



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101080653 B

(45) 授权公告日 2012. 02. 29

(21) 申请号 200580043358. 1

代理人 王庆海 刘红

(22) 申请日 2005. 12. 05

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01T 1/29 (2006. 01)

60/637, 476 2004. 12. 17 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2007. 06. 15

CN 1349613 A, 2002. 05. 15, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

CN 1133973 A, 1996. 10. 23, 全文.

PCT/IB2005/054069 2005. 12. 05

US 4341956 A, 1982. 07. 27, 说明书第 1 栏

(87) PCT申请的公布数据

W02006/064403 EN 2006. 06. 22

第 13-18, 37-42 行、第 2 栏第 51-66 行、第 4 栏第 28-49 行、第 4 栏第 57 行 - 第 5 栏第 6 行.

CN 1228845 A, 1999. 09. 15, 全文.

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

DE 4303948 A1, 1994. 08. 11, 说明书第 1 栏第 3-11 行, 第 2 栏第 25-35 行、图 1-7.

地址 荷兰艾恩德霍芬

审查员 张宇

(72) 发明人 R·P·卢塔 M·A·查波

B·E·哈伍德 R·A·马特森

C·J·弗雷托斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

权利要求书 4 页 说明书 9 页 附图 8 页

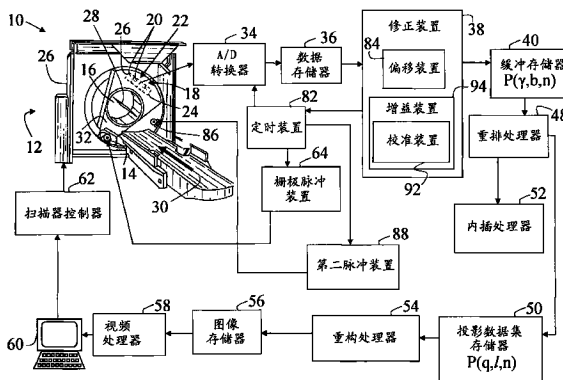
(54) 发明名称

一种 X 射线照相成像设备、方法及 X 射线断层摄影扫描器

(57) 摘要

X 射线照相成像设备 (10), 包括发射辐射束到检查区域 (16) 的第一辐射源 (14)。探测器 (18) 将穿过检查区域 (16) 的所探测的辐射线转换成表示所探测的辐射的探测器电信号。探测器 (18) 具有至少一个在时间上变化的特性, 如偏移 B(t) 或增益 A(t)。栅极脉冲装置 (64) 以每秒 1000 到 5000 个脉冲的速率将第一辐射源 (14) 打开和关闭, 这样在每秒 1000 到 5000 次之间至少重新测量偏移 B(t), 并在探测器信号产生过程中多次修正。用第二脉冲装置 (88) 通过发脉冲给恒定强度 (X_{Ref}) 的第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138) 来测量增益 A(t)。在探测器信号产生过程中对增益 A(t) 每秒多次重新测量和修正。

CN 101080653 B



1. 一种 X 射线照相成像设备 (10), 其包括:

第一辐射源 (14), 其将辐射束投射到设置对象 (28) 以用于检查的检查区域 (16) 中;

其特征在于: 探测器 (18), 其探测穿过检查区域 (16) 的辐射并将所探测的辐射转换成电的探测器信号, 该探测器信号表示所探测的辐射和探测器的至少一个在时间上变化的特性, 其中探测器 (18) 包括 X 射线至模拟信号转换层 (22), 该转换层包括与光电二极管阵列 (26) 耦合的闪烁体 (24) 或者包括直接转换半导体;

修正装置 (38), 其用于确定对探测器信号的修正值以便在探测器信号的产生过程中多次补偿探测器的至少一个在时间上变化的特性, 并且用该确定的修正值来修正探测器信号, 其中变化的特性是偏移 $B(t)$, 并且所述修正装置 (38) 包括用于测量探测器 (18) 的偏移 $B(t)$ 的偏移装置 (84); 以及

用于快速发脉冲给第一辐射源 (14) 的栅极脉冲装置 (64), 在第一辐射源的打开时间 t_1 和第一辐射源的关闭时间 t_2 期间所述偏移 $B(t)$ 保持基本恒定, 该偏移装置 (84) 在第一辐射源的关闭时间 t_2 测量偏移值 B_2 , 该偏移值 B_2 等于在关闭时间 t_2 期间的信号值 S_2 , 其中栅极脉冲装置 (64) 以每秒在 1000 到 5000 个脉冲之间的速率将第一辐射源 (14) 打开和关闭, 使得在每秒 1000 到 5000 次之间对偏移 $B(t)$ 进行重新测量。

2. 如权利要求 1 中所述的设备, 其中修正装置 (38) 通过从所探测的探测器信号减去所测量的偏移值 B_2 来修正所探测的探测器信号:

$$Sc_1 = A_1 X_1 - B_2, \text{ 其中}$$

Sc_1 是在时间 t_1 期间的修正信号;

A_1 是在时间 t_1 期间的探测器 (18) 的增益;

X_1 是在时间 t_1 期间入射到探测器 (18) 上的 X 射线强度;

B_2 是在时间 t_2 期间探测器 (18) 的测量偏移值。

3. 如权利要求 1 所述的设备, 进一步包括:

用于激发探测器 (18) 的恒定强度 X_{ref} 的第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138); 以及

用于快速发脉冲给第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138) 的第二脉冲装置 (88)。

4. 如权利要求 3 中所述的设备, 其中修正装置 (38) 进一步包括:

用于确定探测器 (18) 的校准增益 A_{cal} 的校准装置 (92), 该校准增益 A_{cal} 是关于信号 S_A 和信号 S_B 的强度被确定的, 其中信号 S_A 是在时间 t_A 期间在第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138) 处于打开状态时进行测量的, 以及信号 S_B 是在时间 t_B 期间在第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138) 处于关闭状态时进行测量的:

$$A_{cal} = [S_A - S_B] / X_{ref}$$

X_{ref} 是第二受脉冲作用的源 (86) 的强度。

5. 如权利要求 4 中所述的设备, 其中修正装置 (38) 包括增益装置 (94), 其根据探测器 (18) 的增益 A_t 的变化以下述方式修正所探测的探测器信号:

$$Sc_1 = \{[S_A - S_B] \cdot [S_1 - S_2]\} / \{S_3 - S_2\}, \text{ 其中}$$

Sc_1 是在时间 t_1 期间的探测器 (18) 的修正信号;

S_1 是在时间 t_1 期间的探测器 (18) 的测量信号;

S_2 是在时间 t_2 期间的探测器 (18) 的测量信号;

S_3 是在时间 t_3 期间的探测器 (18) 的测量信号,

其中时间 t_3 是在第一辐射源 (14) 处于关闭时的第二受脉冲作用的源 (86) 的打开时间, 该时间 t_3 在时间上与时间 t_1 和 t_2 接近。

6. 如权利要求 5 中所述的设备, 其中转换层 (22) 包括:

闪烁晶体的阵列 (24), 该闪烁晶体探测辐射事件并将所探测的事件转换成光; 以及光电二极管 (26) 的阵列, 该光电二极管 (26) 耦合到闪烁晶体以便探测光并将所探测的光转换成电信号。

7. 如权利要求 6 中所述的设备, 其中转换层 (22) 包括:

