



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103648391 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 17

(21) 申请号 201280034114. 7

代理人 王英 刘炳胜

(22) 申请日 2012. 07. 12

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

A61B 6/03(2006. 01)

61/506, 816 2011. 07. 12 US

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

CN 1989904 A, 2007. 07. 04,

2014. 01. 09

CN 102089647 A, 2011. 06. 08,

(86) PCT国际申请的申请数据

US 2010051816 A1, 2010. 03. 04,

PCT/IB2012/053565 2012. 07. 12

CN 101080653 A, 2007. 11. 28,

(87) PCT国际申请的公布数据

审查员 胡楠

W02013/008198 EN 2013. 01. 17

(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 R·卡尔米

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

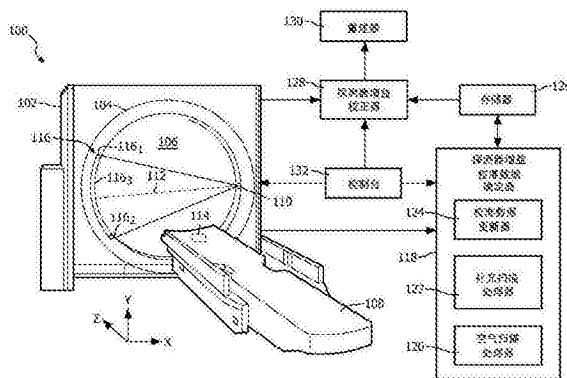
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

成像系统探测器校准

(57) 摘要

一种系统(100),包括固定机架(102)和旋转机架(104),其中所述旋转机架由所述固定机架能旋转地支撑。所述旋转机架(104)包括发射初级辐射的初级源(110)和具有沿纵轴延伸的至少一排探测器元件(502)的探测器阵列(116)。所述初级源和所述探测器阵列定位为彼此相对位于检查区域(106)两侧,并且所述初级辐射穿过所述初级源与所述探测器阵列之间并通过检查区域(106)的路径(112)并照射所述探测器阵列的所述至少一排探测器元件,所述至少一排探测器元件探测所述初级辐射。所述系统还包括补充源(114),其中,所述补充源被附接到所述系统的非旋转部分,并且发射辐射,所述辐射穿过所述路径的子部分并照射所述探测器阵列的所述至少一排探测器元件,所述至少一排探测器元件探测二级辐射。



1. 一种系统(100), 包括:

固定机架(102);

旋转机架(104), 其中, 所述旋转机架由所述固定机架能旋转地支撑, 所述旋转机架(104)包括:

初级源(110), 其发射初级辐射; 以及

探测器阵列(116), 其具有沿所述旋转机架的纵轴延伸的至少一排探测器元件(502),

其中, 所述初级源和所述探测器阵列被定位为彼此相对, 位于检查区域两侧, 并且所述初级辐射穿过处于所述初级源与所述探测器阵列之间且通过检查区域(106)的路径(112)并且照射所述探测器阵列的所述至少一排探测器元件, 所述至少一排探测器元件探测所述初级辐射;

补充源(114), 其中, 所述补充源被附接到所述系统的非旋转部分并且发射二级辐射, 所述二级辐射穿过所述路径的子部分并照射所述探测器阵列的所述至少一排探测器元件, 所述至少一排探测器元件探测所述二级辐射, 并且所述补充源被配置为在第一位置与第二位置之间移动, 在所述第一位置中, 所述补充源处在所述初级源与所述探测器阵列之间的所述路径之外, 在所述第二位置中, 所述补充源处在所述初级源与所述探测器阵列之间的所述路径之中, 并且其中, 所述补充源被驱动为仅在所述补充源在所述第二位置时发射二级辐射, 以及

受试者支撑体(108), 其被配置为在所述检查区域中定位要扫描的结构以供扫描, 其中, 所述补充源定位于所述受试者支撑体与所述探测器阵列之间。

2. 如权利要求1所述的系统, 其中, 所述补充源为线源, 其具有沿所述线源的纵轴成空间分布的辐射发射区域的阵列(404)。

3. 如权利要求2所述的系统, 其中, 所述线源被关于所述探测器阵列空间取向为使得所述线源的长轴横向于所述探测器阵列的纵轴。

4. 如权利要求2所述的系统, 其中, 随着所述探测器阵列旋转通过经过所述补充源的路径, 所述线源顺序地照射所述探测器元件。

5. 如权利要求1所述的系统, 其中, 由所述补充源发射的所述二级辐射为连续、非脉冲辐射。

6. 如权利要求1至5中任一项所述的系统, 所述探测器阵列包括:

第一外部探测器(116₁)和第二外部探测器(116₂), 其具有第一增益; 以及

内部探测器(116₃), 其具有第二增益并且定位于所述第一外部探测器与所述第二外部探测器之间, 其中, 所述第一增益关于时间比所述第二增益更稳定。

7. 如权利要求1至5中任一项所述的系统, 还包括:

探测器增益校准数据确定器(118), 其基于使用所述初级源在空气扫描期间采集的数据以及使用所述补充源采集的数据来确定针对所述探测器阵列的探测器增益校准数据。

8. 如权利要求7所述的系统, 所述探测器增益校准数据确定器包括:

空气扫描处理器(120), 其基于使用所述初级源采集的所述数据来生成空气扫描校准数据;

补充扫描处理器(122), 其基于使用所述补充源和所述空气扫描二者而采集的第一数据来生成第一校准更新数据, 并且基于使用所述补充源和对象或受试者扫描二者而采集的

第二数据来生成第二校准更新数据;以及

校准数据更新器(124),其基于所述第一校准更新数据和所述第二校准更新数据来更新所述空气扫描校准数据,生成探测器增益校准数据。

9.如权利要求8所述的系统,其中,所述第一校准更新数据和所述第二校准更新数据更新所述空气扫描校准数据,以考虑所述探测器阵列中的增益改变。

10.如权利要求8至9中任一项所述的系统,还包括:

探测器增益校正器(128),其利用所生成的探测器增益校准数据来校正在所述对象或受试者扫描期间采集的投影数据,产生经校正的投影数据;以及

重建器(130),其重建所述经校正的投影数据,产生体积图像数据。

11.如权利要求7所述的系统,其中,所述补充源被驱动为当对象或受试者处于所述检查区域中时发射二级辐射。

12.如权利要求7所述的系统,其中,所述补充源被驱动为在所述初级源被用于执行对象或受试者扫描时并行地发射二级辐射。

13.一种方法,包括:

执行初始探测器增益校准程序,其包括:使用成像系统的初级源执行空气扫描并且使用所述成像系统的二级源执行补充扫描,所述成像系统的初级源也被用于执行对象或受试者扫描,所述成像系统的二级源不被用于执行所述对象或受试者扫描,其中,所述二级源被附接到所述成像系统的非旋转部分并且发射二级辐射,所述二级辐射穿过由所述初级源的辐射所穿过的辐射路径的子部分并照射所述成像系统的探测器阵列的至少一排探测器元件,所述二级源被配置为在第一位置与第二位置之间移动,在所述第一位置中,所述二级源在所述初级源与所述探测器阵列之间的所述路径之外,在所述第二位置中,所述二级源在所述初级源与所述探测器阵列之间的所述路径之中,并且其中,所述二级源被驱动为仅在所述二级源在所述第二位置时发射二级辐射,并且所述二级源定位于所述成像系统的受试者支撑体和所述探测器阵列之间;

