



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102038486 B

(45) 授权公告日 2013. 05. 08

(21) 申请号 201010515565. 5

审查员 李澍歆

(22) 申请日 2010. 10. 22

(30) 优先权数据

2009-244678 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 3/14(2006. 01)

A61B 3/12(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 03/011764 A2, 2003. 02. 13, 全文.

US 2008/0175465 A1, 2008. 07. 24, 全文.

US 2008/0273783 A1, 2008. 11. 06, 全文.

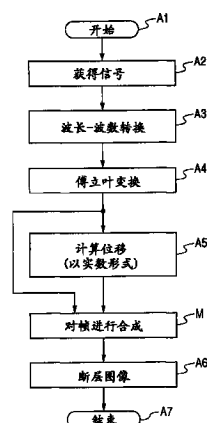
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

光学断层图像产生装置和光学断层图像产生方法

(57) 摘要

本发明涉及光学断层图像产生装置和光学断层图像产生方法。所述光学断层图像产生方法包括：获得多个帧的信号；通过对所述多个帧的信号执行傅立叶变换来获得相应的复数数据；使用相应的复数数据来合成多个帧；基于合成的数据产生断层图像。该配置使得能够容易地提高光学相干断层成像装置中的图像质量。



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用于产生对象的断层图像,该方法包括:

获得通过对对象施加光束而获得的多个帧中的每一个帧的强度信号;

通过对所述多个帧的信号执行离散傅立叶变换来获得相应的复数数据;

基于将复数数据转换成实数数据的结果,获得帧之间的帧位移信息,

通过基于所述帧位移信息将来自所述多个帧中的每一个帧的相应的复数数据平均化来以复数形式合成所述多个帧;以及

基于合成的数据产生断层图像。

2. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,

其中,通过根据所获得的帧位移信息对所述多个帧进行加权而将所述多个帧平均化,来执行所述多个帧的合成。

3. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,

其中,以复数形式合成所述多个帧是通过基于所述帧位移信息对与所述多个帧中的每一个帧相对应的复数数据的平行位移和转动位移之一的结果进行平均化。

4. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,

其中,所述平均化是获得均方和相加平均值之一。

5. 根据权利要求1的光学断层图像产生方法,还包括通过合成在用于沿与对象的光轴垂直的预定方向进行扫描的扫描时间内获取的强度信号来获得帧,

其中,在以复数形式合成所述多个帧之前执行强度信号的合成。

6. 一种光学断层图像产生装置,在所述光学断层图像产生装置中,来自光源的光束被分成测量光束和参考光束,所述测量光束经由测量光束路径被引向对象,所述参考光束经由参考光束路径被引向参考反射镜,并且,通过使用作为被对象反射或散射的测量光束的返回光束和被参考反射镜反射的参考光束的组合光束来产生对象的断层图像,所述光学断层图像产生装置包括:

检测单元,被配置为检测所述组合光束;

被配置为通过对被所述检测单元检测的多个帧的强度信号执行离散傅立叶变换来获得相应的复数数据的单元;

帧位移信息获得单元,被配置为将所述复数数据转换为实数数据并且基于所述转换的结果而获得帧之间的帧位移信息;

合成单元,被配置为通过基于所述帧位移信息将来自所述多个帧中的每一个帧的相应的复数数据平均化来以复数形式执行所述多个帧的合成;以及

产生单元,基于合成的数据产生断层图像。

7. 根据权利要求6的光学断层图像产生装置,

其中,所述合成单元被配置为通过根据所获得的帧位移信息对所述多个帧进行加权而将所述多个帧平均化来执行所述多个帧的合成。

8. 根据权利要求6的光学断层图像产生装置,还包括被配置为通过对帧中相邻的线的数据进行合成而在该帧内合成该帧的强度信号的单元,

其中,所述帧位移信息获得单元被配置为获得已在相应的帧内执行了所述合成的帧位移信息。

9. 根据权利要求 6 的光学断层图像产生装置,还包括被配置为通过对帧中相邻的线的数据进行合成而在该帧内合成该帧的强度信号的单元,

其中,所述合成单元被配置为合成已在相应的帧内执行了合成的多个帧中的每一个帧。

10. 根据权利要求 6 的光学断层图像产生装置,

其中,所述合成单元被配置为通过基于所述帧位移信息而对与所述多个帧中的每一个帧对应的复数数据的平行位移和转动位移之一的结果进行平均化来以复数形式执行所述多个帧的合成。

11. 根据权利要求 6 的光学断层图像产生装置,

其中,所述平均化是获得均方和相加平均值之一。

光学断层图像产生装置和光学断层图像产生方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光学断层图像产生装置和光学断层图像产生方法。

背景技术

[0002] 当前,使用利用低相干光的干涉的光学相干断层法(OCT)的实用的成像装置在使用中。该装置(以下也被称为OCT装置)能够以几微米的深度分辨率获得断层图像,从而使得能够提供对象的高分辨率断层图像。

[0003] 日本专利申请公开 No. 2008-237238 公开了用于提高所形成图像的图像质量的光学图像测量装置。该装置形成眼底的多个断层图像,并且存储所形成的图像。然后,光学图像测量装置通过使用断层图像之一和与其相邻的断层图像来执行算术运算,由此使得能够形成另一个断层图像。因此,可以提高所形成图像的图像质量。

