



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106455992 B

(45)授权公告日 2019.09.10

(21)申请号 201580025861.8

(22)申请日 2015.05.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106455992 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(30)优先权数据
61/992,983 2014.05.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.11.14

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/002414 2015.05.12

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/174085 EN 2015.11.19

(73)专利权人 佳能株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 R·A·克鲁格 关谷岳史
大山贤司 冈一仁

(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 张劲松

(51)Int.Cl.
A61B 5/00(2006.01)
G01N 21/17(2006.01)
G01N 29/24(2006.01)

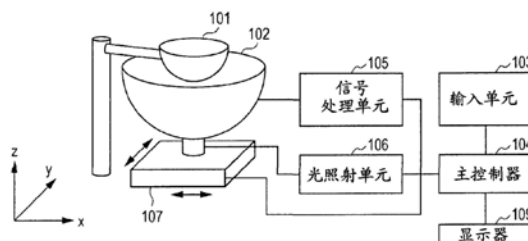
(56)对比文件
CN 103354731 A,2013.10.16,
CN 102596046 A,2012.07.18,
US 2003/0159498 A1,2003.08.28,
审查员 万语

权利要求书2页 说明书14页 附图5页

(54)发明名称
光声装置

(57)摘要

一种光声装置包含:光照射单元,被配置为多次利用光照射被检体;驱动单元,被配置为移动支撑部件使得所述支撑部件和被检体的相对位置在所述多次中的每一次不同;多个换能器,被配置为接收通过多次照射而产生的声波并且输出与所述多次照射对应的多组接收信号;支撑部件,被配置为支撑换能器使得换能器中的至少一些的指向轴会聚;第一存储器,被配置为存储多组接收信号;以及处理单元,被配置为通过向多组接收信号中的每一组分配与所述支撑部件和目标位置的相对位置对应的权重来获得所述目标位置处的被检体信息。



1. 一种光声装置,包括:

光照射单元,所述光照射单元被配置为多次利用光照射被检体;

多个换能器,所述多个换能器被配置为接收响应于利用从所述光照射单元发射的光照射所述被检体而产生的声波并且输出与多次光照射对应的一组接收信号;

支撑部件,所述支撑部件被配置为支撑所述多个换能器使得所述多个换能器中的至少一些的指向轴会聚;

驱动单元,所述驱动单元被配置为移动所述支撑部件和被检体中的至少一个;

第一存储器,所述第一存储器被配置为存储从所述多个换能器输出的一组接收信号;以及

处理单元,所述处理单元被配置为获得与所述多次光照射的定时相关联的目标位置和支撑部件的相对位置、以及所述目标位置处的被检体信息,其中,

所述处理单元基于所述相对位置来确定所述一组接收信号的权重使得存储在所述第一存储器中的每一组接收信号被用统一权重进行加权。

2. 根据权利要求1所述的光声装置,其中,所述支撑部件具有基于球的形状,并且

所述多个换能器中的所述至少一些的指向轴会聚的位置是所述基于球的形状的曲率中心。

3. 根据权利要求2所述的光声装置,其中,所述支撑部件具有半球形状。

4. 根据权利要求1所述的光声装置,其中,所述光照射单元向所述指向轴会聚的位置发射光。

5. 根据权利要求1所述的光声装置,还包括:

第一测量单元,所述第一测量单元被配置为测量关于多个状态下所述被检体的位置的信息;和

第二测量单元,所述第二测量单元被配置为测量关于所述多个状态下所述支撑部件的位置的信息,

其中,所述处理单元基于由所述第一测量单元测量的关于所述被检体的位置的信息和由所述第二测量单元测量的关于所述支撑部件的位置的信息来确定所述权重。

6. 根据权利要求1所述的光声装置,还包括:

第二存储器,所述第二存储器预先存储与多个状态下所述支撑部件和目标位置的相对位置对应的权重,

其中,所述处理单元通过从所述第二存储器读取权重来确定所述权重。

7. 根据权利要求1所述的光声装置,其中,所述处理单元通过向存储在所述第一存储器中的多组接收信号中的每一组接收信号分配与所述指向轴会聚的位置和目标位置之间的距离对应的权重来获得所述目标位置处的被检体信息。

8. 根据权利要求7所述的光声装置,其中,随着所述距离减小,所述处理单元增大向存储在所述第一存储器中的多组接收信号中的每一组接收信号分配的权重。

9. 根据权利要求8所述的光声装置,其中,由所述处理单元向存储在所述第一存储器中的多组接收信号中的每一组接收信号分配的权重为使用所述距离作为指数的指数函数。

10. 根据权利要求7所述的光声装置,其中,所述处理单元在不使用存储在所述第一存储器中的多组接收信号当中的、当所述距离比阈值长时从所述多个换能器输出的一组接收

信号的情况下获得所述目标位置处的被检体信息。

11. 根据权利要求10所述的光声装置, 其中, 所述阈值根据从所述指向轴会聚的位置向目标位置的方向而改变。

12. 根据权利要求10所述的光声装置, 其中, 所述处理单元将从所述指向轴会聚的位置到分辨率为最大分辨率的一半的位置的距离设定为所述阈值, 所述最大分辨率在所述指向轴会聚的位置处获得。

13. 根据权利要求10所述的光声装置, 还包括:

输入单元, 所述输入单元被配置为使得关于阈值的信息能够被输入, 其中,

所述处理单元基于从所述输入单元输出的关于阈值的信息来设定所述阈值。

14. 根据权利要求1所述的光声装置, 其中, 所述处理单元基于所述支撑部件的位置对包含在某一区域中的目标位置分配0作为权重。

15. 根据权利要求1所述的光声装置, 其中, 所述处理单元向存储在所述第一存储器中的多组接收信号中的每一组接收信号分配作为适于所述多个换能器的权重的平均的权重。

16. 根据权利要求1所述的光声装置, 其中, 所述处理单元向包含在一组接收信号中的每个接收信号分配与所述支撑部件和目标位置的相对位置以及施加到所述目标位置的光通量对应的统一权重。

17. 根据权利要求1所述的光声装置, 其中, 所述处理单元向包含在一组接收信号中的每个接收信号分配与所述支撑部件和目标位置的相对位置对应的统一权重以及与所述多个换能器的各个位置和目标位置的相对位置对应的权重。

18. 一种信号处理方法, 所述信号处理方法用于在支撑部件和被检体的相对位置不同的多个状态下基于多组接收信号通过使用多个换能器来获得所述被检体的目标位置处的被检体信息, 所述多组接收信号通过接收从所述被检体产生的声波来获得并被存储并且与所述多个状态对应, 所述多个换能器被布置在所述支撑部件上使得所述多个换能器中的至少一些的指向轴会聚, 所述信号处理方法包括:

获得与多次光照射的定时相关联的所述目标位置和支撑部件的相对位置的步骤,

基于所述相对位置来对存储的所述多组接收信号中的每一组接收信号确定统一权重的步骤,

用所述统一权重对存储的所述多组接收信号中的每一组接收信号进行加权的步骤, 以及

基于与所述目标位置对应的加权的多组接收信号来获得被检体信息的步骤。

19. 一种非暂时性存储介质, 所述非暂时性存储介质存储使计算机执行根据权利要求18所述的信号处理方法的程序。

光声装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于通过利用光声效应获得被检体信息的光声装置。

背景技术

[0002] 在医疗领域中,正在对利用光照射被检体、接收由于光而在被检体中产生的声波并且分析声波以形成代表关于被检体的信息的图像的光声装置进行研究。

[0003] PTL 1描述了通过使用其中换能器被布置在半球上的探测器执行光声成像的光声装置。利用该探测器,在特定区域中产生的光声波可以以高灵敏度接收。因此,特定区域中的被检体信息的分辨率高。并且,PTL 1描述了通过使用探测器对某一平面执行扫描并且探测器在多个位置处接收声波以便获得接收信号的技术。并且,PTL 1描述了在多个位置处获得接收信号之后执行重构的技术。

[0004] 引文列表

[0005] 专利文献

[0006] PTL 1:日本专利公开No.2012-179348

发明内容

[0007] 在PTL 1中描述的在多个位置处获得接收信号之后执行重构的方法中,存在其中获得的被检体信息的定量性(quantitativity)低的区域存在的可能性。

