



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102469936 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 08

(21) 申请号 201080031772. 1

(22) 申请日 2010. 06. 02

(30) 优先权数据

2009-165053 2009. 07. 13 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 01. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/059731 2010. 06. 02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/007632 EN 2011. 01. 20

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子 3 丁目 30 番
2 号

(72) 发明人 坂川幸雄 佐藤真 山本裕之

(74) 专利代理机构 北京魏启学律师事务所
11398

代理人 魏启学

(51) Int. Cl.

A61B 3/10 (2006. 01)

A61B 3/12 (2006. 01)

G01N 21/17 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1775545 A3, 2007. 12. 19,

WO 2008/012021 A1, 2008. 01. 31,

US 2006/0164653 A1, 2006. 07. 27,

US 2008/0117424 A1, 2008. 05. 22,

US 2007/0171220 A1, 2007. 07. 26,

JP 特开 2006-212153 A, 2006. 08. 17,

US 2009/0103049 A1, 2009. 04. 23,

CN 100998493 A, 2007. 07. 18,

CN 101405562 A, 2009. 04. 08,

CN 101400295 A, 2009. 04. 01,

B. Hyle Park et al.. Real-time
multi-functional optical coherence
tomography. 《SPIE》. 2003,

朱毅 等.. 一种无信息丢失的光学相干层析
图像校正方法. 《激光与红外》. 2007, 第 37 卷 (第
3 期),

Volker Westphal et al.. Correction of
geometric and refractive image distortions
in optical coherence tomography applying
Fermat's principle. 《OPTICS EXPRESS》. 2002,
第 10 卷 (第 9 期),

审查员 张雯

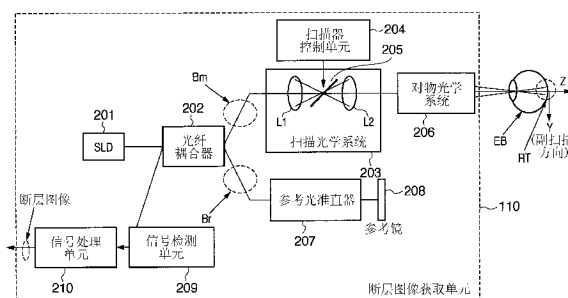
权利要求书3页 说明书20页 附图23页

(54) 发明名称

断层图像摄像设备和断层图像校正处理方法

(57) 摘要

本发明实现了通过使用断层图像摄像设备所拍摄的多个断层图像之间的精确位置偏移校正。本发明是一种用于校正构成三维断层图像的多个二维断层图像之间的位置偏移的断层图像摄像设备。该设备包括：断层图像分析单元 (120)，用于提取表示测量对象的组织的特征量；断层图像选择单元 (140)，用于基于所述特征量，从所述多个二维断层图像中选择基准二维断层图像；以及断层图像位置校正单元 (150)，用于计算与所述基准二维断层图像相邻的第 n 个二维断层图像和第 $(n-1)$ 个二维断层图像之间的位置偏移量。



1. 一种断层图像摄像设备,其特征在于,包括:

断层图像获取部件,用于获取多个断层图像;

分析部件,用于分析所述多个断层图像中的各个断层图像;

断层图像选择部件,用于基于分析结果,选择基准断层图像;以及

断层图像位置校正部件,用于通过使用所选择的基准断层图像,对所述多个断层图像进行位置校正,其中,

所述断层图像获取部件生成多个测量光束,并且通过使用各个测量光束来拍摄断层图像,

所述多个测量光束在拍摄断层图像时一体地进行扫描,并且所述多个测量光束中的至少一个测量光束用作位置校正用的信号,以及

所述分析部件包括提取部件,所述提取部件用于从断层图像中提取基于相邻的像素值获得的特征量,并且所述断层图像选择部件选择包括比其他断层图像的特征量更大的特征量的断层图像。

2. 根据权利要求1所述的断层图像摄像设备,其特征在于,所述提取部件用于从断层图像中提取空间特征,

其中,所述断层图像选择部件选择包括所述空间特征的断层图像。

3. 根据权利要求2所述的断层图像摄像设备,其特征在于,所述提取部件所提取的特征量包括空间频率、对比度变化量、边缘强度、是否存在解剖学结构以及是否存在病变中的至少一个。

4. 根据权利要求1所述的断层图像摄像设备,其特征在于,所述多个测量光束中的所述至少一个测量光束的照射条件不同于其它测量光束的照射条件。

5. 根据权利要求4所述的断层图像摄像设备,其特征在于,所述照射条件包括测量光束的波长、聚焦位置以及相干门的位置中的至少一个。

6. 一种断层图像摄像设备,其特征在于,包括:

断层图像获取部件,用于获取多个断层图像;

分析部件,用于分析所述多个断层图像中的各个断层图像;以及

断层图像位置校正部件,用于基于进行了分析的断层图像,对所述多个断层图像进行位置校正,

所述断层图像获取部件包括:

生成多个测量光束并通过使用各个测量光束拍摄断层图像的部件;

扫描部件,用于在测量对象上的不同测量位置处同时扫描所述多个测量光束中的至少一个测量光束和其它测量光束;以及

控制部件,用于控制所述扫描部件,

其中,所述控制部件控制所述扫描部件,以使得所述其它测量光束已进行扫描的测量位置变成所述至少一个测量光束的测量位置,以及

所述分析部件包括提取部件,所述提取部件用于从断层图像中提取基于相邻的像素值获得的特征量,并且所述断层图像位置校正部件基于包括比其它断层图像的特征量更大的特征量的断层图像,对所述多个断层图像进行位置校正。

7. 一种断层图像摄像设备,其特征在于,包括:

断层图像获取部件,用于通过使用多个测量光束来获取多个断层图像,其中,所述多个测量光束包括照射条件不同于其它测量光束的照射条件的至少一个测量光束;

断层图像选择部件,用于从所述多个断层图像中选择位置校正用的基准断层图像;以及

断层图像位置校正部件,用于通过使用所选择的基准断层图像,对所述多个断层图像进行位置校正,

其中,所述多个测量光束在拍摄断层图像时一体地进行扫描,并且所述多个测量光束中的所述至少一个测量光束用作位置校正用的信号。

8. 根据权利要求7所述的断层图像摄像设备,其特征在于,不同的所述照射条件是测量光束相对于被检体的测量位置、测量灵敏度以及分辨率中的至少一个。

9. 根据权利要求7或8所述的断层图像摄像设备,其特征在于,所述断层图像选择部件分析断层图像,并且选择所述基准断层图像。

10. 一种断层图像摄像方法,其特征在于,包括以下步骤:

断层图像获取步骤,用于使断层图像获取部件获取多个断层图像;

分析步骤,用于使分析部件分析所述多个断层图像中的各个断层图像;

断层图像选择步骤,用于使断层图像选择部件基于分析结果来选择基准断层图像;以及

断层图像位置校正步骤,用于使断层图像位置校正部件通过使用所选择的基准断层图像,对所述多个断层图像进行位置校正,其中,

所述断层图像获取部件生成多个测量光束,并且通过使用各个测量光束来拍摄断层图像,

所述多个测量光束在拍摄断层图像时一体地进行扫描,并且所述多个测量光束中的至少一个测量光束用作位置校正用的信号,以及

所述分析步骤包括提取步骤,所述提取步骤用于从断层图像中提取基于相邻的像素值获得的特征量,并且所述断层图像选择步骤选择包括比其它断层图像的特征量更大的特征量的断层图像。

11. 一种断层图像摄像方法,其特征在于,包括以下步骤:

断层图像获取步骤,用于使断层图像获取部件获取多个断层图像;

分析步骤,用于使分析部件分析所述多个断层图像中的各个断层图像;以及

断层图像位置校正步骤,用于使断层图像位置校正部件基于进行了分析的断层图像,对所述多个断层图像进行位置校正,

所述断层图像获取步骤包括以下步骤:

摄像步骤,用于使摄像部件生成多个测量光束并通过使用各个测量光束拍摄断层图像;

扫描步骤,用于使扫描部件在测量对象上的不同测量位置处同时扫描所述多个测量光束中的至少一个测量光束和其它测量光束;以及

控制步骤,用于使控制部件控制所述扫描步骤,

其中,在所述控制步骤中,控制所述扫描步骤,以使得所述其它测量光束已进行扫描的测量位置变成所述至少一个测量光束的测量位置,以及

所述分析步骤包括提取步骤,所述提取步骤用于从断层图像中提取基于相邻的像素值获得的特征量,并且所述断层图像位置校正步骤使所述断层图像位置校正部件基于包括比其它断层图像的特征量更大的特征量的断层图像,对所述多个断层图像进行位置校正。

12. 一种断层图像摄像方法,其特征在于,包括以下步骤:

断层图像获取步骤,用于使断层图像获取部件通过使用多个测量光束来获取多个断层图像,其中,所述多个测量光束包括照射条件不同于其它测量光束的照射条件的至少一个测量光束;

断层图像选择步骤,用于使断层图像选择部件从所述多个断层图像中选择位置校正用的基准断层图像;以及

断层图像位置校正步骤,用于使断层图像位置校正部件通过使用所选择的基准断层图像,对所述多个断层图像进行位置校正,

其中,所述多个测量光束在拍摄断层图像时一体地进行扫描,并且所述多个测量光束中的所述至少一个测量光束用作位置校正用的信号。

断层图像摄像设备和断层图像校正处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种断层图像摄像设备和断层图像校正处理方法。

背景技术

[0002] 为了早期诊断与生活方式相关的疾病以及在失明的诱因中排名高的各种疾病,广泛实行了眼部检查。在这类眼部检查中,需要在整个眼的任何部位查找疾病,因此需要拍摄覆盖眼部的宽范围的图像(宽区域眼底图像)。

[0003] 通常,通过使用眼底照相机或 SLO(扫描激光检眼镜)来拍摄宽区域眼底图像。近年来,提出了使用诸如光学相干断层成像中所使用的断层图像摄像设备等的断层图像摄像设备(例如,参见 A.F.Fercher, C.K.Hitzenberger, G.Kamp, and S.Y.Elzaiat, "Measurement of Intraocular Distances by Backscattering Spectral Interferometry", Optics Communications 117,43(1995) 以及 E.C.W.Lee, J.F.de Boer, M.Mujat, H.Lim, and S.H.Yun, "In vivo optical frequency domain imaging of human retina and choroid", Optics Express Vol.14, No.10(2006))。注意,下面将光学相干断层成像称为 OCT(Optical Coherence Tomography)。

[0004] 通过使用诸如 OCT 中所使用的断层图像摄像设备等的断层图像摄像设备拍摄宽区域眼底图像,这使得允许三维观察视网膜层的内部状态。这使得可以利用客观度量来量化疾病的状态。因此,作为用于更精确地诊断疾病的设备,期望断层图像摄像设备越来越多地用于宽区域眼底图像。

[0005] 即使人类在密切注视固定点时,也无意识且不间断地进行微小的眼运动(小的无意识眼动)。由于该原因,在如下设备的情况下,由于摄像期间的眼部的小的无意识眼动的影响,在所拍摄的多个断层图像之间可能发生偏移和失真等,其中,该设备诸如是在 OCT 期间所使用的在摄像开始和摄像结束之间花费较长时间的设备等。

[0006] 图 24 是示出由于摄像期间的眼部的小的无意识眼动而导致在断层图像之间如何发生偏移和失真的图。以图 24 的附图标记 24a 所示的线 2420 表示经过断层成像的眼部上的摄像位置。OCT 设备首先从图面的左上向着图面的右上扫描构成线 2420 的多个线中的最上面的线。当扫描位置到达图面的右端时,OCT 设备将摄像位置移动至次最上面的线,并且以与上述方式相同的方式扫描该线。重复这样的扫描直到最下面的线为止来拍摄断层图像。

[0007] 以图 24 的附图标记 24b 所示的线 2430 表示在 OCT 设备根据以图 24 的附图标记 24a 所表示的线 2420 进行扫描时的实际摄像位置。如图 24 的附图标记 24b 所示,由于因摄像期间眼部小的无意识眼动的影响所引起的扫描位置不均匀以及扫描线之间的间隔不规则,因而实际扫描位置偏移。

[0008] 为了解决该问题,提出了如下方案:通过消除摄像期间的小的无意识眼动的影响,来对伴随着摄像位置偏移的断层图像之间的位置偏移进行校正。例如,日本特开 2007-130403 提出了一种如下结构:通过使用参考图像(与两个以上的断层图像垂直的一

个断层图像或眼底图像), 来对两个以上的断层图像之间的位置偏移进行校正。

[0009] 然而, 如上述专利文献 1 所公开的那样, 为了计算与两个以上的断层图像垂直的方向并获得在用于使扫描位置恢复至原点的处理中所使用的参考图像, 需要从各个断层图像中预先提取对于计算有效的特征量。在眼部的情况下, 视网膜具有层结构, 因此缺少对于计算与各断层图像垂直的方向有效的特征量。因此认为难以通过使用专利文献 1 所公开的方法来精确地校正断层图像之间的位置偏移。

发明内容

[0010] 考虑到上述问题作出了本发明。

[0011] 本发明提供一种断层图像摄像设备, 所述断层图像摄像设备校正构成作为测量对象的三维断层图像的多个二维断层图像之间的位置偏移, 所述断层图像摄像设备包括: 提取部件, 用于从所述多个二维断层图像中的各个二维断层图像中提取表示相邻二维断层图像之间连续包括的所述测量对象的组织的特征量; 选择部件, 用于在要校正所述多个二维断层图像之间的位置偏移时, 基于由所述提取部件提取的所述特征量, 从所述多个二维断层图像选择基准二维断层图像; 以及计算部件, 用于基于所述二维断层图像之间的匹配, 计算第 r 个二维断层图像 (r 是等于或大于 1 的整数) 和第 $(r-1)$ 个二维断层图像相对于所述选择部件所选择的二维断层图像的位置偏移量。

[0012] 根据本发明, 可以在通过使用断层图像摄像设备所拍摄的多个断层图像之间实现精确的位置偏移校正。

[0013] 通过以下参考附图对典型实施例的说明, 本发明的其它特征将变得明显。

附图说明

[0014] 包含在说明书中并构成说明书一部分的附图示出了本发明的实施例, 并与说明书一起用来解释本发明的原理。

[0015] 图 1 是示出断层图像摄像设备的整体结构的框图;

[0016] 图 2 是示出断层图像获取单元的详细结构的框图;

[0017] 图 3 是示出用于断层成像 / 校正处理的过程的流程图;

[0018] 图 4 是示出重构的三维断层图像的图;

[0019] 图 5 是示出构成三维断层图像的 B 扫描图像的例子图;

[0020] 图 6 是详细示出断层图像位置校正处理的流程图;

[0021] 图 7 是示出断层图像获取单元的详细结构的框图;

[0022] 图 8 是示出测量光束的排列的图;

[0023] 图 9 是示出所生成的 A 扫描信号和眼底视网膜之间的关系图;

[0024] 图 10 是示出用于断层成像 / 校正处理的过程的流程图;

[0025] 图 11 是示出用于断层图像位置校正处理的过程的流程图;

[0026] 图 12 是示出断层图像摄像设备的整体结构的框图;

[0027] 图 13 是示出断层图像获取单元的详细结构的框图;

[0028] 图 14 是示出如何获取多个 B 扫描图像的图;

[0029] 图 15 是示出用于断层成像 / 校正处理的过程的流程图;

- [0030] 图 16 是示出在视网膜层具有白斑时的 B 扫描图像的图；
- [0031] 图 17 是示出聚焦位置如何改变的图；
- [0032] 图 18 是示出测量光束的排列的图；
- [0033] 图 19 是示出多个测量光束在主扫描方向和副扫描方向上如何扫描的图；
- [0034] 图 20 是示出断层图像摄像设备的整体结构的框图；
- [0035] 图 21 是示出用于断层成像 / 扫描控制处理的过程的流程图；
- [0036] 图 22 是示出用于断层图像获取 / 扫描控制处理的过程的流程图；
- [0037] 图 23 是示出 B 扫描图像 HB 和 B 扫描图像 LB 的例子的图；以及
- [0038] 图 24 是用于说明眼部的小的无意识眼动的图。

具体实施方式

[0039] 下面将参考附图来说明本发明的各实施例。尽管下面所述的各实施例将示例性说明作为测量对象的眼部的视网膜层（眼底视网膜）用的断层图像摄像设备，但是根据本发明的断层图像摄像设备的测量对象并不局限于眼底视网膜。

[0040] 第一实施例

[0041] 1. 断层图像摄像设备的结构

[0042] 图 1 是示出根据本发明第一实施例的断层图像摄像设备 100 的整体结构的框图。如图 1 所示，断层图像摄像设备 100 包括断层图像获取单元 110、断层图像分析单元 120、存储单元 130、断层图像选择单元 140、断层图像位置校正单元 150 和断层图像输出单元 160。

[0043] 断层图像获取单元 110 进行作为测量对象的眼底视网膜的三维断层图像摄像处理。更具体地，断层图像获取单元 110 利用测量光照射眼底视网膜，并且通过使用使来自眼底视网膜的反射光和参考光之间发生干涉所获得的干涉光来重构眼底视网膜的三维断层图像。后面将详细说明断层图像获取单元 110。

[0044] 断层图像分析单元 120 ~ 断层图像位置校正单元 150 的单元存储通过断层图像获取单元 110 所拍摄的三维断层图像，并且还进行用于对形成具有小的无意识眼动的三维断层图像的二维断层图像之间的位置偏移进行校正的处理（断层图像位置校正处理）。后面将详细说明通过断层图像分析单元 120 ~ 断层图像位置校正单元 150 的单元的断层图像位置校正处理。

[0045] 断层图像输出单元 160 将通过断层图像获取单元 110 所拍摄的三维断层图像和经过了断层图像分析单元 120 ~ 断层图像位置校正单元 150 的单元的断层图像位置校正处理的三维断层图像显示在监视器上，或者经由网络等将这些三维断层图像输出到外部。

[0046] 2. 断层图像获取单元的结构

[0047] 接着将说明断层图像获取单元 110 的结构。图 2 是详细示出断层图像获取单元 110 的结构的框图。

[0048] 如图 2 所示，断层图像获取单元 110 通过向眼底视网膜 RT 照射测量光来拍摄眼部 EB 的视网膜层（眼底视网膜）RT 的三维断层图像。本实施例中的断层图像获取单元 110 使用如下的谱域系统：通过对利用干涉光的分光所检测到的信号进行傅立叶变换来重构三维断层图像。

[0049] 注意，在下面的说明中，将与图 2 的图面垂直的方向称为 X 轴方向，并且将 X 轴方

向上的测量光的扫描称为主扫描。另外,将图 2 中的 Y 轴方向上的测量光的扫描称为副扫描。将图 2 的图面上的水平方向(眼部的深度方向,即测量光的照射方向)定义为 Z 轴方向。

[0050] 由作为低相干光源的 SLD 201 所出射的光入射到光纤耦合器 202。然后,光纤耦合器 202 将该光分成测量光 Bm 和参考光 Br。测量光 Bm 通过光纤入射到扫描光学系统 203。参考光 Br 通过光纤入射到参考光准直器 207。

[0051] 扫描光学系统 203 包括透镜 L1,并且使入射的测量光 Bm 聚光于检电镜 205。检电镜 205 利用聚光后的测量光 Bm 扫描作为测量对象的眼底视网膜 RT。

[0052] 注意,检电镜 205 具有两个驱动轴。扫描器控制单元 204 通过这两个驱动轴控制检电镜 205,以沿着主扫描方向和副扫描方向在眼底视网膜 RT 上扫描测量光 Bm。

[0053] 从检电镜 205 输出的测量光 Bm 通过透镜 L2 和对物光学系统 206 到达作为测量对象的眼底视网膜 RT。然后,该光通过眼底视网膜 RT 进行反射,并且通过对物光学系统 206 和扫描光学系统 203 到达光纤耦合器 202。

[0054] 另一方面,从光纤耦合器 202 出射的参考光 Br 通过光纤和参考光准直器 207 被引导至参考镜 208。该光通过参考镜 208 进行反射并再次到达光纤耦合器 202,由此与通过眼底视网膜 RT 所反射的测量光 Bm 发生干涉,从而生成干涉光。将所生成的干涉光输入给信号检测单元 209。

[0055] 信号检测单元 209 检测干涉光,并且将检测到的干涉光转换成电信号。然后,信号检测单元 209 将该信号作为干涉信号输出给信号处理单元 210。信号处理单元 210 通过对干涉信号进行诸如傅立叶变换等的信号处理,生成与眼底视网膜 RT 在 Z 轴方向的各部位的反射率相对应的一维信号(下面称为 A 扫描信号),从而重构眼底视网膜 RT 的三维断层图像。将眼底视网膜 RT 的三维断层图像发送给断层图像分析单元 120 和存储单元 130。

[0056] 3. 断层成像 / 校正处理的说明

[0057] 接着将说明断层图像摄像设备 100 中的断层成像 / 校正处理的过程。图 3 是示出断层图像摄像设备 100 中的断层成像 / 校正处理的过程的流程图。

