



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102038485 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201010515596. 0

审查员 黄长斌

(22) 申请日 2010. 10. 22

(30) 优先权数据

2009-244696 2009. 10. 23 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 末平信人 杉田充朗

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 李颖

(51) Int. Cl.

A61B 3/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101040777 A, 2007. 09. 26, 全文.

US 2008/0175465 A1, 2008. 07. 24, 全文.

EP 1972271 A1, 2008. 09. 24, 全文.

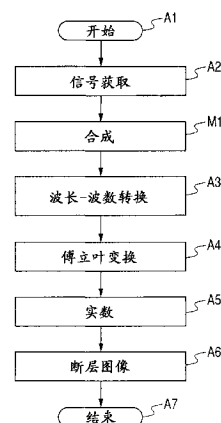
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

光学断层图像产生方法和光学断层图像产生装置

(57) 摘要

本发明涉及光学断层图像产生方法和光学断层图像产生装置。针对光学断层成像装置提供容易地提高图像质量的方法。产生对象的断层图像的光学断层图像产生方法包括：获取信号；执行傅立叶变换；以及获得断层图像。光学断层图像产生方法还包括以下步骤之一：合成在预定时间内获取的多个信号；和在对于在预定时间内获取的多个信号执行傅立叶变换之后合成该多个信号。



1. 一种光学断层图像产生方法,所述光学断层图像产生方法产生对象的断层图像,包括以下步骤:

获取多个强度信号;

对于所述多个强度信号执行傅立叶变换;以及

获得二维断层图像,

其中,在获取二维断层图像的情况下对预定时间内获取的所述多个强度信号进行平均化,

其中,基于用于获取信号的测量光的横向分辨率和扫描速度来计算所述预定时间。

2. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,其中,进行平均化的步骤是对在所述预定时间内获取的所述多个强度信号进行加权平均的步骤。

3. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,其中,进行平均化的步骤是在执行傅立叶变换之后对在所述预定时间内获取的在复数状态下的所述多个强度信号进行平均化的步骤。

4. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,其中,进行平均化的步骤是在执行傅立叶变换之后对在所述预定时间内获取的在实数状态下的所述多个强度信号进行平均化的步骤。

5. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,其中,调整在所述预定时间内获取的所述多个强度信号的相位的步骤在执行傅立叶变换之后且在进行平均化的步骤之前被执行。

6. 根据权利要求5的光学断层图像产生方法,其中,调整相位的步骤被执行以使得通过对所述多个强度信号进行平均化而获得的平均强度信号被最大化。

7. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,其中,扫描被逐步地执行。

8. 一种光学断层图像产生装置,所述光学断层图像产生装置用于将来自光源的光分成测量光和参考光,通过测量光路将所述测量光引向对象,并通过参考光路将所述参考光引向参考反射镜,以由此通过使用作为被对象反射或散射的测量光的返回光、在所述参考反射镜上反射的参考光、以及通过合成返回光和参考光而获得的合成光来产生对象的断层图像,

所述光学断层图像产生装置包括:

被布置为扫描对象处的测量光的单元;以及

被布置为控制成像定时的单元,并且所述光学断层图像产生装置还包括:

用于在获取二维断层图像的情况下对预定时间内获取的多个强度信号进行平均化的单元,

其中,所述光学断层图像产生装置被布置为基于测量光的横向分辨率和扫描速度来计算所述预定时间。

9. 根据权利要求8的光学断层图像产生装置,被布置为逐步地执行扫描。

10. 根据权利要求8的光学断层图像产生装置,其中,所述成像定时是多个间隔的组合。

11. 根据权利要求8的光学断层图像产生装置,其中,进行平均化的单元是对在所述预定时间内获取的所述多个强度信号进行加权平均的单元。

12. 根据权利要求8的光学断层图像产生装置,其中,进行平均化的单元是在傅立叶变

换被执行之后对在所述预定时间内获取的在复数状态下的所述多个强度信号进行平均化的单元。

13. 根据权利要求 8 的光学断层图像产生装置,其中,进行平均化的单元是在傅立叶变换被执行之后对在所述预定时间内获取的在实数状态下的所述多个强度信号进行平均化的单元。

14. 一种光学断层图像产生方法,所述光学断层图像产生方法产生对象的断层图像,包括以下步骤:

获取通过扫描对象而获得的多个强度信号;

执行傅立叶变换;以及

获得二维断层图像,

其中,在获取二维断层图像的情况下对预定时间内获取的多个强度信号进行平均化,

其中,基于用于获取信号的测量光的横向分辨率和扫描速度来计算所述预定时间。

15. 根据权利要求 14 的光学断层图像产生方法,其中,进行平均化的步骤是对在所述预定时间内获取的所述多个强度信号进行加权平均的步骤。

16. 根据权利要求 14 的光学断层图像产生方法,其中,进行平均化的步骤是在执行傅立叶变换之后对在所述预定时间内获取的在复数状态下的所述多个强度信号进行平均化的步骤。

17. 根据权利要求 14 的光学断层图像产生方法,其中,进行平均化的步骤是在执行傅立叶变换之后对在所述预定时间内获取的在实数状态下的所述多个强度信号进行平均化的步骤。

18. 根据权利要求 14 的光学断层图像产生方法,其中,扫描被逐步地执行。

19. 一种光学断层图像产生装置,所述光学断层图像产生装置产生对象的断层图像,包括:

用于获取通过扫描对象而获得的多个强度信号的单元;

用于执行傅立叶变换的单元;

用于获得二维断层图像的单元;以及

用于在获取二维断层图像的情况下对预定时间内获取的多个强度信号进行平均化的单元,

其中,基于用于获取信号的测量光的横向分辨率和扫描速度来计算所述预定时间。

20. 根据权利要求 19 的光学断层图像产生装置,其中,进行平均化的单元是对在所述预定时间内获取的所述多个强度信号进行加权平均的单元。

21. 根据权利要求 19 的光学断层图像产生装置,其中,进行平均化的单元是在执行傅立叶变换之后对在所述预定时间内获取的在复数状态下的所述多个强度信号进行平均化的单元。

22. 根据权利要求 19 的光学断层图像产生装置,其中,进行平均化的单元是在执行傅立叶变换之后对在所述预定时间内获取的在实数状态下的所述多个强度信号进行平均化的单元。

23. 根据权利要求 19 的光学断层图像产生装置,其中,扫描被逐步地执行。

光学断层图像产生方法和光学断层图像产生装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于产生对象的断层图像的光学断层图像产生方法和光学断层图像产生装置。

