到了眼底Er的移动(步骤S1209:是)的情况下,处理进行到步骤S1210。另一方面,在确定未检测到眼底Er的移动(步骤S1209:否)的情况下,处理进行到步骤S1212。

[0110] 在步骤S1210中,控制单元300从存储器(未示出)中读取计算的眼底Er的移动量。在步骤S1211中,控制单元300计算通过偏移眼底Er的移动量而校正后的下一个扫描开始位置,并且将下一个扫描位置移动到偏移的扫描开始位置。

[0111] 在步骤S1212中,控制单元300驱动作为扫描单元的X扫描器122-1和Y扫描器122-2中的至少任意一个,以将扫描位置移动到该下一个扫描开始位置。

[0112] 在步骤S1213中,控制单元300确定是否完成了一系列扫描。在确定完成了一系列扫描(步骤S1213:是)的情况下,处理进行到步骤S1214。另一方面,在确定尚未进行下一个扫描(步骤S1213:否)的情况下,处理返回到步骤S1204。在步骤S1204中,控制单元300重复进行一系列眼底跟踪。

[0113] 在步骤S1214中,控制单元300生成与一系列的多次扫描相对应的多个用于记录的断层图像。在步骤S1215中,控制单元300在监视器301上显示在步骤S1214中生成的多个用于记录的断层图像。这使图12所示的流程图的处理完成。因此,控制单元300在进行扫描期间暂停扫描位置校正,并且在扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正。控制单元300可以控制扫描单元,在扫描单元进行副扫描期间进行扫描位置校正,并且在扫描单元进行主扫描期间暂停扫描位置校正。

[0114] 下面,参照图13,描述在进行根据图12所示的流程图的眼底跟踪的同时,控制单元300对眼底Er进行多次扫描的扫描的示例。在定时 D_i ($i=1$ 至3)检测眼底Er的移动,并且在定时 C_i ($i=1$ 至3),基于计算的移动量,进行扫描位置校正。如图13所示,伴随在定时D1检测到的眼底Er的移动的扫描位置校正延迟,直到在定时C1下一个扫描开始为止。类似地,伴随在定时D2和D3检测到的眼底Er的移动的扫描位置校正分别延迟,直到定时C2和C3为止。以这种方式进行控制,使得能够不间断地完全并且连续扫描被检眼E的眼底Er。因此,能够降低在捕获的用于记录的断层图像上出现如图11所示的视网膜层的中断G的可能性。对于在检测到眼底Er的移动定时D1、D2和D3通过扫描获取的断层图像,不对扫描位置进行校正,因此出现视网膜层的中断G的可能性低。然而,由于眼底Er在扫描期间移动,因此在某种程度上可能在获取的断层图像中出现畸变。因此,控制单元300可以去除在定时D1、D2和D3通过扫描获取的断层图像,或者再次在各扫描位置进行相同的扫描,以再次捕获断层图像。因此,能够获取具有较小畸变的断层图像。

[0115] 在图12所示的流程图的处理中,控制单元300可以并行进行分别在图9所示的步骤S905和S907中的自动对准暂停处理和自动对准重新开始处理。具体来说,控制单元300可以在步骤S1203中的处理和步骤S1204中的处理之间,进行步骤S905中的对准暂停处理,并且在步骤S1213中的处理和步骤S1214中的处理之间,进行步骤S907中的对准重新开始处理。因此,控制单元300可以进行图9所示的自动对准处理和基于图12所示的眼底跟踪的扫描位置校正处理中的至少任意一个。

[0116] 虽然在本示例性实施例中,当获取用于记录的断层图像时,控制单元300进行控制,以在扫描之间(在扫描和下一个扫描之间)进行扫描位置校正,但是当获取用于观察的断层图像时,控制单元300也可以进行类似的控制。在这种情况下,在用于观察的断层图像中,也能够减少视网膜层的畸变。此外,当获取用于观察的断层图像时,代替在扫描之间(在扫描和下一个扫描之间)进行扫描位置校正,控制单元300可以在检测到眼底Er的移动时,进行扫描位置校正。作为实时观察运动图像,显示用于观察的断层图像,因此显示时间段非常短。此外,诊断不使用用于观察的断层图像,因此容许一定程度的视网膜层的畸变。

[0117] 如上所述,在根据本示例性实施例的光学相干断层摄像装置中,在执行扫描期间,控制单元300至少暂停用于捕获被检眼的图像的光学系统相对于被检眼的对准和通过被检眼的眼底跟踪的扫描位置校正中的任意一个。因此,能够捕获具有较小的畸变的断层图像。

[0118] (使用SLO光学系统之外的装置构成眼底观察光学系统)

[0119] 下面,参照图14A和14B,描述第二示例性实施例。图14A和14B例示了根据第二示例性实施例的光学相干断层摄像装置的配置的示例。虽然图14A所示的配置与图1所示的配置几乎类似,但是布置了光路L16,来代替光路L2。

[0120] 下面描述图14A所示的配置。图14A所示的配置使用CCD代替APD,来获取眼底观察图像。透镜1601、穿孔镜1602、透镜1605和1606以及二向色镜1607按照该顺序布置在光路L16上。透镜1603和眼底观察光源1604布置在穿孔镜1602的反射侧。二向色镜1607使眼底观察光源1604附近的波长、具体来说780纳米透过。眼底观察CCD1608布置在穿透侧,并且固视灯光源116布置在反射侧。透镜1605由用于进行用于固视灯和眼底观察的聚焦调整的电机(未示出)驱动。CCD1608具有眼底观察光源1604的波长附近的灵敏度。

[0121] 能够以与第一示例性实施例中的眼底图像类似的方式,对CCD1508获取的眼底图像进行处置。因此,控制单元300以与第一示例性实施例类似的方式,对眼底跟踪、移动量的检测和扫描位置校正进行控制。虽然在本示例性实施例中,使用CCD,但是可以使用CMOS或者其它二维传感器。

[0122] 下面描述图14B所示的配置。除了不设置专用眼底观察光源、眼底观察传感器和相关镜或透镜之外,图14B所示的配置与图14A所示的配置类似。与第一示例性实施例类似,为了获取眼底观察图像,计算机300对线传感器204的信号进行FFT处理,并且进行控制,以生成眼底Er上的特定点处的深度方向上的信息。在第一示例性实施例中,使用该深度方向上的信息来获取断层图像。在本示例性实施例中,累积该深度方向上的信息,来作为指示眼底Er上的特定点的状态的信息来使用。与第一示例性实施例中的断层图像获取的情况类似,控制单元300能够累积X方向上的10mm范围内的各点处的深度方向上的信息,并且重复进行128次相关处理,以获取眼底Er上的10mm×10mm范围内的各点的状态。通过将该信息转换为浓度和亮度,能够获取指示上述范围内的眼底的状态的图像。

[0123] 使用该图像作为眼底观察图像,使得能够以与第一示例性实施例类似的方式,在扫描之间进行扫描位置校正。然而,在本示例性实施例中,由于控制单元300需要控制X扫描器122-1和Y扫描器122-2来获取眼底观察图像,因此控制单元300无法在眼底观察图像获取期间,进行用于断层图像获取的扫描。控制单元300需要在各扫描之间进行眼底观察图像获取。另一方面,在本示例性实施例中,由于既未设置专用眼底观察光源,也未设置眼底观察传感器,因此有能够降低装置的成本的优点。(确定被检眼移动量是否超过阈值)