[0058] 如图 3 所示,当开始断层成像 / 校正处理时,在步骤 S310,设备获取操作者经由键盘和鼠标等(未示出)所输入的各种类型的设置信息。更具体地,设备获取诸如作为测量对象的眼底视网膜 RT 上的区域和位置(测量位置)、与扫描速度和扫描方向有关的指示、摄像范围中的 B 扫描图像(后面详细说明)的数量、以及构成 B 扫描图像的 A 扫描信号的数量等的设置信息。将所获取的设置信息发送给断层图像获取单元 110。

[0059] 在步骤 S320,断层图像获取单元 110 基于所发送来的设置信息开始获取三维断层图像。

[0060] 图 4 是示出通过使断层图像获取单元 110 开始摄像所重构的三维断层图像的例子。参考图 4,附图标记 401 表示被摄体的眼底视网膜的例子,附图标记 403 表示由断层图像获取单元 110 所生成的眼底视网膜 401 的二维断层图像的例子,附图标记 405a 或 405 表示主扫描方向(X 轴方向),附图标记 406a 或 406 表示副扫描方向(Y 轴方向),并且附图标记 408 表示 A 扫描信号的深度方向(Z 轴方向)。

[0061] 断层图像获取单元 110 通过在主扫描方向上移动检电镜 205 的情况下使信号处理单元 210 逐一重构 A 扫描信号 404,来生成图 4 所示的二维断层图像 403。将二维断层图像

403 称为“B 扫描图像”,其中,该 B 扫描图像是相对于眼底视网膜 401 的深度方向和与深度方向垂直的方向(X 轴方向)的二维切片、即由图 4 所示的 X 轴方向 405 和 Z 轴方向 408 所定义的平面处的二维断层图像。附图标记 402 表示二维断层图像 403 的摄像位置。

[0062] 在副扫描方向(Y 轴方向)上连续移位 B 扫描图像的摄像位置 402(副扫描方向上的扫描),由此获得各摄像位置 402 处的 B 扫描图像。附图标记 407 表示由在副扫描方向上的各摄像位置处拍摄的 B 扫描图像所构成的三维断层图像。以这种方式在副扫描方向上的各摄像位置 402 处生成多个 B 扫描图像,由此生成三维断层图像。参考图 4,附图标记 L_y 表示与摄像范围相对应的 B 扫描图像的数量,附图标记 L_x 表示构成 B 扫描图像的 A 扫描信号的数量,并且附图标记 L_z 表示 A 扫描信号的采样数量。

[0063] 将断层图像获取单元 110 所生成的三维断层图像 407(多个 B 扫描图像)发送给断层图像分析单元 120 和存储单元 130。

[0064] 在步骤 S330,断层图像分析单元 120 提取用于 B 扫描图像的位置偏移校正的特征量。

[0065] 在眼底视网膜 401 的三维断层图像的情况下,拍摄眼底视网膜 401 的解剖学结构作为 B 扫描图像。也就是说,该设备可以通过从 B 扫描图像提取与眼底视网膜 401 的组织形状结构相关联的特征量、并基于所提取出的特征量校正 B 扫描图像的位置以保持形状结构的连续性,来校正 B 扫描图像之间的位置偏移。将通过以血管作为眼底视网膜 401 的组织形状结构的例子来说明步骤 S330 的特征量提取处理。

[0066] 图 5 的 5a 示出三维断层图像 407 的 B 扫描图像 T_i 和 B 扫描图像 T_i 的不存在血管的位置处的 A 扫描信号的例子。图 5 的 5b 示出三维断层图像 407 的 B 扫描图像 T_j 和 B 扫描图像 T_j 的存在血管的位置处的 A 扫描信号的例子。

[0067] 参考 B 扫描图像 T_i 和 T_j ,附图标记 501 表示内界膜,附图标记 502 表示神经纤维层边界,附图标记 503 表示视网膜色素上皮层,附图标记 504 表示光感受器内节和外节之间的接合部,附图标记 505 表示神经上皮层,附图标记 506 表示血管区域,并且附图标记 507 表示血管下的区域。

[0068] 如图 5 的 5b 所示,在存在血管的情况下,由于血管的阴影,因而 B 扫描图像 T_j 中血管下方的区域 507 整体上具有低亮度。这导致相对于周边亮度的高对比度。考虑 B 扫描图像的这一特征,本实施例从 B 扫描图像中提取发生了对比度变化的 A 扫描信号的位置(X 轴方向上的位置),作为 B 扫描图像中的与组织的形状结构相关联的特征量。

[0069] 更具体地,断层图像分析单元 120 基于下面给出的等式 (1),对于构成三维断层图像 407 的各 B 扫描图像计算对比度的变化量 $g(i, j, k)$ 。

[0070]

$$g(i, j, k) = \sqrt{\{f(i+1, j, k) - f(i, j, k)\}^2 \times w_x + \{f(i, j+1, k) - f(i, j, k)\}^2 \times w_z} \quad \dots(1)$$

[0071] 其中

[0072] $i = 0, 1, \dots, L_x - 1$

[0073] $j = 0, 1, \dots, L_z - 1$

[0074] $k = 0, 1, \dots, L_y - 1$

[0075] $w_x \geq 0$

[0076] $w_z \geq 0$

[0077] 在等式 (1) 中, $f(i, j, k)$ 表示三维断层图像 407 的位置 (i, j, k) 处的像素值, L_x 是三维断层图像 407 在 X 轴方向 405 上的像素数 (即, A 扫描信号的数量), L_z 是 Z 轴方向 408 上的像素数 (即, A 扫描信号的采样数量), L_y 是 Y 轴方向 406 上的像素数 (即, B 扫描信号的数量), 并且 w_x 和 w_z 是 X 轴方向 405 和 Z 轴方向 408 上的对比度的变化量的权重。在这种情况下, $w_x = 1$ 并且 $w_z = 1$ 。然而, 当要优先使用其中一个方向的对比度的变化量时, 增大优先使用对比度的变化量的方向的权重。例如, 如果要优先使用血管下方的区域 507 和周围区域之间的对比度的变化量, 则 $w_z \gg w_x$ (例如, $w_z = 10$ 并且 $w_x = 0.1$)。

[0078] 本实施例将示例性说明使用对比度的变化量作为特征量的情况。然而, 要使用的特征量不局限于对比度的变化量, 只要在 B 扫描图像内与周围区域存在空间差并且该差使得可以指定 B 扫描图像的位置即可。

[0079] 例如, 可以使用 B 扫描图像中的边缘强度作为特征量。在这种情况下, 可以通过使用 Laplacian 滤波器、Sobel 滤波器或 Canny 滤波器等计算边缘强度。还可以使用 B 扫描图像的空间频率作为另一特征量。

[0080] 另外, 在校正眼底视网膜 401 的三维断层图像 407 的各个 B 扫描图像之间的位置偏移时, 本实施例关注眼底视网膜 401 中的血管。然而, 本发明不局限于此。例如, 由于诸如白斑等的病变的形状结构影响 B 扫描图像中的对比度的变化量, 因而可以关注诸如白斑等的病变的形状结构。

[0081] 存储单元 130 存储由断层图像分析单元 120 所提取出的特征量 $g(i, j, k)$ 。

[0082] 在步骤 S340, 断层图像选择单元 140 对从各个 B 扫描图像中提取的特征量进行比较以搜索具有大的特征量的 B 扫描图像, 并且选择该 B 扫描图像作为位置校正用的基准断层图像。更具体地, 首先, 断层图像选择单元 140 基于下面给出的等式 (2), 通过相加在步骤 S330 从构成三维断层图像 407 的各个 B 扫描图像中提取出的对比度的变化量 g 来计算值 $P(k)$ 。

$$[0083] \quad P(k) = \sum_{i=0}^{i \leq L_x - 1} \sum_{j=0}^{j \leq L_z - 1} g(i, j, k) \quad \dots(2)$$

[0084] $0 \leq k < L_y$ 其中, $P(k)$ 是第 k 个 B 扫描图像 $B(k)$ 的对比度的变化量 g 的累加值。

[0085] 断层图像选择单元 140 基于下面给出的等式 (3) 来获得具有最大值 $P()$ 的第 r 个 (r 为等于或大于 1 的整数) B 扫描图像 $B(r)$ 。

$$[0086] \quad P(r) = \arg \max_k (P(k)) \quad \dots(3)$$

[0087] 然后, 断层图像选择单元 140 选择第 r 个 B 扫描图像 $B(r)$ 作为基准断层图像。将被选择为基准断层图像的 B 扫描图像的编号 r 存储在存储单元 130 中, 并且将该编号 r 传送给断层图像位置校正单元 150。

[0088] 在步骤 S350, 断层图像位置校正单元 150 对步骤 S340 中选择出的基准断层图像 $B(r)$ 和与基准断层图像 $B(r)$ 相邻的 B 扫描图像之间的位置偏移进行校正。然后, 断层图像位置校正单元 150 顺次重复相邻的 B 扫描图像的位置偏移校正。这样校正构成三维断层图像 407 的各个 B 扫描图像之间的位置偏移。注意, 下面将详细说明使用基准断层图像 $B(r)$ 重复位置偏移校正的断层图像位置校正处理的过程。

[0089] 由各个 B 扫描图像和它们的位置校正值 (x, z) 、即各个 B 扫描图像的 X-Z 平面内的位置校正值, 构成了已经过断层图像位置校正单元 150 的位置偏移校正的三维断层图像

407。

[0090] 尽管本实施例示例性说明了 X-Z 平面内的位置校正值 (x, z), 但是本实施例还可被配置成通过使用下面给出的等式 (4) 来计算 B 扫描图像 (k) 的位置校正值 (x, y, z)。

[0091] $S(k) = (x, y, z) \cdots (4)$ 其中, $S(k)$ 是第 k 个 B 扫描图像的位置校正值 (x, y, z) (在本实施例中, 由于 Y 轴方向上不进行位置偏移校正, 因而 y 为 0)。

[0092] 在步骤 S360, 存储单元 130 存储经过了位置偏移校正的三维断层图像 407。注意, 该设备可以被配置成经由断层图像输出单元 160 将经过了位置偏移校正的三维断层图像 407 传送给外部数据服务器 (未示出) 并且将该断层图像存储在外数据服务器中。

[0093] 在步骤 S370, 断层图像摄像设备 100 判断是否接收到结束断层成像 / 校正处理的指示。假定操作者经由键盘或鼠标 (未示出) 输入结束断层成像 / 校正处理的指示。如果该设备在步骤 S307 判断为接收到了结束断层成像 / 校正处理的指示, 则该设备终止断层成像 / 校正处理。如果该设备判断为没有接收到结束断层成像 / 校正处理的指示, 则处理返回到步骤 S310 以对下一被摄体的眼底视网膜执行断层成像 / 校正处理 (或者对于同一被摄体的眼底视网膜再次执行断层成像 / 校正处理)。

[0094] 4. 断层图像位置校正处理的说明

[0095] 接着将参考图 6 详细说明断层图像位置校正单元 150 所执行的断层图像位置校正处理 (步骤 S350) 的过程。

[0096] 在步骤 S610, 断层图像位置校正单元 150 获取步骤 S340 中选择出的基准断层图像 B(r)。

[0097] 在步骤 S620, 断层图像位置校正单元 150 将 r-1 代入用于指定与所获取的基准断层图像 B(r) 相邻的 B 扫描图像的编号 a。

[0098] 在步骤 S630, 断层图像位置校正单元 150 将 r+1 代入用于指定与所获取的基准断层图像 B(r) 相邻的 B 扫描图像的编号 b。

[0099] 在步骤 S640, 断层图像位置校正单元 150 判断是否存在第 a 个 B 扫描图像 B(a)。如果断层图像位置校正单元 150 判断为该图像存在, 则处理进入步骤 S650。如果断层图像位置校正单元 150 判断为该 B 扫描图像 B(a) 不存在, 则处理进入步骤 S670。

[0100] 在步骤 S650, 断层图像位置校正单元 150 计算用于校正 X 轴方向和 Z 轴方向上的 B 扫描图像 B(a) 和 B 扫描图像 B(a+1) 之间的相对位置偏移的位置校正值。

[0101] 注意, 断层图像位置校正单元 150 通过确定关注区域 (以下称为 ROI) 并且利用模式匹配方法搜索相邻 B 扫描图像中的相同图案来计算相邻 B 扫描图像之间的位置校正值。本实施例使用以等式 (5) 所表示的 SSD (Sum of Squares Difference, 离差平方和) 作为模式匹配的近似度。

$$[0102] \quad SSD = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j (C(i, j) - D(i, j))^2 \quad \dots(5)$$

[0103] 在等式 (5) 中, C 和 D 是相邻的 B 扫描图像 B(a+1) 和 B(a) 的 ROI 的像素值, i 和 j 是 ROI 中的像素的位置, 并且 N 是各 ROI 中的像素的总数。

[0104] 然后, 断层图像位置校正单元 150 在相对于相邻的 B 扫描图像 (a+1) 在 B 扫描图像 (a) 中平行移动 ROI、即在 X 轴方向和 Z 轴方向上移动 ROI 的情况下, 搜索 SSD 为最小的位置。断层图像位置校正单元 150 将 SSD 为最小的位置处的位置偏移量设置为相邻的 B 扫

描图像 (a+1) 的位置校正值 (x, z)。

[0105] 注意,考虑到摄像范围和测量对象的大小等来确定 ROI 的大小。例如,该大小可以是诸如 128×128 像素等的固定值或者诸如整个 B 扫描图像的中心的 $2/3$ 等的可变值。

[0106] 尽管本实施例通过使用 SSD 来计算位置校正值,但是本发明不局限于此,并且可以通过使用诸如交互信息内容方法和交叉相关系数方法等的其它已知技术来计算 B 扫描图像的位置校正值。

[0107] 计算出的位置校正值 (x, z) 被添加到 B 扫描图像 B(a), 并且存储在存储单元 130 中。

[0108] 在步骤 S660, 断层图像位置校正单元 150 计算 $a = a-1$, 以将下一 B 扫描图像设置为位置校正值的计算用的对象。

[0109] 在步骤 S670, 断层图像位置校正单元 150 判断是否存在第 b 个 B 扫描图像 B(b)。如果断层图像位置校正单元 150 判断为该图像存在, 则处理进入步骤 S680。如果断层图像位置校正单元 150 判断为该 B 扫描图像 B(b) 不存在, 则处理进入步骤 S695。

[0110] 在步骤 S680, 断层图像位置校正单元 150 计算 X 轴方向和 Z 轴方向上的 B 扫描图像 B(b) 和 B 扫描图像 B(b-1) 的位置校正值。位置校正值的计算与步骤 S650 中所进行的计算相同, 因此将省略对该计算的说明。

[0111] 计算出的位置校正值 (x, z) 被添加至 B 扫描图像 B(b), 并且存储在存储单元 130 中。

[0112] 在步骤 S690, 断层图像位置校正单元 150 计算 $b = b+1$, 以将下一 B 扫描图像设置为位置校正值的计算用的对象。

[0113] 在步骤 S695, 断层图像位置校正单元 150 判断是否针对构成三维断层图像 407 的所有 B 扫描图像完成了位置校正值的计算。如果断层图像位置校正单元 150 判断为存在没有计算位置校正值的 B 扫描图像, 则处理返回到步骤 S640。如果断层图像位置校正单元 150 判断为针对构成三维断层图像 407 的所有 B 扫描图像完成了位置校正值的计算, 则该单元终止断层图像位置校正处理。

[0114] 注意, 本实施例被配置成将位置校正值 (x, y, z) 添加至各个 B 扫描图像 B(y), 并且存储由此得到的信息。然而, 本发明不局限于此, 并且可被配置成: 对各 B 扫描图像内 (X-Z 平面) 的各像素 (x, z) 进行位置偏移校正, 并且存储经过了位置偏移校正的 B 扫描图像 B(y)。

[0115] 本实施例被配置成使断层图像获取单元 110 获取三维断层图像并且执行断层图像位置校正处理。然而, 本发明不局限于此, 并且可以被配置成: 读出预先存储在存储单元 130 中的三维断层图像或存储在数据服务器 (未示出) 中的三维断层图像, 并且执行断层图像位置校正处理。

[0116] 通过上述说明显而易见, 根据本实施例的断层图像摄像设备被配置成: 选择构成三维断层图像的多个 B 扫描图像中的、与组织的形状结构相关联的特征量的累加值大的 B 扫描图像, 作为基准 B 扫描图像。该设备还被配置成: 通过模式匹配对所选择的 B 扫描图像和相邻的 B 扫描图像进行位置偏移校正, 以使得相邻的 B 扫描图像与所选择的 B 扫描图像相匹配 (以维持形状结构的连续性)。该设备还被配置成: 对经过了位置偏移校正的 B 扫描图像和相邻的 B 扫描图像进行位置偏移校正, 以使得相邻的 B 扫描图像与经过了位置偏

移校正的 B 扫描图像相匹配（以维持形状结构的连续性）。

[0117] 以该方式重复这种位置偏移校正，这样校正构成三维断层图像的多个 B 扫描图像之间的所有位置偏移。结果，根据本实施例，可以实现精确的位置偏移校正。

[0118] 第二实施例

[0119] 第一实施例被配置成通过使用 B 扫描图像作为基准断层图像来进行构成三维断层图像的各个 B 扫描图像之间的位置偏移校正。然而，要使用的基准断层图像不局限于 B 扫描图像。例如，当通过同时照射相互协作（一体）进行扫描的多个测量光束来同时拍摄多个三维断层图像时，可以选择三维断层图像的其中一个作为基准断层图像。假定在这种情况下，使用第一实施例所述的方法来校正构成被选择为基准断层图像（基准三维断层图像）的三维断层图像的各个 B 扫描图像之间的位置偏移。还假定基于经过了位置偏移校正的基准三维断层图像，通过使用多个测量光束的照射位置之间的相对位置关系来对除该基准三维断层图像以外的三维断层图像进行位置偏移校正。下面将详细说明本实施例。

[0120] 由于根据本实施例的断层图像摄像设备的基本结构与第一实施例中参考图 1 所述的断层图像摄像设备 100 的结构相同，因此将省略对该结构的说明。然而，注意，第二实施例与第一实施例的不同在于断层图像获取单元的详细结构。由于该原因，下面将说明断层图像获取单元的详细结构。另外，将说明由于断层图像获取单元的详细结构之间的不同所引起的这两个实施例之间的断层成像 / 校正处理和断层图像位置校正处理的不同。

[0121] 1. 断层图像获取单元的详细结构

[0122] 图 7 是详细示出根据本实施例的断层图像摄像设备 100 的断层图像获取单元 700 的结构的框图。如图 7 所示，在断层图像获取单元 700 中，分束器 701 将从作为低相干光源的 SLD 201 所出射的光分成三个光束，然后这三个光束入射到光纤耦合器 202。光纤耦合器 202 将入射光束分成测量光束 Bm 和参考光束 Br。在这些光束中，测量光束 Bm 通过光纤入射到扫描光学系统 203，并且参考光束 Br 通过光纤入射到参考光准直器 207。

[0123] 扫描光学系统 203 包括透镜 L1，并且使入射测量光束 Bm 聚光于检电镜 205。检电镜 205 利用聚光后的测量光束 Bm 扫描作为测量对象的眼底视网膜 RT。

[0124] 假定扫描光学系统 203 被配置成使得测量光排列改变单元（未示出）任意改变构成入射测量光束 Bm 的三个测量光束的相对于眼底视网膜 RT 的入射光排列。

[0125] 图 8 是示出已入射到扫描光学系统 203 的测量光束 Bm 的入射光排列的图。图 8 的附图标记 8a 表示构成测量光束 Bm 的三个测量光束 p1、p2 和 p3 相对于主扫描方向垂直入射到扫描光学系统 203 的情况。图 8 的附图标记 8c 表示测量光束相对于主扫描方向水平入射到扫描光学系统 203 的情况。图 8 的附图标记 8b 和 8d 各自表示眼底视网膜 RT 上的测量光束 p1 ~ p3 在主扫描方向上的排列。

[0126] 返回参考图 7，检电镜 205 具有两个驱动轴。扫描器控制单元 204 通过这两个驱动轴控制检电镜 205，以沿着主扫描方向和副扫描方向在眼底视网膜 RT 上扫描测量光束 Bm。

[0127] 从检电镜 205 输出的测量光束 Bm 通过透镜 L2 和对物光学系统 206 到达作为测量对象的眼底视网膜 RT。然后，这些光束被眼底视网膜 RT 反射并通过对物光学系统 206 和扫描光学系统 203 到达光纤耦合器 202。

[0128] 另一方面，通过光纤和参考光准直器 207 将从光纤耦合器 202 输出的参考光束 Br 引导至参考镜 208。这些光束被参考镜 208 反射，并且再次到达光纤耦合器 202，由此与由