背景技术

[0002] 使用光学相干断层法 (OCT) 的成像装置 (以下也被称为 OCT 装置) 现在被付诸于实用, 在所述光学相干断层法 (OCT) 中利用低相干光的干涉。该成像装置能够以几微米的深度分辨率 (depth resolution) 获取断层图像, 这导致对象的断层图像的高分辨率成像。

[0003] 日本专利申请公开 No. 2008-237238 公开了一种光学图像测量设备, 所述光学图像测量设备意图提高要形成的图像的图像质量。该设备形成眼底的多个断层图像, 并且存储所形成的图像。然后, 使用断层图像中的一个图像和与该图像相邻的断层图像以进行算术运算, 以由此形成新的断层图像。作为结果, 可以提高所形成图像的图像质量。

[0004] 在上述日本专利申请公开 No. 2008-237238 中, 图像质量在一定程度上得到提高, 但是, 没有充分地得到提高。特别是在对象移动的情况下, 对象的位置在断层图像之间变化, 这增加信号波形被修约 (round) 的风险。

[0005] 因此, 需要进一步提高图像质量。

发明内容

[0006] 本发明是为了解决上述问题而提出的, 因此, 本发明的一个目的是实现图像质量的进一步提高。本发明的另一个目的是, 通过抑制对象的移动的影响, 即使当对象移动时也实现图像质量的提高。

[0007] 根据本发明, 提供一种产生对象的断层图像的光学断层图像产生方法, 该方法包括以下步骤: 获取信号; 执行傅立叶 (Fourier) 变换; 以及获得断层图像, 其中, 光学断层图像产生方法还包括以下步骤之一: 对于在预定时间内获取的多个信号进行合成; 和在对于在预定时间内获取的多个信号执行傅立叶变换之后对于所述在预定时间内获取的多个信号进行合成。

[0008] 根据本发明, 还提供一种光学断层图像产生装置, 该光学断层图像产生装置用于将来自光源的光分成测量光和参考光, 通过测量光路将测量光引向对象, 并通过参考光路将参考光引向参考反射镜, 以由此通过使用作为被对象反射或散射的测量光的返回光、在参考反射镜上反射的参考光和通过对返回光和参考光进行合成而获得的合成光来产生对象的断层图像, 该光学断层图像产生装置包括用于扫描对象的单元和用于控制成像定时的单元, 并且还包括用于对在预定时间内获取的信号进行合成的单元。

[0009] 根据本发明, 还提供一种光学断层图像产生方法, 所述光学断层图像产生方法产生对象的断层图像, 包括以下步骤: 获取通过扫描对象而获得的多个信号; 对于多个获取的信号之中的在预定时间内获取的多个信号进行合成; 对于通过合成步骤获得的信号执行傅立叶变换; 以及基于通过傅立叶变换获得的信号来产生断层图像。

[0010] 根据本发明,还提供一种光学断层图像产生装置,所述光学断层图像产生装置产生对象的断层图像,包括:用于获取通过扫描对象而获得的多个信号的单元;用于对于多个获取的信号之中的在预定时间内获取的多个信号进行合成的单元;用于对于通过所述用于进行合成的单元获得的信号执行傅立叶变换的单元;以及用于基于通过傅立叶变换获得的信号来产生断层图像的单元。

[0011] 根据本发明,还提供一种光学断层图像产生方法,所述光学断层图像产生方法产生对象的断层图像,包括以下步骤:获取通过扫描对象而获得的多个信号;对于多个获取的信号执行傅立叶变换;对于经受傅立叶变换的多个信号之中的在预定时间内被获取并经受傅立叶变换的多个信号进行合成;以及基于通过合成步骤获得的信号来产生断层图像。

[0012] 根据本发明,还提供一种光学断层图像产生装置,所述光学断层图像产生装置产生对象的断层图像,包括:用于获取通过扫描对象而获得的多个信号的单元;用于对于多个获取的信号执行傅立叶变换的单元;用于对于经受傅立叶变换的多个信号之中的在预定时间内被获取并经受傅立叶变换的多个信号进行合成的单元;以及用于基于通过所述用于进行合成的单元获得的信号来产生断层图像的单元。

[0013] 根据本发明,通过对于在预定时间内获取的多个信号进行合成或对于在对所述多个信号执行傅立叶变换之后获得的信号进行合成,实现图像质量的提高。

[0014] 参考附图阅读示例性实施例的以下说明,本发明的其它特征将变得清晰。

附图说明

[0015] 图 1 是示出根据本发明第一实施例的信号处理步骤的解释图;

[0016] 图 2 是示出根据本发明第一实施例的 Michelson OCT 装置的解释图;

[0017] 图 3A、图 3B、图 3C 和图 3D 是示出根据本发明第一实施例的扫描仪的关于经过时间的位置和该扫描仪的测量定时之间的关系图的解释图;

[0018] 图 4 是示出根据本发明第二实施例的 Mach-Zehnder OCT 装置的解释图;

[0019] 图 5A 和图 5B 是示出根据本发明第二实施例的信号处理步骤的解释图;以及

[0020] 图 6 是示出根据本发明第三实施例的信号处理步骤的解释图。

具体实施方式

[0021] 现在将根据附图详细描述本发明的优选实施例。

[0022] 根据本发明,提供一种产生对象的断层图像的光学断层图像产生方法,该方法包括以下步骤:获取信号;执行傅立叶变换;以及获得断层图像,其中,光学断层图像产生方法还包括以下步骤之一:对于在预定时间内获取的多个信号进行合成;和在对于在预定时间内获取的多个信号执行傅立叶变换之后对于在所述预定时间内获取的多个信号进行合成。图 1 示出光学断层图像产生方法包括对于在预定时间内获取的多个信号进行合成的步骤的情况。

[0023] 实施例

[0024] 第一实施例

[0025] 下面描述本发明的第一实施例。在本实施例中,利用使用 Michelson 干涉计的成像装置来产生断层图像,但是,可用于本发明的成像装置不限于此。此外,本实施例的信号

处理的特征在于,在获取多个信号之后合成所述多个信号。

[0026] Michelson 干涉计

[0027] 参考图 2,描述根据第一实施例的光学相干断层成像装置(以下也被称为 OCT 装置)。图 2 是示出根据本实施例的使用 Michelson 光学系统(Michelson 干涉计)的成像装置的示意图。