X 射线光电导体的阵列 (128), 该 X 射线光电导体探测辐射事件并将所探测的事件转换成电信号。

8. 如权利要求 3 中所述的设备, 其中第二受脉冲作用的源是 X 射线源 (86)、光源 (100) 以及载流子注入源 (138) 之一。

9. 如权利要求 3 中所述的设备, 其中第二受脉冲作用的源是 UV 光源。

10. 如权利要求 1 中所述的设备, 其中变化的特性是偏移 $B(t)$ 和增益 $A(t)$ 中的至少之一, 并且进一步包括:

旋转台架 (32), 其使得第一辐射源 (14) 围绕轴向方向 (Z) 旋转, 从而在各种角度位置投射辐射束;

用于激发探测器 (18) 的恒定强度 X_{Ref} 的第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138), 该第二受脉冲作用的源围绕检查区域设置;

用于快速发脉冲给第一辐射源 (14) 的栅极脉冲装置 (64); 以及

用于快速发脉冲给第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138) 的第二脉冲装置 (88), 其中修正装置 (38) 以相应的脉冲装置 (64, 88) 的发脉冲的速率对偏移 $B(t)$ 和增益 $A(t)$ 中的至少之一进行重新测量和修正。

11. 如权利要求 10 中所述的设备, 其中第一辐射源 (14) 的强度由栅极脉冲装置 (64) 根据第一辐射源 (14) 的角度位置进行调节, 从而获得快速的剂量调制。

12. 如权利要求 1 中所述的设备, 进一步包括:

A/D 转换器 (34), 其将模拟电信号转换成数字信号, 并且其中修正装置 (38) 至少部分与 A/D 转换器 (34) 集成。

13. 一种 X 射线照相成像的方法, 包括:

将辐射束投射到其中设置用于检查的对象 (28) 的检查区域 (16) 中;

其特征在于以下步骤

用探测器 (18) 探测穿过检查区域 (16) 的辐射并将所探测的辐射转换成电的探测器信号, 其中电的探测器信号表示所探测的辐射和探测器的至少一个在时间上变化的特性, 并且其中探测器 (18) 包括 X 射线至模拟信号转换层 (22), 该转换层包括与光电二极管阵列 (26) 耦合的闪烁体 (24) 或者包括直接转换半导体;

确定对探测器信号的修正值以在探测器信号的产生过程中多次补偿探测器的至少一个在时间上变化的特性, 其中变化的特性是偏移 $B(t)$; 和

用所确定的修正值来修正探测器信号包括测量探测器 (18) 的偏移;

快速发脉冲给第一辐射源 (14), 在第一辐射源的打开时间 t_1 和第一辐射源的关闭时间 t_2 期间所述偏移 $B(t)$ 保持基本恒定; 以及

在第一辐射源的关闭时间 t_2 测量偏移值 B_2 , 该偏移值 B_2 等于在关闭时间 t_2 期间的信号值 S_2 ,

其中发脉冲的步骤包括:

以每秒 1000 到 5000 个脉冲之间的速率打开和关闭第一辐射源 (14); 以及在每秒 1000 到 5000 次之间对偏移 $B(t)$ 进行测量。

14. 如权利要求 13 中所述的方法, 进一步包括:

用恒定强度的第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138) 激发探测器 (18); 以及快速发脉冲给第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138)。

15. 如权利要求 14 中所述的方法, 其中修正步骤进一步包括:

确定探测器 (18) 的校准增益 A_{cal} , 该校准增益 A_{cal} 是关于信号 S_A 和信号 S_B 的强度被确定的, 其中信号 S_A 是在时间 t_A 期间在第二受脉冲作用的源处于打开状态时进行测量的, 以及信号 S_B 是在时间 t_B 期间在第二受脉冲作用的源处于关闭状态时进行测量的:

$$A_{\text{cal}} = [S(t_A) - S(t_B)] / X_{\text{ref}}$$

X_{ref} 是第二受脉冲作用的源 (86) 的强度。

16. 如权利要求 15 中所述的方法, 其中修正步骤进一步包括:

根据探测器的增益 A_t 的变化以下述方式修正所探测的探测器信号:

$$Sc_1 = \{[S_A - S_B] \cdot [S_1 - S_2]\} / \{S_3 - S_2\}, \text{ 其中}$$

Sc_1 是在时间 t_1 期间的探测器 (18) 的修正信号;

S_1 是在时间 t_1 期间的探测器 (18) 的测量信号;

S_2 是在时间 t_2 期间的探测器 (18) 的测量信号;

S_3 是在时间 t_3 期间的探测器 (18) 的测量信号,

其中时间 t_3 是在第一辐射源 (14) 处于关闭时的第二受脉冲作用的源 (86) 的打开时间, 该时间 t_3 在时间上与时间 t_1 和 t_2 接近。

17. 如权利要求 16 中所述的方法, 其中探测步骤包括:

用 X 射线光电导体的阵列 (128) 探测辐射事件并将所探测的辐射事件转换成电信号。

18. 如权利要求 13 中所述的方法, 进一步包括:

在至少一部分关闭时间 t_2 期间, 用较低能量的 X 射线辐射、光以及注入的电荷载流子之一来激发探测器。

19. 如权利要求 13 中所述的方法, 其中变化的特性是偏移 $B(t)$ 和增益 $A(t)$ 中的至少之一, 并且进一步包括:

使得第一辐射源 (14) 围绕轴向方向 (Z) 旋转, 从而在各种角度位置投射辐射束;

用恒定强度 X_{ref} 的第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138) 来激发探测器 (18);

快速发脉冲给第一辐射源 (14);

快速发脉冲给第二受脉冲作用的源 (86, 100, 138); 以及

以相应的脉冲装置 (64, 88) 的发脉冲的速率对偏移 $B(t)$ 和增益 $A(t)$ 中的至少之一进行重新测量和修正。

20. 如权利要求 19 中所述的方法, 进一步包括:

根据第一辐射源的角度位置对第一辐射源 (14) 的强度进行连续调节, 从而获得快速的剂量调制。

21. 一种用于执行权利要求 13 所述的方法的计算机 X 射线断层摄影扫描器。

一种 X 射线照相成像设备、方法及 X 射线断层摄影扫描器

技术领域

[0001] 本申请涉及诊断成像技术。已发现其特别适用于计算机 X 射线断层摄影成像中，并且将特别参考其进行描述。而且，还发现其适用于使用 X 射线探测器的其它成像设备和方法。

背景技术

[0002] CT 扫描器通常包括 X 射线源和分别固定到台架完全相对侧上的 X 射线探测器阵列。在对位于台架的腔中的患者进行扫描的过程中，台架围绕旋转轴旋转，而在扫描期间采集数据的过程中 X 射线源发射 X 射线。X 射线由包括多个探测器元件的探测器采集。

[0003] 通常，在 CT 扫描器中使用的 X 射线探测器包括一层闪烁晶体，其耦合到硅光电二极管阵列。闪烁晶体吸收穿过患者的 X 射线并产生与所吸收的 X 射线强度成比例的光。光电二极管吸收由闪烁晶体产生的光并将其转换成与所吸收光成比例的电流。理想的探测器产生与入射到探测器的 X 射线强度成正比的信号电流 $S(t)$ 。

