



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105828716 B

(45)授权公告日 2019.05.10

(21)申请号 201480069101.2

(22)申请日 2014.12.03

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105828716 A

(43)申请公布日 2016.08.03

(30)优先权数据  
13197763.9 2013.12.17 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2016.06.17

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2014/076325 2014.12.03

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02015/090949 EN 2015.06.25

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司  
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 E·勒斯尔 H·A·帕斯汀克

T·克勒 H·德尔

U·范斯特文达勒 G·马滕斯

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

代理人 李光颖 王英

(51)Int.Cl.

A61B 6/00(2006.01)

G21K 1/04(2006.01)

G21K 1/06(2006.01)

G02B 7/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102551759 A, 2012.07.11,  
US 2011/0235779 A1, 2011.09.29,  
WO 2013/004574 A1, 2013.01.10,  
CN 101011250 A, 2007.08.08,  
JP 特开2004-313546 A, 2004.11.11,

审查员 王静

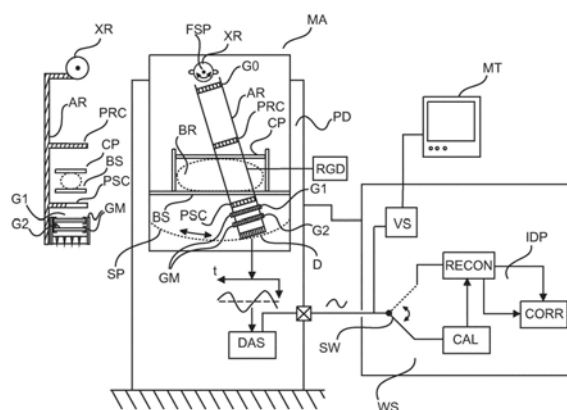
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

### (54)发明名称

用于扫描差分相位衬度系统的相位恢复

### (57)摘要

一种相位衬度成像装置(MA)和有关的图像处理方法。所述成像装置包括:可移动臂(AR),其承载探测器(D);以及,一个或多个干涉仪光栅(G0、G1、G2)。所述成像装置包括硬化器(RGD),其用于控制至少所述臂(AR)或用于所述光栅(G0、G1、G2)的安装物(GM)的硬度。这允许控制在读出结果的序列中探测到的莫尔图案的漂移。通过使用所述图像处理方法,如此控制的莫尔图案的相位能够被用于校准所述成像装置。



1. 一种扫描类型的相位衬度放射摄影系统(MA),包括:

基座(PD);

臂(AR),其能相对于所述基座移动;

干涉仪组件,其在所述臂中或所述臂处的安装物(GM)中,所述干涉仪组件包括至少两个光栅(G0、G1、G2);

X射线源(XR),其用于生成辐射;

探测器(D),其被安装在所述臂中或所述臂处,当所述系统使用时,所述探测器在扫描运动中能移动,以接收所述辐射与所述干涉仪光栅相互作用之后的所述辐射,从而产生由所述探测器通过读出结果的序列能探测的漂移的莫尔强度图案;

硬化器(RGD),其能用于将力施加到所述臂和/或所述干涉仪安装物上,以在所述扫描运动之前或期间改变所述臂和/或所述干涉仪安装物的硬度,以便给予至少两个光栅之间的相对运动,从而提供改变所述莫尔强度图案的局部条纹相位的能力。

2. 根据权利要求1所述的相位衬度放射摄影系统,其中,所述硬化器被布置为具有至少一对卡爪(JW)的夹具致动器,所述一对卡爪用于其与所述臂和/或所述干涉仪组件之间的接合,以便允许能选择性地调节所施加的力的量,以便实现莫尔强度图案的漂移的期望的量。

3. 根据权利要求1或2所述的相位衬度放射摄影系统,其中,所述硬化器(RGD)是能手动操作的。

4. 根据权利要求2所述的相位衬度放射摄影系统,其中,所述夹具致动器包括具有能用于接合所述安装物(GM)的一个或多个卡钳的千分尺布置,以便允许用户能以离散的步长选择性地调节所施加的力的量。

5. 根据权利要求1到2中的任一项所述的相位衬度放射摄影系统,其中,所述硬化器(RGD)由被附接到所述臂(AR)和/或所述干涉仪安装物(GM)的双金属片形成。

6. 根据权利要求1到2中的任一项所述的相位衬度放射摄影系统,包括视频信号发生器,所述视频信号发生器用于在所述硬化器的操作期间将读出结果的所述序列供应到显示单元(MT),以便实现对莫尔相位如何随所施加的力变化的视觉绘制。

7. 根据权利要求1到2中的任一项所述的相位衬度放射摄影系统,包括:

校准模块(CAL),其被配置为:

接收探测器读出结果的所述序列;

通过求解多个校准参数来将所述读出结果拟合到测量信号模型函数 $f$ ,所述多个校准参数包括漂移的莫尔强度图案的多个相位和/或以下中的至少一个:i)每个像素的强度 $A_i$ 和ii)每个像素的可见性 $V_i$ 。

8. 根据权利要求1到2中的任一项所述的相位衬度放射摄影系统,其中,所述系统是乳房摄影扫描器系统或计算机断层摄影CT扫描器系统。

9. 一种用于处理由包括干涉仪的扫描类型的相位衬度放射摄影装置供应的数据的方法,所述方法包括以下步骤:

接收(S610)共同记录漂移的莫尔强度图案的探测器读出结果的序列,所述读出结果是在空白扫描操作期间由所述装置的探测器的多个探测器像素探测到的,所述漂移是在所述扫描操作期间由所述干涉仪的至少两个光栅之间的相对运动导致的;

通过求解多个校准参数来将所述读出结果拟合 (S615) 到测量信号模型函数 $f$ , 所述多个校准参数包括漂移的莫尔强度图案的多个相位和/或以下中的至少一个: i) 每个像素的强度和 ii) 每个像素的可见性; 以及

调节 (S605) 包括在所述相位衬度放射摄影装置中的臂和/或在所述臂中或所述臂处的干涉仪安装物的硬度, 以便控制所述莫尔强度图案中的漂移的量。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其中, 所述拟合操作包括求解每个像素的像素位移。

11. 根据权利要求9或10所述的方法, 包括以下步骤:

针对空白扫描将相位恢复操作应用 (S620b) 于所述探测器读出结果, 以产生至少一幅校正器相位衬度图像。

12. 根据权利要求9到10中的任一项所述的方法, 包括以下步骤:

扫描 (S620a) 要被成像的目标以获得针对所述目标的探测器读出结果;

在将相位恢复操作应用于所述目标探测器读出结果中使用至少一幅校正器相位衬度图像, 以获得所述目标的相位衬度图像。

13. 一种用于处理由包括干涉仪的扫描类型的相位衬度放射摄影装置供应的数据的设备, 所述设备包括:

用于接收 (S610) 共同记录漂移的莫尔强度图案的探测器读出结果的序列的模块, 所述读出结果是在空白扫描操作期间由所述装置的探测器的多个探测器像素探测到的, 所述漂移是在所述扫描操作期间由所述干涉仪的至少两个光栅之间的相对运动导致的;

用于通过求解多个校准参数来将所述读出结果拟合 (S615) 到测量信号模型函数 $f$ 的模块, 所述多个校准参数包括漂移的莫尔强度图案的多个相位和/或以下中的至少一个: i) 每个像素的强度和 ii) 每个像素的可见性; 以及

用于调节 (S605) 包括在所述相位衬度放射摄影装置中的臂和/或在所述臂中或所述臂处的干涉仪安装物的硬度, 以便控制所述莫尔强度图案中的漂移的量的模块。

14. 根据权利要求13所述的设备, 其中, 所述拟合操作包括求解每个像素的像素位移。

15. 根据权利要求13或14所述的设备, 包括:

用于针对空白扫描将相位恢复操作应用 (S620b) 于所述探测器读出结果, 以产生至少一幅校正器相位衬度图像的模块。

16. 根据权利要求13到14中的任一项所述的设备, 包括:

用于扫描 (S620a) 要被成像的目标以获得针对所述目标的探测器读出结果的模块;

用于在将相位恢复操作应用于所述目标探测器读出结果中使用至少一幅校正器相位衬度图像, 以获得所述目标的相位衬度图像的模块。

17. 一种计算机可读介质, 其具有用于控制装置 (CAL、CORR、RECON) 的计算机程序单元, 所述计算机程序单元当由处理单元运行时适于执行根据权利要求9到12中的任一项所述的方法的步骤。