眼底视网膜 RT 所反射的构成测量光束 Bm 的三个测量光束发生干涉,从而生成三个干涉光束。将所生成的三个干涉光束输入给信号检测单元 209。

[0129] 信号检测单元 209 检测这三个干涉光束,并且将检测到的干涉光束转换成电信号。然后,信号检测单元 209 将这些信号作为三个干涉信号输出给信号处理单元 210。信号处理单元 210 通过对这三个干涉信号进行诸如傅立叶变换等的信号处理,生成与眼底视网膜 RT 在 Z 轴方向的各部位的反射率相对应的三个 A 扫描信号。

[0130] 图 9 是将基于图 8 的 8c 所示的水平排列的三个测量光束 Bm 所生成的三个 A 扫描信号 AS1、AS2 和 AS3 与眼底视网膜 RT 一起示出的图。

[0131] 如图 9 的 9a 所示,断层图像获取单元 700 在主扫描方向上扫描多个测量光束 p1 ~ p3 的情况下,生成 A 扫描信号 AS1、AS2 和 AS3,从而生成分别与 A 扫描信号 AS1、AS2 和 AS3 相对应的 B 扫描图像 BS1、BS2 和 BS3。

[0132] 图 9 的 9b 的附图标记 V(1)、V(2) 和 V(3) 分别表示基于测量光束 p1、p2 和 p3 所生成的三维断层图像,并且还表示眼底视网膜 RT 上的摄像范围。

[0133] 在这种情况下,基于各个测量光束所生成的 A 扫描信号 AS1、AS2 和 AS3 之间的眼底视网膜 RT 上的相对位置关系(偏移量)是已知的。由于该原因,设 a 和 b 是眼底视网膜 RT 上的摄像位置(即,各个测量光束的照射位置),则等式(6)和(7)成立。

[0134]
$$XPas(b, t) = XPas(a, t) + \Delta x(a, b) \quad \cdots (6)$$

[0135]
$$YPas(b, t) = YPas(a, t) + \Delta y(a, b) \quad \cdots (7)$$

[0136] 其中,

[0137] $a, b = \{AS1, AS2, AS3\}$

[0138] $a \neq b$, 其中, $XPas(b, t)$ 是在时间 t 处视网膜上的摄像位置 b 的 X 坐标, $YPas(b, t)$ 是在时间 t 处视网膜上的摄像位置 b 的 Y 坐标, $\Delta x(a, b)$ 是 b 和 a 在 X 方向上的相对位置关系,并且 $\Delta y(a, b)$ 是 b 和 a 在 Y 方向上的相对位置关系。

[0139] 在上述等式中, $\Delta x(a, b)$ 和 $\Delta y(a, b)$ 还表示 A 扫描信号 a 和 A 扫描信号 b 在摄像范围中的相对位置关系(偏移量)。

[0140] 2. 断层成像 / 校正处理的说明

[0141] 接着将说明根据本实施例的断层图像摄像设备的断层成像 / 校正处理的过程。图 10 是示出根据本实施例的断层图像摄像设备的断层成像 / 校正处理的过程的流程图。

[0142] 如图 10 所示,当开始断层成像 / 校正处理时,在步骤 S1010 中,该设备获取操作者经由键盘和鼠标等(未示出)所输入的各种类型的设置信息,并且将该信息发送给断层图像获取单元 700。

[0143] 注意,由于在第一实施例中已经详细说明了该设置信息,因此将省略对该信息的说明。然而,注意,除第一实施例所述的设置信息以外,根据本实施例的断层图像摄像设备还获取用于指定测量光束的数量(例如,“3”)和测量光束的排列(例如,“水平排列”)等的指示,并且将这些信息发送给断层图像获取单元 700。

[0144] 在步骤 S1020,断层图像获取单元 700 基于所发送来的设置信息开始拍摄三维断层图像。

[0145] 注意,由于在第一实施例中已经参考图 4 说明了由断层图像获取单元 700 所重构的三维断层图像,所以将省略对该断层图像的说明。然而,注意,根据本实施例的断层图像

摄像设备基于三个 A 扫描信号并行地重构三个三维断层图像。将由断层图像获取单元 700 所生成的三个断层图像 V(1)、V(2) 和 V(3) 发送给断层图像分析单元 120 和存储单元 130。

[0146] 在步骤 S1030, 断层图像分析单元 120 提取对构成各三维断层图像的 B 扫描图像进行位置偏移校正所使用的特征量。注意, 由于第一实施例已详细说明了特征量的提取, 因此将省略对该提取的说明。存储单元 130 存储由断层图像分析单元 120 提取的特征量。

[0147] 在步骤 S1040, 断层图像选择单元 140 针对各三维断层图像, 比较从各个 B 扫描图像所提取的特征量, 以搜索特征量的累加值大的三维断层图像, 从而选择基准三维断层图像。

[0148] 更具体地, 断层图像选择单元 140 基于下面给出的等式 (8), 通过相加在步骤 S1030 中从构成步骤 S1020 获取的各三维断层图像的各个 B 扫描图像所提取出的对比度的变化量 g 来计算值 $p(w)$ 。注意, w 表示第 w 个三维断层图像 ($0 \leq w < L_w$), 并且 $P(w)$ 表示第 w 个三维断层图像的对比度的变化量 $g(i, j, k)$ 的累加值。

$$[0149] \quad P(w) = \sum_{k=0}^{k < L_y} \sum_{i=0}^{i \leq L_x-1} \sum_{j=0}^{j \leq L_z-1} g(i, j, k) \quad \dots(8)$$

[0150] $0 \leq w < L_w$ 其中, L_w 是三维断层图像的数量。在本实施例中, $L_w = 3$ 。

[0151] 然后, 断层图像选择单元 140 基于下面给出的等式 (9) 来获得具有最大值 $P()$ 的第 r 个三维断层图像 $V(r)$ 。

$$[0152] \quad P(r) = \arg \max_w (P(w)) \quad \dots(9)$$

[0153] 然后, 断层图像选择单元 140 选择第 r 个三维断层图像作为基准三维断层图像。将被选择为基准三维断层图像的三维断层图像的编号 r 存储在存储单元 130 中, 并且将该编号 r 传送给断层图像位置校正单元 150。

[0154] 在步骤 S1050, 断层图像位置校正单元 150 对构成步骤 S1040 中选择出的基准三维断层图像 $V(r)$ 的各个 B 扫描图像进行位置偏移校正。然后, 断层图像位置校正单元 150 基于除基准三维断层图像 $V(r)$ 以外的三维断层图像和基准三维断层图像 $V(r)$ 之间的相对位置关系, 对除基准三维断层图像 $V(r)$ 以外的三维断层图像进行位置偏移校正 (后面将详细说明断层图像位置校正处理的过程)。

[0155] 由于下面的原因, 断层图像位置校正单元 150 首先以该方式对基准三维断层图像 $V(r)$ 进行位置偏移校正。如第一实施例中所述, 在眼底视网膜的三维断层图像的情况下, 拍摄眼底视网膜的解剖学结构作为 B 扫描图像。另一方面, 眼底视网膜的分层结构的特征在于: Z 轴方向上变化多, 但在 X 轴方向上变化较少。由于该原因, 提取出与 X 轴方向上变化多的视网膜组织的形状结构相关联的特征量的三维断层图像可以是允许最精确地进行位置偏移校正的三维断层图像。换句话说, 步骤 S1040 中选择出的三维断层图像 (即, 基准三维断层图像) 是多个三维断层图像中允许最精确地进行位置偏移校正的三维断层图像。另一方面, 在本实施例中, 基于相对位置关系, 对除首先经过了位置偏移校正的三维断层图像以外的三维断层图像进行位置偏移校正。也就是说, 精确进行第一次位置偏移校正, 将使得能够对其它三维位置偏移进行精确的位置偏移校正。由于该原因, 首先对基准三维断层图像 $V(r)$ 进行位置偏移校正。

[0156] 返回参考图 10, 在步骤 S1060, 存储单元 130 存储经过了位置偏移校正的三维断层

图像。

[0157] 在步骤 S1070, 断层图像摄像设备 100 判断是否已接收到结束断层成像 / 校正处理的指示。假定操作者经由键盘或鼠标 (未示出) 输入结束断层成像 / 校正处理的指示。如果该设备在步骤 S1070 判断为已接收到结束断层成像 / 校正处理的指示, 则该设备终止断层成像 / 校正处理。如果该设备判断为没有接收到结束断层成像 / 校正处理的指示, 则处理返回到步骤 S1010, 以对下一被摄体的眼底视网膜执行断层成像 / 校正处理 (或者对同一被摄体的眼底视网膜再次执行断层成像 / 校正处理)。

[0158] 3. 断层图像位置校正处理的说明

[0159] 接着将参考图 11 来详细说明本实施例的断层图像位置校正处理 (步骤 S1050) 的过程。

[0160] 在步骤 S1110, 该设备获取步骤 S1040 中选择出的基准三维断层图像 $V(r)$, 并且进行构成基准三维断层图像 $V(r)$ 的各个 B 扫描图像之间的位置偏移校正。构成基准三维断层图像 $V(r)$ 的各个 B 扫描图像之间的位置偏移校正用的断层图像摄像设备的操作与第一实施例中参考图 3 所述的步骤 S310 ~ S360 所示的断层图像摄像设备的操作相同。由于该原因, 将省略对该操作的说明。

[0161] 在步骤 S1120 和随后的步骤, 该设备通过使用在步骤 S1110 中对基准三维断层图像 $V(r)$ 的位置偏移校正结果, 来对除基准三维断层图像 $V(r)$ 以外的三维断层图像进行位置偏移校正。注意, 当以上述方式进行位置偏移校正时, 各个测量光束在眼底视网膜上的照射位置之间的相对位置关系 (偏移量) 是预先已知的。

[0162] 在步骤 S1120, 该设备从存储单元 130 读取除步骤 S1040 中所选择出的基准三维断层图像 $V(r)$ 以外的三维断层图像 $V(w)$ 。

[0163] 在步骤 S1130, 该设备从存储单元 130 读取三维断层图像 $V(w)$ 、基准三维断层图像 $V(r)$ 以及与照射位置有关的相对位置关系 $\Delta x(r, w)$ 和 $\Delta y(r, w)$ 。

[0164] 在步骤 S1140, 该设备基于等式 (10), 通过使用基准三维断层图像 $V(r)$ 的各个 B 扫描图像的位置偏移校正结果, 来对三维断层图像 $V(w)$ 的 B 扫描图像进行位置偏移校正。

[0165] $S(w, k) = S(r, k) + (\Delta x(r, w), \Delta y(r, w), \Delta z(r, w)) \cdots (10)$ 其中, k 表示三维断层图像的第 k 个 B 扫描图像 ($0 \leq k < L_y$), 并且 $\Delta x(r, w)$ 、 $\Delta y(r, w)$ 和 $\Delta z(r, w)$ 表示在生成基准三维断层图像 $V(r)$ 和三维断层图像 $V(w)$ 时所照射的各个测量光束的照射位置之间的相对位置关系 (偏移量)。注意, 在本实施例中, $\Delta z(r, w) = 0$ 。

[0166] 在步骤 S1150, 该设备判断是否存在没有经过位置偏移校正的三维断层图像。如果该设备在步骤 S1150 判断为存在这类断层图像, 则处理返回到步骤 S1120。如果该设备判断为对所有三维断层图像都完成了位置偏移校正, 则该设备终止断层图像位置校正处理。

[0167] 根据上述说明显而易见, 根据本实施例的断层图像摄像设备被配置成: 从通过使用多个测量光束并行地进行摄像所获得的多个三维断层图像中选择适于位置偏移校正的基准三维断层图像。该设备被配置成: 对构成基准三维断层图像的 B 扫描图像进行与第一实施例中的位置偏移校正相同的位置偏移校正。该设备还被配置成: 基于相对位置关系, 通过使用基准三维断层图像的位置偏移校正结果, 来对除基准三维断层图像以外的三维断层图像进行位置偏移校正。

[0168] 结果, 可以精确地校正三维断层图像的多个 B 扫描图像之间的位置偏移。

[0169] 第三实施例

[0170] 第二实施例被配置成选择适于位置偏移校正的一个基准三维断层图像。然而,通常,三维断层图像中的特征量不均匀,并且特征量的值存在偏差。由于该原因,即使在基准三维断层图像中,对于特征量的值小的区域,位置偏移校正的精度也可能劣化。基准三维断层图像可能包括特征量的值小于其它三维断层图像中的相应区域的特征量的值的区域。

[0171] 因此本实施例将多个三维断层图像中的每一个分成多个区域,选择特征量的值大的区域作为基准区域断层图像,并且基于该基准区域断层图像,对其它三维断层图像中的相应区域进行位置偏移校正。

[0172] 由于根据本实施例的断层图像摄像设备的基本结构与第一实施例中参考图 1 所述的断层图像摄像设备的结构相同,因此将省略对该结构的说明。另外,由于根据本实施例的断层图像摄像设备中的断层成像 / 校正处理的过程与第二实施例中的过程基本相同,因此下面将说明不同点(步骤 S1040 和 S1050)。

[0173] 断层成像 / 校正处理

[0174] 在步骤 S1040,断层图像选择单元 140 在多个三维断层图像的对应区域中搜索特征量的值最大的基准区域断层图像。

[0175] 更具体地,首先,断层图像选择单元 140 将基于从构成测量光束 Bm 的三个测量光束所提取的 A 扫描信号 AS1、AS2 和 AS3 所生成的三维断层图像 V(1)、V(2) 和 V(3) 中的每一个分成 n 个(n 为等于或大于 2 的整数)区域。假定断层图像 V(1)、V(2) 和 V(3) 各自由 128 个 B 扫描图像(Ly = 128)构成,并且 n 为 4。因此,在这种情况下,断层图像选择单元 140 获得 12 个区域断层图像 VR(a, b),其中, a 是三维断层图像的编号 a(a = {1, 2, 3}),并且 b 是各三维断层图像的第 b 个区域(b = {1, 2, 3, 4})。

[0176] 在这种情况下,考虑到在对各区域独立进行位置偏移校正时在区域之间残留相对位置偏移这一事实,根据本实施例的断层图像摄像设备在相邻区域之间的边界处设置共同的 B 扫描图像,以保持三维断层图像的区域连续性。也就是说,第一~第 33 个 B 扫描图像构成 V(a, 1)。第 33 ~ 第 65 个 B 扫描图像构成 V(a, 2)。第 65 ~ 第 97 个 B 扫描图像构成 V(a, 3)。第 97 ~ 第 128 个 B 扫描图像构成 V(a, 4)。

[0177] 如等式 (8) 一样,对于各区域计算特征量的累加值 P(w, b)。然而,本实施例在第 b 个区域的范围内累加值。然后,本实施例通过使用下面给出的等式 (11),来获得各个第 b 个区域中具有最大累加值 P 的区域。

$$[0178] \quad P(r, b) = \arg \max_w (P(w, b)) \quad \dots(11)$$

[0179] $0 \leq w < Lw$ 其中, V(r, b) 表示从第 b 个区域(b 是 1 ~ n 的其中之一)选择第 r 个三维断层图像作为基准区域断层图像。将从各个第 b 个区域(b = {1, 2, 3, 4})所选择的基准区域断层图像的编号 r 传送给存储单元 130 和断层图像位置校正单元 150。

[0180] 在步骤 S1050,断层图像位置校正单元 150 对构成步骤 S1040 所选择的第 b 个区域各自的基准区域断层图像 V(r, b) 的各个 B 扫描图像进行位置偏移校正。然后,断层图像位置校正单元 150 通过使用上述校正的结果,对其它三维断层图像的相应区域进行位置偏移校正。由于本实施例中对三维断层图像所进行的位置偏移校正与第二实施例中图 11 所示的断层图像位置校正处理基本相同,因此将省略对该处理的说明。然而,注意,本实施例对每一区域断层图像都进行该处理。

[0181] 通过上述说明显而易见,根据本实施例的断层图像摄像设备被配置成:将通过使用多个测量光束并行地进行摄像所获得的多个三维断层图像中的每一个分成多个区域。然后,该设备从各区域中选择适于位置偏移校正的基准区域断层图像。该设备进一步被配置成:对构成基准区域断层图像的 B 扫描图像进行与第一实施例中的位置偏移校正相同的位置偏移校正。另一方面,该设备被配置成:基于相对位置关系,通过使用基准区域断层图像的位置偏移校正结果,对构成其它三维断层图像中与基准区域断层图像相对应的区域的 B 扫描图像进行位置偏移校正。

[0182] 这使得可以精确地校正三维断层图像的多个 B 扫描图像之间的位置偏移。

[0183] 第四实施例

[0184] 上述第二实施例被配置成基于特征量搜索适于位置偏移校正的基准三维断层图像。然而,本发明不局限于此。例如,本发明可被配置成:分开地照射能够生成适于位置偏移校正的基准三维断层图像的测量光(基准测量光),并且选择基于基准测量光所生成的三维断层图像作为基准三维断层图像。下面将详细说明本实施例。

[0185] 1. 断层图像摄像设备的结构

[0186] 图 12 是示出根据本发明第四实施例的断层图像摄像设备 1200 的整体结构的框图。如图 12 所示,断层图像摄像设备 1200 包括断层图像获取单元 1210、存储单元 130、断层图像选择单元 140、断层图像位置校正单元 150、断层图像输出单元 160 和测量光设置单元 1270。

[0187] 注意,在断层图像摄像设备 1200 中,断层图像获取单元 1210 被配置成利用与照射条件相对应的多个测量光束来照射测量对象。假定测量光设置单元 1270 被配置成对从断层图像获取单元 1210 出射的测量光束的各种照射条件(测量位置、测量灵敏度和分辨率等)进行设置。

[0188] 2. 断层图像获取单元的详细结构

[0189] 图 13 是详细示出根据本实施例的断层图像摄像设备 1200 的断层图像获取单元 1210 的结构的框图。由于根据本实施例的断层图像获取单元 1210 的结构与第二实施例中参考图 7 所述的断层图像获取单元 700 的结构基本相同,因此下面将主要说明这两个实施例之间的不同点。

[0190] 断层图像获取单元 1210 与图 7 所示的断层图像获取单元 700 的不同在于:添加了用于发射与 SLD 201 所发射的光不同的光的 SLD 1301,并且通过分束器 701 将 SLD 201 所发射的光分成两个光束。

[0191] 利用该结构,三个光束入射到光纤耦合器 202。这三个光束包括从 SLD 1301 所发射的一个光束以及通过分束器 701 分割 SLD 201 所发射的光所获得的两个光束。在本实施例中,SLD 201(第二照射部件)所发射的光例如是波长为 840nm 的光。SLD 1301(第一照射部件)所发射的光例如是波长为 1050nm 的光(基准测量光)。

[0192] 接收到这三个光束的光纤耦合器 202 将每一光束分成测量光束 Bm 和参考光束 Br。在这些光束中,测量光束 Bm($p1'$, $p2'$ 和 $p3'$)通过光纤入射到扫描光学系统 203。

[0193] 扫描光学系统 203 包括透镜 L1,并且使入射测量光束 Bm 聚光于检电镜 205。检电镜 205 利用聚光后的测量光束 Bm 扫描作为测量对象的眼底视网膜 RT。

[0194] 图 14 是示出如何通过作为测量对象的眼底视网膜 RT 上扫描从扫描光学系统

203 出射的测量光束 B_m 来获取 B 扫描图像的图。如图 14 的 14a 所示,从扫描光学系统 203 出射的这三个测量光束 B_m 在主扫描方向上平行移动。图 14 的 14b 示出在这种情况下所生成的 B 扫描图像和构成测量光束 B_m 的各个测量光束之间的关系。如上所述,与测量光束 $p2'$ 和测量光束 $p3'$ 相比,测量光束 B_m 中的测量光束 $p1'$ 的波长较长。因此,与测量光束 $p2'$ 和 $p3'$ 相比,测量光束 $p1'$ 到达更深的区域。

[0195] 在这种情况下,被称为脉络膜的厚血管在眼底视网膜 RT 中分布在深区域中。由于该原因,与基于测量光束 $p2'$ 和 $p3'$ 所生成的 B 扫描图像相比,基于测量光束 $p1'$ 所生成的 B 扫描图像具有更高的对比度。

[0196] 通常,在眼底检查中,希望以高分辨率对脉络膜上方的视网膜层进行摄像。然而,视网膜层在几何结构上具有分层结构,因此沿 X 轴方向的变化少。这使得难以获得用于位置偏移校正的特征量。

[0197] 与此相反,由于具有较长波长的测量光束(基准测量光束)可以对包括脉络膜的 B 扫描图像进行摄像,因此可以生成在 X 轴方向上具有特征的 B 扫描图像。也就是说,可以提取对于 B 扫描图像之间的精确位置偏移校正有效的特征量。

[0198] 3. 断层成像 / 校正处理的说明

[0199] 接着将说明根据本实施例的断层图像摄像设备中的断层成像 / 校正处理的过程。图 15 是示出根据本实施例的断层图像摄像设备中的断层成像 / 校正处理的过程的流程图。

