

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102458221 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 16

(21) 申请号 201080024458. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 05. 26

A61B 3/10(2006. 01)

(30) 优先权数据

A61B 3/12(2006. 01)

2009-133455 2009. 06. 02 JP

G06T 1/00(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 12. 02

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/059302 2010. 05. 26

(87) PCT申请的公布数据

W02010/140601 EN 2010. 12. 09

(71) 申请人 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 今村裕之 片山昭宏

(74) 专利代理机构 北京魏启学律师事务所

11398

代理人 魏启学

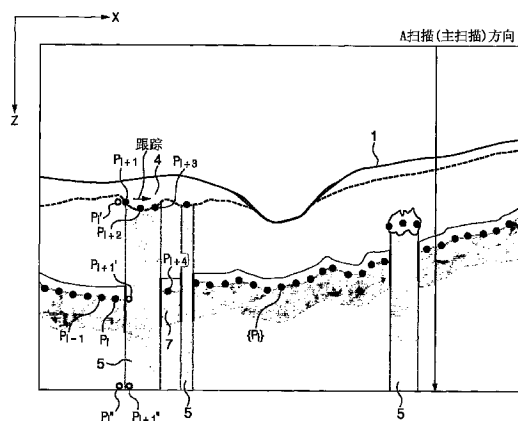
权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图 31 页

(54) 发明名称

图像处理设备及其控制方法和计算机程序

(57) 摘要

本发明提供一种图像处理设备,所述图像处理设备处理通过断层图像摄像设备拍摄被检眼的图像所获得的断层图像的图像,包括:层候选检测部件,用于从所述断层图像检测所述被检眼的视网膜的层候选;伪影区域判断部件,用于基于使用所述层候选所获得的图像特征,判断所述断层图像中的伪影区域;以及图像校正部件,用于基于所述伪影区域判断部件的判断结果和所述区域中的图像特征,校正所述伪影区域中的亮度。



1. 一种图像处理设备,其对通过断层图像摄像设备拍摄被检眼的图像所获得的断层图像进行处理,所述图像处理设备包括:

层候选检测部件,用于从所述断层图像检测所述被检眼的视网膜的层候选;

伪影区域判断部件,用于基于使用所述层候选所获得的图像特征,判断所述断层图像中的伪影区域;以及

图像校正部件,用于基于所述伪影区域判断部件的判断结果和所述伪影区域中的图像特征,校正所述伪影区域中的亮度。

2. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其特征在于,还包括层确定部件,所述层确定部件用于基于通过所述图像校正部件校正后的所述伪影区域中的亮度,确定所述伪影区域中的视网膜的层的位置。

3. 根据权利要求2所述的图像处理设备,其特征在于,还包括亮度使用判断部件,所述亮度使用判断部件用于基于所述伪影区域中的亮度的大小,判断在所述层的位置的确定中是否使用所述伪影区域中的亮度,

其中,当所述亮度使用判断部件判断为使用所述伪影区域中的亮度时,所述层确定部件使用所述伪影区域中的亮度执行所述层的位置的确定处理,以及

当所述亮度使用判断部件判断为不使用所述伪影区域中的亮度时,所述层确定部件通过使用所述伪影区域附近的层候选进行插值处理,确定所述层的位置。

4. 一种图像处理设备,其对通过断层图像摄像设备拍摄被检眼的图像所获得的断层图像进行处理,所述图像处理设备包括:

层候选检测部件,用于从所述断层图像检测所述被检眼的视网膜的层候选;

伪影区域判断部件,用于基于使用所述层候选所获得的图像特征,判断所述断层图像中的伪影区域;以及

层确定部件,用于基于所述伪影区域判断部件的判断结果,确定所述伪影区域中的所述视网膜的层的位置,

其中,所述层确定部件使用用于指定所述伪影区域中所包括的层几何形状并且由多个控制点所定义的几何模型,并且基于与所述几何模型的几何形状相关联的评价函数和与所述控制点附近的亮度相关联的评价函数来确定所述层的位置。

5. 根据权利要求4所述的图像处理设备,其特征在于,所述层确定部件以随着所述伪影区域中像素的亮度的降低而增大与所述控制点附近的亮度相关联的评价函数的权重的方式来确定与所述控制点附近的亮度相关联的评价函数的权重,或者根据所述伪影区域中像素的亮度和所述断层图像中的除所述伪影区域以外的像素的亮度之间的比来确定与所述控制点附近的亮度相关联的评价函数的权重,以及

所述层确定部件根据由所述伪影区域附近的所述层候选所指定的层的几何形状的不平坦程度,确定与所述几何模型的几何形状相关联的评价函数的权重,以使得随着不平坦程度的增大而降低该权重。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的图像处理设备,其特征在于,使用所述层候选所获得的图像特征包括所述层候选之间的连续性,以及

所述伪影区域判断部件判断为:所述断层图像中的所述伪影区域具有连续性低且被判断为不连续的层候选作为所述伪影区域的端点。

7. 根据权利要求6所述的图像处理设备,其特征在于,所述伪影区域判断部件使用如下的层候选作为所述伪影区域的端点:所述层候选是被判断为不连续的两个层候选中、比各个层候选深的区域中的亮度较低层候选。

8. 根据权利要求1~7中任一项所述的图像处理设备,其特征在于,使用所述层候选所获得的图像特征包括由两个层候选所指定的区域中像素的亮度在与所述断层图像的A扫描方向垂直的方向上的差,以及

所述伪影区域判断部件基于A扫描方向上的多个亮度剖面图之间的差异程度,判断所述断层图像中的所述伪影区域。

9. 根据权利要求1~8中任一项所述的图像处理设备,其特征在于,还包括:

投影图像生成部件,用于通过在与所述视网膜的深度方向相对应的所述断层图像的A扫描方向上将所述断层图像的各个像素相加,生成投影图像;以及

特征提取部件,用于从所述投影图像提取包括所述被检眼中的生物组织和病变部位中的至少一个的特征区域,

其中,所述伪影区域判断部件在所述特征区域中和所述特征区域附近判断所述伪影区域。

10. 根据权利要求9所述的图像处理设备,其特征在于,所述特征提取部件还从通过拍摄所述被检眼的图像所获得的表面图像提取所述特征区域,以及

所述伪影区域判断部件通过还使用从所述表面图像所提取的特征区域判断所述伪影区域。

11. 一种图像处理设备的控制方法,所述图像处理设备对通过断层图像摄像设备拍摄被检眼的图像所获得的断层图像进行处理,所述控制方法包括以下步骤:

层候选检测步骤,用于控制层候选检测部件,以从所述断层图像检测所述被检眼的视网膜的层候选;

伪影区域判断步骤,用于控制伪影区域判断部件,以基于使用所述层候选所获得的图像特征,判断所述断层图像中的伪影区域;以及

图像校正步骤,用于控制图像校正部件,以基于所述伪影区域判断步骤中的判断结果和所述伪影区域中的图像特征,校正所述伪影区域中的亮度。

12. 一种图像处理设备的控制方法,所述图像处理设备对通过断层图像摄像设备拍摄被检眼的图像所获得的断层图像进行处理,所述控制方法包括以下步骤:

层候选检测步骤,用于控制层候选检测部件,以从所述断层图像检测所述被检眼的视网膜的层候选;

伪影区域判断步骤,用于控制伪影区域判断部件,以基于使用所述层候选所获得的图像特征,判断所述断层图像中的伪影区域;以及

层确定步骤,用于控制层确定部件,以基于所述伪影区域判断步骤中的判断结果,确定所述伪影区域中的所述视网膜的层的位置,

其中,在所述层确定步骤中,使用用于指定所述伪影区域中所包括的层几何形状并且由多个控制点所定义的几何模型,并且基于与所述几何模型的几何形状相关联的评价函数和与所述控制点附近的亮度相关联的评价函数,确定所述层的位置。

13. 一种计算机程序,其使得计算机作为根据权利要求1~10中任一项所述的图像处

理设备的各个部件发挥作用。

图像处理设备及其控制方法和计算机程序

技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像处理设备及其控制方法和计算机程序。

背景技术

[0002] 为了早期诊断作为生活方式病和致盲的前几位原因的各种疾病,普遍进行眼科检查。由于诸如 OCT(光学相干断层成像)等的针对眼部的断层图像摄像设备允许三维观察视网膜层内部的状态,所以期望其对于疾病有效给出更恰当的诊断。通过从断层图像测量例如神经纤维层或视网膜的层厚度的变化、以及诸如视网膜色素上皮的不平坦性等的层几何形状的变化,可以定量诊断诸如青光眼、黄斑水肿和年龄相关性黄斑变性等的疾病的进展程度、以及治疗之后的康复水平。为了定量测量这些层的厚度,提出了一种用于使用计算机从断层图像检测视网膜的各个层、并测量这些层的厚度的技术(参考日本特开 2008-073099 号公报)。

[0003] 另一方面,在 OCT 断层图像中,当物体强烈反射或吸收测量光时,通常在物体后方生成由信号的衰减或缺失所导致的伪影。注意,物体包括例如诸如血管等的组织和诸如白斑和出血等的病变部位。如图 1A 所示,当与视网膜的深度方向(以下称为 z 轴方向或 A 扫描方向)相关联地正常显示亮度时,最大亮度出现在视网膜色素上皮 2 附近。然而,如图 1B 所示,当在视网膜血管 4 的 z 轴的正向侧生成伪影区域 5 时,伪影区域 5 中在视网膜色素上皮 6 附近的亮度衰减或缺失。因此,在生成伪影的区域中,根据层的亮度的衰减程度来提取层、以及测量层厚度和层几何形状通常变得困难。为了解决这一问题,提出了这样一种技术,该技术从眼底的面图像提取血管区域,将血管区域逆投影至 OCT 断层图像,并且在逆投影区域附近对层进行插值,以估计由血管导致的伪影区域中的层位置(参考日本特开 2007-325831 号公报)。

发明内容

[0004] 然而,日本特开 2008-073099 号公报所述的技术没有讨论用于计算生成伪影的区域中的层位置的任何方法。

[0005] 另外,日本特开 2007-325831 号公报对作为很可能生成伪影的区域逆投影至断层图像上的区域附近的层进行简单插值,但是未通过检测逆投影区域中衰减的层的亮度信号来计算本来的层位置。此外,即使在为了层检测而执行图像校正时,由于伪影区域和其它区域具有不同的诸如直方图和对亮度水平等的与亮度有关的性质,所以需要判断伪影区域以适应性应用图像校正。

[0006] 因此,本发明判断亮度由于诸如血管等的组织或者诸如白斑或出血等的病变部位的影响而衰减的区域,并且应用图像校正以便于检测该区域中的层。

[0007] 本发明的实施例的一个方面,涉及一种图像处理设备,其对通过断层图像摄像设备拍摄被检眼的图像所获得的断层图像进行处理,所述图像处理设备包括:层候选检测部件,用于从所述断层图像检测所述被检眼的视网膜的层候选;伪影区域判断部件,用于基于

使用所述层候选所获得的图像特征,判断所述断层图像中的伪影区域;以及图像校正部件,用于基于所述伪影区域判断部件的判断结果和所述伪影区域中的图像特征,校正所述伪影区域中的亮度。

[0008] 本发明的实施例的另一方面,涉及一种图像处理设备,其对通过断层图像摄像设备拍摄被检眼的图像所获得的断层图像进行处理,所述图像处理设备包括:层候选检测部件,用于从所述断层图像检测所述被检眼的视网膜的层候选;伪影区域判断部件,用于基于使用所述层候选所获得的图像特征,判断所述断层图像中的伪影区域;以及层确定部件,用于基于所述伪影区域判断部件的判断结果,确定所述伪影区域中的所述视网膜的层的位置;其中,所述层确定部件使用用于指定所述伪影区域中所包括的层几何形状的并且通过多个控制点所定义的几何模型,并且基于与所述几何模型的几何形状相关联的评价函数和与所述控制点附近的亮度相关联的评价函数来确定所述层的位置。

[0009] 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显而易见。

附图说明

[0010] 图 1A 和 1B 是用于说明由于存在视网膜血管而导致视网膜色素上皮上的图像信号衰减的例子的图;

[0011] 图 2 是示出根据第一实施例与图像处理设备 10 连接的设备的结构的框图;

[0012] 图 3 是示出根据第一实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图;

[0013] 图 4 是示出根据第一实施例的图像处理设备 10 的处理序列的流程图;

[0014] 图 5 是用于说明根据第一实施例的伪影区域的判断方法的图;

[0015] 图 6 是示出根据第一实施例判断伪影区域所需的图像处理序列的流程图;

[0016] 图 7 是示出根据第一实施例对被判断为伪影区域的区域的图像处理序列的流程图;

[0017] 图 8 是示出根据第二实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图;

[0018] 图 9 是示出根据第二实施例对被判断为伪影区域的区域的图像处理序列的流程图;

[0019] 图 10 是示出根据第三实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图;

[0020] 图 11 是示出根据第三实施例的图像处理设备 10 的处理序列的流程图;

[0021] 图 12 是用于说明根据第三实施例的伪影区域的判断方法的图;

[0022] 图 13 是示出根据第四实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图;

[0023] 图 14 是示出根据第五实施例与图像处理设备 10 连接的设备的结构的框图;

[0024] 图 15 是示出根据第五实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图;

[0025] 图 16 是示出根据第五实施例的图像处理设备 10 的处理序列的流程图;

[0026] 图 17A 和 17B 是用于说明根据第五实施例的伪影区域的判断方法的图;

[0027] 图 18 是示出根据第六实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图;

[0028] 图 19 是示出根据第七实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图;

[0029] 图 20 是示出根据第七实施例的图像处理设备 10 的处理序列的流程图;

[0030] 图 21 是示出根据第七实施例对被判断为伪影区域的区域的图像处理序列的流程图;

[0031] 图 22 是用于说明根据第七实施例的用于测量层的不平坦几何形状的方法的图；
[0032] 图 23 是示出根据第八实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图；
[0033] 图 24 是示出根据第八实施例对被判断为伪影区域的区域的图像处理序列的流程图；
[0034] 图 25 是用于说明根据第八实施例的图像处理确定方法和层确定方法的图；
[0035] 图 26 是示出根据第九实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图；
[0036] 图 27 是示出根据第九实施例的图像处理设备 10 的处理序列的流程图；
[0037] 图 28 是用于说明根据第九实施例的伪影区域判断方法的图；
[0038] 图 29 是示出根据第十实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图；
[0039] 图 30 是示出根据第十一实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图；
[0040] 图 31 是示出根据第十一实施例的图像处理设备 10 的处理序列的流程图；
[0041] 图 32 是示出根据第十二实施例的图像处理设备 10 的功能结构的框图；以及
[0042] 图 33 是示出可以通过软件实现图像处理设备 10 的各个单元的计算机的基本配置的框图。

具体实施方式

[0043] 下面将参考附图详细说明根据本发明的图像处理设备和方法的优选实施例。然而，本发明的范围不局限于所示出的例子。

[0044] 第一实施例

[0045] 当要利用 OCT 设备拍摄被检眼（作为检查对象的眼）的图像时，如果视网膜上存在血管或白斑，则由于测量光的强度降低，所以在所获得的图像上视网膜色素上皮减弱，并且难以检测层。因此，在本实施例中，从被检眼的断层图像判断伪影区域，并且根据该区域中的统计量对该区域进行图像校正。

[0046] 图 2 是示出根据本实施例与图像处理设备 10 连接的设备的结构的框图。如图 2 所示，经由光纤和例如 USB 或 IEEE1394 的接口将图像处理设备 10 连接到断层图像摄像设备 20。断层图像摄像设备 20 经由基于例如 Ethernet® 的局域网 (LAN) 30 与数据服务器 40 连接。注意，图像处理设备 10 可以经由诸如因特网等的外部网络与这些设备连接。断层图像摄像设备 20 获得眼部的断层图像，并且包括例如时域 OCT 或傅立叶域 OCT。断层图像摄像设备 20 响应于操作者（未示出）的操作拍摄被检眼（未示出）的断层图像。设备 20 将所获得的断层图像发送给图像处理设备 10。数据服务器 40 保持被检眼的断层图像和图像特征量等。数据服务器 40 存储从断层图像摄像设备 20 输出的被检眼的断层图像，并且分析从图像处理设备 10 输出的结果。数据服务器 40 响应于来自图像处理设备 10 的请求，将与被检眼相关联的先前的数据发送给图像处理设备 10。

[0047] 注意，本实施例将说明要获取视网膜色素上皮候选的情况。然而，要获取的候选不局限于视网膜色素上皮的外边界 2。可以检测其它层边界（视网膜色素上皮的内边界（未示出）、光感受器的内节和外节之间的边界 3、或者外界膜（未示出））。当代替黄斑部，针对视神经乳头进行层候选的获取、伪影区域的判断和图像校正时，可以使用已知部位识别方法从要处理的区域预先排除诸如乳头中心部（凹陷部）等的不存在层的区域。

[0048] 下面将参考图 3 说明根据本实施例的图像处理设备 10 的功能结构。图 3 是图像

处理设备 10 的功能框图。如图 3 所示,图像处理设备 10 包括断层图像获取单元 310、存储单元 320、图像处理单元 330、显示单元 340、结果输出单元 350 和指示获取单元 360。此外,图像处理单元 330 包括层候选检测单元 331、伪影区域判断单元 332 和图像校正单元 333。下面将参考与本实施例的图像处理设备 10 所执行的实际处理序列相关联的、图 4 所示的流程图,说明构成图像处理设备 10 的各个块的功能。

[0049] 在步骤 S410,断层图像获取单元 310 请求断层图像摄像设备 20 发送断层图像,并且获取从断层图像摄像设备 20 所发送的断层图像。然后,单元 310 将所获取的信息发送给存储单元 320。存储单元 320 存储断层图像。在步骤 S420,层候选检测单元 331 从存储单元 320 获取断层图像,并且从断层图像检测内界膜 1 和视网膜色素上皮候选点序列 $\{P_i\}$ 。然后单元 331 将这些结果输出给存储单元 320。

[0050] 由于视网膜层对于各个层具有不同亮度,所以在两个相邻层之间的边界处生成亮度值的对比(边缘)。因此,通过关注该对比提取层边界。可以使用用于提取包括这类对比的区域的多种方法。例如,将对比认为是边缘,并且可以通过检测该边缘来提取层位置。更具体地,通过对断层图像应用边缘检测滤波器来检测边缘成分,并且从玻璃体侧开始在眼底深度方向上搜索边缘。然后,将第一个峰值位置检测为玻璃体和视网膜层之间的边界,并且将最大峰值位置检测为视网膜色素上皮边界。

[0051] 可以通过应用诸如 Snakes 或水平集方法等的可变形模型来检测层边界。在水平集方法的情况下,定义比要检测的区域的维数高一个维数的水平集函数,并且将要检测的层边界认为是零水平线。通过更新水平集函数来控制轮廓,从而检测层边界。另外,可以使用诸如 GraphCut 等的图形定理检测层边界。在这种情况下,设置与图像的各个像素相对应的节点和被称为“汇”(sink)和“源”(source)的端子,并且设置在节点之间连接的边缘(n-link)和在端子之间连接的边缘(t-link)。通过基于向这些边缘赋予权重所创建的图计算最小切割,检测层边界。

[0052] 上述层位置提取方法可以三维应用于作为要处理的对象的三维(3D)断层图像,或者在将输入的 3D 断层图像当作 2D 断层图像集时,可以独立应用于各二维(2D)断层图像。注意,用于检测层边界的方法不局限于这些方法,并且可以使用任何其它方法,只要它们可以从眼部的断层图像检测层边界即可。

[0053] 在步骤 S430,伪影区域判断单元 332 基于在步骤 S420 所检测到的视网膜色素上皮的候选点序列 $\{P_i\}$ 的连续性,判断是否在各层候选点附近生成了伪影(是否生成了伪影区域)。如果已判断了伪影区域,则单元 332 计算与伪影区域中的亮度相关联的统计量。此外,单元 332 将判断结果输出给存储单元 320。后面将使用图 6 示出的流程图详细说明该步骤的伪影区域判断处理。

[0054] 在步骤 S440,伪影区域判断单元 332 根据在步骤 S430 所获得的判断结果分支处理。也就是说,对于判断为生成了伪影的层候选点,单元 332 发送信号以指示图像校正单元 333 执行预定处理(处理序列进入步骤 S450)。另一方面,如果单元 332 判断为未生成伪影的除伪影区域以外的区域(以下称为真图像区域),则发送信号以指示显示单元 340 执行预定处理(处理序列进入步骤 S455)。

[0055] 此外,在步骤 S450,当在预定层的候选点附近生成了伪影时,图像处理单元 330 执行分析处理。后面将使用图 7 示出的流程图详细说明该步骤的处理。另一方面,在步骤

S455, 作为在预定层的候选点附近未生成伪影时的处理, 显示单元 340 执行用于与真图像区域相关联地显示断层图像的正常图像显示处理。

[0056] 在步骤 S460, 指示获取单元 360 从外部获取关于是否将与被检眼相关联的当前处理结果存储在数据服务器 40 中的指示。操作者经由例如键盘和鼠标 (未示出) 输入该指示。如果操作者指示存储当前结果, 则处理进入步骤 S470; 否则, 处理跳至步骤 S480。此后, 在步骤 S470, 结果输出单元 350 将检查日期和时间、识别被检眼所使用的信息、被检眼的断层图像和通过图像处理单元 330 所获得的分析结果相互关联、作为要储存的信息, 并且将该信息发送给数据服务器 40。

[0057] 在步骤 S480, 指示获取单元 360 从外部获取关于是否结束图像处理设备 10 的断层图像分析处理的指示。操作者经由例如键盘和鼠标 (未示出) 输入该指示。如果获取用于结束该处理的指示, 则图像处理设备 10 结束其处理。另一方面, 如果获取用于继续该处理的指示, 则处理返回到步骤 S410 以执行用于下一被检眼的处理 (或者用于相同被检眼的再处理)。以此方式执行图像处理设备 10 的处理。

[0058] 下面将使用图 5 说明在步骤 S430 所执行的伪影区域判断处理的序列。图 5 示出包括伪影区域的断层图像的例子, 并且示出以虚线围绕的区域 5 作为伪影区域。作为这些生成伪影的区域的特征, 已知有下面两个特征。注意, 在图 5 示出的断层图像中, 将与视网膜的深度方向相对应的断层图像的纵向定义为 z 轴, 并且将与深度方向垂直的横向定义为 x 轴。 z 轴方向对应于 A 扫描方向。

[0059] (1) 这些区域 5 中的亮度的平均值、方差和最大值都小于真图像区域中的亮度的平均值、方差和最大值。

[0060] (2) 当在包括这些区域 5 的区域中计算视网膜色素上皮候选点时, 由于对除视网膜色素上皮以外的高亮度区域、例如视网膜血管区域的错误提取, 容易生成如点 P_i 和 P_{i+1} 一样的不连续部分。

[0061] 因此, 本实施例使用这些特征如下判断各伪影区域。

[0062] (i) 检测不连续的层候选点对。

[0063] (ii) 检查被判断为不连续点的各层候选点对的伪影生成侧。

[0064] (iii) 跟踪伪影生成侧的层候选点序列, 直到发现下一不连续点为止。

[0065] (iv) 计算在穿过所跟踪的层候选点的 A 扫描线上、该层候选点的深层侧的亮度的统计量 (平均值、方差、最大值等)。注意, 深层侧表示图 5 中的两个点中在 z 轴方向上具有较大坐标值的一个点。

[0066] (v) 将以不连续的候选点作为端点、并且包括低亮度统计量的区域判断为伪影区域。此外, 由于认为亮度统计量是反映各伪影区域中的亮度衰减的程度的统计量, 所以, 在步骤 S450 中确定伪影区域中的图像处理方法时使用该亮度统计量。

[0067] 下面将参考图 6 示出的流程图说明用于基于视网膜色素上皮的候选点序列 $\{P_i\}$ 进行伪影判断的实际方法。在这种情况下, 将作为处理对象的 3D 断层图像当作 2D 断层图像集, 并且向各 2D 断层图像应用下面的 2D 图像处理。

[0068] 在步骤 S610, 针对所有层候选点计算相邻层候选点之间的连续性 C 。如下给出连续性 C :

$$[0069] \quad C(P_i) = \begin{cases} 1 & (|S_i - S| \leq T_s) \\ 0 & (|S_i - S| > T_s) \end{cases} \dots(1)$$

[0070] 其中, i 为层候选点数量, 并且 S_i 为通过在层候选点 P_i 和 P_{i+1} 之间进行插值所获得的曲线上的像素的亮度的统计量。另外, S 是由整个层候选点序列 $\{P_i\}$ 所定义的曲线上的像素的亮度的统计量, 并且 T_s 是阈值。在这种情况下, 使用所定义的曲线上的像素的亮度的平均值作为亮度的统计量 S_i 和 S 。在公式 (1) 中, 如果 $|S_i - S|$ 等于或小于阈值 T_s , 则判断为相邻点连接。