## 用于扫描差分相位衬度系统的相位恢复

### 技术领域

[0001] 本申请涉及一种相位衬度放射摄影系统、用于处理由相位衬度放射摄影系统供应的数据的方法、计算机程序单元以及计算机可读介质。

### 背景技术

[0002] 在诸如扫描乳房摄影系统的一些扫描成像系统中,要被成像的目标通过成像系统的探测器的移动而被扫描。这些扫描成像系统中的一些包括干涉仪布置,所述干涉仪布置允许基于光栅的相位衬度成像。例如,参见C.Kottler等人的“Grating interferometer based scanning setup for hard x-ray phase contrast imaging”(Rev.Sci.Instrum.78,043710,2007年)。

[0003] 相位衬度成像的主张在于在探测器处探测到的辐射强度不仅对关于吸收的信息进行编码(传统的X射线放射摄影基于此),而且保存关于由辐射在其穿过要被成像的目标而经历的折射的信息。相位衬度成像然后使用被称为“相位恢复”的多种技术,所述“相位恢复”是从探测到的信号中提取该折射信息的任务。

[0004] 已经观察到,当使用固定的干涉仪设置(即,在图像采集期间光栅相对于彼此是固定的)时,校准被证实是相当麻烦的。例如,一些方法使用专门设计的体模身体。

### 发明内容

[0005] 因此,存在对用于相位衬度成像的不同方法和有关系统的需要,以使校准流程更加容易。

[0006] 本发明的目标由独立权利要求的主题来解决,其中,其他实施例被并入从属权利要求。应当注意,本发明的以下描述的方面同样适用于计算机程序元件和计算机可读介质。

[0007] 根据本发明的第一方面,提供了一种扫描类型的相位衬度放射摄影系统,包括:

[0008] 基座;

[0009] 臂,其相对于所述基座能移动;

[0010] 干涉仪组件,其在所述臂中或所述臂处的安装物中,所述干涉仪组件包括两个或更多个光栅;

[0011] X射线源,其用于生成辐射;

[0012] 探测器,当所述装置使用时,所述探测器在扫描运动中能移动,以接收所述辐射与所述干涉仪光栅相互作用之后的所述辐射,从而产生由所述探测器通过读出结果的序列能探测的漂移的莫尔(Moiré)强度图案;

[0013] 硬化器,其能用于将力施加到所述臂和/或所述干涉仪安装物上,以在所述扫描运动之前或期间改变其硬度,以便给予至少两个光栅之间的相对运动,从而提供以可控方式改变所述莫尔图案的局部条纹相位的能力。

[0014] 借助于硬化器部件,本文中提出的所述成像系统允许控制莫尔相位移,而非取决于或多或少偶然实现的特定量的移位。能够控制莫尔相位移具有以下优点:即,用于相

位恢复的目的的探测器校准操作能够被绘制为更加稳定。所述系统设计者对莫尔图案如何快速地漂移具有较好的控制,这影响校准流程的稳定性,尤其是本文中提出的校准流程的稳定性。具体地,在所提出的校准中,期望在扫描运动期间至少通过完整的周期具有莫尔图案。另一方面,如果图案漂移过快,这可以导致可见性的损失,其可以使整个图像质量劣化。

[0015] 例如,略微改变中间-侧面-倾斜 (ML0) 视图与CC视图之间的全部条纹相位移位的水平是有用的,其中,在ML0视图中,臂处于与垂直约40%-50%的平均角度,在CC视图中,机架处于围绕垂直方向的平均角度。其他不受控的莫尔相位移位可能取决于在各个部件上的重力效应,这将不同于各个角度位置。

[0016] 根据一个实施例,硬化器被布置为具有至少一对卡爪 (jaw) 的夹具致动器,所述一对卡爪用于其与所述臂和/或所述干涉仪组件之间的接合,以便允许能选择性地调节所施加的力的量,以便实现莫尔图案的漂移的期望的量。

[0017] 根据一个实施例,所述硬化器是能手动操作的。

[0018] 根据一个实施例,所述夹具致动器包括具有能用于接合所述安装物的一个或多个卡钳 (caliper) 的千分尺布置,以便允许用户能以离散的步长选择性地调节所施加的力的量。

[0019] 由于所述调节被限制在离散的步长中,因此不同的硬度设定是可重现的,这继而确保一致的图像质量。

[0020] 根据一个实施例,硬化器由被附接到臂和/或干涉仪安装物的双金属片形成。

[0021] 根据一个实施例,所述系统包括视频信号发生器。所述视频信号发生器能用于在所述硬化器的操作期间将读出结果的所述序列供应到显示单元,以便实现对所述莫尔相位如何随所施加的力变化的视觉绘制。这允许操作者容易地选择某些优选的硬度设定。

[0022] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于处理由包括干涉仪的扫描类型的相位衬度放射摄影装置供应的数据的方法,所述方法包括以下步骤:

[0023] 接收共同记录漂移的莫尔图案的探测器读出结果的序列,所述读出结果是在空白扫描操作期间由所述装置的探测器的多个探测器像素探测到的,所述漂移是在所述扫描操作期间由所述干涉仪的至少两个光栅之间的相对运动导致的;

[0024] 通过求解多个校准参数来将所述读出结果拟合到测量信号模型函数 $f$ ,所述多个校准参数包括漂移的莫尔图案的多个相位( $\phi_l$ )和/或以下中的至少一个:i) 每个像素的强度( $A_i$ ) 和ii) 每个像素的可见性( $V_i$ )。

[0025] 调节(S605) 臂和/或所述干涉仪的安装物的硬度,以便控制所述莫尔图案中的漂移的量。

[0026] 所述方法允许更有效率地执行计算任务。在能够完成相位恢复之前,必须采集一些基线数据来学习计算参数,亦即,探测器像素的个体特性或像素特异性行为。过去这是通过使用被放置在检查区域的特异性体模身体而不是乳房来完成的。然而,在本方法中,提出在校准步骤中仅基于空白扫描来采集那些基线。

[0027] 换言之,本文中提出利用其他不期望的效应,即,莫尔图案漂移,通过扩大变量的“池”并且通过现在当拟合读出结果时求解相位漂移变量 $\phi_l$ 来导出莫尔图案的(在第一位置中)未知的相位信息。这能够提供莫尔图案的相位,而不使用专用体模或不使用关于光栅相对于彼此的绝对位置的知识。调节硬度的步骤能够通过使用如在本文中所提出的具有硬化

器的成像装置来执行。

[0028] 根据一个实施例,拟合操作包括求解每个像素的像素位移( $\Delta_i$ )。换言之,通过像素位移(其对探测器中的像素布置的缺陷进行建模)来扩增信号函数模型。这进一步增加可拟合的变量的池,因此允许通常纯正弦的莫尔图案的模型偏离,这是因为它们可能是因光栅的缺陷而发生的。

[0029] 该拟合问题可以用公式表达为目标函数,所述目标函数然后能够被优化以实现拟合操作。合适的优化算法包括下坡单纯形算法、共轭梯度,或可以使用的其他算法。

[0030] 根据一个实施例,所述方法还包括以下步骤:

[0031] 针对空白扫描将相位恢复操作应用于所述探测器读出结果,以产生至少一幅校正器相位衬度图像。换言之,针对空白扫描的探测器读出结果被当作似乎其是在目标扫描中获得的。在空白扫描中,在放射源与探测器之间不放置目标,而在目标扫描中,在放射源与探测器之间存在目标。具体地,应用相位恢复包括根据通过图像空间(亦即,X射线源与探测器之间的空间)的投影方向将空白探测器读出结果重新分组(或重新采样或重新分类)。

[0032] 根据一个实施例,所述方法还包括以下步骤:

[0033] 扫描要被成像的目标以获得针对所述目标的探测器读出结果;

[0034] 在将相位恢复操作应用于所述目标探测器读出结果中使用至少一幅校正器相位衬度图像,以获得所述目标的相位衬度图像。

## 附图说明

[0035] 将参考以下附图描述本发明的示范性实施例,其中:

[0036] 图1示出了成像布置;

[0037] 图2示出了图1的成像布置的扫描操作;

[0038] 图3示出了探测器线的探测器读出结果;

[0039] 图4示出了图1的成像布置的部件的第一实施例;

[0040] 图5示出了图1的成像布置的部件的第二实施例;