[0008] 在本说明书中公开的光声装置包含:光照射单元;多个换能器,所述多个换能器被配置为接收通过利用从所述光照射单元发射的光照射被检体而产生的声波并且输出一组接收信号;支撑部件,所述支撑部件被配置为支撑所述多个换能器使得所述多个换能器中的至少一些的指向轴会聚(converge);驱动单元,所述驱动单元被配置为移动所述支撑部件和被检体中的至少一个;第一存储器,所述第一存储器被配置为存储从所述多个换能器输出的一组接收信号;以及处理单元,所述处理单元被配置为获得所述被检体的目标位置处的被检体信息。所述光照射单元多次利用光照射被检体。所述驱动单元移动支撑部件,使得所述支撑部件和被检体的相对位置在多次光照射中的每一次均不同。所述多个换能器接收通过多次光照射而产生的声波并且输出与所述多次光照射对应的多组接收信号。所述第一存储器存储所述多组接收信号。所述处理单元通过向存储在所述第一存储器中的多组接收信号中的每一组接收信号分配与所述支撑部件和目标位置的相对位置对应的权重来获得所述目标位置处的被检体信息。

附图说明

[0009] 图1是示出根据第一实施例的光声装置的配置的示图。

[0010] 图2A是示出根据第一实施例的换能器的布置的示图。

[0011] 图2B是示出根据第一实施例的换能器的布置的示图。

[0012] 图3是示出根据第一实施例的处理的流程图。

- [0013] 图4是示出根据第一实施例的支撑部件的移动的示意图。
- [0014] 图5是示出根据第一实施例的信号处理的流程图。
- [0015] 图6是用于描述根据第一实施例的权重的示例的示意图。
- [0016] 图7A示出是根据第一实施例的权重的示例的示意图。
- [0017] 图7B是示出根据第一实施例的权重的示例的示意图。
- [0018] 图8A是示出根据第一实施例的脉冲光和声波的传播的示意图。
- [0019] 图8B是示出根据第一实施例的脉冲光和声波的传播的示意图。

具体实施方式

[0020] 第一实施例

[0021] 根据第一实施例的光声装置基于光声波的接收信号获得被检体信息。根据本实施例的被检体信息是关于被检体的信息,该关于被检体的信息从通过光声效应产生的光声波的接收信号获得。具体而言,被检体信息代表产生的声压(初始声压)、光能量吸收密度、光吸收系数和构成组织的物质的浓度等等。这里,物质的浓度例如氧饱和度、氧合血红蛋白浓度、还原血红蛋白浓度和总的血红蛋白浓度。总的血红蛋白浓度是氧合血红蛋白浓度与还原血红蛋白浓度的和。

[0022] 在本实施例中,将给出具有包含多个换能器的探测器的光声装置的描述,所述多个换能器被布置为使得沿最高接收灵敏度的方向的轴(以下称为“指向轴”)会聚。即,将给出多个换能器被布置为使得可以以高灵敏度接收在指向轴会聚的某一区域中产生的声波的情况的描述。根据本实施例的光声装置改变被检体和多次接收声波的探测器的相对位置。并且,光声装置在存储器中存储从探测器输出的一组时序接收信号作为接收信号数据。并且,根据本实施例的光声装置通过使用已通过声波的多次接收获得并且存储在存储器中的接收信号数据来获得感兴趣区域(ROI)中的各个目标位置处的被检体信息。目标位置在设定二维ROI的情况下为像素,并且在设定三维ROI的情况下为体素。在本说明书中,当探测器和被检体具有某一相对位置关系时响应于一次利用光的照射而从多个换能器输出的多个时序信号被称为“一组接收信号”。另一方面,在探测器和被检体之间的相对位置关系不同的多个状态下响应于多次利用光的照射而从多个换能器输出的接收信号组被称为“多组接收信号”。

[0023] 在通过使用通过在根据本实施例的探测器处于某个位置时接收声波所获得的一组接收信号来获得被检体信息的情况下,被检体信息的分辨率一般在指向轴会聚的某一位置处最高。被检体信息的分辨率具有随着离某一位置的距离增大而减小的趋势。在这种情况下,估计探测器能够以相对高的灵敏度接收在范围为从分辨率最高的位置到分辨率为最高分辨率的一半的位置的某一区域中产生的声波。在本实施例中,范围为从分辨率最高的位置到分辨率为最高分辨率的一半的位置的区域被称为“高度灵敏区域”。

[0024] 在本实施例中,根据以下观点通过多次获得的多组接收信号被加权,并由此获得目标位置处的被检体信息。

[0025] 可以向从定向到目标位置的换能器输出的接收信号分配大的权重。因此,从已以高灵敏度接收在目标位置处产生的光声波的换能器输出的接收信号的权重可增大,因此具有高的S/N比的接收信号的权重可增大。作为结果,通过使用这样的加权的接收信号重构的

目标位置处的被检体信息的S/N比也可增大。即,目标位置处的被检体信息的定量性和分辨率可增大。并且,利用向所有目标位置施加的这样的加权,可以增大重构图像的所有位置处的定量性和分辨率。

[0026] 如上所述,根据本实施例的探测器中布置的各个换能器能够以高灵敏度接收在高度灵敏区域中产生的声波。因此,可以向存储在存储器中的多组接收信号当中的、当高度灵敏区域更邻近目标位置时由探测器获得的一组接收信号分配较大的权重。即,可以根据目标位置和探测器的相对位置确定要被分配给由探测器获得的一组接收信号的权重。因此,可向被估计为已以高灵敏度接收的一组接收信号分配大的权重。

[0027] 根据本实施例,可通过统一(uniformly)确定当目标位置和探测器具有某一相对位置关系时从各个换能器输出的接收信号的权重来容易地增大各个目标位置处的定量性和分辨率。

[0028] 根据本实施例,与根据各个换能器和目标位置的相对位置对各个换能器计算权重的情况相比,用于确定权重的计算量可减少。

[0029] 现在,讨论预先计算的权重被存储在存储器中并且通过从存储器读取权重来执行加权的以下情况。在这种情况下,根据本实施例,对于各个换能器和目标位置的各个相对位置的权重不被存储,并且存储与探测器和目标位置的相对位置对应的权重就足够了。因此,根据本实施例,可减少权重的数据量,并因此可减少用于存储权重的数据的存储器的容量。

[0030] 根据本实施例的光声装置能够任意地向存储在存储器中的一组接收信号分配权重,并因此能够在接收信号之后根据目的改变要被分配给信号的权重。

[0031] 在声源存在于目标位置处的情况下,声波从目标位置在所有方向上各向同性地传播。因此,换能器可以被定位为能够接收在目标位置处产生的声波的若干频率成分。因此,在重构图像时,与重构伪像对应的能量在整个重构图像上分布,由此可抑制重构伪像的局部出现。

[0032] 并且,可以向从以目标位置为中心的点对称位置处的换能器输出的接收信号分配几乎相同的权重。因此,重构伪像很可能以目标位置为中心点对称地出现。作为结果,与重构伪像对应的能量更均匀地整个重构图像上分布,因此可更多地抑制重构伪像的局部出现。

[0033] 并且,根据上述观点在ROI中的各个目标位置处可以向接收信号分配权重。因此,在ROI中的每个目标位置处,目标位置处的重构图像(信号成分)与重构伪像(噪声成分)之间的对比度增大。

[0034] 因此,特别是在离目标位置相等的距离处存在高度灵敏区域的情况下,可以向布置在探测器中的各个换能器分配相同的权重。并且,根据本实施例的光声装置根据上述观点向通过移动被布置为能够以高灵敏度接收在高度灵敏区域中产生的声波的多个换能器已获得的多组接收信号分配权重。因此,在ROI中的每个目标位置处,目标位置处的重构图像(信号成分)与重构伪像(噪声成分)之间的对比度增大,并且分辨率增大。