[0071] 注意, 亮度统计量不局限于上述量, 并且可以使用其它统计量, 例如最大值、方差、众数值和中值。可选地, 可以基于这些统计量的组合来判断连续性。另外, 作为 S , 可以使用针对各摄像设备或被检者预先计算出的、与预定层的亮度相关联的统计量, 或者可以使用预先所设置的标准值。注意, 连续性的判断中所使用的指标利用与连接层候选点的曲线上的亮度相关联的统计量。然而, 本发明不局限于这些特定指标。例如, 作为血管或白斑的错误检测的结果, 在不连续的候选点附近生成与 z 轴方向平行的边缘 (如图 5 中的附图标记 7 所示), 并且作为捕获这类特征的指标, 可以使用与 A 扫描方向相关联的多个亮度剖面图之间的差异程度。注意, 亮度剖面图表示示出 A 扫描方向上的空间位置和这些位置处的亮度之间的关系, 如图 1A 或 1B 的右侧的图所示, 并且相邻亮度剖面图之间的差异通常小。

[0072] 例如, 将与亮度剖面图之间的差异程度相关联的指标的实际计算方法描述为:
[0073]

$$C(P_i) = \begin{cases} 1 & (\sum D > T_{d2}, \text{对于 } D > T_{d1}) \\ 0 & (\sum D \leq T_{d2}, \text{对于 } D > T_{d1}) \end{cases} \dots(2)$$

[0074] (1) 对于由图 5 示出的四个点 P_i 、 P_{i+1}' 、 P_i'' 和 P_{i+1}'' 所包围的局部区域中的像素, 计算 x 轴方向上的亮度的差 D 。注意, P_i'' 是具有与 P_i 相同的 x 坐标值、并且具有最大 z 坐标值的点。另外, P_{i+1}'' 是具有与 P_{i+1} 相同的 x 坐标值、并且具有最大 z 坐标值的点。

[0075] (2) 通过将等于或大于阈值 T_{d1} 的差 D 相加, 计算总值 $\sum D$ 。随着边缘在更宽的范围清晰出现, 值 $\sum D$ 取更大的值。

[0076] (3) 当总值 $\sum D$ 大于阈值 T_{d2} 时, 判断为不连续点。

[0077] 还可以通过组合这多个指标来判断连续性。

[0078] 在步骤 S620, 检查被判断为不连续点的层候选点对的伪影生成侧, 以指定伪影区域的边缘部分。对各个不连续层候选点对执行伪影区域边缘部分指定处理。更具体地, 在图 5 中的一对 P_i 和 P_{i+1} 的情况下:

[0079] (i) 计算在穿过 P_i 的 A 扫描线上 P_i 的 z 轴的正向侧的亮度的统计量;

[0080] (ii) 计算在穿过 P_{i+1} 的 A 扫描线上 P_{i+1}' 的 z 轴的正向侧的亮度的统计量。注意, P_{i+1}' 是具有与 P_{i+1} 相同的 x 坐标和与 P_i 相同的 z 坐标的点; 以及

[0081] (iii) 比较这两个统计量, 并且判断为在具有较小统计量的候选点侧生成伪影。将

所确定的具有较小统计量的候选点定义为伪影区域的边缘部分。

[0082] 在该例子中,由于 P_{i+1} 侧的亮度的统计量成为较小,所以判断为在 P_{i+1} 侧生成伪影。注意,用于选择计算亮度的统计量时所使用的点对的方法不局限于上述方法。例如,如图 5 所示,可以使用 P_i' (具有与 P_i 相同的 x 坐标和与 P_{i+1} 相同的 z 坐标的点) 和 P_{i+1} 来进行判断。

[0083] 在步骤 S630,跟踪伪影区域侧的层候选点,直到发现下一个不连续点为止,以计算伪影区域的范围。例如,对于图 5 中的 P_{i+1} ,将直到 P_{i+3} 为止的区域判断为伪影区域。

[0084] 在步骤 S640,计算被判断为伪影区域的区域中的各个候选点的 z 轴正向侧的区域中亮度的平均值、方差或最大值。然而,计算与亮度相关联的统计量的空间范围不局限于这类特定范围。例如,可以将伪影区域分成任意的局部区域,并且可以针对各个局部区域计算统计量。在这种情况下,不必一定作为独立步骤来执行层候选点跟踪处理和与亮度信号相关联的统计量的计算处理,并且可以在每当针对任意范围跟踪层候选点时计算亮度信号的统计量。

[0085] 利用上述处理,计算以不连续部分作为边的伪影区域的范围和伪影区域中亮度的统计量。注意,伪影区域的判断方法不局限于上述方法。例如,不仅可以对 B 扫描图像(与 y 轴垂直的断层图像)、而且还可以对与 x 轴垂直的断层图像执行伪影区域判断处理,并且这两个判断处理中所确定的伪影区域均可以被判断为伪影区域。可选地,可以将该判断处理三维应用于 3D 断层图像。

[0086] 下面将参考图 7 说明在步骤 S450 所执行的处理的序列。

[0087] 在步骤 S710,图像校正单元 333 基于通过伪影区域判断单元 332 所计算出的与伪影区域中的亮度相关联的统计量,校正各伪影区域中的亮度。作为亮度校正方法,将说明基于伪影区域中的直方图转换的方法。更具体地,将伪影区域中的亮度平均值和方差调整成与真图像区域中的相同。也就是说,假定 x 是校正之前的信号, y 是校正之后的信号, S_f 和 A_f 分别是伪影区域中的亮度的标准差和平均值,并且 S_t 和 A_t 分别是除伪影区域以外的整个图像中的亮度的标准差和平均值,如下进行校正:

$$[0088] \quad y = (S_t/S_f) * (x - A_f) + A_t$$

[0089] 注意,图像校正方法不局限于此。例如,可以通过下面的 (i) ~ (iii) 所述的方法实现图像校正方法。

[0090] 可选地,可以使用任意图像校正,只要其可以使伪影区域中校正之前的亮度和校正之后的亮度之间的递增函数关系成立。

[0091] (i) 例如,对亮度进行线性转换以使得伪影区域中的最大亮度与真图像区域中的最大亮度相一致。在这种情况下,假定 y 是图像校正之后伪影区域的亮度, x 为图像校正之前伪影区域的亮度, $I_{\max F}$ 是伪影区域中的最大亮度, $I_{\min F}$ 为该区域中的最小亮度,并且 $I_{\max T}$ 为真图像区域中的最大亮度,如下进行校正:

$$[0092] \quad y = I_{\max T} * (x - I_{\min F}) / (I_{\max F} - I_{\min F})$$

[0093] (ii) 例如,执行诸如 Sobel 滤波或 Laplacian 滤波等的边缘强调处理或者仅允许高频成分通过的空间频率滤波处理。

[0094] (iii) 执行强调层结构的基于 Hessian 矩阵的特征值的层结构强调滤波处理。该滤波基于 Hessian 矩阵的三个特征值 (λ_1 、 λ_2 、 λ_3) 之间的关系来强调 3D 浓度分布的二次

局部结构。Hessian 矩阵是由图像的浓度值 I 的二阶偏导数所形成的矩形矩阵,如下给出:

$$[0095] \quad H = \begin{pmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{pmatrix} \quad \dots(3)$$

[0096] Hessian 矩阵的特征值之间的关系描述如下:

$$[0097] \quad \lambda_3 \leq \lambda_2 \leq \lambda_1 \quad \dots (4)$$

[0098] 用于强调层结构所需的特征值的条件公式描述如下:

$$[0099] \quad \lambda_3 \ll \lambda_2 = \lambda_1 = 0 \quad \dots (5)$$

[0100] 可以通过根据基于这些公式所计算出的这三个特征值进行计算来强调视网膜的层结构:

[0101]

$$S_{sheet}\{f\} = \begin{cases} |\lambda_3| \cdot \omega(\lambda_2; \lambda_3) \cdot \omega(\lambda_1; \lambda_3) & \lambda_3 < 0 \\ 0 & \text{其它情况} \end{cases} \quad \dots(6)$$

[0102] 其中, $\omega(\lambda_s; \lambda_t)$ 是如下给出的权重函数:

[0103]

$$\omega(\lambda_s; \lambda_t) = \begin{cases} \left(1 + \frac{\lambda_s}{|\lambda_t|}\right)^\gamma & \lambda_t \leq \lambda_s \leq 0 \\ \left(1 - \alpha \frac{\lambda_s}{\lambda_t}\right)^\gamma & \frac{|\lambda_t|}{\alpha} > \lambda_s > 0 \\ 0 & \text{其它情况} \end{cases} \quad \dots(7)$$

[0104] 其中, γ 和 α 是权重。

[0105] 注意,不必一定独立执行上述图像处理方法,而且还可以组合执行它们。当在步骤 S640 中将伪影区域分成多个局部区域并且对各个区域计算与亮度相关联的统计量时,还对各个局部区域应用图像校正。

[0106] 在步骤 S720,显示单元 340 将步骤 S710 中图像的校正结果重叠在断层图像上。当用线表示各伪影区域的边界时,可以针对各个边界使用预定颜色的线,或者可以在不明确表示边界的情况下用半透明颜色表示层。对于使用例如 GUI 所指定的区域,可以选择性显示校正前后的图像,并且可以显示在步骤 S640 所计算出的与各伪影区域中的亮度相关联的统计量的信息。如上所述,执行步骤 S450 中的处理。

[0107] 根据上述结构,图像处理设备 10 指定伪影区域,并且基于例如与该区域中的亮度相关联的统计量执行图像校正,从而获得可以容易地检测到伪影区域中所包括的层的图像。

[0108] 第二实施例

[0109] 在本实施例中, 不仅如第一实施例中一样在伪影区域中进行图像校正, 而且还从校正后的图像检测预定层。本实施例甚至对于生成伪影和亮度衰减的区域应用图像校正, 以使得便于检测其余边缘信息, 并且允许通过检测该边缘信息计算更精确的层位置。

[0110] 由于与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备与第一实施例中的相同, 因此不再重复对其的说明。图 8 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。参考图 8, 本实施例的图像处理单元 801 与第一实施例的图像处理设备 10 的图像处理单元 330 的结构的不同在于添加了层确定单元 334。

[0111] 下面将说明本实施例的图像处理序列。本实施例的处理序列除步骤 S450 和 S455 外与图 4 的流程图所示的序列相同。因此, 在本实施例中, 仅说明步骤 S450 和 S455, 并且不再重复其它步骤的说明。

[0112] 在步骤 S450, 执行伪影区域中的图像处理。下面将使用图 9 详细说明该步骤的处理。

[0113] 在步骤 S1010, 图像校正单元 333 基于与通过伪影区域判断单元 332 所计算出的伪影区域的亮度相关联的统计量, 校正该区域中的亮度。注意, 该处理与步骤 S710 中的图像校正处理相同, 并且不给出对其的详细说明。在步骤 S1020, 层确定单元 334 基于经过了图像校正单元 333 的图像校正的区域的亮度信息, 获取要提取的层的图像特征, 并且连接这些特征点作为层位置。

[0114] 例如, 视网膜色素上皮本来是各 A 扫描线上的最高亮度区域, 并且即使在伪影区域中, 也趋向具有较高亮度。因此, 通过在 x 轴方向上连接如下像素以确定层位置, 其中, 该像素是在图像校正后的区域的各个 A 扫描线上位于层候选点的 z 轴正向侧的、亮度最大的像素。然而, 用于根据图像校正结果检测层的方法不局限于这一特定方法。

[0115] 例如, 可以通过在 x 轴方向上连接如下的像素来提取层, 其中, 该像素是在各个 A 扫描线上位于层候选点的 z 轴正向侧的、具有等于或大于预定值的亮度并且具有最大 z 坐标的像素。可选地, 可以通过计算伪影区域的各个 A 扫描线上各像素在图像校正前后亮度的线性和、并且在 x 轴方向上连接与最大和相对应的像素来提取层。

[0116] 可选地, 在伪影区域的各个 A 扫描线上选择视网膜色素上皮的多个候选点, 并且将所有层候选点定义为伪影区域中的层候选点集。对于从层候选点集所获得的层候选点序列的各个组合, 可以设置与以下相关联的评价函数:

[0117] (i) 层候选点序列的亮度和的大小; 以及

[0118] (ii) 层候选点序列几何形状的平滑度,

[0119] 并且可以将使这两个评价函数值的线性和最大的层候选点组合确定为层位置。注意, 在选择层候选点的组合时, 可以使用不仅包括伪影区域中的层候选点序列、而且还包括该区域附近的层候选点的层候选点序列来计算评价函数值。

[0120] 在步骤 S1030, 通过计算所计算出的与视网膜色素上皮相对应的层候选点序列与步骤 S420 所计算出的内界膜 1 之间的各个 x 坐标和 y 坐标的距离, 测量视网膜层厚度。然而, 测量内容不局限于此。例如, 可以计算层候选点之间的角度分布, 以检查层几何形状的不平坦性。要测量的层厚度不局限于视网膜层厚度。例如, 可以分析诸如光感受器细胞层等的其它层几何形状。将包括所计算出的层厚度和层几何形状的信息输出给存储单元 320。

[0121] 在步骤 S1040, 显示单元 340 在断层图像上重叠:

[0122] (i) 层确定结果;

[0123] (ii) 层几何形状测量结果; 以及

[0124] (iii) 伪影区域的范围和该区域中的图像校正结果。

[0125] 对于 (i), 显示单元 340 将步骤 S1020 的层确定结果重叠在断层图像上。当以线表示层的边界时, 可以对于各边界使用预定颜色的线, 或者可以在不明确表示边界的情况下以半透明颜色表示层的区域。注意, 在进行这类显示时, 希望采用允许使用例如 GUI 来选择感兴趣的断面的配置。另外, 可以使用已知的体绘制技术三维显示这些结果。

[0126] 对于 (ii), 显示单元 340 显示整个 3D 断层图像 (x-y 平面) 的层厚度的分布映射图, 作为层几何形状测量结果。然而, 本发明不局限于这一特定显示方法, 并且可以显示感兴趣的断面中的各个层的面积, 或者可以显示整个预定层的体积。可选地, 可以计算并显示操作者在 x-y 平面上所指定的区域的体积。

[0127] 对于 (iii), 当在步骤 S1020 所检测的层的可靠性低时 (例如, 当所检测到的层的信号弱时), 未检测到层, 并且将图像校正结果重叠在断层图像上。然而, 本发明不局限于这一图像校正结果的特定显示方法, 并且即使在层检测结果满意时, 也可以将图像校正结果显示在显示单元 340 上。

[0128] 如上所述, 执行步骤 S450 的伪影区域图像处理。下面将说明步骤 S455 中的真图像区域图像处理。在步骤 S455, 作为真图像区域中的处理,

[0129] (i) 将在步骤 S420 所获取的层候选点序列定义为层位置, 并且根据层位置测量层几何形状; 以及

[0130] (ii) 将层位置和层几何形状的测量结果显示在显示单元 340 上。

[0131] 因而, 下面将详细说明该步骤的处理。

[0132] 以与图 9 的步骤 S1030 相同的方式测量层几何形状。然而, 在真图像区域图像处理的情况下, 分析对象是不同于步骤 S1030 的未校正的图像。然后, 如图 9 的步骤 S1040 一样, 显示单元 340 显示结果。然而, 在真图像区域图像处理的情况下, 不同于步骤 S1040, 不显示图像校正结果。

[0133] 根据上述结果, 图像处理设备 10 对指定伪影区域执行图像校正, 并且从校正结果检测与层位置相对应的图像特征, 从而更精确地计算伪影区域中的层位置。

[0134] 第三实施例

[0135] 在本实施例中, 代替第一和第二实施例中仅使用断层图像对伪影区域的判断, 根据被检眼的断层图像生成投影图像, 并且将从投影图像所提取的组织或病变部位的位置信息逆投影至断层图像, 以预先缩窄伪影候选区域。通常, 与仅根据断层图像相比, 根据投影图像来计算由例如血管 (或出血) 所导致的伪影区域的位置信息更为容易。因此, 本实施例将说明下面的情况: 从投影图像提取血管 (出血) 区域, 将该位置信息映射在断层图像上, 并且围绕映射后的区域搜索并指定伪影区域的边缘部分, 以更高精度计算伪影区域的范围。

[0136] 由于与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构与第一实施例中的相同, 所有不再重复对其的说明。图 10 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。参考图 10, 不同于第一实施例的图像处理设备 10 的图像处理单元 330, 图像处理单元 1001 包

括投影图像生成单元 335 和特征提取单元 336。由于其余单元与图 3 中的相同,所有不再重复对其的说明。

[0137] 下面将参考图 11 所示的流程图说明根据本实施例的图像处理的内容。注意,该流程图中的大多数步骤与图 4 的流程图中的相同,并且相同步骤编号表示相同处理。不再重复对相同处理的说明。在本实施例中,不同于第一实施例,在步骤 S420 的层候选检测处理和步骤 S430 的伪影区域判断处理之间执行投影图像生成处理 S1110 和特征提取处理 S1120。

[0138] 在步骤 S1110,投影图像生成单元 335 通过将断层图像投影生成图像。更具体地,利用作为简单在 z 轴的正向上将断层图像上的像素的亮度相加所获得的值的像素值来定义投影图像。然而,投影图像的各像素值不局限于这类值,并且可以将亮度和除以相加的像素的数量。可选地,可以使用各深度位置处的亮度的最大值或最小值作为投影图像的各像素值。另外,不必将 z 轴方向上的所有像素的亮度相加,并且可以仅将任意范围中的或特定层之间的像素的亮度相加。

[0139] 在步骤 S1120,从通过投影图像生成单元 335 所生成的投影图像来提取特征区域,其中,在该特征区域中,存在诸如被检眼的视网膜血管等的生物组织或病变部位。由于视网膜血管具有细的线状结构,所以使用强调线状结构的滤波器来进行提取。在这种情况下,使用基于对比度的线段强调滤波器,例如,计算被定义为结构要素的线段中的图像浓度值的平均值和围绕该结构元素的局部区域中的平均值之差的滤波器。注意,可以使用作为滤波器的处理结果所获得的多值区域作为血管提取结果,或者可以使用利用特定阈值二值化的区域作为提取结果。

[0140] 然而,用于强调线状结构的方法不局限于此。例如,可以使用诸如 Sobel 滤波器或 Laplacian 滤波器等的差分滤波器。可以针对浓度值图像的各个像素计算 Hessian 矩阵的特征值,并且可以从作为结果所获得的两个特征值的组合来提取线状区域。此外,可以使用诸如仅用线段作为结构元素的顶帽 (top hat) 运算等的任意已知的血管提取方法。

[0141] 当将这样在步骤 S1120 所计算出的投影图像上的特征区域 (x, y) 逆投影至断层图像时,获得逆投影区域,如图 12 中的虚线区域 8 所示。通常,在视网膜血管的 z 轴的正向侧容易发生亮度衰减。因此,当将所提取的特征 (在 x-y 方向上) 的位置逆投影至断层图像时,逆投影得到的虚线区域 8 更可能包括伪影区域 5。然而,当对错误提取的区域进行逆投影时,在逆投影区域中不发生亮度衰减。即使当对正确提取的视网膜血管进行逆投影时,逆投影区域下方的亮度衰减轻微,并且在一些情况下,对层提取几乎没有影响。

[0142] 因此,判断在逆投影区域中和该区域的边界附近是否生成了伪影。如果生成了伪影区域,则计算与该区域中的亮度相关联的统计量。因此,步骤 S430 中的伪影区域判断方法除作为连续性的计算对象的层候选点的范围以外、与第一实施例的步骤 S610 ~ S640 中的方法基本相同。更具体地,不是针对所有层候选点、而是针对逆投影区域内部及 x-y 方向上的该区域附近执行连续性计算处理。

[0143] 根据上述结构,本实施例的图像处理设备 10 根据断层图像和投影图像指定伪影区域,并且基于例如该区域中的亮度统计量执行图像校正,从而获得可以更容易地检测到伪影区域中所包括的层区域的图像。

[0144] 第四实施例

[0145] 不同于第三实施例,本实施例在判断伪影区域之后不仅执行伪影区域中的图像校正,而且还从校正后的图像检测预定层。本实施例应对下面几点。

[0146] (i) 当由于血管(出血)而生成伪影时,将根据投影图像所计算出的血管(出血)区域的位置信息映射至断层图像,并且从映射得到的区域的周围区域搜索并指定伪影区域的边缘部分,从而允许以更高精度计算伪影区域的范围。

[0147] (ii) 即使在生成伪影并且亮度衰减的区域中,也使该区域经过图像校正以允许容易地检测其余边缘信息,并且从校正后的区域检测边缘信息,从而允许计算更精确的层位置。

[0148] 由于与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构与第三实施例中的结构相同,所以不再重复对其的说明。图 13 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。不同于第三实施例的图像处理单元 1001,本实施例的图像处理单元 1301 包括层确定单元 334。本实施例的图像处理的内容除步骤 S450 和 S455 的处理以外与图 13 中的相同。因此,下面仅说明本实施例的步骤 S450 和 S455 的处理,并且不给出其它步骤的说明。

[0149] 在步骤 S450,作为伪影区域中的图像处理,执行图像校正、层确定、层几何形状测量和结果显示处理。该步骤的处理与第二实施例中的步骤 S1010 ~ S1040 中的相同,并且不再对其进行详细说明。在步骤 S455,作为未生成伪影时所执行的处理,根据在步骤 S420 所获取的层位置测量层几何形状,并且将层位置和层几何形状测量结果重叠在断层图像上。该重叠方法的细节与第二实施例中的步骤 S1110 ~ S1120 中的相同,并且不再对其进行详细说明。

[0150] 根据上述结构,本实施例的图像处理设备 10 根据断层图像和投影图像指定伪影区域,并且在该区域中执行图像校正。由于该设备根据校正结果检测层的图像特征,所以可以更精确地计算该区域中的层位置。

[0151] 第五实施例

[0152] 在本实施例中,在第三实施例以外,将从被检眼的表面图像和投影图像中的至少一者所提取的组织或病变部位的位置信息逆投影至断层图像上,以预先缩窄伪影候选区域。这是因为,当生成诸如白斑等的特别容易从表面图像提取的病变部位时,使用表面图像计算白斑区域,并且从所提取的病变部位的周围区域搜索并指定伪影区域的边缘部分,从而允许以更高精度计算伪影区域的范围。

[0153] 图 14 示出与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构。在本实施例中,不同于第三实施例,除断层图像摄像设备 20 以外,该结构还包括表面图像摄像设备 50。表面图像摄像设备 50 拍摄眼部的表面图像,并且包括例如眼底照相机或 SLO(激光扫描检眼镜)。图 15 是本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。本实施例的图像处理设备 10 包括表面图像获取单元 315,并且不同于第三实施例的图像处理设备 10 的结构,图像处理单元 1501 包括对准单元 337。

[0154] 下面将参考图 16 所示的流程图说明本实施例的图像处理单元 1501 的图像处理。本实施例的图像处理序列除步骤 S1610 ~ S1650 的处理外与图 11 所示的几乎相同。因此,下面将说明这些步骤的处理。

[0155] 在步骤 S1610,除通过断层图像获取单元 310 获取断层图像以外,表面图像获取单元 315 请求表面图像摄像设备 50 发送表面图像,并且获取从表面图像摄像设备 50 所发送

的表面图像。假定输入眼底照相机图像作为表面图像。单元 315 将所获取的信息发送给存储单元 320。

[0156] 在步骤 S1110 的投影图像生成处理之后的步骤 S1620, 特征提取单元 336 从通过表面图像获取单元 315 所获取的表面图像提取诸如血管等的组织或者诸如白斑等的病变区域。由于视网膜血管具有线状结构, 所以使用强调线状结构的滤波器进行提取。由于线状结构提取方法与步骤 S1120 中的相同, 所以不给出对其的说明。由于白斑作为颗粒状高亮度区域存在, 所以通过诸如顶帽变换等的形态学运算来计算白斑。在这种情况下, 通过形态学运算获得作为高亮度多值区域的白斑区域, 并且可以使用该多值区域本身作为提取结果, 或者可以使用利用特定阈值二值化的区域作为提取结果。然而, 白斑提取方法不局限于此, 并且可以使用表面图像的亮度和强调对比度的已知滤波器的输出结果作为特征量, 通过诸如支持向量机等识别器或者诸如 Ada Boost 等的识别器组来识别白斑。