[0200] 如图 15 所示,当开始断层成像 / 校正处理时,在步骤 S1510,该设备获取操作者经由键盘和鼠标等(未示出)所输入的各种类型的设置信息。该设备将该信息发送给断层图像获取单元 1210。

[0201] 注意,由于在第一实施例和第二实施例中已详细说明了该设置信息,因此将省略对该信息的说明。然而,假定:除第二实施例所述的设置信息以外,根据本实施例的断层图像摄像设备还获取并发送与各个测量光束的照射条件相关联的设置信息。

[0202] 更具体地,该设备获取并发送下面的照射条件,其中,这些照射条件被设置成三个测量光束的其中一个具有比剩余的两个测量光束更长的波长。另外,该设备获取并发送下面的照射条件,其中,这些照射条件被设置成:将作为对物光学系统 206 的聚焦位置的、被设置成具有较长波长的测量光束的聚焦位置设置在深度方向(Z 轴方向)上的深位置处。

[0203] 在步骤 S1520,断层图像获取单元 1210 基于所发送的设置信息开始拍摄三维断层图像。注意,在第二实施例中已说明了断层图像获取单元 1210 所生成的三维断层图像,因此将省略对该断层图像的说明。然而,根据本实施例的断层图像摄像设备对基于这三个测量光束中的测量光束 $p2'$ 和 $p3'$ 所生成的 A 扫描信号进行平均化处理。由于该原因,基于测量光束 $p2'$ 和 $p3'$ 生成了一个 B 扫描图像。另一方面,根据基于测量光束 $p1'$ 所生成的 A 扫描信号来生成一个 B 扫描图像。将所生成的 B 扫描图像作为三维断层图像发送给存储单元 130。

[0204] 以这样的方式对基于两个测量光束 $p2'$ 和 $p3'$ 所生成的 A 扫描信号进行平均化处理,这使得可以生成具有高 S/N 比的 B 扫描图像。

[0205] 在步骤 S1530,断层图像选择单元 140 选择基于测量光束(基准测量光束) $p1'$ 所重构的三维断层图像作为基准三维断层图像,并且将选择结果发送给断层图像位置校正单元 150。这使得可以选择脉络膜的对比度高且适于位置偏移校正的三维断层图像作为基准

三维断层图像。

[0206] 在步骤 S1540, 该设备进行构成基准三维断层图像的各个 B 扫描图像之间的位置偏移校正。随后, 该设备基于相对位置关系, 对基于两个测量光束 $p2'$ 和 $p3'$ 所生成的三维断层图像进行位置偏移校正。注意, 由于在第二实施例中已参考图 11 说明了这种位置偏移校正, 因此将省略对该校正的说明。

[0207] 另外, 由于步骤 S1550 和 S1560 中的处理与第二实施例的步骤 S1060 和 S1070 中的处理相同, 因此将省略对该处理的说明。

[0208] 通过上述显而易见, 本实施例被配置成: 除适于拍摄测量对象的测量光束以外, 还分开地照射能够生成适于位置偏移校正的 (包含对于位置偏移校正有效的特征量的) 三维断层图像的、波长较长的测量光束 (基准测量光束)。

[0209] 这使得可以生成适于位置偏移校正的三维断层图像, 并且基于相对位置关系, 通过使用该三维断层图像的位置偏移校正结果来对其它三维断层图像进行位置偏移校正。

[0210] 尽管在本实施例中, 构成测量光束的光束的数量为 3, 但是本发明不局限于 3。可以通过使用包括能够生成适于位置偏移校正的三维断层图像的、波长较长的至少一个测量光束 (基准测量光束) 的任意数量的光束来构成测量光束。

[0211] 本实施例被配置成: 选择基于能够生成适于位置偏移校正的三维断层图像的、波长较长的测量光束 (基准测量光束) 所生成的三维断层图像作为基准三维断层图像。然而, 本发明不局限于此。例如, 本发明可被配置成适当地选择如下两种三维断层图像中更适于位置偏移校正的三维断层图像: 基于适于拍摄测量对象的测量光束所生成的三维断层图像; 以及基于适于位置偏移校正的、波长较长的测量光束 (基准测量光束) 所生成的三维断层图像。

[0212] 该结构对于视网膜层具有白斑等的病变并且基准测量光束无法到达脉络膜的情况尤其有效。图 16 是示出视网膜层具有白斑并且基准测量光束 (波长 = 1050nm) 无法到达脉络膜的情况的图。当基准测量光束无法拍摄脉络膜的三维断层图像时, 即使通过使用基于测量光束所生成的三维断层图像作为基准三维断层图像也无法进行精确的位置偏移校正。

[0213] 如果视网膜层具有诸如白斑等的病变, 则基于适于拍摄测量对象的测量光束 (波长 = 840nm) 所生成的三维断层图像包括对于位置偏移校正有效的特征量。在这种情况下, 选择基于适于拍摄测量对象的测量光束所生成的三维断层图像作为基准三维断层图像, 可以提高位置偏移校正的精度。

[0214] 另外, 本实施例被配置成: 即使测量光束包括具有不同波长的测量光束, 也使用共用参考镜作为用于反射相应参考光束的参考镜。然而, 本发明不局限于此。例如, 本发明可被配置成分开地设置用于反射波长较长的参考光的参考镜。这使得可以将波长较长的测量光束 (基准测量光束) 的相干门的位置设置在比其它测量光束的相干门的位置更深的位置处。更具体地, 可以调整用于反射波长较长的参考光的参考镜的可移动范围, 以使得相干门位于更靠近脉络膜的区域中。

[0215] 在本实施例中, 即使测量光束包括具有不同波长的测量光束, 通过对物光学系统 206 聚光后的各个测量光束的聚焦位置也彼此相同。本发明不局限于此。例如, 本实施例可被配置成: 将波长较长的基准测量光束的聚焦位置设置在远离其它测量光束的聚焦位置的

位置处。

[0216] 图 17 是示出在具有不同波长的测量光束之间聚焦位置如何改变的图。参考图 17, 17a 表示视网膜层, 并且 17b 表示脉络膜。在图 17 的情况下, 将测量光束 p_2'' 的聚焦位置设置在视网膜层, 并且将测量光束 p_1'' 的聚焦位置设置在脉络膜。

[0217] 在聚焦位置处, 测量光束最大程度地实现聚焦, 并且在测量分辨率增大的同时, 对比度也增大。如图 17 的情况一样, 将测量光束 p_1'' 的聚焦位置设置在脉络膜, 这样可以提高脉络膜的 B 扫描图像的分辨率和对比度。结果, 可以以更高精度对断层图像进行位置偏移校正。

[0218] 第五实施例

[0219] 第二实施例被配置成: 在不同区域上扫描多个测量光束以构成不同的三维断层图像。然而, 本发明不局限于此。例如, 本发明被配置成: 将相互协作进行扫描的多个测量光束排列成副扫描方向的第一阵列和第二阵列, 并使第二阵列中所排列的测量光束前次照射的副扫描位置与第一阵列中所排列的测量光束当前照射的副扫描位置一致。然后, 该设备获取第二阵列中的测量光束在前次副扫描位置处所生成的 B 扫描图像和第一阵列中的测量光束在当前副扫描位置处所生成的 B 扫描图像。这使得可以基于这些 B 扫描图像 (基于在相同位置且不同时刻所照射的测量光束所生成的 B 扫描图像), 进行位置偏移校正。

[0220] 下面将详细说明本实施例。注意, 由于根据本实施例的断层图像摄像设备的基本结构与第二实施例的基本结构相同, 因此将省略对该基本结构的说明。然而, 注意, 由于断层图像获取单元 700 的扫描光学系统 203 的详细结构与第二实施例中的详细结构不同, 因此下面将说明扫描光学系统 203。

[0221] 图 18 是示出从根据本实施例的断层图像摄像设备中的扫描光学系统 203 出射的测量光束的排列的图。如图 18 的 18a 所示, 在根据本实施例的断层图像摄像设备中, 测量光束 B_m 由四个测量光束构成。如图 18 的 18b 所示, 在这四个测量光束中, 在主扫描方向上水平排列测量光束 $p_1 \sim p_3$ (第二测量光束), 并且测量光束 p_4 (第一测量光束) 在副扫描方向上相对于测量光束 $p_1 \sim p_3$ 存在偏移。

[0222] 图 19 是示出以上述方式进行排列的测量光束 $p_1 \sim p_4$ 在主扫描方向和副扫描方向上如何进行扫描的图。在图 19 的 19a 中, 附图标记 1900 表示眼底视网膜 RT 上的摄像区域, 并且测量光束 $p_1 \sim p_4$ 在摄像区域 1900 中进行扫描。附图标记 W 表示摄像区域 1900 中 A 扫描信号在 X 轴方向 (主扫描方向) 上的数量; 附图标记 D 表示 B 扫描图像在 Y 轴方向 (副扫描方向) 上的数量; 并且附图标记 s 表示测量光束 $p_1 \sim p_3$ 的照射位置与测量光束 p_4 的照射位置之间的偏移量 (副扫描方向上的偏移量)。

[0223] 如图 19 的 19a 所示, 测量光束 $p_1 \sim p_4$ 在主扫描方向上进行扫描, 由此基于各个测量光束在 X 轴方向 (主扫描方向) 上生成 W 个 A 扫描信号。

[0224] 由于测量光束 $p_1 \sim p_3$ 水平排列, 因此当这些测量光束在主扫描方向上进行扫描时, 这些测量光束以预定时滞相同位置处进行扫描。由于该原因, 对测量光束在相同位置处进行扫描时所获得的 A 扫描信号进行平均化处理, 以降低噪声。这使得可以基于测量值 $p_1 \sim p_3$ 生成具有高图像质量和高 S/N 比的 B 扫描图像 (第二生成部件)。在这种情况下, 将以该方式所生成的图像质量高的 B 扫描图像称为 HB(py)。注意, py 表示眼底视网膜上的副扫描方向的扫描位置。

[0225] 另一方面,由于测量光束 p_4 在副扫描方向上相对于测量光束 $p_1 \sim p_3$ 存在偏移,因此不可以对测量光束 p_1 和其它测量光束所生成的 A 扫描信号进行平均化处理。由于该原因,基于测量光束 p_4 所生成的 B 扫描图像是图像质量低的 B 扫描图像(第一生成部件)。注意,将这种 B 扫描图像称为 $LB(py)$ 。

[0226] 图 19 的 19b 示出图 19 的 19a 所示的测量光束 $p_1 \sim p_4$ 在完成主扫描方向上的扫描之后如何在副扫描方向上移动。

[0227] 如图 19 的 19b 所示,测量光束 $p_1 \sim p_4$ 在副扫描方向上的移动量是 s 。也就是说,主扫描方向上的当前扫描操作中的测量光束 p_4 在测量光束 $p_1 \sim p_3$ 在主扫描方向上的前次扫描操作中进行了扫描的副扫描位置进行扫描。结果, $LB(py+s)$ 和 $HB(py)$ 是在副扫描方向上处于相同位置处的 B 扫描图像。

[0228] 以该方式设置副扫描方向上的移动量 s ,由此可以通过使用 B 扫描图像 $LB(py+s)$ 和 B 扫描图像 $HB(py)$ 来对 B 扫描图像 $HB(py+s)$ 进行位置偏移校正。

[0229] 通过上述说明显而易见,根据本实施例的断层图像摄像设备被配置成:将多个测量光束在副扫描方向上排列成多个阵列。另外,本实施例被配置成:使测量光束在副扫描方向上的照射位置之间的偏移量大致等于副扫描方向上的移动量。

[0230] 这使得可以将第 m 个阵列(m 为等于或大于 1 的整数)中的测量光束在前次副扫描位置处所生成的 B 扫描图像与第 $(m-1)$ 个阵列中的测量光束在当前副扫描位置处所生成的 B 扫描图像进行比较。可以通过使用基于 B 扫描图像之间的比较所计算出的位置校正值,对第 m 个阵列中的测量光束在当前副扫描位置处所生成的 B 扫描图像进行位置偏移校正。

[0231] 这使得可以精确地校正三维断层图像的多个 B 扫描图像之间的位置偏移。

[0232] 第六实施例

[0233] 上述第五实施例被配置成:通过使用基于前次副扫描位置处的 B 扫描图像和当前副扫描位置处的 B 扫描图像所计算出的位置校正值来对 B 扫描图像进行位置偏移校正。然而,本发明不局限于此。例如,本发明可被配置成:通过使用所计算出的位置校正值来控制当前副扫描位置处的测量光束的扫描速度和扫描位置。下面将详细说明本实施例。

[0234] 1. 断层图像摄像设备的结构

[0235] 图 20 是示出根据本发明第六实施例的断层图像摄像设备 2000 的整体结构的框图。如图 20 所示,断层图像摄像设备 2000 包括断层图像获取单元 1210、断层图像分析单元 120、存储单元 130、断层图像选择单元 140、断层图像位置校正单元 150、断层图像输出单元 160 和断层图像获取控制单元 2080。

[0236] 注意,由于在第四实施例中已参考图 13 详细说明了断层图像获取单元 1210,因此将省略对该单元的详细说明。断层图像获取控制单元 2080 基于断层图像位置校正单元 150 所计算出的位置校正值,控制从断层图像获取单元 1210 出射的各测量光束的扫描速度和扫描位置。

[0237] 2. 断层成像 / 扫描控制处理的说明

[0238] 接着将说明根据本实施例的断层图像摄像设备 2000 中的断层成像 / 扫描控制处理的过程。图 21 是示出根据本实施例的断层图像摄像设备 2000 中的断层成像 / 扫描控制处理的过程的流程图。

[0239] 如图 21 所示,当开始断层成像 / 扫描控制处理时,在步骤 S2110,断层图像摄像设

备获取操作者经由键盘和鼠标等（未示出）所输入的各种类型的设置信息。该设备将该信息发送给断层图像获取单元 1210。注意，由于在第一实施例和第二实施例中已详细说明了该设置信息，因此将省略对该信息的说明。

[0240] 在步骤 S2120，断层图像获取单元 1210 基于所发送的设置信息开始拍摄三维断层图像。断层图像获取控制单元 2080 向扫描器控制单元 204 输出用以使检电镜 205 在主扫描方向上扫描测量光束的指示。

[0241] 断层图像获取控制单元 2080 从信号处理单元 210 接收基于测量光束所生成的 B 扫描图像。注意，主扫描方向上的第一次扫描操作生成了 B 扫描图像 HB(py) 和 LB(py-s)。注意，py 表示眼底视网膜上的副扫描方向的扫描位置。另外，s 表示副扫描方向上的移动量（=第一阵列中的测量光束和第二阵列中的测量光束的照射位置之间的偏移量）。

[0242] 在步骤 S2130，断层图像获取单元 1210 对用于在副扫描方向上扫描测量光束的检电镜 205 进行控制，以改变测量光束的第 n 个（n 为等于或大于 1 的整数）副扫描位置。在第 n 个副扫描位置处沿着主扫描方向扫描测量光束，将生成 B 扫描图像 HB(py+n×s) 和 LB(py+(n-1)×s)。

[0243] 在步骤 S2140，断层图像分析单元 120 获取沿着主扫描方向的扫描期间所生成的 B 扫描图像 LB(py+(n-1)×s)。然后，断层图像分析单元 120 将该 B 扫描图像与在先前的第 (n-1) 个副扫描位置处沿着主扫描方向进行扫描时所生成的 B 扫描图像 HB(py+(n-1)×s) 进行比较。利用该操作，断层图像位置校正单元 150 计算位置校正值。另外，断层图像分析单元 120 基于断层图像位置校正单元 150 所计算出的位置校正值，来改变主扫描方向上的当前扫描操作中的扫描位置和扫描速度。注意，下面将详细说明步骤 S2140 中的断层图像获取 / 扫描控制处理。

[0244] 在步骤 S2150，该设备判断在第 (n+1) 个副扫描位置处是否要进行主扫描方向上的扫描。如果该设备在步骤 S2150 判断为在第 (n+1) 个副扫描位置处要进行主扫描方向上的扫描，则处理返回到步骤 S2130，同时将 n 的值增大 1。如果该设备在步骤 S2150 判断为在第 (n+1) 个副扫描位置处不进行主扫描方向上的扫描，则处理进入步骤 S2160。

[0245] 在步骤 S2160，存储单元 130 存储基于经过了扫描控制的测量光束所生成的三维断层图像。在步骤 S2170，断层图像摄像设备 2000 判断是否接收到用于结束断层成像 / 扫描控制处理的指示。假定操作者经由键盘或鼠标（未示出）输入了用于结束断层成像 / 扫描控制处理的指示。如果该设备在步骤 S2170 判断为接收到用于结束断层成像 / 扫描控制处理的指示，则该设备终止断层成像 / 扫描控制处理。如果该设备判断为没有接收到用于结束断层成像 / 扫描控制处理的指示，则处理返回到步骤 S2110，以对下一被摄体的眼底视网膜执行断层成像 / 扫描控制处理（或者对同一被摄体的眼底视网膜再次执行断层成像 / 扫描控制处理）。

[0246] 3. 断层图像获取 / 扫描控制处理的说明

[0247] 接着将参考图 22 和 23 来说明断层图像获取 / 扫描控制处理的过程（步骤 S2140）。图 22 是示出断层图像获取 / 扫描控制处理的过程的流程图。图 23 是示出第 (n-1) 个副扫描位置处所生成的 B 扫描图像 HB(py+(n-1)×s) 以及正在第 n 个副扫描位置处生成的 B 扫描图像 LB(py+(n-1)×s) 的图。

[0248] 在步骤 S2210，该设备获取测量光束 p4 所生成的并从信号处理单元 210 所获取到

的 A 扫描信号 LA、即 B 扫描图像 LB($py+(n-1) \times s$) 的 A 扫描信号 LA。参考图 23, 附图标记 2320 表示 B 扫描图像 LB($py+(n-1) \times s$), 并且附图标记 2330 表示相应的 A 扫描信号 LA。

[0249] 在步骤 S2220, 断层图像位置校正单元 150 将步骤 S2210 所获取的 A 扫描信号 LA 与第 $(n-1)$ 个副扫描位置处所生成的 B 扫描图像 HB($py+(n-1) \times s$) 中的 A 扫描信号 2340 进行比较。然后, 断层图像位置校正单元 150 在 A 扫描信号 2340 中搜索与 A 扫描信号 LA 2330 最类似的 A 扫描信号 LA'。

[0250] 参考图 23, A 扫描信号 2330 是与 A 扫描信号 LA 2330 最类似的 A 扫描信号 LA'。在这种情况下, 基于视网膜上的测量光束 p4 与 A 扫描信号 LA' 一致这一估计, 断层图像位置校正单元 150 计算测量光束 p4 的位置校正值。

[0251] 在步骤 S2230, 断层图像位置校正单元 150 将步骤 S2230 计算出的位置校正值传送给断层图像获取控制单元 2080。断层图像获取控制单元 2080 基于位置校正值来控制扫描器控制单元 204, 以降低测量光束 p4 的位置偏移。这样控制了测量光束 p1 ~ p4 的扫描速度和扫描位置。

[0252] 通过上述说明显而易见, 根据本实施例的断层图像摄像设备被配置成: 将多个测量光束在副扫描方向上排列成多个阵列。该设备还被配置成: 使测量光束在副扫描方向上的照射位置之间的偏移量大致等于副扫描方向上的移动量。该设备进一步被配置成: 基于第 m 个阵列中的测量光在前次副扫描位置处所生成的 B 扫描图像和第 $(m-1)$ 个阵列中的测量光正在当前副扫描位置处生成的 A 扫描信号来计算位置校正值。然后, 该设备基于所计算出的位置校正值, 控制正在当前副扫描位置处进行扫描的测量光束的扫描速度和扫描位置。

[0253] 结果, 可以在摄像期间精确地校正三维断层图像中的多个断层图像之间的位置偏移。

[0254] 其它实施例

[0255] 还可以通过读出并执行记录在存储器装置上的程序以进行上述实施例的功能的系统或设备的计算机 (或者 CPU 或 MPU 等装置) 和通过下面的方法来实现本发明的各方面, 其中, 系统或设备的计算机通过例如读出并执行记录在存储器装置上的程序以进行上述实施例的功能来进行上述方法的各步骤。由于该目的, 例如通过网络或者通过用作存储器装置的各种类型的记录介质 (例如, 计算机可读介质) 将该程序提供给计算机。

[0256] 尽管已经参考典型实施例说明了本发明, 但是应该理解, 本发明不局限于所公开的典型实施例。所附权利要求书的范围符合最宽的解释, 以包含所有这类修改、等同结构和功能。