执行对象或受试者扫描,其包括:使用所述初级源扫描对象或受试者,并且使用所述二级源执行随后的补充扫描;并且

基于所述初始探测器增益校准程序和所述随后的补充扫描的结果,生成指示探测器增益校准数据的电子格式的信号。

14.如权利要求13所述的方法,当所述对象或受试者处于执行所述对象或受试者扫描的检查区域中时,执行所述随后的补充扫描。

15.如权利要求14所述的方法,其中,与对所述检查区域中的所述对象或受试者的所述对象或受试者扫描并行地执行所述随后的补充扫描。

成像系统探测器校准

技术领域

[0001] 以下大体涉及基于X射线的成像系统探测器阵列的辐射敏感探测器的校准,并且针对计算机断层摄影(CT)的特定应用进行描述;然而,以下也适用于其他基于X射线的成像系统。

背景技术

[0002] CT扫描器一般包括由旋转机架支撑的X射线管,所述旋转机架被能旋转地附接到固定机架。所述X射线管发射穿过检查区域以及其中的对象或受试者的部分的辐射。受试者支撑体将所述对象或受试者定位在所述检查区域中用于扫描。辐射敏感探测器阵列被设置于所述检查区域的对面,位于所述X射线管的相对侧,并且包括多个探测器元件,其探测穿过所述检查区域的辐射,并产生指示所探测的辐射的投影数据。所述投影数据可以被重建以生成指示所述检查区域中的所述对象或受试者的所述部分的体积图像数据。

[0003] 常规的CT扫描器典型地包括积分探测器,其典型地包括光学耦合到(例如硅光电二极管的)光电二极管阵列的闪烁体阵列。常规的CT闪烁体例如是基于 Gd_2O_2S (称作GOS)、 $(LuTb)_3Al_5O_{12}$ (称作LuTbAG)或几种形式的(Gd、Y、Ga)AG的。所述闪烁体阵列包括闪烁材料,其吸收经过所述检查区域以及所述对象或受试者的部分的X射线,并且产生与所吸收的X射线的总能量成比例的光。所述光电二极管阵列吸收由所述闪烁材料产生的光,并将所吸收的光转换成与所吸收的光成比例的电流。理想的探测器产生与在所述探测器中吸收的X射线强度(即读数中所有光子的总能量)成正比的信号电流。

[0004] 这样的探测器具有时间依赖的增益。大体上,探测器的所述增益表示从X射线能量到电信号的转移函数。典型地,选用于所述探测器阵列的所述闪烁体的所述材料具有随时间接近恒定的增益。这样,执行空气校准扫描,以生成探测器增益校准数据,并且大概每月一次进行随后的空气校准扫描,以反映探测器增益的改变。大体上,空气校准包括在所述检查区域中什么都没有时扫描,使得所述X射线没有被衰减而经过所述检查区域,并且基于所述探测器的输出信号确定每个探测器的所述增益。校准之间增益的任意改变通常可能不显著并且已被忽略。

[0005] 在一些情况中,上述常规CT探测器可能并非最佳选择或甚至是不合适的,例如针对诸如那些涉及光谱CT、光子计数或使用非常低探测X射线通量的协议的应用来说。对于这样的应用,具有较高增益(光输出)或具有光谱解析性质的探测器常常是更好的选择。具有较高光输出的闪烁体可能更合适,因为它们以下情况中提供较高的信噪比和减少的图像伪影,所述情况例如:1)具有低患者剂量的临床协议;2)高速扫描(例如心脏扫描);3)针对高的软组织对比限定的具有低管电压的协议;4)具有如下探测器阵列的CT扫描器,所述探测器阵列针对高空间分辨具有特别小的像素;5)针对更好的材料分离和/或其他优点的双层双能量CT。对于光子计数光谱CT,最佳选择可能是直接转换材料。

[0006] 已知具有(相对于GOS)较高光输出的几种探测器材料。这样的材料的范例包括诸如以下的闪烁体材料: $ZnSe$ (最大(max.) $\sim 80,000$ 光子/兆电子伏(ph/MeV))、 Y_2O_2S (max. \sim

63,000ph/MeV)、SrI₂(max. ~90,000ph/MeV)、LaBr₃(max. ~61,000ph/MeV)、Ba₂CsI₅(max. ~97,000ph/MeV)等等;以及诸如以下的直接转换材料: CdZnTe、CdTe、TlBr、GaAs等等。作为对比,常规GOS闪烁体能达到max. ~50,000光子/MeV的较低光输出。诸如前文提及的ZnSe的几种轻元素闪烁体可能非常适合双层双能量CT探测器。从光探测器的方面看,硅光电倍增管(SiPM)或雪崩光电二极管(APD)可以被用于实现较高的灵敏度。

[0007] 遗憾的是,相对于前文提及的常规闪烁体的增益,上述材料具有不稳定性,增益随时间较频繁地改变。这样,用于校准常规闪烁体增益的常规方法,例如上文讨论的在其中大概每月重新校准增益的范例方法不太适合被用于校准这样的材料的增益。因此,存在着对用于校准探测器增益的其他方法的待解决需要。

发明内容

[0008] 本申请的各方面解决以上提到的问题及其他问题。

[0009] 根据一个方面,一种系统包括固定机架和旋转机架,其中,所述旋转机架由所述固定机架能旋转地支撑。所述旋转机架包括发射初级辐射的初级源,以及具有沿纵轴延伸的至少一排探测器元件的探测器阵列。所述初级源和所述探测器阵列定位为彼此相对,位于检查区域的两侧,并且所述初级辐射穿过处于所述初级源与所述探测器阵列之间并通过检查区域的路径并且照射所述探测器阵列的所述至少一排探测器元件,所述至少一排探测器元件探测所述初级辐射。所述系统还包括补充源,其中,所述补充源被附接到所述系统的非旋转部分并且发射辐射,所述辐射穿过所述路径的子部分并照射所述探测器阵列的所述至少一排探测器元件,所述至少一排探测器元件探测所述二级辐射。

[0010] 在另一方面中,一种方法,包括:执行初始探测器增益校准程序,其包括使用初级源执行空气扫描并且使用二级源执行补充扫描,所述初级源也被用于执行对象或受试者扫描,所述二级源不被用于执行所述对象或受试者扫描。所述方法还包括执行对象或受试者扫描,其包括使用所述初级源扫描对象或受试者,并且使用所述补充源执行随后的补充扫描;所述方法还包括基于所述初始探测器增益校准程序和所述随后的补充扫描的结果来生成指示探测器增益校准数据的电子格式的信号。