[0157] 在步骤 S1630, 对准单元 337 在投影图像和表面图像之间进行对准, 以将投影图像的坐标与表面图像的坐标相关联。在对准时, 预先定义表示两个图像之间的相似度的评价函数, 并且将图像变形以获得最佳评价值。作为相似度评价方法, 使用用于利用相互信息内容基于像素值来评价相似度的方法。然而, 本发明不局限于这一特定方法, 并且可以使用通过特征提取单元 336 从表面图像和投影图像所提取的均方差、相关系数、或者血管区域之间的重叠面积或血管分支部之间的距离等。在仿射变换的前提下, 通过变换或转动图像、或者改变放大因数来实现图像变形。

[0158] 在步骤 S1640, 使用在步骤 S1630 所计算出的对准参数, 将在步骤 S1620 计算出的来自表面图像的血管或白斑提取结果逆投影至断层图像。作为逆投影区域, 获得图 17A 中的虚线区域 8 所示的区域。通常, 由于亮度衰减常常发生在视网膜血管的 z 轴的正向侧, 所以当将各特征提取区域 (在 x-y 方向上) 的坐标和亮度逆投影至断层图像时, 各逆投影虚线区域 8 更可能包括伪影。然而, 当如本实施例中一样, 从表面图像提取白斑时, 在白斑候选区域中可能错误地提取诸如脉络膜小疣等的颗粒状高亮度区域。在这种情况下不发生层区域中的亮度衰减, 如图 17B 所示。即使当对正确提取的视网膜血管区域进行逆投影时, 逆投影区域下方的亮度衰减轻微, 并且在一些情况下, 对层提取几乎没有影响。因此, 判断在逆投影区域中和该区域边界附近是否生成了伪影。如果生成了伪影, 则计算该区域中的亮度的统计量。

[0159] 该伪影区域判断方法与第一实施例的步骤 S610 ~ S640 的情况下的判断方法大体相同, 但是作为连续性的计算对象的层候选点的范围不同于第一实施例。更具体地, 不是对所有层候选点、而是对逆投影区域内部和 x-y 方向上的该区域附近执行连续性计算处理。注意, 除仅从断层图像所获得的信息以外, 还可以参考从投影图像和眼底图像所获得的信息来判断伪影区域。例如, 当从投影图像所获得的视网膜血管区域与从眼底图像所获得的视网膜血管区域重叠时, 可以认为该区域很可能是血管, 并且可以判断为该区域的边缘部分不连续。可选地, 可以计算根据断层图像所计算出的连续性值与血管区域重叠程度的值的线性和, 并且可以使用阈值将该线性和二值化, 以判断连续性。

[0160] 由于步骤 S1650 的伪影区域图像处理显示图像校正之后的校正结果, 也就是说, 采用与第一实施例中的大体相同的序列, 所以不给出对其的详细说明。然而, 在本实施例中, 在伪影区域的图像校正时, 还可以参考从眼底图像所获得的信息。例如, 当在眼底图像

上白斑的亮度非常高时,由于即使在断层图像上、亮度在层候选点的 z 轴的正向侧也很可能衰减,所以与白斑区域的亮度信号值成比例地放大或强调亮度。在这种情况下,作为白斑区域的亮度,直接参考眼底图像上该区域的像素值。然而,白斑区域的亮度不局限于这些值,并且可以参考通过例如形态学运算等所获得的处理结果的值(多值数据)。

[0161] 根据上述结构,本实施例的图像处理设备 10 基于使用表面图像和投影图像所指定的伪影区域中的亮度的统计量执行图像校正,从而获得可以更容易地检测该区域中所存在的层区域的图像。

[0162] 第六实施例

[0163] 本实施例不仅执行第五实施例中的伪影区域的图像校正,而且还从校正后的图像检测预定层。尤其在由于白斑而生成伪影时,本实施例利用以下几点。

[0164] (i) 将根据表面图像所计算出的白斑区域的位置信息映射至断层图像,并且从该区域的周围区域搜索并指定伪影区域的边缘部分,从而以更高精度计算伪影区域的范围。

[0165] (ii) 即使在生成伪影并且亮度衰减的区域中,也使该区域经过图像校正以允许容易地检测其余边缘信息,并且从校正后的区域检测边缘信息,从而允许计算更精确的层位置。

[0166] 与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构与第五实施例中的相同。图 18 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。不同于第五实施例的图像处理单元 1501,本实施例的图像处理单元 1801 包括层确定单元 334。除步骤 S1650 和 S455 的处理以外,本实施例的图像处理序列与图 16 所示的相同。因此,仅说明步骤 S1650 和 S455 的处理,并且不再重复对其它步骤的说明。

[0167] 在步骤 S1650,作为伪影区域中的图像处理,执行图像校正、层确定、层几何形状测量和结果显示处理。该步骤的处理与第二实施例的步骤 S1010 ~ S1040 的处理相同,并且不再重复对其的详细说明。然而,在本实施例中,还可以使用在步骤 S1010 从眼底图像所获得的信息来执行图像校正。用于在图像校正时参考从眼底图像所获得的信息的实际序列与第五实施例步骤 S1650 的情况下的序列相同,并且不再重复对其的说明。

[0168] 在步骤 S455,作为在没有生成伪影时所执行的处理,根据在步骤 S420 所获取的层位置测量层几何形状,并且将层位置和层几何形状测量结果重叠在断层图像上。这种情况下的重叠方法与第二实施例中的相同,并且不再重复对其的详细说明。

[0169] 根据上述结构,图像处理设备 10 在根据表面图像和投影图像所指定的伪影区域中执行图像校正。通过从校正结果检测层的图像特征,可以更精确地计算该区域中的层位置。

[0170] 第七实施例

[0171] 在本实施例中,根据被检眼的断层图像判断伪影区域,并且考虑到伪影区域中的亮度和该区域周围的层几何形状,使用这两者的信息来计算伪影区域中的层位置。

[0172] 由于与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构与第一实施例的图 2 所示的相同,所以没有给出对其的说明。图 19 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。参考图 19,代替图像校正单元 333,本实施例的图像处理单元 1901 包括图像处理方法确定单元 1910,并且不同于第一实施例的图像处理设备 10 的图像处理单元 330 的结构,还包括层确定单元 334。图像处理方法确定单元 1910 包括亮度使用判断单元 1911 和评价

函数设置单元 1912。下面将与通过本实施例的图像处理设备 10 所执行的实际处理序列相关联,参考图 20 所示的流程图说明构成图像处理设备 10 的各个块的功能。

[0173] 下面将说明本实施例的图像处理序列。注意,除步骤 S2010 ~ S2030 的处理以外,本实施例的处理序列与图 4 所示的流程图中的相同。因此,下面仅说明步骤 S2010 ~ S2030,并且不再重复对其它步骤的说明。

[0174] 在步骤 S2010,伪影区域判断单元 332 根据在步骤 S430 所获得的判断结果分支处理。也就是说,对于被判断为生成了伪影的层候选点,单元 332 发送信号以指示图像处理方法确定单元 1910 执行预定处理。另一方面,如果单元 332 判断为未生成伪影的真图像区域,则发送信号以指示显示单元 340 执行预定处理。

[0175] 在步骤 S2020,当在预定层的候选点附近生成伪影时,图像处理单元 1901 执行分析处理。后面将使用图 21 所示的流程图详细说明该步骤的处理。在步骤 S2030,显示单元 340 将层判断结果重叠在断层图像上。当以线表示层的边界时,可以对各个边界使用预定颜色的线,或者在不明确表示边界的情况下,以半透明颜色表示层的区域。注意,在进行这一显示时,希望采用允许使用例如 GUI 来选择感兴趣的断面的结构。另外,可以使用已知的体绘制技术三维显示这些结果。

[0176] 此外,可以通过针对各个坐标 (x, y) 计算所计算出的与视网膜色素上皮相对应的层候选点序列与步骤 S420 中所计算出的内界膜 1 之间的距离,测量视网膜层厚度。在这种情况下,显示单元 340 呈现与所测量的层几何形状相关联的信息作为对于整个 3D 断层图像 (x-y 平面) 的层厚度的分布映射图。然而,本发明不局限于这一特定显示方法。例如,显示单元 340 可以与检测结果的显示处理同步地显示感兴趣的断面中各个层的面积。可选地,显示单元 340 可以显示整个体积,或者可以计算并显示操作者在 x-y 平面上所指定的区域的体积。

[0177] 下面将说明本实施例的步骤 S2020 中的伪影区域图像处理。在本实施例中,向层位置应用可变形模型,从而使得即使在包括噪声的断层图像中也可以计算层位置。下面将说明使用 Snakes 作为可变形模型的例子。在这种情况下,通过使与模型几何形状相关联的评价函数值以及与构成该模型的控制点附近的亮度相关联的评价函数值的线性和最小化,确定层位置。

[0178] 作为与几何形状相关联的评价函数,使用构成模型的控制点位置的差与二阶微分值的线性和。模型几何形状随着线性和的减小而变得更平滑。作为与亮度相关联的评价函数,使用通过向构成模型的控制点附近的亮度梯度分配负号所获得的值。这是为了随着与边缘的距离的减小而减小评价函数值。通常将为了使可变形模型变形所使用的评价函数的权重设置成固定值,而不管构成模型的控制点是否包括在伪影区域中。在这种情况下,由于伪影区域中的亮度衰减,并且该区域中的亮度变化小,所以实际上基于与模型几何形状相关联的评价函数值的大小来确定层位置。当在伪影区域中残留例如边缘的信息时,在重视与亮度相关联的信息的情况下确定层位置(优先于基于模型几何形状的平滑度计算层位置的情况),从而更精确地检测层几何形状。为此,根据伪影区域中的控制点处的亮度的衰减程度,与真图像区域相比,将与亮度相关联的评价函数的权重设置得更大。

[0179] 然而,当伪影区域中的亮度小,并且几乎没有残留例如边缘的信息时,在确定层位置时不能使用例如边缘的亮度信息。因此,不增大与亮度相关联的评价函数的权重,并且基

于与模型几何形状相关联的函数评价值的大小来确定层位置。

[0180] 下面将参考图 21 所示流程图说明用于实际设置可变形模型的各个评价函数的权重的方法。

[0181] 在步骤 S2110, 图像处理方法确定单元 1910 从存储单元 320 读出在图 6 的流程图的步骤 S640 所计算出的、与伪影区域中的亮度相关联的统计量, 其中, 图 6 详细示出步骤 S430 中的伪影区域判断处理。单元 1910 基于该统计量判断: 由于在该区域中残留 (衰减的) 边缘所以在层检测时使用亮度信息、还是由于亮度不足而不使用例如边缘的亮度信息。

[0182] 更具体地, 计算指标 $E(i)$, 并且如果 $E(i) = 1$, 则判断为在确定层位置时使用亮度信息; 如果 $E(i) = 0$, 在判断为不使用亮度信息。如下给出指标 $E(i)$:

$$[0183] \quad E(i) = \begin{cases} 1 & \left(\frac{F_i}{B} > T_s \right) \\ 0 & \left(\frac{F_i}{B} \leq T_s \right) \end{cases} \quad \dots(8)$$

[0184] 其中, i 是可变形模型的控制点编号, B 是与背景区域 (例如, 在内界膜 1 的 z 轴的负方向侧的区域) 中的亮度相关联的统计量, 并且 F_i 是与控制点 i 所属的伪影区域中的亮度相关联的统计量。对于与亮度相关联的统计量, 使用最大值。另外, T_s 是阈值。

[0185] 注意, 与亮度相关联的统计量不局限于此。例如, 可以使用平均值、方差或标准差。另外, 可以将伪影区域分成任意局部区域, 并且可以使用各个控制点所属的局部区域中的亮度的统计量作为 F_i 。

[0186] 在步骤 S2120, 图像处理方法确定单元 1910 获取与伪影区域周围的层候选点序列的不平坦性相关联的信息。这是因为, 如果围绕伪影区域的层几何形状具有不平坦性, 则在该区域中也很可能生成不平坦性, 并且不得不通过降低与几何形状的平滑度的评价相关联的权重来计算层位置。作为用于计算层几何形状的实际不平坦性的方法, 计算与伪影区域周围的层候选点之间的角度相关联的统计量。在这种情况下, 使用最大值作为统计量。

[0187] 如图 22 所示, 计算层候选点 i 处的层候选点之间的角度, 作为通过将线段 $Q_{i-1}-Q_i$ 延长至 Q_{i+1} 侧所获得的线段与线段 Q_i-Q_{i+1} 之间的角度 θ_i 。不平坦性随着 θ_i 增大而变大。对于伪影区域周围的层候选点执行这一角度计算, 并且使用所计算出的角度中的最大值作为表示层候选点序列的不平坦程度的指标。注意, 与不平坦程度相关联的指标不局限于层候选点之间的角度, 并且可以计算层候选点位置处的二阶微分值 ($Q_{i-1}-2Q_i+Q_{i+1}$) 的统计量 (平均值、方差、最大值等)。可选地, 可以计算在将伪影区域周围的层候选当作曲线时的极值或拐点的数量。与层候选点的不平坦程度相关联的统计量不局限于最大值。例如, 可以使用平均值、方差或标准差。

[0188] 在步骤 S2130, 图像处理方法确定单元 1910 使用步骤 S2110 的判断结果和在步骤 S2120 所计算出的与层几何形状的不平坦程度相关联的指标, 设置可变形模型的评价函数的权重。作为与几何形状相关联的评价函数的权重, 设置与在步骤 S2120 所计算出的、表示层几何模型的不平坦程度的指标成反比的值。根据与在步骤 S2110 所计算出的伪影区域中

的亮度信息的使用相关联的判断结果,如下设置与亮度相关联的评价函数的权重。

[0189] (i) 当在确定层位置时使用伪影区域中的亮度信息时

[0190] 根据伪影区域中的亮度的衰减的程度,增大与亮度相关联的评价函数的权重。然后,将与在步骤 S640 所计算出的区域中的亮度统计量 F_s 和真图像区域中的亮度统计量 T_s 之间的比 T_s/F_s 成比例的值设置为与亮度相关联的评价函数的权重。然而,与亮度相关联的评价函数的权重的设置方法不局限于此。例如,可以设置任意权重函数,只要在 F_s 和与亮度相关联的评价函数的权重之间建立递减函数的关系即可。

[0191] (ii) 当在确定层位置时不使用伪影区域中的亮度信息时

[0192] 在伪影区域中,将与几何模型的亮度相关联的评价函数的权重设置成与真图像区域相同的值。注意,(ii) 中与亮度相关联的评价函数的权重的设置方法不局限于此。例如,可以降低与亮度相关联的评价函数的权重,或者将其设置成 0。

[0193] 在步骤 S2140,层确定单元 334 根据在步骤 S2130 所设置的评价函数的权重计算评价价值,并且使用诸如 Greedy 算法等的优化方法进行迭代计算,从而最小化评价函数值。当评价价值的变化量小于预定值、或者当迭代计算次数超过预定计数时,单元 334 结束层几何模型的变形,并且将在结束时的层几何模型的位置确定为层位置。

[0194] 注意,可以作为 2D 曲线或 3D 曲面模型来计算这些几何模型。本实施例说明了使用 Snakes 作为可变形模型的例子,但是可以使用水平集。此外,可以使用任意模型,只要它们在模型的变形时参考亮度的基于模型的分割方法中设置与亮度相关联的评价函数的权重即可。

[0195] 根据上述结构,图像处理设备 10 指定伪影区域,并且考虑该区域周围的层几何形状的不平坦性和该区域中的边缘信息来执行图像处理,因此以比传统方法更高的精度来计算层位置。

[0196] 第八实施例

[0197] 在本实施例中,在计算伪影区域中的层位置时,判断是否使用该区域中的例如边缘的亮度信息。当使用亮度信息时,校正该区域中的亮度,然后计算层位置。当不使用亮度信息时,通过插值计算层位置。本实施例覆盖以下几点。

[0198] (i) 在亮度衰减但并非不足的血管或小白斑区域中,转换亮度以便于使用例如残留的边缘的信息,然后检测层位置,从而计算更精确的层位置。

[0199] (ii) 在亮度不足并且不能使用边缘信息的大白斑或严重出血区域中,考虑伪影区域的生成位置和周围层几何形状,对周围层位置进行插值,从而计算更精确的层位置。

[0200] 由于与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构与第七实施例中的相同,所以不再重复对其的说明。图 23 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。在本实施例中,不同于第七实施例,图像处理单元 2301 包括图像校正单元 333,并且图像处理方法确定单元 1910 包括图像校正方法设置单元 1913 和插值函数设置单元 1914。

[0201] 下面将参考图 20 示出的图像处理序列说明本实施例中的图像处理的内容。注意,除步骤 S2020 的处理以外,本实施例的图像处理序列与第七实施例的相同。因此,下面将参考图 24 说明步骤 S2020 的处理的改变点,并且不再重复对其它步骤的说明。

[0202] 在步骤 S2410 进行判断:由于在伪影区域中残留弱的边缘所以在计算层位置时使用亮度信息、还是由于亮度不足而不使用例如边缘的亮度信息。由于实际判断序列与第七

实施例的步骤 S2110 的相同,所以不再重复对其的说明。

[0203] 在步骤 S2420,亮度使用判断单元 1911 根据步骤 S2410 的判断结果分支处理。也就是说,如果判断为在确定层位置时使用伪影区域中的亮度信息,则单元 1911 发送指示图像校正方法设置单元 1913 执行预定处理的信号。另一方面,如果判断为不使用该区域中的亮度信息,则单元 1911 发送指示插值函数设置单元 1914 执行预定处理的信号。

[0204] 在步骤 S2430,设置在伪影区域中执行亮度的转换(图像校正)所需的参数。可以使用各种图像校正方法。在本实施例中,将说明下面的图像校正方法中的参数的设置序列。

[0205] (i) 基于线性转换的方法

[0206] (ii) 基于直方图转换的方法

[0207] (iii) 强调层结构的方法

[0208] 在执行(i)中基于线性转换的图像校正时,使用伪影区域中的最大亮度 $I_{\max F}$ 、该区域中的最小亮度 $I_{\min F}$ 、以及真图像区域中的最大亮度 $I_{\max T}$,如下设置线性转换参数:

[0209] $y = I_{\max T} * (x - I_{\min F}) / (I_{\max F} - I_{\min F})$

[0210] 其中, y 是图像校正之后的伪影区域中的亮度,并且 x 是图像校正之前的伪影区域中的亮度。在这种情况下,执行将伪影区域中的最大亮度调整成真图像区域中的最大亮度的图像校正。

[0211] 在(ii)的方法中,执行各种直方图转换以使伪影区域中的直方图特征近似于真图像区域的直方图特征。在该方法中,将伪影区域中的亮度平均值和方差调整成与真图像区域中的相同。在这种情况下,使用伪影区域中的亮度的标准差 S_f 和平均值 A_f 、以及除伪影区域以外的整个图像中的亮度的标准差 S_t 和平均值 A_t ,可以如下设置图像校正函数的参数:

[0212] $y = (S_t / S_f) * (x - A_f) + A_t$

[0213] 其中, x 是校正之前的信号,并且 y 是校正之后的信号。

[0214] 此外,在(iii)的方法中,当使用 Hessian 矩阵的特征值执行层结构强调处理时,通过上述公式(5)描述与特征值 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 ($\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3$) 相关联的条件公式。Hessian 矩阵是由多变量函数的全部二阶偏导数所形成的矩形矩阵,如公式(3)所示,并且 I 是图像的浓度值。根据这三个特征值,可以使用上述公式(6)强调层结构。注意, $\omega(\lambda_s; \lambda_t)$ 是对于层结构强调处理所使用的权重,并且如上述公式(7)一样对其进行设置。然而,在公式(7)中,值 s 和 t 的实际组合为 $(s, t) = (1, 3)$ 或 $(2, 3)$,并且将 γ 和 α 分别设置成固定值。

[0215] 为了根据要检测的层的厚度实现层结构强调处理,如下设置基于作为层结构强调处理的预处理所执行的 Gaussian 函数的平滑参数 s :

[0216] (i) 根据伪影区域周围的层位置处的 A 扫描线上的亮度剖面图,计算层位置处的层厚度。在这种情况下,计算与层位置处的亮度的差等于或小于预定值的线的范围,并且使用其长度作为层厚度。

[0217] (ii) 与伪影区域周围的层厚度的值成比例地设置在平滑时所使用的 Gaussian 滤波器的分辨率 s 的值。

[0218] 注意,本实施例的图像校正方法不局限于这些方法。例如,可以使用任意图像校正方法,只要在伪影区域中的校正前后的亮度之间建立递增函数的关系、并且该方法包括可

调整的参数即可。

[0219] 在步骤 S2440, 图像校正单元 333 基于在步骤 S2430 所设置的图像校正方法, 对伪影区域中的亮度执行转换 (图像校正), 从而使得便于检测层位置。此外, 在步骤 S2450, 层确定单元 334 基于经过了图像校正单元 333 的图像校正的区域的亮度信息, 获取要提取的层的图像特征, 并且通过连接这些特征点来定义层位置。例如, 视网膜色素上皮本来为各个 A 扫描线上的最高亮度区域, 并且即使在伪影区域中也趋于具有较高亮度。因此, 通过在 x 轴方向上连接在图像校正之后的区域中的各个 A 扫描线上位于层候选点的 z 轴的正向侧的、亮度最大的像素, 确定层位置。

[0220] 利用上述序列, 确定在亮度使用判断单元 1911 判断为使用伪影区域中的亮度信息时的层位置。下面将说明在亮度使用判断单元 1911 判断为不使用伪影区域中的亮度信息时图像处理确定单元 1910 的处理内容。

[0221] 在步骤 S2460, 图像处理确定单元 1910 获取通过伪影区域判断单元 332 所计算出的、与伪影区域的范围相关联的信息。更具体地, 假定 i 为图 25 中的伪影区域的标志, 单元 1910 获取与以下相关联的信息: 伪影的生成位置 (x_i, y_i) 和宽度 W_i 、以及属于该区域附近的真图像区域 n_i 的层候选点的数量 d_i 。在步骤 S2470, 单元 1910 计算表示伪影区域周围所存在的层候选点序列的不平坦程度的指标。由于这一指标与步骤 S2120 所计算的相同, 所以不再重复对其的详细说明。

[0222] 此外, 在步骤 S2480, 图像处理确定单元 1910 根据在步骤 S2460 和 S2470 所获取的信息, 选择对伪影区域之间的层候选点序列插值时所使用的插值函数的类型或阶次、以及插值中所使用的层候选点。

[0223] (i) 首先, 在各伪影区域中, 根据在步骤 S2470 所计算出的伪影区域的宽度 W_i 和与该区域附近的层几何形状相关联的指标的值 (例如, 层候选点之间的角度的统计量 θ_i), 选择插值函数的类型或阶次。例如, 如果 W_i 小于预定值, 则选择线性插值; 如果 W_i 等于或大于预定值, 则选择 B 样条插值。可选地, 可以使用下面的选择方法。也就是说, 如果层几何形状具有大的不平坦性 (如果 θ_i 的平均值或最大值等于或大于预定值), 则使用自然样条插值, 其中, 自然样条插值的插值曲线穿过控制点, 并且与 B 样条插值相比, 自然样条插值允许计算更精确的层位置。另外, 可以使用下面的选择方法。也就是说, 即使对于相同类型的插值函数, 与伪影区域周围的层候选点之间的角度 θ_i 的统计量 (平均值、最大值等) 的大小成比例地设置插值函数的阶次。

[0224] (ii) 然后, 选择伪影区域中的层位置的插值所使用的层候选点。更具体地, 检查属于伪影区域 i 附近的真图像区域 n_{i-1} 和 n_i 的层候选点的数量 d_{i-1} 和 d_i 是否满足为通过所选择的插值函数进行插值所需的最小必需数量。如果这些数量满足最小必需数量, 则根据插值所需的数量来选择属于这些真图像区域的层候选点中在伪影区域附近的层候选点。另一方面, 如果这些数量不满足最小必需数量, 则选择属于其它真图像区域的层候选点。例如, 当真图像区域 (例如, 图 25 中的真图像区域 n_{i+1}) 中存在的层候选点的数量不足以在插值中使用时, 还选择相邻区域 n_{i+2} 中的层候选点。

[0225] 当在当前要插值的方向上不存在具有足够数量的层候选点的真图像区域时 (例如, 当伪影区域存在于图像区域的边缘时), 如下选择层候选点。也就是说, 将要插值的方向改变成存在足够的能用于插值的层候选点的方向, 并且选择属于该方向附近的真图像区

域的层候选点。例如,当伪影区域存在于图像的边缘,如图 25 所示,并且与 x 方向相关联的插值所使用的层候选点的数量短缺时,可以选择存在于通过伪影区域的 y-z 平面上的伪影区域附近的真图像区域中的层候选点。注意,要插值的的方向的类型不一定局限于与 x 轴或 y 轴平行的方向,并且可以将其改变成存在足够的能用于插值的层候选点的任意方向。例如,考虑到下面的情况,可以选择存在于如图 25 一样通过圆形扫描所生成的平面上的伪影区域附近的真图像区域中的层候选点:例如,在黄斑部或视神经乳头中,层几何形状趋于具有类似于同心形状的图像特征。将与在该步骤所确定的图像处理方法相关联的信息发送给层确定单元 334。