[0257] 本申请要求 2009 年 7 月 13 日提交的日本专利申请 2009-165053 的优先权, 其全部内容通过引用包含于此。

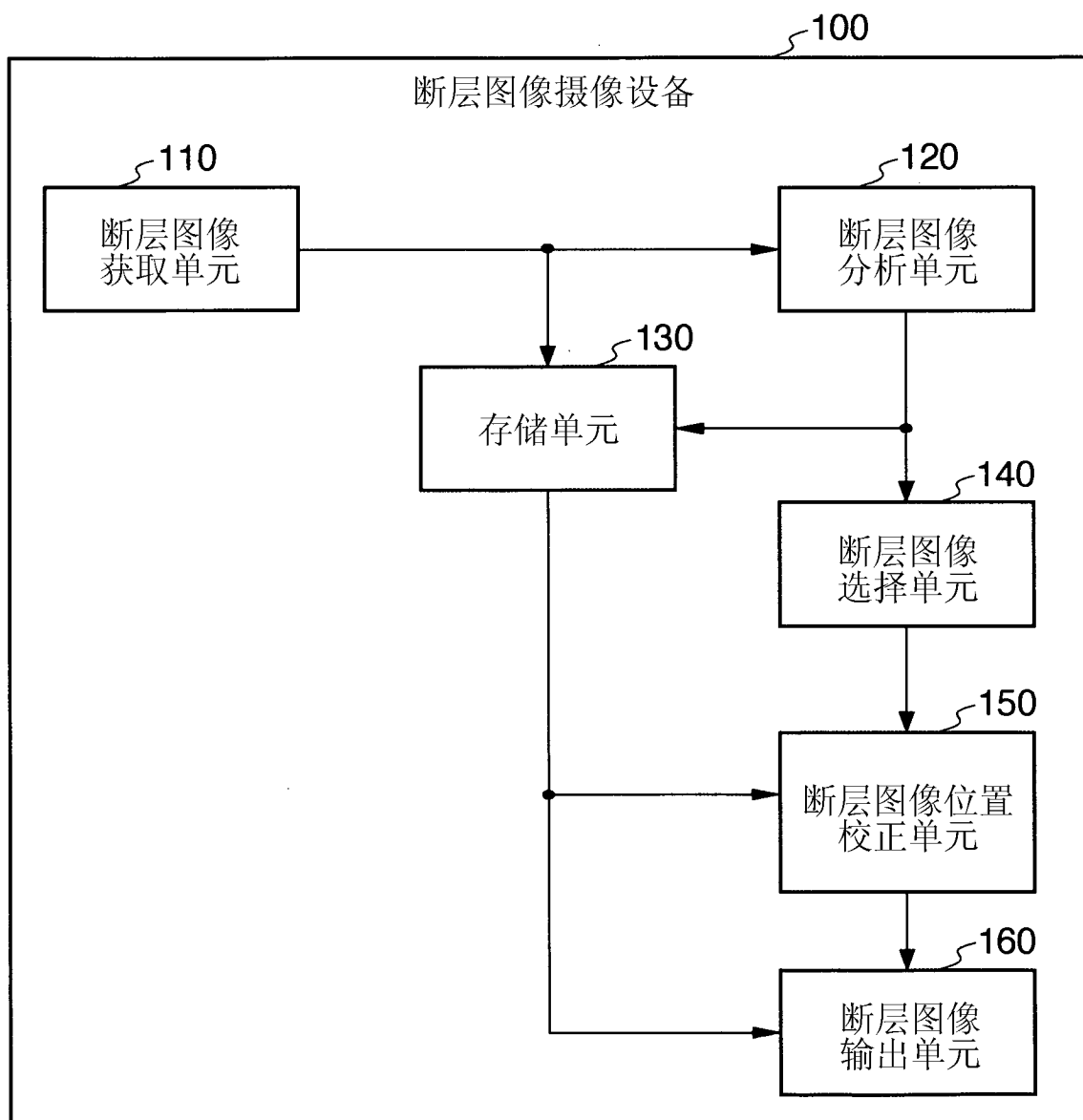


图 1

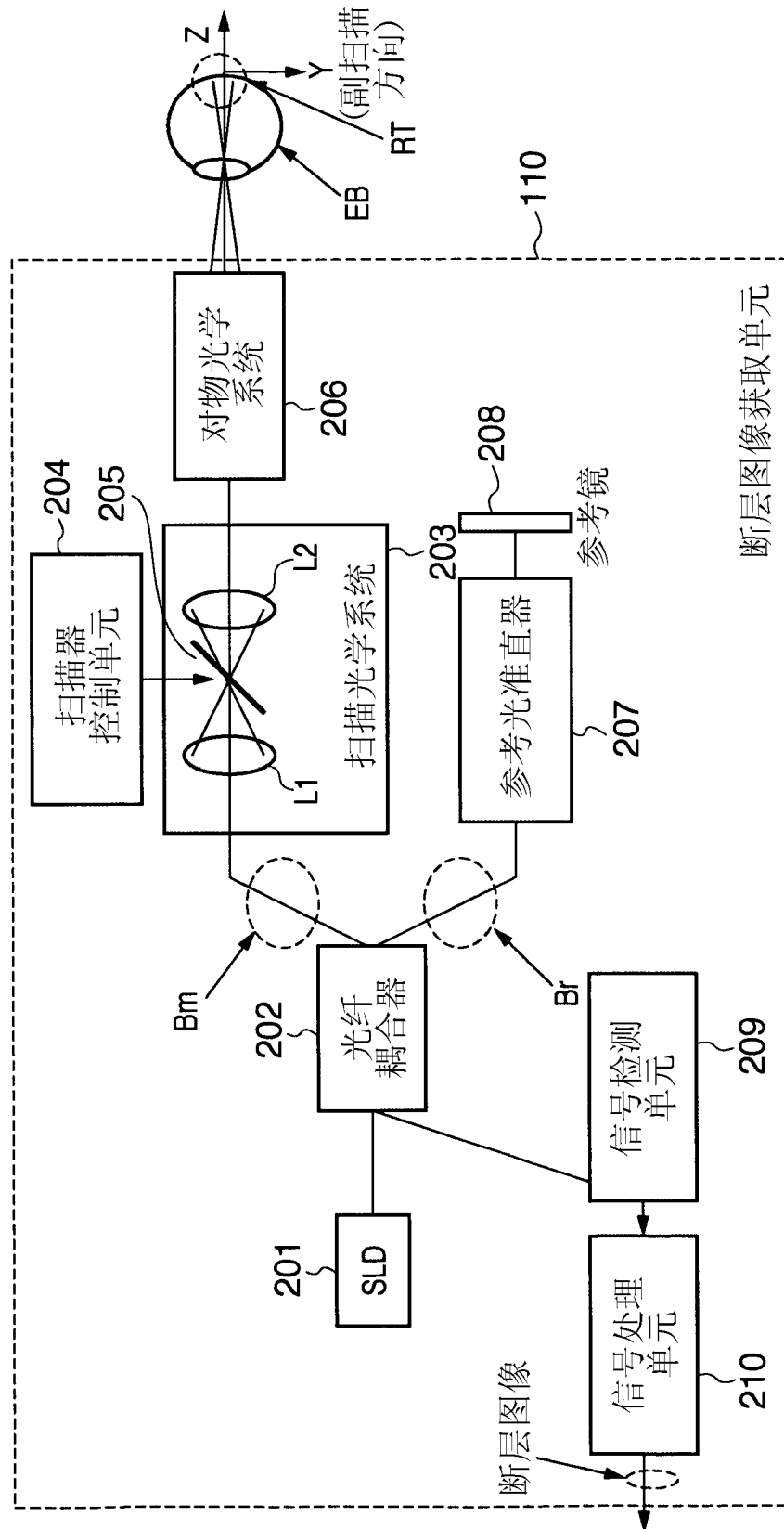


图 2

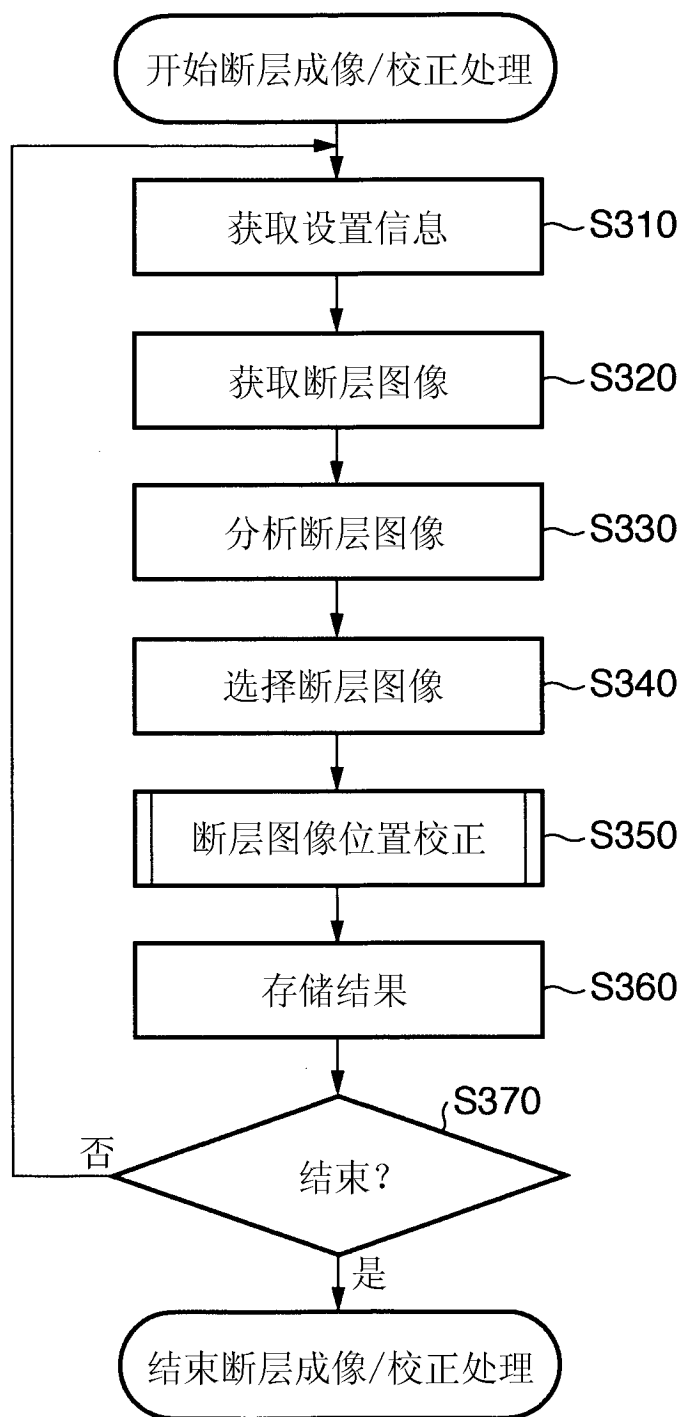


图 3

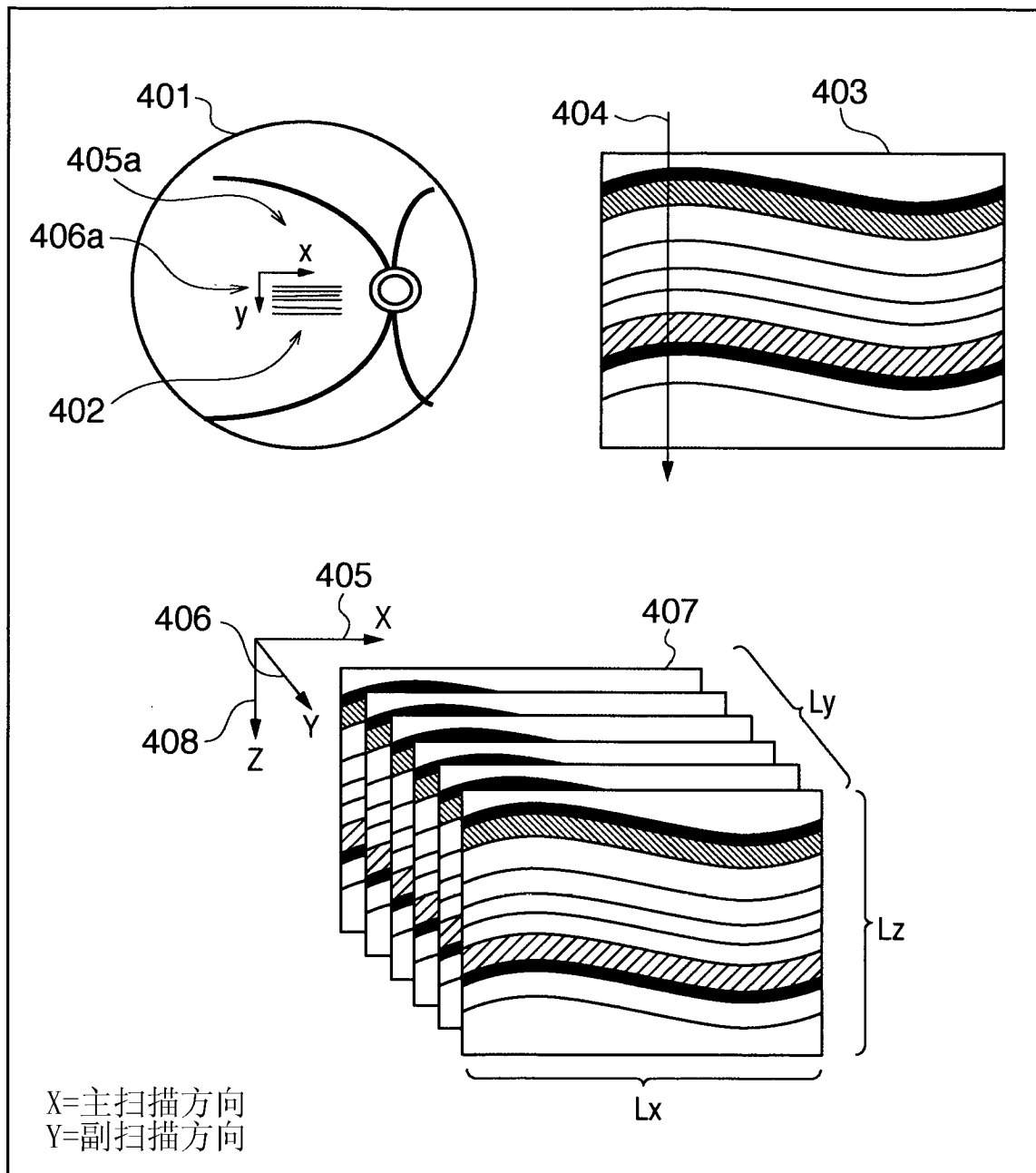


图 4

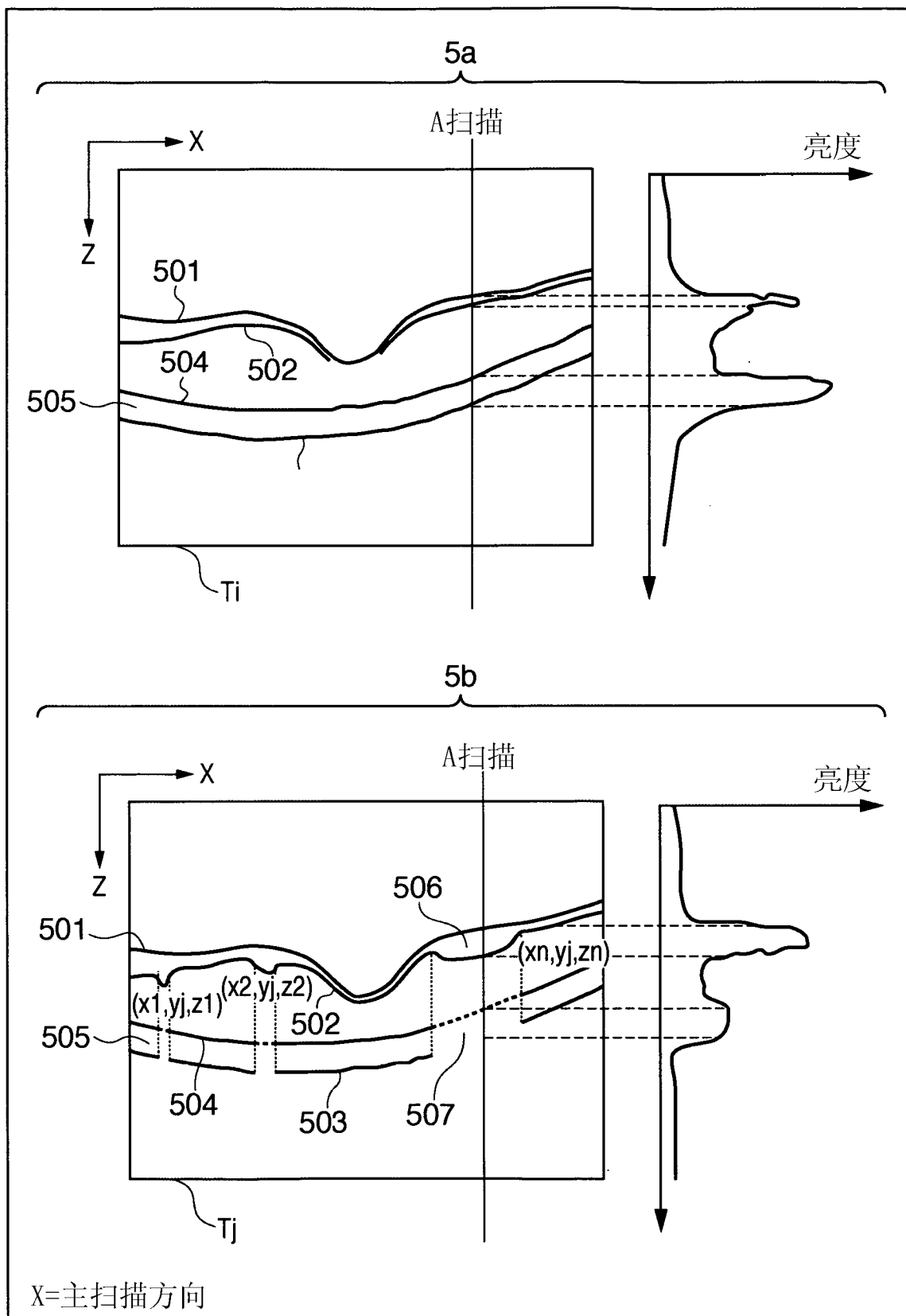