[0028] 从光源 201 发射的光穿过光纤(fiber)202 和透镜 203-1,并且通过光束分离器 204 被分成测量光 214 和参考光 213。测量光 214 穿过 XY 扫描仪 208、物镜(objective lens)205-1 和物镜 205-2,并且入射到作为对象的眼睛 217。然后,入射到眼睛的测量光穿过角膜 216,并到达视网膜 218。

[0029] 在眼睛 217 的视网膜 218 上反射和散射的返回光 215 通过依次穿过物镜 205-2、物镜 205-1、XY 扫描仪 208 和光束分离器 204 而返回。并且,返回光 215 通过透镜 203-2 被引向分光计 211。分光计 211 包含透镜、光栅和图像拾取器件。用作图像拾取器件的是电荷耦合器件(CCD)型或互补金属氧化物半导体(CMOS)型的线传感器(linesensor)。通过分光计 211 的线传感器获得的信号被发送到计算机 212 并被存储在存储器中。存储的信号然后经受后面描述的处理。

[0030] 另一方面,参考光 213 穿过色散补偿玻璃 207,在参考反射镜 209 上被反射,再次穿过色散补偿玻璃 207,并返回到光束分离器 204。色散补偿玻璃 207 被用于补偿在眼睛 217 和物镜 205-1、205-2 中引起的色散。参考反射镜 209 可借助于反射镜调整机构 210 调整参考光路的光路长度。通过光束分离器 204 合成这些参考光 213 和返回光 215。然后,合成的光被引向分光计 211。注意,测量光路上的具有与参考光路的光路长度匹配的光路长度的部分被称为相干门(coherence gate)。在测量眼睛 217 的视网膜 218 的情况下,参考反射镜 209 的位置被调整,使得相干门变得接近视网膜 218。

[0031] 作为光源 201,使用作为典型的低相干光源的超亮二极管(SLD, super luminescent diode)。关于其波长,例如,中心波长为 840nm 并且带宽为 50nm。注意,带宽是重要的参数,原因在于它对于要获得的断层图像在光轴方向上的分辨率的影响。此外,在本文中,所选的光源 201 的类型是 SLD,而作为替代方案,可使用放大自发发射(ASE),只要光源 201 发射低相干光。显然,根据对象的内容,可使用诸如卤素灯的其他光源。注意,波长影响要获得的断层图像在横向方向上的分辨率,因此,当横向方向上的分辨率是重要的时,希望短波长。

[0032] 计算机 212 执行后面描述的算术处理和控制,并且还控制分光计 211、XY 扫描仪 208、反射镜调整机构 210 和焦点调整机构 206。显然,计算机 212 还能够进行数据输入、图像处理、图像显示和数据存储。

[0033] 信号处理步骤

[0034] 参考图 1,描述由图 2 所示的 OCT 装置执行的信号处理。在 A1 ~ A7 之中,在步骤 A2 和 A3 之间提供合成步骤 M1。

[0035] 在步骤 A1 中,开始测量。在该阶段,激活 OCT 装置,并且针对测量,设定作为对象的眼睛。另外,由操作员执行测量所需的调整,以便开始测量。

[0036] 在步骤 A2 中,获取信号。下面,描述获取一个二维断层图像的情况作为例子。沿图 2 的与眼睛 217 的光轴垂直的 X 方向移动 XY 扫描仪 208。图 3A ~ 3D 是示出 XY 扫描仪

208 的关于经过时间的位置和 XY 扫描仪 208 的成像定时之间的关系。图 3A 示出 XY 扫描仪 208 沿 X 方向逐步移动的情况。步骤的数量为例如 512。图 3B 示出测量定时,并且示出在一个步骤中以规则的间隔执行三次的成像的控制。测量间隔 310 对于一个步骤以及在步骤之间均是相等的。由此,成像被执行 $1,536 (= 512 \times 3)$ 次。注意,对于每次成像所获取的数据,在具有 1,024 个像素的线传感器的情况下获得具有 1,024 个元素的一维阵列。

[0037] 因此,由于存在 1,536 个线,因此,最终获得具有 $1,024 \times 1,536$ 个元素的二维阵列。注意,各线的数据作为二维阵列的各列的数据被存储。

[0038] 注意,如图 3C 所示,XY 扫描仪 208 可以沿 X 方向连续地移动。与上述的情况相比,连续移动降低扫描仪上的负载并且导致平稳的移动。测量间隔可以相等,并且,作为替代方案,可以提供诸如图 3D 所示的测量间隔 302 和测量间隔 303 的这样的不同间隔。在这种情况下,为了获得要合成的信号,在三个连续的成像操作之中设置规则的间隔,而在相邻的两组成像操作之间设置不同的测量间隔。显然,位置控制和成像定时的组合被自由地确定。可以组合使用图 3C 所示的连续移动的位置控制和图 3B 所示的规则成像定时。

[0039] 注意,在对于通过在沿 X 方向连续移动 XY 扫描仪 208 时执行的成像而获取的信号进行合成的情况下,当移动距离大时,信号分量会被修约(要被合成的数据相互抵消,使得原始的信号分量会被丢失)。因此,希望移动距离 304 小于等于 OCT 装置的横向分辨率的几倍长度(一般地,基于对象上的测量光的光束直径被确定)。特别地,移动距离 304 的范围为从几微米到几百微米。注意,在扫描仪的移动速度已知的情况下,预定距离可被转换成时间,并且,由此获得的时间可被设定为预定的时间。只要满足预定距离或预定时间的条件,作为 X 方向或 Y 方向的直线移动的替代,可以像圆形扫描那样通过转动 XY 扫描仪 208 来获取数据。

[0040] 例如,在通过 20kHz 的线传感器对于 6mm 的范围执行成像的情况下,扫描仪在扫描对象时的移动速度为 $78 (= 6/1,536 \times 20k) \text{ mm/s}$ 。当针对三个线进行平均时的移动距离为 $12 (= 78 \times (3/20k)) \mu\text{m}$ 。当 OCT 装置的横向分辨率为 $20 \mu\text{m}$ 时,移动距离落入一个范围内,在该范围中,即使在合成之后也不太可能发生信号损失。注意,以 20kHz 获取 512 个线的图像所需的时间为 $25.6 (= 512/20k) \text{ msec}$ 。在获取三个图像的情况下,需要至少 $76.8 (= 25.6 \times 3) \text{ msec}$ 。获取三个线的信号所需的时间为 $0.15 (= 3/20k) \text{ msec}$,在该段时间中,对象没有移动这么远。