发明内容

[0004] 但是,即使如日本专利申请公开 No. 2008-237238 那样形成多个断层图像并通过使用断层图像的像素值来执行算术运算以形成最终的断层图像,由于噪声分量没有被有效地去除,因此图像质量的提高也会受到限制。

[0005] 为了解决上面的问题,提出本发明,并且,本发明的一个目的是,通过有效地去除噪声分量来进一步提高断层图像的图像质量。

[0006] 本发明的发明人发现,当如日本专利申请公开 No. 2008-237238 那样通过使用多个断层图像来执行算术运算时,由于在常规上算术运算是在断层图像的像素值被转换成实数之后执行的,因此未执行有效的降噪。因此,本发明的发明人证实,可通过针对保持为复数形式的像素值执行算术运算并然后在算术运算之后将复数转换成实数来提供更有效的降噪,由此完成本发明。

[0007] 换句话说,根据本发明的光学断层图像产生方法是一种用于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:获得通过向对象施加光束而获得的多个帧的信号;通过对所述多个帧的信号执行傅立叶变换而获得相应的复数数据;使用相应的复数数据以复数形式合成所述多个帧;以及基于合成的数据产生断层图像。

[0008] 此外,根据本发明的光学断层图像产生装置是这样的光学断层图像产生装置,在该光学断层图像产生装置中,来自光源的光束被分成测量光束和参考光束,测量光束经由测量光束路径被引向对象,参考光束经由参考光束路径被引向参考反射镜,并且,使用作为被对象反射或散射的测量光束的返回光束和被参考反射镜反射的参考光束的组合(combined)光束来产生对象的断层图像,该光学断层图像产生装置包括:检测组合光束的检测单元;存储通过检测单元检测的多个帧的信号的存储器;通过对多个帧的信号执行傅立叶变换来获得相应的复数数据的单元;使用相应的复数数据以复数形式执行多个帧的合成的合成单元;以及基于合成的数据产生断层图像的产生单元。

[0009] 根据本发明,可期望通过有效地去除噪声分量来进一步提高图像质量。

[0010] 参考附图阅读实施例的以下描述,本发明的其它特征将变得清晰。

附图说明

[0011] 图 1 是示出本发明的例子 1 中的信号处理的示图。

[0012] 图 2 是示出本发明的例子 1 中的 Michelson 型 OCT 装置的示图。

[0013] 图 3A、图 3B 和图 3C 是示出本发明的例子 1 中的时序图的示图。

[0014] 图 4 是示出本发明的例子 2 中的 Mach-Zehnder 型 OCT 装置的示图。

[0015] 图 5 是示出本发明的例子 2 中的信号处理的示图。

具体实施方式

[0016] 现在将根据附图详细描述本发明的优选实施例。

[0017] 本发明的实施例提供一种用于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:获得通过向对象施加光束而获得的多个帧的信号;通过对多个帧的信号执行傅立叶变换而获得相应的复数数据;使用相应的复数数据以复数形式合成多个帧;以及基于合成的数据产生断层图像。如图 1 和图 5 所示,可在合成信号之前计算帧的位移,以基于这种信息来合成多个帧。

[0018] 例子 1

[0019] 下面将描述本发明的例子 1。虽然在本例子中通过使用 Michelson 干涉计的成像装置产生断层图像,但是,可用于本发明的成像装置不限于该装置,例如,可以使用诸如 Mach-Zehnder 干涉计的任何类型的干涉计。此外,在本例子中的信号处理中,基于实数数据执行位移计算,这与后面描述的例子 2 不同。

[0020] (Michelson 干涉计)

[0021] 将参考图 2 描述根据例子 1 的光学相干断层成像装置。图 2 是示出根据本例子的使用 Michelson 型光学系统 (Michelson 干涉计) 的成像装置的示意图。

[0022] 透射通过光纤 (fiber) 202 和透镜 203-1 的从光源 201 发射的光束被光束分离器 204 分成测量光束 214 和参考光束 213。测量光束 214 经由 XY 扫描仪 208 和物镜 205-1、205-2 入射到作为对象的眼睛 217。然后,入射到眼睛的测量光束 214 穿过角膜 216 并然后到达视网膜 218。

[0023] 被眼睛 217 的视网膜 218 反射和散射的返回光束 215 依次返回物镜 205-2 和 205-1、XY 扫描仪 208 和光束分离器 204。并且,返回光束 215 经由透镜 203-2 被引向分光计 211。分光计 211 包含例如透镜、光栅和图像传感器。对于图像传感器,可以使用 CCD 或 CMOS 线传感器。通过分光计 211 中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,并且,对所述信号执行后述的处理。

[0024] 同时,参考光束 213 经由色散补偿玻璃 207 被参考反射镜 209 反射,并再次穿过色散补偿玻璃 207,返回到光束分离器 204。设置色散补偿玻璃 207 是为了补偿由眼睛 217 和物镜 205-1、205-2 引起的色散。参考反射镜 209 可借助于反射镜调整机构 210 调整参考光束的光路长度。通过光束分离器 204 组合参考光束 213 和返回光束 215。然后,该组合光束被引向分光计 211 并被分光计 211 检测。在测量光束路径中,其长度与参考光束的长度一致的部分被称为相干门 (coherence gate)。当测量眼睛 217 的视网膜 218 时,参考反射镜