[0041] 图6示出了图像数据处理方法的流程图。

## 具体实施方式

[0042] 参考图1,示出了相位衬度成像放射摄影装置MA。在一个实施例中,相位衬度成像装置是扫描器类型的乳房摄影装置,但应当认识到,本申请同样适用于用于相位衬度成像的其他扫描放射摄影成像器,例如,计算机断层摄影CT扫描器。应当认识到,本文中所使用的术语“臂”对应于CT扫描器系统中的可旋转机架。

[0043] 成像系统MA经由合适的接口器件并通过通信网络被连接到工作站WS。通常,工作站WS是计算系统,利用所述工作站WS,医生(“用户”)能够控制成像系统的操作。根据一个实施例,还存在显示单元或监视器M,其由工作站WS控制并且允许显示由成像系统采集的图像。工作站WS运行操作系统,所述操作系统继而控制包括多个模块CAL、RECON和CORR的图像数据处理器IDP的运行,以上多个模块的操作将在下文中详细解释。

[0044] 乳房摄影装置MA包括基座PD,X射线源XR被安装在所述基座PD上。X射线源能围绕其焦斑FSP旋转。基座PD利用可旋转中空臂AR来支撑可旋转机架。臂AR能围绕焦斑FSP旋转。

臂包括两个或更多个干涉仪光栅(源光栅G0和 $\pi$ 相位光栅G1和/或分析器光栅G2),其共同提供相位成像能力,这将在下文中详细解释。G1也可以是 $\pi/2$ 相位光栅或其他合适的相位光栅。甚至有可能地,尽管不是优选地,针对G1使用吸收器光栅,而不是在医学应用中为优选实施例的相位光栅,但针对G1的吸收器版本可以被要求在非医学背景中。

[0045] 具有辐射敏感表面的探测器板D被安装在臂AR的下端,用于探测由源XR发出的辐射。臂的下部还包括自身被安装在探测器板顶部的光栅安装物GM。该安装物保持一个或两个(优选为两个)光栅G1、G2,其中,G1在G2的顶部,并且二者都在探测器板的上方,具体地,两个光栅被安装在探测器板D的辐射敏感表面的上方。源光栅G0被布置在X射线源XR的出口窗口处的臂的上端处。在一个实施例中还包括并且由臂承载的多个准直器布置,优选为预准直器PRC和后准直器PSC。后准直器作用于移除散射,但该部件在某个实施例中可以被舍弃,这是因为G2光栅同样作用于移除散射。

[0046] 存在被定义为所述乳房摄影装置MA的外壳中的凹口的检查区域,以安置要被成像的样本目标,例如,患者的乳房BR。乳房摄影装置MA外壳的部分定义探测器外壳,所述探测器外壳的上表面充当乳房支撑物BS,在成像会话期间,患者的乳房BR被放置在所述乳房支撑物上。还存在按压板CP或桨(paddle),当被放在乳房支撑物上时,所述按压板CP或桨能够上下来回移动来按压乳房。

[0047] 除了以上描述的臂为能旋转的之外,整个机架也是能围绕大致在乳房支撑物的高度处的枢转点旋转的。从而,整个机架能够被倾斜以改变接近角,以便提供在不同视角处的选择性成像,例如,CC(颅骨-尾椎)视图(在十二点钟位置处)或在约两点钟位置处的ML0(中间-侧面-倾斜)视图。

[0048] 由源XR发出的辐射通过出口窗口进入臂,并且然后穿过臂朝向探测器。在其通过中,辐射波与第一光栅G0(也被称为源光栅G0)相互作用,以建立相干性。

[0049] 简言之,辐射流如下:辐射波通过一个或两个准直器而被准直,然后与乳房BR(如果存在于检查区域中)相互作用,在此之后与两个光栅G1、G2相互作用,并且然后入射在要被探测的探测器板D上。

[0050] 乳房摄影装置MA可以以两种基本模式来操作:空白扫描模式或目标扫描模式。当处于目标扫描模式中(其是操作的通常模式)时,用户的乳房BR或其他样本被放置在检查区域中。在空白扫描模式中,检查区域中不存在目标或乳房。在目标扫描中,采集探测器读出结果,所述读出结果能够在相位恢复操作中被馈送到重建器RECON中来计算相位衬度投影图像(以及如果期望的话,(传统的)吸收衬度图像和/或小散射“暗场”衬度图像)。为了使相位重建发挥作用,需要某个校准参数或数据,具体地,但不仅仅是像素特异性特性。由校准模块CAL根据在空白扫描期间采集的探测器读出结果来计算校准数据。在下文图6处将详细解释校准模块CAL和重建器模块RECON的操作。两个模块均被设想在工作站WS上运行。

[0051] 在目标扫描或空白扫描期间,臂的下部(以及随之的探测器板和光栅安装物GW)被机动化以在乳房支撑物BS下方在探测器外壳中移动。图1的最左侧以侧视图示出了臂AR,其中臂AR的部件取决于臂AR并且被安装在臂AR中或在臂AR上。在另一模式(目标扫描或空白扫描)中,臂与X射线源同步围绕其焦斑FSP旋转移动,使得探测器板与光栅G1和G2共同勾绘出乳房BR下方的扫描器路径SP,如果存在的话。通常,扫描路径是如图1所示的弧形。

[0052] 在一个实施例中,乳房摄影装置MA是单个或多个狭缝系统。换言之,探测器板D的

辐射敏感表面由单个或通常是多个(例如8个)半导体探测器线形成,所述半导体探测器线被沉积在由光刻法处理或其他合适的探测器制造技术获得的晶片基板上。在图1的中间正面视图中,那些探测器线DL或条带延伸到被并排布置的纸平面中。每条探测器线由探测器像素的线性序列组成。由于预准直器布置和后准直器布置,X射线射束基本上被分成多个小的扇形射束,其中,每个扇形射束在任一时间处恰好辐照各自的探测器线中的一条,即,在探测器的运动期间恰好穿过所述扇形射束的探测器线。换言之,探测器线被暴露于其各自的小扇形射束,其中每个各自的小扇形射束在扫描期间改变方向。当沿扫描路径行进时,每条探测器线将在路径上的不同位置处产生各自的读出结果。换言之,不同于在单次快照中采集整个视场的2D扫描器,在本发明的多狭缝系统中,在完成扫描运动之后,在扫描期间探测器的连续的读出结果能够被用于针对视场构建单幅2D图像。图2示意性地示出了多狭缝扫描方法中的固有冗余性(在一个实施例中,其等于探测器线的数目,即,大约20)。探测器线(编号为1-5)横向于扫描方向而延伸到纸平面中。在本文中所使用的“读出结果”意指当所述探测器线处于扫描路径上的给定位置1处时沿给定的探测器线由像素收集的数据。换言之,读出结果是针对每个探测器线位置的。

[0053] 每个像素或每条线的局部位置能够通过两个“坐标”来指定,列或线指数以及像素指数。由于像素宽度、像素间和线间距离是已知的,并且因此是在任何实例中在其路径SP上的探测器板的位置是已知的,因此每个探测器读出结果(即,像素响应)能够由跟踪器(未示出)进行“空间加戳”,因此,每个探测器读出结果能够与固定几何射线中的特定一条相关联,其能够被认为从焦斑FSP穿过检查区域延伸到探测器板D。具有多条这样的几何射线,并且对于检查区域中的每个点,存在穿过所述点的这样的几何射线,多条射线将形成利用焦斑FSP作为定点的锥形。在图2中以粗体示出了一条这样的几何射线。与读出结果相关联的空间戳记允许解决该冗余性,这将在解释重建器RECON的操作时在图6处进行详细解释。

[0054] 换言之,该乳房摄影装置使用相位衬度成像,由所述成像器产生的图像的衬度不仅依赖于针对常规的X射线系统的情况下的吸收,而且还依赖于当与乳房中的物质相互作用时辐射波前所经历的相位移导致的衬度。该相位移或波形失真由被成像的物质的局部不同的折射行为导致的。