[0124] 图15是例示根据第三示例性实施例的眼底跟踪控制的示例的流程图。控制单元300以与第一示例性实施例类似的方式,进行被检眼的对准、眼底跟踪和断层图像捕获。

[0125] 在本示例性实施例中,在扫描之前的被检眼移动量等于或小于阈值的情况下,控制单元300基于相关移动量,在扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正。此外,在扫描之前的被检眼移动量超过阈值的情况下,控制单元300从扫描之前的扫描位置,重新开始扫描单元的扫描。

[0126] 在扫描和下一个扫描之间进行扫描位置校正的情况下,如果眼底Er的移动非常快,或者如果扫描的处理速度不够,则控制单元300不能及时进行扫描位置校正。然后,在断层图像中出现由于眼底Er移动而导致的第一畸变,然后由于延迟定时的扫描位置校正而出现第二畸变。以这种方式,扫描位置校正可能使断层图像畸变的数量增加。为了解决该问题,控制单元300从发生眼底Er的移动之前的扫描开始,重新开始进行扫描。因此,能够获取具有较小畸变的断层图像。

[0127] 图15是例示扫描单元重新开始进行扫描的处理的流程图。除了增加了步骤S1401和S1402之外,图15所示的流程图与图12所示的流程图几乎一致。具体来说,直到步骤S1211,控制单元300以与第一示例性实施例类似的方式,进行扫描位置校正。在步骤S1401中,作为确定单元的示例的控制单元300,确定扫描单元进行扫描之前的被检眼移动量是否超过了阈值。该移动量是指在N次扫描期间发生的眼底Er的移动量。N的值是装置固有值,其由眼底图像获取的帧速率、扫描的帧速率和眼底图像处理时间确定。在本示例性实施例中,N大约为5。眼底Er的移动量的阈值由扫描之间的装置的分辨率和眼底图像获取的帧速率确定。在本示例性实施例中,阈值大约为10到100微米。在确定眼底Er的移动量小于阈值(步骤S1401:否)的情况下,则在步骤S1212中,控制单元300以与第一示例性实施例类似的方式,进行后续步骤中的处理。另一方面,在确定眼底Er的移动量等于或大于阈值(步骤S1401:是)的情况下,则在步骤S1402中,控制单元300偏移扫描开始位置。控制单元300沿后向方向对过去的N次扫描进行该偏移。例如,在本示例性实施例中,控制单元300在沿Y方向将各扫描移位0.078毫米的同时,在眼底Er上沿X方向重复进行128次10mm扫描。在这种情况下,偏移在Y方向上是 $0.078 \times N$ 毫米。以这种方式,控制单元300实现从过去的扫描重新开始进行扫描的控制。

[0128] 因此,即使控制单元300无法及时进行扫描位置校正,则控制单元300从出现断层图像畸变之前的扫描开始,重新开始进行扫描。因此,能够获取具有较小畸变的断层图像。

[0129] (眼底转动量的检测)

[0130] 下面描述第四示例性实施例。根据本示例性实施例的装置配置与根据第一示例性实施例的装置配置类似,并且省略其重复描述。控制单元300以与第一示例性实施例类似的方式,进行被检眼的对准、眼底跟踪和断层图像捕获。

[0131] 本示例性实施例与第一示例性实施例的不同之处在于,除了眼底Er的移动量之外,其还检测眼底Er的转动量。在第一示例性实施例中,由于控制单元300检测X和Y方向上的眼底Er的移动量,以进行扫描位置校正,因此如果被检眼E的角度在处理期间改变,则断层图像不能提供眼底Er上的直线。然后,控制单元300检测眼底转动量,以对扫描的转动方向进行校正。

[0132] 具体来说,控制单元300如下检测眼底的转动量。控制单元300在各眼底观察图像

上设置两个目标区域,并且检测先前的眼底观察图像和当前眼底观察图像中的各个目标区域。在先前的眼底观察图像中检测到的目标区域的坐标是A1(xa1,ya1)和B1(xb1,yb1),并且在当前眼底观察图像中检测到的目标区域的坐标是A2(xa2,ya2)和B2(xb2,yb2)。在这种情况下,A2指示与A1相同的目标区域,并且B2指示与B1相同的目标区域。

[0133] 通常,基于二维坐标的平行平移和转动的组合的坐标变换由仿射变换矩阵表示。控制单元300如下进行从先前的眼底观察图像的坐标到当前眼底观察图像的坐标的坐标变换。首先,控制单元300进行平行平移,使得目标区域A1与原点(0,0)一致。控制单元300设置表示该平移的矢量(tx1,ty1)。然后,控制单元300以原点(=A1)为中心进行转动,使得矢量A2B2(xb2-xa2,yb2-ya2)与矢量A1B1(xb1-xa1,yb1-ya1)一致。以转动角 θ 进行该转动。最后,控制单元300进行平移,使得原点(=A1)与目标区域A2一致。控制单元300设置表示该平移的矢量(tx2,ty2)。该平移能够用如下的仿射变换矩阵来表示。

[0134] [公式1]

$$[0135] \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & tx2 \\ 0 & 1 & ty2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & tx1 \\ 0 & 1 & ty1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

[0136] (x,y)指示变换之前的坐标,并且(x',y')指示进行变换之后获取的坐标。控制单元300使用该坐标变换矩阵,针对所有后续扫描进行坐标变换。

[0137] 图16例示了增加对眼底转动量进行校正的处理的流程图。除了控制单元300基于目标区域A和B,生成并应用通过仿射变换形成的坐标变换矩阵之外,图16所示的流程图与图12所示的流程图几乎类似。在获取眼底图像之后,在步骤S1501中,控制单元300检测目标区域A和B。在步骤1502中,控制单元300将检测到的目标区域的坐标存储在存储器中。在步骤S1503中,控制单元300从存储器中读取目标区域A和B的坐标。在步骤S1504中,基于目标区域A和B的坐标(A1,B1,A2,B2),控制单元300通过仿射变换生成坐标变换矩阵。在步骤1505中,控制单元300使用生成的坐标变换矩阵,对后续扫描的坐标进行变换。因此,控制单元300能够继续进行扫描,使得扫描轨迹在眼底Er上形成直线。(被检眼眨动的检测)

[0138] 下面描述第五示例性实施例。根据本示例性实施例的装置配置与根据第二示例性实施例的装置配置类似,并且省略其重复描述。在本示例性实施例中,控制单元300根据图15所示的流程图,检测眼底Er的移动量,检测被检眼的眨动,并且将坐标存储在存储器中,并从存储器中读取坐标。此外,将步骤S1401中的条件改变为“眼底移动量 $\geq$ 阈值,或者检测到被检眼眨动?”其它控制的处理与根据第三示例性实施例的处理类似。