[0035] 以下,将参照附图详细描述本发明的实施例。基本上,相同的要素由相同的附图标记表示,并且不重复其描述。

[0036] 系统配置

[0037] 将参照图1描述根据第一实施例的光声装置的配置。为了描述的便利,某一水平轴

被称为x轴,与x轴垂直的水平轴被称为y轴,并且与x轴和y轴垂直的轴被称为z轴。

[0038] 根据第一实施例的光声装置包含保持杯101、探测器102、输入单元103、主控制器104、信号处理单元105、光照射单元106、驱动设备107和显示器109。

[0039] 以下,将描述这些要素。

[0040] 保持杯101

[0041] 保持杯101被用于固定被检体使得被检体在图像捕获期间不移动,并且是由合成树脂制成的半球形杯。可替代地,保持杯101可以由乳胶等的薄膜制成,只要被检体可被固定即可。保持杯101可以由对光具有高的透过率的材料制成,以便抑制施加到被检体的脉冲光的衰减。并且,保持杯101可以由具有与被检体的声学阻抗类似的声学阻抗的材料制成,以便减少被检体的界面处的声波的反射。

[0042] 探测器102

[0043] 探测器102由多个换能器201和用于支撑多个换能器201的支撑部件202构成。根据本实施例的支撑部件202是其中布置多个换能器201的半球形壳体。

[0044] 换能器201可以由以锆钛酸铅(PZT)所代表的压电陶瓷材料、以聚偏氟乙烯(PVDF)所代表的高分子压电膜材料等制成。可以使用压电元件以外的元件。例如,可以使用电容微加工超声换能器(cMUT)、利用法布里-珀罗(Fabry-Perot)干涉仪的换能器等。

[0045] 现在,将参照图2A和图2B描述支撑部件202中的换能器201的布置的示例。图2A是示出从z轴方向观看到的支撑部件202的示图,并且图2B是示出从y轴方向观看到的支撑部件202的示图。

[0046] 支撑部件202支撑在半球的内表面上放射状地布置的多个换能器201。布置的方式不限于此。例如,换能器201可以螺旋状地布置。光出口108被设置在半球形支撑部件202的底部(极)。支撑部件202的内侧可以利用声学匹配材料填充。

[0047] 在本实施例中,如图2A和图2B所示,沿半球形表面布置多个换能器201。点X表示半球形支撑部件202的曲率中心。支撑部件202支撑多个换能器201,使得换能器201的指向轴会聚。即,支撑部件202的曲率中心的位置和多个换能器201的指向轴会聚的位置可基于支撑部件202的位置被估计。在多个换能器201的指向轴靠近半球形状的曲率中心会聚的情况下,在曲率中心周围形成可以以高精度可视化的区域。在本说明书中,可以以高精度可视化的这样的区域被称为高度灵敏区域。在支撑部件202通过使用驱动设备107(以下描述)相对于被检体移动的情况下,高度灵敏区域移动,并且宽范围的被检体信息可以以高精度可视化。

[0048] 在最大分辨率 R_H 被获得的曲率中心为中心的情况下,高度灵敏区域可被视为具有由等式(1)表达的半径 d_{th} 的大体球形区域。

[0049] [数学式1]

$$d_{th} = \frac{r_0}{\phi_d} \cdot R$$

等式(1)

[0051] 这里, R 代表高度灵敏区域G的最小分辨率, r_0 代表半球形支撑部件202的半径,并且 ϕ_d 代表换能器201的直径。 R 可以例如是在曲率中心处可获得的最大分辨率的一半。在高

度灵敏区域具有以探测器的曲率中心为中心的大体球形状的情况下,通过探测器二维扫描的每个位置处的高度灵敏区域的范围可通过使用等式(1)基于球形状和探测器(即,曲率中心)的位置被估计。

[0052] 在本发明的本实施例中,多个换能器201的布置不限于图2A和图2B中所示的半球形状的示例。只要多个换能器201的指向轴会聚以便形成希望的高度灵敏区域,就可以采用任何布置。即,只要多个换能器201沿弯曲表面被布置以便形成希望的高度灵敏区域,就可以采用任何布置。在本说明书中,弯曲表面包含完美的(perfect)球的表面和具有开口的半球的表面。并且,弯曲表面包含可被视为球形表面的不平坦表面和可被视为球形表面的椭圆体(通过将椭圆扩展成三维形状形成的形状,其表面由二次曲面形成)的表面。

[0053] 并且,在多个换能器沿具有通过沿某一截面切割球形成的形状的支撑部件被布置的情况下,换能器的指向轴在支撑部件的形状的曲率中心处会聚最多。在本实施例中描述的半球形支撑部件202也是具有通过沿某一截面切割球形成的形状的支撑部件的示例。在本说明书中,通过沿某一截面切割球形成的这样的形状被称为“基于球的形状”。由具有这样的基于球的形状的支撑部件支撑的多个换能器在球形表面上被支撑。

[0054] 只要可形成希望的高度灵敏区域,各个换能器的指向轴就不必彼此相交。由支撑部件202支撑的多个换能器201中的至少一些的指向轴在特定区域中会聚使得在该特定区域中产生的光声波可以以高灵敏度接收就足够了。即,多个换能器201被布置在支撑部件202上使得多个换能器201中的至少一些能够以高灵敏度接收在高度灵敏区域中产生的光声波就足够了。

[0055] 可以通过使用具有高机械强度的金属材料等形成支撑部件202。

[0056] 由支撑部件202支撑的多个换能器201中的每一个接收声波并且输出时序接收信号。

[0057] 输入单元103

[0058] 输入单元103是被配置为使得用户能够指定希望的信息以输入该信息的部件。作为输入单元103,可以使用键盘、鼠标、触摸板显示器、拨盘、按钮等。在使用触摸板作为输入单元103的情况下,显示器109可以是也充当输入单元103的触摸板。可以与根据本发明的本实施例的光声装置分开地设置输入单元103。

[0059] 信号处理单元105

[0060] 信号处理单元105经由信号线与换能器201连接、AD转换从换能器201输出的模拟接收信号、并且将转换的信号传送到主控制器104。信号处理单元105可以与设置在光出口108处的光检测传感器连接,以便与脉冲光的发射同步地获得信号。

[0061] 光照射单元106

[0062] 光照射单元106包含发射光的光源和将从光源发射的光引向被检体的光学系统。

[0063] 光源可以是能够产生纳秒到微秒量级的脉冲光的脉冲光源。具体而言,脉冲光可以具有大约1~100纳秒的脉冲宽度。并且,脉冲光可以具有从大约400nm到1600nm的范围中的波长。特别地,在以高分辨率对靠近活体的表面的血管成像的情况下,可以使用具有可见范围中的波长(大于或等于400nm且小于或等于700nm)的光。另一方面,在对活体的深部成像的情况下,可以使用具有不太可能在活体的背景组织中被吸收的波长(大于或等于700nm且小于或等于1100nm)的光。可替代地,可以使用太赫兹波、微波或无线电波。

[0064] 光源的具体示例是激光器或发光二极管。在通过使用多个波长的光束进行测量的情况下,可以使用能够转换振荡波长的光源。在利用多个波长的光束照射被检体的情况下,可以通过切换振荡或者交替发射光束来使用振荡不同波长的光束的多个光源。即使在使用多个光源的情况下,它们也被统称为光源。

[0065] 作为激光器,可以使用各种类型的激光器,例如,固态激光器、气体激光器、染料激光器和半导体激光器。特别地,可以使用诸如Nd:YAG激光器或紫翠宝石激光器的脉冲激光器。可替代地,可以使用利用Nd:YAG激光作为泵浦光的Ti:sa激光器或光学参量振荡(OPO)激光器。

[0066] 光学系统使脉冲光从光源到被检体行进。作为光学系统,可以使用诸如透镜、镜子和光学纤维的光学设备。在使用乳房等作为被检体的生物信息获得装置中,光学系统的光发射器可以发射具有通过使用扩散板等扩展的射束直径的脉冲光。另一方面,在光声显微镜中,光学系统的光发射器可以由透镜等构成,并且通过使射束直径聚焦来发射光,以便增大分辨率。

[0067] 可替代地,光照射单元106不包含光学系统,并且被检体可以直接利用从光源发射的光照射。

[0068] 根据本实施例的光照射单元106的光源经由用作光学系统的光学纤维与光出口108连接。脉冲光从支撑部件202的底部向半球形支撑部件202的曲率中心发射。