[0004] 一般来讲，X 射线探测器以时间关联增益 (time dependent gain) $A(t)$ 和偏移 $B(t)$ 为特征。偏移由 X 射线源已经关闭之后其仍停留在打开的残余信号表示。通常，X 射线探测器的闪烁层选自于具有随时间几乎恒定的增益 $A(t)$ 和偏移 $B(t)$ 的材料。对于这种探测器来说 (具有几乎恒定的增益 $A(t)$ 和偏移 $B(t)$) 最经常的是在进行扫描过程中不对增益和 / 或偏移中的变化进行修正。在一些扫描系统中，在进行扫描过程中只对偏移 $B(t)$ 中的变化进行较小的修正。通常，每次扫描都对探测器的偏移 $B(t)$ 进行校准，例如大约每隔 30 秒。探测器的增益 $A(t)$ 可每隔一个月进行校准。因此对适于探测器的材料进行精心选择，这样偏移和增益中的变化在校准之间很小以至于可被忽略。

[0005] 其增益和偏移几乎恒定的闪烁晶体材料是昂贵的，其将巨大的成本增加到探测器的成本上。但是如果在 CT 扫描器中使用次的、低成本的闪烁晶体材料，在扫描过程中增益 $A(t)$ 和偏移 $B(t)$ 的变化可是实质性的并且不能被忽略。

[0006] 在现代 CT 扫描器中遇到的另一问题是由于将具有相应较薄切片的探测器做得较小，使得经由探测器的信号减少。经由探测器的信号减少可导致 CT 扫描中的伪影，其中患者的较大阻尼导致低信号状况，例如当通过肩部对患者进行成像时。通过使用具有较高增益 $A(t)_x$ 的探测器可以克服低信号状况，从而改善信噪比。

[0007] 具有较高增益的材料是已知的。如果没有在增益和 / 或偏移中变化的已知问题的话，这种材料可用于 CT 扫描器中。例如，诸如 CdZnTe、CdTe、TlBr、PbO 等的直接转换半导体 (X 射线光电导体) 可获得比闪烁体 - 光电二极管探测器大十倍的增益。较高的增益可改善具有较薄切片的扫描器中的成像。但是，光电导体的增益和偏移是不稳定的，并且随时间的改变相当大。

[0008] 本发明预期克服上述限制和其它的改善设备和方法。

发明内容

[0009] 根据本申请的一面,公开了 X 射线照相成像设备。第一辐射源发射一束辐射线到检查区域中,其中设置用于检查的对象。探测器探测穿过检查区域的辐射并将所探测的辐射转换成电的探测器信号,该信号代表所探测的射线和探测器的至少一个在时间上变化的特性。修正装置确定对探测器信号的修正值,以在探测器信号的产生过程中多次补偿探测器的至少一个在时间上变化特性,并且用所确定的修正值来修正探测器信号。

[0010] 根据另一方面,公开了 X 射线照相成像方法。一束辐射线投射到检查区域中,其中设置用于检查的对象。探测穿过检查区域的辐射并将所探测的辐射转换成电的探测器信号,该信号代表所探测的射线和探测器的至少一个在时间上变化的特性。确定对探测器信号的修正值,以在探测器信号的产生过程中多次补偿探测器的至少一个在时间上变化的特性。用所确定的修正值来修正探测器信号。

[0011] 本申请的一个优势是在 CT 扫描过程中连续修正 X 线探测器的增益和偏移。

[0012] 另一优势是使用现有的成像探测器。

[0013] 另一优势是使用现有的转换电子器件。

[0014] 另一优势是不增加扫描时间。

[0015] 另一优势是由于在一次扫描过程中探测器的偏移和 / 或增益的变化在成像中有效防止伪影。

[0016] 另一优势是使用较低成本的已知具有时间改变特性的探测器材料。

[0017] 另一优势是通过使用 X 射线光电导体来减少扫描器切片的厚度。

[0018] 在阅读优选实施例的下述详细说明之后,本发明的普通技术人员将明了众多的附加优势和益处。

附图说明

[0019] 本发明可采取各种组件和组件的排布,以及采取各种过程操作和过程操作的排布。附图只是用于解释说明优选实施例的目的,并且不解释为对本发明的限制。

[0020] 图 1 示出代表计算机 X 射线断层摄影成像系统的图;

[0021] 图 2 示出代表成像系统一部分的图,其包含受脉冲作用的 X 射线源;

[0022] 图 3A 示出数据采集的时序图;

[0023] 图 3B 示出发脉冲给 X 射线源的时序图;

[0024] 图 4 图示出 CT 系统的一部分,其具有受脉冲作用的第一 X 射线源和受脉冲作用的第二 X 射线源;

[0025] 图 5A 示出用于增益校准的数据采集的时序图;

[0026] 图 5B 示出在增益校准过程中发脉冲给第二 X 射线源的时序图;

[0027] 图 5C 示出在对于包括两个受脉冲作用的源的成像系统的扫描过程中数据采集的时序图;

[0028] 图 5D 示出在扫描过程中发脉冲给第一 X 射线源的时序图;

[0029] 图 5E 示出在扫描过程中发脉冲给第二 X 射线源的时序图;

[0030] 图 6A 图示出探测器的视场;

[0031] 图 6B 示出通过 X 射线源的快速发脉冲进行调制的 X 射线平均强度的曲线图;

[0032] 图 7 图示出 CT 成像系统的细节部分,其中第二受脉冲作用的源是光源;

[0033] 图 8 图示出 CT 成像系统的细节部分,其中探测器包括 X 射线光电导体,并且第二受脉冲作用的源是光源;以及

[0034] 图 9 图示出 CT 成像系统的细节部分,其中探测器包括 X 射线光电导体,以及第二受脉冲作用的源是电荷载流子注入源。

具体实施方式

[0035] 参照图 1,成像系统 10 包括计算机 X 射线断层摄影扫描器 12,其罩住或支撑第一辐射源 14,在一个实施例中,该辐射源 14 是将辐射束投射到由扫描器 12 限定的检查区域 16 中的 X 射线源或 X 射线管。通过二维辐射线探测器 18 探测穿过检查区域 16 之后的辐射束,该探测器 18 包括布置成探测穿过检查区域 16 之后的射线束的多个探测模块或探测元件 20。探测器 18 包括 X 射线至模拟信号转换层 22,其具有通常随时间变化的增益 $A(t)$ 和 / 或偏移 $B(t)$ 特征。在一个实施例中,转换层 22 包括闪烁晶体的阵列或闪烁体或闪烁层 24,其与光电二极管阵列 26 耦合。在另一实施例中,转换层 22 包括诸如 CZT、CdTe、TiBr、PbO 等的多个直接转换半导体或 X 射线光电导体。通常,X 射线管产生具有锥形束、楔形束或其它几何形状束的发散 X 射线束,当其穿过检查区域 16 时扩大以便基本充满射线探测器 18 的区域。

[0036] 成像对象 28(在检查区域 16 中示出)放置在床 30 或将成像对象移动到检查区域 16 中的其它支撑物上。床 30 沿着轴向方向 Oz (图 1 中示出为 Z 方向)线性移动。辐射源 14 和探测器 18 关于检查区域 16 相对安装在旋转台架 32 上,这样台架 32 的旋转使得辐射源 14 围绕检查区域 16 旋转,以提供观察的角度范围。由于每一探测器元件探测对应于沿从上述源延伸到探测器元件的线性、狭窄锥形或其它基本线性的投影获取的衰减线性积分的信号,因此采集的数据被称为是投影数据。