[0011] 在另一方面中,一种方法,包括:针对成像系统的探测器阵列,获得空气扫描校准数据,其是基于使用初级源执行的空气校准扫描而生成的,所述初级源也被用于扫描对象或受试者。所述方法还包括针对所述成像系统的所述探测器阵列,获得第一校准更新数据,其是基于用补充源执行的补充扫描而生成的,所述补充源不被用于扫描所述对象或受试者。所述空气扫描校准数据和所述第一校准更新数据是相同初始探测增益校准程序的部分。所述方法还包括:针对所述成像系统的所述探测器阵列,获得第二校准更新数据,其是基于用所述补充源执行的随后的补充扫描而生成的。所述方法还包括获得在使用所述初级源扫描所述对象或受试者的同时采集的数据。所述第二校准更新数据和所述采集的数据为相同对象或受试者扫描程序的部分。所述方法还包括:基于所获得的空气扫描校准数据、所获得的第一校准更新数据和所获得的第二校准更新数据来生成探测器增益校准数据。所述方法还包括校正基于所生成的探测器增益校准数据采集的所述数据。

[0012] 本领域技术人员在时阅读和理解以下具体说明后,将认识到本发明再进一步的方面。

附图说明

[0013] 本发明可以采取各种部件和部件的布置以及各种步骤和步骤的安排的形式。附图仅出于图示优选的实施例的目的,并且不应被解释为限制本发明。

[0014] 图1示意性地图示带有初级源、补充源和探测器增益校准数据确定器的示范性成像系统,所述探测器增益校准数据确定器基于使用所述初级源和所述补充源两者采集的数据来确定探测器增益校准数据。

[0015] 图2和图3示意性地图示了沿x方向观察所述系统的所述补充源的范例。

[0016] 图4示意性地图示了沿z方向观察所述系统的所述补充源的范例。

[0017] 图5示意性地图示了沿y方向观察所述系统的所述补充源的范例。

[0018] 图6图示了探测器元件上来自所述补充源的X射线强度作为相对于所述补充源的所述探测器阵列旋转角度的函数的示范性曲线。

[0019] 图7图示了由图6的所述探测器元件输出的所述信号作为针对所述探测器元件的积分周期的函数的示范性曲线。

[0020] 图8和图9示意性地图示了所述系统中的补充源的非限制性变型。

[0021] 图10图示了用于对所述成像系统进行增益校准的所述探测器阵列的示范性方法。

具体实施方式

[0022] 图1图示了成像系统100,例如计算机断层摄影(CT)扫描器

[0023] 成像系统100包括固定机架102和旋转机架104,其由固定机架102能旋转地支撑。旋转机架104被配置为关于纵轴或z轴绕检查区域106旋转。

[0024] 受试者支撑体108,例如卧榻,支撑检查区域106中的对象或受试者,并且在扫描之前、期间和/或之后关于x、y和/或z轴定位所述对象或受试者。

[0025] 初级源110,例如X射线管,由旋转机架14支撑,并且与旋转机架104协调关于检查区域106旋转。初级源110发射大体为扇形、锥形或楔形的辐射束,所述辐射束沿路径112从检查区域106的一侧穿到另一侧。初级源110被用于执行常规空气扫描或对象或受试者扫描。

[0026] 补充源114被附接在固定机架102中。在图1中,补充源114位于受试者支撑体108下方的区域中。这样,当补充源114被驱动为发射辐射时,补充源114发射仅穿过路径112的子部分的辐射。如在下文更详细描述,可以在用初级辐射源110执行对象或受试者扫描(一次或多次)之前、期间、之间和/或之后或者在用初级源110执行空气扫描之后,采用补充源114。

[0027] 辐射敏感探测器阵列116也由旋转机架104支撑,并且定位为与辐射源110相对,跨过检查区域106位于检查区域106的另一侧。探测器阵列116包括一排或多行探测器元件,其中每行均沿x方向延伸,并且所述行(在有两行或更多行的情形中)均相对于彼此沿z方向布置。探测器元件探测(从初级源110和/或补充源114)穿过路径112的至少部分的辐射,并生成指示所述辐射的投影数据。

[0028] 探测器阵列116包括外部探测器116₁和116₂以及位于外部探测器116₁与116₂之间的内部探测器116₃。外部探测器116₁和116₂每个均包括具有一般为稳定增益的一个或多个

探测器(例如GOS探测器),其中所述增益随时间接近恒定。内部探测器116₃包括相对于具有稳定增益的常规探测器,具有较高增益和/或其他改进特性的材料和/或探测器技术。合适的材料包括闪烁材料,如ZnSe、Y₂O₂S、SrI₂、LaBr₃、Ba₂CsI₅和/或其他闪烁材料;直接转换材料,如CdZnTe、CdTe、TlBr、GaAs和/或其他直接转换材料,并且合适的技术包括硅光电倍增管(SiPM)、雪崩光电二极管(APD)和/或其他探测器技术。这样的材料和/或技术相对于常规探测器倾向于具有不稳定增益,其在于影响图像品质的增益改变相对于常规探测器关于时间更频繁地发生。

[0029] 探测器增益校准确定器118针对每次对象或受试者扫描确定探测器增益校准数据。所图示的探测器增益校准确定器118包括空气扫描处理器120,其接收在检查区域106中没有对象或受试者时用初级源110执行的常规空气扫描期间采集的数据,并用其生成空气扫描校准数据。任意已知的或其他方法均可以被用于生成所述空气扫描校准数据。

[0030] 探测器增益校准确定器118也包括补充扫描处理器122,其接收在检查区域106中有或没有对象或受试者时,用补充源114执行的补充扫描期间采集的数据,并生成校准更新数据。所述补充扫描可以针对每次对象或受试者扫描被执行,包括图像程序的每次对象或受试者扫描,所述图像程序包括一系列对象或受试者扫描。

[0031] 探测器增益校准确定器118也包括校准数据更新器124,其基于针对特定对象或受试者扫描而从补充扫描生成的所述校准更新数据以及来自前次补充扫描的校准更新数据来更新针对所述特定对象或受试者扫描的所述空气扫描校准数据,产生所述探测器增益校准数据。在一个实例中,所述校准更新数据充当除空气扫描校准数据以外的二级校正(例如相对于初级校正的小的校正)。下文更详细地讨论用于生成所述更新数据以及产生所述探测器增益校准数据的示范性方法。

[0032] 存储器126被用于存储所述探测器增益校准数据、所述校准更新数据以及所述空气扫描校准数据中的一个或多个。探测器增益校准确定器118可以对存储器126进行读取或写入。

[0033] 探测器增益校正器128基于存储器126中的所述探测器增益校准数据来校正由探测器阵列116(或另一系统的探测器阵列)生成的信号。任意已知方法或其他方法均可以被用于基于所述探测器校准数据来校正所述投影数据。下文更详细地讨论用于校正所述投影数据的示范性方法。

[0034] 重建器130重建经校正的投影数据,并生成指示检查区域106以及其中的所述对象或受试者的部分的体积图像数据。下文更详细地讨论用于重建所述经校正的投影数据的示范性方法。所重建的图像数据可以被进一步处理,以生成所述对象或受试者的所述部分的一个或多个图像,其可以被拍摄、以视觉方式呈现、保存和/或以其他方式处理。

[0035] 通用计算系统充当操作者控制台132,并且包括诸如显示器的输出设备和诸如键盘、鼠标等的输入设备。在所图示的实施例中,控制台132被配置为控制系统100,例如,执行空气校准扫描(用初级源110)、补充扫描(用补充源114)和/或对象或受试者扫描(用初级源110),驱动探测器增益校准确定器118,驱动探测器增益校正器128,和/或以其他方式控制系统100。