[0041] 在步骤 M1 中,信号被合成。在该步骤中,相邻三个光谱的一维阵列被平均化,并且,新的一维阵列被创建。特别地,在 $1,024 \times 1,536$ 二维阵列中,第 $3j$ 、第 $(3j+1)$ 和第 $(3j+2)$ 列(j 是范围为 $0 \sim 511$ 的整数)的一维阵列被平均化。作为结果,获得 $1,024 \times 512$ 二维阵列。通过平均化,可以去除噪声分量。

[0042] 与在步骤 A3 之后的过程中执行平均化的情况相比,可以用较少数量的数据执行计算,这导致缩短计算时间的效果。注意,平均可以是加权平均,但是当权重不同时,去噪效果会改变。注意,在对于图 3C 和图 3B 所示的控制进行组合的情况下,要被平均化的线的数量不一定是三个,而可以是满足上面描述的横向分辨率的条件的任意整数。此外,可以去除被认为具有测量误差的数据。

[0043] 在步骤 A3 中,执行波长-波数变换。一般地,来自分光计 211 的数据包括波长和在该波长处的强度。此外,关于波长以规则的间隔执行采样。首先,创建强度数据关于波长的

函数。然后,各波长被转换成波数,并且,强度数据关于波数的函数被创建。波数是波长的倒数,由此以规则的间隔分配 1024 个波数。然后,计算与波数对应的强度数据。要被利用的计算方法例如内插,所述内插可以是一般线性内插或样条内插。在这种情况下,希望使用线性算术运算。作为结果,获得具有包含关于波数按规则间隔配置的强度的 $1,024 \times 512$ 个元素的二维阵列。

[0044] 在分光计 211 可关于波数以规则的间隔执行采样的情况下,只要因波长-波数变换引起的误差是可以忽略的,那么显然可省略该步骤。

[0045] 在步骤 A4 中,执行傅立叶变换。在该步骤中,对于各列,关于波数以规则的间隔配置的强度值经受离散傅立叶变换。作为结果,获得 $1,024 \times 512$ 的复数二维阵列。注意,由于傅立叶变换的特性,所以各列的第 m 行和第 $(1024-m)$ 行具有相同的强度值。因此,提取第 0 行到第 511 行,并且获得 512×512 的复数二维阵列。

[0046] 在步骤 A5 中,复数数据被转换成实数数据。对于将复数转换成实数所使用的不是线性算术运算。因此,步骤 A5 之前的平均化在根本上与步骤 A5 之后的平均化不同。在第二实施例中描述该区别。

[0047] 在步骤 A6 中,获得断层图像。在该步骤中,在 512×512 二维阵列中进一步调整范围。

[0048] 要调整的范围例如纵向长度与横向长度之比。为了调整该范围,通过内插来增大和减小像素的数量。此外,调整对比度。对比度的调整指的是用于图像处理的 γ 值的一般校正。作为结果,获得适合于医生的诊断的图像。然后,在计算机 212 的显示屏幕上显示所获得的断层图像。

[0049] 在步骤 A7 中,过程结束。以上已描述了从使用 OCT 装置的测量开始到图像显示的过程,并且,作为替代方案,例如,上述的过程可被应用于经由网络获取的多帧数据,以由此从单个断层图像获得具有减少的噪声的图像。

[0050] 根据本实施例,可通过合成在预定时间内获取的信号而获得高质量图像。

[0051] 第二实施例

[0052] 下面描述本发明第二实施例。在本实施例中,对于产生断层图像使用利用 Mach-Zehnder 干涉计的成像装置,但是,可用于本发明的成像装置不限于此。并且,本实施例的信号处理的特征在于,在傅立叶变换之后执行信号合成。

[0053] Mach-Zehnder 干涉计

[0054] 参考图 4 描述根据第二实施例的光学相干断层成像装置。图 4 是示出根据本实施例的使用 Mach-Zehnder 光学系统的成像装置的示意图。以下描述与第一实施例的区别。

[0055] 从光源 201 发射的光穿过光纤耦合器 (fiber coupler) 401-1,并且被分成测量光 214 和参考光 213。

[0056] 测量光 214 入射到循环器 (circulator) 402-2 的端口 1,从其端口 2 射出,并且到达透镜 403-2。并且,测量光穿过 XY 扫描仪 208、物镜 205-1、物镜 205-2、眼睛 217 的角膜 216,并且到达视网膜 218。在视网膜上散射和反射的返回光 215 通过穿过物镜 205-2、物镜 205-1、XY 扫描仪 208 和透镜 403-2 而返回,入射到循环器 402-2 的端口 2,从其端口 3 射出,并到达光纤耦合器 401-2。

[0057] 另一方面,参考光 213 入射到循环器 402-1 的端口 1,从其端口 2 射出,穿过透镜

403-1 和色散补偿玻璃 207, 并且在参考反射镜 209 上被反射。反射的参考光 213 通过穿过色散补偿玻璃 207 和透镜 403-1 而返回循环器 402-1 的端口 2, 从循环器 402-1 的端口 3 射出, 并且到达光纤耦合器 401-2。参考反射镜 209 可借助于反射镜调整机构 210 来调整光路长度。通过光纤耦合器 401-2 合成参考光 213 和返回光 215, 并且, 合成的光被引向分光计。

[0058] 信号处理步骤

[0059] 参考图 5A 和图 5B 描述由图 4 所示的 OCT 装置执行的信号处理。图 5A 示出在步骤 A1 ~ A7 之中、在步骤 A4 和 A5 之间提供合成步骤 M2 的情况。图 5B 示出在步骤 A5 和 A6 之间提供合成步骤 M3 的情况。

[0060] 现在描述两种情况之间的不同。首先, 在步骤 M2 的情况下, 合成在步骤 A4 中获得的复数数据, 并且, 得到的复数数据被传给步骤 A5。在合成步骤中, 对复数数据执行简单平均或加权平均。另一方面, 在步骤 M3 的情况下, 合成在步骤 A5 中计算的实数数据, 并且, 得到的实数数据被传给步骤 A6。在合成步骤中, 对实数数据执行简单平均或加权平均。

[0061] 基于步骤 M2 中的复数的合成在根本上与基于步骤 M3 中的实数的合成不同。参考以下的数学表达式来描述区别。下面, 通过使用虚数单位 i 的表达式 1-1 和表达式 1-2 来分别表示复数的要素 1 和要素 2。