[0226] 在步骤 S2450,层确定单元 334 利用在该步骤中所选择的类型的插值函数,通过在步骤 S2480 所选择的层候选点之间进行插值,确定伪影区域中的层位置。然后,将所计算出的层位置的信息输出给存储单元 320。

[0227] 利用上述序列,执行与本实施例相对应的伪影区域图像处理。注意,在本实施例中,在确定图像处理方法之后执行图像校正。然而,执行图像校正的时刻不局限于此。例如,在伪影区域判断单元 332 的处理之后,图像校正单元 333 可以根据该区域中亮度衰减的程度来执行图像校正。在这种情况下,图像处理方法确定单元接收到该图像校正结果,并且响应于亮度使用判断单元的判断结果,进行与插值处理相关联的设置。另外,图像校正方法设置单元 1913 包括在图像校正单元 333 中。

[0228] 根据上述结构,图像处理设备 10 指定伪影区域,并且判断是否使用伪影区域中的例如边缘的亮度信息。如果使用例如边缘的亮度信息,则在校正该区域中的亮度之后执行层确定处理。当不使用该信息时,根据伪影区域的范围和该区域附近的层几何形状执行插值处理,从而以高精度计算层位置。

[0229] 第九实施例

[0230] 在本实施例中,代替第七实施例中仅使用断层图像来计算伪影区域中的层位置,根据被检眼的断层图像生成投影图像,并且将从投影图像所提取的组织或病变部位的位置信息逆投影至断层图像,以缩窄伪影候选区域。

[0231] 本实施例覆盖以下几点。

[0232] (i) 将根据投影图像所计算出的血管(出血)区域的位置信息映射至断层图像,并且从所映射的区域的周围区域搜索并指定伪影区域的边缘部分,从而允许以更高精度计算伪影区域的范围。

[0233] (ii) 由于考虑伪影区域中残留的边缘信息和伪影区域周围的层几何形状的不平坦性,通过对评价函数进行加权来应用层模型,所以可以计算更精确的层位置。

[0234] 由于与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构与第七实施例的相同,所以不给出对其的说明。图 26 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。不同于第七实施例的图 19 所示的图像处理单元 1901,本实施例的图像处理单元 2601 包括投影图像生成单元 335 和特征提取单元 336。由于其它单元与图 19 中相同,所以不再重复对其的说明。

[0235] 下面将参考图 27 所示的图像处理序列说明本实施例的图像处理的内容。注意,除步骤 S2710、S2720 和 S2730 的处理以外,本实施例的处理与第七实施例的图 20 所示的相同。因此,下面说明步骤 S2710、S2720 和 S2730 的处理。

[0236] 在步骤 S2710, 投影图像生成单元 335 通过对断层图像进行投影生成图像。由于实际生成方法与第三实施例的图 11 的步骤 S1110 中所述的相同, 所以不再重复对其的说明。在步骤 S2720, 从由投影图像生成单元 335 所生成的投影图像提取诸如视网膜血管等的组织或病变部位的特征。由于实际生成方法与第三实施例的图 11 的步骤 S1120 中所述的相同, 所以不再重复对其的说明。

[0237] 在步骤 S2730, 当将在步骤 S2720 所计算出的投影图像上的血管区域 (x, y) 逆投影至断层图像时, 获得图 28 中以虚线区域 2801 所表示的区域 (以下称为逆投影区域)。通常, 在视网膜血管的 z 轴的正向侧, 容易发生亮度衰减。因此, 当将所提取的特征 (在 $x-y$ 方向上) 的位置逆投影至断层图像时, 逆投影得到的虚线区域 2801 很可能包括伪影区域 5。然而, 当对错误提取的区域进行逆投影时, 在逆投影区域中不发生亮度衰减。即使在对正确提取的视网膜血管进行逆投影时, 逆投影得到的区域下方的亮度衰减也轻微, 并且在一些情况下, 对层提取几乎没有影响。因此, 判断在逆投影区域中和该区域的边界附近是否生成了伪影。如果生成了伪影, 则计算与该区域中的亮度相关联的统计量。

[0238] 除作为连续性的计算对象的层候选点的范围以外, 伪影区域判断方法与第一实施例的步骤 S610 ~ S640 中的大体相同。更具体地, 不是对于所有层候选点, 而是对逆投影区域内部和 $x-y$ 方向上该区域附近执行连续性计算处理。

[0239] 根据上述结构, 使用断层图像和投影图像指定伪影区域, 并且不仅考虑该区域周围的层几何形状, 而且还考虑该区域中的边缘信息, 通过对评价函数进行加权来应用层模型, 从而以高精度计算层位置。

[0240] 第十实施例

[0241] 本实施例在第九实施例中在亮度使用判断单元的判断之后, 在使用例如边缘的亮度信息时对伪影区域执行图像校正然后计算层位置, 并且在不使用该信息时通过插值处理计算层位置。

[0242] 本实施例覆盖以下几点:

[0243] (i) 将根据投影图像所计算出的血管 (出血) 区域的位置信息映射至断层图像, 并且从映射得到的区域的周围区域搜索并指定伪影区域的边缘部分, 从而允许以更高精度计算伪影区域的范围。

[0244] (ii) 在例如残留有衰减的边缘的信息的血管区域中, 在转换亮度之后检测层位置, 从而更精确地计算层位置。

[0245] (iii) 在亮度不足并且不能使用例如边缘的亮度信息的区域中, 考虑伪影区域的生成位置和周围层几何形状对周围层位置进行插值, 从而更精确地计算层位置。

[0246] 由于与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构与第九实施例的相同, 所以不再重复对其的说明。图 29 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。不同于第九实施例, 本实施例的图像处理单元 2901 还包括对准单元 337, 并且代替评价函数设置单元 1912, 图像处理方法确定单元 1910 包括图像校正方法设置单元 1913 和插值函数设置单元 1914。下面将参考图 24 和 27 所示的图像处理序列说明本实施例的图像处理的内容。注意, 除步骤 S2020 以外的处理与第九实施例的相同。因此, 下面将说明步骤 S2020 的处理, 并且不再重复对其它步骤的说明。

[0247] 在步骤 S2020, 执行伪影区域中的图像处理。由于该步骤的处理与第八实施例的图

24 的步骤 S2410 ~ S2480 中的相同,所以不再重复对其的详细说明。

[0248] 根据上述结构,图像处理设备 10 使用断层图像和投影图像指定伪影区域,并且判断是否使用该区域中的例如边缘的亮度信息。当使用该信息时,在校正该区域中的亮度之后执行层确定处理。当不使用该信息时,根据伪影区域的范围和该区域周围的层几何形状执行插值处理,从而以高精度计算层位置。

[0249] 第十一实施例

[0250] 本实施例向第九实施例添加了下面的处理:将从被检眼的表面图像和投影图像中至少一个所提取的组织或病变部位的位置信息逆投影至断层图像,以预先缩窄伪影候选区域。

[0251] 本实施例覆盖以下几点:

[0252] (i) 当生成从表面图像可容易地提取的诸如白斑等的病变部位时,从表面图像提取白斑区域,将其位置信息映射至断层图像,并且从该区域的周围区域搜索并指定伪影区域的边缘部分,从而以更高精度计算伪影区域的范围。

[0253] (ii) 由于考虑伪影区域中残留的边缘信息和伪影区域周围的层几何形状的不平坦性,通过对评价函数进行加权来应用层模型,所以可以计算更精确的层位置。

[0254] 不同于第九实施例,与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构还包括表面图像摄像设备 50,如图 14 所示。另外,在根据本实施例的图像处理设备 10 中,不同于第九实施例,图像处理单元 3001 包括表面图像获取单元 315,如图 30 所示。

[0255] 下面将参考图 31 所示的图像处理序列说明本实施例的图像处理的内容。注意,由于除步骤 S3110 ~ S3150 以外的处理与第九实施例的相同,所以不再重复对其的说明。另外,步骤 S3110 ~ S3140 的处理与上述第五实施例的步骤 S1610 ~ S1640 的相同,并且不再重复对其的说明。

[0256] 此外,在步骤 S3150,执行伪影区域中的图像处理。该步骤的处理与第七实施例的步骤 S2110 ~ S2140 的大体相同。然而,在本实施例中,在步骤 S2130,还可以使用从眼底图像所获得的信息来设置图像处理参数。例如,当眼底图像上的白斑的亮度非常高时,由于亮度在断层图像上的白斑区域的 z 轴的正向侧很可能衰减,所以与白斑区域的亮度信号值成比例地增大与几何形状相关联的评价函数的权重。作为白斑区域的亮度信号值,可以直接参考眼底图像上的该区域的像素值,或者可以参考作为形态学运算等的处理结果所获得的区域的值(多值数据)。

[0257] 根据上述结构,在使用表面图像和投影图像所指定的伪影区域中,由于不仅考虑该区域周围的层几何形状,而且还考虑该区域中的亮度信息,通过对评价函数进行加权来应用层模型,因而以高精度来计算层位置。

[0258] 第十二实施例

[0259] 本实施例在第十一实施例中在亮度使用判断单元的判断之后,在使用例如边缘的亮度信息时对伪影区域执行图像校正然后确定层位置,并且在不使用该信息时通过插值处理来计算层位置。

[0260] 尤其当由于白斑而生成伪影时,本实施例覆盖以下几点。

[0261] (i) 将根据表面图像所计算出的白斑区域的位置信息映射至断层图像,并且从所映射的区域的周围区域搜索并指定伪影区域的边缘部分,从而允许以更高精度计算伪影区

域的范围。

[0262] (ii) 在例如残留有衰减的边缘的信息的血管区域中,在转换亮度之后检测层位置,从而更精确地计算层位置。

[0263] (iii) 在亮度缺失并且不能使用例如边缘的亮度信息的区域中,考虑伪影区域的生成位置和周围层几何形状对周围层位置进行插值,从而更精确地计算层位置。

[0264] 由于与根据本实施例的图像处理设备 10 连接的设备的结构与第十一实施例的相同,所以不再重复对其的说明。图 32 是根据本实施例的图像处理设备 10 的功能框图。在本实施例中,不同于第五实施例,代替评价函数设置单元 1912,图像处理方法确定单元 1910 包括图像校正方法设置单元 1913 和插值函数设置单元 1914。另外,本实施例中的图像处理序列与第十一实施例中的大体相同。然而,如下执行步骤 S3150 的处理。

[0265] 然而,在步骤 S3150 所执行的处理具有与第十实施例中的相同的序列。也就是说,如图 24 所示,判断是否使用伪影区域中的例如边缘的亮度信息。当使用该信息时,在校正该区域中的亮度之后执行层确定处理。当不使用该信息时,根据该区域的范围和该区域周围的层几何形状设置插值函数的类型和参数,然后执行插值处理。

[0266] 根据上述结构,在使用表面图像和投影图像所指定的伪影区域中,判断是否使用该区域中的例如边缘的亮度信息。当使用该信息时,在校正该区域中的亮度之后执行层确定处理。当不使用该信息时,根据伪影区域的范围和该区域周围的层几何形状执行插值处理。这样,可以以高精度计算层位置。

[0267] 其它实施例

[0268] 上述实施例作为图像处理设备来实现本发明。然而,本发明的实施例不仅局限于图像处理设备,并且可以作为在通过计算机的 CPU 执行时实现功能的软件来实现。

[0269] 图 33 是示出作为软件实现图像处理设备 10 的各个单元的功能所使用的计算机的基本结构的框图。CPU 3301 使用存储在 RAM 3302 和 ROM 3303 中的程序和数据来控制整个计算机。另外,CPU 3301 通过控制对与图像处理设备 10 的各个单元相对应的软件程序的执行来实现各个单元的功能。RAM 3302 包括用于临时存储从外部存储装置 3304 所装载的计算机程序和数据区域,并且还包括 CPU 3301 执行各种处理所需的工作区。通过 RAM 3302 实现存储单元 320 的功能。

[0270] ROM 3303 通常存储计算机的 BIOS 和设置数据等。外部存储装置 3304 用作诸如硬盘驱动器的大容量信息存储装置,并且存储由 CPU 3301 所执行的操作系统和程序。外部存储装置 3304 存储本实施例的说明中所给出的信息,并且根据需要将这些信息装载进 RAM 3302。由例如液晶显示器构成监视器 3305。例如,监视器 3305 可以显示从显示单元 340 输出的内容。

[0271] 键盘 3306 和鼠标 3307 是输入装置。操作者可以使用这些输入装置向图像处理设备 10 输入各种指示。接口 3308 用于在图像处理设备 10 和外部设备之间交换各种数据,并且可以由例如 IEEE 1394、USB 或 Ethernet® 端口等构成。将经由接口 3308 所获取的数据取入 RAM 3302。经由接口 3308 实现断层图像获取单元 310 和结果输出单元 350 的功能。上述组件经由总线 3309 相互连接。

[0272] 还可以利用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)和通过下面的方法实现本发明的各方面,

其中,利用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。为此,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。