[0036] 要认识到,探测器增益校准确定器118和/或探测器增益校正器128均可以通过运行嵌入在计算机可读存储介质(例如物理存储器)上的一个或多个计算机可执行指令的一

个或多个处理器得以实现。额外地或备选地,所述计算机可执行指令中的至少一个由信号或载波承载。此外,探测器增益校准确定器118和/或探测器增益校正器128可以为系统100本地的或远端的和/或控制台132的部分和/或一个或多个其他计算设备。

[0037] 图2、图3、图4和图5示意性地图示了与系统100相连的补充源114的非限制性范例。图2和图3示意性地图示了系统100的侧视图,从x方向观察系统100,图4示意性地图示了从z方向观察检查区域106的视图,并且图5示意性地图示了从源110向下从y方向观察探测器阵列116的视图。

[0038] 首先参考图2和图3,补充源114被附接到轴承206的可移动部分204。轴承106的固定部分208被附接在系统100中。驱动机构210被配置为移动轴承206的可移动部分204,并因此移动补充源114。合适的轴承包括,但不限于直线导轨、球、滚轴和/或其他轴承。合适的驱动机构包括,但不限于,带、链、丝杆、滚珠螺杆、两个或多个齿轮等以及电机。本文中预期其他方法,包括以上的组合。

[0039] 控制器212被配置为控制驱动机构208,以经由轴承206在至少两个位置之间移动补充源114,所述至少两个位置包括:第一或收缩位置214(图2),其中补充源114不定位于受试者支撑体108与探测器阵列116之间的区域216中;以及第二或延伸位置302(图3),其中补充源114定位于受试者支撑体108与探测器阵列116之间的区域216中。在该范例中,补充源114在扫描对象或受试者时被定位在收缩位置214中(图2),并且被定位在延伸位置302中(图3)用于执行补充扫描。

[0040] 在图4和图5中,辐射源114在延伸位置302中(图3)并且被激活以发射X射线辐射。如在图4中所示,补充源114仅在内部探测器116₃的长度的子部分上,在x方向延伸。如在图5中所示,补充源114在z方向延伸至少探测器阵列116的整个z轴宽度。探测器阵列116随着补充源114发射X射线辐射而旋转,并且由补充源114发射的所述辐射一系列地,相继照射探测器阵列116的所有探测器元件,包括外部探测器116₁、内部探测器116₃,以及外部探测器116₂。

[0041] 在图4和图5中,探测器阵列116具有在弧形表面(图4)上的像素矩阵502(图5)的形状。探测器阵列116具有沿所述z方向约十(10)厘米(cm)并且沿弧线或x方向约一百(100)cm的几何尺寸。在其他实施例中,探测器阵列116更宽或更窄和/或更长或更短。外部探测器116₁和116₂及内部探测器116₃的几何尺寸和像素大小相同,并且外部探测器116₁和116₂关于内部探测器116₃的位置相同。在其他实施例中,几何学及像素大小和/或位置可以不同。

[0042] 在图4和图5中,补充源114为线源,其中发射区域的线阵404沿纵轴空间分布。线源114被关于探测器阵列116空间取向为使得所述线源的纵轴横向于探测器阵列116的纵轴。合适的线源的范例包括,但不限于,碳纳米管(CNT)X射线源。碳纳米管因它们的高纵横比、优异的电导性和热导性以及相对高的化学与机械稳定性,而一般为良电子场发射体。

[0043] 利用CNT,通过施加外界电场以从所述CNT提取电子,生成X射线管电流。通过改变提取电场,可以容易地生成具有可编程波形的X射线辐射,并且可以用生理信号或其他来门控所述X射线辐射。通过使用矩阵可寻址多像素CNT阴极,构建具有一维或二维分布的焦斑的空间分布的X射线源阵列。可以通过门控电子设备,实现切换、扫描和调整所述X射线束。

[0044] 碳纳米管冷阴极也相对容易制作,或者通过化学气相沉积原位生长,或通过生长后转移到衬底上。可以使用场发射X射线源技术来制造线形X射线源。所述阴极可以通过CNT

技术或其他方式,以微机械场发射尖端的阵列制作。通过这么做,有可能获得非常尖锐的尖端以及所述尖端与栅电极之间非常接近的临近度。这大大减少了要实现场发射所要求的所述尖端与所述栅之间的电势差。

[0045] 发射区域的阵列404可以是非常密集的。结果,即使从单个尖端可以获得的电流小,从阵列可以获得的总电流可以大得多。使用上文所述的技术,可以构造线形X射线源。可以将所述源的宽度做成窄至毫米(mm)的百分之一(0.01)或更小,并且所述源的长度可以被做成几十厘米或更长。辐射源114的发射体的阵列可以产生或不产生沿辐射源114的长轴(z方向)的均匀束。

[0046] 在一个非限制性实例中,所述线源具有:1)在约一(1)秒上的时间稳定性;2)在约一(1)mm的长度上的空间均匀性;3)在使用100kV量级的电子加速电压时,在微安的量级上的源电流的强度或功率。这样低的功率是足够的,因为所述源非常接近(例如几个厘米)探测器阵列110;4)在由在80-140kV运行的标准X射线管产生的光谱的范围内的X射线光谱(然而,不需要所述光谱与初级源108完全相同)。

[0047] 图6示出了所述线源在单个探测器元件上的辐射强度作为探测器阵列116关于所述线源的旋转角度的函数的曲线602,其中y轴604表示强度并且x轴606表示旋转角度。图7示出了图6的所述探测器阵列的输出信号作为针对所述探测器阵列的积分周期的函数的曲线702,其中,y轴704表示信号水平,并且x轴706表示积分周期。

[0048] 如在图6和图7中所示,曲线602和702从低值开始,增加到最大,并然后降低到低值。可以使用各种方法来确定用于校准目的的值。在一个实例中,在所述探测器像素通过所述源下方时,估计最大信号。这例如可以通过在五个最高读数之间插值来完成。第二种方法是对预定噪声阈值以上的所有读数求和。第三种方法是简单地取最高读数信号。本文也预期其他方法。

[0049] 预期各种变型。

[0050] 图8示意性地图示了一种变型,其中补充源114在来自初级源110的所述束的路径之中,同时初级源110发射辐射。在图8中,将补充源114移动到如本文中描述的延伸位置302并留在那儿,同时扫描对象或受试者。该变型可以被用于欠采样采集,其中通过补充源114的射线可以被忽略或丢弃。

[0051] 图9示意性地图示了另一种变型,其中补充源114位于静止位置。在图9中,经由支架902,将补充源114固定地附接在延伸位置302。类似地,该实施例可以被用于欠采样采集,其中通过补充源114的射线可以被忽略或丢弃。