[0062] $a_0 + b_0 i = r_0 e(i \phi_0)$ 表达式 1-1

[0063] $a_1 + b_1 i = r_1 e(i \phi_1)$ 表达式 1-2

[0064] 当将复数加在一起并且然后将得到的复数转换成实数时, 获得用表达式 2 表示的数据。

[0065] $\sqrt{(a_0 + a_1)^2 + (b_0 + b_1)^2}$ 表达式 2

[0066] 当将复数转换成实数并且然后将得到的实数加在一起时, 获得用表达式 3 表示的数据。

[0067] $\sqrt{a_0^2 + b_0^2} + \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$ 表达式 3

[0068] 当对表达式 2 和表达式 3 求平方并且然后减去共同部分时, 建立表达式 4 的关系 (通过对两边进一步求平方而容易地获得证明)。

[0069] $a_0 a_1 + b_0 b_1 \leq \sqrt{a_0^2 + b_0^2} \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$ 表达式 4

[0070] 换句话说, 表达式 2 的值小于等于表达式 3 的值。这个事实在去噪方法中是重要的。特别地, 在随机噪声的情况下, 存在正分量 (plus component) 和负分量 (minus component)。当在复数的状态下将两种分量加在一起时, 这些分量被抵消。因此, 在理论上, 当对图 5A 和图 5B 的步骤进行相互比较时, 通过图 5A 的步骤进一步减少噪声。相反, 当获得实数并且然后将它们加在一起时, 抵消效果被限制。注意, 在第一实施例中, 执行线性算术运算直到傅立叶变换, 并由此可获得与在复数的状态下将分量加在一起的情况相同的效果。注意, 由于噪声是等价 (equivalent) 的, 因此与加权平均相比, 更希望简单平均。

[0071] 表 1 示出包含图 1 的步骤的处理和包含图 5B 的步骤的处理之间的信噪比 (SNR) 方面的比较。单位是分贝。作为扫描仪的位置控制, 应用图 3C 的情况, 在图 3C 中, 扫描仪的位置被连续地偏移。作为成像定时, 应用图 3B 的情况, 在图 3B 中, 以规则的间隔执行采样。成像对象的中心在正常眼睛的黄斑 (macula) 上, 并且, 在约 6mm 的范围中测量视网膜。线的

数量为 2,048。使用相同的原始数据,并且,在以下的情况下通过各处理获得 SNR 的值:(1) 从 2,048 根线提取每四个线,以由此创建不经受合成的 512 个线的断层图像;(2) 从 2,048 个线提取每两个线以获得 1,024 个线,并且,进一步合成两个相邻的线,以由此创建 512 个线的断层图像;以及(3) 合成 2,048 个线的四个线,以由此创建 512 个线的断层图像。在将复数转换成实数之前对线进行合成的情况下,随着合成的线的数量变大,SNR 得到提高。另一方面,在将复数转换成实数之后对线进行合成的情况下,SNR 几乎是恒定的。当将不执行平均处理的情况与在获得实数之后执行平均处理的情况相比时,在后一种情况下获得更平滑的图像。注意,在该比较中使用的 SNR 指的是每个像素的最大值与它的行的噪声的均方根(RMS)的最小值之比。

[0072] 表 1SNR 的比较

[0073]

	图 1 的步骤	图 5B 的步骤
512(没有平均)	40. 22	40. 22
1, 024(二线平均)	42. 84	40. 27
2, 048(四线平均)	45. 74	40. 35

[0074] 根据本实施例,可通过合成在预定时间内获取的信号来获得高质量图像。

[0075] 第三实施例

[0076] 下面描述本发明第三实施例。在本实施例的信号处理中,在傅立叶变换之后执行相位调整,然后合成信号。

[0077] 信号处理步骤

[0078] 参考图 6 描述本实施例的信号处理。在步骤 A4 和 A5 之间提供相位调整步骤和合成步骤。下面描述与第二实施例的区别。

[0079] 在步骤 P1 中,复数数据经受相位调整。在该步骤中,调整三个相邻线的阵列的相位。首先,将数据转换成多组极坐标。可以从极坐标获得振幅分量和相位分量。通过被设为第 3j 列(j 是范围为 0 ~ 511 的整数)的三个线中的第一个线,参考第 3j 列的相位来调整第 (3j+1) 列的一维阵列的相位(或者,参考第 3j 列和第 (3j+1) 列的合成结果来调整第 (3j+2) 列的相位)。首先,通过改变第 (3j+1) 列的阵列的相位分量来创建新的阵列。当例如从 0 度到 350 度以 10 度改变相位分量时,可获得 36 个不同的一维阵列。

[0080] 在步骤 M3 中,执行合成。第 3j 列的一维阵列分别与 36 个不同的一维阵列进行合成。在该步骤中,执行简单平均,以由此新获得 36 个不同的阵列。

[0081] 在步骤 A5 中,获得实数数据。存在从通过合成而获得的 36 个不同的阵列获得的 36 个不同实数阵列。

[0082] 在步骤 P2 中,执行选择。从通过合成而获得的所述 36 个不同的阵列中,选择信号最大的阵列。虽然主要在第一和第二实施例中获得去噪效果,但是,在本实施例中可使信号最大化。并且,在随机噪声的情况下,即使使用相位调整,噪声也是随机的,因此仍获得去噪效果。

[0083] 在步骤 P3 中,确定是否完成合成。特别地,合成第 3j 列到第 (3j+2) 列中的三个

线,以由此创建新的第 3j 列。确定对于所有 j 是否完成这样的合成。当完成合成时,处理进入到步骤 A6。当未完成合成时,处理返回到步骤 P1。

[0084] 根据本实施例,可通过使用相邻线的数据来获得高质量图像。

[0085] 可通过使用计算机、用于执行由计算机程序实现的相应步骤的过程执行上述的根据本发明的光学断层图像产生方法。

[0086] 其它实施例

[0087] 也可通过读出并执行记录在存储器设备上的程序以执行上述实施例的功能的系统或装置的计算机(或者诸如 CPU 或 MPU 的设备)、以及通过由系统或装置的计算机通过例如读出并执行记录在存储器设备上的程序来执行各个步骤以执行上述实施例的功能的方法,实现本发明的各方面。为此,例如经由网络或从用作存储器设备的各种类型的记录介质(例如,计算机可读介质)向计算机提供程序。在这种情况下,系统或装置、以及存储程序的记录介质被包含在本发明的范围内。