[0055] 然而,由于缺乏足够的空间分辨率,因此相位移本身不能由探测器探测到。相反地,相位移是通过使用干涉仪光栅来对空间图案(即,在沿探测器线的适当设置之后可探测的莫尔图像图案)进行采样而间接导出的。当干涉条纹的周期性略微且可控地不同于分析器光栅G2的结构周期性时发生莫尔图案。A.Momose等人在“High-Speed X-ray phase imaging and X-ray phase tomography with Talbot interferometer and white synchrotron radiation”(Optics Express,第17卷,第15号,第12540页,2009年)中教导了该方法。首先,根据由源XR发出的辐射的平均波长和光栅G0-G2的合适选取的各自的周期 $p_0$ 、 $p_1$ 、 $p_2$ ,通过在取向和距离上的对齐,准直器和光栅关于探测器线被仔细调谐到期望量级的期望Talbot距离。例如,参见T.Donath等人的“Inverse geometry for grating-based x-ray phase-contrast imaging”(J.Appl.Phys.106,054703,2009年)。然后通过仔细解调该Talbot设置,例如,通过改变源光栅G0与 $\pi$ 相位光栅G1(或 $\pi/2$ 相位光栅)之间的距离,在空白扫描期间沿探测器线显现参考莫尔图案。如何探测该参考莫尔图案取决于结合校准数据的如之前所提及的各种探测器像素的局部特性。然后,主张在目标扫描中的介入目标BR将



干扰莫尔图案。干扰示出为参考莫尔图案的相位移位,并且该莫尔图案相位移位被认为与由波穿过目标时经历的相位移位的局部梯度有关。因此,我们需要知道莫尔图案的相位(“参考相位”),以便能够执行相位恢复。所述莫尔相位参考的确定是以上总结的校准任务的部分。

[0056] 在先前的相位衬度成像方法中,已经使用固定的干涉仪设置,其中,出于相位恢复的目的,光栅中的一个相对于另一个被移动,以通过“相位步进”来对干涉图案进行采样。例如,请参见T.Weitkamp等人的“Optics Express”(第13卷,第16号,第6296-6304页,2005年)。然而,在本方法中,不需要这样的相位步进。相反地,相位恢复操作是基于扫描运动(连同光栅运动)的,所述扫描运动在本文中被用于分析由探测器记录的在其运动期间的莫尔图案条纹,以导出期望的相位衬度信息(附带地,以及可以使用的吸收图像或暗场图像)。因此,探测器运动服务于以下功能:首先,其允许获得整个视场,这是初始目的;其次,利用运动,以达到相位恢复的目的。

[0057] 然而,读出结果的冗余性增加了复杂性。由于扫描运动,莫尔图案不仅被分布在沿探测器线的空间中,而且还被分布在沿路径从不同的位置跨多个探测器读出结果的时间上。在更加详细地转向校准模型CAL的操作之前,现在将参考图2和图3更加详细地检查空白扫描探测器读出结果的某些特性。假设某一时刻,图2中不存在目标,即,空白扫描的情况。当探测器沿其扫描路径前进时,某条探测器线(即,图2中的线5)将接收来自X射线源的辐射,并且将沿所述探测器线5的像素 $p_{xk}$ 显现参考莫尔图案(图2的视图中的探测器线延伸到纸平面中)。然后可以预期,在每个读出结果实例处的莫尔图案将是相同的。最终,可以推理出,辐射仅仅穿过空气,其对于任何探测器线来说应当是相同的,无论其在扫描路径上的什么位置。尽管,不是这样的情况。相反地,本申请人观察到的情况是,在扫描运动的过程期间由完全相同的探测器线看到的莫尔图案是不相同的。这在图3中被图示出。

[0058] 图3a的左侧窗格示出了读出时间1相对探测器线测量结果,其中,k指示某条单线中的像素位置。根据图3,存在能够由暗带和亮带看到的跨各个读出结果实例的漂移,所述暗带和亮带斜跨由多个读出结果定义的窗格而运行。图3b中的右侧窗格示出了在目标扫描期间的相同宽度漂移,以及漂移较好地对空白扫描和目标扫描进行重现的显著事实。在沿着读出方向1通过的约一半路途中,能够看到“扭结”,其指示当扫描臂AR跨水平位置被移动时的实例。申请人已经观察到,该莫尔漂移能够归因于扫描臂AR的硬度的机械缺陷。换言之,被布置为略微相同的臂AR和因此光栅安装物GM在扫描期间给出对于缺乏硬度的运动。在一个实施例中,垂直运行的宽暗带来源于被沉积在探测器线上的读出电子器件,因此在那里不能探测到辐射。例如,黑带区别于ASIC或其他电子部件的覆盖范围。然而,那些黑带的出现仅仅是示范性的,这是因为,在备选实施例中,读出电子器件未被安置在探测器线上。

[0059] 在本文中提出用公式表示信号模型函数,所述信号模型函数考虑到所述莫尔图案漂移。更具体地,其提出不仅包括通常在空白扫描校准中希望确定的探测器特异性数量,而且还通过包括未知的莫尔图案漂移并且从而扩大要拟合的变量的池而扩增该模型,以便实现更稳定的估计。以下建模对于每个探测器线是相同的,因此,我们在下文中将线指数降为感兴趣缩写。我们将在扫描期间一条探测器线的测得的强度指代 $I_{kl}$ ,其中,k是探测器列指数,并且l是读出结果指数。让我们首先描述该想法的简单版本,以便图示基本概念。在

该简化版本中,由 $I_{kl}$ 测得的莫尔图案被建模为以下信号函数:

$$[0060] \quad I_{kl} = A_k (1 + V_k \cos(\kappa k + \varphi_l)) \quad (1)$$

[0061] 根据(1)的信号模型函数包括两个参数,即, $A_k$ 和 $V_k$ ,其对于探测器和光栅的局部性质是具有特性的。参数 $A_k$ 涉及入射强度和探测器像素 $k$ 的灵敏度的乘积,并且参数 $V_k$ 涉及针对探测器像素 $k$ 的局部条纹可见性。由于这两个参数是探测器和光栅特异性参数,因此它们不会随着读出结果指数 $l$ 而变化,因此相反地,它们仅取决于像素位置 $k$ 。在读出期间的条纹图案的变化完全归因于由读出结果特异性阶段 $\varphi_l$ 表示的条纹图案的简单相位移位。最终,该模型也包含全局参数 $\kappa$ ,其涉及沿着探测器线可探测到的莫尔条纹的空间频率。在不具有莫尔图案的任何漂移的系统中,所有相位 $\varphi_l$ 将是相同的。通过确保漂移覆盖在扫描期间在每个探测器像素上的莫尔图案的若干周期,能够实现 $A_k$ 和 $V_k$ 的稳定估计。

[0062] 然而,能够看出,漂移量或多或少取决于成像器的臂AR的瞬时配置和通常不受系统设计者的控制的某个给定的硬度。在本文中提出对其进行改变,并且提供具有机械器件(即,硬化器RGD)的乳房摄影装置,所述机械器件能够通过合适的机械动作来控制具体扫描器臂AR和所有光栅安装物GM的硬度。

[0063] 图4示出了用于直接控制被布置在扫描器臂AR中的光栅安装物GM的刚度的一种布置。图4示出了关于光栅安装物GM的透视图,在一个实施例中,所述光栅安装物GM为被安装在探测器板D上的框架(在一个实施例中由钢制成)。在图4的示范性实施例中,示出了被沉积在探测器板D上的四条探测器线。广义上,硬化器RGD的布置能够被认为是导螺杆布置。存在一组卡爪JW,其从两侧环抱光栅安装物笼GM。在两个卡爪的任一端处,螺纹轴TS被传递通过卡爪的对应孔眼,并且与其硬性连接。导向螺母NT被安装到螺纹轴中的各自的一个螺纹轴上,并且通过合适的传动布置GR并且利用用户可操作的拇指旋轮T沿轴朝向卡爪JW中的各自的一个卡爪前进,所述传动布置GR作用为内啮合所述螺母。在操作中,用户旋转拇指旋轮T并且从而影响接合器螺母NT沿其各自的螺纹轴前进,以迫使每个接合器螺母NT与卡爪JW中的各自的卡爪接合。这允许用户向笼GM施加力,并且实质上按压笼GM,从而改变光栅安装物GM的硬度。根据一个实施例,存在被插入在齿轮啮合与拇指旋轮T之间的棘轮机构,以确保被施加到笼GM的力仅处于离散的步长处,并且不能够被连续变化。这确保与某个力的施加相关联的某个莫尔图案的较高重现性。图4中还示出了在笼GM中形成的轨道布置TR,在所述轨道布置TR中,可滑动地接收光栅G1或G2(为了易于表示,在附图中仅示出一个光栅G1),与在滑动投影器中滑动没有什么区别。然而,应当理解,直接作用于光栅安装物笼GM的硬化器能够采取多种形式,并且图4仅是一个实施例。尽管根据图4的实施例是用于手动操作的,但是也可以设想具有控制器的机动版本,所述控制器响应于输入而进行动作或改变硬度。在操作拇指螺钉T时,图4中的两个螺母也可以同步移动。这只是一个实施例,然而,作为其他实施例,也设想每个螺母能够独立于彼此而被致动,这均适用于手动版本和机动版本。例如,也设想千分尺布置,其中,千分尺类型设备被安置,使得笼GM存在于两个卡钳之间。操作千分尺的顶针使主轴前进,并且光栅笼GM被接合在卡钳之间,以向其施加按压动作。同样地,合适的棘轮类型机构能够被布置以便确保力的施加以计量的渐变的方式被约束到离散的步长中。