[0052] 在图8和图9中所图示的变型中,使用合适的图像重建技术。适当的重建计数为能处理欠采样投影的重建技术,例如统计迭代重建计数、压缩感测方法和/或已知的图像重建技术。适当的重建技术的范例可以至少在以下专利申请中找到:美国专利申请公开20090175523(“Method for image reconstruction using sparsity-constrained correction”)、美国专利申请公开20090161933(“Method for dynamic prior image constrained image reconstruction”)、美国专利申请公开20090161932(“Method for prior image constrained image reconstruction”),以及美国专利申请公开20070010731(“Highly constrained image reconstruction method”)。

[0053] 在另一种变型中,二级辐射源114不定位于支撑体108与探测器阵列106之间的固

定机架102中。例如,二级辐射源114可以可选地定位于受试者支撑体108中,被附接到孔径内的固定机架102的外侧盖并在由初级源110发射的X射线穿过以照射探测器阵列116的区域之上,和/或其他区域。

[0054] 图10示意性地图示了增益校准探测器阵列116的范例方法。对于该范例,所述成像检查包括多次扫描。

[0055] 要认识到,以下动作的顺序是处于解释性的目的并且不是限制性的。这样,本文中预期其他顺序。此外,可以省略所述动作中的一个或多个和/或可以包括一个或多个其他动作。

[0056] 在1000,执行空气扫描。如本文中所描述,初级源110被用于执行空气扫描。

[0057] 在1002,执行补充扫描。如本文中所描述,补充源114被用于执行补充扫描。

[0058] 要认识到,动作1000和1002的组合可以被视作执行初始探测器增益校准程序。

[0059] 在1004,针对所述空气扫描针对内部探测器116₃(具有较不稳定的探测器)以及外部探测器116₁和116₂两者,针对所述空气扫描生成空气扫描校准数据。

[0060] 在1006,针对内部探测器116₃以及外部探测器116₁和116₂两者生成第一校准更新数据。

[0061] 在1008,将对象或受试者定位在检查区域106中,用于扫描。

[0062] 在1010,扫描所述对象或受试者。如本文中所描述,初级源110被用于执行对象或受试者扫描。

[0063] 在1012,结合所述对象或受试者扫描,执行补充扫描。

[0064] 要认识到,动作1010与1012的组合为相同对象或受试者扫描程序的部分。

[0065] 在1014,针对内部探测器116₃以及外部探测器116₁和116₂两者生成第二校准更新数据。

[0066] 在1016,基于所述第一校准更新数据和第二校准更新数据,更新所述空气扫描校准数据。

[0067] 在1018,基于所述探测器增益校准数据,校正来自对所述对象或受试者的所述扫描的投影数据。

[0068] 在1020,重建经校正的投影数据,生成所述对象或受试者的体积图像数据。

[0069] 额外地或备选地,可以在动作1010之前或与之并行地执行动作1012。

[0070] 在所述成像检查包括多于一次扫描时,针对每次扫描重复动作1008至1020。在所述对象或受试者在不同的z轴位置时执行随后的扫描时,可以在执行补充扫描之前、期间和/或之后,移动所述对象或受试者。

[0071] 可以经由一个或多个处理器实施以上动作,所述处理器运行被编码在或嵌入在诸如物理存储器的计算机可读存储介质上的一个或多个计算机可读指令,所述运行令所述一个或多个处理器进行所述各种动作和/或其他功能和/或动作。额外地或备选地,所述一个或多个处理器可以运行由诸如信号或载波的瞬态介质承载的指令。

[0072] 以下提供(经由探测器增益校准数据确定器118)生成空气扫描校准数据、校准更新数据和探测器增益校准数据、(经由探测器增益校正器128)校正所述探测器增益校准数据以及(经由重建器130)重建经校正的投影数据的范例。

[0073] 大体上,被扫描对象或受试者中的衰减辐射的行为可以被特征化为如方程1中所

示：

[0074] 方程1：

$$[0075] \quad I = I_0 e^{-\int \mu(x) dx},$$

[0076] 其中I为在穿过检查区域106中的对象或受试者的部分之后，入射在单个探测器元件上的X射线的辐射强度， I_0 为X射线在穿过对象或受试者的所述部分之前的辐射强度，并且 $\mu(x)$ 为所述X射线在所述对象或受试者中的局部辐射衰减。

[0077] 假设信号S和 S_0 通过恒定增益因子G，与辐射强度I和 I_0 成比例，如在方程2和3中所示：

[0078] 方程2：

$$[0079] \quad S = G \cdot I, \text{ 以及}$$

[0080] 方程3：

$$[0081] \quad S_0 = G \cdot I_0.$$

[0082] 基于方程1至3，如果所述探测器增益恒定，则可以基于方程4确定衰减线积分P：

[0083] 方程4：

$$[0084] \quad p = \int \mu(x) dx = -\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\ln\left(\frac{S}{S_0}\right) = \ln(S_0) - \ln(S),$$

[0085] 并且如果所述探测器增益从所述空气扫描的时间到所述对象或受试者扫描的时间变化，则基于方程5确定所述衰减线积分P：

[0086] 方程5：

$$[0087] \quad p = \int \mu(x) dx = \ln\left(\frac{S_0}{G}\right) - \ln\left(\frac{S}{G'}\right) = \ln(S_0 \cdot \frac{G'}{G}) - \ln(S).$$

[0088] 根据方程5，为了解出P，确定 $S_0' = S_0 \cdot \frac{G'}{G}$ 。

[0089] 特定扫描的信号与来自所述空气扫描的数据的关系由方程6给出：

[0090] 方程6：

$$[0091] \quad S_0' = S_0^m \cdot k,$$

[0092] 其中 S_0^m 为来自所述空气扫描的所述信号，所述空气扫描是使用初级源110执行的，并且k为所述对象或受试者扫描的管电流对所述空气扫描的管电流的比率。

[0093] 空气扫描处理器120处理来自所述空气扫描的数据，并且将针对每个探测器元件的 S_0^m 存储在存储器126中。在所述空气校准期间使用的所述X射线管电流值也被存储在存储器126中，并且被用于自动地针对每次对象或受试者扫描计算所述比率k。

[0094] 使用补充源114的补充扫描测量 S_c^m 和 S_r^m ，其中 S_c^m 为不稳定探测器像素(来自内部探测器116₃)的信号，并且 S_r^m 为稳定探测器像素(来自外部探测器116₁和116₂)的信号，或者在相同探测器行中，对两个外部探测器116₁和116₂的加权。补充扫描处理器122处理来自所述补充扫描的数据，并将这些测量结果存储在存储器126中。

[0095] 作为对对象或受试者的成像检查的部分，在(使用初级源110的)对象或受试者扫

描之前、期间、之间和/或之后,(使用补充源114)执行另一或随后的补充扫描(一次或多次),测量 S_c^n 和 S_r^n 。补充扫描处理器122处理来自所述随后的补充扫描的数据,并将对应的测量结果存储在存储器126中。

[0096] 从所存储的测量结果,基于方程7校正 S_c^n ;

[0097] 方程7:

$$[0098] \quad S_c^{n'} = S_c^n \cdot \frac{S_r^m}{S_r^n}$$

[0099] 其中 $S_c^{n'}$ 为关于所分布的线源从前次补充扫描的时间的任意改变所校正的 S_c^n 。

[0100] 校准数据更新器124基于方程8校正所述空气扫描校准数据:

[0101] 方程8:

$$[0102] \quad S_0^{m'} = S_0^m \cdot \frac{S_c^{n'}}{S_c^m} = S_0^m \cdot S_c^n \cdot \frac{S_r^m / S_r^n}{S_c^m}$$

[0103] 探测器增益校准确定器118通过用新的值 $S_0^{m'}$ 代替之前的值 S_0^m (针对每个探测器像素),更新存储在存储器126中的所述探测器增益校准数据。

[0104] 探测器增益校正器128通过方程9校正对象或受试者扫描的信号:

[0105] 方程9:

$$[0106] \quad S_0' = S_0^{m'} \cdot k = k \cdot S_0^m \cdot S_c^n \cdot \frac{S_r^m / S_r^n}{S_c^m}$$

[0107] 重建器130可以基于方程10来确定针对经校正的信号的线积分:

[0108] 方程10:

$$[0109] \quad P = \int \mu(x) dx = \ln(S_0') - \ln(S)$$

[0110] 注意,所述结果独立于分布的X射线源的精确强度和分布,因为通过方程8和方程9,在分量 (S_r^m / S_c^m) 中抵消了例程'm'期间的强度,并且在分量 (S_c^n / S_r^n) 中抵消了例程'n'期间的强度。

[0111] 要认识到,前文提供了用于例如在高级临床协议期间,校准不稳定探测器的实践方案,在所述高级临床协议中,患者待在扫描器上稳定相当长时间,例如在用于灌注研究或用于介入程序的多次扫描的情况中。当技师或其他工作人员在CT室内部,并且考虑如果在标准空气校准程序期间运行初级X射线管时,所述技师或其他工作人员将被暴露与电离辐射时,也可以实现患者之间的重复校准。

[0112] 已参考多个实施例描述了本发明。他人在阅读了本文的描述之后可以进行修改和变型。目的是本发明被解释为包括所有这些修改和变型,只要它们落在权利要求或其等价方案的范围之内。