[0037] 在一个实施例中,当旋转台架 32 旋转而床 30 静止时采集轴向投影数据集。轴向投影数据集包含对应于横向于轴向或 Z 方向的探测器元件的行或列的多个轴向切片。可选的,通过执行重复的轴向扫描和在每一轴向扫描之间移动床 30 来获取附加的轴向切片。

[0038] 在另一实施例中,通过旋转台架 32 同时使得床 30 连续线性运动以便产生围绕设于床 30 上的成像对象的辐射源 14 的螺旋轨迹来获取螺旋投影数据集。

[0039] 在扫描过程中,沿每一投影经过的一部分辐射线由成像对象吸收,以便产生辐射线的通常空间变化的衰减。探测器 18 的探测元件 20 对横过辐射束的辐射强度进行采样,以便产生辐射吸收投影数据。模数转换器 34 将由探测器 18 采集的模拟信号转换成一系列的数字。包括对象的 X 射线衰减测量值、偏移测量值以及增益测量值的数字数据存储于数据存储器 36 中。修正装置 38 将数学修正值施加到投影数据,以便修正随时间改变的探测器偏移 $B(t)$ 和 / 或增益 $A(t)$ 的变化,如将在下述进行更详细描述的那样。在一个实施例中,修正装置 38 结合有模数转换器 34。修正的投影数据存储于缓冲存储器 40 中。

[0040] 对于多切片扫描器中的源聚焦采集的几何形状来说,衰减线性积分的读数或存储在缓冲存储器 40 中的投影数据集的投影可以用 $P(\gamma, \beta, n)$ 作为参数表示,其中 γ 是由旋转台架 32 的位置确定的辐射源 14 的源角, β 是位于扇中的角度 ($\beta \in [-\phi/2, \phi/2]$, 其中 ϕ 是扇角),以及 n 是 Oz 方向中的探测器行数。在一个实施例中,重新排列处理器 48 将投影数据重新排列到标准的横向-轴向坐标系的平行非等距的光栅中。上述重新排列可

以被表示为 $P(\gamma, \beta, n) \rightarrow P(\theta, l, n)$, 其中 θ 是对投影数字参数表示, 其包括由 l 参数表示的平行读数, l 代表读数和等角点之间的距离, 以及 n 是在 Oz 方向中的探测器行数。

[0041] 重新排列的平行射线投影数据集 $P(\theta, l, n)$ 存储在投影数据集存储器 50 中。可选的, 在将投影数据 $P(\theta, l, n)$ 存储在投影数据集存储器 50 中之前进行间隔, 由内插处理器 52 将投影数据内插到等距的坐标系或其它希望的坐标空间中。重构处理器 54 应用过滤的反投影或其它图像重构技术, 以便将投影数据集重构成存储在重构图像存储器 56 中的一个或多个重构的图像。重构图像由视频处理器 58 处理并显示在使用者界面 60 上, 或者另外被处理或使用。在一个实施例中, 使用者界面 60 还使得放射学家、技师或其它操作者与计算机 X 射线断层摄影扫描器控制器 62 接触, 以便进行可选的轴向、螺旋或其它计算机 X 射线断层摄影成像一段时间。

[0042] 继续参照图 1 以及进一步参照图 2, 栅极脉冲电路或装置 64 将 X 射线管以大约每秒 1000 到 5000 个脉冲的速率打开或关闭, 从而允许以每秒的相同次数测量随时间变化的偏移 $B(t)$, 也就是随时间推移连续进行的。在每秒 1000 到 5000 个脉冲的采用速率下, 偏移 $B(t)$ 只需要在大约 100 微秒这一段时间被认定为恒定。该假设对于宽范围的可用于制备探测器 18 的次的闪烁体和 X 射线光电导体来说是非常合理的。优选的, 脉冲上升时间 T_r 和脉冲下降时间 T_f 等于或小于 $1 \mu s$ 。

[0043] 更具体的, 通过快速切换相对于灯丝 68 的阴极杯或栅极 (grid) 66 上的电势可获得快速切换。转到电路 A, 正的高压电源 70 连接到 X 射线管的阳极 72。负的高压电源 74 连接到 X 射线管的阴极 66。对于每一电源 70, 74 来说, 电压分别优选为大约 +60,000 伏 / -60,000 伏, 这导致从阳极 72 到阴极 66 的总电势为 120,000 伏。栅极脉冲装置 64 包括栅极电源 76, 开关 78 以及灯丝电源 80, 其供应脉冲电势到栅极 66 和灯丝 68。栅极脉冲电压优选从 1000 到 5000 伏。当开关 78 从定时控制单元或装置 82 接收命令信号以关闭或打开时, 栅极脉冲装置 64 改变和灯丝 68 上的电势相对于的阴极 66 上的电势。当使得阴极 66 上的电压相对于灯丝为负的大约几千伏时, 截断电子束并对 X 射线进行区分。修正装置 38 测量信号, 计算修正值并将其应用到上述测量值中。

[0044] 继续参照图 1 和图 2 以及进一步参照图 3A 和图 3B, 在 X 射线源的打开时间 t_1 中, 测量的信号 $S(t_1)$ 通常等于:

[0045] $S(t_1) = A(t_1) \cdot X(t_1) + B(t_1)$, 其中

[0046] $S(t_1)$ 是在 X 射线源的打开时间 t_1 中的探测器 18 的测量信号;

[0047] $X(t_1)$ 是在探测器 18 上的 X 射线强度;

[0048] $A(t_1)$ 是在打开时间 t_1 中的探测器 18 的增益; 以及

[0049] $B(t_1)$ 在打开时间 t_1 中的探测器 18 的信号偏移。

[0050] 在时间 t_2 中, X 射线源关闭, 偏移测量装置 84 测量偏移 $B(t_2)$, 其等于测量信号 $S(t_2)$:

[0051] $S(t_2) = B(t_2)$, 其中

[0052] $S(t_2)$ 是在关闭时间 t_2 中的探测器 18 的测量信号;

[0053] $B(t_2)$ 是关闭时间 t_2 中的探测器 18 的测量偏移。

[0054] 由于打开时间 t_1 和关闭时间 t_2 彼此在时间上接近, 例如在 200usec 内, 偏移中的变化仅仅是较小的并且可以被忽略。例如, 测量偏移 $B(t_2)$ 的值几乎等于信号偏移 $B(t_1)$ 的

值：

[0055] $B(t_2) \approx B(t_1)$ 。

[0056] 修正装置 38 通过从所测量的信号 $S(t_1)$ 减去所测量的偏移 $B(t_2)$ 来计算修正的信号值,从而得到修正的信号 $S_c(t_1)$ ：

[0057] $S_c(t_1) = [A(t_1) \cdot X(t_1) + B(t_1)] - B(t_2) \approx A(t_1) \cdot X(t_1)$