[0088] 虽然已参考示例性实施例描述了本发明,但应理解,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应被赋予最宽的解释以包含所有这样的变更方式及等同的结构和功能。

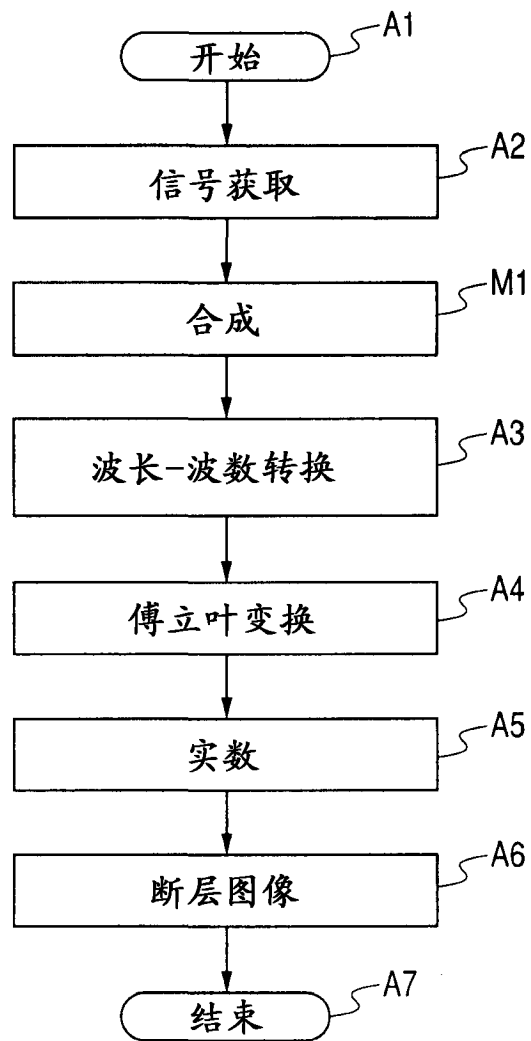


图 1

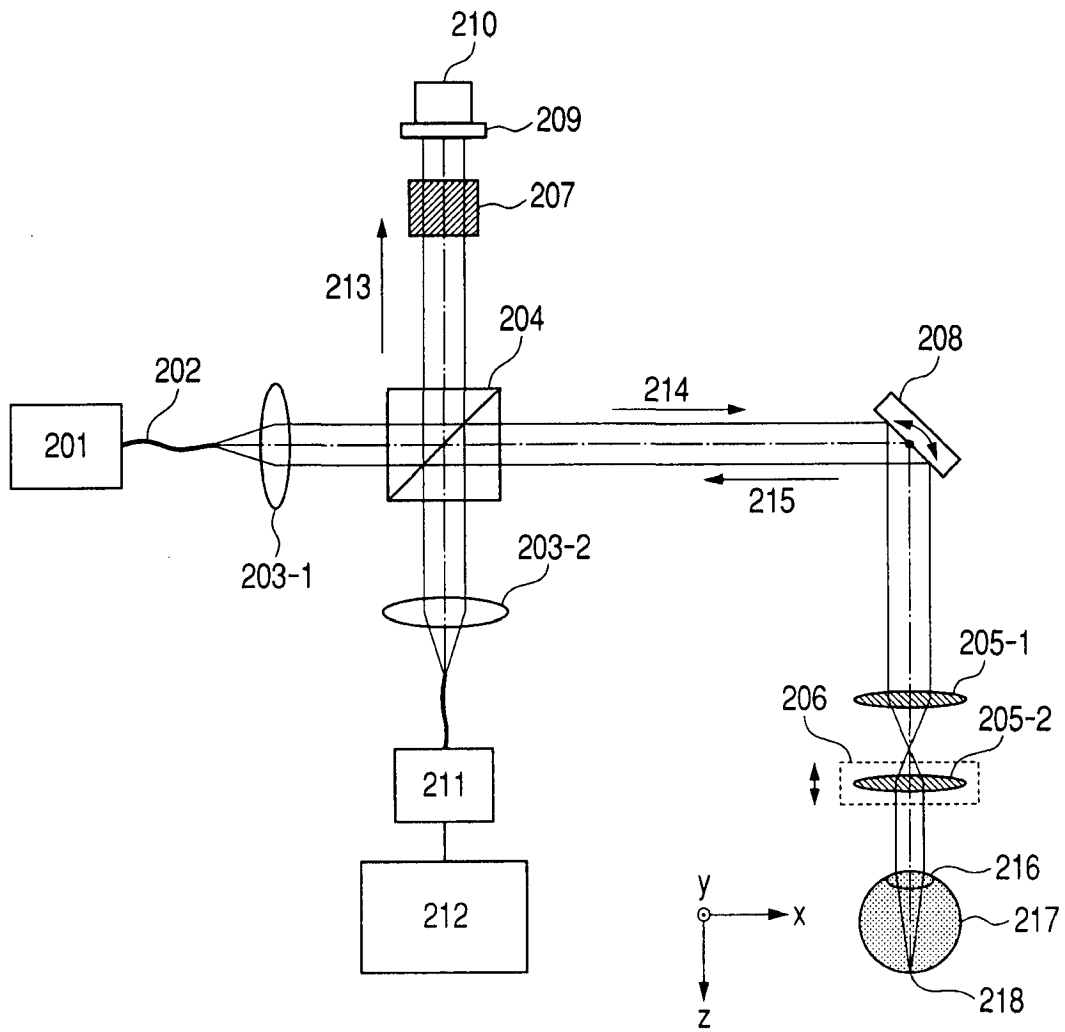


图 2

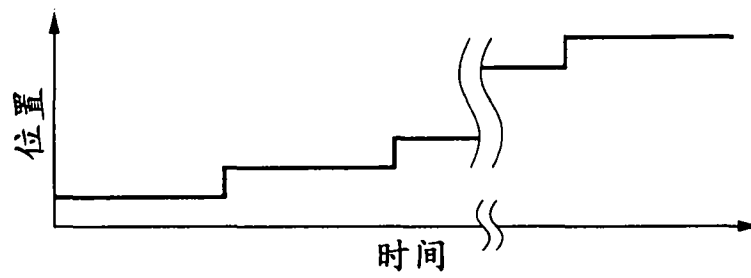


图 3A

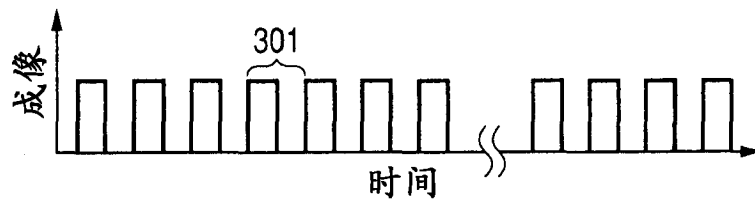
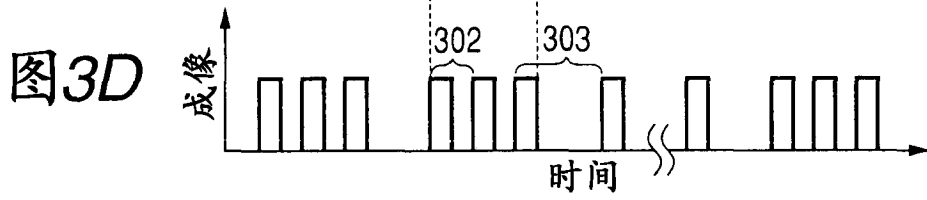
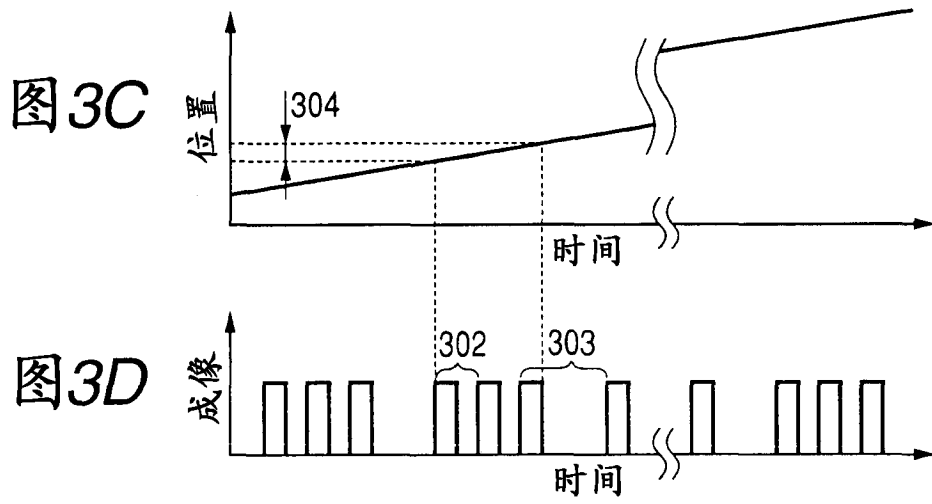