[0273] 尽管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。

[0274] 本申请要求 2009 年 6 月 2 日提交的日本 2009-133455 号专利申请的优先权,其全部内容通过引用包含于此。

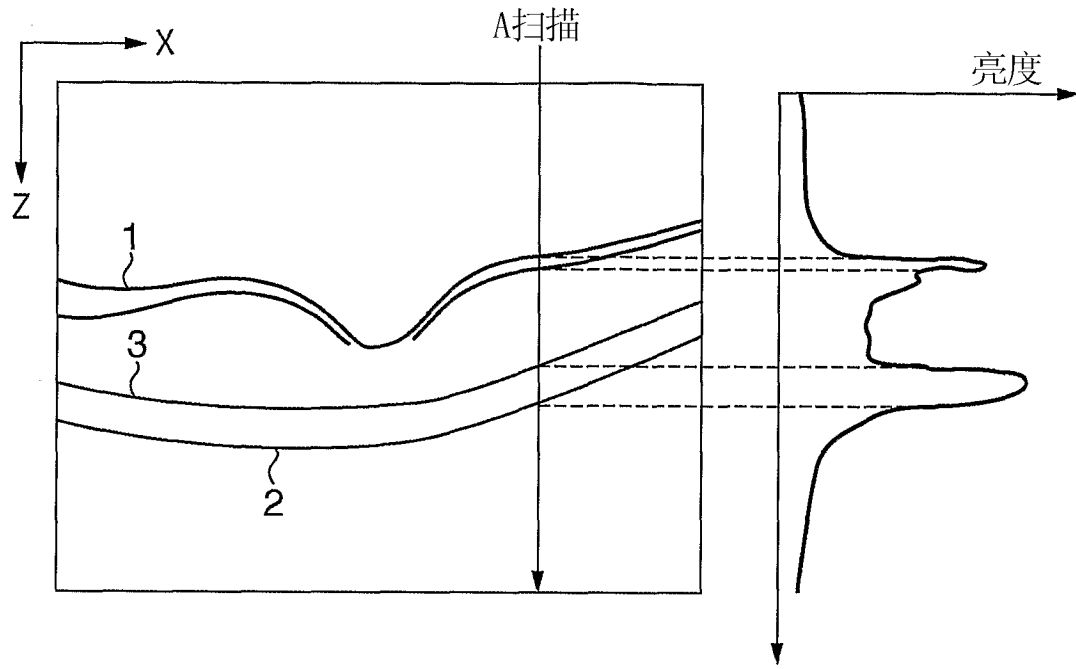


图 1A

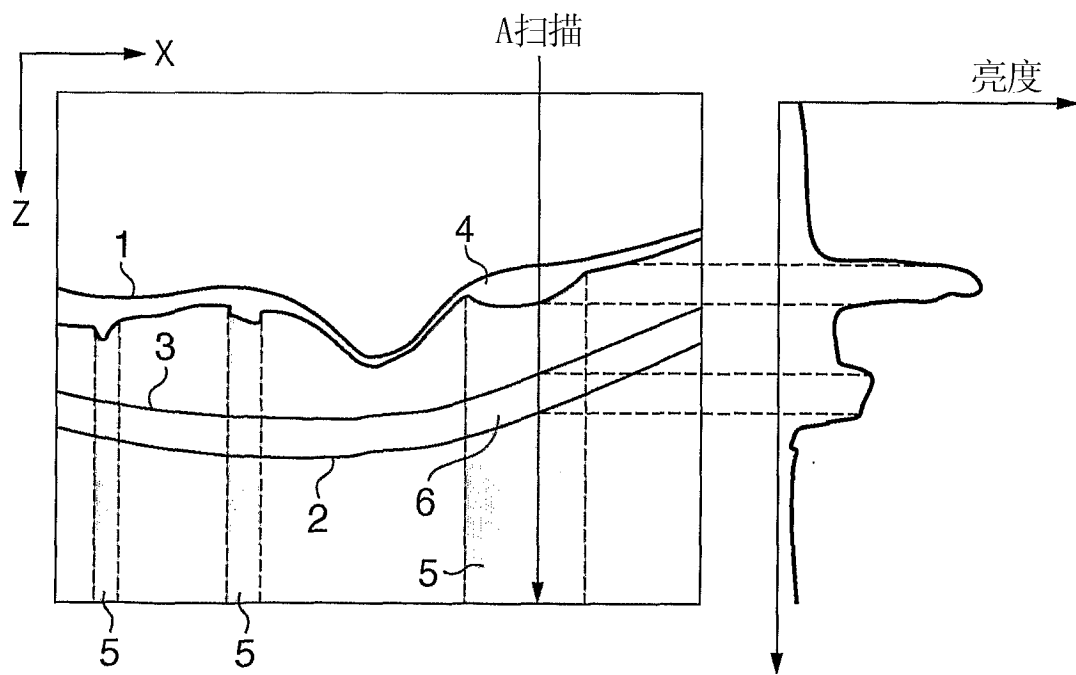


图 1B

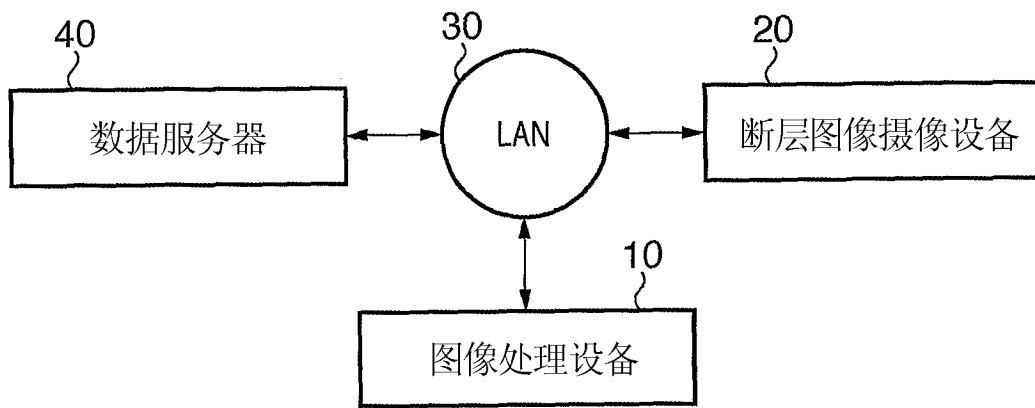


图 2

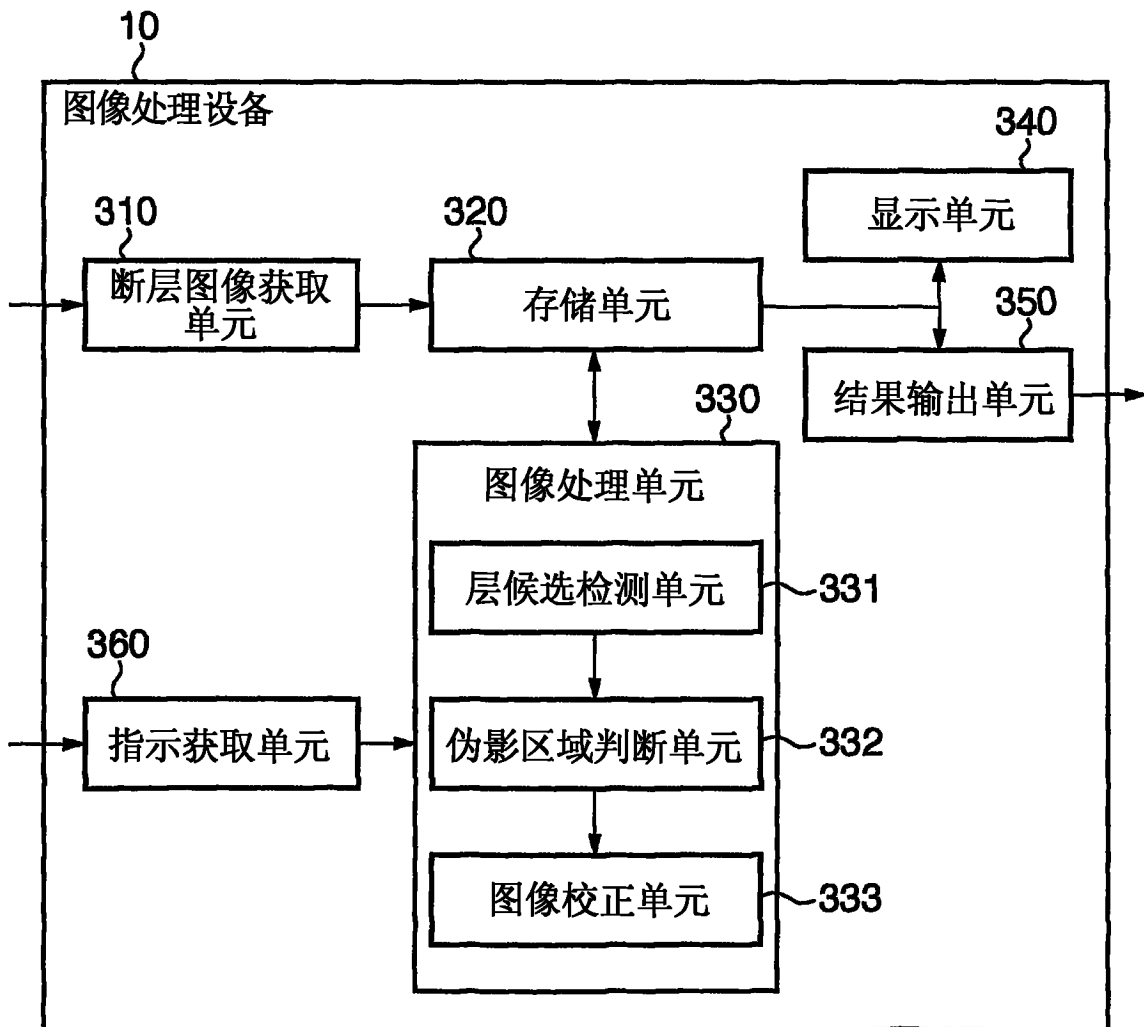


图 3

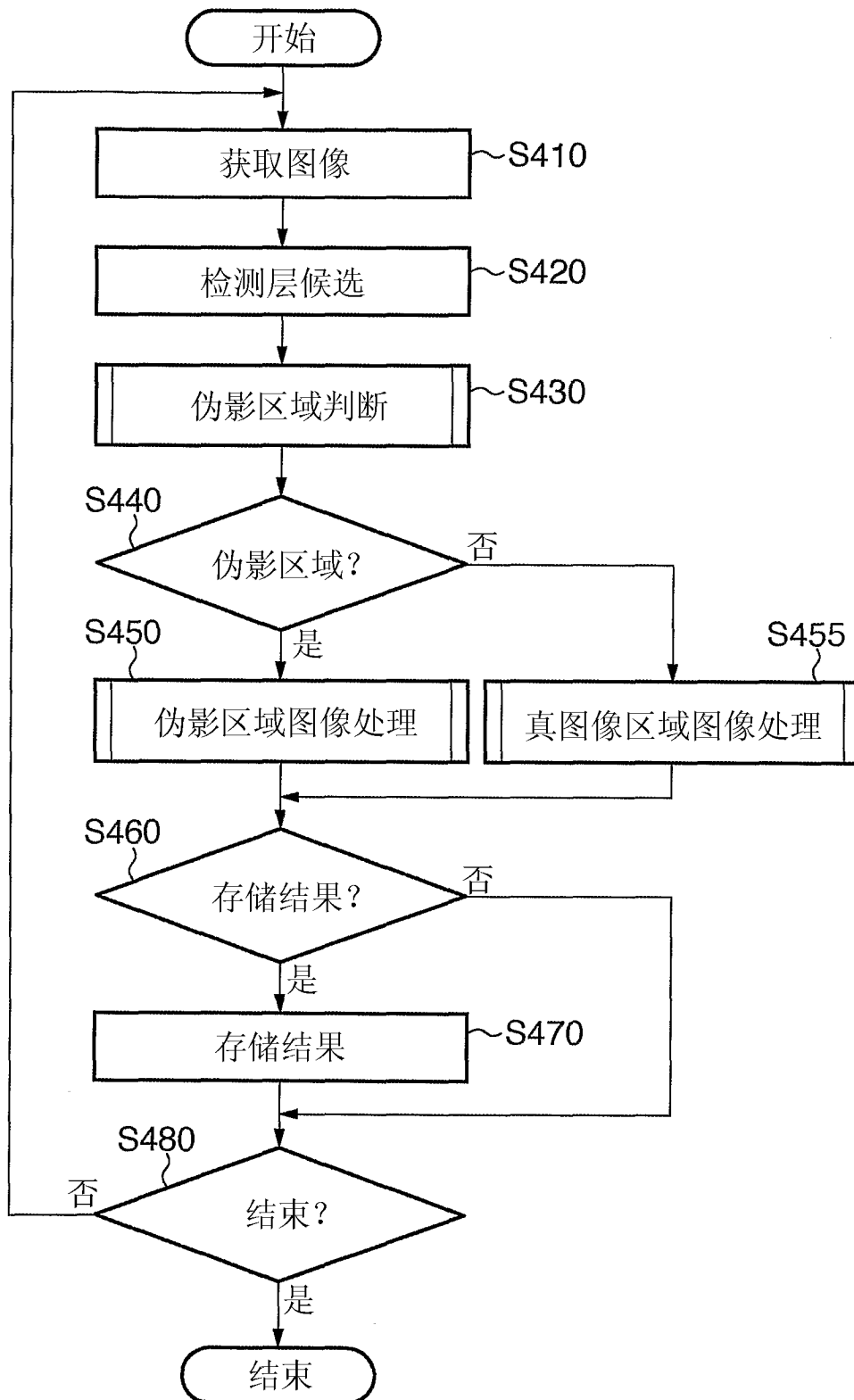


图 4

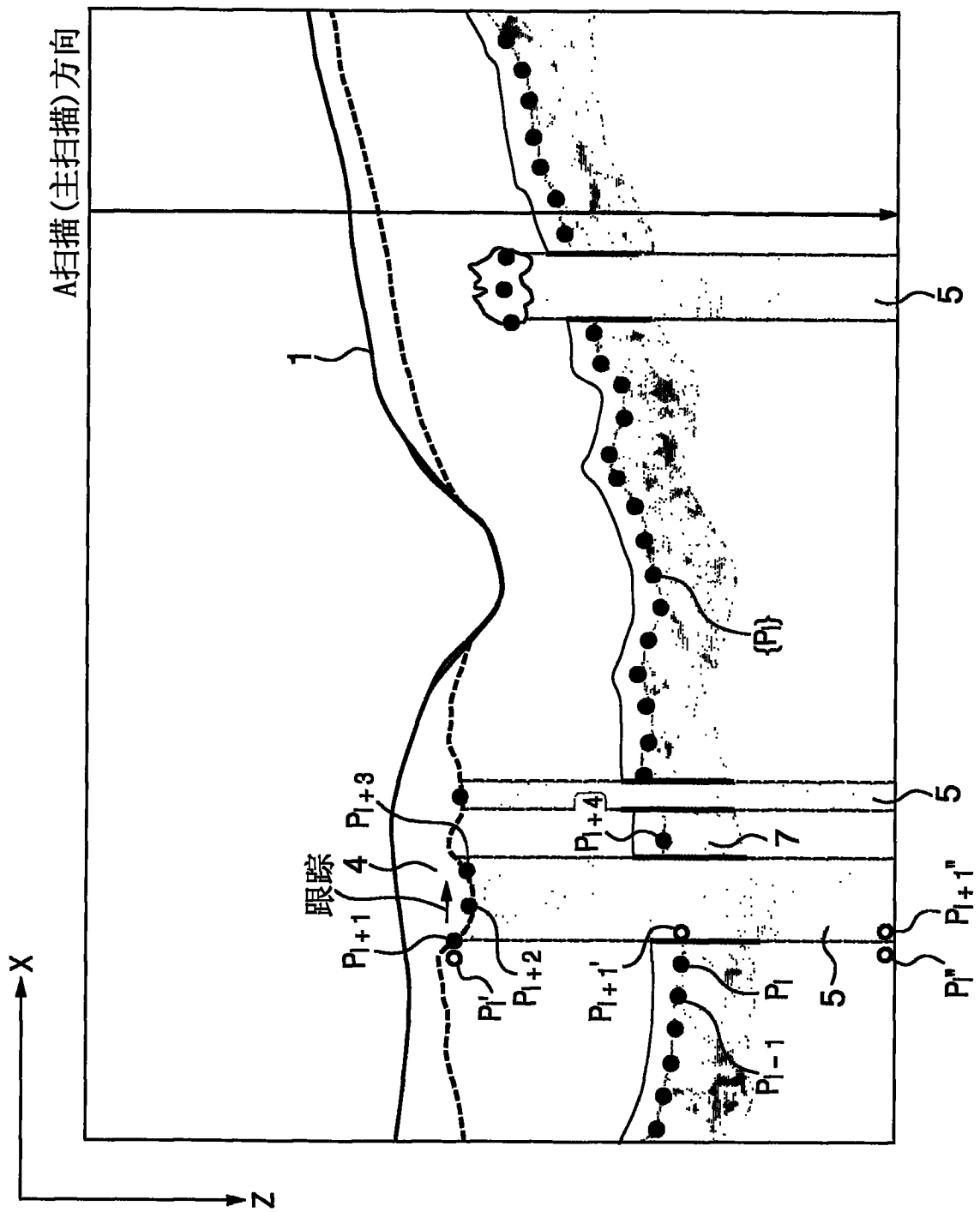


图 5

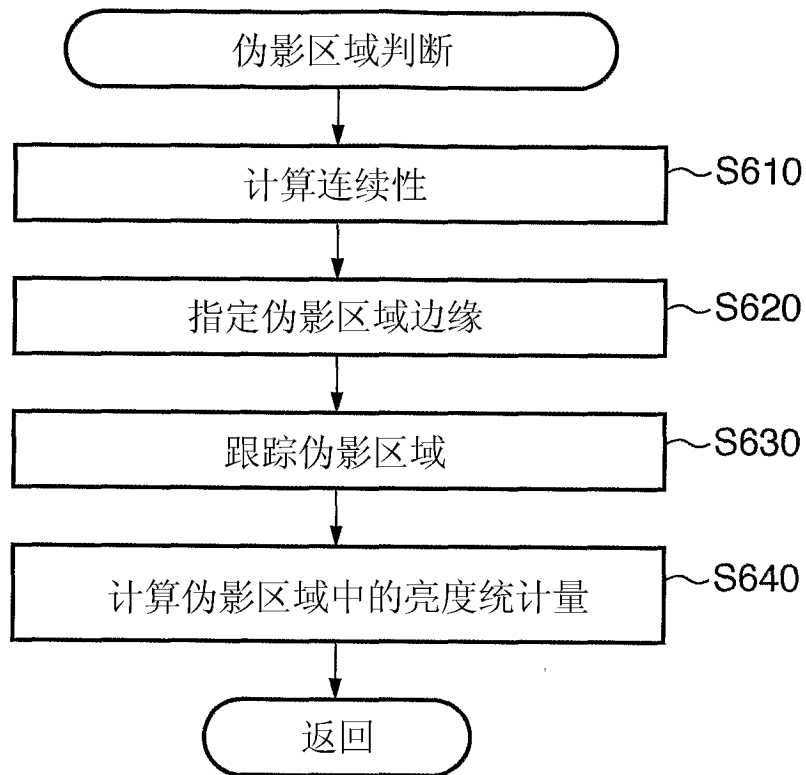