[0058] 或者

[0059] $S_c(t_1) = S(t_1) - S(t_2)$, 其中

[0060] $S_c(t_1)$ 是修正的信号值；

[0061] $X(t_1)$ 是入射到探测器 18 上的 X 射线强度；

[0062] $A(t_1)$ 是在打开时间 t_1 中的探测器 18 的增益；

[0063] $B(t_1)$ 是在打开时间 t_1 中的探测器 18 的信号偏移；

[0064] $B(t_2)$ 是关闭时间 t_2 中的探测器 18 的测量偏移；

[0065] $S(t_1)$ 是打开时间 t_1 中的探测器 18 的测量信号；和

[0066] $S(t_2)$ 是在关闭时间 t_2 中的探测器 18 的测量信号。

[0067] 在图 3A 和 3B 的时序图中,对于 X 射线脉冲的打开时间 T_{ON} 和关闭时间 T_{OFF} 显示为与数据采集间隔同样的宽度。当然,还预期对于 X 射线脉冲的打开时间 T_{ON} 和关闭时间 T_{OFF} 中的至少一个比数据采集间隔短,例如,这允许对于探测器信号的时间在进行偏移测量之前被消耗完。可替换的, X 射线源的打开时间和关闭时间可以是不同的时间长度。对于辐射源的打开和关闭时间的相应数据采集间隔可以在长度上适当的改变。

[0068] 继续参照图 1 以及进一步参照图 4,诸如 X 射线源的第二 X 射线源 86 加到图 2 的电路 A,以使用与偏移测量同样的时序连续对探测器 18 的增益 $A(t)$ 进行测量。通过关闭第一 X 射线源以及打开直接照射探测器而不是通过对象的第二 X 射线源 86 来完成对增益的测量。照明源 86 产生恒定强度 X_{Ref} 的第二照度,其用作参考照度以测量探测器的增益 $A(t)$ 。优选的,第二 X 射线源 86 是具有比第一 X 射线源的辐射强度低的辐射强度的 X 射线源。第二 X 射线源 86 优选比第一 X 射线源更接近于探测器 18 设置,这样来自第二 X 射线源 86 的照明不穿过对象 28。在一个实施例中,例如,第一 X 射线管的额定值在 100 和 500mA 之间,而第二 X 射线源 86 的额定值在 1 和 2mA 之间。这种第二 X 射线源 86 具有小的覆盖区并且成本有效。设置第二 X 射线源 86 的一个可能位置是在探测器 18 的后面,这样 X 射线穿过探测器 18 的背面。第二 X 射线源 86 可以是场发射 X 射线管或快速关闭的放射性同位素源。

[0069] 第二 X 射线源 86 是栅控 X 射线管,类似于第一 X 射线管。第二脉冲装置 88 将第二 X 射线源 86 以大约每秒 1000 到 5000 个脉冲的速率打开或关闭。优选的,脉冲上升时间 T'_r 和脉冲下降时间 T'_f 等于或小于 1usec。合适的电子器件 90 包含有电路。电子器件 90 优选包括将高压供应到第二 X 射线源 86 的阳极的正高压电源、将负的高压供应到 X 射线源 86 的栅极的负高压电源、栅极电源、开关以及将脉冲电势供应到栅极和第二 X 射线源 86 的灯丝的灯丝电源。第二脉冲装置 88 从定时控制单元或装置 82 接收命令信号以关闭或打开第二脉冲装置的开关,以改变栅极相对于灯丝的电势,从而快速切断 X 射线。

[0070] 继续参照图 1 和 4 以及进一步参照图 5A 和 5B,有时在扫描之前,校准程序或装置 92 测量探测器 18 的额定或校准增益 A_{cal} 。修正未来的测量到额定增益。校准程序 92 包括以快速连续作出的两个测量。当第二 X 射线源 86 在时间 t_A 中处于打开时进行第一测量

$S(t_A)$ 。当第二 X 射线源 86 在时间 t_B 中处于关闭时进行第二测量 $S(t_B)$ 。上述两个测量的信号 $S(t_A)$ 和 $S(t_B)$ 具有下述关系：

[0071] $S(t_A) = A_{cal} \cdot X_{Ref} + B(t_A)$ (1)

[0072] $S(t_B) = B(t_B)$, 其中

[0073] $S(t_A)$ 是在时间 t_A 中的探测器的测量信号；

[0074] X_{Ref} 是第二 X 射线源 86 的强度；

[0075] A_{cal} 是在时间 t_A 中的探测器 18 的校准增益；

[0076] $B(t_A)$ 是在时间 t_A 中的探测器 18 的信号偏移；

[0077] $S(t_B)$ 是在时间 t_B 中的探测器 18 的测量信号；以及

[0078] $B(t_B)$ 是在时间 t_B 中的探测器 18 的测量偏移。

[0079] 由于时间 t_A 和时间 t_B 彼此在时间上接近, 偏移中的变化仅仅是较小的并且可以被忽略。因此, 测量偏移 $B(t_B)$ 大约等于信号偏移 $B(t_A)$ 。校准增益 A_{cal} 的值等于：

[0080] $A_{cal} = [S(t_A) - B(t_A)] / X_{Ref}$ 或者

[0081] $A_{cal} = [S(t_A) - B(t_B)] / X_{Ref}$

[0082] A_{cal} 是在时间 t_A 中的探测器 18 的校准增益；

[0083] $S(t_A)$ 是在时间 t_A 中的探测器的测量信号；

[0084] $B(t_A)$ 是在时间 t_A 中的探测器 18 的信号偏移；

[0085] X_{Ref} 是第二 X 射线源 86 的强度；以及

[0086] $S(t_B)$ 是在时间 t_B 中的探测器 18 的测量信号。

[0087] 继续参照图 1 和 4 以及进一步参照图 5C-5E, 增益测量装置 94 计算探测器 18 的增益。初始, 第二 X 射线源 86 关闭。在时间 t_1 中, 第一 X 射线源打开。在时间 t_1 中被测量的信号 $S(t_1)$ 等于：

[0088] $S(t_1) = A(t_1) \cdot X(t_1) + B(t_1)$, 其中

[0089] $S(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器 18 的测量信号；

[0090] $X(t_1)$ 是入射到探测器 18 上的 X 射线强度；

[0091] $A(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器 18 的增益；以及

[0092] $B(t_1)$ 在时间 t_1 中的探测器 18 的信号偏移。

[0093] 如上所述, 在关闭时间 t_2 中, 偏移测量装置 84 测量偏移 $B(t_2)$, 其等于测量信号 $S(t_2)$ ：

[0094] $S(t_2) = B(t_2)$, 其中

[0095] $S(t_2)$ 是在关闭时间 t_2 中的探测器 18 的测量信号；

[0096] $B(t_2)$ 是关闭时间 t_2 中的探测器 18 的测量偏移。

[0097] 在时间 t_3 中, 其在时间上接近于时间 t_1 和 t_2 , 增益测量装置 94 测量探测器 18 的增益。更具体的, 定时装置 82 发送命令以关闭 X 射线源以及打开第二 X 射线源 86。在时间 t_3 中被测量的信号 $S(t_3)$ 等于：