图 3B



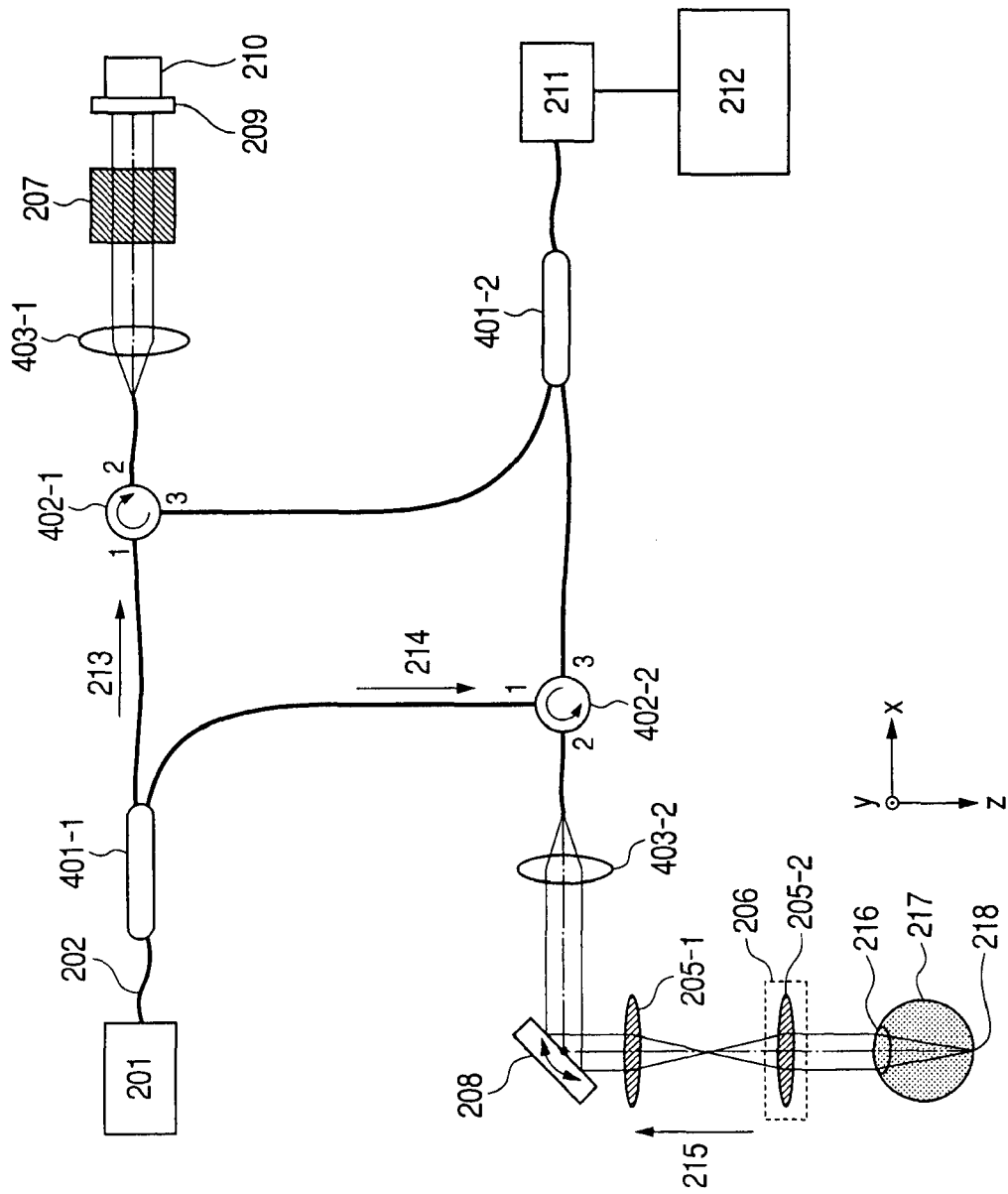


图 4

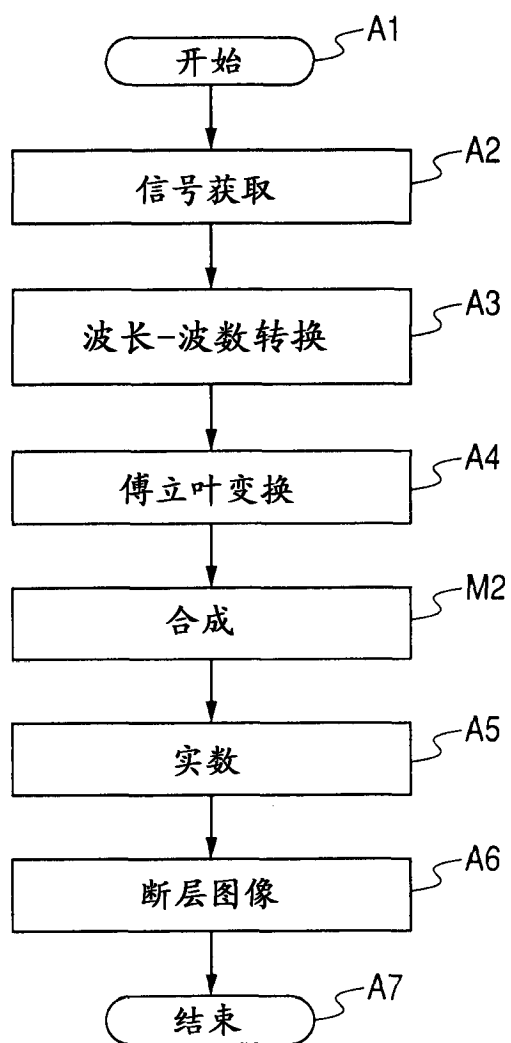