209 的位置被调整,以使得相干门接近视网膜 218。

[0025] 对于光源 201,可以使用作为典型的低相干光源的超亮 (superluminescent) 二极管 (SLD)。来自光源 201 的光束具有例如 840nm 的中心波长和 50nm 的带宽。应当注意,带宽是重要的参数,原因是它影响所获得的断层图像在光轴方向上的分辨率。此外,虽然光源 201 的类型是 SLD,但这里可以使用能够发射低相干光的任何光源,例如,可以使用放大自发发射 (ASE)。应当理解,根据对象的性质,可以使用诸如卤素灯的任何光源。但是,由于波长影响所获得的断层图像在横向方向上的分辨率,因此,在强调横向方向上的分辨率的情况下,希望波长是短的。

[0026] 除了后面描述的计算机 212 还控制分光计 211、XY 扫描仪 208、反射镜调整机构 210 以及聚焦机构 206。应当理解,计算机 212 还能够执行例如数据输入、图像处理、图像显示和数据存储。

[0027] (信号处理过程)

[0028] 将使用图 1 来描述由图 2 所示的 OCT 装置执行的信号处理。

[0029] 在步骤 A1 中,开始测量。在该状态下,激活 OCT 装置并且将关心的眼睛设定于适当的位置。并且,由操作员进行所需的调整,并开始测量。

[0030] 在步骤 A2 中,获得信号。这里,将描述在向眼底的视网膜 218 施加测量光束 214 时通过借助于 XY 扫描仪 208 二维地扫描视网膜 218 来获得三维图像的情况。在图 2 中,与眼睛的光轴垂直的 X 方向是快扫描方向,Y 方向是慢扫描方向。图 3A、图 3B 和图 3C 分别是示出 X 位置、Y 位置和记录定时的时序图。当在 Y 位置固定的情况下沿 X 方向连续地执行记录 512 次时,如果分光计 211 中的线传感器中的像素的数量是 1024,那么获得包含 1024×512 个元素的一个帧的数据。可从如前面描述的那样获得的一个帧的数据获得沿 X-Z 面的断层图像。并且,当使 XY 扫描仪 208 沿 Y 方向移动 500 步时,对于这些步中的每一步执行 X 方向上的连续记录,从而导致获得 500 帧的数据。图 3A、图 3B 和图 3C 示出从这 500 个帧之中获得要被合成的三个帧:第一帧 301、第二帧 302 和第三帧 303。帧记录之间的时间被用于例如扫描仪在 X 方向和 Y 方向上的位移以便在下一个位置中记录、以及用于向计算机 212 的数据传送。

[0031] 应当理解,扫描模式不限于此,并且,可以取得具有相同的 Y 位置的多个帧的图像,以随后合成这些图像。此外,不仅可通过沿诸如 X 方向或 Y 方向的线性方向移动扫描仪,而且可通过像圆形扫描那样转动扫描仪,来获得数据。

[0032] 在本例子中,获得在 Y 方向的相应步骤中具有不同的 Y 位置的各帧的数据。这里,如果获得的帧之间的位置的差异是大的,那么在合成数据时,信号分量会被破坏(要被合成的数据可相互抵消,从而导致原始信号分量的丢失)。因此,希望 Y 方向上的位置差异不大于 OCT 装置的横向分辨率(一般由要被测量的对象上的测量光束的光束直径来确定)的几倍。在本例子的要被测量的对象上的测量光束的光束直径约为 5 毫米的情况下,Y 方向上的位置差异约为几十毫米。

[0033] 在步骤 A3 中,执行波长-波数转换。一般地,来自分光计 211 的数据包含波长和波长的强度。通常以规则的间隔对波长进行采样。首先,创建强度数据关于波长的函数。然后,将各波长转换成波数,以创建强度数据关于波数的函数。由于波数是波长的倒数,因此,如果它们被原样使用,那么波数不具有规则的间隔。因此,新分配波数,以使得 1024 个波数

具有规则的间隔。然后,计算与这些波数对应的强度数据。计算方法可以为例如诸如一般线性内插或样条内插的内插。希望计算为线性运算。因此,对于每个帧获得具有 1024×512 个元素的二维阵列,所述 1024×512 个元素包含具有规则的间隔的波数和对于所述波数的强度。应当理解,在分光计 211 可以按规则的间隔执行波数的采样的情况下,或者,在由于波长-波数转换引起的误差不导致问题的情况下,步骤 A3 可被跳过。

[0034] 在步骤 A4 中,执行傅立叶变换。这里,针对各列执行关于波数具有规则间隔的强度数据的离散傅立叶变换。因此,针对各帧获得具有 1024×512 个复数的二维阵列。但是,由于傅立叶变换的性质,因此各列中的第 m 行和第 $(1024-m)$ 行具有相同的强度。因此,第 0 行到第 511 行被提取以获得具有 512×512 个复数的二维阵列,并且,这样的数据被发送到下面的步骤。

[0035] 在步骤 A5 中,计算信号要被合成的帧之间的位移。这里,将描述第二帧 302 的图像和第三帧 303 的图像相对于第一帧 301 的图像的位移的计算。首先,各帧的 512×512 个复数数据被转换成实数。