[0098] $S(t_3) = A(t_3) \cdot X_{Ref} + B(t_3)$, 其中

[0099] $S(t_3)$ 是在时间 t_3 中的探测器 18 的测量信号；

[0100] $A(t_3)$ 是在时间 t_3 中的探测器 18 的信号增益；

[0101] X_{Ref} 是第二 X 射线源 86 的强度, 以及

[0102] $B(t_3)$ 在时间 t_3 中的探测器 18 的信号偏移。

[0103] 接近理想信号的修正信号 $Sc(t_1)$ 等于：

[0104] $Sc(t_1) = A_{cal} \cdot X(t_1)$, 其中

[0105] $Sc(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器的修正信号；

[0106] $X(t_1)$ 是入射到探测器 18 上的 X 射线强度, 以及

[0107] A_{cal} 是探测器 18 的校准增益。

[0108] 如果校准增益 A_{cal} 等于 $[S(t_A) - S(t_B)] / X_{ref}$ 以及 X 射线强度 $X(t_1)$ 等于 $[S(t_1) - B(t_1)] / A(t_1)$, 那么修正信号 $Sc(t_1)$ 等于：

[0109] $Sc(t_1) = \{[S(t_A) - S(t_B)] / X_{ref}\} \cdot \{[S(t_1) - B(t_1)] / A(t_1)\}$, 其中

[0110] $Sc(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器 18 的修正信号；

[0111] $S(t_A)$ 是在时间 t_A 中的探测器 18 的测量信号；

[0112] $S(t_B)$ 是在时间 t_B 中的探测器 18 的测量信号；

[0113] X_{ref} 是第二 X 射线源 86 的强度,

[0114] $S(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器 18 的测量信号；

[0115] $B(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器 18 的信号偏移; 以及

[0116] $A(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器 18 的信号增益。

[0117] 在此作出假设, 时间 t_1 , t_2 和 t_3 在时间上接近; 例如, 探测器的偏移在时间 t_1 , t_2 , t_3 保持恒定, 因此, $B(t_1) \approx B(t_2) = S(t_2)$, 这样修正的信号 $Sc(t_1)$ 等于：

[0118] $Sc(t_1) = \{[S(t_A) - S(t_B)] / X_{ref}\} \cdot \{[S(t_1) - S(t_2)] / A(t_1)\}$

[0119] 由于 $A(t_1) \approx A(t_3) = \{[S(t_3) - B(t_3)] / X_{ref}\}$ 和 $B(t_3) \approx B(t_2) = S(t_2)$, 那么：

[0120] $Sc(t_1) = \{[S(t_A) - S(t_B)] \cdot [S(t_1) - S(t_2)]\} / \{S(t_3) - S(t_2)\}$, 其中

[0121] $Sc(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器 18 的修正信号；

[0122] $S(t_A)$ 是在时间 t_A 中的探测器 18 的测量信号；

[0123] $S(t_B)$ 是在时间 t_B 中的探测器 18 的测量信号；

[0124] $S(t_1)$ 是在时间 t_1 中的探测器 18 的测量信号；

[0125] $S(t_2)$ 是在时间 t_2 中的探测器 18 的测量信号；

[0126] $S(t_3)$ 是在时间 t_3 中的探测器 18 的测量信号。

[0127] 这样, 修正装置 38 在时间 t_1 修正信号 $S(t_1)$ 的增益和偏移, 从而产生修正的信号 $Sc(t_1)$, 其是在时间 t_1 上的修正信号。如果增益 $A(t)$ 是 A_{ref} 的恒定值以及偏移等于零的话, 将会产生修正的信号 $Sc(t_1)$ 最接近测量的信号 $S'(t_1)$ 的情况。

[0128] 在一个实施例中, 为了减少噪声, 还可以随着时间对偏移和增益测量进行平滑或求平均。

[0129] 如在图 5C, 5D 和 5E 中所示, 在用于系统的时序图中, 该系统包括两个受脉冲作用的 X 射线源以便连续修正增益 $A(t)$ 和偏移 $B(t)$, 对于 X 射线源的 X 射线脉冲的打开时间 T_{ON} 和关闭时间 T_{OFF} 显示为与数据采集间隔同样的宽度。当然, 还预期对于 X 射线源的 X 射线脉冲的打开时间 T_{ON} 和关闭时间 t_{OFF} 中的至少一个可以比数据采集间隔短, 例如, 允许对于探测器信号的时间在进行偏移测量之前消耗完。可替换的, X 射线源的打开时间和关闭时间可以是不同的时间长度。对于 X 射线源的打开和关闭时间的相应数据采集间隔可以适当的在长度上改变。

[0130] 参照图 6A 和 6B, X 射线管的强度连续改变以获得快速的剂量调制, 以及降低传送到患者的总辐射剂量。在 CT 扫描器中, 通常改变到 X 射线管的灯丝 68 的电流, 以便在扫描过程中改变 X 射线的强度。当 X 射线必须穿过对象 28 的较厚的解剖组织结构时, 通常需要更多的 X 射线; 而当对具有较薄解剖组织结构的区域进行成像时, 需要更少的 X 射线。当需要较大的平均 X 射线强度时, 例如, 已知 X 射线不得不通过对象 28 的较宽部分时, 使用长的 X 射线脉冲 96。当需要较少的平均 X 射线强度时, 例如, 已知 X 射线不得不通过对象 28 的较薄部分时, 使用短的脉冲 98。当 X 射线穿过患者解剖组织结构的较薄部分时, 通过减少 X 射线的强度, 减少患者的总剂量。在扫描过程中平均的 X 射线强度几乎保持恒定。

[0131] 参照图 7, 使用诸如紫外光 (UV) 的受脉冲作用的光源 100 来激发闪烁体 24, 从而将光引入到探测器 18 中, 其由光电二极管 26 来探测。注入到闪烁层 24 中的光类似于在相同材料中被吸收的 X 射线那样被吸收。紫外光 102 由光纤 104 和光导 106 导引进入探测器 18 中。光电二极管 26 对 UV 光实质上是不敏感的。优选的, 光电二极管 26 固有地感知不到 UV 光。可选的, UV 阻挡滤光层可以沉积在光电二极管表面上。紫外光 102 用作代替图 4 中的第二 X 射线源的参考照明以便测量探测器的增益 $A(t)$ 。更具体的, UV 光管 (light pipe) 108 被安装到闪烁层 24 的内表面 110 上。内表面 110 优选涂有反射层 112。在反射层中的小孔 114 允许 UV 光 102 达到闪烁层 24, 使得光 102 扩展开以照明闪烁晶体并且达到光电二极管 26, 其产生与光成比例的电信号。上述信号由如上所述的修正装置 38 来测量和修正。

[0132] UV 光管 108 可以基本透过 X 射线, 并且可以由诸如特定的玻璃、石英等的任何 UV 透明材料制成。UV 光管 108 优选涂有反射材料的第二层 118, 以便防止 UV 光 102 从管 108 中逃逸。达到每一探测器元件的 UV 强度不必相等, 这是因为可以对不均匀的强度进行修正。在一个实施例中, 单一的 UV 源 100 使用多个光纤起到多个探测模块的作用。

[0133] 参照图 8, X 射线至模拟信号转换层 22 包括 X 射线光电导体 128, 其由受脉冲作用的光源 100 激发。注入到光电导体 128 中的光形成载流子, 其类似于由在相同材料中吸收的 X 射线产生的载流子。光源 100 产生用于探测器增益测量的基准照明。X 射线光电导体 128 包括顶部电极层 130 以及底部或像素电极 132。高压电源 134 经由顶部电极 130 供应高偏压到探测器 18。光管 108 设置在顶部电极 130 之上, 以便经由光纤 104 和光导 106 将光 102 分布到位于顶部电极层 130 中的开孔 136 中。光管 108 优选可以基本透过 X 射线, 并且可以由光学透明玻璃、塑料或者其它透明材料制成。底部电极 132 是为探测器 18 的多个独立的 X 射线敏感区域探测信号的各个电极。上述信号由如上所述的修正装置 38 来测量和修正。