[0069] 驱动单元107

[0070] 用作驱动单元的驱动设备107改变被检体和支撑部件202的相对位置。在本实施例中,驱动设备107在x方向和y方向上移动支撑部件202,并且包含其上安装步进马达的电动XY台架。驱动设备107不限于二维改变被检体和支撑部件202的相对位置的设备,并且可以使用一维或三维改变相对位置的设备。

[0071] 驱动设备107包含用于移动方向的引导机构、用于移动方向的驱动机构和检测支撑部件202的位置的位置传感器。在图1中所示的光声装置的情况下,支撑部件202被安装在驱动设备107上,因此耐受重的负载的线性引导等可以被用作引导机构。作为驱动机构,可以使用丝杠机构、连杆机构、齿轮机构、液压机构等。马达可以被用作驱动力。作为位置传感器,可以使用包含编码器、可变电阻器等的电位计。

[0072] 在本发明的示例性实施例中,被检体和支撑部件202的相对位置被改变就足够了,因此支撑部件202可以被固定并且被检体可以被移动。在移动被检体的情况下,用于支撑被检体的被检体支撑部件(未示出)可以被移动以移动被检体。被检体和支撑部件202二者均可以被移动。

[0073] 移动可以被连续地执行,或者可以在某些步骤中被重复地执行。驱动设备107可以是电动台架,或者可以是手动操作台架。驱动设备107不限于以上描述的一个,并且只要它被配置为能够移动被检体和支撑部件202中的至少一个,就可以使用任何类型的设备。

[0074] 主控制器104

[0075] 主控制器104经由诸如通用串行总线(USB)的总线与输入单元103、信号处理单元105、光照射单元106和驱动设备107连接。主控制器104控制各个设备,并且一般是内置的个人计算机(PC)。主控制器104通过使用从信号处理单元105接收的信号重构诸如从被检体产生的初始声压的被检体信息。主控制器104包含用作控制单元的中央处理单元(CPU)。并且,

主控制器104包含诸如CPU或图形处理单元 (GPU) 的运算元件、和诸如现场可编程门阵列 (FPGA) 或专用集成电路 (ASIC) 的运算电路。并且,主控制器104包含诸如只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM) 或硬盘的存储器。

[0076] 信号处理单元105的功能可以由主控制器104实现。主控制器104和信号处理单元105的组合被视为根据本实施例的处理单元。处理单元的各个功能可以由多个硬件单元实现。可替代地,处理单元的各个功能可以由单个硬件单元实现。可替代地,处理单元的各个功能可以由不同的硬件单元实现。

[0077] 显示器109

[0078] 用作显示单元的显示器109以分布图像或数值数据的形式显示从主控制器104输出的被检体信息。一般地,液晶显示器等被用作显示器109,但是可以使用另一类型的显示器,诸如等离子显示器、有机电致发光 (EL) 显示器或场发射显示器 (FED)。可以与根据本发明的实施例的光声装置分开地设置显示器109。

[0079] 被检体信息获得处理

[0080] 下面,将参照图3中所示的流程图给出由光声装置执行的处理的详细描述。该处理由控制光声装置的各个单元的主控制器104执行。

[0081] 在开始处理时,主控制器104向驱动设备107传送指令,因此驱动设备107将支撑部件202移动到预定的照射位置 (步骤S301)。

[0082] 随后,主控制器104向光照射单元106传送指令,因此光照射单元106发射脉冲光,使得脉冲光从光出口108发射 (步骤S302)。随后,多个换能器201中的每一个接收光声波并且向信号处理单元105输出接收信号。此时,信号处理单元105与脉冲光的发射同步地开始一组接收信号的信号处理。此后,主控制器104向信号处理单元105传送指令,因此信号处理单元105向主控制器104的第一存储器传送已对其执行信号处理的一组接收信号 (步骤S303)。这里,获得一组接收信号的数据的操作意指将从多个换能器201输出的一组时序接收信号转换成数字信号并且将数字信号存储在主控制器104的第一存储器中的操作。

[0083] 在本实施例中,通过改变保持杯101和支撑部件202的相对位置来多次获得一组接收信号的数据。因此,主控制器104确定一组接收信号的数据是否被获得预定的次数 (步骤S304)。如果要获得另一组信号的数据,那么处理返回到步骤S301。作为结果,与多次照射对应的多组接收信号的数据被存储在主控制器104的第一存储器中。

[0084] 在信号已被获得预定的次数之后,主控制器104基于存储在主控制器104中的多组接收信号的数据产生被检体信息 (步骤S305)。多组接收信号的数据是时序信号的数据,并且被检体信息是空间二维或三维数据。空间二维数据也被称为像素数据,并且空间三维数据被称为体素数据或者体数据。像素或者体素与根据本实施例的目标位置对应。即,在本步骤中,主控制器104执行将多组接收信号的数据转换成空间被检体信息的数据的重构处理。

[0085] 最后,主控制器104在显示器109上显示得到的被检体信息 (步骤S306)。在典型的情况下,显示三维被检体信息的沿XY平面、YZ平面和ZX平面取得的截面的图像。

[0086] 图4是示出从z轴方向观看到的驱动设备107移动支撑部件202的状态的示图。圆401、402和403分别代表在获得信号 (利用光照射) 的第一定时、第二定时和第三定时的支撑部件202的位置。在圆401中的获得信号的时间,区域404是高度灵敏区域。在圆402中的获得信号的时间,区域405是高度灵敏区域。在圆403中的获得信号的时间,区域406是高度灵敏

区域。移动方法和信号获得定时(数量)不限于本示例。例如,驱动设备107可以向保持杯101的中心螺旋状地移动支撑部件202。

[0087] 重构处理

[0088] 将参照图5中所示的流程图给出在步骤S305中由主控制器104执行的重构处理的具体示例的描述。

[0089] 在本实施例中,向通过多次照射获得的接收信号数据分配与支撑部件和目标位置的相对位置对应的权重,以便执行重构处理。

[0090] 主控制器104设定用于重构的目标位置,例如体素(步骤S315)。设定的目标位置可以被预先确定,或者可以由用户使用输入单元103指定。主控制器104可以基于代表在各个照射定时被检体的位置的信息设定目标位置。存在当照射被检体时与在照射之前设定的目标位置对应的被检体的位置改变的可能性,因此用于重构的目标位置可根据代表在每个照射定时被检体的位置的信息改变。光声装置可以包含能够测量被检体的位置的第一测量单元。作为第一测量单元,可以使用用于通过使用从电荷耦合器件(CCD)照相机、互补金属氧化物半导体(CMOS)照相机等获得的图像数据测量被检体的位置的装置、或者用于通过使用利用陀螺仪传感器等获得的代表被检体的移位的信息测量被检体的位置的装置。

[0091] 主控制器104获得代表在步骤S302中利用脉冲光照射被检体时支撑部件202和目标位置的相对位置的信息(步骤S325)。

[0092] 主控制器104可以包含预先存储与在各个照射定时支撑部件202和目标位置的相对位置对应的权重的第二存储器。主控制器104能够从第二存储器读取与每个照射对应的权重,并由此确定权重。第一存储器和第二存储器可以由单个硬件单元或不同硬件单元构成。

[0093] 主控制器104可以接收代表在各个照射定时支撑部件202的位置的信息,这些位置由作为设置在驱动设备107中的第二测量单元的位置传感器检测。第二测量单元可以通过使用光照射单元106的照射控制信号或者从光照射单元106发射的光作为触发(trigger)来获得代表支撑部件202的位置的信息。因此,即使在在预设的照射定时或支撑部件201的位置与实际的测量状态之间出现误差的情况下,也可以以高精度获得代表在实际施加光时支撑部件202的位置的信息。

[0094] 主控制器104基于在步骤S315中获得的关于目标位置的位置信息和在步骤S325中获得的关于支撑部件202的位置信息确定与目标位置和支撑部件202的相对位置对应的权重(步骤S335)。