图 6

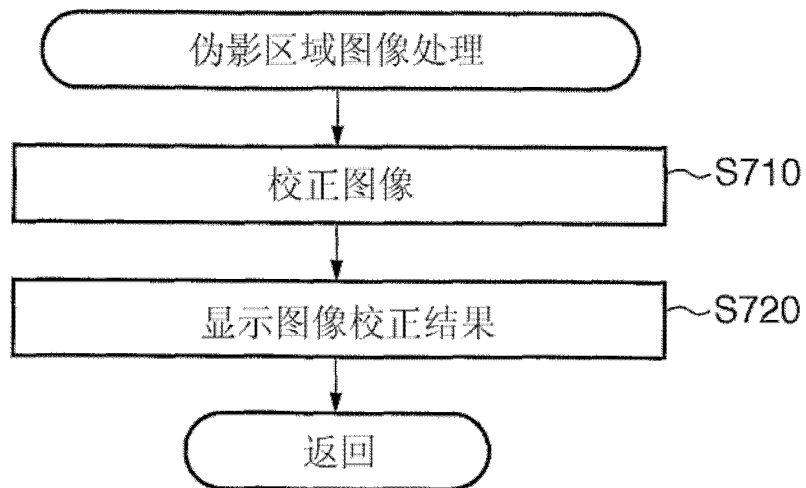


图 7

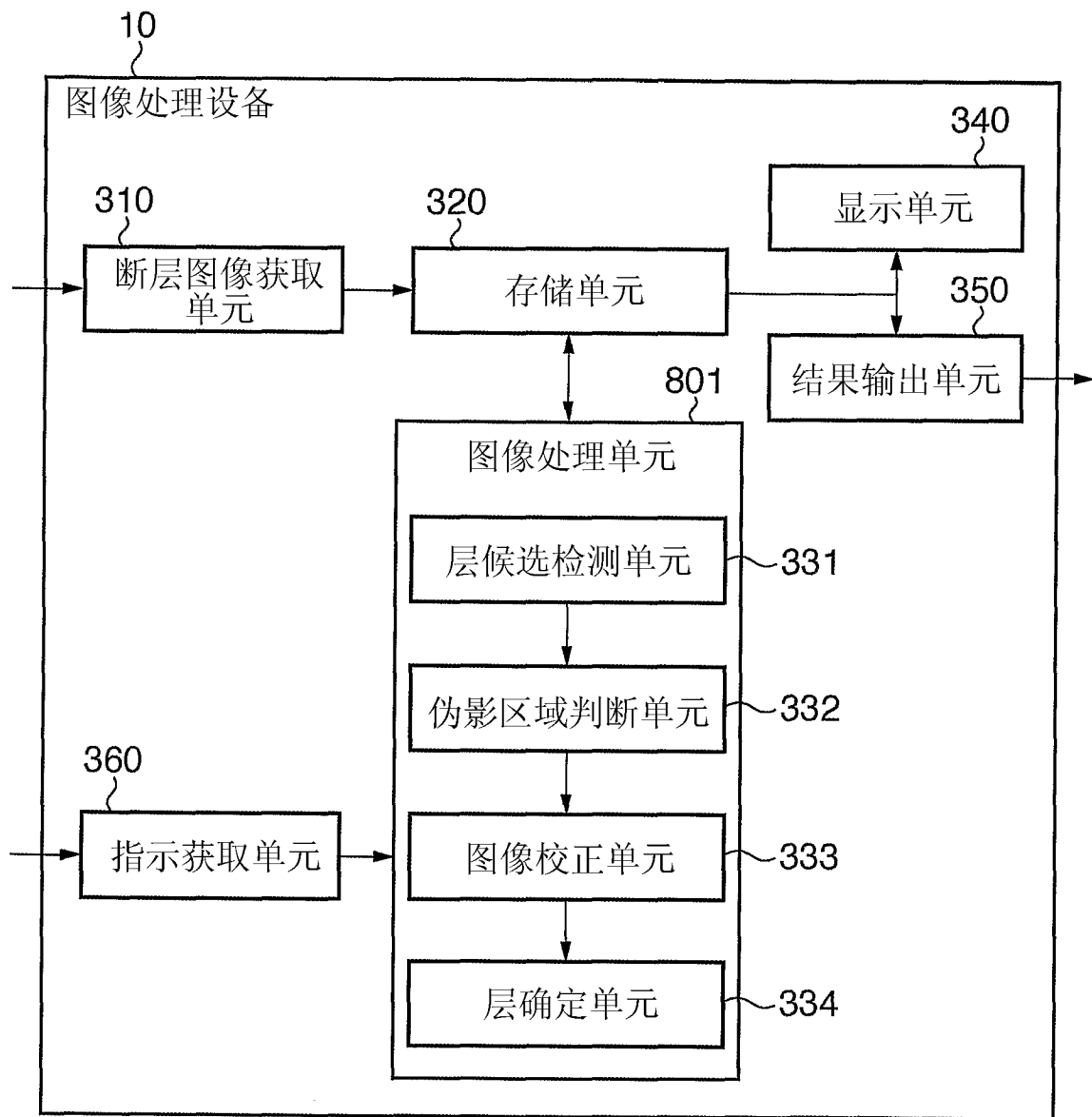


图 8

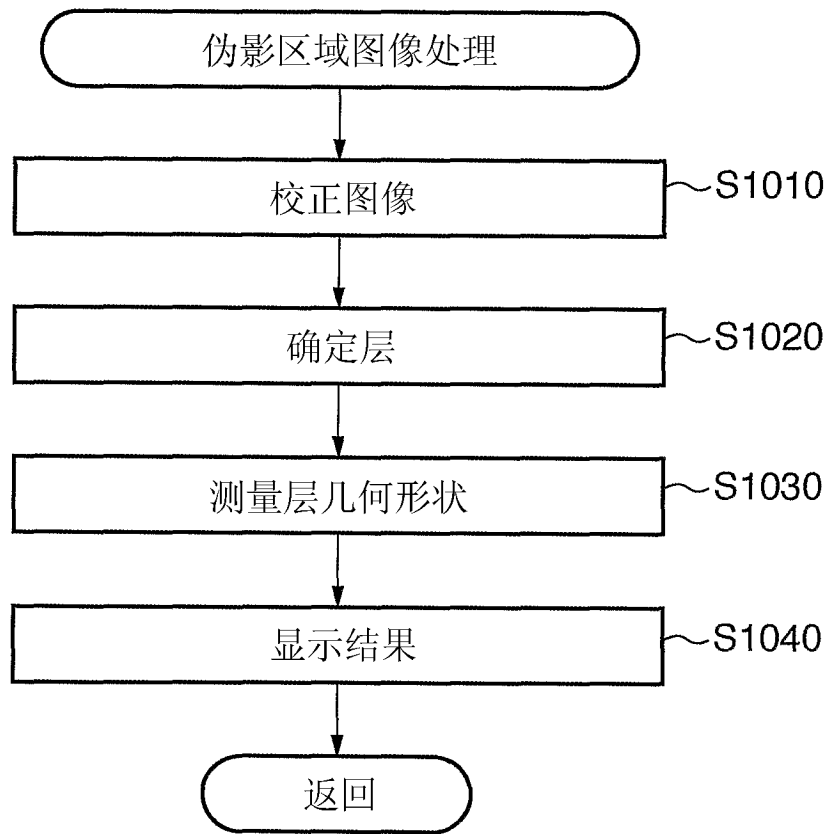


图 9

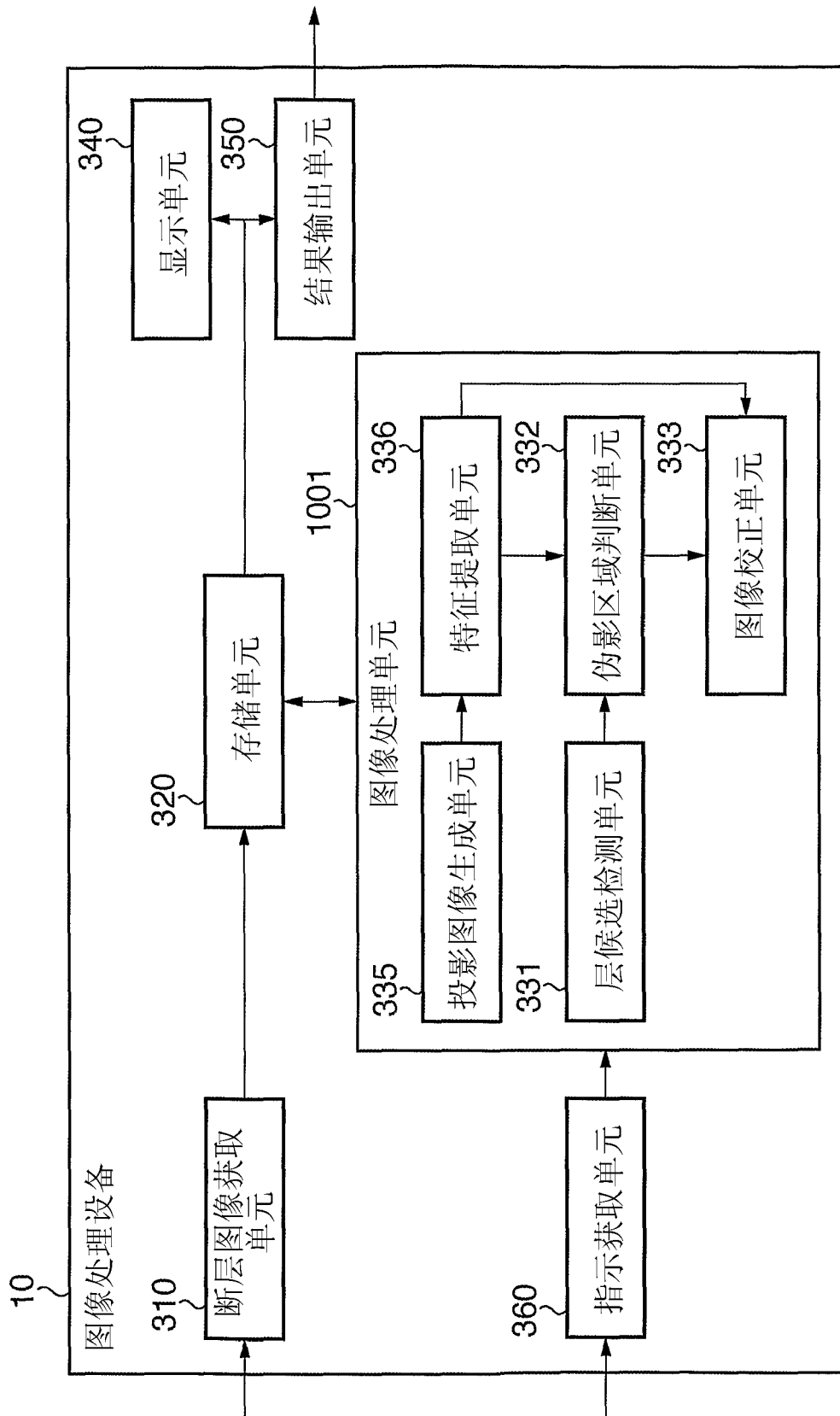


图 10

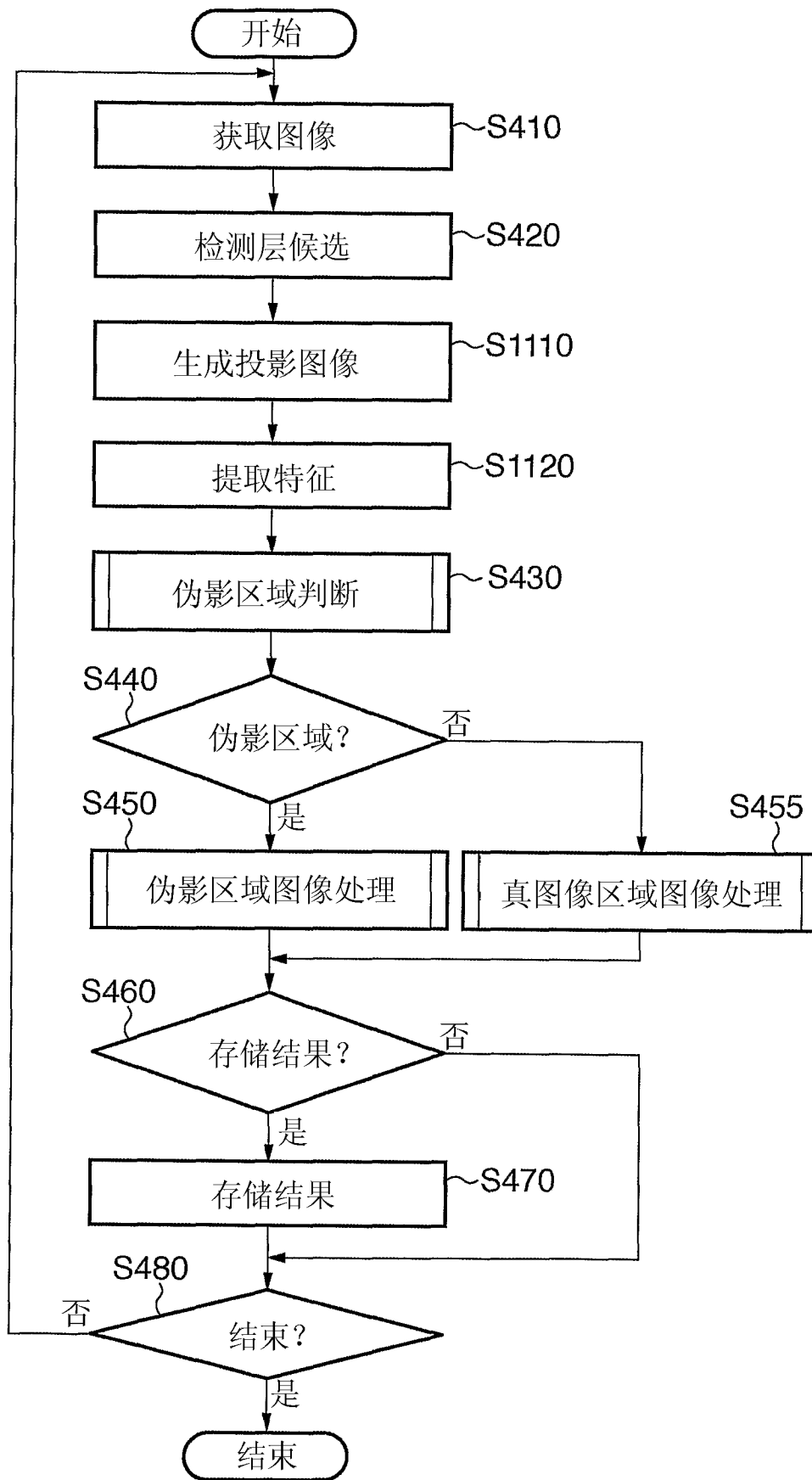


图 11

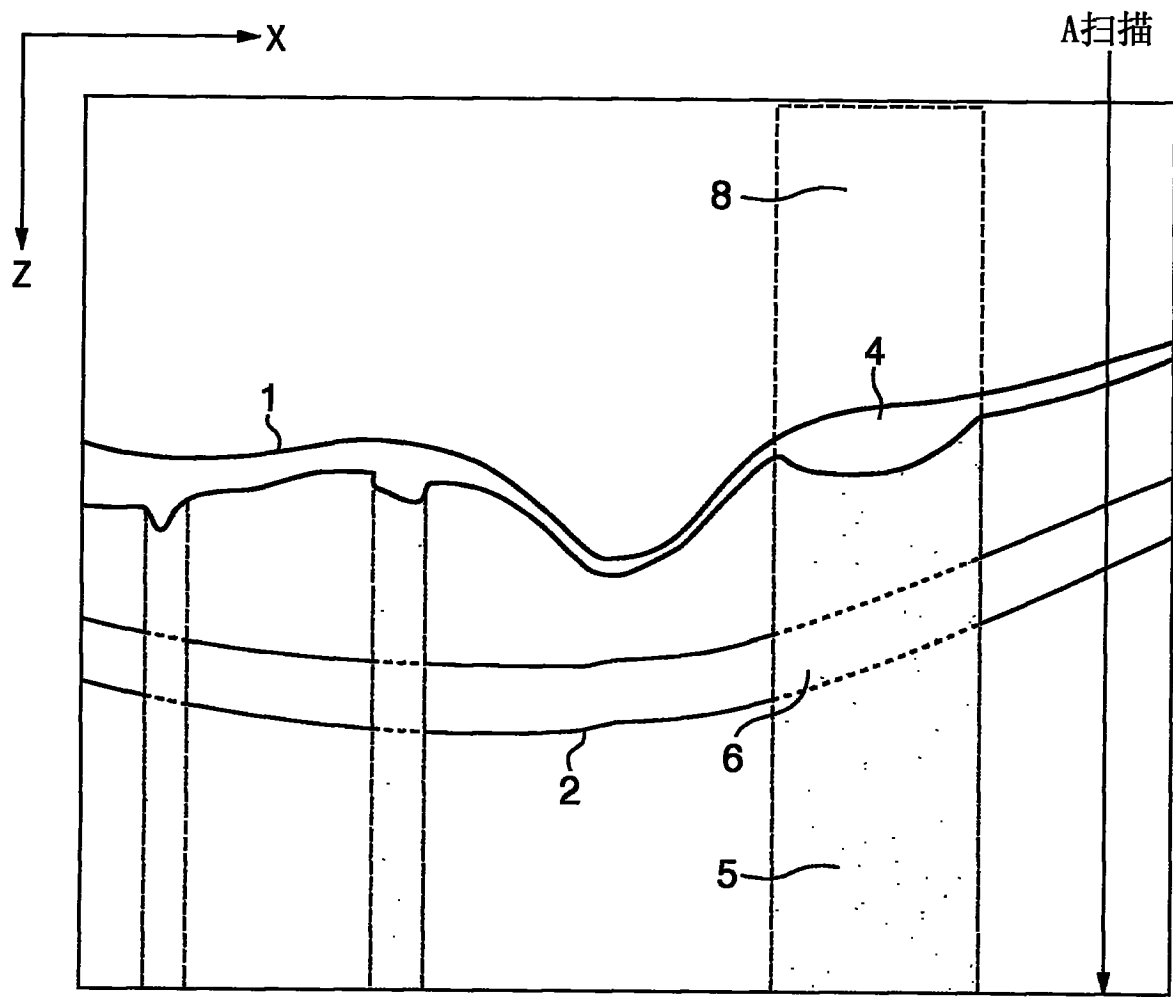


图 12

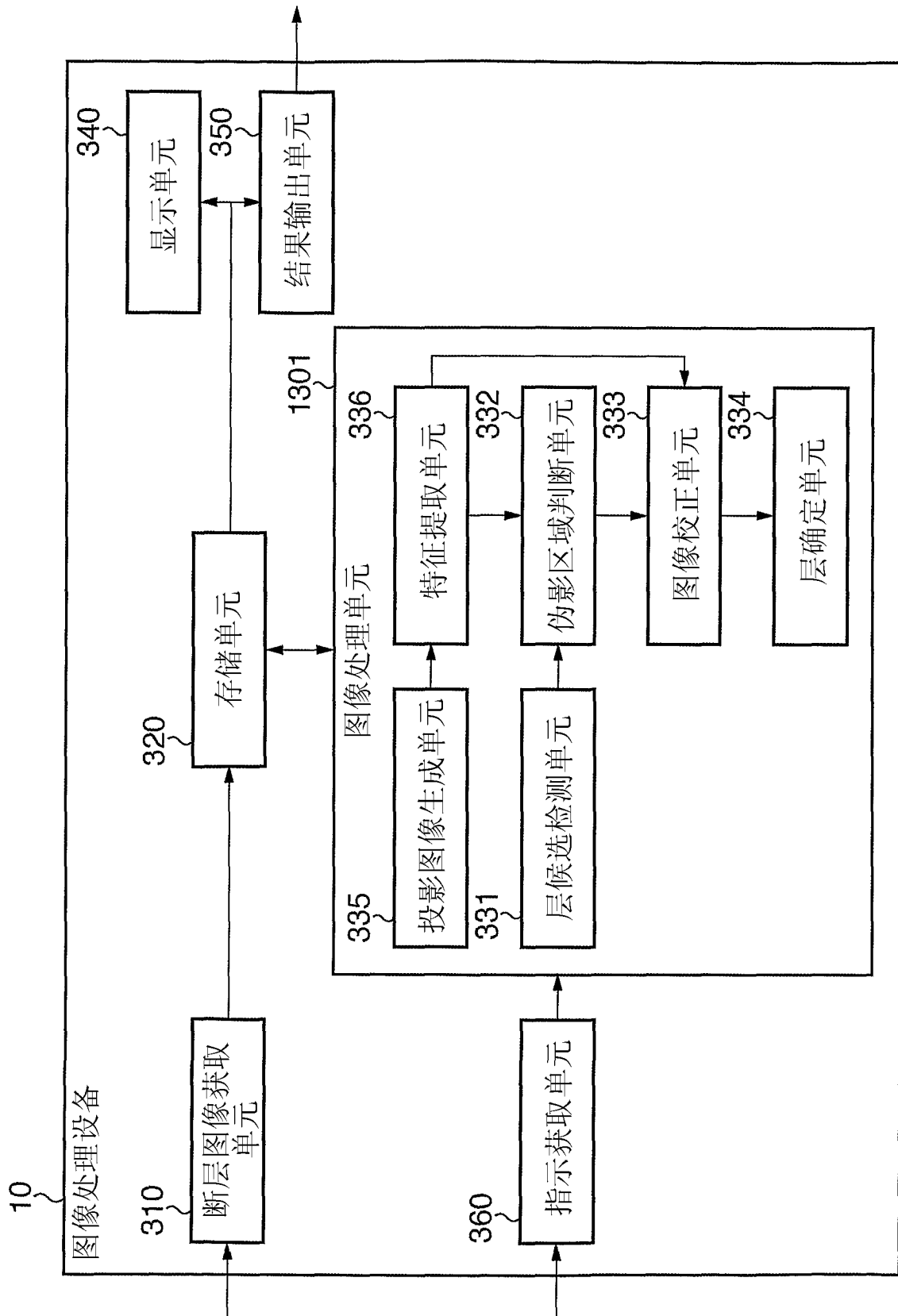


图 13

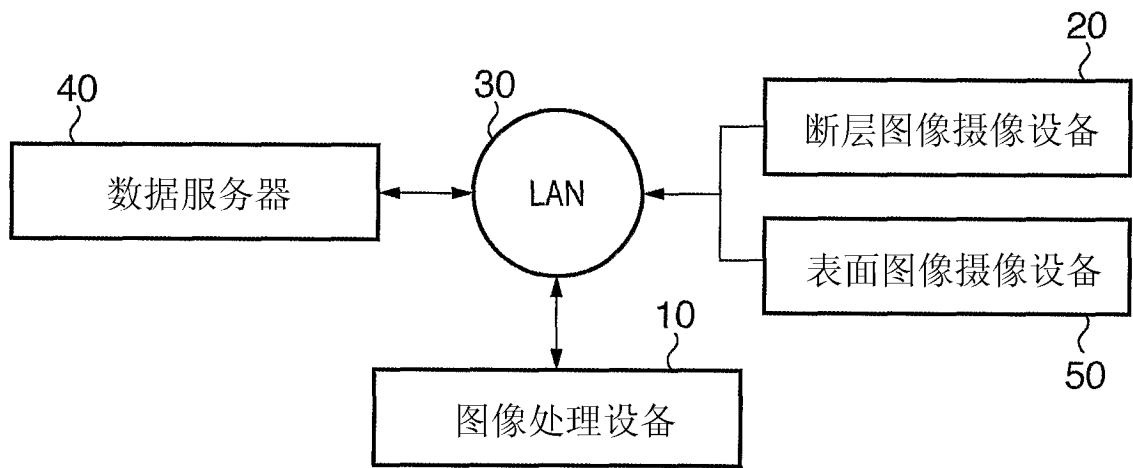


图 14

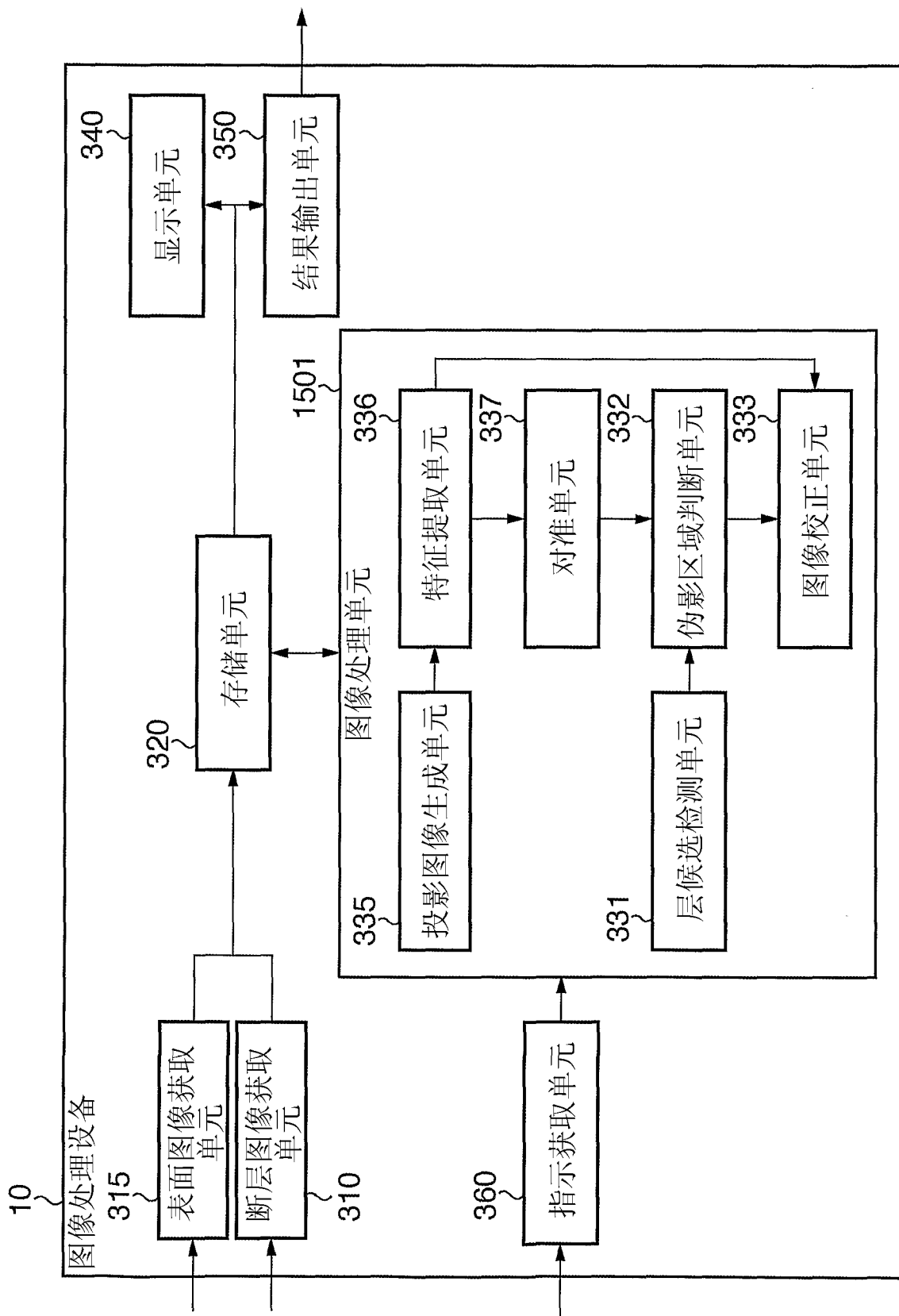


图 15