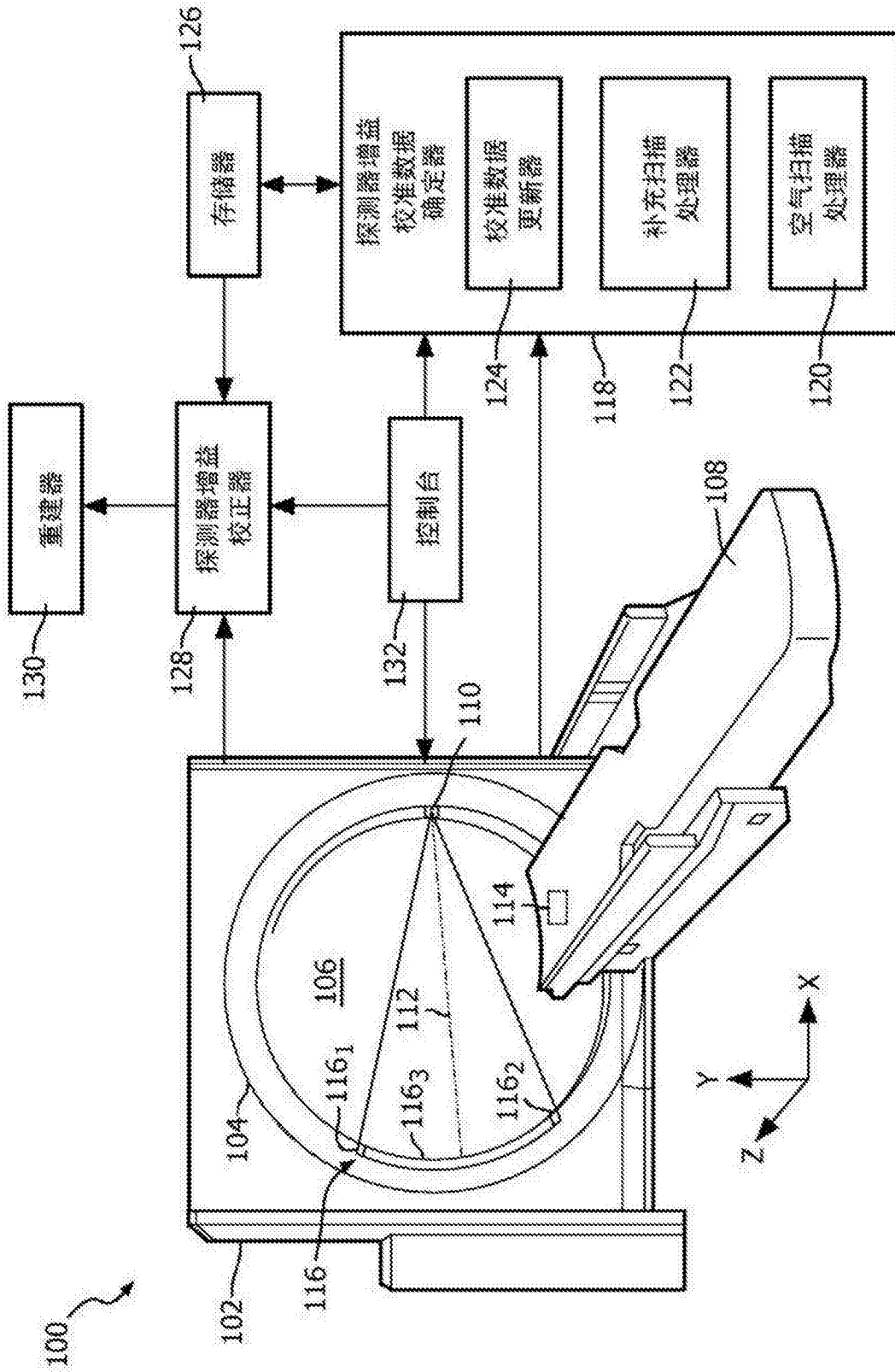


图1

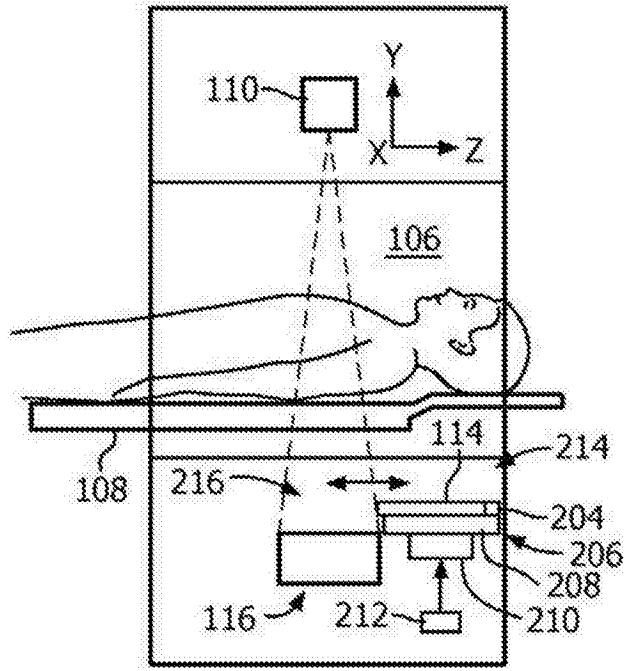


图2

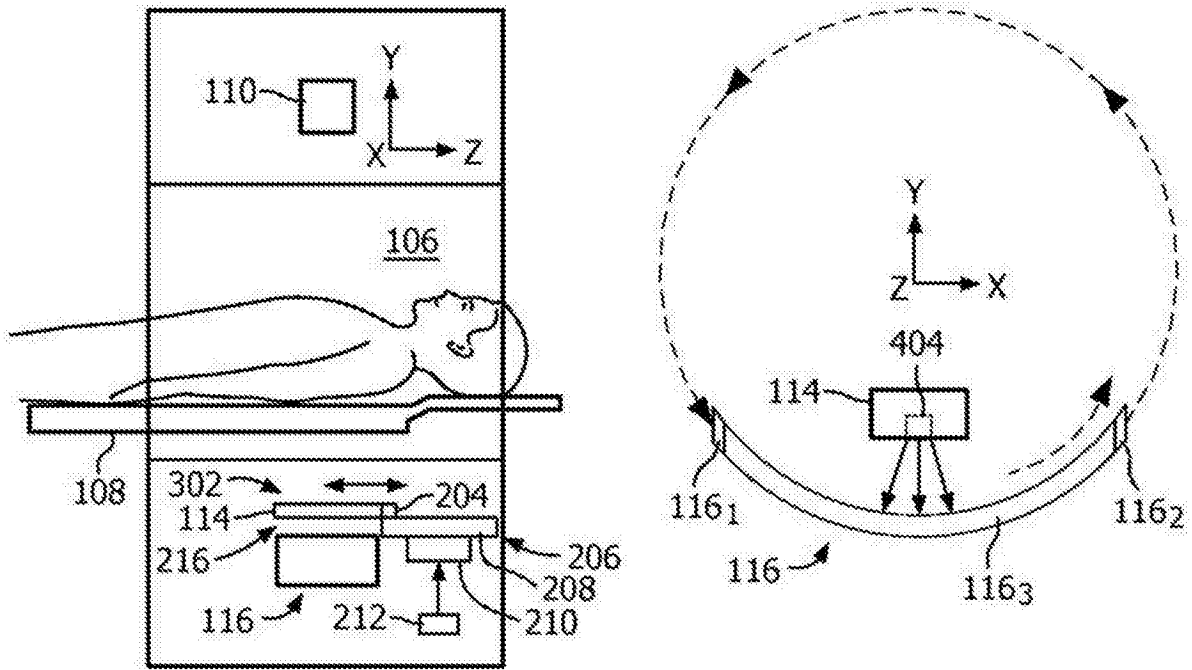


图3

图4

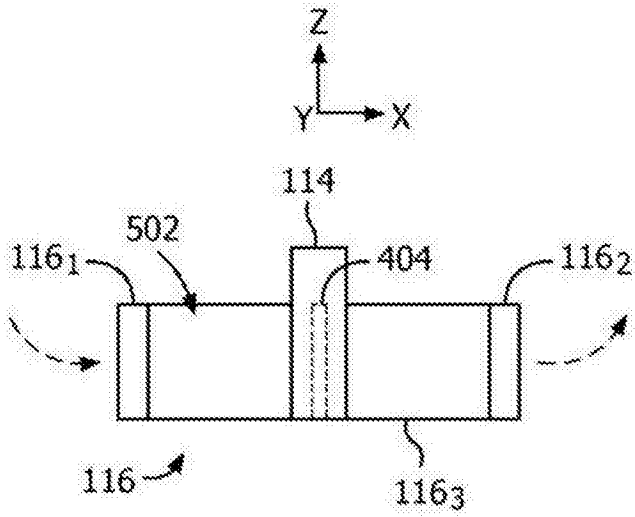


图5