[0095] 现在,将参照图6描述权重的具体示例。作为目标位置的体素501是要被重构的体素。虚线502代表各个换能器201的指向轴。点503是在第j次照射支撑部件202的曲率中心。在本实施例中,曲率中心503与多个换能器201中的至少一些的指向轴会聚的位置对应。 s_j 代表体素501与曲率中心503之间的距离。在这种情况下,权重可以随距离 s_j 减小而增大,并且权重可以随距离 s_j 增大而减小。例如,权重 w_j 可以是由等式(2)表达的其中距离 s_j 作为指数的指数函数。

[0096] [数学式2]

$$[0097] \quad w_j = e^{-s_j^2}$$

等式 (2)

[0098] 在支撑部件202和体素501具有某一相对位置关系时适于各个换能器201的多个权重的平均可以被用作向各个换能器201分配的权重。例如,在Xu,Minghua和Lihong V.Wang. “Universal back-projection algorithm for photoacoustic computed tomography” Physical Review E 71.1 (2005) 中描述的适于用于在被称作通用背投影 (UBP) 的时域中重构图像的各个换能器201的权重的平均可以被用作权重。在UBP的情况下,与由位置向量 $d_{i,j}$ (在第j次照射第i个换能器的位置向量) 代表的位置处的换能器对应的权重 $w_{i,j}$ 由等式 (3) 表达。

[0099] [数学式3]

$$[0100] \quad w_{i,j} = \frac{\Delta S_{i,j}}{|\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j}|^2} \cdot \left[\mathbf{n}^{s_{0i,j}} \cdot \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j})}{|\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j}|} \right]$$

等式 (3)

[0101] 这里, $\Delta S_{i,j}$ 代表在由位置向量 $d_{i,j}$ 代表的位置处存在的换能器的面积,并且 $n^{s_{0i,j}}$ 代表相对于在由位置向量 $d_{i,j}$ 代表的位置处存在的换能器的接收表面的单位法向量 (定向 (orientation) 方向)。即,适于UBP中的每个换能器的权重是相对于体素的每个换能器的立体角。

[0102] 在这种情况下,要在第j次照射分配给由支撑部件202支撑的每个换能器201的权重 w_j 可通过平均各个换能器201的权重 $w_{i,j}$ 由等式 (4) 表达。

[0103] [数学式4]

$$[0104] \quad w_j = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta S_{i,j}}{|\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j}|^2} \cdot \left[\mathbf{n}^{s_{0i,j}} \cdot \frac{(\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j})}{|\mathbf{r} - \mathbf{d}_{i,j}|} \right] \right)}{N}$$

等式 (4)

[0105] 可替代地,适于用于根据现有技术的图像重构的各个换能器201的权重可以被平均,并且可以使用平均权重。在使用平均权重的情况下,平均权重可以被存储在第二存储器中,并且可以在重构时从第二存储器读取。

[0106] 主控制器104可以根据距离 s_j 逐步改变权重。例如,主控制器104可以如图7A所示的那样连续地改变权重,或者可以如图7B所示的那样离散地改变权重。

[0107] 权重的值不限于上述示例,并且只要可基于支撑部件和目标位置之间的位置关系向各个换能器统一分配权重,就可以使用任意值的权重。可替代地,主控制器104可以通过使用等式 (2) 或者等式 (4) 计算权重。可替代地,距离 s_j 和权重 w_j 的对应表可以被创建并预先存储在主控制器104的第二存储器中,并且主控制器104可以在重构处理时参照对应表读取与距离 s_j 对应的权重 w_j 。

[0108] 现在,将给出权重可以随着用于重构的目标位置与支撑部件202的曲率中心之间的距离 s_j 减小而增大的原因的描述。

[0109] 在本实施例中,换能器201具有指向性并且向着半球的中心固定。因此,可由各个换能器201以高灵敏度接收在半球的中心的附近产生的声波。通常,在重构某一声源的情况下,可通过在用于覆盖最大可能的立体角的方向上接收声波以较高的分辨率执行重构。在这种情况下,可在最大的立体角处以高灵敏度接收来自半球的中心的声波,因此权重可以向向着半球的中心增大以执行重构。

[0110] 可以向当在目标位置处产生的声波的初始声压高时从多个换能器输出的一组接收信号分配较大的权重。例如,可以向当施加到目标位置的光通量(fluence)高时产生的声波的一组接收信号分配大的权重。即,可以向一组接收信号的数据施加与光量对应的权重。因此,具有高的S/N比的一组接收信号的权重可增大。因此,通过使用一组加权的接收信号重构的目标位置处的被检体信息的S/N比也可增大。例如,通过将根据支撑部件和目标位置的相对位置确定的权重乘以目标位置处的光量所计算的值可以被用作权重。

[0111] 在如本实施例中那样向半球的中心发射脉冲光的情况下,在半球的中心处产生的光声波的声压相对增大。在这种情况下,在半球的中心的附近,产生的光声波的声压高的区域和产生的光声波被以高灵敏度接收的区域彼此重叠,因此可以分配大的权重以执行重构。由于这种原因,光照射单元106可以向多个换能器的指向轴会聚的位置发射脉冲光。

[0112] 图8A和图8B是示出从光出口108发射的脉冲光的状态和从体素501输出的声波到达换能器201的状态的示图。声波可以从体素501以外的位置输出,但是为了便利,省略其例示。

[0113] 图8A是示出距离 s_j 短的情况的示图。脉冲光601强烈地施加到体素501,并且从体素501输出强的声波602。声波602以几乎直角进入各个换能器201。因此,各个换能器201获得大大有助于增大要被获得的体素501的被检体信息的定量性的接收信号。

[0114] 另一方面,图8B是示出距离 s_j 长的情况的示图。脉冲光603几乎不施加到体素501,因此从体素501输出的声波604的强度低。并且,声波604以相对于接收表面上的垂直方向的角度进入若干换能器201。因此,各个换能器201主导地(dominantly)获得不大大有助于增大要被获得的体素501的被检体信息的定量性的接收信号。

[0115] 因此,可以理解到,随着距离 s_j 减小,一组获得的接收信号更大大有助于增大体素501的被检体信息的定量性,因此可以向一组接收信号分配大的权重。

[0116] 如上所述,支撑部件202的曲率中心的位置和多个换能器202的指向轴会聚的位置可基于支撑部件202的位置被估计。因此,可以参照支撑部件202和目标位置之间的位置关系确定权重。

[0117] 在本步骤中,在基于代表由第一测量单元测量的被检体的位置的信息和代表由第二测量单元测量的支撑部件202的位置的信息确定权重的情况下,在实际施加光时支撑部件202和被检体的相对位置可以以高精度确定。因此,可确定适合于照射时的实际状态并且与支撑部件202和目标位置的相对位置对应的权重。

[0118] 主控制器104向存储在第一存储器中的多组接收信号中的每一组分配在步骤S335中确定的权重(步骤S345)。随后,主控制器104基于多组加权的接收信号获得目标位置处的被检体信息(步骤S355)。

[0119] 现在,将描述步骤S345和S355的具体示例。要被重构的体素的位置向量(目标位置)由 \mathbf{r} 代表,要被重构的体素的初始声压由 $p_0(\mathbf{r})$ 代表,换能器201的数量由 N 代表,获得信号数据的次数(照射的次数)由 M 代表,并且传播路径中的声波的声速由 c 代表。并且,在第 j 次照射时向一组接收信号的数据分配的权重由 w_j 代表(j 大于或等于1且小于或等于 M),在第 j 次照射时第 i 个换能器的位置向量由 $\mathbf{d}_{i,j}$ 代表,并且通过由位置向量 $\mathbf{d}_{i,j}$ 代表的位置处的换能器获得的时序接收信号的数据在时间 t' 的信号强度由 $p(\mathbf{d}_{i,j}, t')$ 代表。在这种情况下,例如,主控制器104能够通过使用由等式(5)表达的等式计算初始声压作为被检体信息。

[0120] [数学式5]

$$[0121] \quad p_0(\mathbf{r}) = \sum_{j=1}^M \left(w_j \sum_{i=1}^N p \left(\mathbf{d}_{i,j}, t' = \frac{|\mathbf{d}_{i,j} - \mathbf{r}|}{c} \right) \right)$$

等式(5)

