



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115988996 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 18

(21) 申请号 202180041239.1

(22) 申请日 2021.05.31

(30) 优先权数据

20178732.2 2020.06.08 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.12.08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/064497 2021.05.31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/249802 EN 2021.12.16

(71) 申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 T·克勒 H-I·马克

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

专利代理师 孟杰雄

(51) Int.Cl.

A61B 6/06 (2006.01)

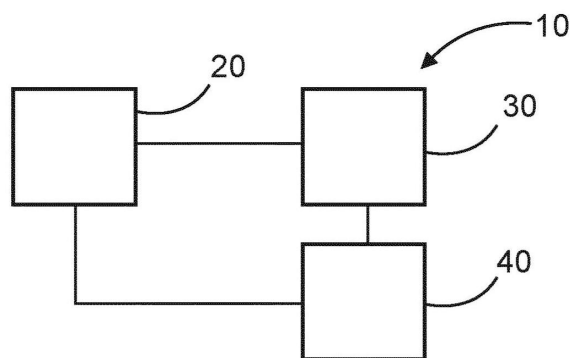
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

用于校正X射线图像中的准直器半影的装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于校正X射线图像中的准直器半影的装置(10)。所述装置包括输入单元(20)、处理单元(30)和输出单元(40)。所述输入单元被配置为向所述处理单元提供X射线数据。所述处理单元被配置为确定对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像。所述确定包括将强度调制掩模应用于所述X射线数据。所述强度调制掩模说明了由所述X射线采集系统的至少一个准直器叶片引起的跨X射线采集系统的探测器的强度变化,并且所述X射线采集系统被用于采集所述X射线数据。所述输出单元被配置为输出所述对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像。



1. 一种用于校正X射线图像中的准直器半影的装置(10),所述装置包括:
输入单元(20);
处理单元(30);以及
输出单元(40);
其中,所述输入单元被配置为向所述处理单元提供X射线数据;
其中,所述处理单元被配置为确定对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像,其中,所述确定包括将强度调制掩模应用于所述X射线数据,其中,所述强度调制掩模说明了由所述X射线采集系统的至少一个准直器叶片引起的跨X射线采集系统的探测器的强度变化,并且其中,所述X射线采集系统被用于采集所述X射线数据;并且
其中,所述输出单元被配置为输出所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统。
3. 根据权利要求1-2所述的装置,其中,所述X射线数据包括所述对象的X射线衰减图像,其中,所述X射线采集系统是衰减图像采集系统,并且其中,对所述强度调制掩模的应用包括将与所述探测器的像素相关联的所述对象的所述X射线衰减图像中的强度值乘以所述强度调制掩模中的对应强度值,并且其中,所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的衰减X射线图像。
4. 根据权利要求2-3中的任一项所述的装置,其中,所述处理单元被配置为确定所述强度调制掩模,所述确定包括利用所述对象的所述X射线衰减图像。
5. 根据权利要求1-4中的任一项所述的装置,其中,所述X射线数据包括不存在对象的X射线衰减图像,其中,所述X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统,并且其中,所述处理单元被配置为确定所述强度调制掩模,所述确定包括利用不存在对象的所述X射线衰减图像。
6. 根据权利要求4-5中的任一项所述的装置,其中,对所述强度调制掩模的所述确定包括在所述对象的所述X射线衰减图像中或在不存在对象的所述X射线衰减图像中识别至少一个强度梯度,其中,所述至少一个强度梯度与至少准直器叶片相关联。
7. 根据权利要求6所述的装置,其中,所述处理单元被配置为利用与所述至少一个准直器叶片相关联的所述至少一个梯度的至少一个位置来对所述经准直器校正的衰减X射线图像进行注释。
8. 根据权利要求6-7中的任一项所述的装置,其中,当所述X射线采集系统是干涉测量图像采集系统时,所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像,并且其中,所述处理单元被配置为利用与所述至少一个准直器叶片相关联的所述至少一个梯度的至少一个位置来对所述经准直器校正的暗场X射线图像和/或所述经准直器校正的相衬X射线图像进行注释。
9. 根据权利要求4-8中的任一项所述的装置,其中,对所述强度调制掩模的确定包括利用由所述处理单元实施的机器学习算法。
10. 根据权利要求9所述的装置,其中,所述机器学习算法包括至少一个经训练的神经网络。

11. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述X射线数据包括空白扫描条纹数据和对象扫描条纹数据,其中,所述X射线采集系统是干涉测量图像采集系统,并且其中,对所述强度调制掩模的应用包括将所述X射线空白扫描条纹数据和与所述探测器的像素相关联的X射线对象扫描条纹数据中的强度值乘以所述强度调制掩模中的对应强度值,以确定预处理的X射线空白扫描条纹数据和预处理的X射线对象扫描条纹数据,其中,所述处理单元被配置为确定所述对象的暗场图像和/或所述对象的相衬图像,包括将相位检索算法应用于所述预处理的空白扫描条纹数据和所述预处理的对象扫描条纹数据;并且其中,所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。

12. 一种X射线成像系统(100),所述系统包括:

X射线采集系统(110);以及

根据权利要求1-11中的任一项所述的用于校正X射线图像中的准直器半影的装置(10)。

13. 根据权利要求12所述的系统,其中,所述X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统。

14. 一种用于校正X射线图像中的准直器半影的方法(200),所述方法包括:

a) 向处理单元提供(210) X射线数据;

c) 由所述处理单元确定(220)对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像,其中,所述确定包括将强度调制掩模应用于所述X射线数据,其中,所述强度调制掩模说明了由所述X射线采集系统的至少一个准直器叶片引起的跨X射线采集系统的探测器的强度变化,并且其中,所述X射线采集系统被用于采集所述X射线数据;并且

f) 由输出单元输出(230)所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像。

15. 一种计算机程序单元,用于控制根据权利要求1至11中的一项所述的装置和/或根据权利要求12-13中的任一项所述的系统,所述计算机程序单元当由处理器运行时被配置为执行根据权利要求14所述的方法。

用于校正X射线图像中的准直器半影的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于校正X射线图像中的准直器半影的装置、X射线成像系统、用于校正X射线图像的准直器半影的方法、以及计算机程序单元和计算机可读介质。