[0064] 图5示出了替代图4中的实施例或除图4中的实施例之外使用的备选实施例。在图5中,硬化器RGD通过具有被布置在臂AR的任一侧的致动器BA而间接作用于光栅安装物笼。换

言之,在图5中,硬化器直接作用于臂以改变臂硬度。图5a示出了致动器BA,例如,棒元件以合适数目对(一个或多个,这里示出了三个作为非限制性范例)沿着臂AR的长度被布置。当对致动器BA进行致动时,力在各自的定位处被施加到臂AR从而改变臂AR的整体硬度。不同组的致动器可同时操作,或也可独立操作,从而提供更高程度的硬度定制能力。

[0065] 在另一实施例中,使用双金属薄片。所述薄片的一侧通过结合而被附接到臂AR,被附接到内部或外部的任一个臂AR。臂实质上被“包裹”在所述薄片或与所述薄片成一线。该双金属然后(因考虑到某个热惯性而在扫描之前)被加热到各种温度,其然后将增大或减小臂的磁化率,以在扫描期间因重力力矩的改变而弯曲。

[0066] 在一个实施例中,与扫描前调节或扫描后调节相反,硬化器的操作也可以发生在实际扫描运动期间,这也是可以设想的。在一个实施例中,硬化器控制器RGDC自动地操作硬化器RGD。例如,如联系图2在早前观察到的,莫尔图案相位位移的量是对于硬度或其缺失的指示。针对某个探测器线的根据图2的读出结果能够被馈送到控制器RGDC。控制器RGDC然后操作致动器BA以取决于根据探测器读出结果探测到的莫尔相位漂移量动态地增加/减小硬度。大变化将引起较大力的施加以维持硬度,而在其他情况下力施加能够是松弛的。控制器因此可以以闭合回路的方式操作,以增大或减小力,从而维持所期望的莫尔图案移位,或确保该移位保持在用户可定义的阈值以下。

[0067] 在备选实施例中,或除了监测读出结果以确定要被施加的力(或每个双金属实施例视情况而定的热量)的量以外,硬化器的操作可以被链接到在路径SP上的探测器板的某些位置。例如,如早前所观察到的,在臂AR通过垂直位置的通路处存在相位莫尔变化的扭结。当要求较大硬度时,这可以是瞬时的。因此,控制器RGDC的操作可以被编程为使得响应于臂AR沿其路径SP的位置而施加力,具体地,当臂假设为垂直位置时施加力。

[0068] 略微改变MLO视图与CC视图之间的总的条纹相位位移的水平也可能是有用的,在MLO视图中,机架处于距离垂直约40%-50%的平均角度,在CC视图中,机架处于垂直方向附近的平均角度。通过使臂或笼GM硬化来控制移位将抵消由应用于各个部件的重力导致的其他不想要的移位效应,这将不同于针对不同视图的各种角度方法位置。

[0069] 根据一个实施例,设想在操作硬化器期间的各自的读出结果被绘制以用于在屏幕上查看,这允许用户直接检查莫尔图案如何变化,同时改变力。在一个实施例中,莫尔图案漂移的图形表示被示出在图3中,并且能够被绘制以用于在屏幕上查看。

[0070] 我们转向探测器读出的处理。如将在下文中更加详细地解释的,广义上,通过利用由校准单元CAL处理的空白扫描中的探测器读出结果来采集校准数据。校准数据然后被传递到重建器RECON,所述重建器RECON然后操作以执行相位恢复步骤,以除了别的以外还产生相位衬度图像和/或吸收图像和/或散射图像。

[0071] 现在首先转向校准模块CAL的操作,现在参考图6中的流程图。在步骤605处,臂AR和/或光栅安装物GM的硬度被调节到期望的硬度程度。

[0072] 在步骤610处,利用现在具有期望硬度的臂来执行空白扫描。每个像素通过发出电信号来做出响应,所述电信号取决于在实例中由各自的像素看到的辐射强度和/或沿扫描路径的位置。这些电信号的集合然后由数据采集单元DAS被A/D转换成数字形式,并且然后作为各自的探测器读出结果被传递到校准器CAL。已经观察到,要求每个探测器线的某个最低数目的像素来捕获莫尔图案。已经发现,大约200或250的像素计数(具体为256)能够很好

地工作。

[0073] 在步骤615处,各自的探测器读出结果 $I_{kl}$ 然后被拟合到上述等式(1)的模型。通过使用最小二乘法或加权的最小二乘法或任何其他合适的数字曲线拟合技术来实现拟合。例如,在最小二乘法中,根据以下能够将等式(1)用公式重新表达为目标函数 $\Delta^2$ :

$$[0074] \quad \Delta^2 = \sum_{k,l} \left( I_{kl} - A_k (1 + V_k \cos(\kappa k + \varphi_l)) \right)^2 \quad (2)$$

[0075] 在针对校准参数的三个未知量 $A_k$ 、 $V_k$ 、 $\varphi_l$ 中,这是相当大的非线性拟合问题。

[0076] 在一个实施例中,在迭代坐标合宜法中的若干步骤中执行优化,这将大问题分为较容易求解的若干较小的子问题。具体地,在每个读出结果指数 $l$ 中引入目标函数 $\Delta_l^2$ ,现在等式(2)表示为:

$$[0077] \quad \Delta_l^2 = \sum_k \left( I_{kl} - A_k (1 + V_k \cos(\kappa k + \varphi_l)) \right)^2 \quad (3)$$

[0078] 这是针对校准参数的三个未知量 $A_k$ 、 $V_k$ 、 $\varphi_l$ 中的非线性拟合操作,这可以由单纯下山算法(simplex downhill algorithm)或具有非线性目标(或“成本”)函数的合适的优化算法来求解。将认识到,根据等式(3)的上述拟合流程将需要针对每个线探测器进行重复。这能够按次序地完成或优选地并行完成。而且,当扫描正在进行并且一旦读出结果可用的同时,可以开始拟合操作。备选地,首先收集读出结果,并且当完成扫描运动之后,DAS将读出结果转发到校准模块CAL,并且然后按次序地或并行地继续进行拟合。

[0079] 在拟合步骤S615处的输出是针对各自的探测器线的每个像素 $k$ 的校准参数的三元组。针对在给定的探测器线上的每个像素的校准三元组包括两个像素依赖性参数:i)输入强度 $A_k$ 和ii)可见性 $V_k$ 。还存在像素非依赖性参数,即,针对每个读出结果指数 $l$ 的局部莫尔条纹相位 $\varphi_l$ 。

[0080] 在备选实施例中,代替地,使用不同的更加详细的信号模型函数。在等式1中使用模型函数仅仅是莫尔条纹的纯正弦变化。如果干涉仪的光栅不是完全平坦的,则可能存在从该理想模型的偏离。可能具有启发式参数的更为复杂的模型能够被用于对该情形中测得的数据进行建模。已经实施的一组具体的额外参数是根据以下的探测器线内的像素特异性均值像素位置:

$$[0081] \quad I_{kl} = A_k (1 + V_k \cos(\kappa(k + \Delta k) + \varphi_l)) \quad (4)$$

[0082] 基本上,该模型是对根据等式1的模型的细化,其允许通过假设由标称像素间隔(在一个实施例中,其大约是50微米,但这仅仅是非限制性范例)的固定分数 $\Delta_k$ 沿其各自的探测器线替代探测器像素而允许从完全正弦形状的偏离。当然,这仅仅是对参数 $\Delta_k$ 的“解读”,这不必然表示该偏离的真实原因。实际上,光栅缺陷可以导致莫尔图案的相位移,这也能够由参数 $\Delta_k$ 来良好地表示。当使用根据等式4的信号模型函数而不是等式1时,拟合变量,即,依旧是三个变量 $A_k$ 、 $V_k$ 、 $\varphi_l$ ,以及位移参数 $\Delta_k$ 。针对等式4如以上所解释的通过单纯下山或其他合适的优化技术进行拟合,其中,现在由项 $\cos(\kappa(k + \Delta k) + \varphi_l)$ 来替代余弦项。