[0122] 主控制器104确定是否已获得所有设定目标位置的被检体信息(步骤S365)。如果还没有获得所有设定目标位置的被检体信息,那么处理返回到步骤S315。已对所有目标位置执行的步骤不需要再次执行。即,处理可以返回到还没有对所有目标位置执行的步骤。等式(5)仅仅表达重构某一个体素的情况。通过对多个体素(所有目标位置)重复执行的相同处理,某一区域可被重构。

[0123] 主控制器104可以通过使用等式(6)对通过第一到第 j 次照射获得的多组接收信号的数据计算初始声压,并然后可以对初始声压进行组合。

[0124] [数学式6]

$$[0125] \quad p_0(\mathbf{r}) = w_j \sum_{i=1}^N p \left(\mathbf{d}_{i,j}, t' = \frac{|\mathbf{d}_{i,j} - \mathbf{r}|}{c} \right)$$

等式(6)

[0126] 即,每当执行步骤S301~S303时,可以执行步骤S305以获得被检体信息。在步骤S305中获得的多条被检体信息可以被组合,以获得最终的被检体信息。关于向其分配权重的接收信号 $p(\mathbf{d}_{i,j}, t')$,如在Xu, Minghua和Lihong V. Wang. "Universal back-projection algorithm for photoacoustic computed tomography" Physical Review E 71.1(2005)中描述的那样,可以在接收信号 $p(\mathbf{d}_{i,j}, t')$ 如等式(7)表达的那样被正值化(positively)限定之后分配权重。

[0127] [数学7]

$$[0128] \quad b(\mathbf{d}_{i,j}, t') = 2p(\mathbf{d}_{i,j}, t') - 2t' \frac{\partial p(\mathbf{d}_{i,j}, t')}{\partial t}$$

等式(7)

[0129] 这里, $b(\mathbf{d}_{i,j}, t')$ 代表正值化限定的接收信号的强度。正值化限定接收信号的算法不限于等式(7),并且可以使用任何其它方法。

[0130] 在本实施例中,已给出了基于图像质量从支撑部件的曲率中心各向同性地降低的

趋势的权重的描述。可替代地,可以使用基于不同的趋势的权重。在不能够其间没有间隙地将换能器布置在完美的球形表面上的情况下,高度灵敏区域不是其中心为多个换能器的指向轴会聚的位置的球。在这种情况下,存在相对于多个换能器的指向轴会聚的位置、在靠近支撑部件的区域中比在远离支撑部件的区域中可获得较高的图像质量的趋势。即,在这种情况下,高度灵敏区域具有相对于多个换能器的指向轴会聚的位置、在靠近支撑部件的区域中比在远离支撑部件的区域中较多地扩展的趋势。

[0131] 基于该趋势,相对于多个换能器的指向轴会聚的位置,主控制器可以向包含在靠近支撑部件的区域中的目标位置分配权重,该权重比向包含在远离支撑部件的区域中的目标位置分配的权重大。即,在离多个换能器的指向轴会聚的位置相同距离处的目标位置当中,可以向包含在靠近支撑部件的区域中的目标位置分配权重,该权重比向包含在远离支撑部件的区域中的目标位置分配的权重大。并且,主控制器可以向相对于多个换能器的指向轴会聚的位置位于探测器侧的目标位置分配最大的权重。并且,相对于多个换能器的指向轴会聚的位置,随着从靠近支撑部件的某一位置到目标位置的距离减小主控制器可以分配更大的权重。并且,在这些情况下,可基于支撑部件和目标位置的相对位置分配权重。

[0132] 根据本实施例,向从多个换能器获得的一组接收信号分配与支撑部件和目标位置之间的位置关系对应的统一权重,因此可获得具有高的定量性和分辨率的被检体信息。

[0133] 第二实施例

[0134] 根据第二实施例的光声装置的系统配置和被检体信息获得处理与根据第一实施例的那些类似。在本实施例中,要被用于重构目标位置的一组接收信号从存储在第一存储器中的多组接收信号的数据中选择。换句话说,不被用于重构的一组接收信号从多组接收信号当中选择。此时,可以向不被用于重构的一组接收信号分配0的权重,或者在重构时不读取该一组接收信号。

[0135] 在光声成像中,可以根据以下描述的观点选择要被用于重构目标位置处的图像的信号。

[0136] 可以通过使用从其指向轴定向到目标位置的换能器输出的接收信号重构目标位置处的图像。因此,可以以高灵敏度接收在目标位置处产生的声波,由此可增大与在目标位置处产生的声波对应的接收信号的S/N比。因此,可增大通过使用接收信号重构的目标位置处的图像强度的S/N比。

[0137] 在声源存在于目标位置处的情况下,声波从目标位置向所有方向各向同性地传播。因此,换能器可以被布置为接收从目标位置产生的声波的若干频率成分。因此,在重构图像时,与重构伪像对应的能量整个重构图像上分布,由此可抑制重构伪像的局部出现。

[0138] 并且,换能器可以在重构伪像以目标位置为中心对称地出现的这样的位置处接收声波。即,换能器可以在以目标位置为中心的点对称位置处接收声波。因此,重构伪像以目标位置为中心点对称地出现。作为结果,与重构伪像对应的能量在整个重构图像上更均匀地分布,因此重构伪像的局部出现不太可能发生。

[0139] 可以在每个目标位置处通过使用基于上述观点的接收信号重构图像。因此,在重构图像中的每个目标位置处,目标位置处的重构图像(信号成分)与重构伪像(噪声成分)之间的对比度增大。

[0140] 根据本实施例的光声装置根据支撑部件和目标位置的相对位置从存储在第一存

存储器中的多组接收信号当中确定要被用于获得目标位置处的被检体信息的一组接收信号。即,根据本实施例的光声装置根据支撑部件和目标位置之间的距离从存储在第一存储器中的多组接收信号当中确定不被用于获得目标位置处的被检体信息的一组接收信号。

[0141] 例如,在步骤S335中,通过使用等式(8)确定根据本实施例的权重。

[0142] [数学式8]

$$w_j = \begin{cases} 1 & (s_j \leq d_{th}) \\ 0 & (s_j > d_{th}) \end{cases}$$

等式(8)

[0144] 这里, d_{th} 代表高度灵敏区域的半径。即,在对计算不使用在体素不被包含在高度灵敏区域中时获得的一组接收信号的情况下重构体素。可通过使用等式(1)估计作为阈值的高度灵敏区域的范围。

[0145] 在本实施例中,通过使用高度灵敏区域的半径作为阈值来选择要被用于获得被检体信息的一组接收信号,但阈值不限于此。

[0146] 如上所述,高度灵敏区域不总是为其中心为多个换能器201的指向轴会聚的位置的球。发明人已发现,相对于多个换能器201的指向轴会聚的位置,高度灵敏区域在支撑部件202侧的区域中比在远离支撑部件202的区域中可以具有较大的面积。在这种情况下,与变得远离支撑部件202的方向相比,主控制器104可以对相对于多个换能器201的指向轴会聚的位置接近支撑部件202的方向上较远位置处的目标位置执行重构。与接近支撑部件202的方向相比,主控制器104可以仅对相对于多个换能器201的指向轴会聚的位置变得远离支撑部件202的方向上较近位置处的目标位置执行重构。在离多个换能器201的指向轴会聚的位置相同距离处的目标位置当中,主控制器104可以对接近支撑部件202的方向上的位置处的目标位置执行重构,并且不需要对变得远离支撑部件202的方向上的位置处的目标位置执行重构。

[0147] 并且,可以重构基于支撑部件202的位置的某一区域,并且不需要重构另一区域。即,对于被包含在某一区域以外的区域中的目标位置的权重可以为零。某一区域的示例可以是其中心为由支撑部件支撑的多个换能器的指向轴会聚的位置的球、圆柱和方柱。在这种情况下,从多个换能器的指向轴会聚的位置到某一区域的外周的距离可以被用作阈值。如上所述,在高度灵敏区域向支撑部件202扩展的情况下,某一区域的中心可以相对于多个换能器的指向轴会聚的位置偏移到支撑部件202侧。可以预先设定用于确定某一区域的参数,诸如形状、尺寸和位置。用户可以通过使用输入单元103输入用于确定某一区域的参数作为关于阈值的信息,以便设定阈值。