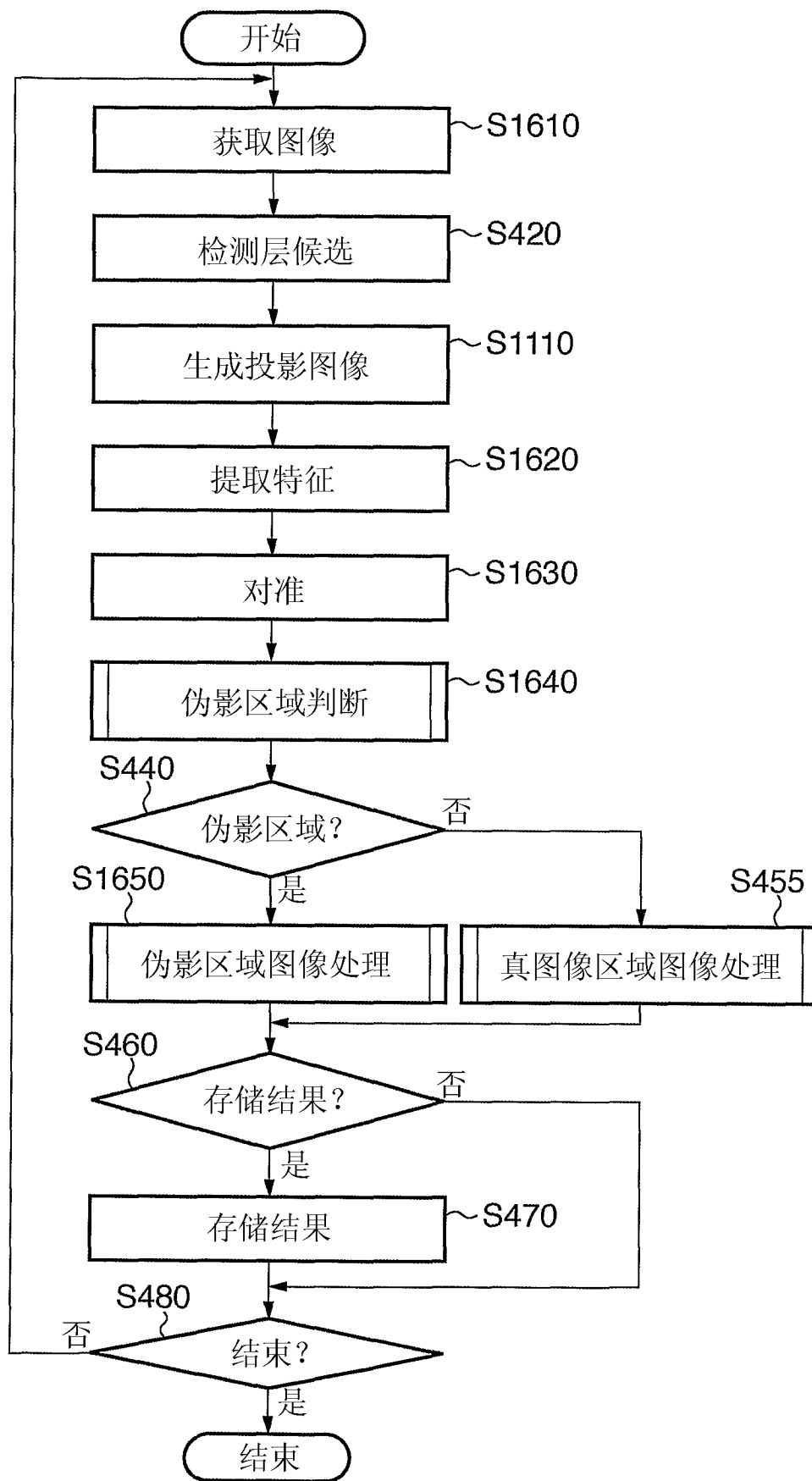


图 16

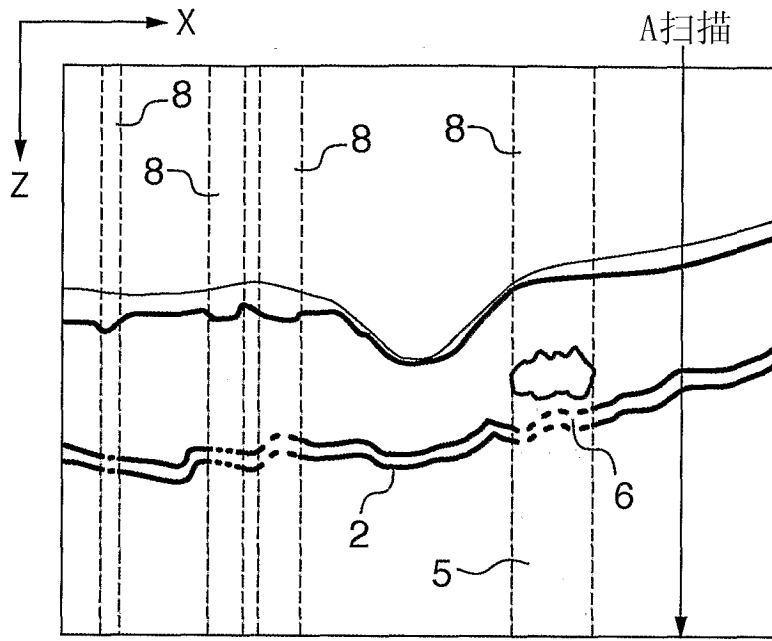


图 17A

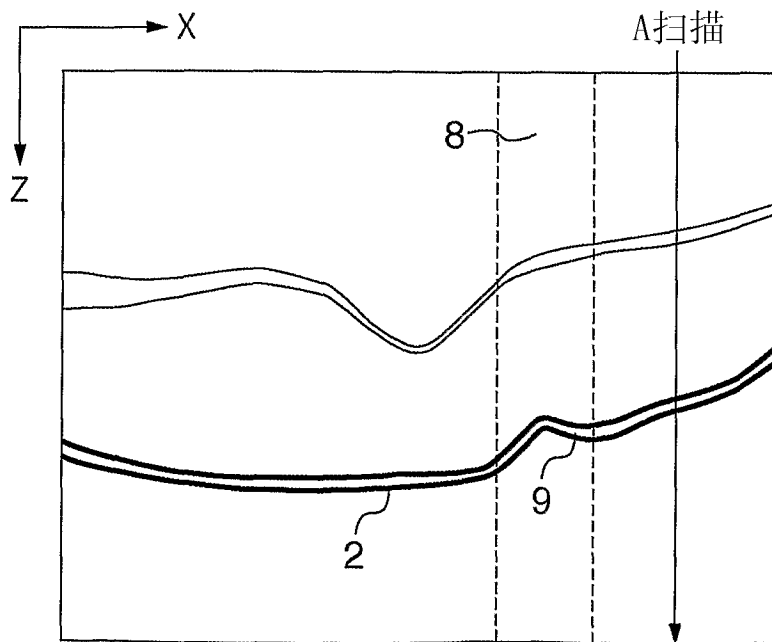


图 17B

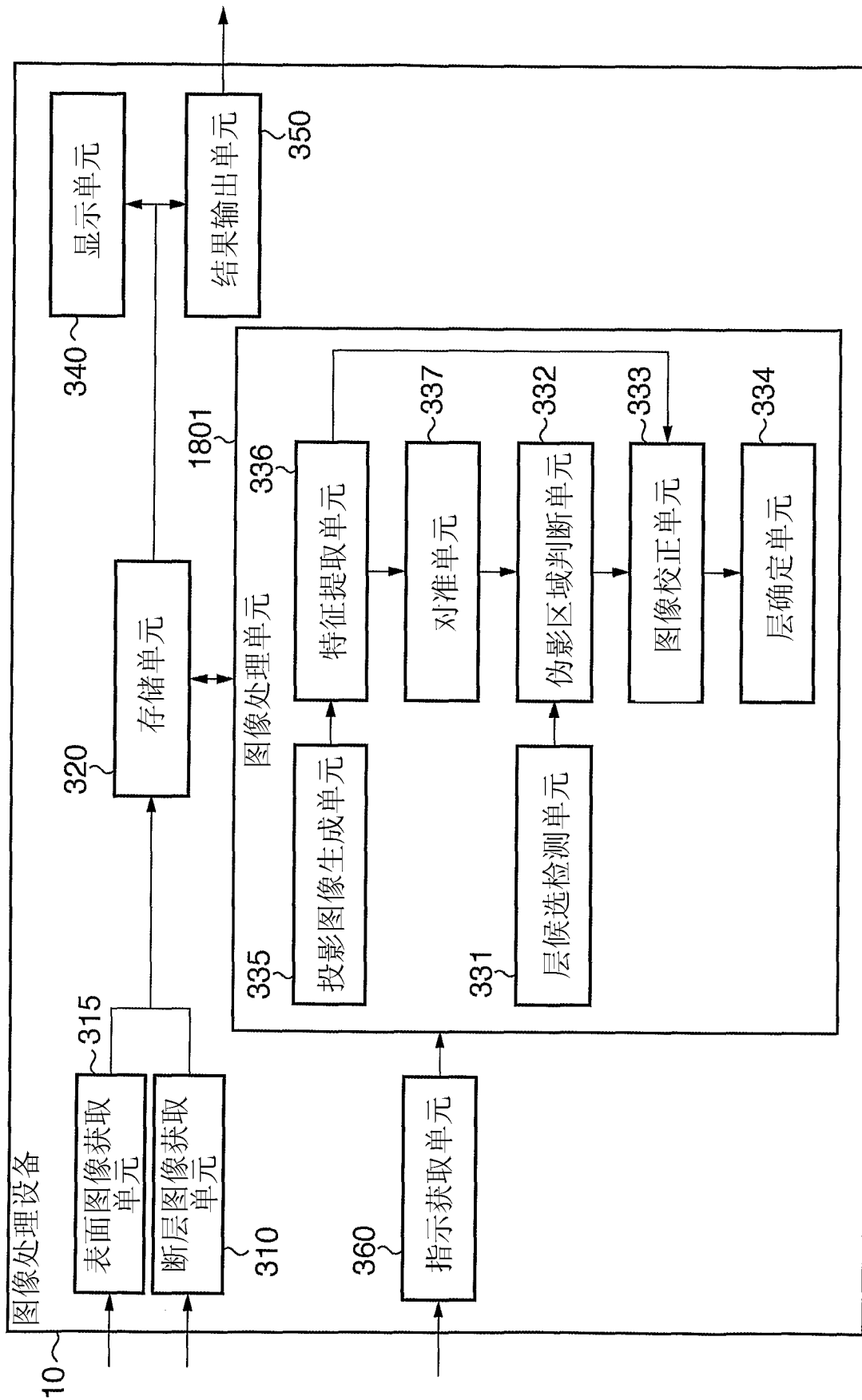


图 18

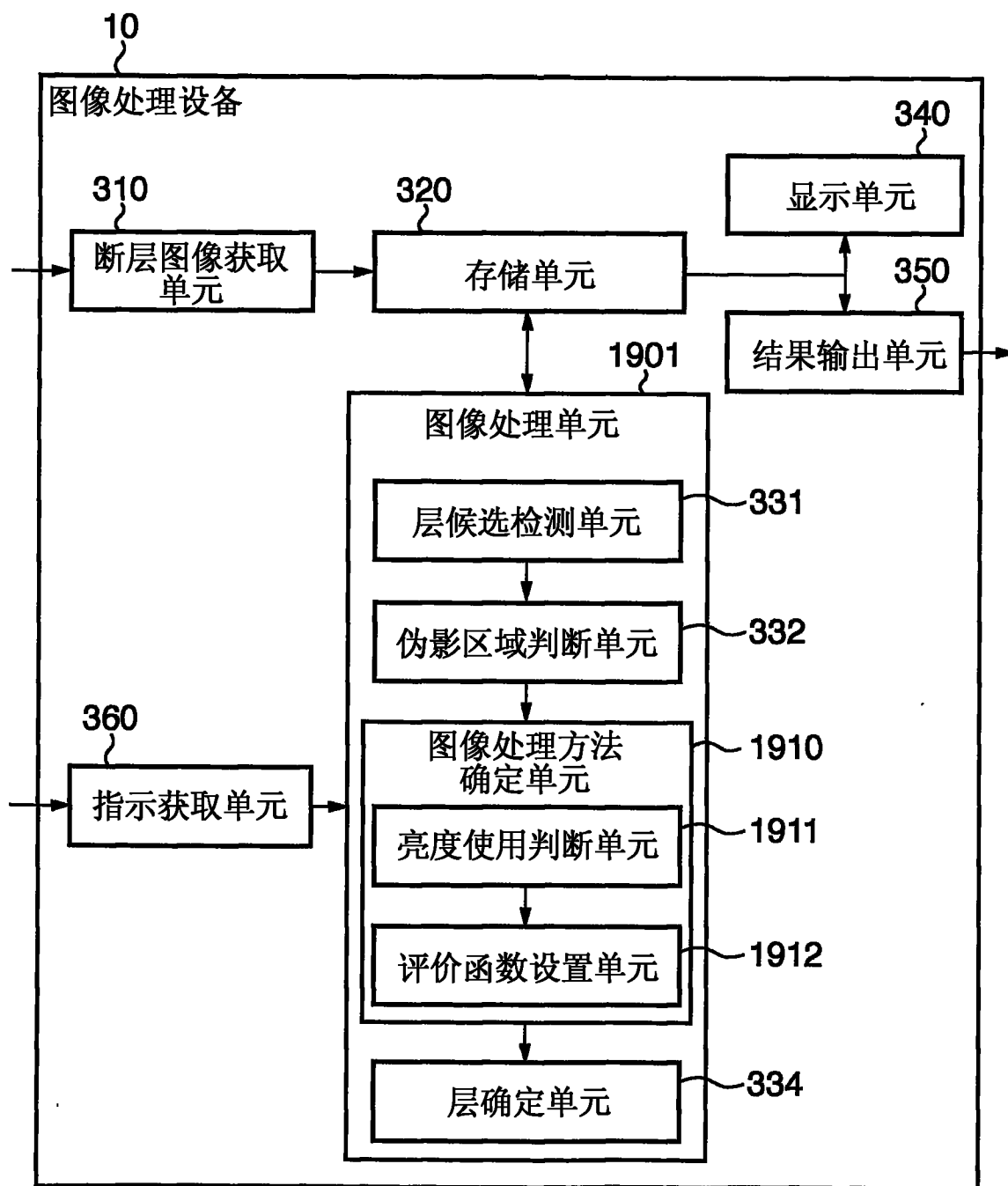


图 19

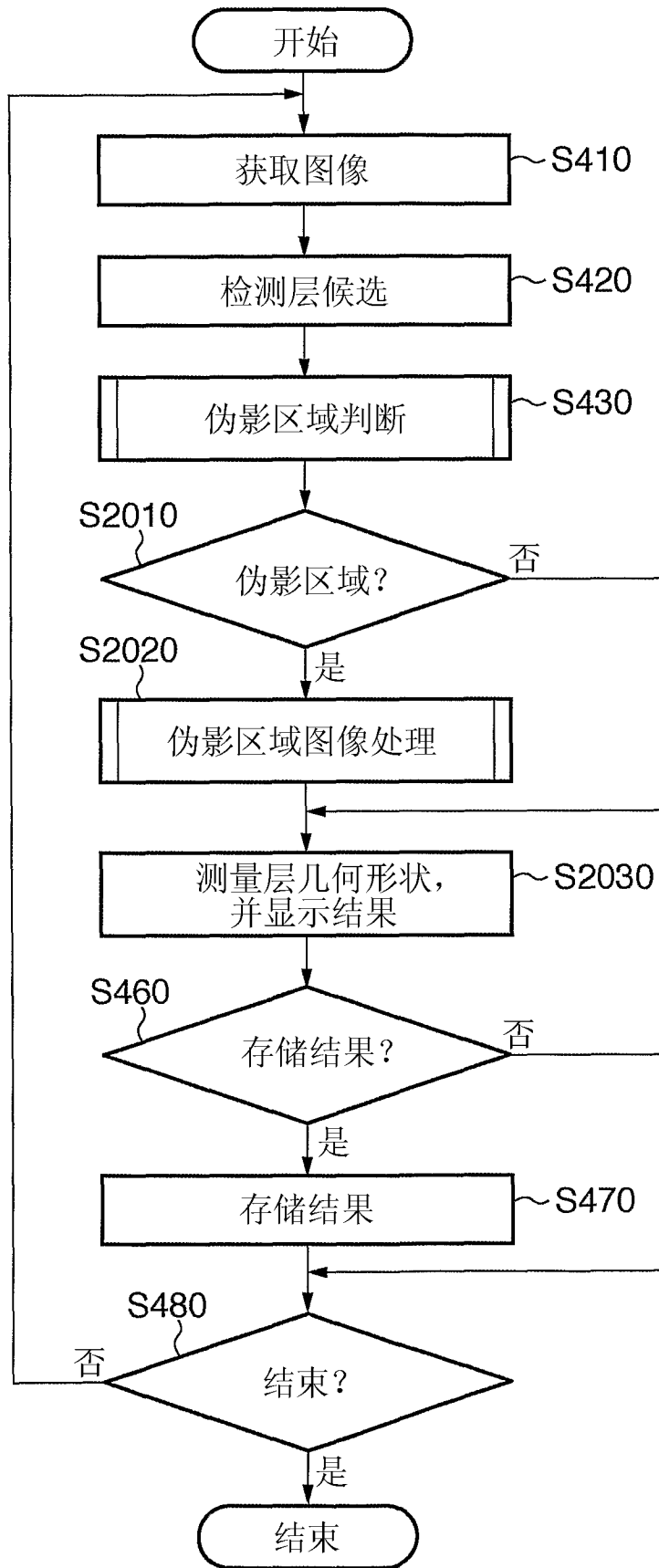


图 20

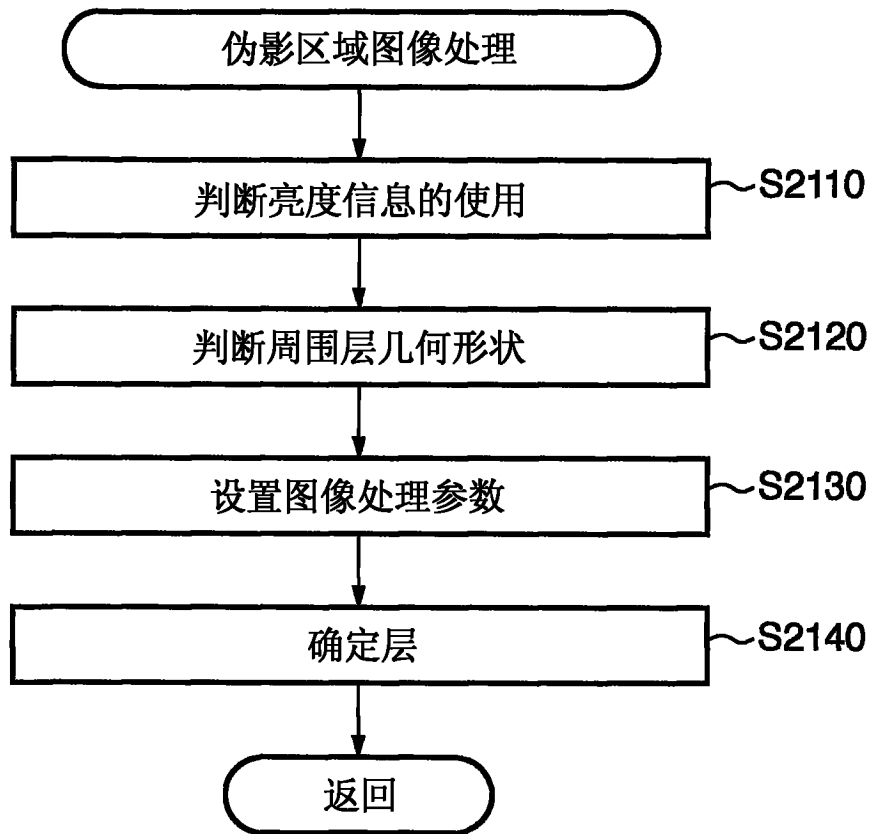


图 21

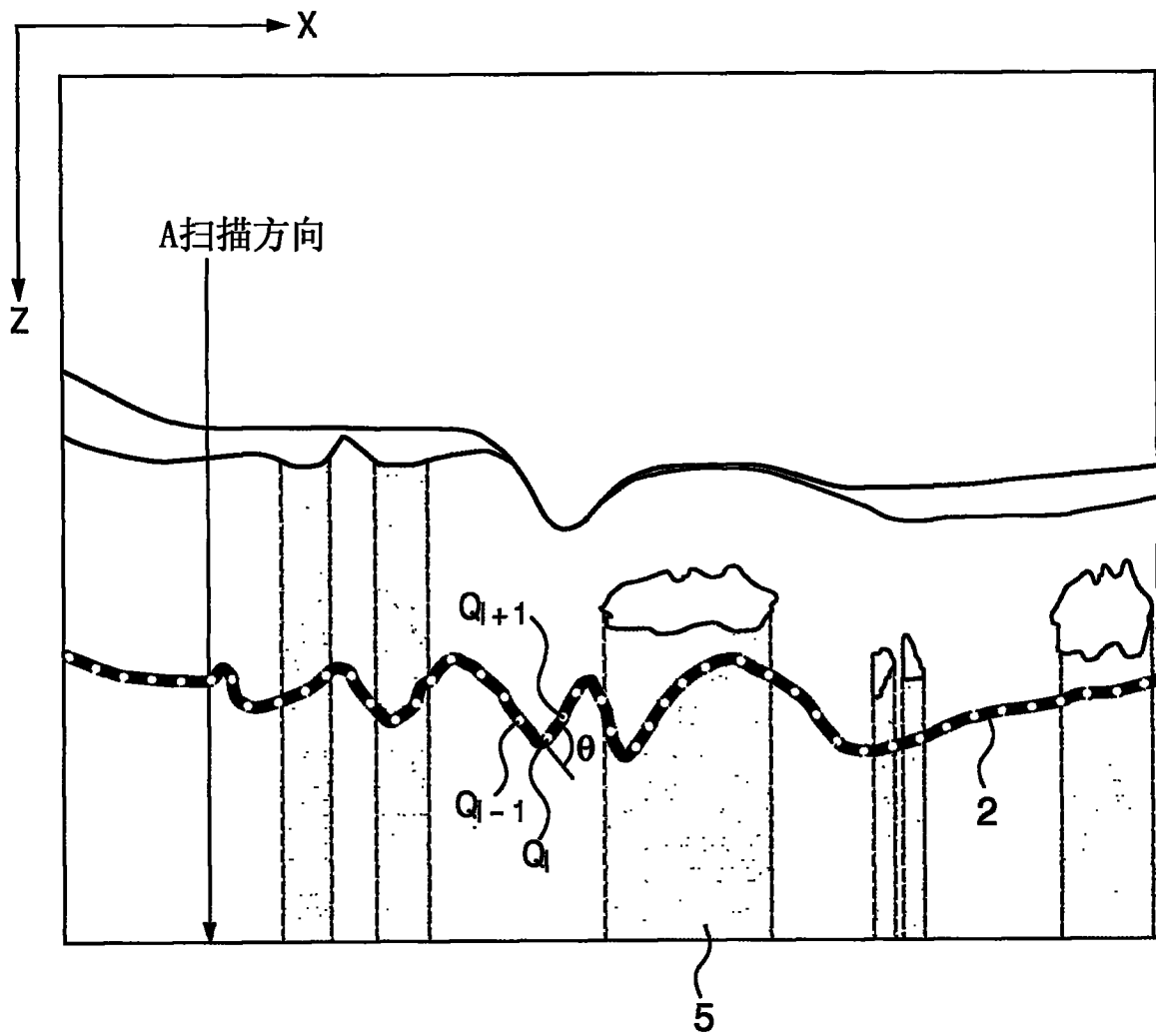


图 22

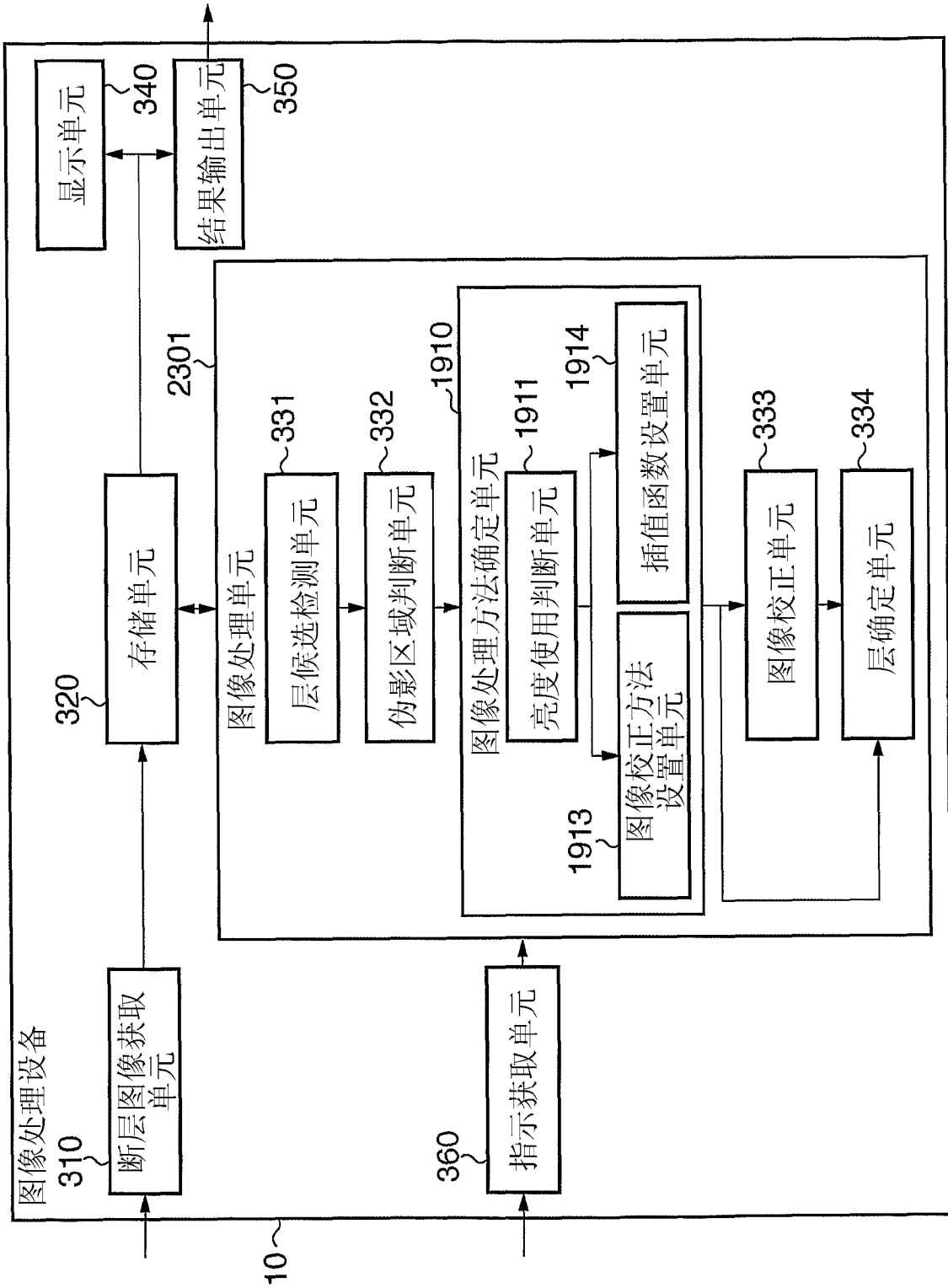


图 23

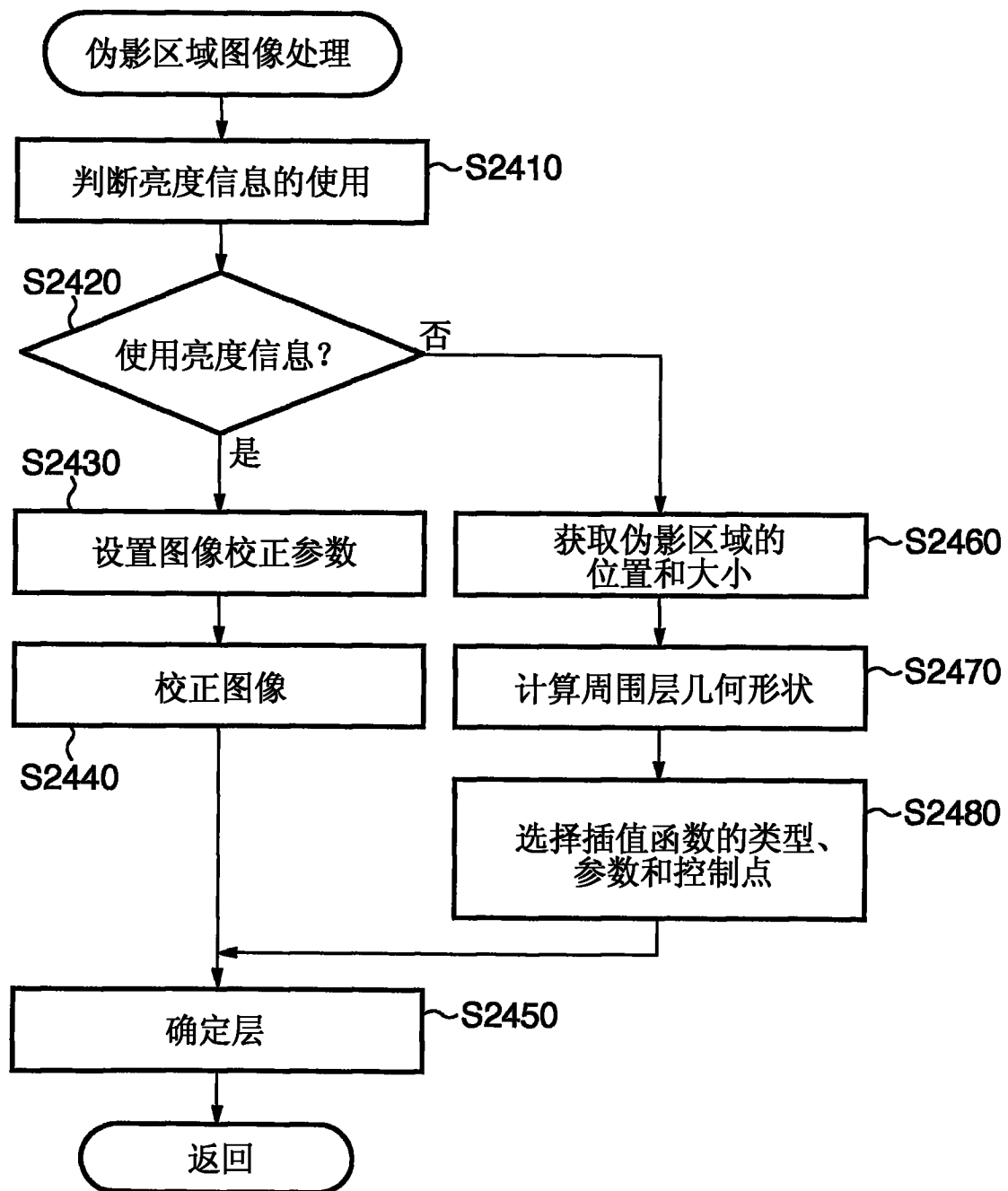