[0139] 根据本示例性实施例,控制单元300如下确定被检眼的眨动。首先,作为检测单元的示例的控制单元300在连续获取的多个眼底观察图像中,检测在第一示例性实施例中描述的目标区域。在对目标区域的检测失败一次,或者连续失败多次,然后对同一目标区域的检测成功完成一次,或者连续成功完成多次的情况下,控制单元300确定被检眼Er眨动。连续成功或失败的次数的上限和下限,是通过将眼底观察图像获取的帧速率与健康眼睛的眨动时间进行比较而确定的装置固有值。

[0140] 通过上述控制,在被检眼Er眨动的情况下,控制单元300能够返回到眨动之前的扫描,然后重新开始进行扫描。因此,即使眨动导致信息缺失,并且适当的断层图像获取失败,

上述控制也使得能够获取没有信息缺失的适当的断层图像。除了使用目标区域进行检测之外,控制单元300还可以使用被检眼的外眼部图像,来检测眨动。例如,在外眼部图像中的瞳孔区域的面积小于阈值的情况下,控制单元300可以确定检测到眨动。

[0141] 其它实施例

[0142] 本发明的实施例还能够由读出并执行记录在存储介质(例如非易失性计算机可读存储介质)上的计算机可执行指令的系统或装置的计算机,执行本发明的上述实施例中的一个或更多的功能,并且通过由系统或装置的计算机执行的方法通过例如从存储介质中读出并执行计算机可执行指令,以执行上述实施例中的一个或更多的功能来实现。计算机可以包括中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)或其它电路中的一个或更多个,并且可以包括单独的计算机或单独的计算机处理器的网络。例如可以从网络或存储介质向计算机提供计算机可执行指令。存储介质例如可以包括硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、分布式计算系统的存储设备、光盘(例如紧凑盘(CD)、数字通用盘(DVD)或蓝光盘(BD)TM)、闪存设备、存储卡等中的一个或更多个。

[0143] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了说明,但是应当理解,本发明不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围符合最宽的解释,以使其涵盖所有这种变型、等同结构及功能。