[0148] 阈值可以根据从多个换能器的指向轴会聚的位置向目标位置的方向改变。

[0149] 要被重构的体素的权重不限于1,并且可以使用0以外的另一权重。可以基于选择的要被用于重构的一组接收信号根据依照诸如UBP的现有技术的图像重构算法来获得被检体信息。即,可以向包含在一组接收信号中的每个接收信号分配与支撑部件202和体素501的相对位置对应的统一权重,并且可以向每个接收信号分配与多个换能器201的各个位置和体素501的相对位置对应的权重。

[0150] 以这种方式,从多组接收信号当中选择要被用于重构的一组接收信号,并由此可

减少为了获得被检体信息所执行的计算量。因此,可缩短用于获得被检体信息的时间。并且,在要被重构的体素不包含在高度灵敏区域中时获得的一组接收信号是不以高灵敏度接收的一组接收信号。因此,如果一组接收信号被用于获得被检体信息,那么被检体信息的定量性可降低。因此,一组接收信号不被用于获得被检体信息,由此可增大获得的被检体信息的定量性和分辨率。

[0151] 修改示例

[0152] 上述实施例是用于描述本发明的示例。可在不偏离本发明的要旨的情况下通过适当地改变或组合上述实施例来实现本发明。

[0153] 本发明适用的重构处理不限于通过使用上述等式执行的处理,并且可以应用其它的时域重构。并且,本发明适用于傅立叶域重构和模型库重构。

[0154] 其它实施例

[0155] 本发明的实施例也可通过读出并执行记录在存储介质(例如,非暂时性计算机可读存储介质)上的计算机可执行指令以执行本发明的上述实施例中的一个或多个的功能的系统或装置的计算机、以及通过由系统或装置的计算机通过例如从存储介质读出并执行计算机可执行指令以执行上述实施例中的一个或多个的功能而执行的方法来实现。计算机可以包括中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)或其它电路中的一个或多个,并且可以包含单独的计算机或单独的计算机处理器的网络。可以例如从网络或存储介质向计算机提供计算机可执行指令。存储介质可以包含例如硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、分布式计算系统的储存器、光盘(诸如紧凑盘(CD)、数字多功能盘(DVD)或蓝光盘(BD)(注册商标))、闪速存储设备、存储卡等中的一个或多个。

[0156] 尽管已参照示例性实施例描述了本发明,但应理解,本发明不限于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便包含所有这样的修改以及等同的结构和功能。

[0157] 本申请要求2014年5月14日提交的美国专利申请No.61/992983的权益,该美国专利申请No.61/992983通过在此其整体引用而特此合并。