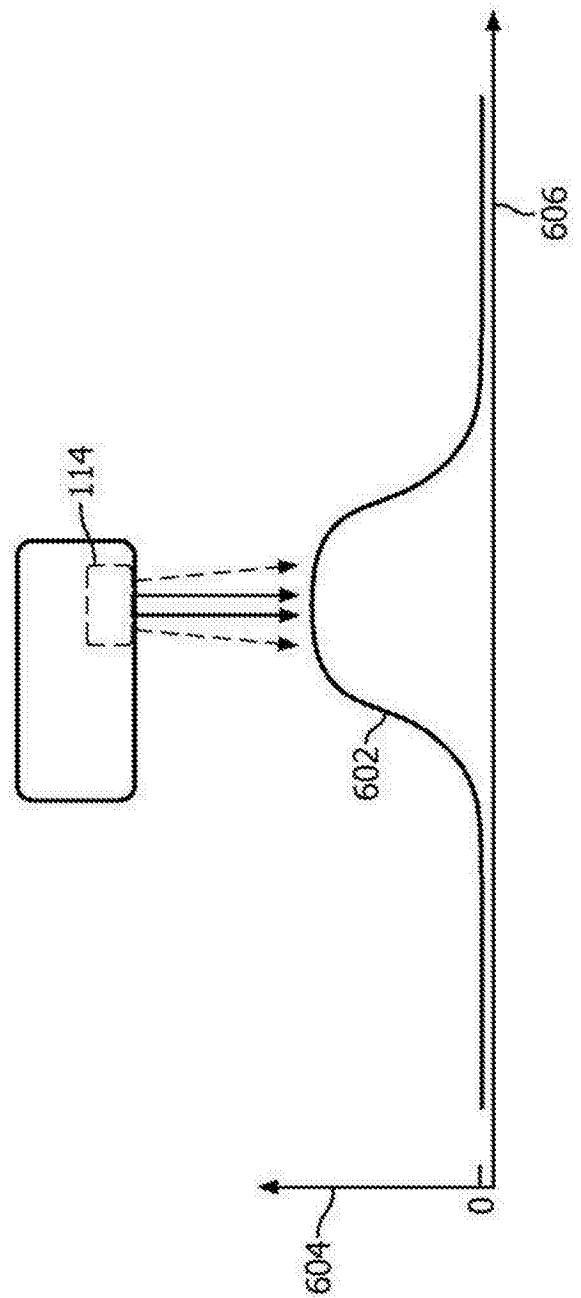


图6

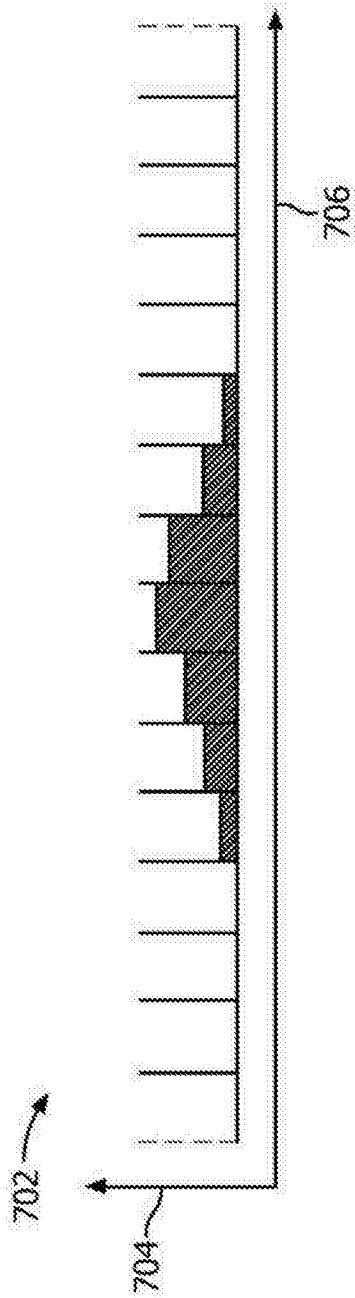


图7

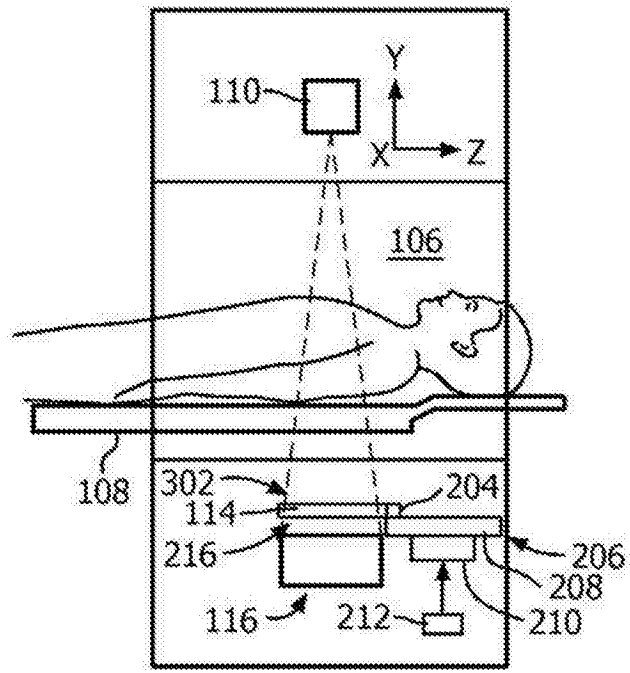


图8

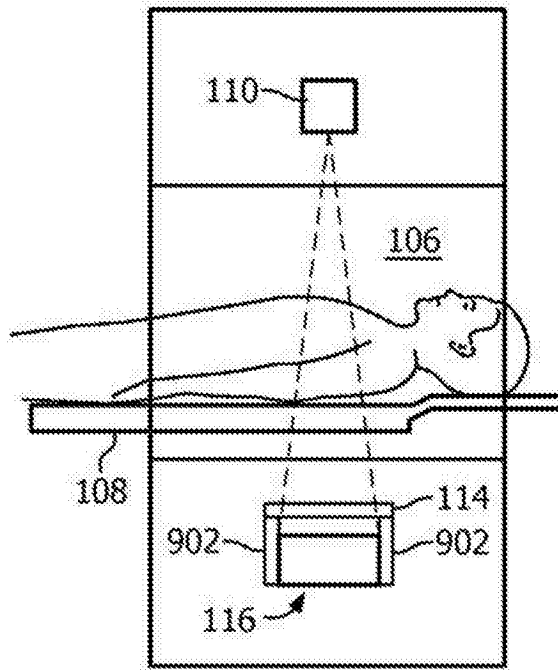


图9

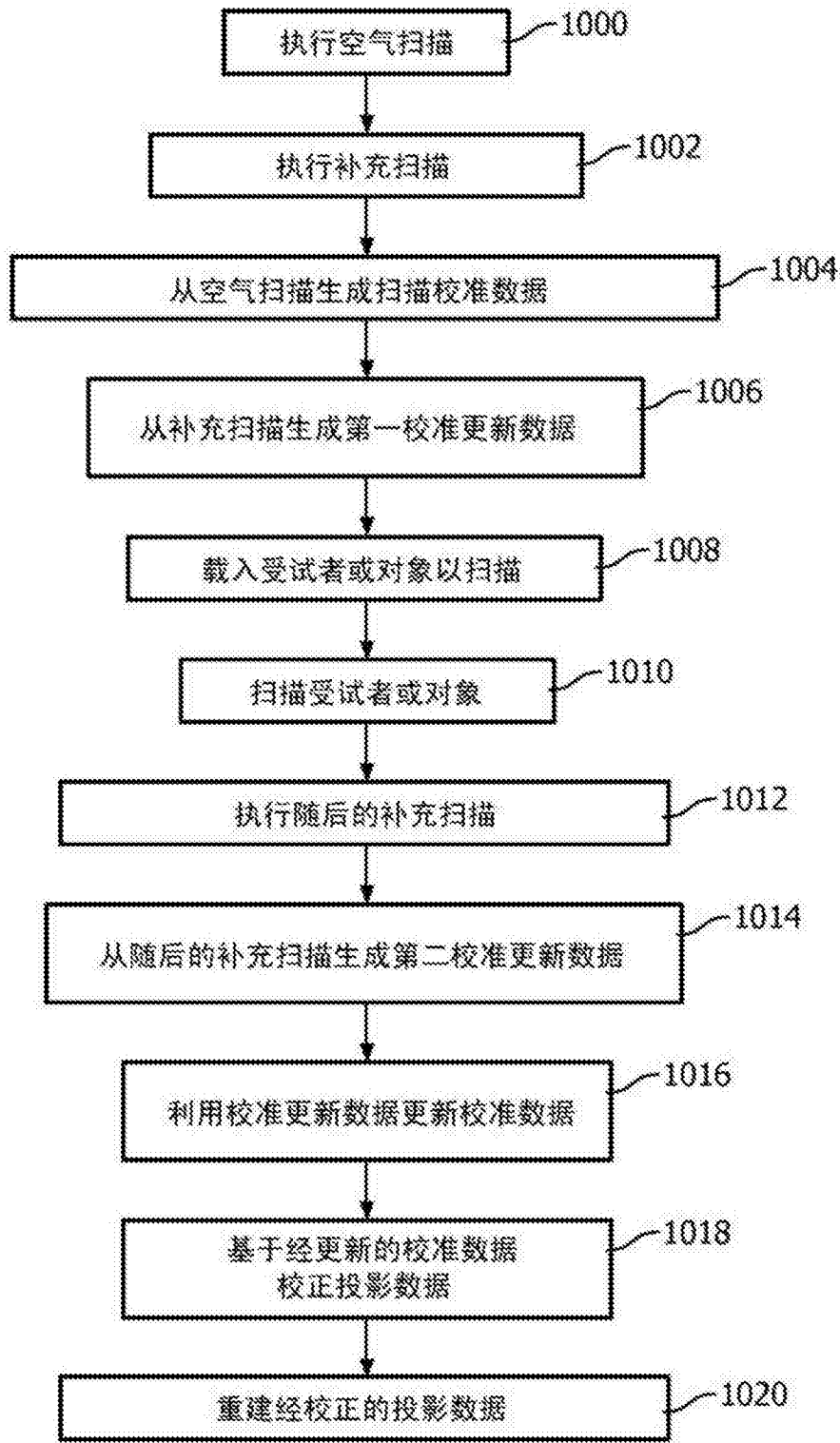


图10