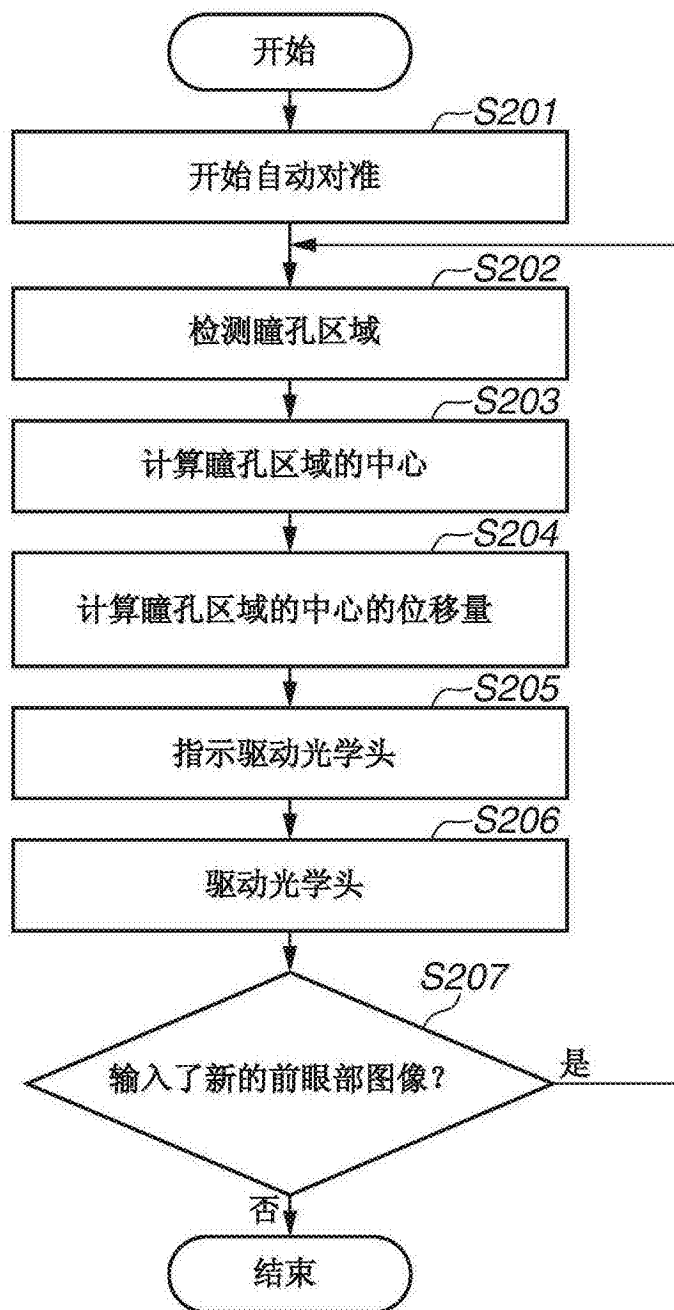


图2

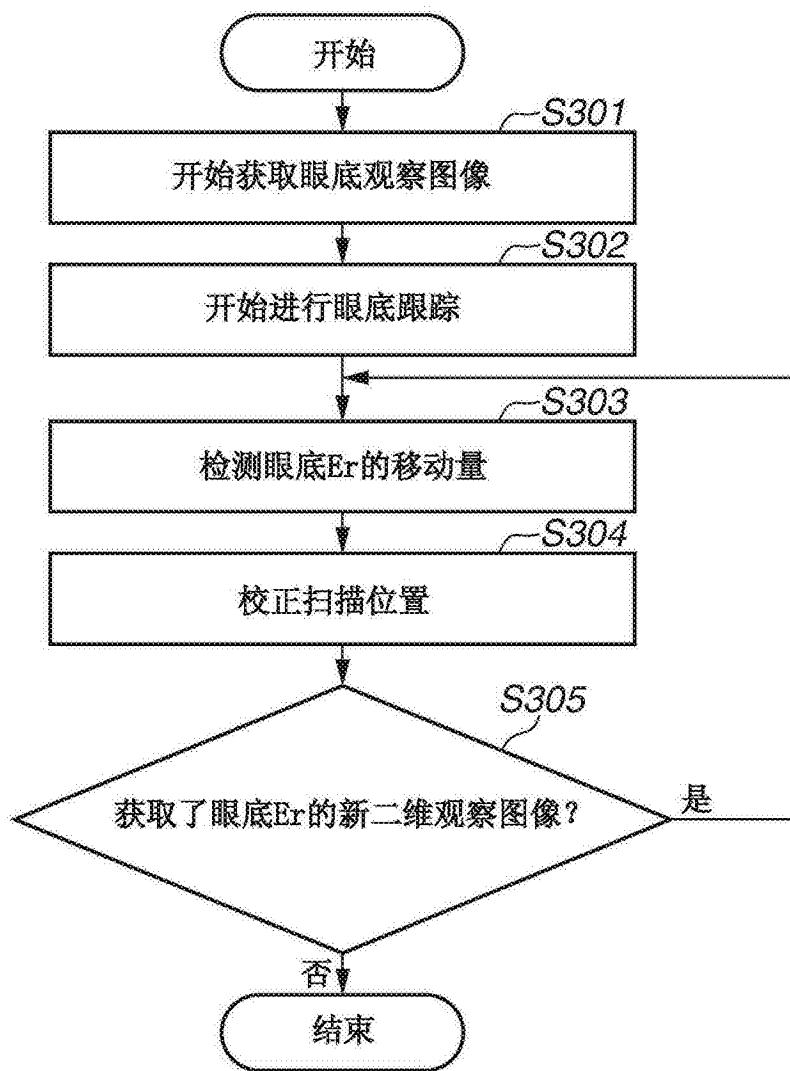


图3

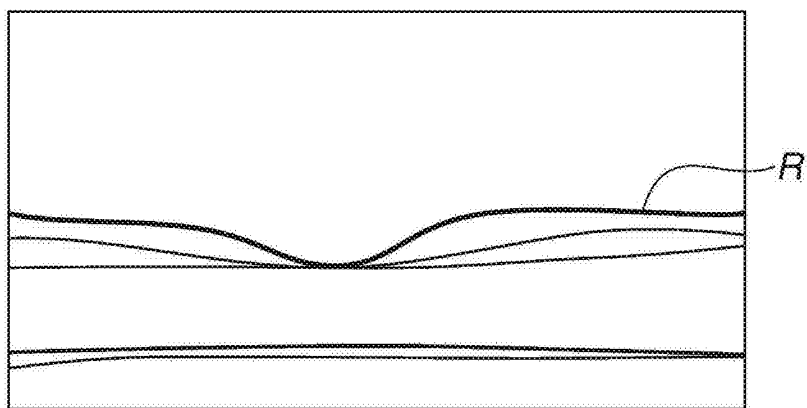


图4