[0083] 一旦通过优化操作获得校准参数 $A_k$ 、 $V_k$ 、 $\varphi_l$ (如果是细化的模型(4),也存在拟合的像素位移 $\Delta_k$ ),如现在将在下文中详细解释的,当转向重建器RECON的操作时,这些校准参数 $A_k$ 、 $V_k$ 、 $\varphi_l$ 能够被保存在存储器中,并且然后能够被应用于后续目标扫描数据。

[0084] 在步骤620a处,执行目标扫描。同样地,探测器读出结果被传递,但这次经由开关

SW被传递到重建器RECON。

[0085] 为了更好地理解在步骤625中执行的相位恢复步骤的操作,值得观察到,校准模块CAL操作不受到如早前观察的各自的相同几何阵列的冗余性的阻碍。将认识到,通过到步骤S620a的先前的计算是以逐条探测器线形式继续进行的,其中,校准参数的每个三元组被分配到每个读出结果1的每个像素k。该“逐条处理线”背景不再适用于相位恢复步骤。相反地,针对相位恢复的处理背景是属于相同几何射线的所有数据。这是因为为了在要被重建的相位衬度图像中产生像素,有必要收集贡献于图像中的要表示沿所述几何路径的累积相位移位的像素的所有那些探测器测量结果。累积相位移位然后形成充当图像衬度的投影点。这种每几何射线收集操作能够通过数据抓取器的操作来完成,所述数据抓取器评价针对每个读出结果的“空间戳记”并且将像素读出结果收集到每个几何阵列的组中。

[0086] 针对每条几何射线单独地执行相位恢复。让我们将针对给定的射线用n来指代测量结果的数目。此外,贡献于该几何射线的像素具有如在校准步骤中先前确定的校准参数 $A_i$ 、 $V_i$ 和 $\beta_i = \kappa(i + \Delta i) + \varphi_l$ 或 $\beta_i = \kappa i + \varphi_l$ (取决于已经使用模型1a还是模型1)。用 $g_i$ 来指代在目标扫描期间获得的像素的实际测量结果。目标BR对测得的数据的影响由三个图像参数B(X射线射束的衰减)、S(因小角度散射造成的干涉图案的可见性的损失,这也被成为暗区)和 $\varphi$ 因折射造成的射束相位移位(其对应于(在可能的缩放之后)要被重建的实际相位衬度图像)来进行建模。在进一步的处理或显示中可以要求或不要求针对吸收图像和暗区的其他图像参数。

[0087] 每个几何射线(亦即,图像网格点)的这些图像参数B、S、 $\varphi$ 通过将成本函数最小化来进行估计:

$$[0088] \quad \Delta^2 = \sum_{i=1}^n \left( g_i - B I_i (1 + S V_i \cos(\beta_i + \varphi_l)) \right)^2 \quad (5)$$

[0089] 这是在三个未知量中的非线性拟合,这同样可以通过如早前联系校准模块CAL的拟合步骤所解释的单纯下山算法或其他合适的优化算法来求解。对于每条几何射线,在步骤S620处的输出是共同(在所有几何射线上取得的)定义针对衰减、可见性的损失和差分相位的结果得到的图像的各自的图像点。

[0090] 在步骤S630处,针对衰减和/或可见性的损失和/或差分相位的结果得到的图像然后被输出并且然后能够被绘制以用于在监视器MT上显示,或以其他方式进行图像处理。

[0091] 也存在由校正模块CORR实施的任选的伪影校正步骤620b。申请人已经不时地观察到重建图像中的某些伪影。更具体地,伪影的主要结构仍然遵循莫尔图案。这些伪影的来源是即使利用根据等式(4)的扩增的信号模型仍不能以足够的准确度对空白扫描进行建模的事实。为了去除这些漂移伪影,如在下文中所概述的,在本文中提出消除伪影的概念。已经进一步观察到,如果我们使用空白扫描作为目标扫描,则在具体利用根据等式(4)的扩增模型获得的差分相位图像中呈现其自身的伪影被良好重现。换言之,校准参数本身在步骤S20b中被处置,就好像它们是通过执行类似于步骤S625的相位恢复操作来从“目标”扫描获得的一样。换言之,如早前针对“真实”相位恢复步骤S625所解释的,校准参数三元组由抓取器基于目标扫描数据被分组成每几何射线的组。吸收、暗区和相位移位的各自的图像能够被认为是各自的校正图像;亦即,吸收校正图像、暗区校正图像和相位衬度校正图像。同样地,通过在空白扫描校准数据上执行相位恢复操作将空白扫描处置为目标扫描的该操作是

非常违反直觉的,这是因为校准数据内部及其本身通常不被设想用于显示,并且通常精确地执行相位恢复操作以获得用于显示的图像。现在,已经观察到,我们能够利用用于目标扫描处理的该额外的空白扫描来重现一些伪影,在本文中提出将该校正图像供应回到图像重建器,并且通过从在相位恢复期间获得的真实目标图像减去该“纯”伪影校正图像来消除这些伪影。换言之,当在目标图像数据上执行相位恢复操作时,使用校正图像。在一个实施例中,根据 $\tilde{B} = \frac{B}{B'}$ 、 $\tilde{V} = \frac{V}{V'}$ 、 $\tilde{\varphi} = \varphi - \varphi'$ 来应用校正图像,其中, $B'$ 、 $V'$ 、 $\varphi'$ 是各自的校正图像,并且 $B$ 、 $V$ 、 $\varphi$ 是从对目标扫描读出结果的相位恢复步骤获得的吸收、暗区和相位衬度图像,其中,“波浪符”指示各自的经校正的版本。

[0092] 为了避免由伪影消除步骤引入额外的噪声,在扫描方向上,伪影图像是被略微低通滤波的。

[0093] 这里仅使用差分相位衬度图像,已经图示了不同的处理步骤的效果,即,根据等式1的条纹图案的改进的建模和在步骤620b中的伪影消除。对于衰减衬度图像和可见性图像,能够获得相似的改进。

[0094] 在一个实施例中,根据图1,图像数据处理系统IDP的部件全部在如成像安装物MA的工作站WS的单个计算系统上运行。在备选实施例中,在本文中同样设想至少部分分布的架构,其中,所述部件中的一个或多个被远程定位,并且被彼此连接和/或在合适的通信网络中与图像数据处理系统IDP连接。

[0095] 在一个实施例中,图像数据处理系统IPD(或其部件中的至少一些)被布置作为专用FPGA或作为硬连线的(独立)芯片。

[0096] 图像数据处理系统的部件可以在合适的科学计算平台(例如,Matlab®)中被编程,并且可以被转化成C++程序或C程序以在计算系统(例如,成像器的工作站WS)上运行。

[0097] 在本发明的另一示范性实施例中,提供了一种计算机程序或计算机程序单元,其特征在于,其适于在适当的系统上运行根据前面的实施例中的一个所述的方法的步骤。

[0098] 因此,计算机程序单元可以被存储在计算机单元中,所述计算机程序单元也可以是本发明的实施例的部分。该计算单元可以适于执行或引发对上述方法的步骤的执行。此外,该计算单元可以适于操作上述装置的部件。该计算单元能够适于自动操作和/或运行用户的命令。计算机程序可以被加载到数据处理器的数据存储器中。因此,可以装备数据处理器来执行本发明的方法。

[0099] 本发明的该示范性实施例覆盖从一开始就使用本发明的计算机程序,以及借助于将现有程序更新转换为使用本发明的程序的计算机程序二者。

[0100] 更进一步地,计算机程序单元可以能够提供所有必要步骤以完成如上所述的方法的示范性实施例的流程。

[0101] 根据本发明另外的示范性实施例,提出了一种计算机可读介质,例如CD-ROM,其中,该计算机可读介质具有被存储于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的章节所描述。

[0102] 计算机程序可以被存储和/或分布在合适的介质上,例如与其他硬件一起或作为其他硬件的部分供应的光学存储介质或固态介质,但是也可以被以其他形式分布,例如经