背景技术

[0002] X射线成像系统使X射线束准直以限制患者的曝光。准直器叶片被用于使暴露的视场与探测器的范围紧密匹配。为了确保患者尽可能少地暴露于未检测到的X射线,准直器叶片被定位为使得理想情况下,X射线强度在探测器边缘处或稍微在探测器区内或特别地稍微在探测器区外降至零。理想情况下,准直器边缘绝不应在探测器区之外,但是在许多情况下,当例如患者要求比探测器更小的准直时,准直器可以位于探测器区内。然而,由于X射线源并非无限小,因此观察到由准直器叶片引起的半影效应,其中,辐射强度逐渐从100%降至0%。

[0003] 这样的X射线束准直在标准射线照相衰减(或透射)X射线成像系统中进行,并且也在基于干涉测量的差分相衬和暗场成像系统中进行。这样的相衬和暗场成像系统提供暗场图像、相衬图像和衰减(透射)图像。

[0004] J.Jian-Yue等人的“Combining scatter reduction and dorrection to improve image quality in cone-beam computed tomography (CBCT)” (Med.Phys.37 (11) 2020年11月5634-5644) 提出了一种改进锥形束计算机断层摄影中的图像质量的组合散射减少和校正方法,其中,波束块方法被用于测量散射,并且在散射测量期间获得的部分阻挡的投影数据被用于CBCT图像重建。

[0005] 图4示出了由X射线透射图像中的准直器叶片引起的水平伪影的图示。在临床研究期间,特别地在透射图像中观察到这些水平伪影。详细分析示出伪影由准直器叶片的模糊半影引起。在手头的几何结构中,半影延伸了几十个像素。因此,在采集的原始数据中存在额外的强度梯度,该梯度在归因于患者的强度变化之上。常常在颈部或肩部区域中,X射线强度从底部到顶部增加,而归因于准直器模糊的强度梯度减小。这两种效应的组合在典型情况下导致明显的强度最大值,这被视为水平伪影,在图4中清晰可见。图5还示出了由准直器半影引起的水平伪影可见的扩展X射线透射图像。

[0006] 图6示出了该问题的更多细节,其中,半影在示例案例上图示,其中,透射以从0至1的范围内的显示窗口示出。半影清晰可见,并且应注意,由于较浅阳极角度,半影在顶部比底部宽得多。

[0007] 尽管专家临床医师可以在许多情况下观察到半影效应,但是其可能导致影像解释困难,并且这对于更无经验的工作人员来说是增加的问题。而且,随着朝向影像自动分析的发展,这样的准直器引起的伪影可能导致虚假或错误的图像解释。

[0008] 存在解决该问题的需要。

发明内容

[0009] 改进X射线成像将是有利的,其中,准直器叶片被用于限制相对于探测器区的X射线束的视场。

[0010] 本发明的目的利用独立权利要求的主题解决,其中,其他实施例被包含在从属权利要求中。应当注意,本发明的以下描述的方面和示例也适用于用于校正X射线图像中的准直器半影的装置、X射线成像系统、用于校正X射线图像中的准直器半影的方法以及用于计算机程序单元和计算机可读介质。

[0011] 根据第一方面,提供了一种用于校正X射线图像中的准直器半影的装置。所述装置包括:

[0012] -输入单元;

[0013] -处理单元;以及

[0014] -输出单元。

[0015] 所述输入单元被配置为向所述处理单元提供X射线数据。所述处理单元被配置为确定对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像,其中,所述确定包括将强度调制掩模应用于所述X射线数据。所述强度调制掩模说明了由所述X射线采集系统的至少一个准直器叶片引起的跨X射线采集系统的探测器的强度变化,并且所述X射线采集系统被用于采集所述X射线数据。所述输出单元被配置为输出所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像。

[0016] 以这种方式,可以针对射线照相术中的衰减X射线图像校正由准直器半影产生的强度梯度,并且可以在由暗场和相衬干涉测量X射线成像系统产生的衰减X射线图像中校正所述强度梯度。这样的强度梯度在所述暗场和相衬图像本身中的效应也可以减轻。

[0017] 在示例中,所述X射线数据包括所述对象的X射线衰减图像,并且所述X射线采集系统是衰减图像采集系统。对所述强度调制掩模的应用包括将与所述探测器的像素相关联的所述对象的所述X射线衰减图像中的强度值乘以所述强度调制掩模中的对应强度值,并且其中,所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的衰减X射线图像。

[0018] 因此,在大多数图像探测器值上尚未减少并且可以被认为是“单位”,但是由于准直器叶片的影响,通常在所述图像的极端处,所述强度值从这样的单位值逐渐下降到0。因此,通过确定该强度轮廓,可以确定作为其倒数的掩模,在图像数据为“单位”的掩模的大部分上具有值1.0,但是在对应于受准直器半影影响的图像的部分的掩模的部分上,在从1.0上升到高水平的掩模的极端处。然后可以将该图像数据乘以该掩模以校正半影效应。清楚地,不是采取强度值的倒数,强度值本身可以用作掩模,并且该掩模用作除法掩模而不是乘法掩模。

[0019] 换句话说,尽管所述半影不是所述对象的实际特征,但是所述准直器叶片能够导致半影效应,从而导致所述对象的衰减图像的边缘处的强度梯度,这能够导致与所述衰减图像的解释或利用相关的问题。例如,如US2015/342554A1中所描述的,衰减图像可以被用于康普顿散射的散射校正。在该流程内,所述衰减图像数据被转换为等效水厚度。对于该“水对象”,存在康普顿散射的模型,并且所述半影效应导致对水的高估并且因此导致康普顿散射的高估。而且,对于暗场成像,存在基于透射或衰减图像的图像的已知校正。这校正

了射束硬化的影响,其也减少了所述暗场。所述半影也将导致对该效应的高估。

[0020] 因此,除了所述半影效应导致所述衰减图像本身中的伪影(其能够导致图像解读困难)之外,当用于增强其他图像模态时,所述衰减图像本身能够引起问题。然而,此处描述的新技术通过校正半影的效应来解决这些问题。

[0021] 在示例中,所述X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统。

[0022] 在示例中,所述处理单元被配置为确定所述强度调制掩模,所述确定包括利用所述对象的X射线衰减图像。

[0023] 在示例中,所述X射线数据包括不存在对象的X射线衰减图像,并且所述X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统。所述处理单元被配置为确定所述强度调制掩模。所述确定然后可以包括利用不存在对象的X射线衰减图像。