图 5

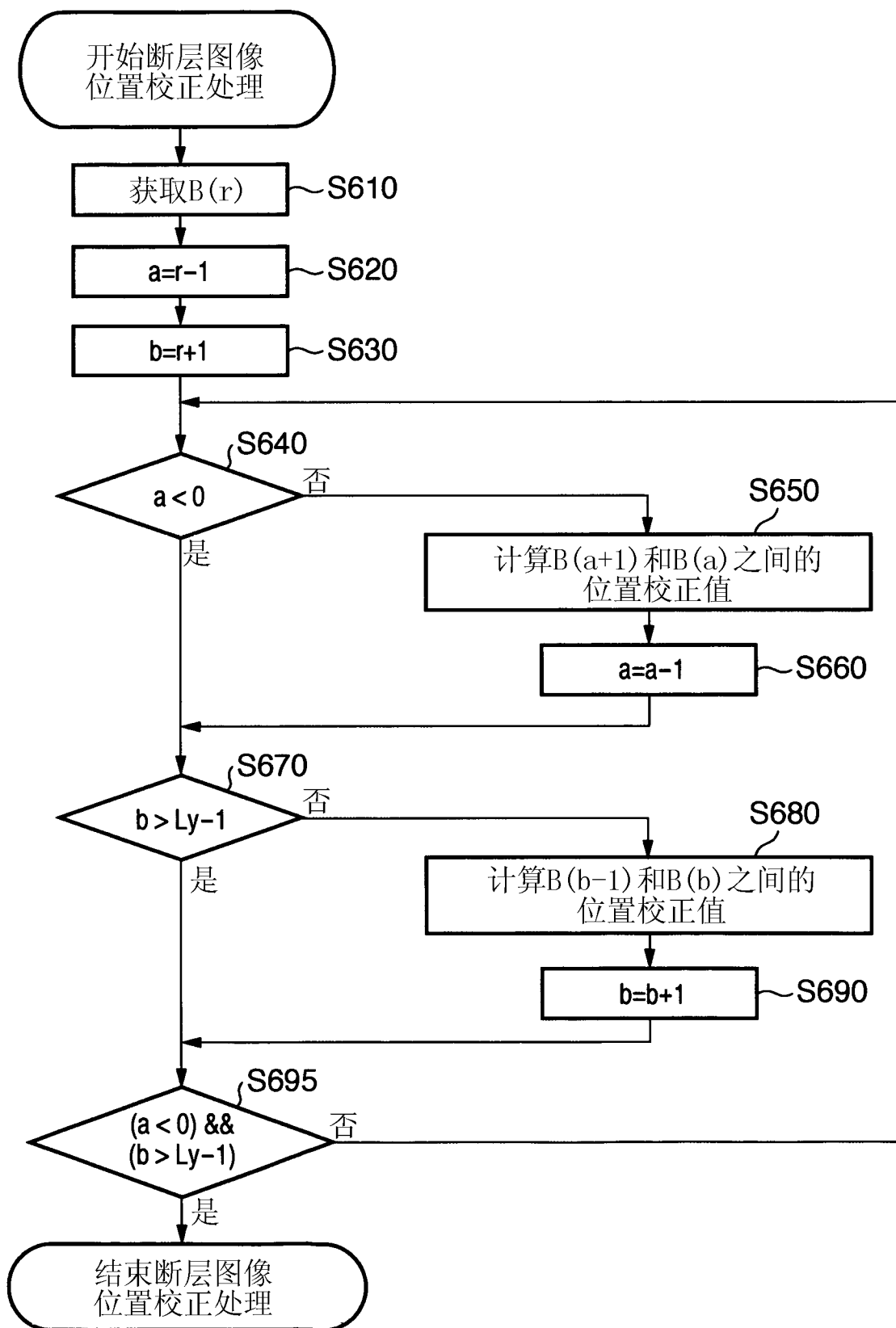


图 6

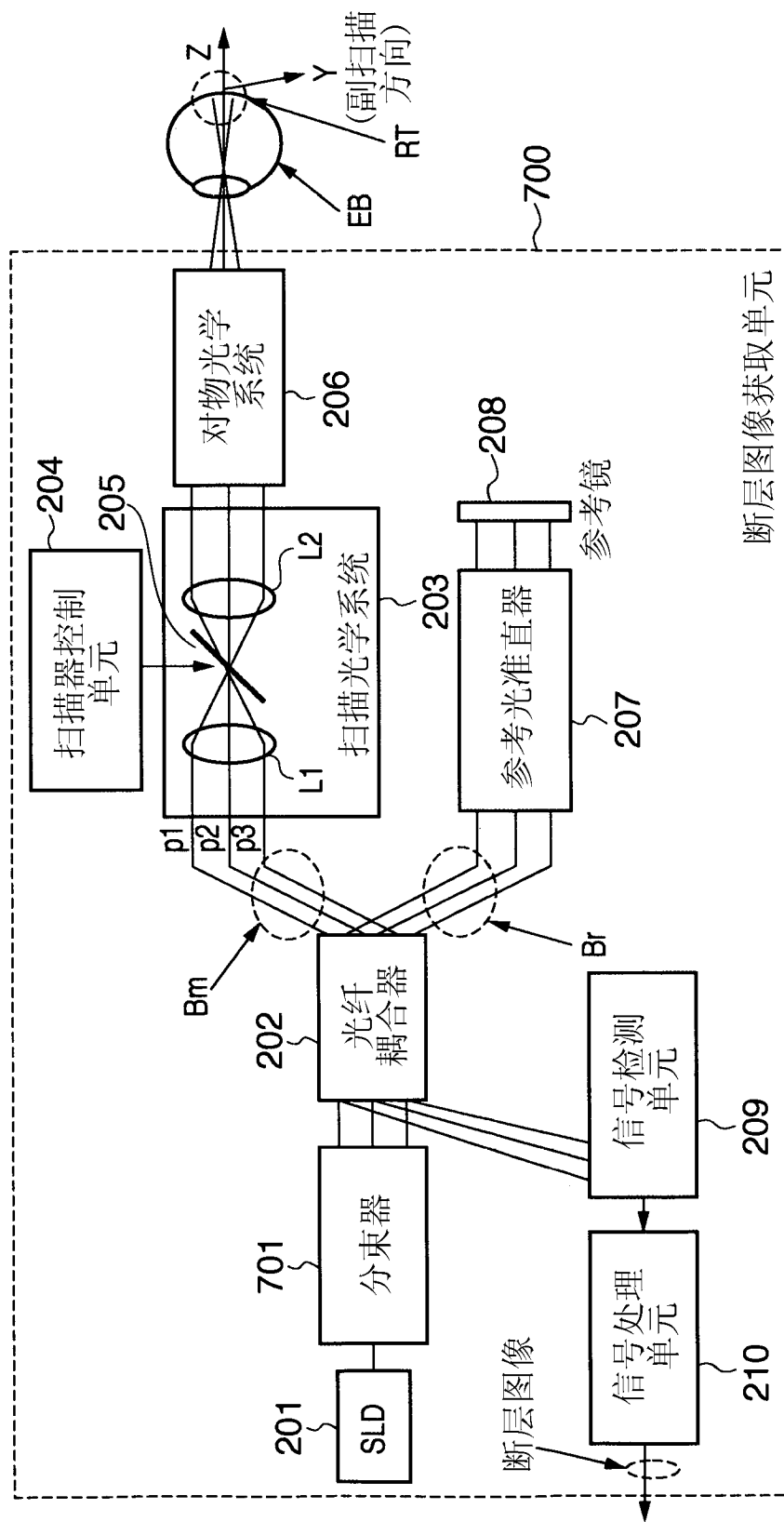


图 7

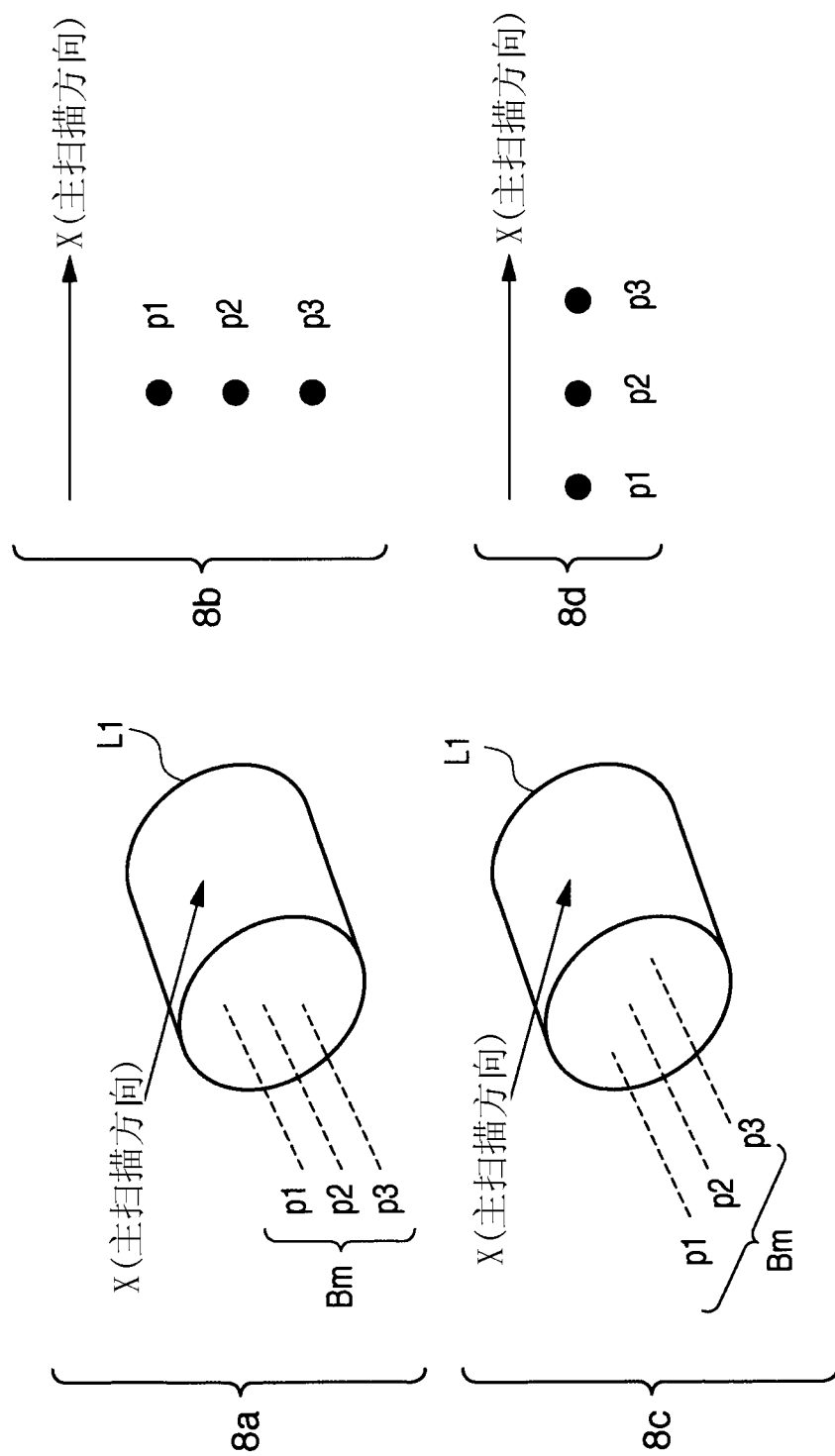


图 8

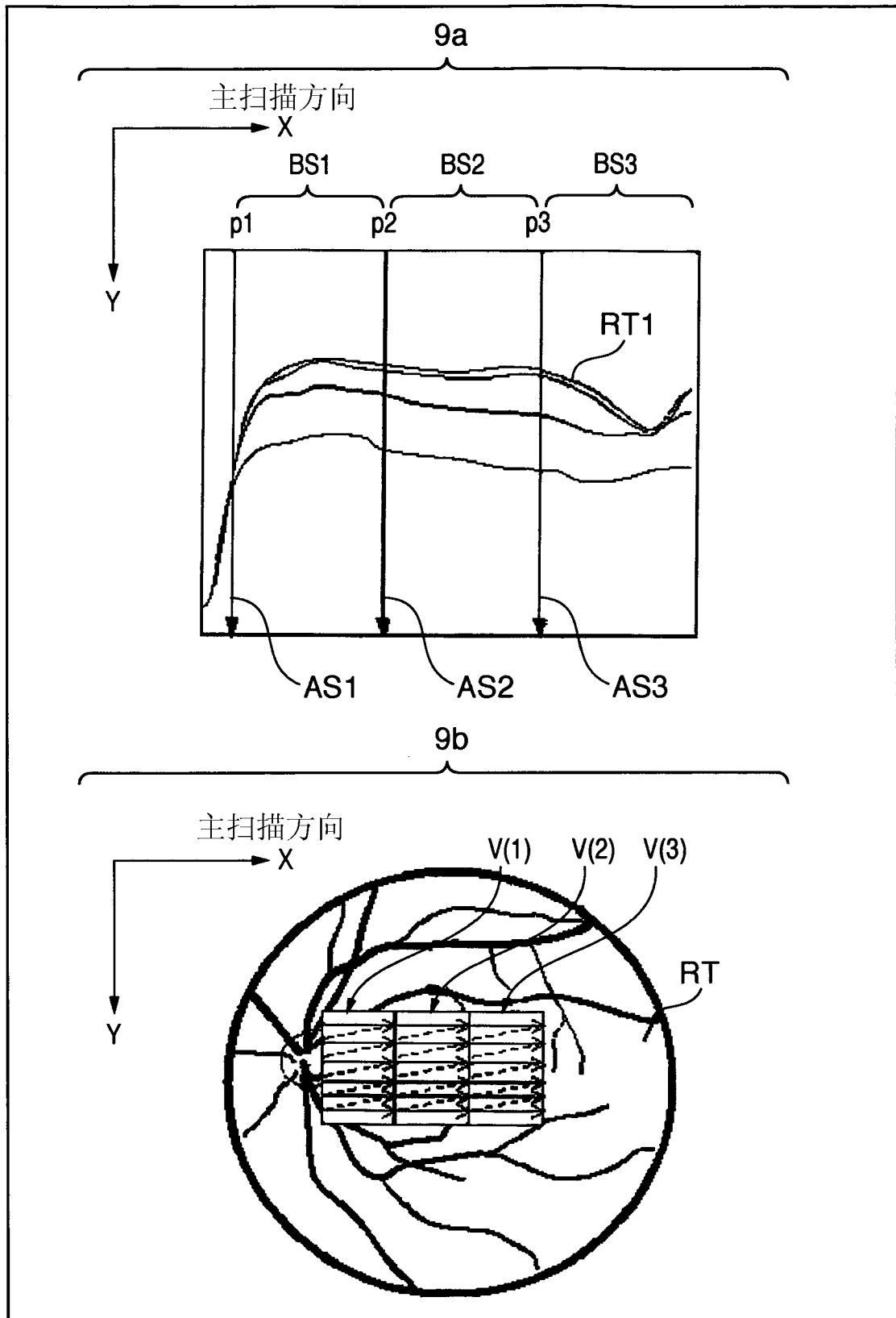


图 9

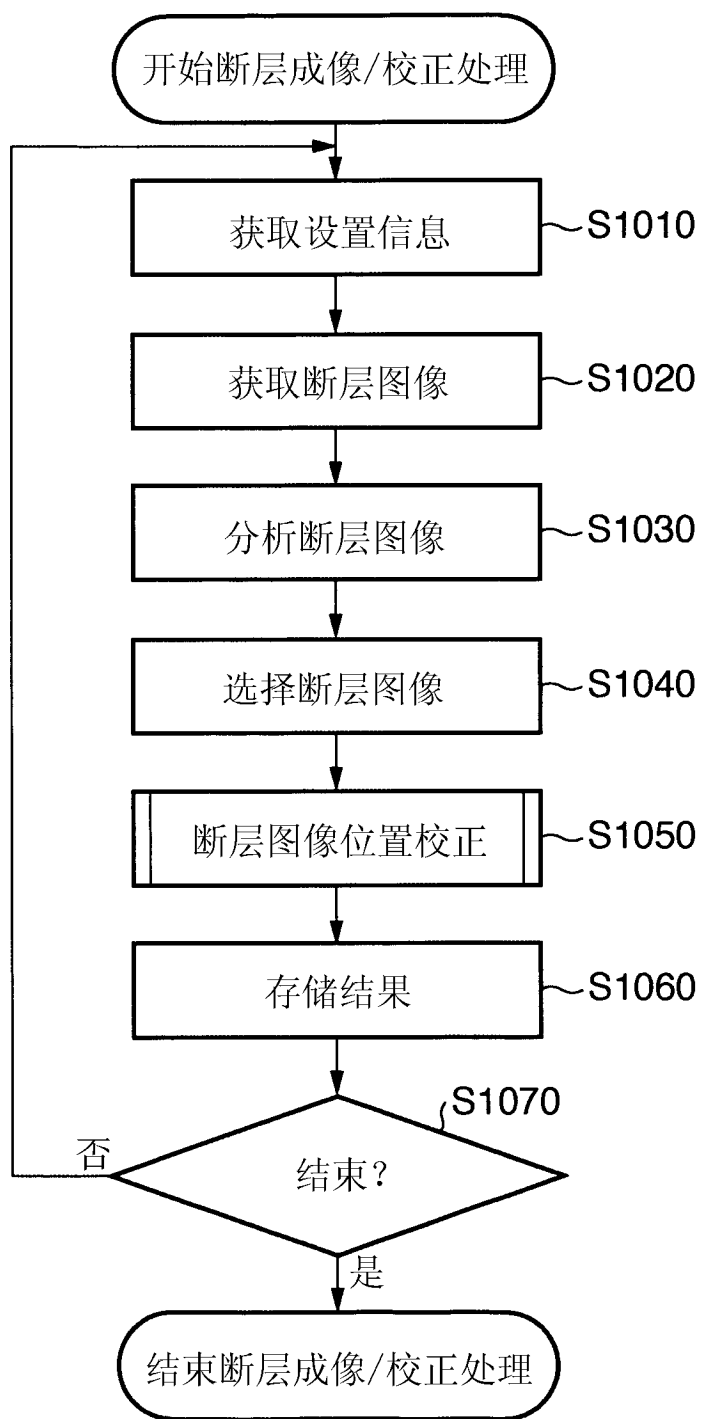


图 10

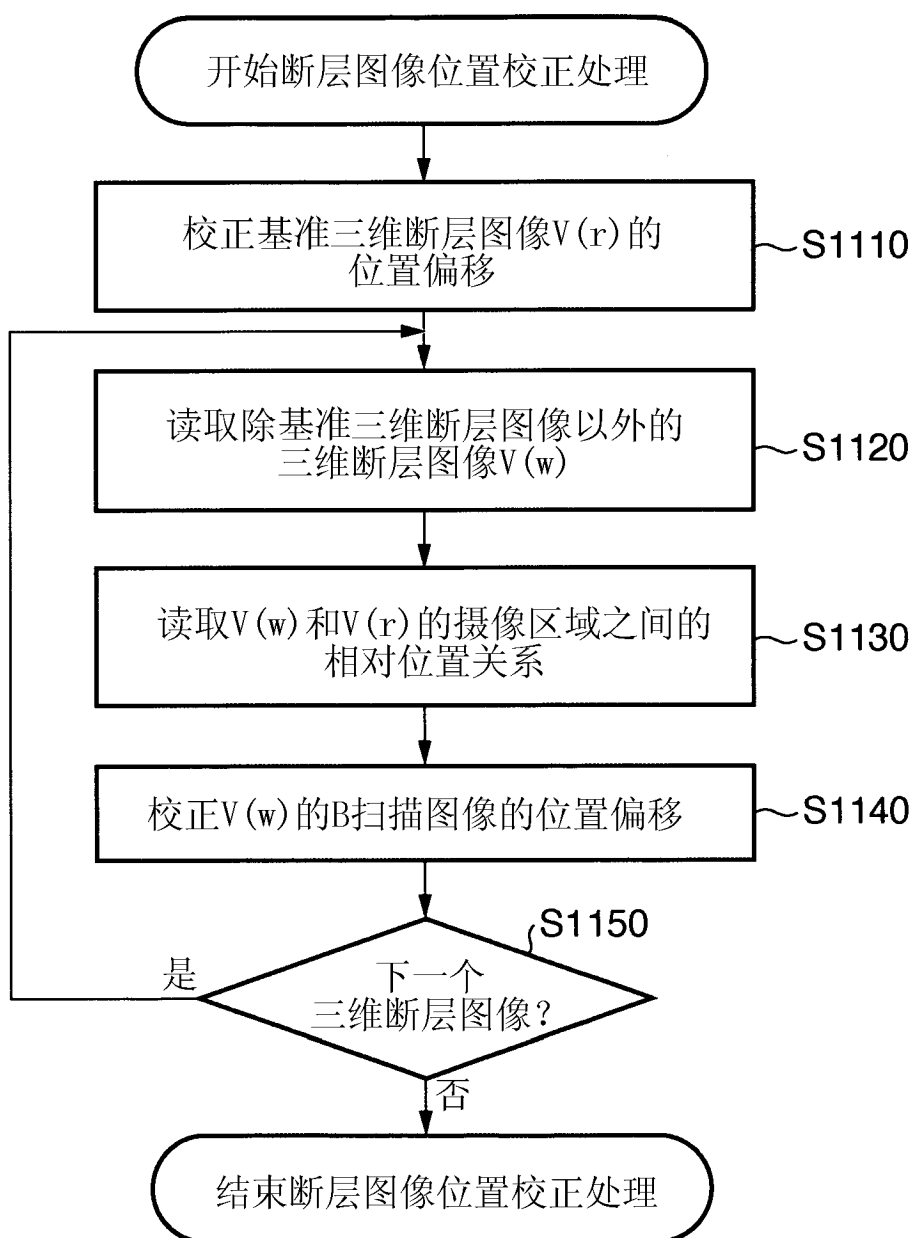


图 11