[0036] 这里,关于第一帧 301 的第 128 列(第 65 行到第 448 行中的 384 个元素)选择第二帧 302 的图像中的 i 列(512 个元素),并且,计算第一帧 301 的 384 个元素和 i 列中的从 j 行起的连续的 384 个元素之差以获得一维阵列。获得一维阵列中的元素和在第一帧中选择的元素的均方。对于所需的 i 个列和 j 个行执行该计算,并且,从所述 i 个列和 j 个行之中确定具有最小均方的 i_1 和 j_1 。然后,对于第一帧 301 的第 384 列(第 65 行到第 448 行中的 384 个元素)执行类似的计算以确定具有最小均方的 i_2 和 j_2 。因此,获得第二帧 302 的图像相对于第一帧 301 的图像的位移。如果位移为零,那么 $i_1 = 128, j_1 = 65$, 并且 $i_2 = 384, j_2 = 65$ 。

[0037] 并且,以类似的方式关于第一帧 301 的图像获得第三帧 303 的图像的位移。然后,有关计算的位移的信息被发送到步骤 M。

[0038] 可以重复上面的方法以提高有关位移的信息的精度,或者,可通过针对各列执行内插来计算子像素的位移。应当理解,可对于位移计算使用其它的方法。

[0039] 在步骤 M 中,合成信号。在步骤 A4 中获得的二维复数数据基于在步骤 A5 中获得的有关位移的信息而被平均化。作为平行或转动位移的结果的第二帧 302 的复数数据被加到第一帧 301 的复数数据上。应当理解,由于阵列是离散阵列,因此对于第二帧 302 的图像已施加所需的内插处理。同样作为平行或转动位移的结果的第三帧 303 的复数数据被进一步加到被加了第二帧 302 的复数数据的复数数据 301 上。然后,所合成的复数数据被转换成实数并被发送到步骤 A6。

[0040] 虽然对于平均化使用加权平均,但是,如果对于所述复数设置不同的权重,那么降噪的效果会改变。应当注意,可去掉被确定为具有测量误差的帧数据。

[0041] 在步骤 A6 中,在计算机 212 的显示屏幕中示出数据作为一个断层图像。

[0042] 然后,处理在步骤 A7 中结束。

[0043] 虽然这里已描述了从使用 OCT 装置的测量到图像显示的处理,但是,例如,可通过向经由网络获得的多个帧的数据应用上述的处理,获得其噪声被减少的图像。

[0044] 在本例子中,当合成多个帧的数据时,基于实数数据执行位移计算,基于复数数据执行合成,从而使得能够有效地减少噪声,并由此可期望进一步提高图像质量。

[0045] (原理的描述)

[0046] 在本例子中的步骤 M 中,以复数形式将各帧图像加在一起并随后将复数转换成实数,而在常规的技术中,是在转换成实数之后,将各帧图像加在一起来合成信号。这些方法之间的原理的不同归结为在将两个复数转换成实数之后将它们加在一起的情况和在将两个复数转换成实数之前将它们加在一起并随后将它们转换成实数的情况之间的不同。

[0047] 这里,通过使用虚数单位 i ,分别用式 1-1 和 1-2 表示复数中的要素 1 和要素 2。

$$[0048] \quad a_0 + b_0 i = r_0 e(i \phi_0) \quad (\text{式 1-1})$$

$$[0049] \quad a_1 + b_1 i = r_1 e(i \phi_1) \quad (\text{式 1-2})$$

[0050] 将复数形式的要素 1 和要素 2 加在一起并然后将所述要素转换成实数的结果由式 2 表示。

$$[0051] \quad \sqrt{(a_0 + a_1)^2 + (b_0 + b_1)^2} \quad (\text{式 2})$$

[0052] 在将要素 1 和要素 2 转换成实数之后将它们加在一起的结果由式 3 表示。

$$[0053] \quad \sqrt{a_0^2 + b_0^2} + \sqrt{a_1^2 + b_1^2} \quad (\text{式 3})$$

[0054] 当式 2 和式 3 被升为 2 次幂并且从式 2 和式 3 导出公共项时,式 2 和式 3 具有由式 4 表示的关系。(当两边进一步被升为二次幂时,可容易地证明该关系)。

$$[0055] \quad a_0 a_1 + b_0 b_1 \leq \sqrt{a_0^2 + b_0^2} \sqrt{a_1^2 + b_1^2} \quad (\text{式 4})$$

[0056] 换句话说,式 2 的值不大于式 3 的值。这对于降噪是重要的。即,在随机噪声的情况下,噪声包含正分量和负分量。如果以复数形式将要素加在一起,那么噪声的正分量和负分量相互抵消,由此,可以执行更有效的平均化。通过在信号处理的各步骤中使用线性变换,即使将转换成复数之前的数据叠加在另一数据上,也可获得相同的结果。

[0057] 表 1 指示信号 / 噪声比 (SNR) 的比较。该结果与通过本例子中的过程获得的结果有些不同,原因在于,如后面描述的例子 2 那样,各帧中的线被合成。但是,该表提供足以在像素值转换成实数的定时方面对于 SNR 进行比较的数据。对于记录对象,测量以黄斑作为其中心的正常眼睛的视网膜的约 6mm 的范围。线的数量为 2048。通过使用相同的原始数据,(1) 通过从这 2048 根线中每四根线提取一根线,将 2048 根线减少到 512 根线,以产生未经受合成的一个帧的断层图像;(2) 通过每两根线提取一根线,将 2048 根线减少到 1024 根线,并且,合成相邻的两根线,以产生具有 512 根线的一个帧的断层图像;以及(3) 合成 2048 根线中连续的四根线,以产生具有 512 根线的一个帧的断层图像。对于各情况,该表指示在从复数转换成实数之前执行合成的 SNR 和在转换成实数之后的 SNR 之间的比较。在转换成实数之前执行合成的情况(与本例子中的复数形式的帧合成对应)表明,随着要被合成的线的数量越大,SNR 被提高得越多。同时,在转换成实数之后执行合成的情况表明,SNR 大致恒定。但是,不管何时执行到实数的转换,与不执行合成(平均化)的情况和在转换成实数之后执行合成的情况相比,执行合成的情况提供更平滑的图像。这里,SNR 是各线中的噪声的均方根 (RMS) 中的最小值与像素之中的最大值之比。