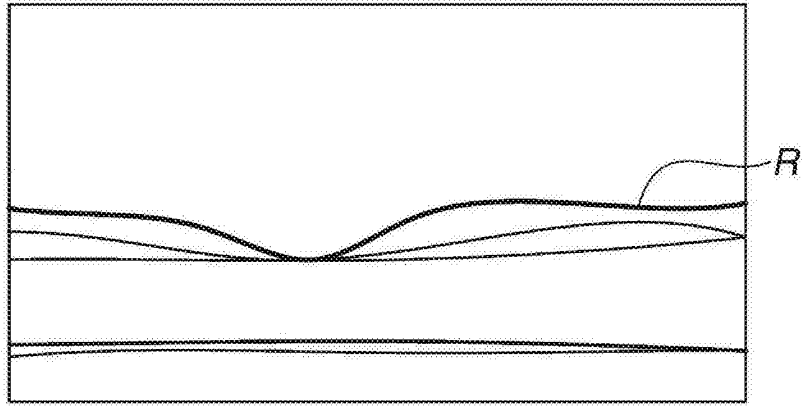


图5

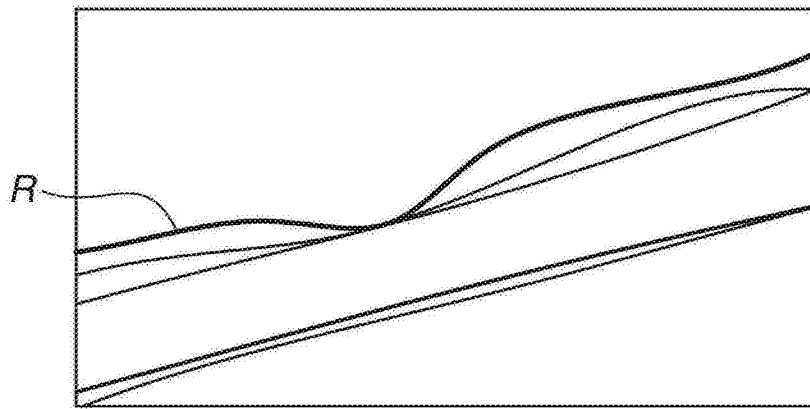


图6

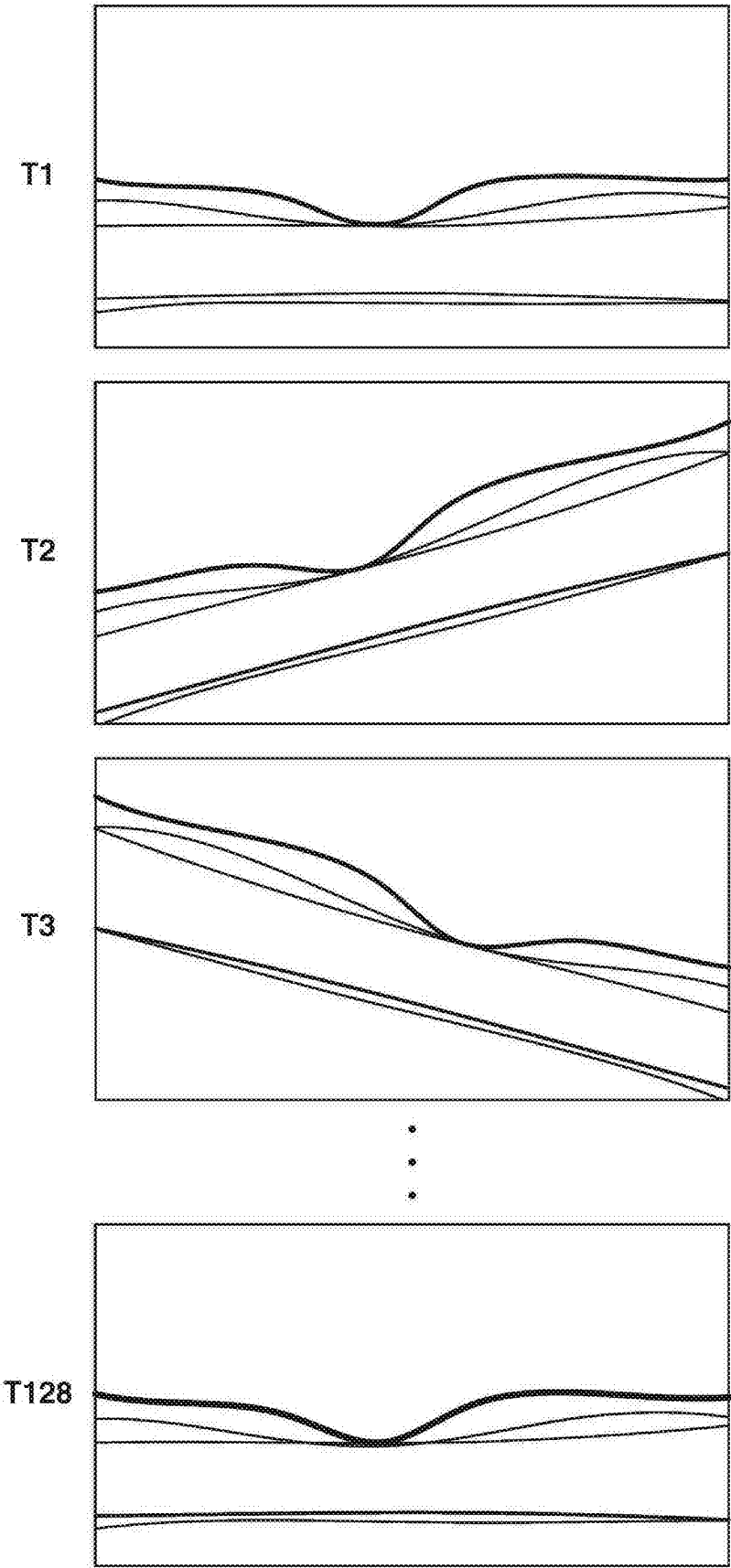


图7

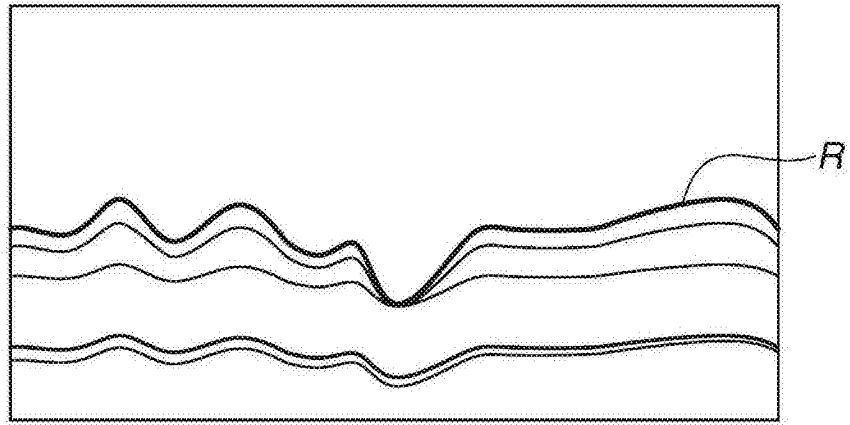