[0024] 在示例中,所述强度调制掩模的所述确定包括在所述对象的所述X射线衰减图像中或在不存在对象的X射线衰减图像中识别至少一个强度梯度,并且其中,所述至少一个强度梯度与至少准直器叶片相关联。

[0025] 在示例中,所述处理单元被配置为利用与所述至少一个准直器叶片相关联的所述至少一个梯度的至少一个位置来对所述经准直器校正的衰减X射线图像进行注释。

[0026] 因此,在所述医学专家查看得到的X射线影像的情况下,他们可以看到在何处数据已被校正以减轻所述准直器半影的效应,因此关于所述校正,医学专家可以看到在何处该校正已被应用并且可以使用他们的专家更好地解释知道已应用校正的潜在特征。

[0027] 在示例中,当所述X射线采集系统是干涉测量图像采集系统时并且所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。所述处理单元被配置为利用与所述至少一个准直器叶片相关联的所述至少一个梯度的至少一位置来对所述经准直器校正的暗场X射线图像和/或所述经准直器校正的相衬X射线图像进行注释。

[0028] 在示例中,所述强度调制掩模的确定包括利用由所述处理单元实施的机器学习算法。

[0029] 在示例中,所述机器学习算法包括至少一个经训练的神经网络。

[0030] 以这种方式,自动系统可以被用于确定所述强度调制掩模。人类可以确定在何处所述准直器半影已经影响影像,并且通过利用一系列训练影像训练神经网络,所述训练影像具有来自识别所述半影将在何处被找到的医学专家的参考标准信息,即使对于使用可移动X射线源的系统,所述系统也可以确定半影位于何处,其中,得到的准直器半影也移动。

[0031] 在示例中,所述X射线数据包括空白扫描条纹数据和对象扫描条纹数据,其中,所述X射线采集系统是干涉测量图像采集系统。所述强度调制掩模的应用包括将所述X射线空白扫描条纹数据和与所述探测器的像素相关联的X射线对象扫描条纹数据中的强度值乘以所述强度调制掩模中的对应强度值,以确定预处理的X射线空白扫描条纹数据和预处理的X射线对象扫描条纹数据。所述处理单元被配置为确定所述对象的暗场图像和/或所述对象的相衬图像,包括将相位检索算法应用于所述预处理的空白扫描条纹数据和所述预处理的对象扫描条纹数据。然后,所述对象的所述至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。

[0032] 即使所述准直器半影的效应在射线照相衰减X射线图像中最明显,并且在也可以

连同干涉测量DAX系统的暗场和相衬图像一起采集的衰减X射线图像中,也可以针对所述半影效应校正暗场和相衬图像数据。

[0033] 根据第二方面,提供了一种X射线成像系统。所述系统包括:

[0034] X射线采集系统;以及

[0035] 根据第一方面的用于校正X射线图像中的准直器半影的装置。

[0036] 在示例中,所述X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统。

[0037] 根据第三方面,提供了一种用于校正X射线图像中的准直器半影的方法,所述方法包括:

[0038] a) 向处理单元提供X射线数据;

[0039] c) 由所述处理单元确定对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像,其中,所述确定包括将强度调制掩模应用于所述X射线数据,其中,所述强度调制掩模说明了由所述X射线采集系统的至少一个准直器叶片引起的跨X射线采集系统的探测器的强度变化,并且其中,所述X射线采集系统被用于采集所述X射线数据;并且

[0040] f) 由输出单元输出所述对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像。

[0041] 根据另一方面,提供了一种如先前所描述的计算机程序单元控制装置,如果所述计算机程序单元由处理单元执行,则其适于执行如先前所描述的方法步骤。

[0042] 根据另一方面,提供了一种存储有如先前所描述的计算机单元的计算机可读介质。

[0043] 所述计算机程序单元可以例如是软件程序,但是也可以是FPGA、PLD或任何其他适当的数字模块。

[0044] 有利地,由以上方面中的任一个所提供的益处同样地适用于所有其他方面并且反之亦然。

[0045] 以上方面和示例将根据下文描述的实施例变得显而易见,并且将参考下文描述的实施例得到阐述。

附图说明

[0046] 将参考以下附图在以下中描述示例性实施例:

[0047] 图1示出了用于校正X射线图像中的准直器半影的装置的示例的示意性设置;

[0048] 图2示出了X射线成像系统的示例的示意性设置;

[0049] 图3示出了用于校正X射线图像中的准直器半影的方法;

[0050] 图4和图5图示了由多幅X射线透射图像中的准直器半影引起的伪影;

[0051] 图6图示了透射X射线图像中的准直器引起的伪影的程度;

[0052] 图7图示了图1-3的装置、系统和方法的操作,其中,左上图像示出了透射X射线图像,其中,准直器半影引起的伪影跨图像的顶部延伸,中心上图像示出了用于校正左图像的强度调制掩模,并且右上图像示出了其中左图像中的强度已除以掩模中的强度的校正图像,并且其中,底部图像示出了顶部图像的放大视图;并且

[0053] 图8示出了相衬和/或暗场成像系统的示例的示意性设置。

具体实施方式

[0054] 图1示出了用于校正X射线图像中的准直器半影的装置10的示意性示例。装置10包括输入单元20、处理单元30和输出单元40。输入单元被配置为向处理单元提供X射线数据。处理单元被配置为确定对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像。对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像的确定包括将强度调制掩模应用于X射线数据。强度调制掩模说明了由X射线采集系统的至少一个准直器叶片引起的跨X射线采集系统的探测器的强度变化,并且X射线采集系统被用于采集X射线数据。输出单元被配置为输出对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像。

[0055] 根据示例,X射线数据包括对象的X射线衰减图像,并且X射线采集系统是衰减图像采集系统。强度调制掩模的应用可以包括将与探测器的像素相关联的对象的X射线衰减图像中的强度值乘以强度调制掩模中的对应强度值,并且对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的衰减X射线图像。

[0056] 应注意,“衰减图像”此处和在其他地方被称为原始数据图像。因此,对半影效应进行校正的是原始数据图像,并且然后该校正图像可以具有所执行的数据的对数,以提供将作为由临床医师正常观看的图像的图像。

[0057] 在示例中,强度调制掩模实际上是上述强度调制掩模的逆。因此,在该示例中,X射线数据包括对象的X射线衰减图像,并且X射线采集系统是衰减图像采集系统。强度调制掩模的应用包括将与探测器的像素相关联的对象的X射线衰减图像中的强度值除以强度调制掩模中的对应强度值,并且对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的衰减X射线图像。