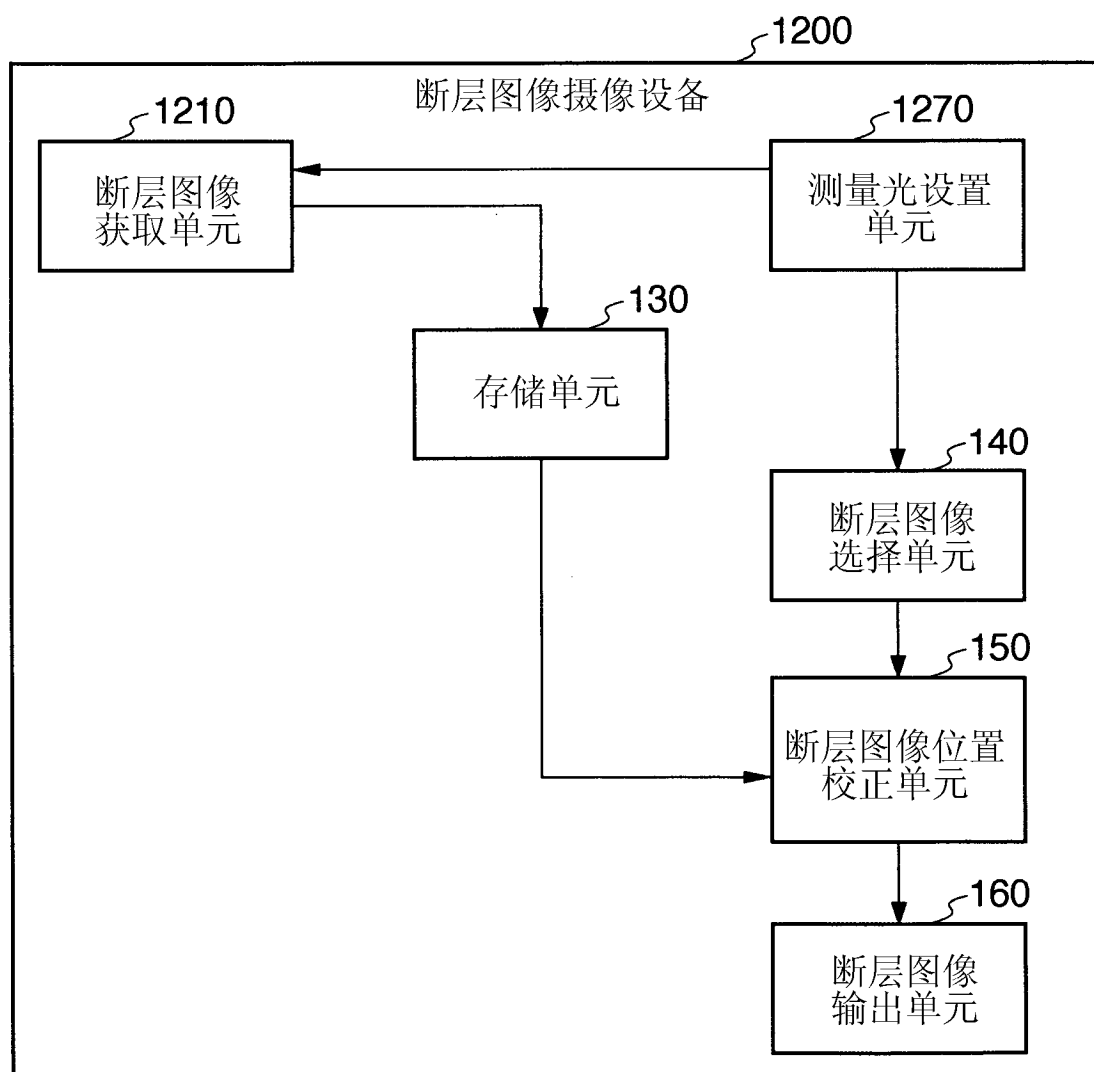


图 12

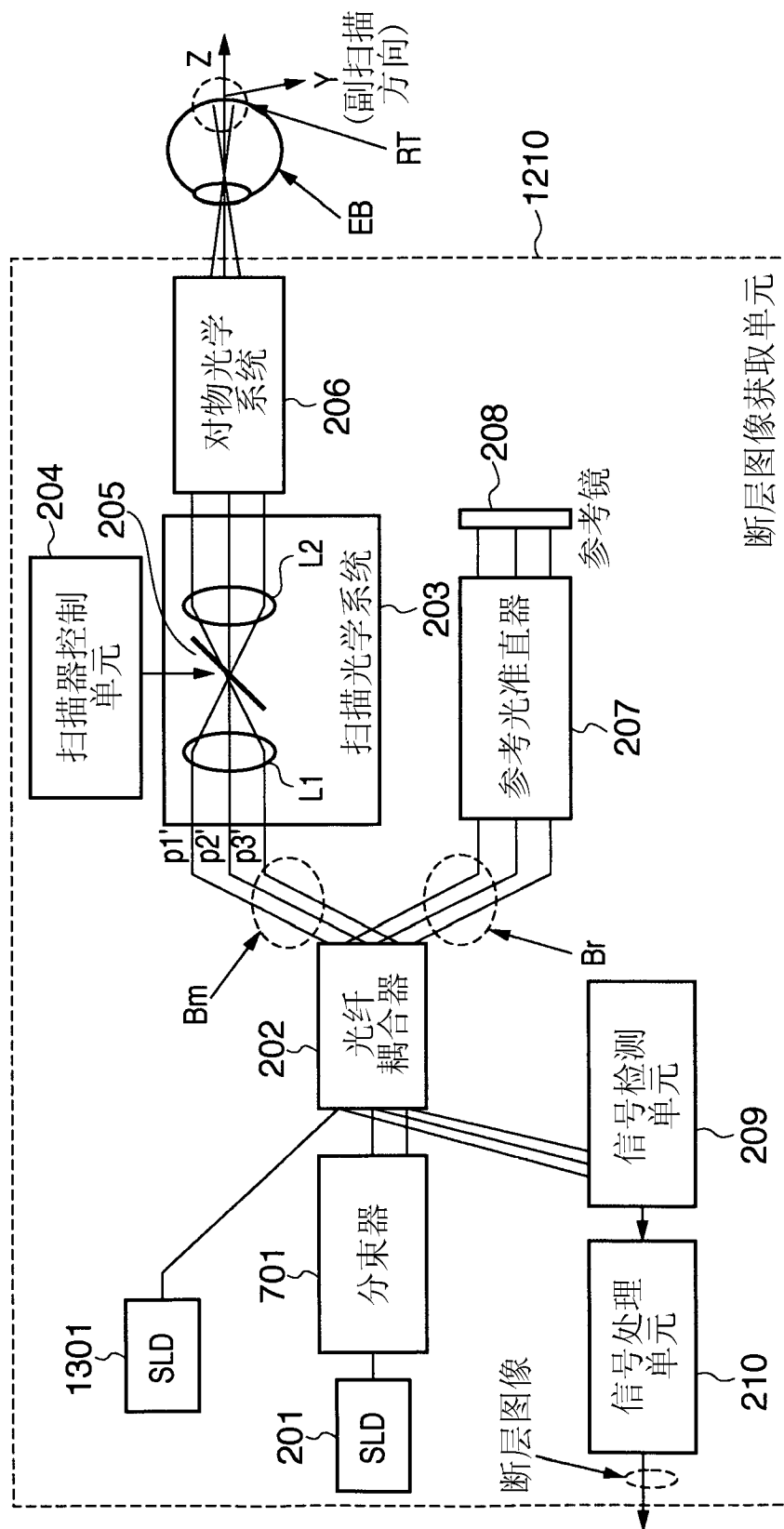


图 13

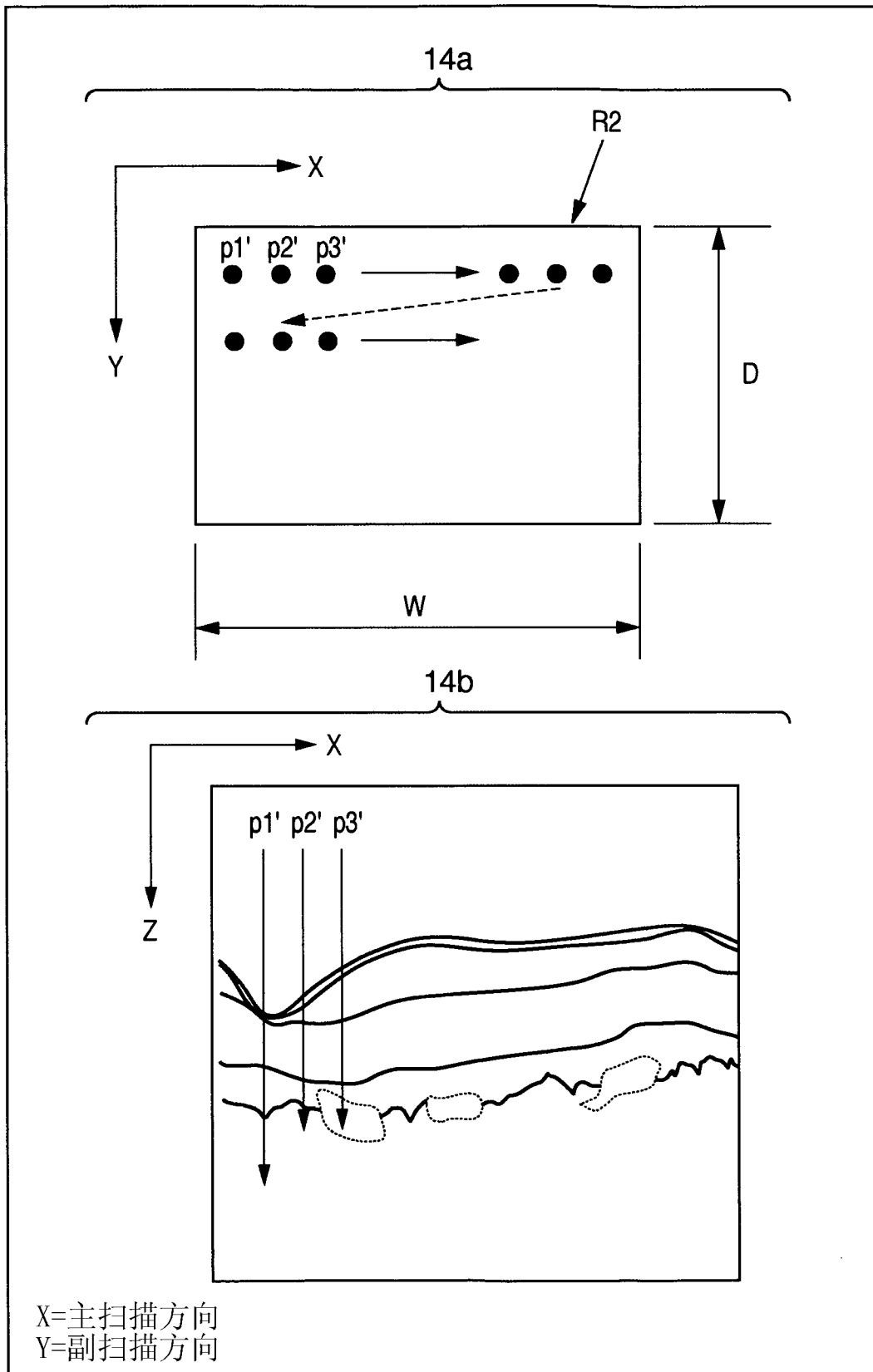


图 14

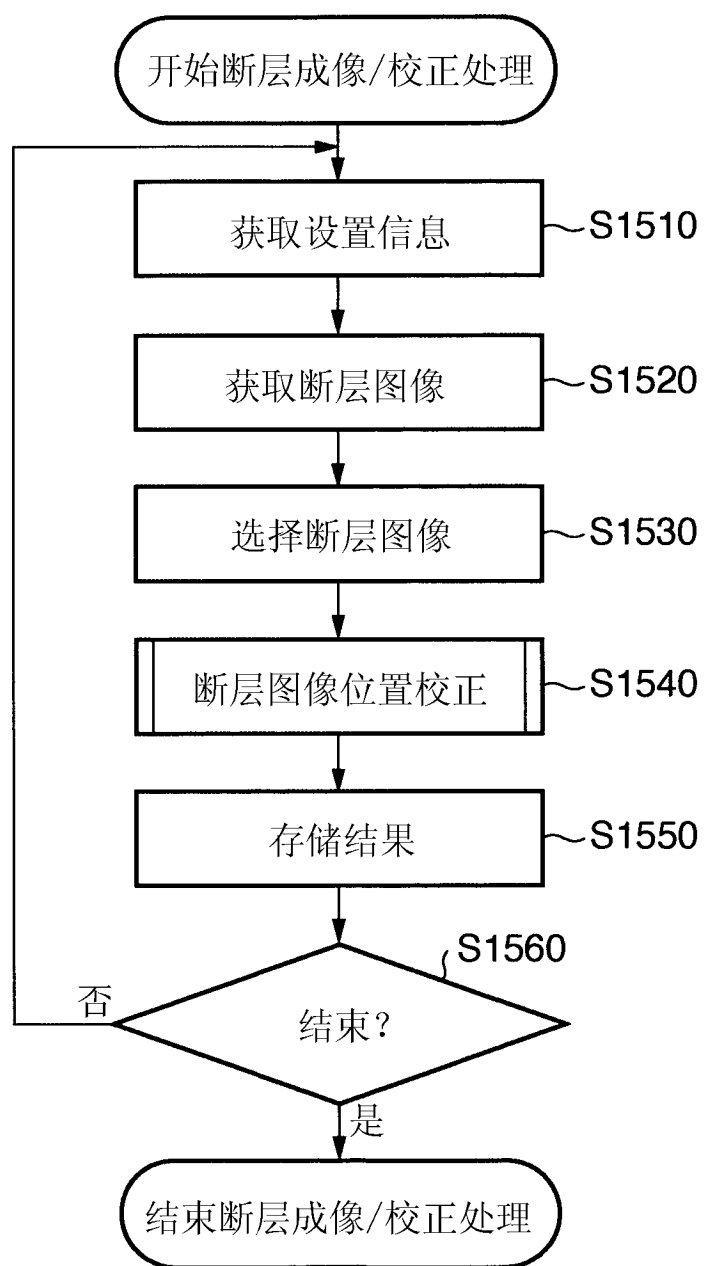


图 15

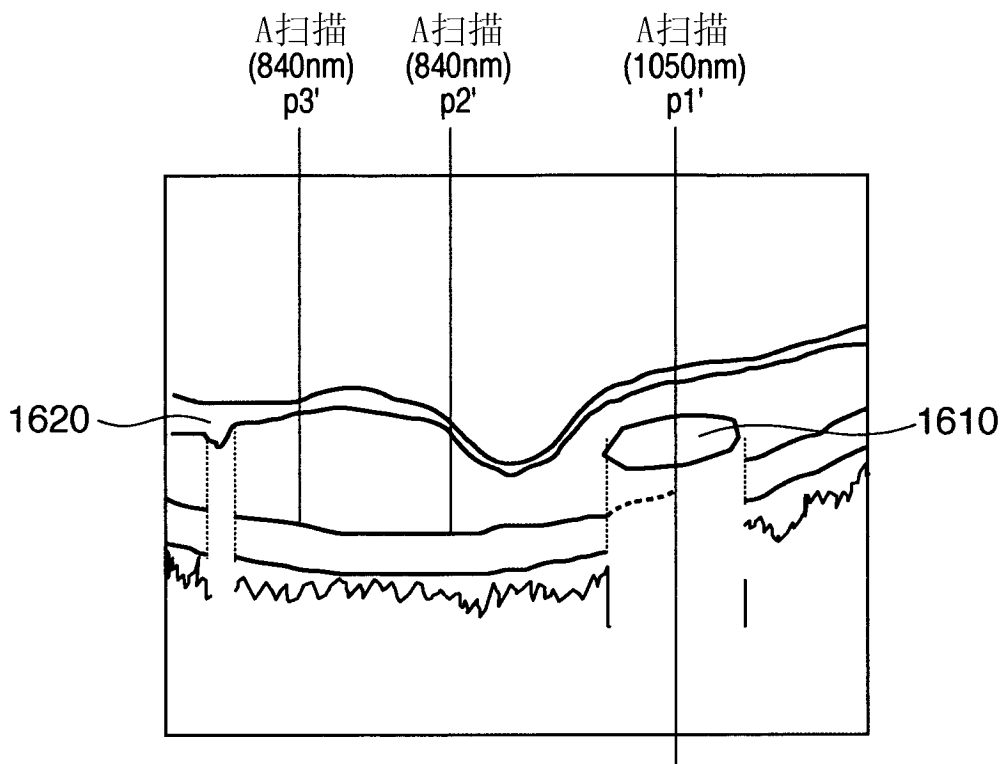


图 16

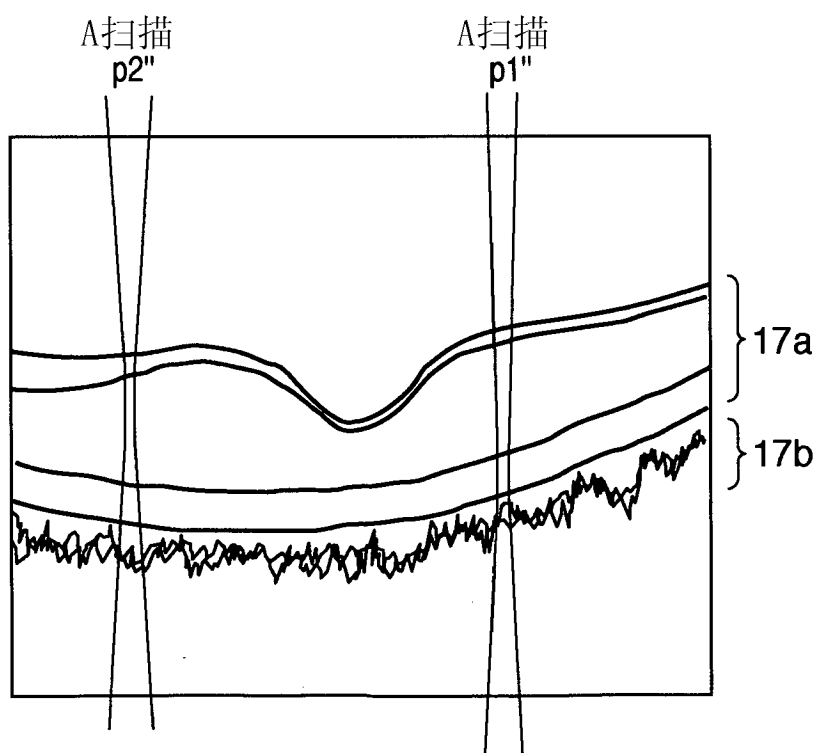


图 17

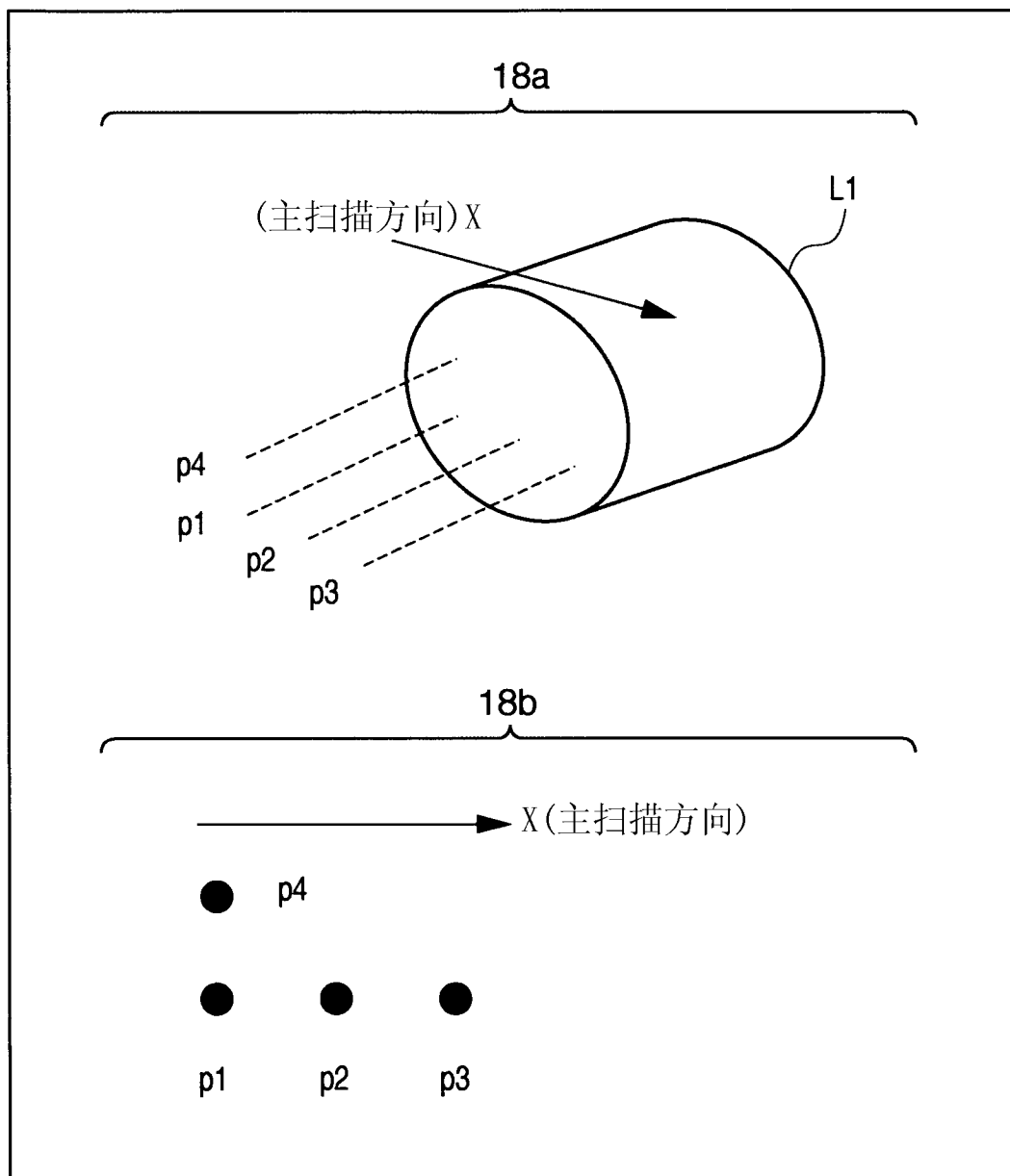