[0058] 表 1

[0059]

	在转换成实数之前合成	在转换成实数之后合成

512(不执行平均化)	40. 22	40. 22
1024(二线平均化)	42. 84	40. 27
2048(四线平均化)	45. 74	40. 35

[0060] (表 1) SNR 的比较 [dB]

[0061] 例子 2

[0062] 下面将描述本发明的例子 2。这里,特别描述与例子 1 的不同。在本例子中,借助于使用 Mach-Zehnder 干涉计的成像装置产生断层图像。但是,可用于本发明中的成像装置不限于这种干涉计,例如,可以使用诸如 Michelson 干涉计的任何干涉计。此外,本例子中的信号处理包含在帧中合成帧的信号和计算包含相位分量的位移。虽然以下将描述包含这两种特征的模式,但是,本发明不限于以下的描述,并且,本发明可被应用于仅包含这些特征中的一个的模式。

[0063] (Mach-Zehnder 干涉计)

[0064] 将使用图 4 描述根据例子 2 的使用光学相干断层方法的成像装置。图 4 是示出本例子中的使用 Mach-Zehnder 型光学系统的成像装置的示意图。与图 2 中的部件相同的部件具备相同的附图标记,并且,将省略一部分描述。从光源 201 发射的光束经由光纤 202 被透射并且通过光纤耦合器 401-1 被分成测量光束 214 和参考光束 213。

[0065] 测量光束 214 入射到循环器 402-2 的端口 1 并从循环器 402-2 的端口 2 射出,到达透镜 403-2。并且,测量光束 214 经由 XY 扫描仪 208、物镜 205-1 和 205-2、以及角膜 216 到达视网膜 218。被视网膜 218 散射和反射的返回光束 215 返回物镜 205-2 和 205-1 以及 XY 扫描仪 208,入射到循环器 402-2 的端口 2 并从循环器 402-2 的端口 3 射出,到达光纤耦合器 401-2。

[0066] 同时,参考光束 213 入射到循环器 402-1 的端口 1 并从循环器 402-1 的端口 2 射出,并且经由透镜 403-1 和色散补偿玻璃 207 被透射,并且被参考反射镜 209 反射。反射的参考光束 213 经由色散补偿玻璃 207 返回透镜 403-1 和循环器 402-1 的端口 2,并从循环器 402-1 的端口 3 射出,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 调整光路长度。通过光纤耦合器 401-2 组合参考光束 213 和返回光束 215,并且,合成光束被引向分光计 211 并被检测,并且被发送到计算机 212。

[0067] (信号处理过程)

[0068] 将使用图 5 描述由图 4 所示的 OCT 装置执行的例子 2 中的信号处理。与图 1 中的附图标记相同的附图标记表示类似的处理。

[0069] 在步骤 A1 中开始测量。

[0070] 在步骤 A2 中获得信号。这里,针对一个帧获得具有 2048 根线的图像,并且,获得 500 个这样的帧。因此,对于每个帧获得具有 1024×2048 个元素的数据。这里,本例子的特征之一是在各帧中合成信号。

[0071] 如果对象不移动,那么,不管是在帧中还是在帧之间合成信号,降噪的效果在原理上是相同的。但是,在对象为像眼睛那样的移动对象的情况下,问题就不简单了。在线速度为 20kHz 的情况下,获得一个帧的数据所需要的时间对于 512 根线来说为 26msec,对于

2048 根线来说为 102msec。通过将 4msec（这是扫描仪返回所需要的时间）加到那个时间上，帧间隔分别约为 30msec 和 106msec。换句话说，虽然对于将帧中的相邻线进行合成来说不需要位移计算，但是，在测量帧的时间变长的情况下，出现由帧中的眼睛闭合而引起的数据的损失（strain）或减损的可能性将增加。此外，在本例子中，出于与例子 1 相同的原因，希望所获得的线之间的位置的差异不大于光束直径的几倍。

[0072] 在步骤 S 中，合成各帧中的相邻的线。2048 根线中的每四个相邻的线被合成以获得各帧的具有 1024×512 个元素的数据。

[0073] 在步骤 A3 中，执行波长到波数的转换。

[0074] 在步骤 A4 中，执行傅立叶变换。然后，所需的部分被削减以获得各帧的具有 512×512 个复数的二维阵列数据，并且，所述数据被发送到下一个步骤。

[0075] 在步骤 A5-1 中，计算位移。这里，虽然在例子 1 中，位移计算已经在转换成实数之后被执行，但是，在本例子中，以复数形式执行位移计算。换句话说，以复数形式计算数据之间的差异，并且，提取计算结果的均方为最小的情况的位移。因此，可以计算包含相位的位移。

[0076] 可以在将复数数据转换成极坐标之后执行计算。

[0077] 在步骤 M 中，基于有关包含步骤 A5-1 中获得的相位的位移的信息执行步骤 A4 中获得的复数的二维阵列数据的平均化。然后，将该结果转换成实数，并将这样的数据发送到步骤 A6。