由互联网或其他有线或无线的电信系统。

[0103] 然而, 计算机程序也可以被呈现在网络上, 如万维网, 并且能够从这样的网络下载到数据处理器的存储器中。根据本发明的其他示范性实施例, 提供用于使计算机程序可用于下载的介质, 所述计算机程序元件被布置为执行根据本发明的先前描述的实施例中的一个的方法。

[0104] 必须指出, 本发明的实施例是参考不同主题来描述的。尤其地, 一些实施例是参考方法型权利要求来描述的, 而其他实施例是参考设备装置型权利要求来描述的。然而, 除非另有说明, 本领域技术人员将从以上和以下的描述中推断出, 除属于一种类型的主题的特征的任意组合之外, 涉及不同主题的特征之间的任意组合也被认为在本申请中被公开。然而, 所有的特征都能够被组合来提供多于特征的简单加合的协同效应。

[0105] 尽管已经在附图和前面的描述中详细图示和描述了本发明, 但是这样的图示和描述应当被认为是图示性或示范性的, 而非限制性的。本发明不限于所公开的实施例。本领域技术人员通过研究附图、公开内容以及权利要求, 在实践请求保护的发明时能够理解并实现对所公开的实施例的其他变型。

[0106] 在权利要求中, “包括” 一词不排除其他元件或步骤, 并且词语 “一” 或 “一个” 不排除多个。单个处理器或其他单元可以实现在权利要求中记载的若干项的功能。尽管某些措施被记载在互不相同的从属权利要求中, 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都不应被解释为对范围的限制。