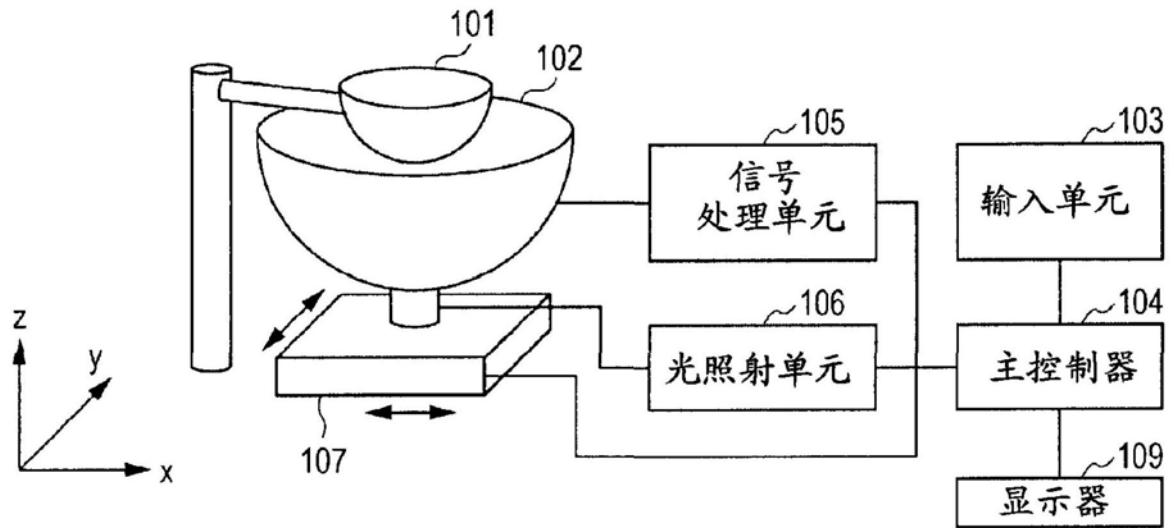


图1

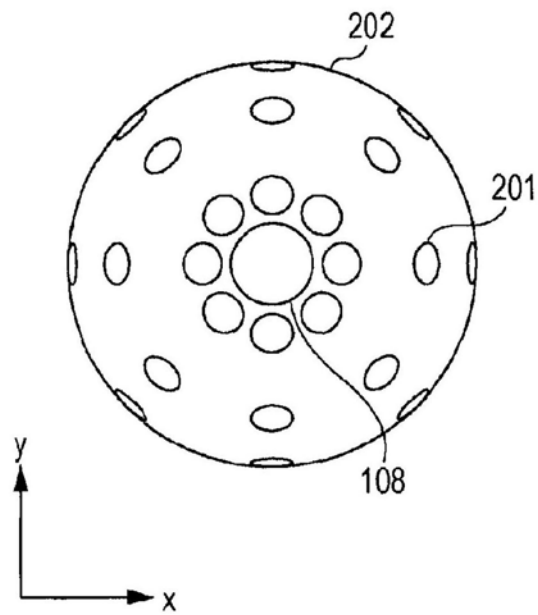


图2A

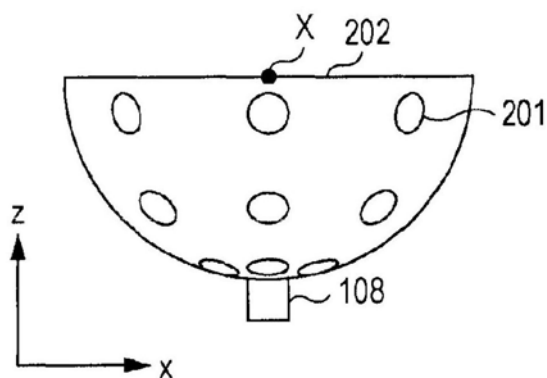


图2B

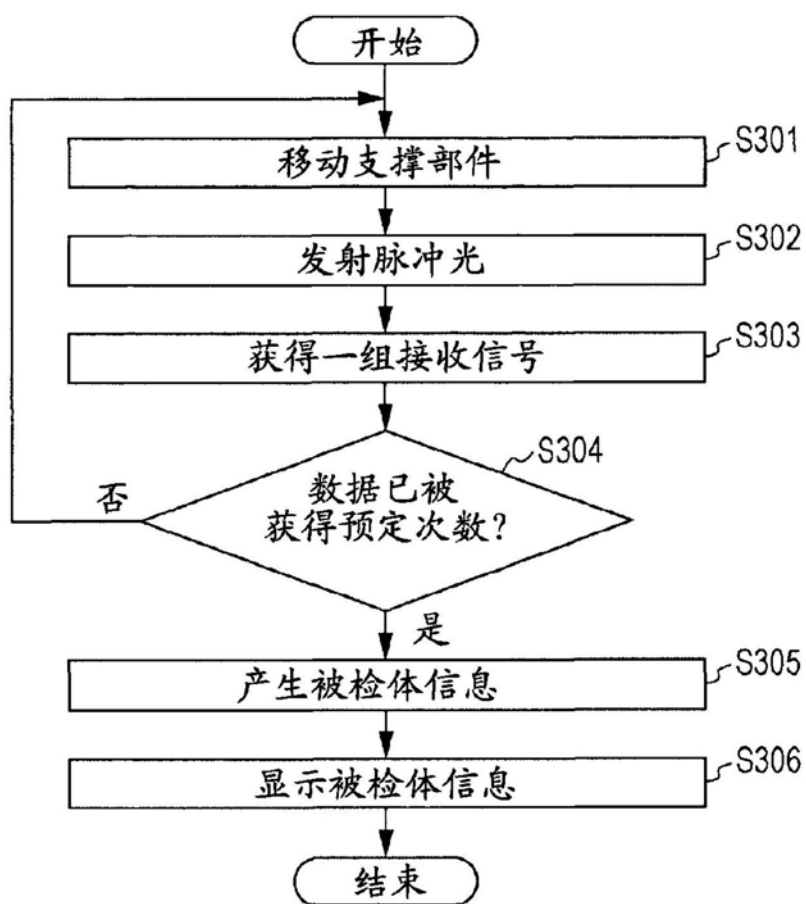


图3

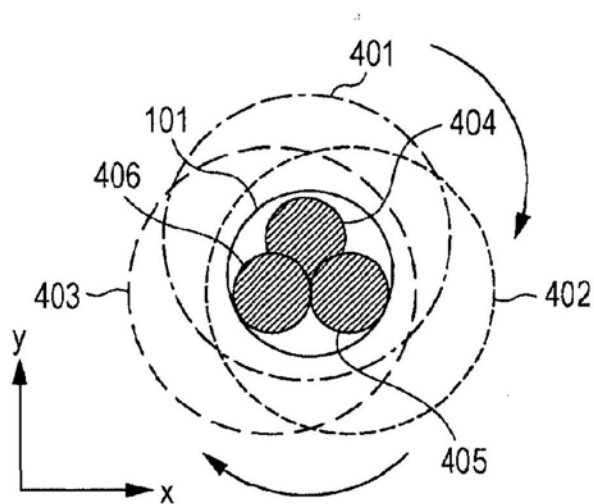


图4

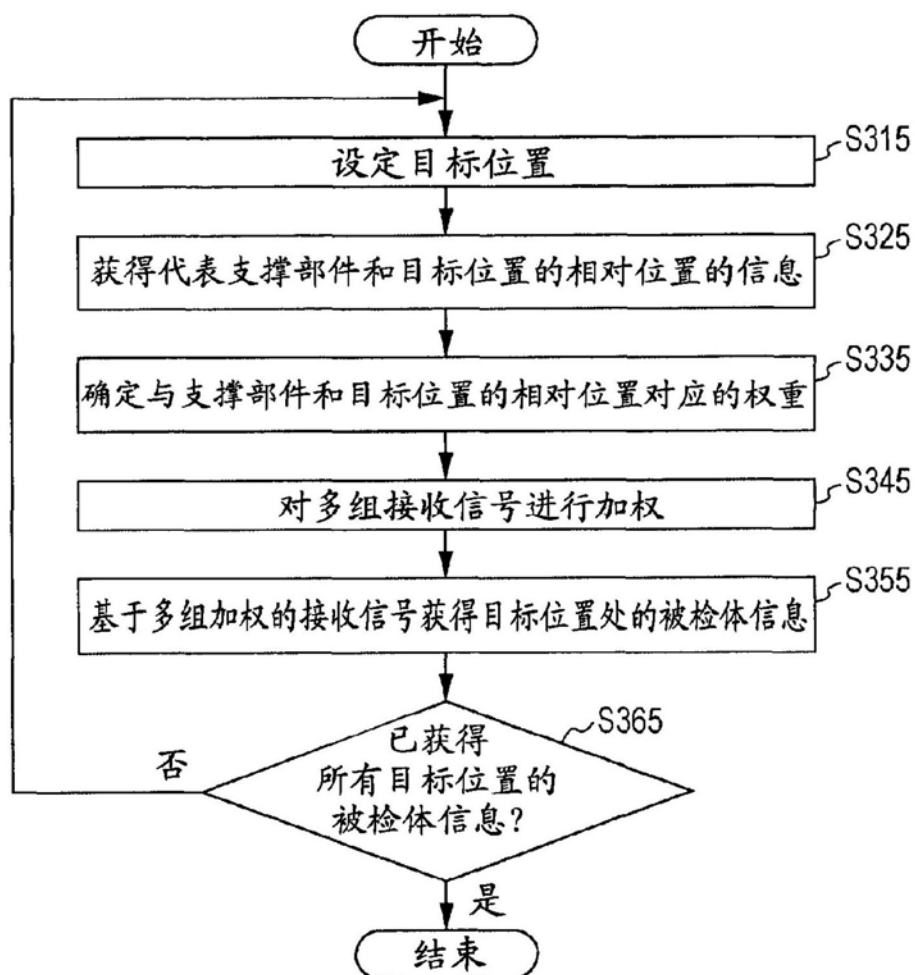


图5

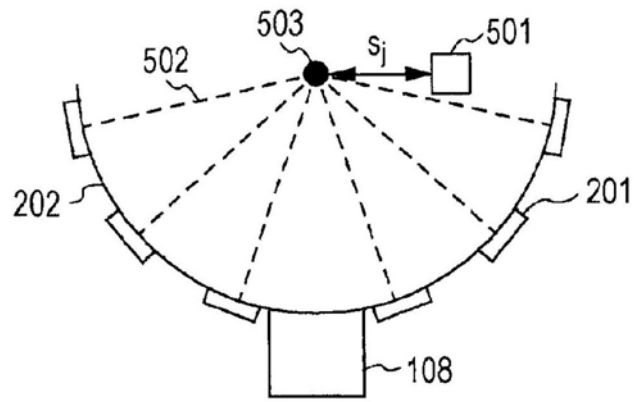


图6

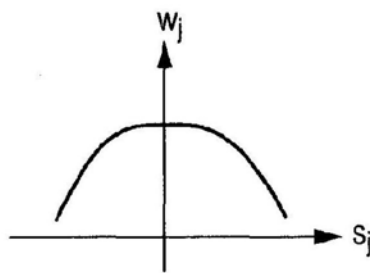


图7A

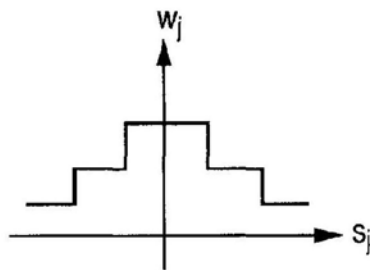


图7B

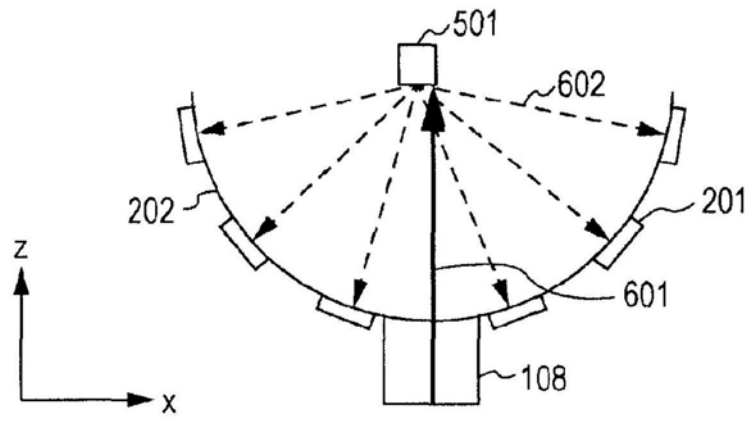


图8A

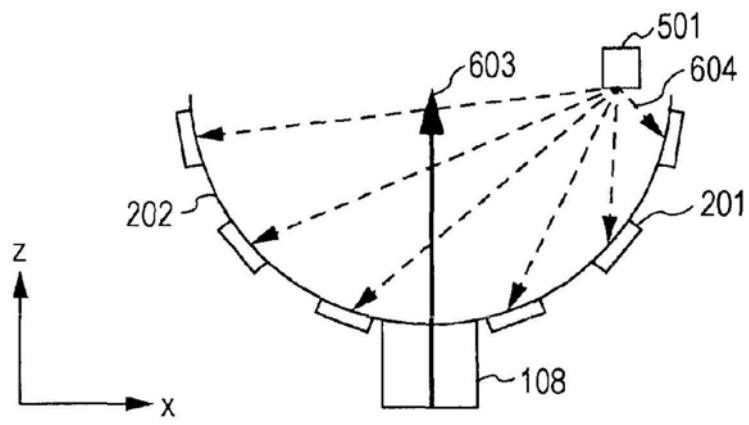


图8B