[0134] 参照图 9, 电荷载流子注入装置 138 将载流子注入到光电导体 128 中。这种人为注入的载流子基本以与由 X 射线产生的载流子的同样方式起作用。在 X 射线探测中影响增益的在光电导体中的陷阱作用也影响对于由电极注入的载流子的增益。更具体的, 为了测量探测器增益 $A(t)$ 的目的, 顶部电极层 130 被分为两个或多个电极, 例如公共偏置和注入顶部电极 140, 142。在适当的扫描条件下, 顶部电极 140, 142 处于相同的固定电势下。更具体的, 当开关 144 处于“关闭”位置时, 高压电源 134 提供高偏压到顶部电极 140, 142。在探测器增益 $A(t)$ 的测量过程中, 关闭第一 X 射线源。开关 144 处于“打开”位置。注入电源 146 提供注入电势到注入电极 142, 而高压电源 134 提供高偏压到公共偏置电极 140。在该方式

下,差分电压施加到公共偏置和注入电极 140,142。差分电压导致将载流子注入到顶部表面 110 处的光电导体 128 中。上述载流子产生由底部电极 132 探测的信号。上述信号由如上所述的修正装置 38 来测量和修正。

[0135] 为了防止不需要的载流子注入到光电导体 128 中,也称为阻挡接触的薄层 146 设置在顶部金属电极 140,142 和 X 射线光电导体 128 之间。不需要的载流子的注入导致高的暗电流,这是非常不希望的结果。阻挡接触 146 可以由不同的方法形成,诸如 P-N 结,肖特基载流子,绝缘-隧穿载流子等。在正常条件下,当施加高偏压时,阻挡接触 146 防止载流子注入。将非常高的差分电势施加到顶部电极 140,142 会导致具有产生的载流子注入的阻挡接触 146 的非破坏性击穿。上述三种类型的阻挡接触 146 的每一个都倾向于为这种击穿。

[0136] 结合上述精确修正的受脉冲作用的 X 射线源的使用将允许使用探测器,其增益和偏移随时间变化。这种以前不能使用的探测器的例子是由次的闪烁体、X 射线光电导体等制成的探测器。

[0137] 在一个实施例中,对探测器的偏移和 / 或增益随时间变化的统计 历史纪录进行采集。基于所采集的历史纪录不经常对系统进行校准。

[0138] 参照优选实施例对本发明进行了描述。显然,在阅读和理解前述详细说明后他人可作出修正和改变。本发明意旨解释为包括所有的落入所附权利要求或其等同物范围内的这种修正和改变。