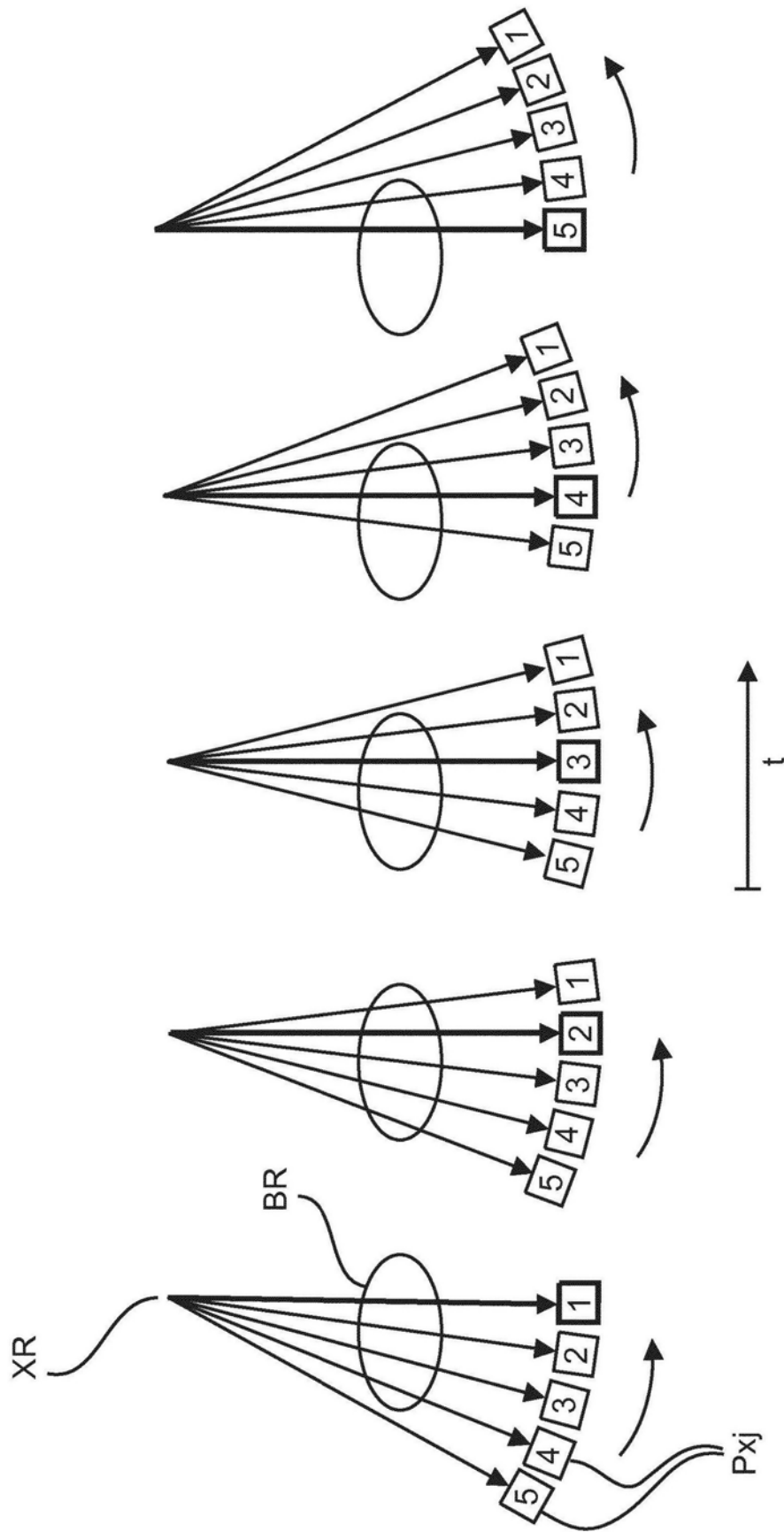


图2

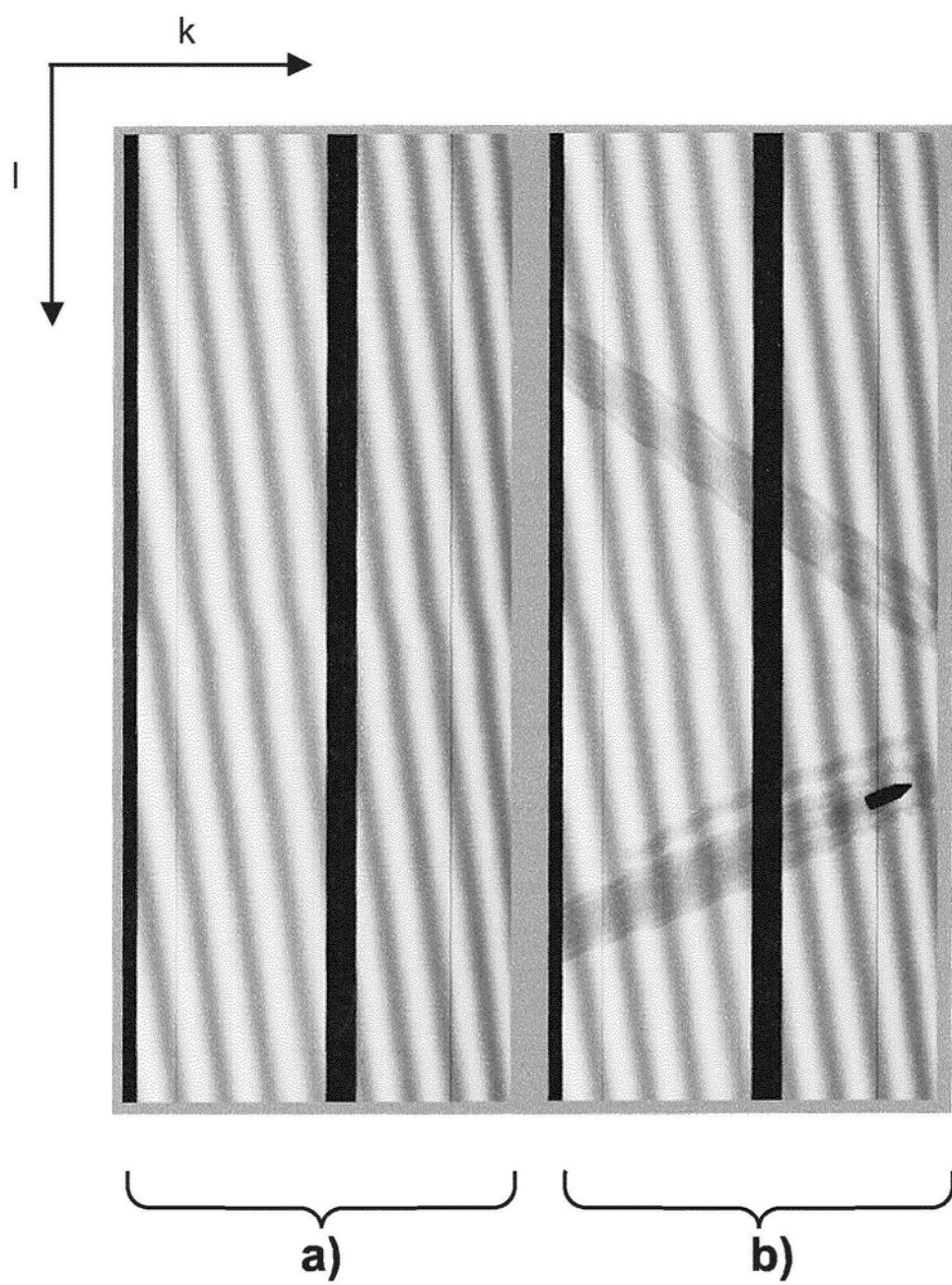


图3



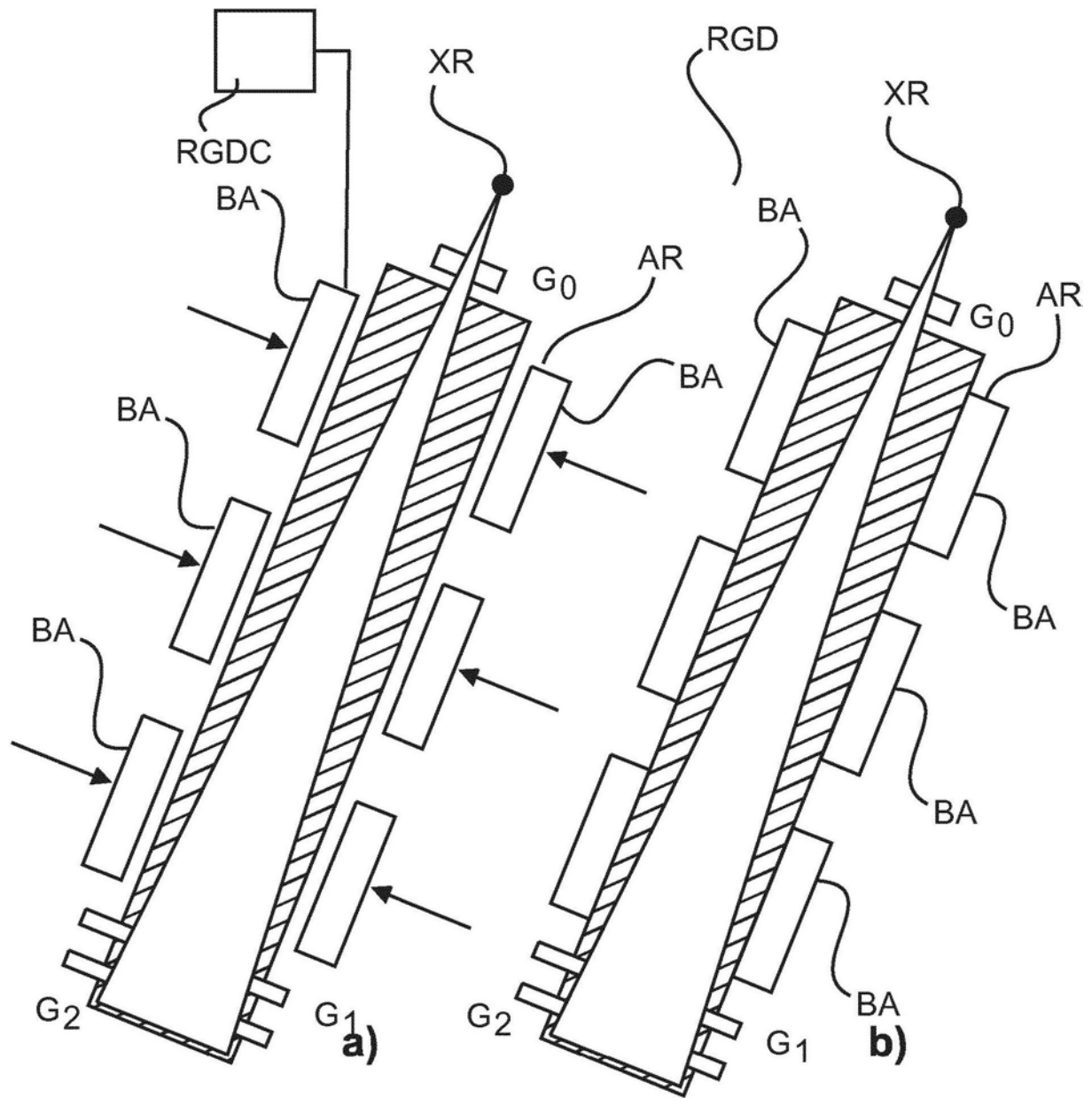


图5

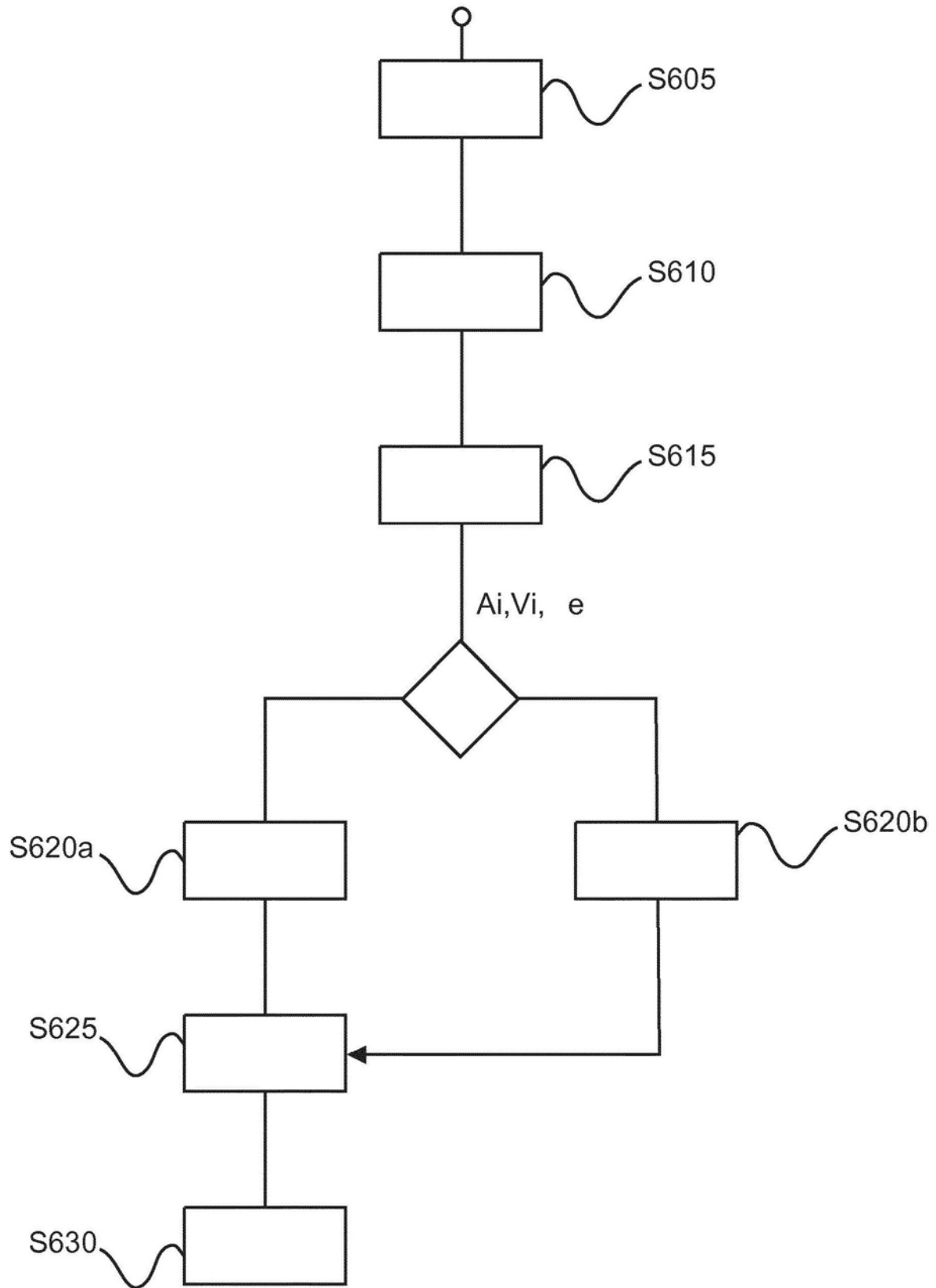


图6