[0058] 根据示例,X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统。

[0059] 根据示例,处理单元被配置为确定强度调制掩模。确定可以包括利用对象的X射线衰减图像。

[0060] 根据示例,X射线数据包括不存在对象的X射线衰减图像,并且X射线采集系统是衰减图像采集系统,或者X射线采集系统是干涉测量图像采集系统。处理单元被配置为确定强度调制掩模。确定可以包括利用不存在对象的X射线衰减图像。

[0061] 根据示例,强度调制掩模的确定包括在对象的X射线衰减图像中或在不存在对象的X射线衰减图像中识别至少一个强度梯度,并且其中,至少一个强度梯度与至少准直器叶片相关联。

[0062] 根据示例,处理单元被配置为利用与至少一个准直器叶片相关联的至少一个梯度的至少一个位置来注释经准直器校正的衰减X射线图像。

[0063] 根据示例,当X射线采集系统是干涉测量图像采集系统时,对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像然后包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。处理单元被配置为利用与至少一个准直器叶片相关联的至少一个梯度的至少一个位置来注释经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。

[0064] 根据示例,强度调制掩模的确定包括利用由处理单元实施的机器学习算法。

[0065] 根据示例,机器学习算法包括至少一个经训练的神经网络。

[0066] 根据示例,X射线数据包括空白扫描条纹数据和对象扫描条纹数据,其中,X射线采集系统是干涉测量图像采集系统。强度调制掩模的应用然后可以包括将X射线空白扫描条

纹数据和与探测器的像素相关联的X射线对象扫描条纹数据中的强度值乘以强度调制掩模中的对应强度值,以确定预处理的X射线空白扫描条纹数据和预处理的X射线对象扫描条纹数据。处理单元被配置为确定对象的暗场图像和/或对象的相衬图像,所述确定包括将相位检索算法应用于预处理的空白扫描条纹数据和预处理的样本扫描条纹数据。然后,对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。

[0067] 在示例中,强度调制掩模实际上是上述强度调制掩模的逆。因此,在示例中,X射线数据包括空白扫描条纹数据和对象扫描条纹数据,其中,X射线采集系统是干涉测量图像采集系统。强度调制掩模的应用然后可以包括将X射线空白扫描条纹数据和与探测器的像素相关联的X射线对象扫描条纹数据中的强度值除以强度调制掩模中的对应强度值,以确定预处理的X射线空白扫描条纹数据和预处理的X射线对象扫描条纹数据。处理单元被配置为确定对象的暗场图像和/或对象的相衬图像,所述确定包括将相位检索算法应用于预处理的空白扫描条纹数据和预处理的样本扫描条纹数据。然后,对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。

[0068] 图2示出了X射线成像系统100的示意性示例。系统100包括X射线采集系统110和用于校正X射线图像中的准直器半影的装置10,如关于图1所描述的。

[0069] 根据示例,X射线采集系统是衰减图像采集系统,或者X射线采集系统是干涉测量图像采集系统。

[0070] 图3示出了用于在其基本步骤中校正X射线图像中的准直器半影的方法200,其中,实质性步骤用粗线示出,并且可选步骤用虚线示出。方法200包括:

[0071] -在也被称为步骤a)的提供步骤210中,向处理单元提供X射线数据;

[0072] -在也被称为步骤c)的确定步骤220中,由处理单元确定对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像,其中,确定包括将强度调制掩模应用于X射线数据,其中,强度调制掩模说明了由X射线采集系统的至少一个准直器叶片引起的跨X射线采集系统的探测器的强度变化,并且其中,X射线采集系统被用于采集X射线数据;并且

[0073] -在也被称为步骤f)的输出步骤230中,由输出单元输出对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像。

[0074] 在示例中,X射线数据包括对象的X射线衰减图像,其中,X射线采集系统是衰减图像采集系统,并且其中,在步骤c)中,应用强度调制掩模包括将与探测器的像素相关联的对象的X射线衰减图像中的强度值乘以强度调制掩模中的对应强度值,并且其中,对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的衰减X射线图像。

[0075] 在示例中,X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统。

[0076] 在示例中,方法包括步骤b)由处理单元确定240强度调制掩模,所述确定包括利用对象的X射线衰减图像。

[0077] 在示例中,X射线数据包括不存在对象的X射线衰减图像,其中,X射线采集系统是衰减图像采集系统或干涉测量图像采集系统,并且其中,步骤b)包括利用不存在对象的X射线衰减图像。

[0078] 在示例中,步骤b)包括在对象的X射线衰减图像中或在不存在对象的X射线衰减图像中识别至少一个强度梯度,其中,至少一个强度梯度与至少准直器叶片相关联。

[0079] 在示例中,方法包括步骤d)由处理单元利用与至少一个准直器叶片相关联的至少一个梯度的至少一个位置注释250经准直器校正的衰减X射线图像。

[0080] 在示例中,当X射线采集系统是干涉测量图像采集系统时,对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像,并且其中,方法包括步骤e)由处理单元利用与至少一个准直器叶片相关联的至少一个梯度的至少一个位置来注释260经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。

[0081] 在示例中,步骤b)包括利用由处理单元实施的机器学习算法。

[0082] 在示例中,机器学习算法包括至少一个经训练的神经网络。

[0083] 在示例中,X射线数据包括空白扫描条纹数据和对象扫描条纹数据,其中,X射线采集系统是干涉测量图像采集系统,并且其中,在步骤c)中,应用强度调制掩模包括将X射线空白扫描条纹数据和与探测器的像素相关联的X射线对象扫描条纹数据中的强度值乘以强度调制掩模中的对应强度值,以确定预处理的X射线空白扫描条纹数据和预处理的X射线对象扫描条纹数据,其中,步骤c)包括由处理单元确定对象的暗场图像和/或对象的相衬图像,包括将相位检索算法应用于预处理的空白扫描条纹数据和预处理的对象扫描条纹数据;并且其中,对象的至少一幅经准直器校正的X射线图像包括经准直器校正的暗场X射线图像和/或经准直器校正的相衬X射线图像。