图8

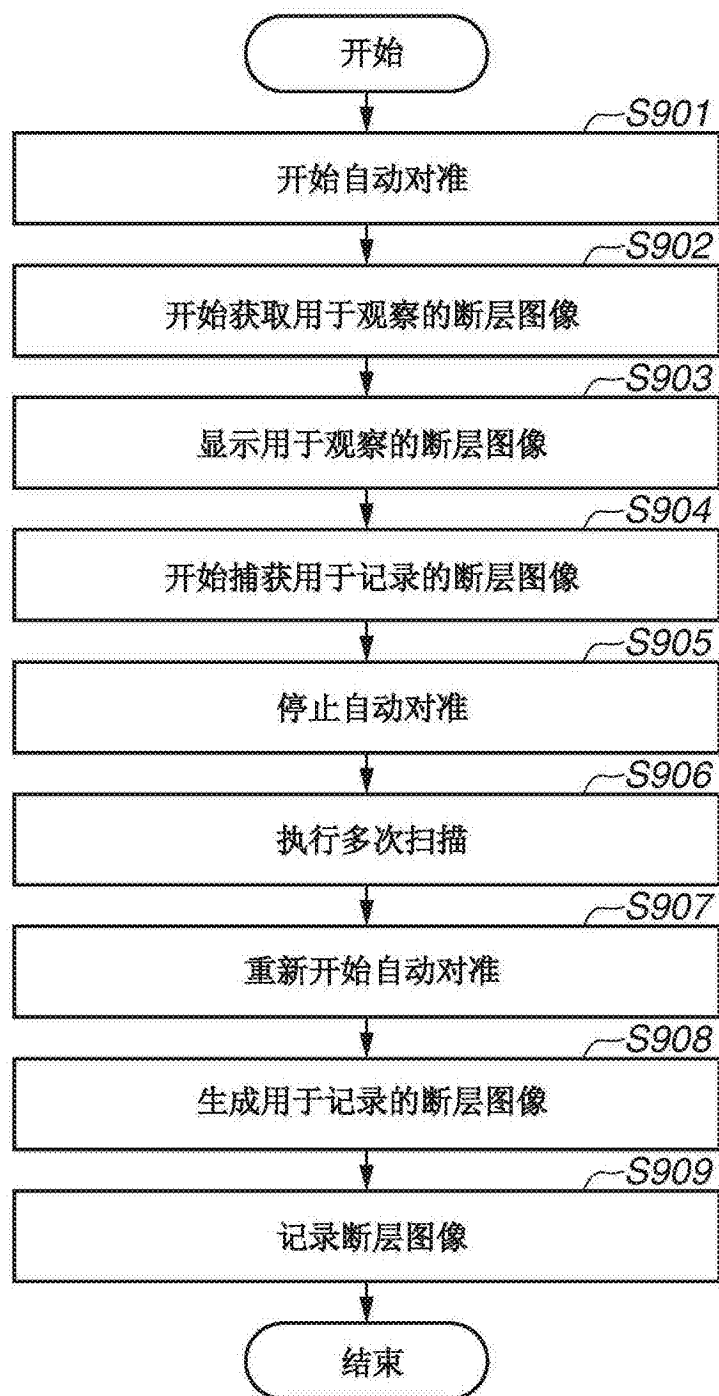


图9

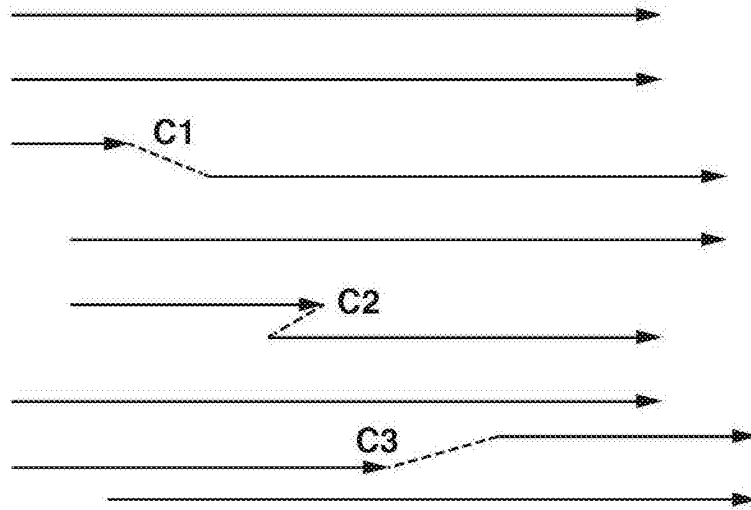


图10

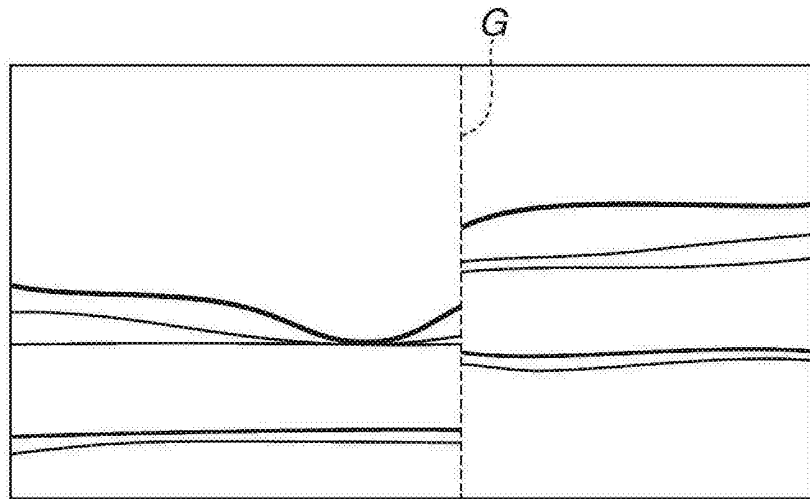