图 24

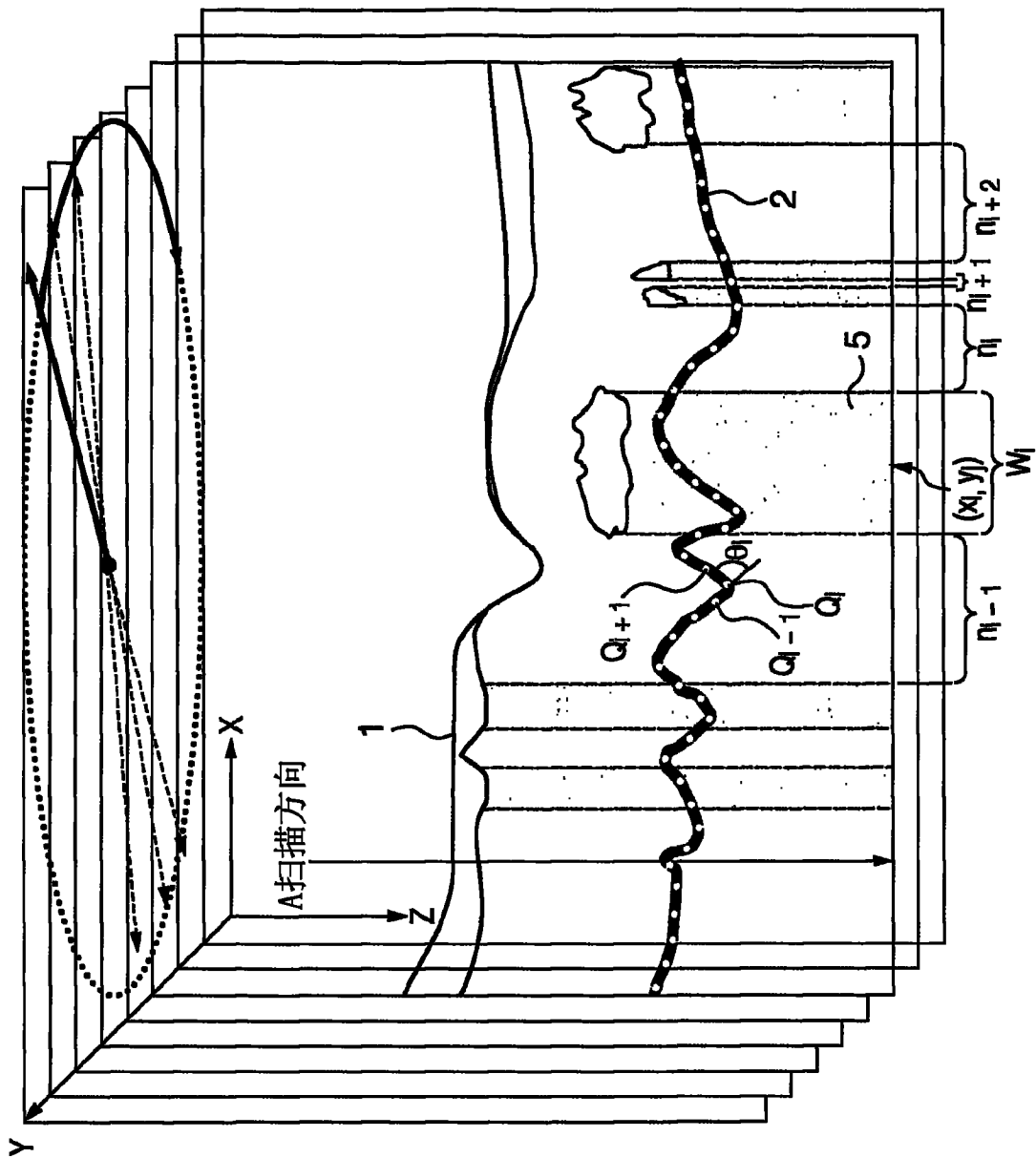


图 25

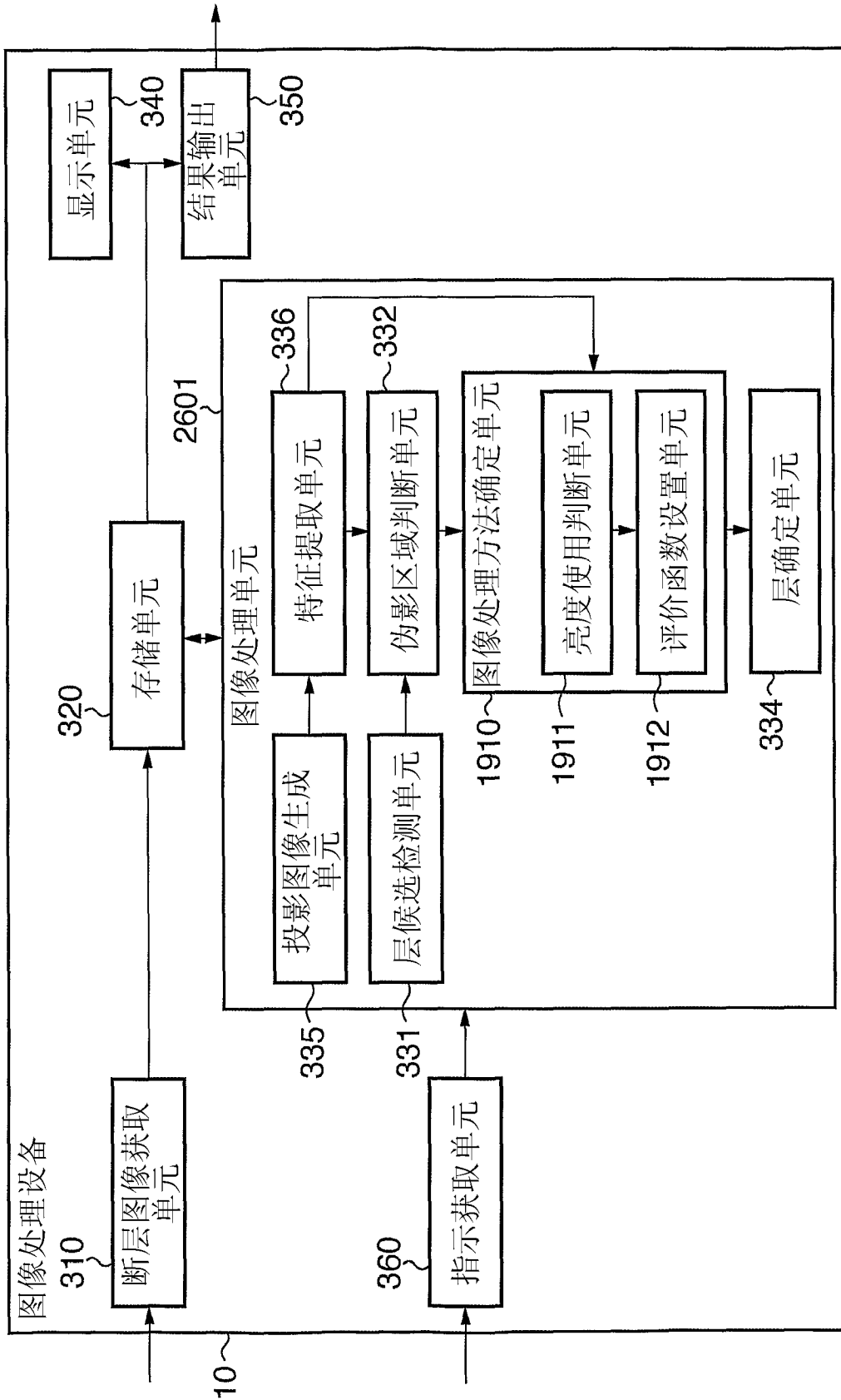


图 26

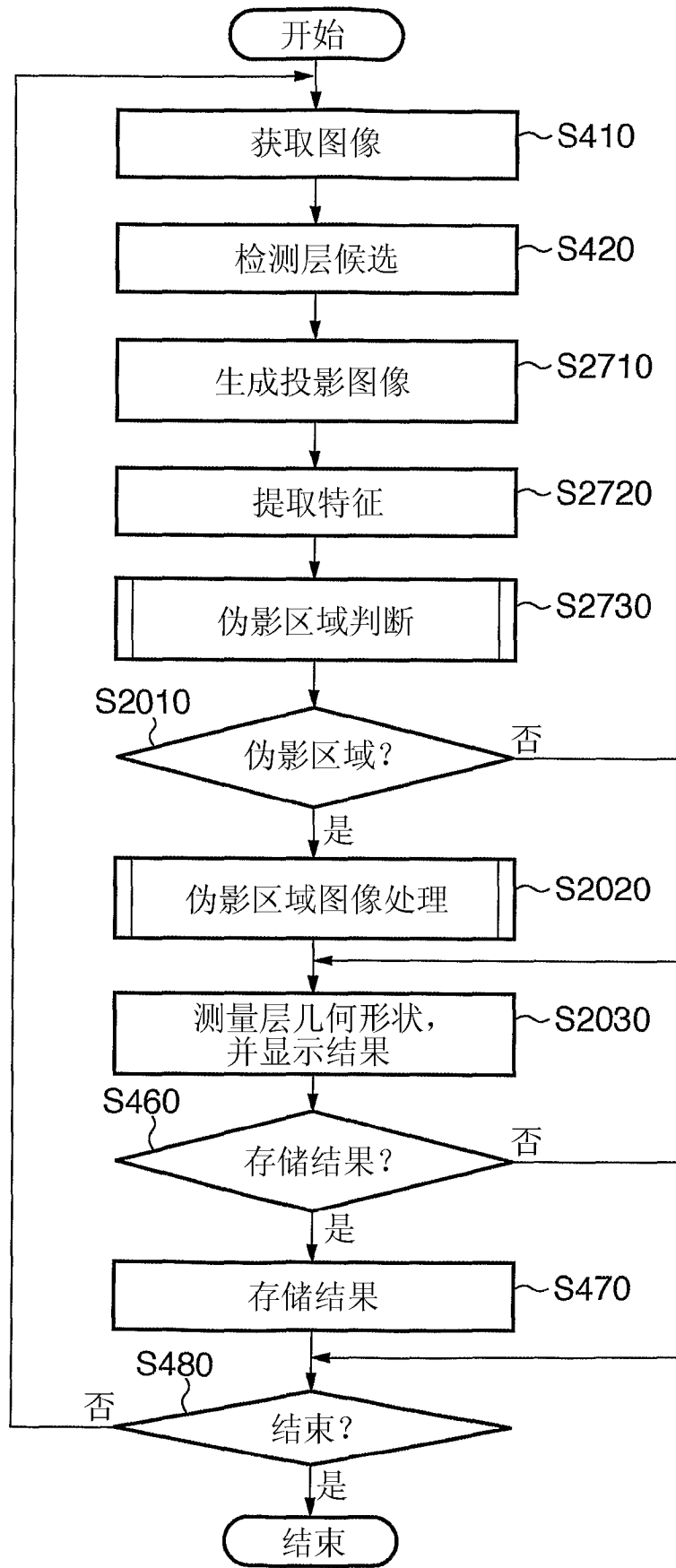


图 27

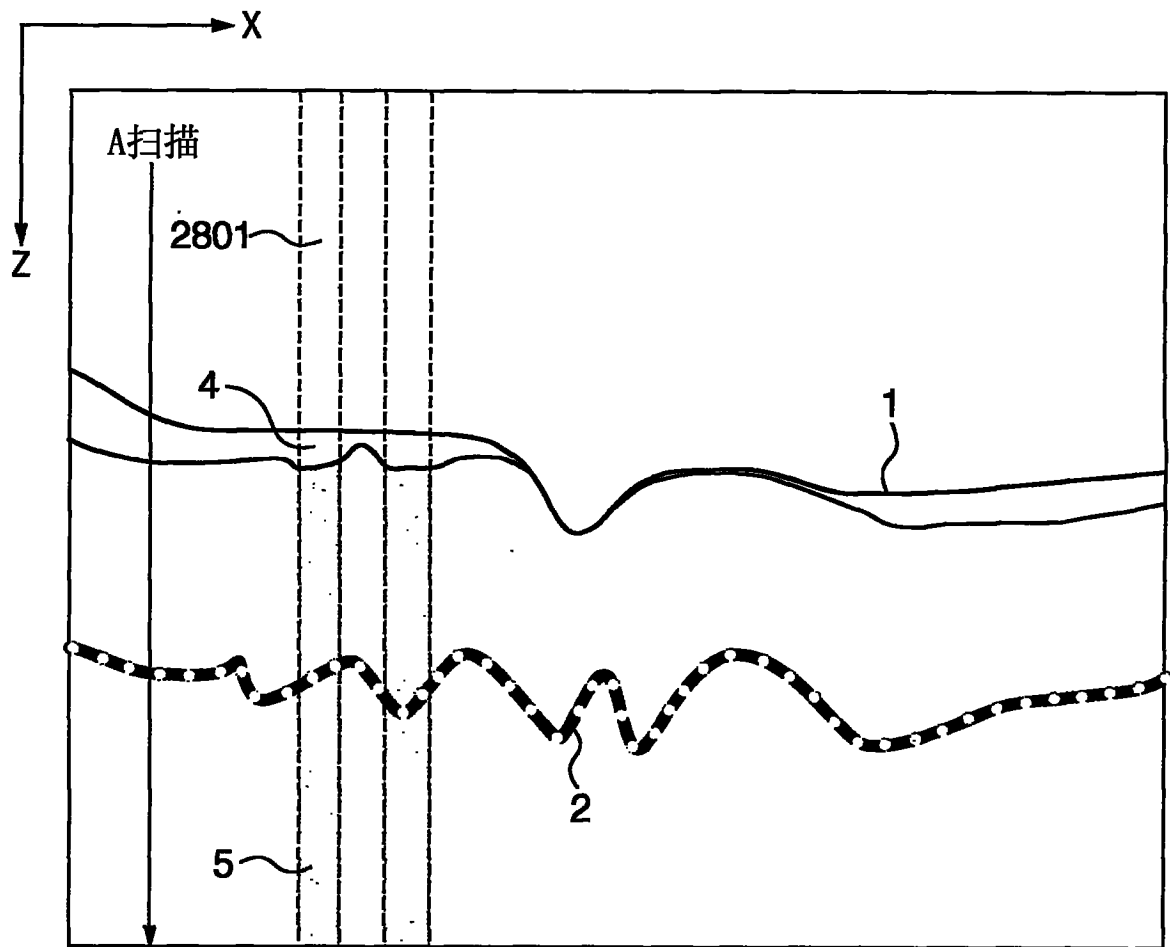


图 28

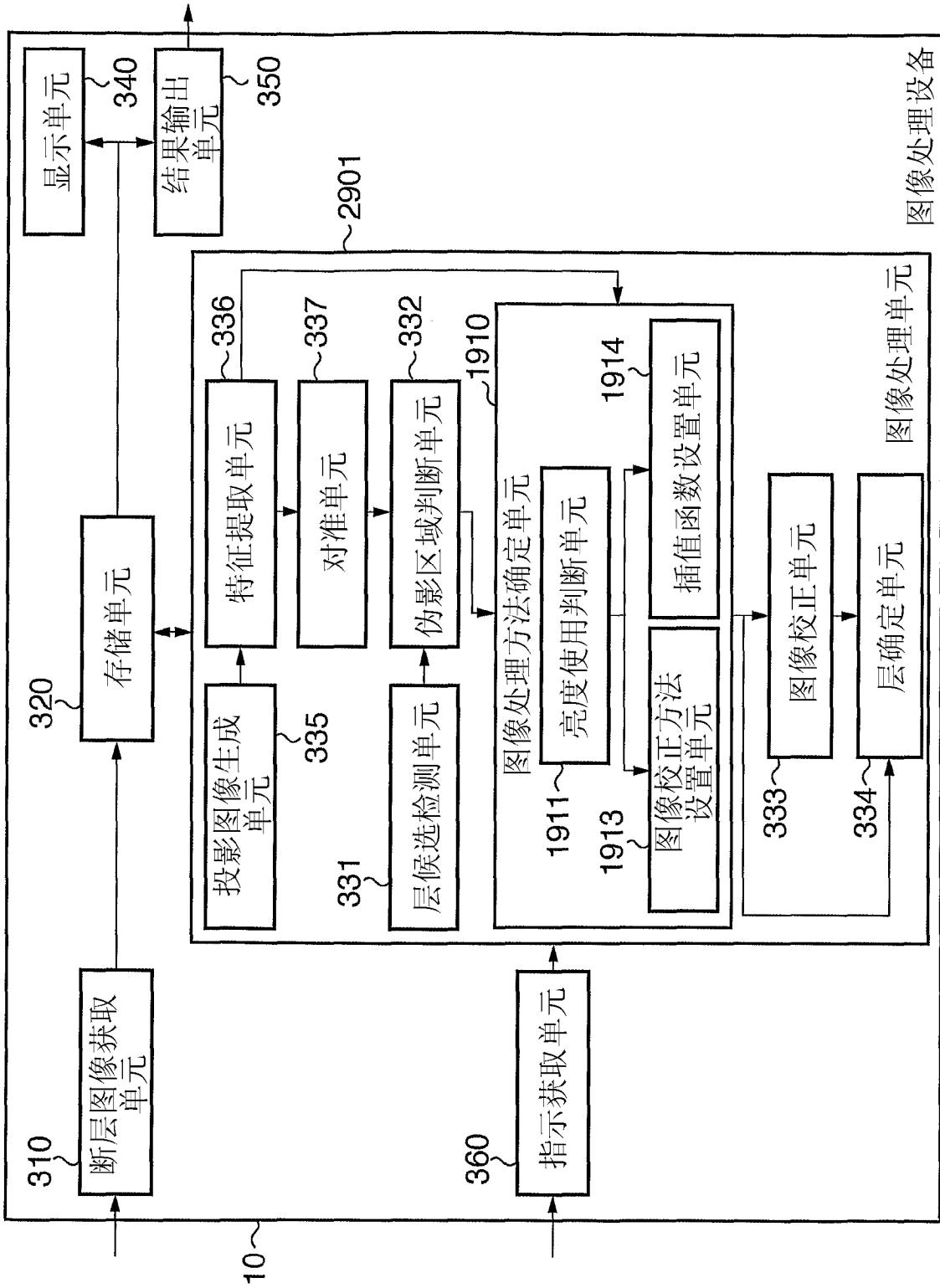


图 29

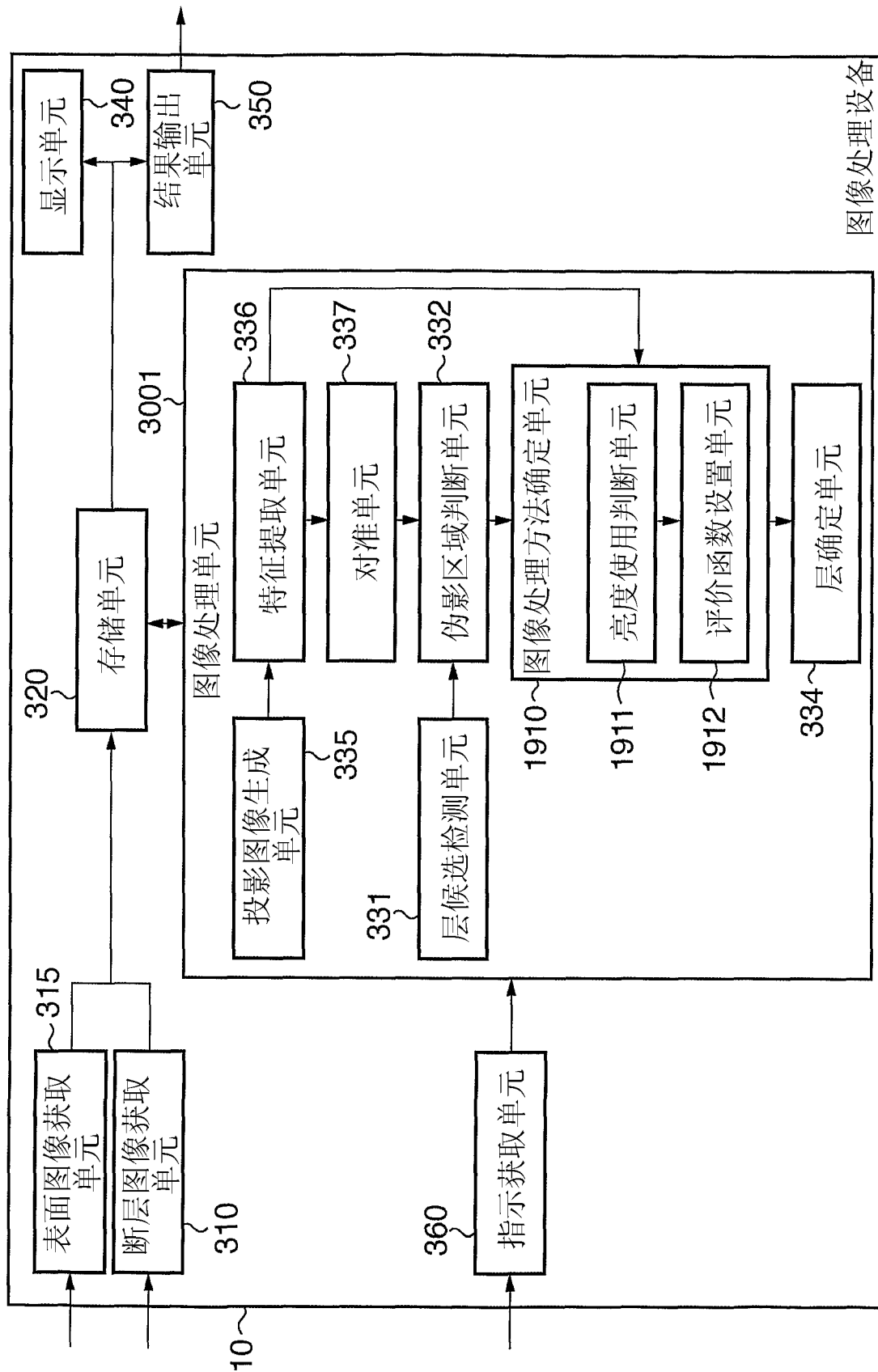


图 30

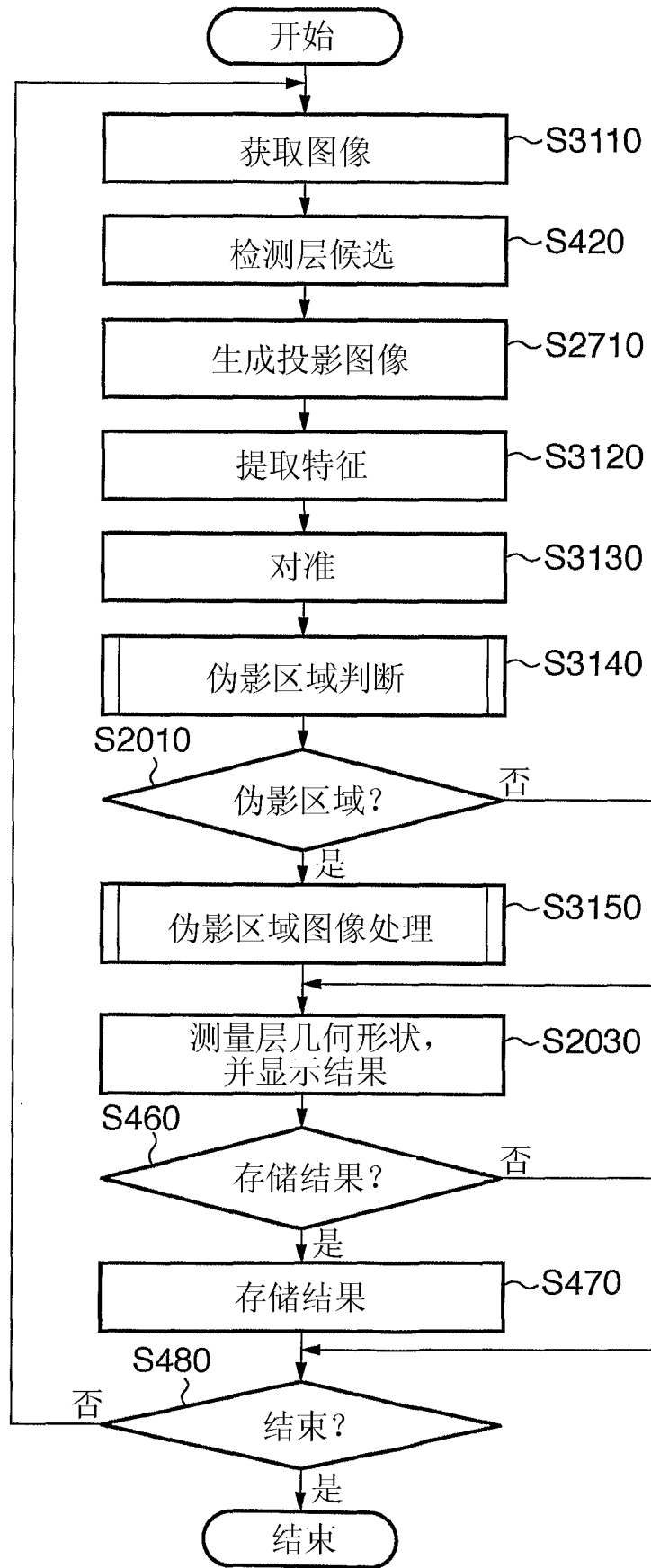


图 31

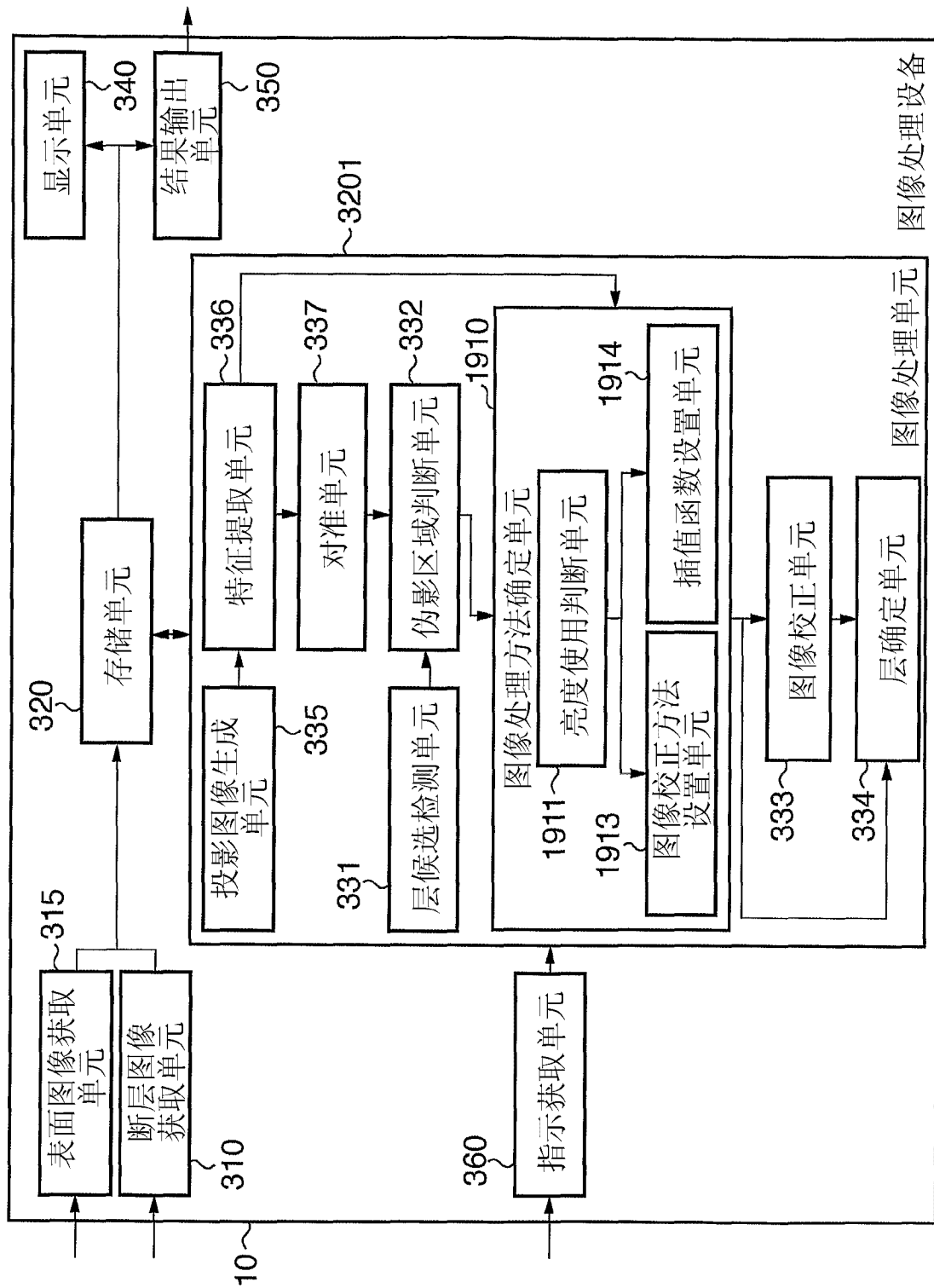


图 32

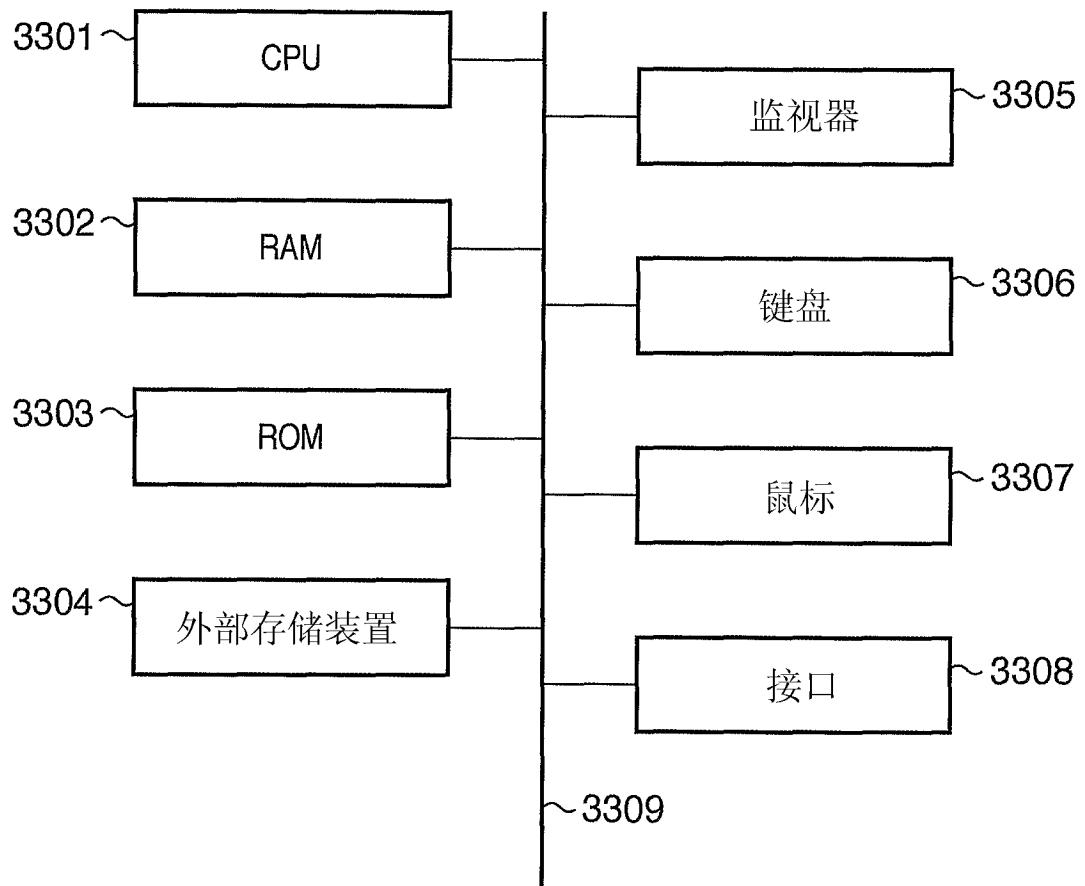


图 33