[0084] 现在关于特定实施例描述用于校正X射线图像中的准直器半影的装置和方法,以及X射线成像系统,其中,对图7-8进行参考。

[0085] 图7在左侧示出了透射图像,其中,准直器引起的伪影在顶部跨图像延伸,在其下面是图像的扩展部分。实际上,通过图像数据的多个垂直截面将由患者身体引起的强度变化来调制,并且然后靠近图像的顶部,由于准直器半影,强度梯度被施加到数据上,其中强度逐渐下降。该信息可用于确定解释准直器半影的强度调制掩模。因此,图像本身可以被用于确定强度调制掩模。然后,强度调制掩模可以在没有患者的情况下实际上是跨探测器的强度变化,并且因此几乎在其他地方可以具有值1.0,但是在掩模的顶部,对应于图像的顶部从1.0下降到0。图7的中心顶部图像中示出了这样的掩模,其中,该图像下面再次示出了扩展版本。然后,该掩模可以用作除法掩模,以将强度除以掩模值,以确定经校正的X射线透射图像,如图7的右手侧图像所示,再次在顶部示出为整个图像,并且在其下面以展开形式示出。掩模值可以是上文所讨论的值的倒数,并且几乎在其他任何地方是1.0,但是跨准直器半影区域从1.0上升到高值。然后,该掩模可以以与上文所讨论的除法掩模相同的方式用作乘法掩模。

[0086] 不是使用存在患者的图像数据,而是可以拍摄不存在患者对象的零透射图像,并且确定强度调制掩模。此处,必须考虑由于患者而没有强度调制的优点。

[0087] 强度调制掩模可以针对不同的焦斑大小和位置确定,并且如果在系统中这是可变的,则实际上可以确定源图像距离。这些强度调制掩模可以针对不同的系统设置预先确定,但也可以根据其需要为影像“在飞行中”确定。

[0088] 强度调制掩模的确定还可以涉及将强度调制掩模应用于如上文所讨论的影像,并且然后强度调制掩模的变化,直到准直器半影的效应最小化。

[0089] 而且,可以利用诸如神经网络的经训练的机器学习算法来确定强度调制掩模。人

类可以在视觉上看到准直器半影引起的伪影,并且可以在多幅训练影像上训练机器学习算法,其具有伪影的位置的相关联的参考标准(ground truth)数据,从而使得其能够识别新采集的影像中的半影并确定所要求的强度调制掩模。

[0090] 强度调制掩模可以应用于由标准射线照相系统采集的透射或衰减X射线影像。然而,强度调制掩模也可以应用于基于暗场和相衬干涉测量的X射线成像系统。下面关于图8讨论这样的系统,但本质上在有或没有对象的光栅布置内进行光栅的移动。光栅的主动移动导致跨探测器的像素值的正弦曲线或调制,其中,相位检索过程使得可见性信息能够导出暗场图像,使得相位信息能够导出相衬图像,并且其中,平均值用于确定吸收、透射或衰减图像。利用强度调制掩模的上述处理可以以与如上文针对标准射线照相衰减图像所讨论的相同的方式应用于衰减图像。然而,对于暗场和相衬影像的校正,扫描图像本身可以在产生暗场和相衬图像本身的相位检索步骤之前通过强度调制掩模进行校正。然而,应注意,暗场和相衬影像中的准直器半影引起的伪影不像衰减影像那样明显。除了将强度调制掩模应用于扫描数据本身之外,因为有效焦斑大小在半影区域中减小,这导致条纹的增加的可见性,并且可以对该效应进行建模,以进一步校正暗场和相衬影像中的准直器半影引起的伪影。

[0091] 标准衰减X射线成像是常见的,然而基于暗场或相衬干涉仪的X射线成像系统构成了X射线影像的新发展领域。因此,为了完整起见,下面将参考图8简要讨论这种新的成像技术。

[0092] 为了采集暗场和相衬数据以及衰减数据,将两(Talbot型)或三光栅(TalbotLau型)干涉仪引入X射线束,通常称为G0、G1和G2光栅。图8示出了示例性系统,其中,通常G0和G2是吸收体光栅,而G1是相位光栅,并且其中,对象OB放置在检查区域ER内。源光栅G0可以被用于使来自源的辐射更相干,但并不总是必要的,并且光栅G1和G2通常被称为相位和分析器光栅。随后,对于所谓的全场系统,两个光栅G1或G2中的一个相对于其他光栅垂直于光栅薄片以多个步(所谓的步进)移动,并且如果利用源光栅G0,则其可以是该光栅横向步进(其中,横向意指垂直于光栅方向)。从而,对于每个新光栅位置,在探测器D上记录图像。在射束中有和没有样本的情况下采集的图像序列的比较允许计算三个成像信号:透射或衰减(常规X射线图像)、相衬图像和暗场图像。这些光栅在常规透射图像之上生成条纹图案,并且例如暗场信号被计算为该条纹图案的对比度损失。在暗场和相衬成像中分析的条纹图案是微米范围内的精细结构。使用具有相同周期性的分析器光栅,可以利用探测器测量莫尔图案。一个或多个干涉仪部件(诸如分析器光栅)在该长度尺度上的任何移动改变莫尔图案的相位。代替于使用全场系统和相位步进,可以使用系统的扫描类型,如例如US 9959640 B2中所描述的。

[0093] 因此,样本或对象(图8中的身体)将衰减、折射和小角度散射信息调制到辐射上。为了将相位信息与对信号的其他贡献(例如样本的衰减、不均匀照明或光栅的缺陷)分开,利用了相位“步进”方法。在光栅的至少一个周期内沿着横向方向扫描光栅之一(G1或G2-或G0,如果存在),并且对于扫描的每个点拍摄图像(应注意,强度调制掩模被应用于该扫描)。得到的相衬、暗场和衰减数据然后在有和没有样本的情况下呈正弦振荡,并且这可以用于使用相位检索算法确定暗场、相衬和衰减图像。关于标准相位步进方法的另外的细节可以在Weitkamp等人的文章(Optics Express、第13卷、第16号、(2005) 6296-6304)中找到。

[0094] 在另一示例性实施例中,提供了一种计算机程序或一种计算机程序单元,其特征在于被配置为在适当的系统上执行根据前面的实施例之一所述的方法的方法步骤。

[0095] 因此,所述计算机程序单元可以被存储在计算机单元上,所述计算机单元也可以是实施例的部分。该计算单元可以被配置为执行以上描述的方法的步骤或诱发以上描述的方法的步骤的执行。此外,其可以被配置为操作以上描述的装置和/或系统的部件。所述计算单元能够被配置为自动地操作和/或执行用户的命令。计算机程序可以被加载到数据处理器的工作存储器中。所述数据处理器由此可以被装备为执行根据前述实施例之一的方法。