图11

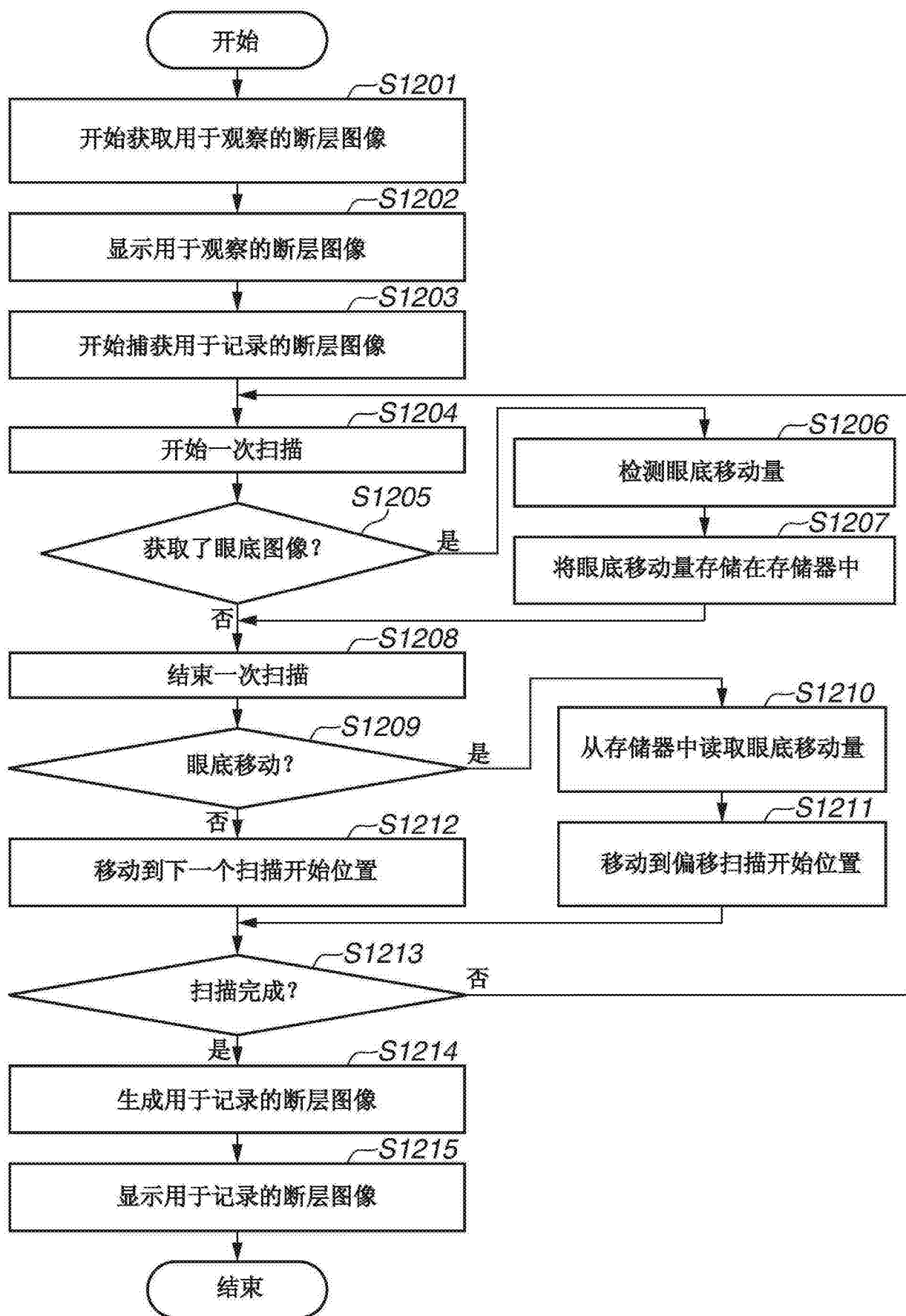


图12

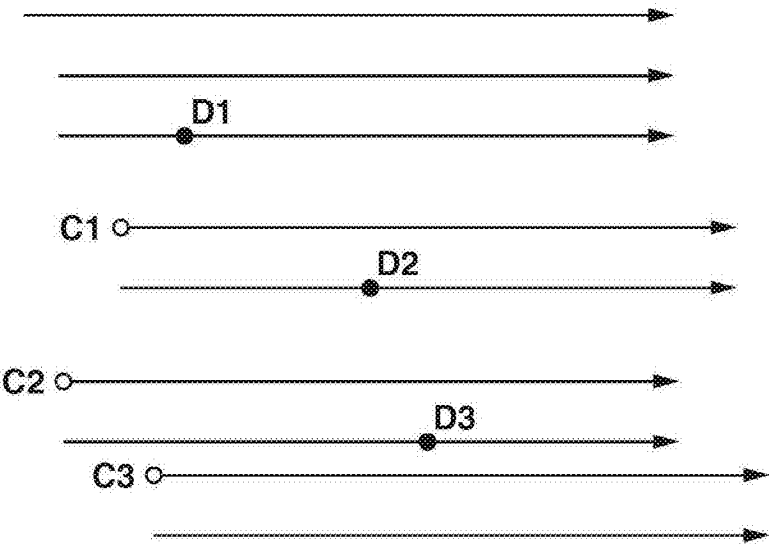


图13

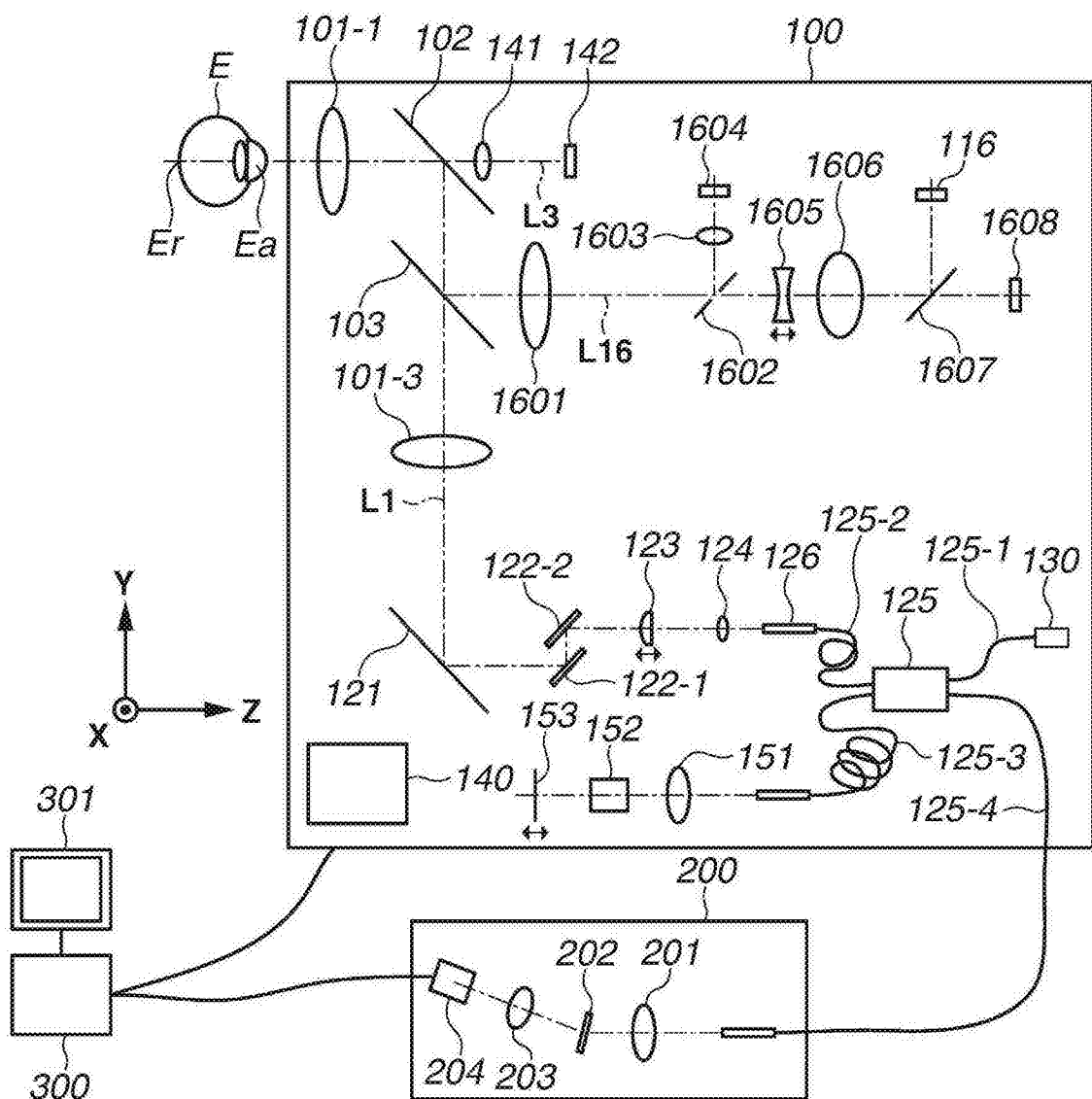