图 18

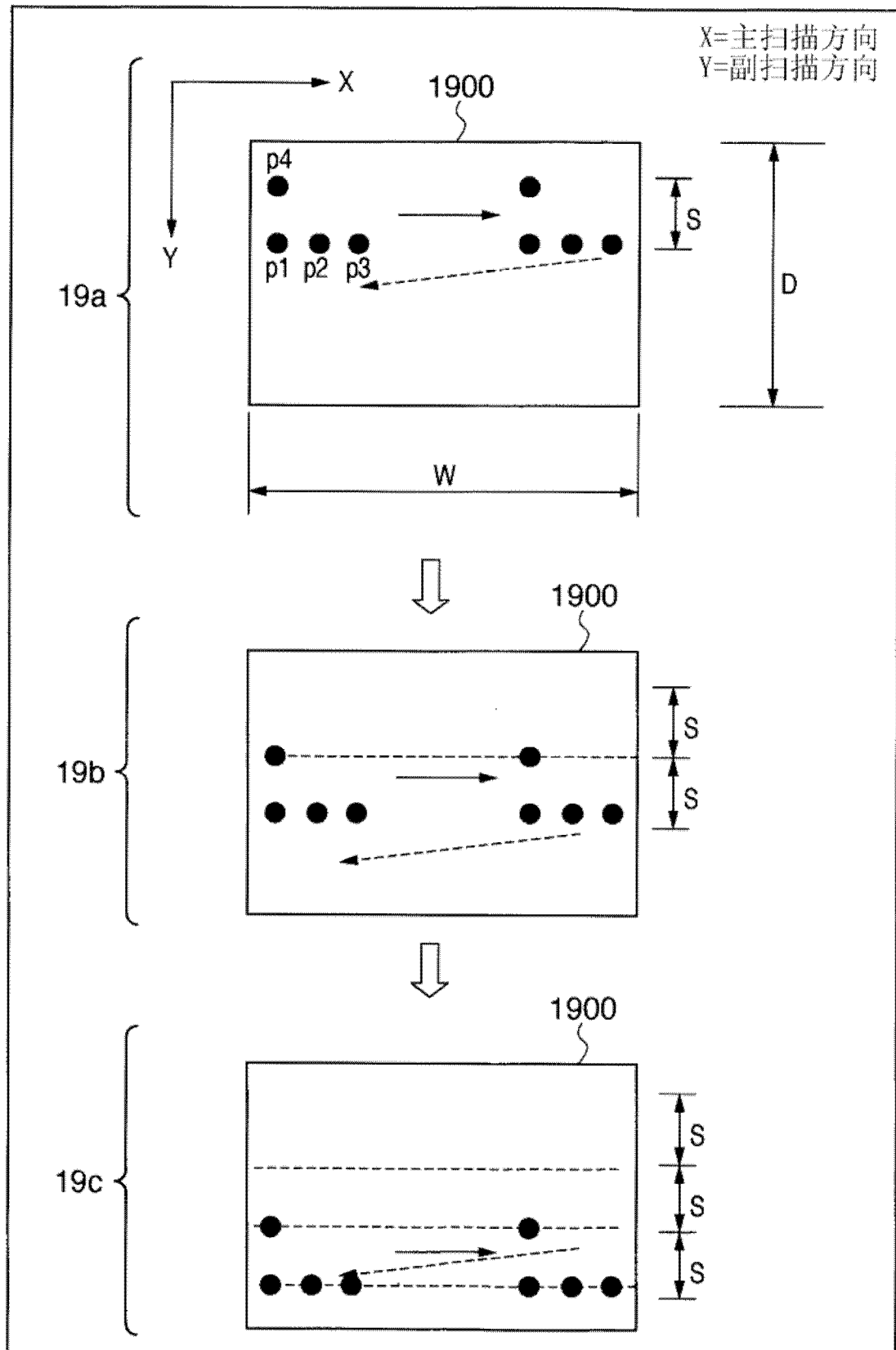


图 19

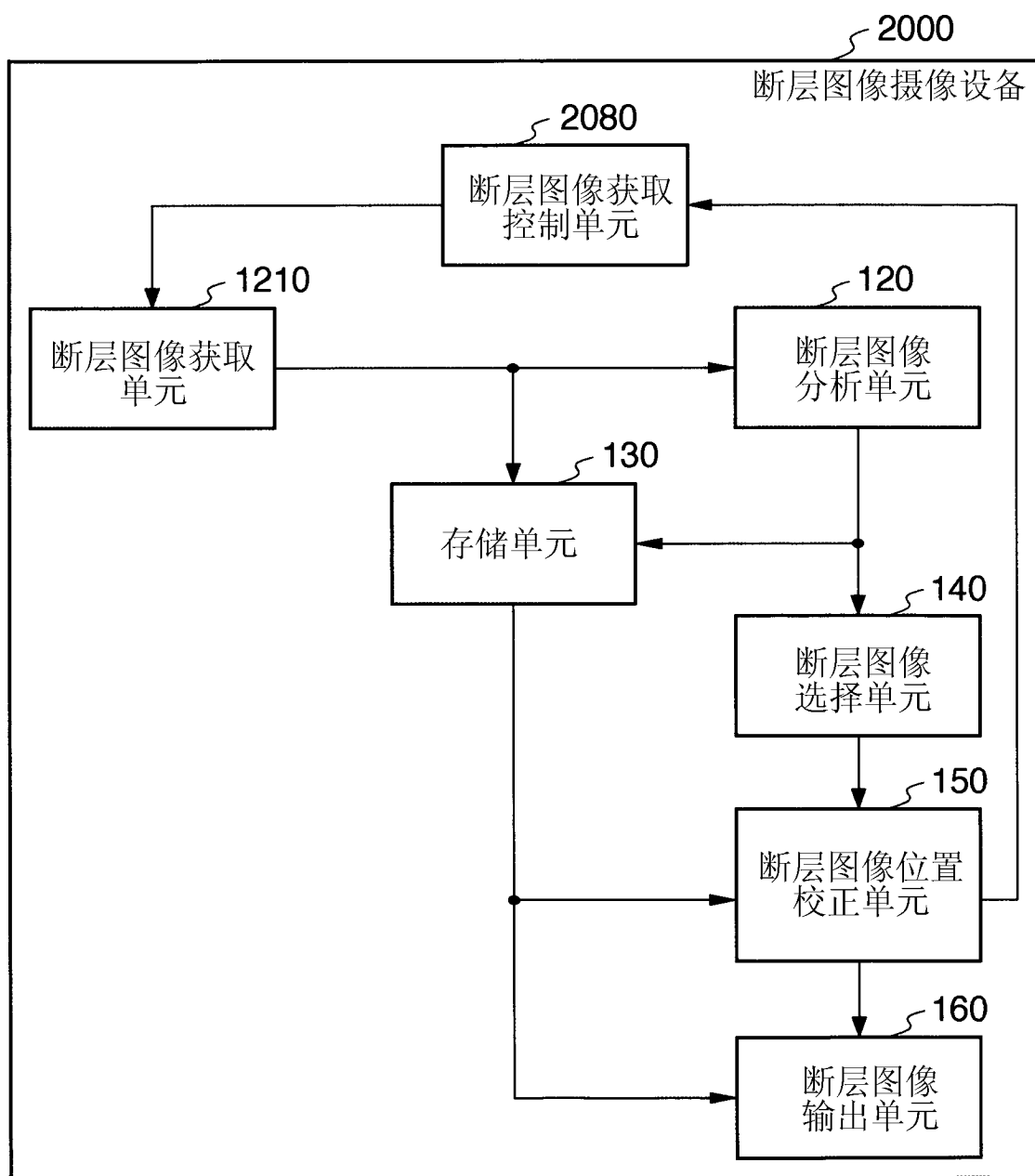


图 20

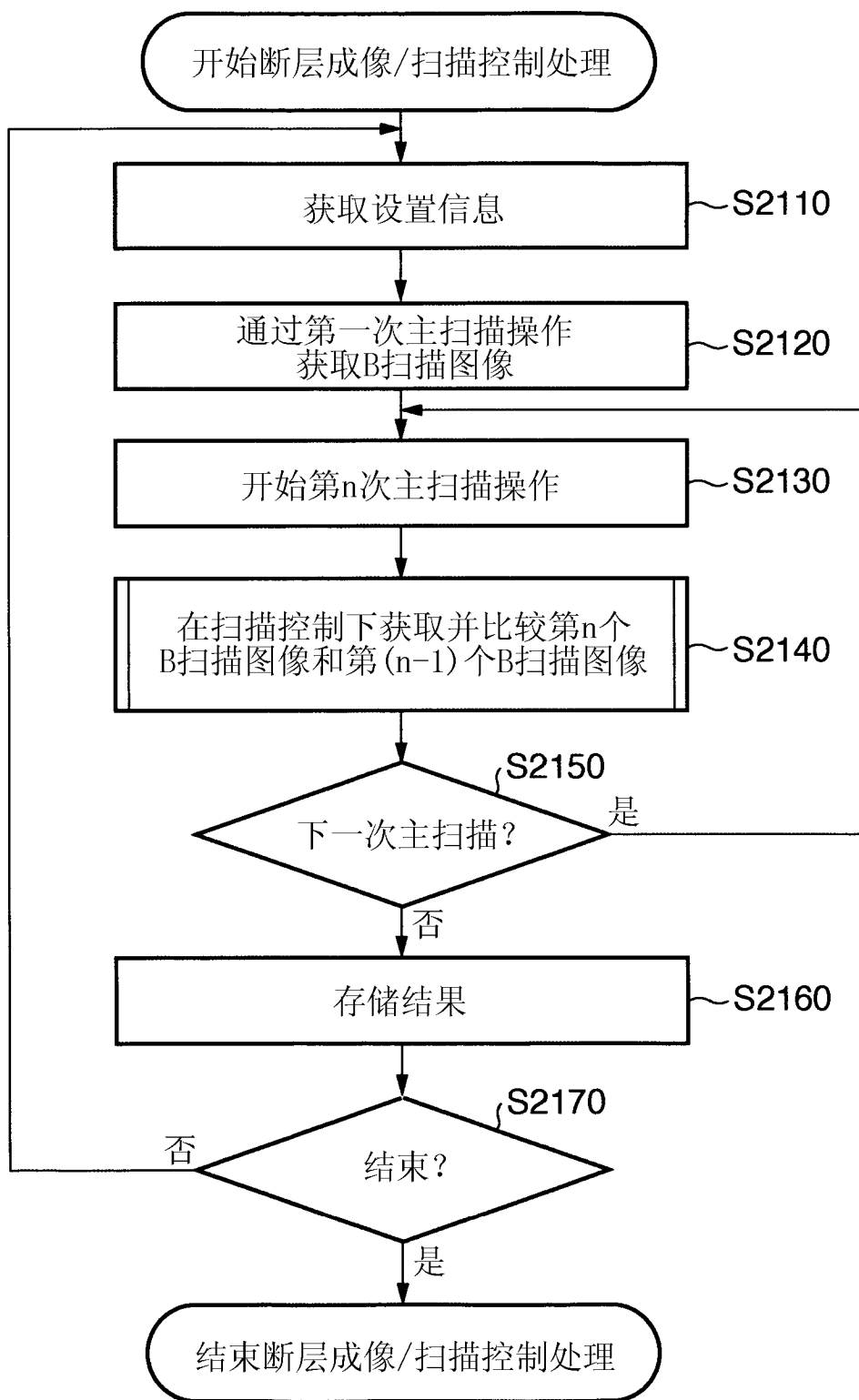


图 21

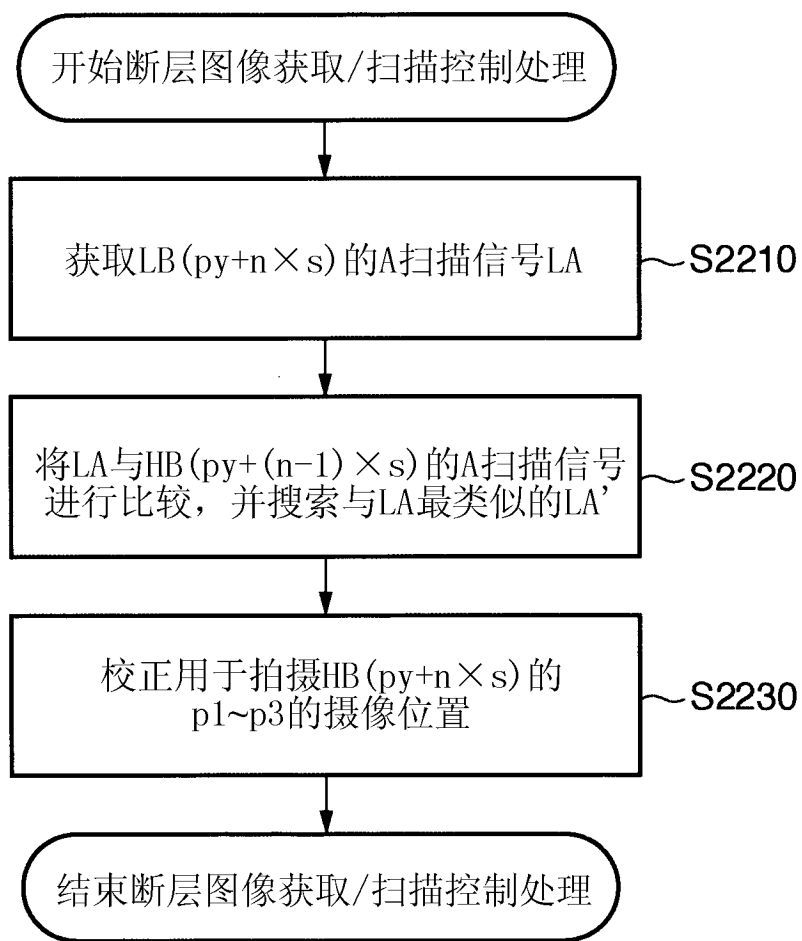


图 22

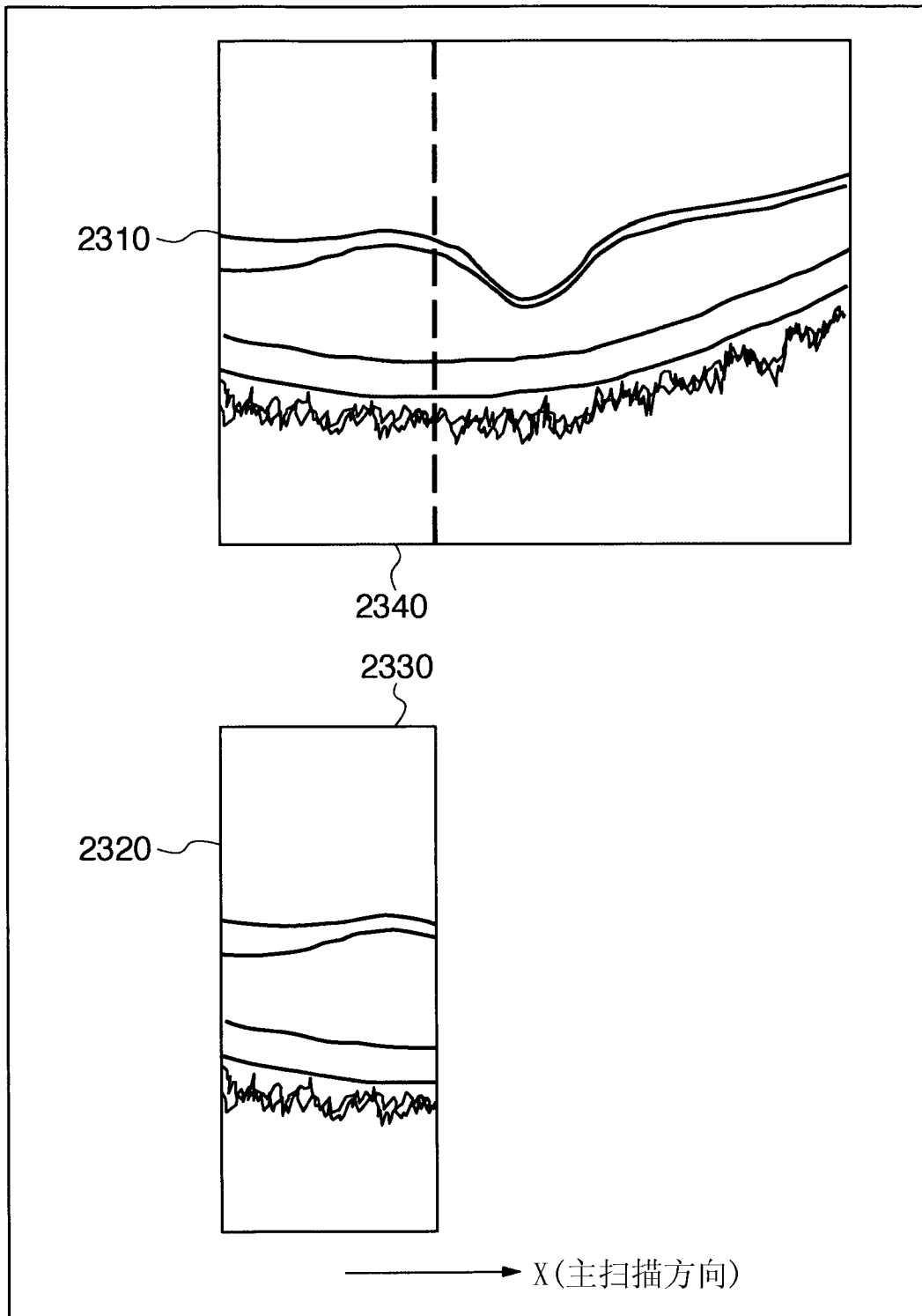


图 23

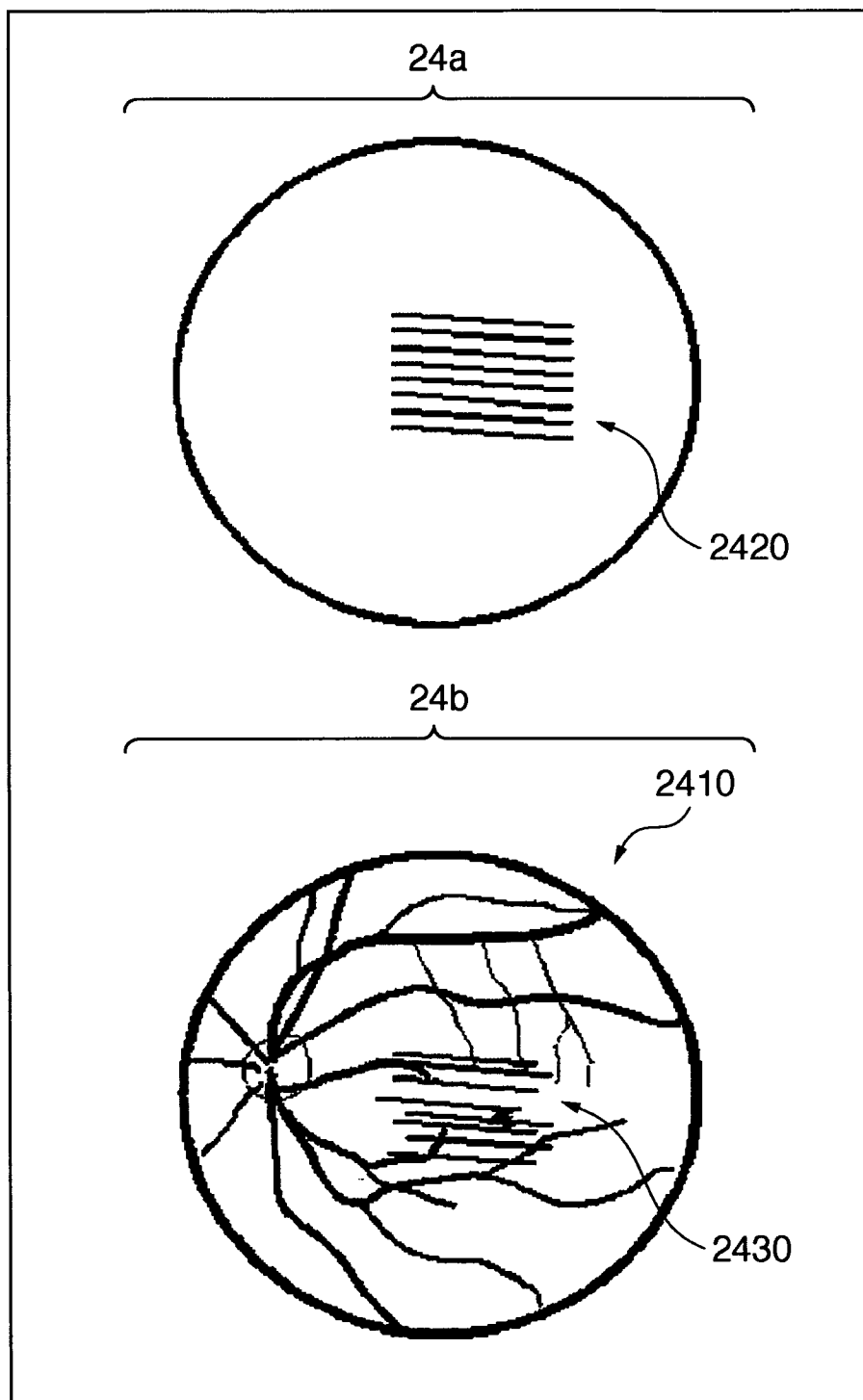


图 24