[0096] 本发明的该示例性实施例涵盖从一开始就使用本发明的计算机程序和借助于更新将现有程序转变为使用本发明的程序的计算机程序两者。

[0097] 更进一步地,所述计算机程序单元能够提供实现如以上所描述的方法的示例性实施例的流程的所有必需步骤。

[0098] 根据本发明的另一示例性实施例,提出了一种计算机可读介质,例如CD-ROM、USB棒等,其中,所述计算机可读介质具有存储在所述计算机可读介质上的计算机程序单元,所述计算机程序单元由前面部分描述。

[0099] 计算机程序可以被存储/分布在合适的介质上,例如与其他硬件一起提供或作为其他硬件的部分提供的光学存储介质或固态介质,但计算机程序可也可以以其他形式来分布,例如经由因特网或者其他有线或无线电信系统分布。

[0100] 然而,所述计算机程序也可以存在于诸如万维网的网络上并能够从这样的网络中下载到数据处理器的工作存储器中。根据本发明的另一示例性实施例,提供了一种用于使得计算机程序单元可用于下载的介质,其中,所述计算机程序单元被布置为执行根据本发明的之前描述的实施例之一所述的方法。

[0101] 必须指出,本发明的实施例参考不同主题加以描述。具体而言,一些实施例参考方法类型的权利要求加以描述,而其他实施例参考设备类型的权利要求加以描述。然而,本领域技术人员将从以上和下面的描述中了解到,除非另行指出,除了属于一种类型的主题的特征的任何组合之外,涉及不同主题的特征之间的任何组合也被认为由本申请公开。然而,所有特征能够被组合以提供超过特征的简单加和的协同效应。

[0102] 尽管已经在附图和前面的描述中详细说明和描述了本发明,但这样的说明和描述被认为是说明性或示例性的而非限制性的。本发明不限于所公开的实施例。通过研究附图、说明书和从属权利要求,本领域的技术人员在实践请求保护的本发明时能够理解和实现所公开的实施例的其他变型。

[0103] 在权利要求中,词语“包括”不排除其他单元或步骤,并且,词语“一”或“一个”并不排除多个。单个处理器或其他单元可以履行权利要求书中记载的若干项目的功能。尽管在互不相同的从属权利要求中记载了特定措施,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任何附图标记不应被解释为对范围的限制。