图14A

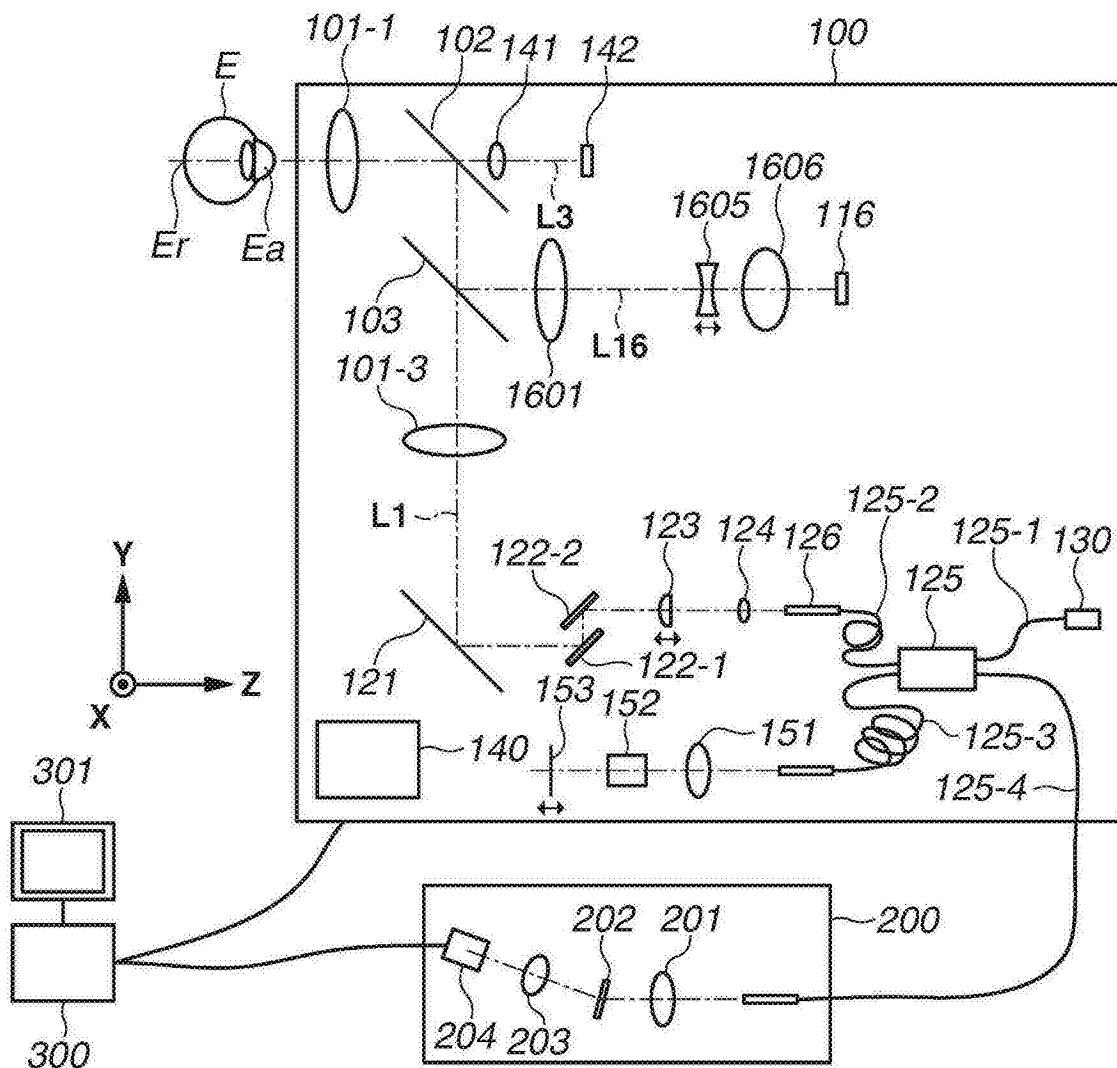


图14B

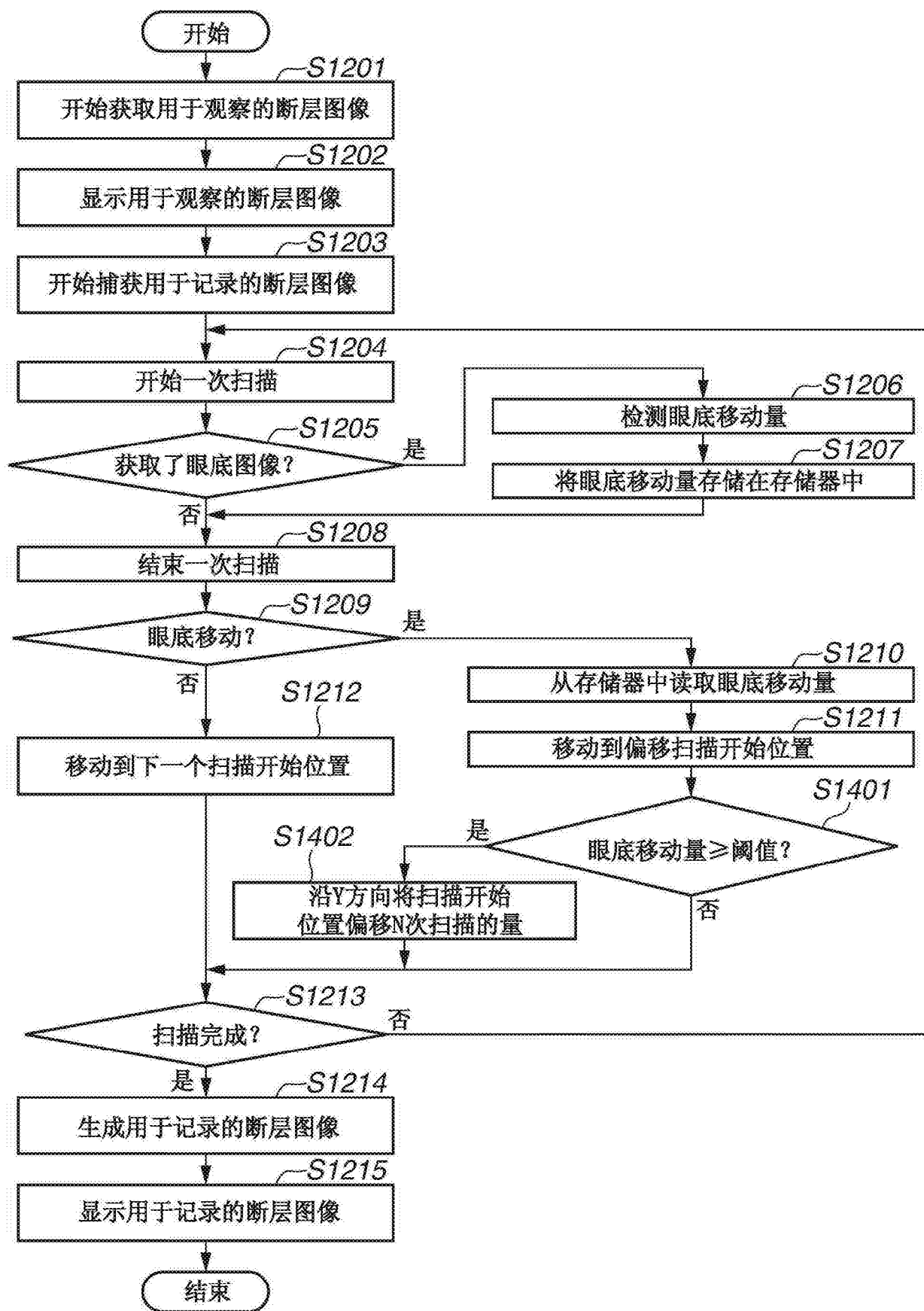


图15

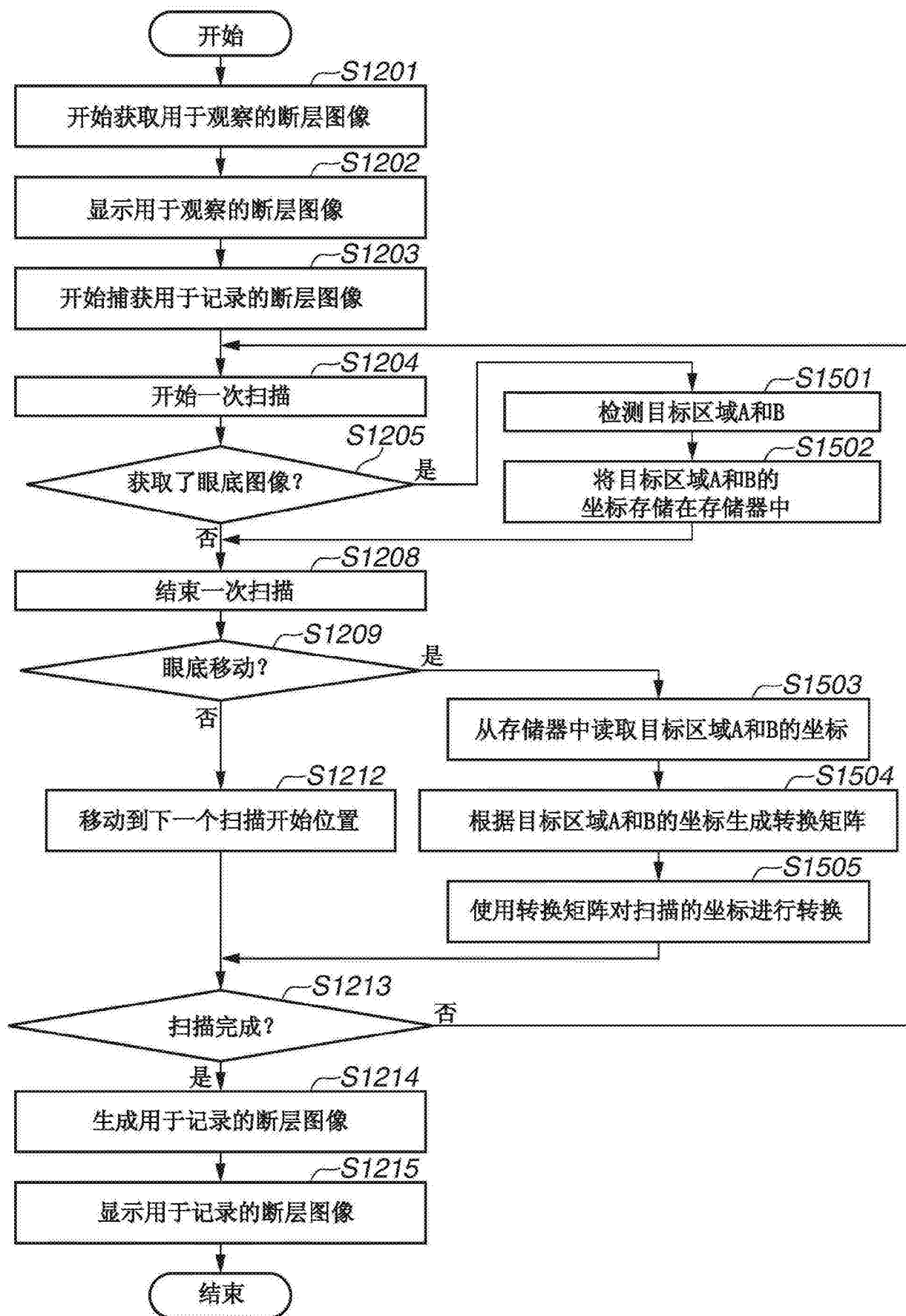


图16