[0078] 在步骤 A6 中，获得一个断层图像。

[0079] 在步骤 A7 中，处理结束。

[0080] 在本例子中，可以计算包含相位的位移，从而可期望能够进一步提高图像质量。

[0081] 例子 3

[0082] 此外，可通过执行以下的处理来实施本发明。换句话说，提供通过上述的实施例提供的功能的软件（计算机程序）经由网络或各种类型的记录介质被供给到系统或装置，并且，该系统或装置中的计算机（或者 CPU 或 MPU 等）读取并执行该程序。

[0083] 换句话说，该计算机程序包含：获得通过向对象施加光束而获得的多个帧的信号；通过对所述多个帧的信号执行傅立叶变换来获得相应的复数数据；使用相应的复数数据以复数形式合成多个帧；以及基于所合成的数据产生断层图像。此外，该计算机程序可进一步包含：获得帧位移信息；以及在帧内合成帧的信号。

[0084] 其它实施例

[0085] 也可通过读出并执行记录在存储器设备上的程序来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步骤以便执行上述实施例的功能的方法，实现本发明的各方面。出于这种目的，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。

[0086] 虽然已参考实施例描述了本发明，但应理解，本发明不限于所公开的实施例。

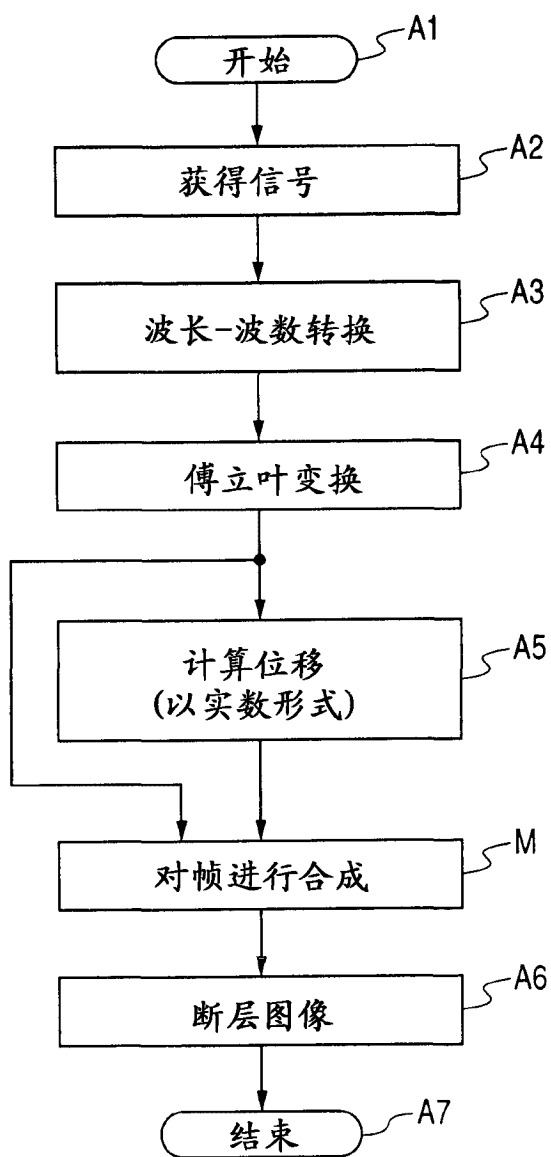


图 1

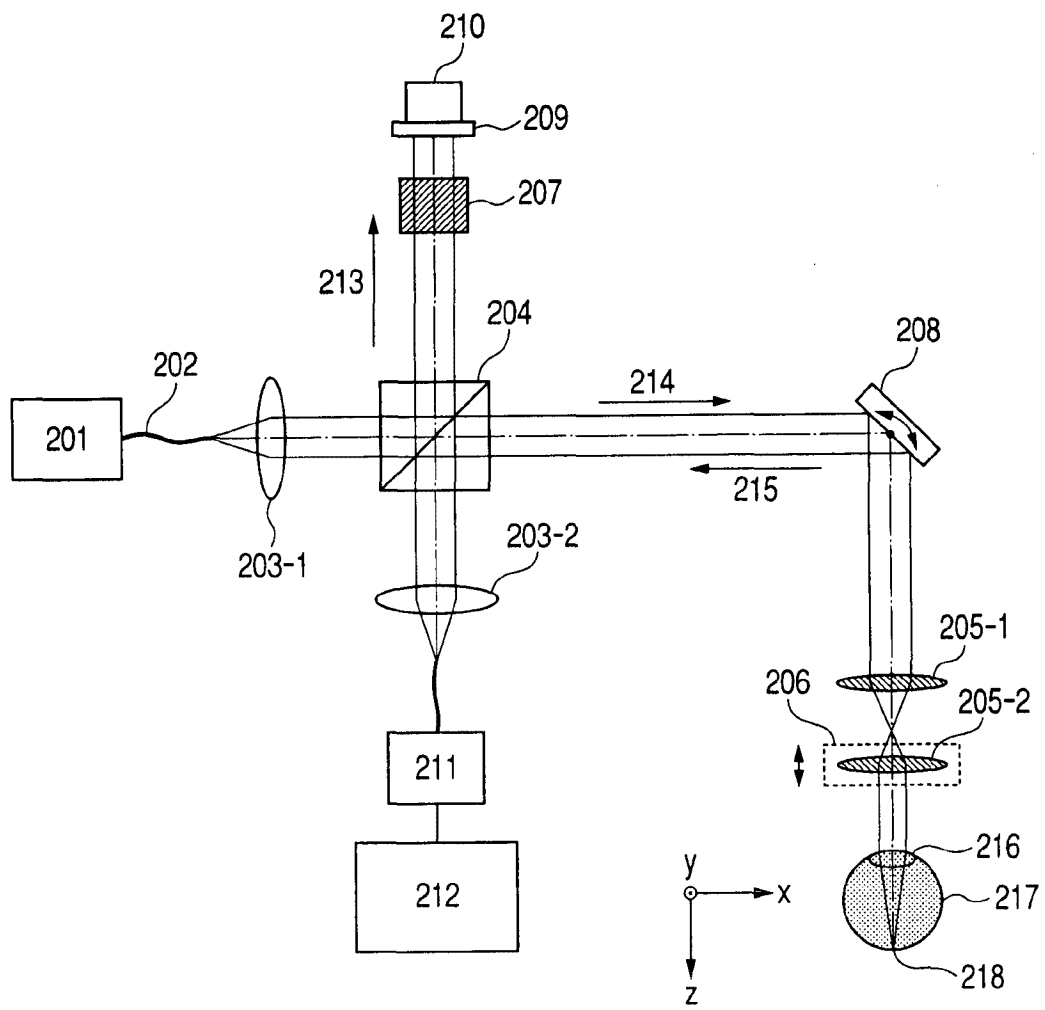


图 2

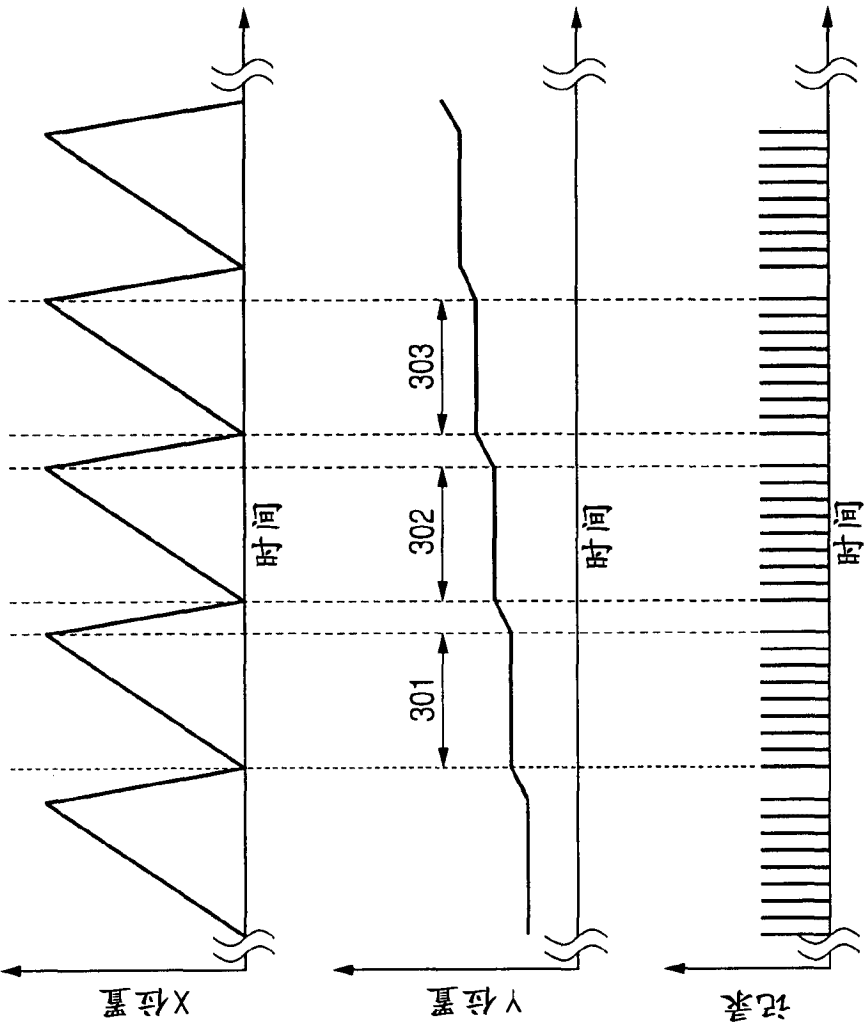


图 3A

图 3B

图 3C

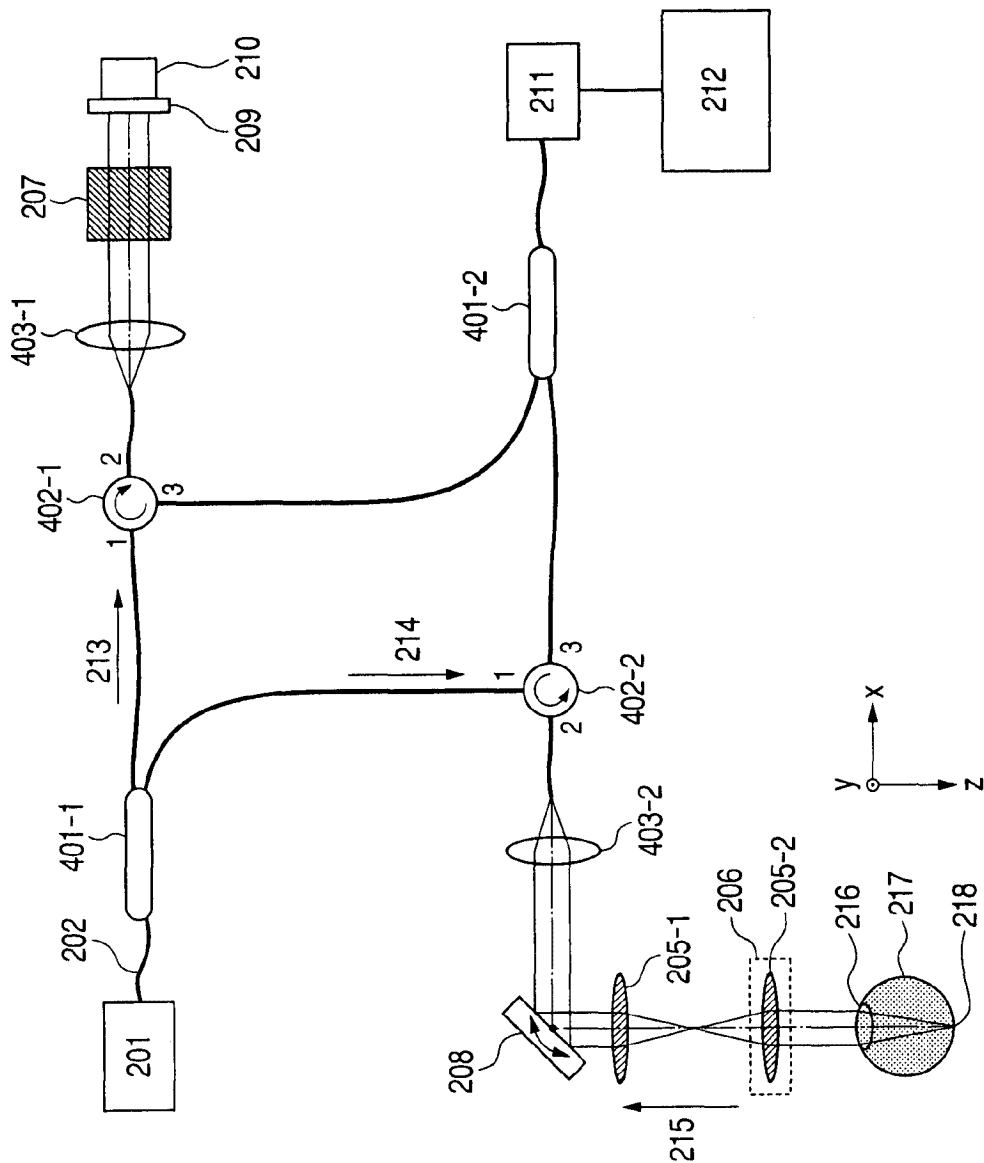


图 4

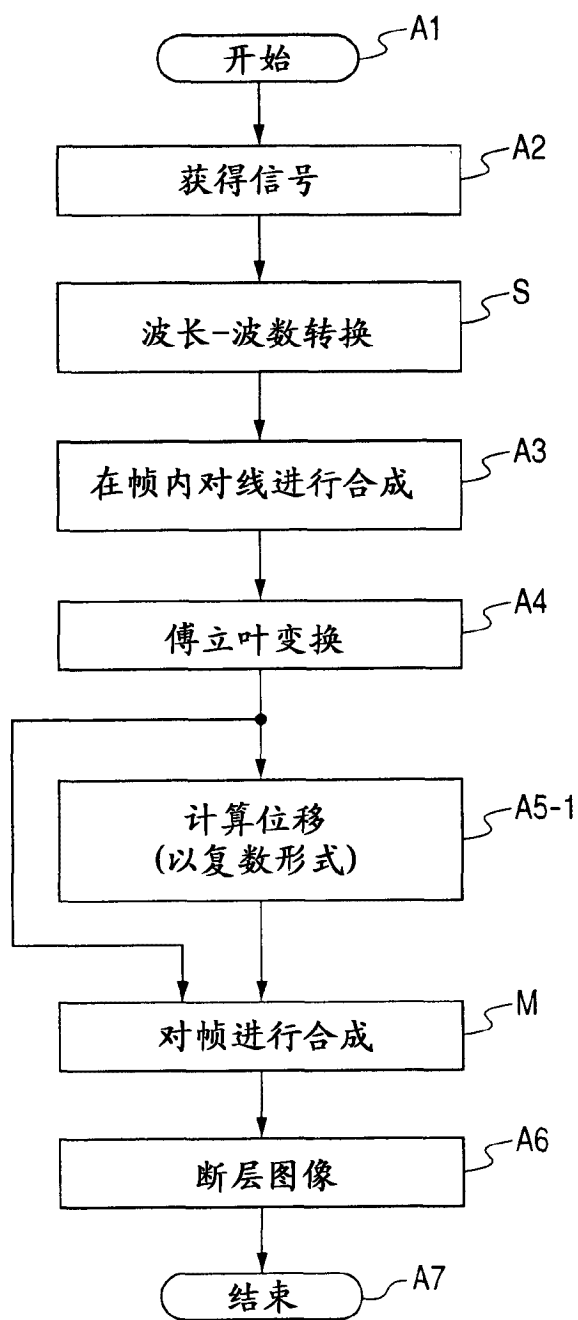


图 5