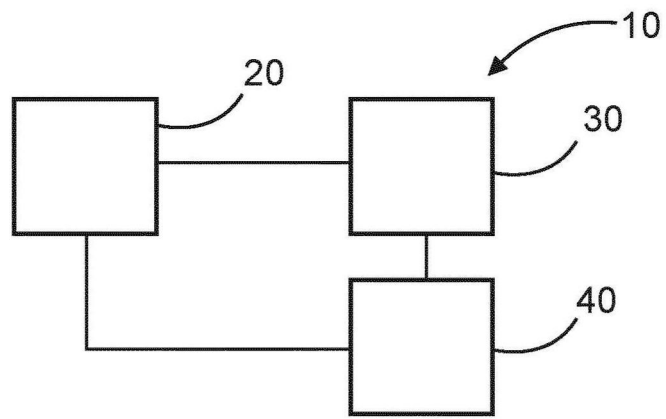


图1

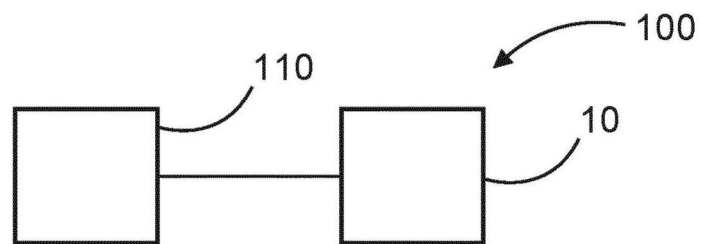


图2

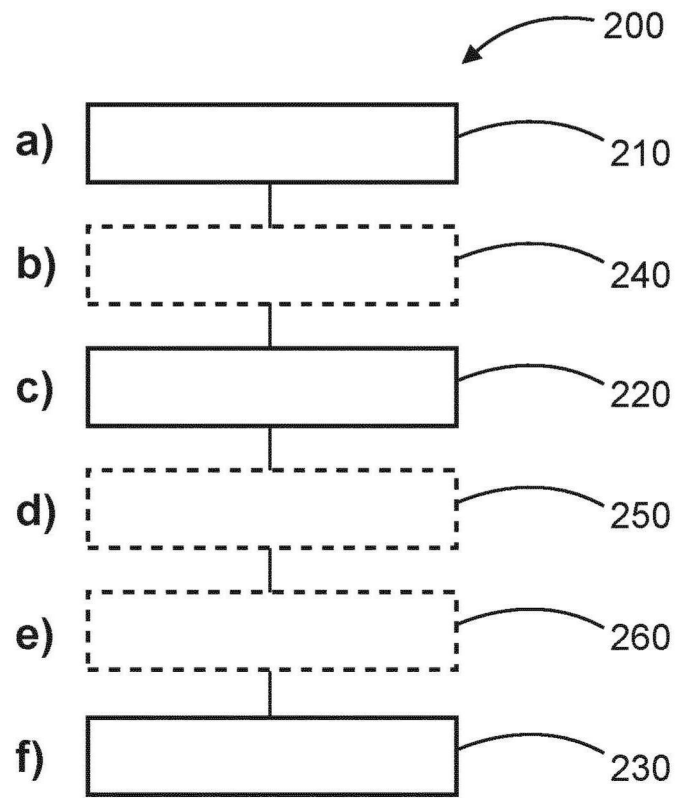


图3

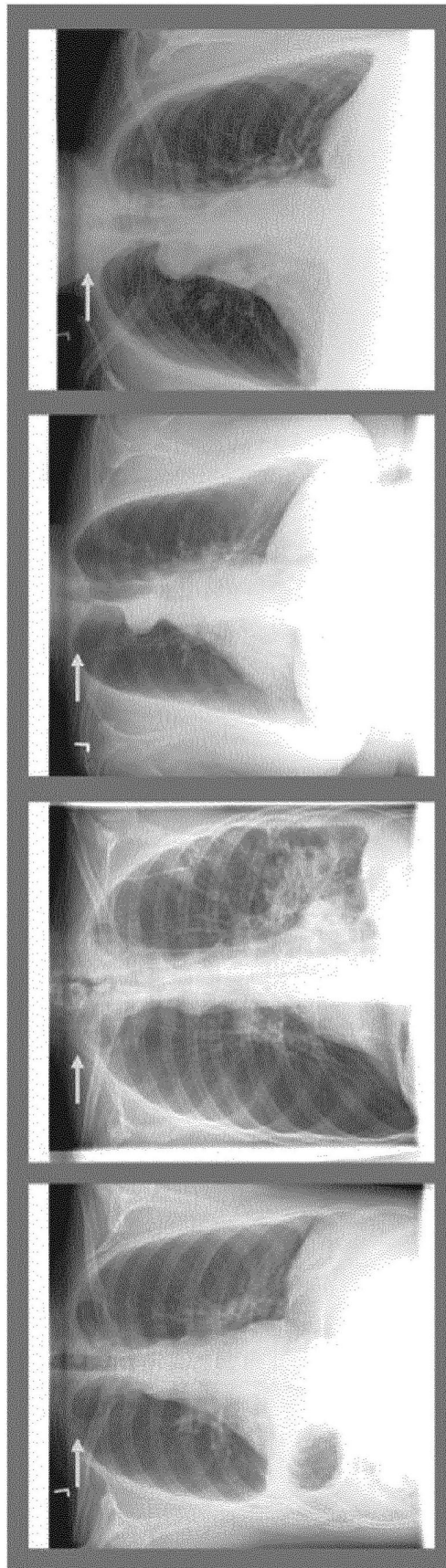


图4