图 5A

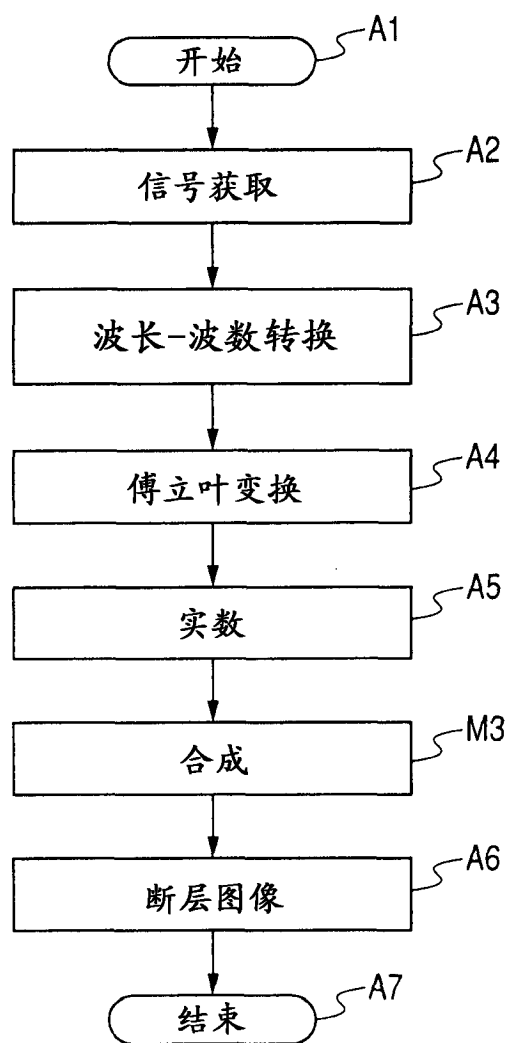


图 5B

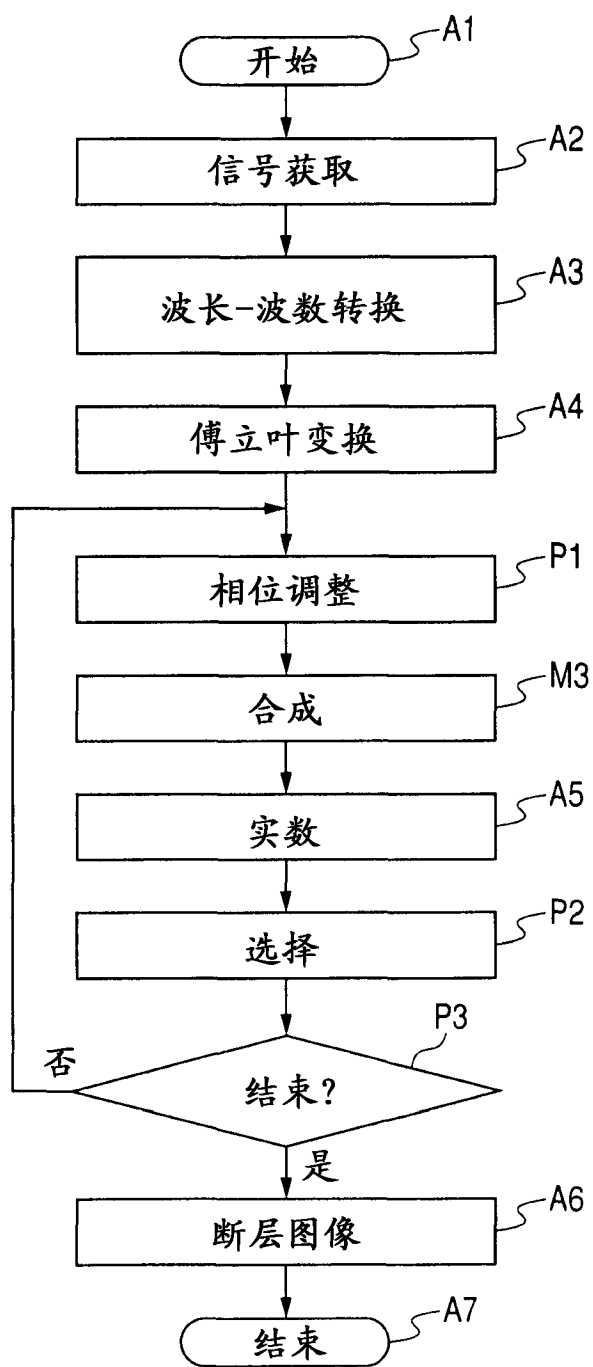


图 6