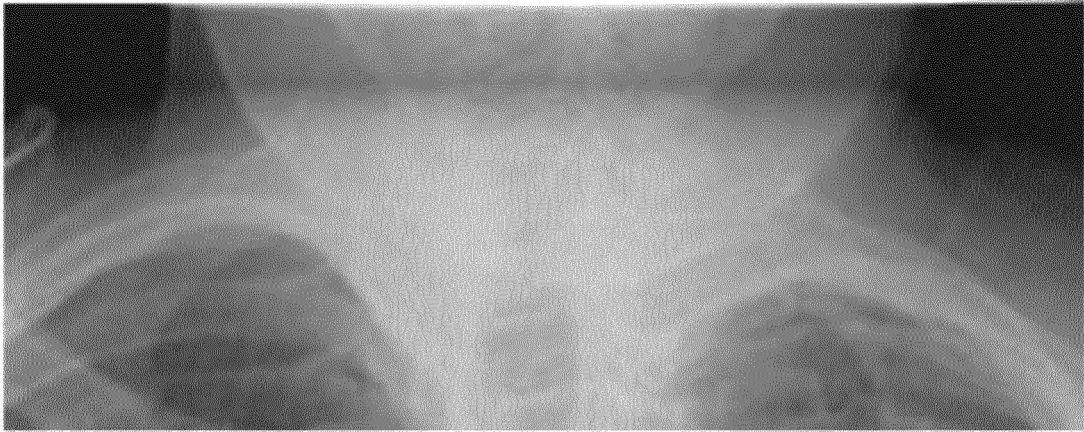


图5

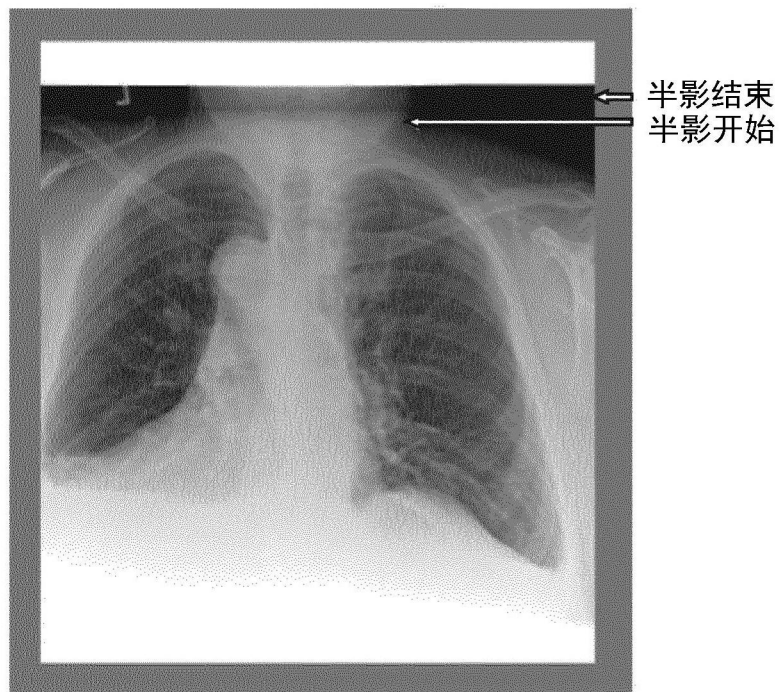


图6

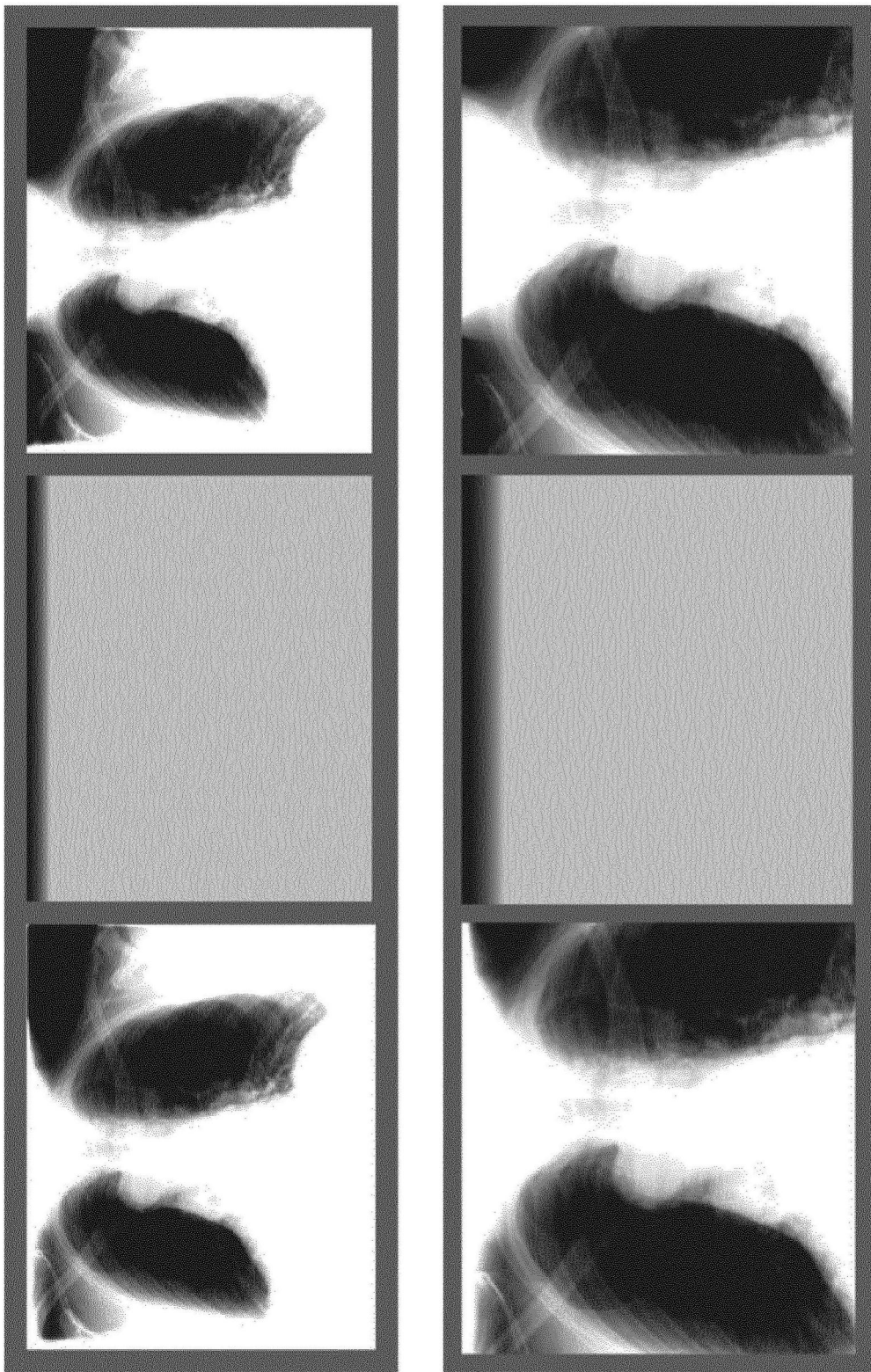


图7

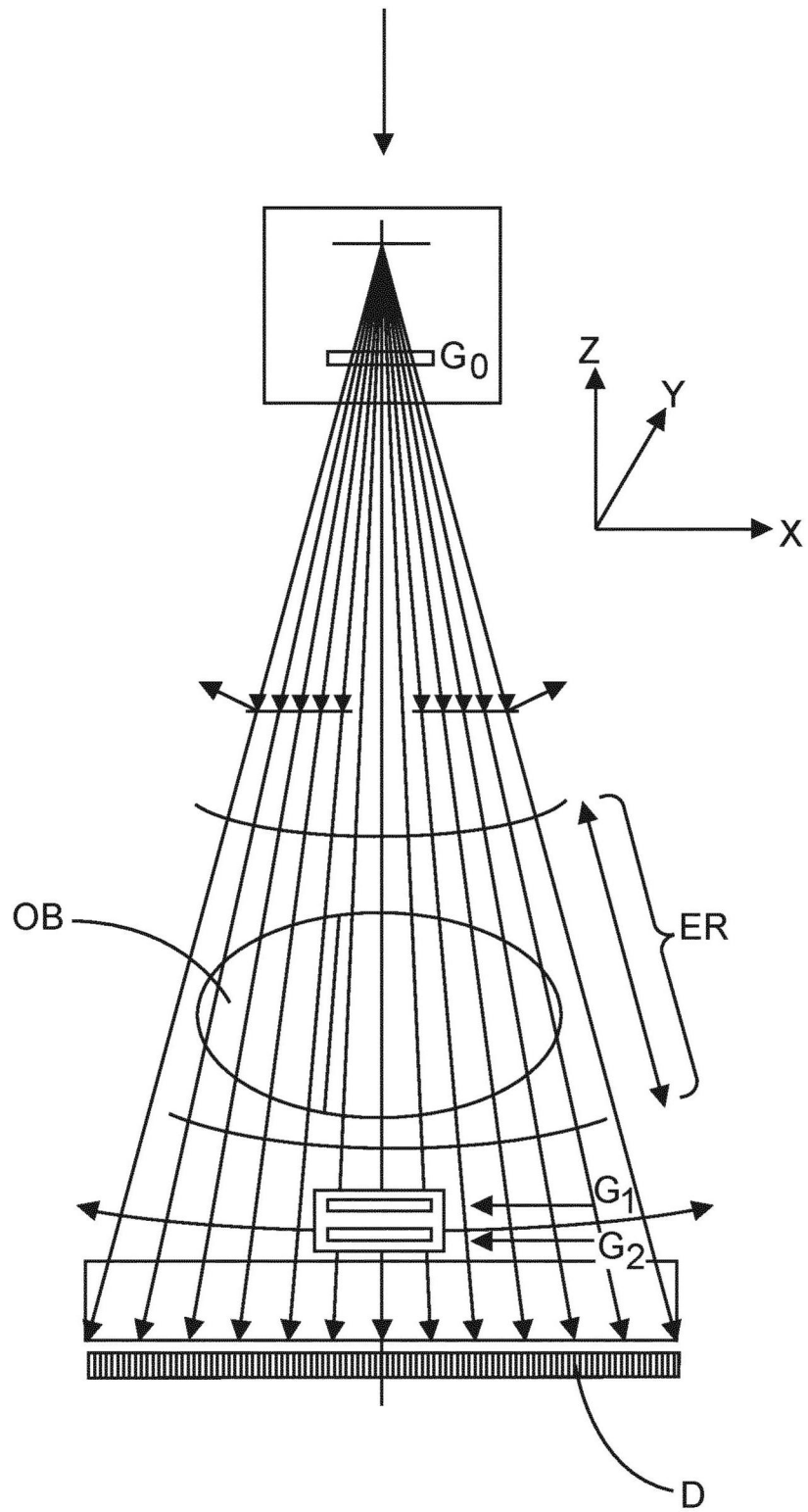


图8