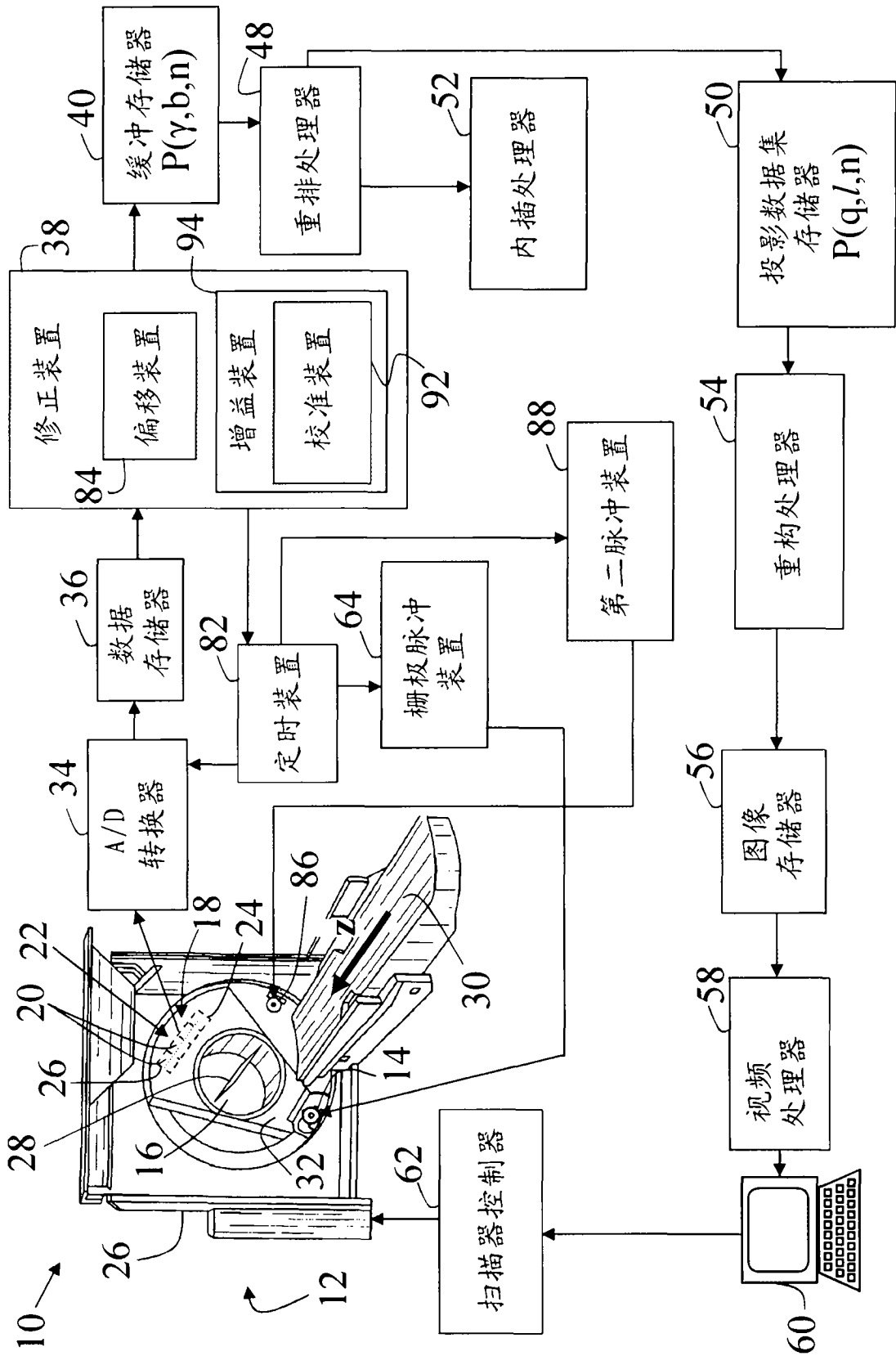


图 1

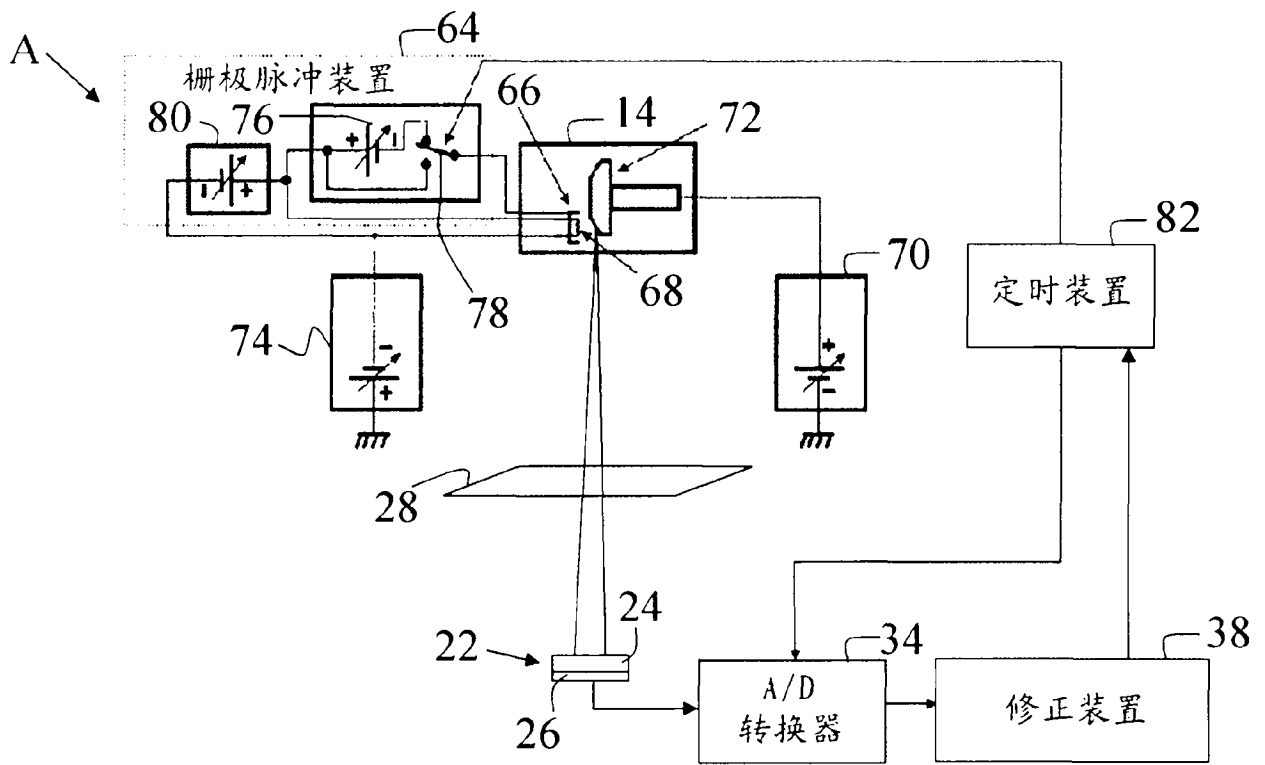


图 2

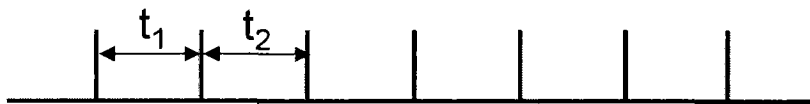


图 3A

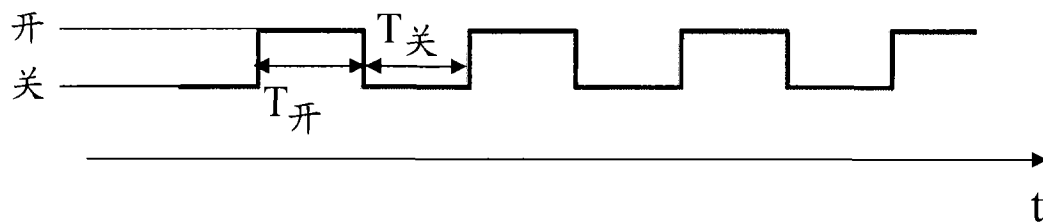


图 3B

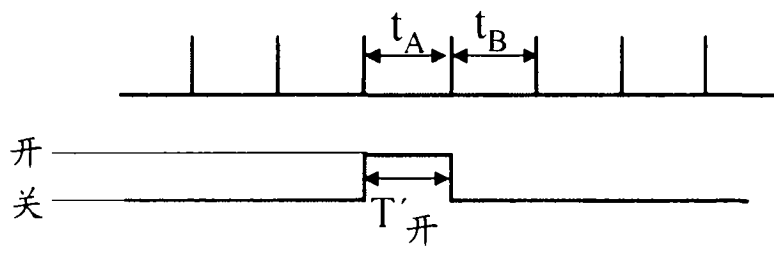


图 5A

图 5B

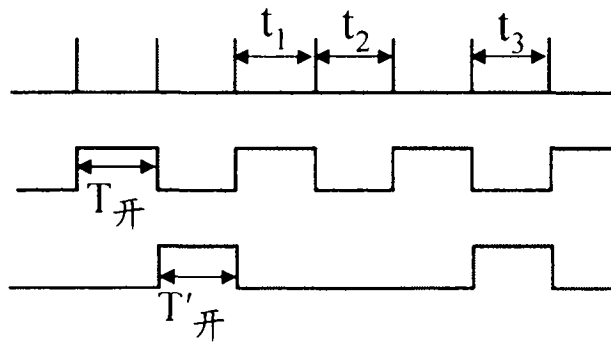


图 5C

图 5D

图 5E

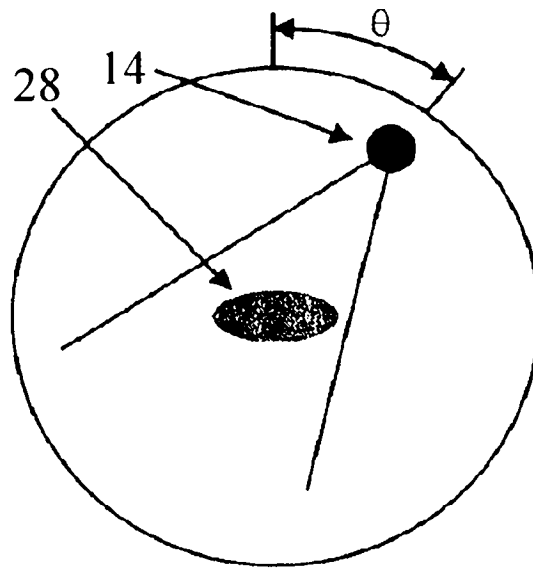


图 6A

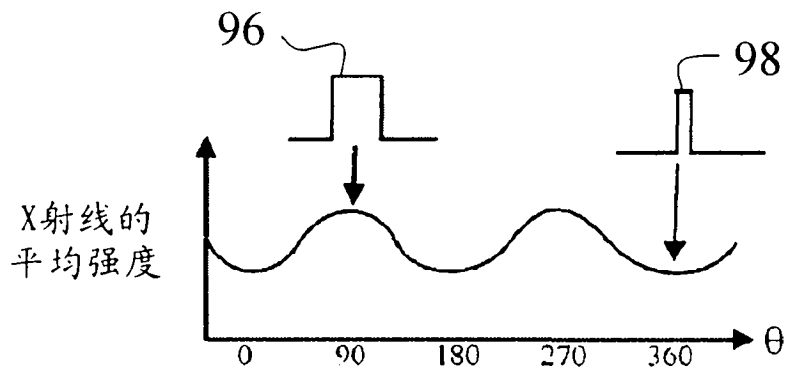


图 6B

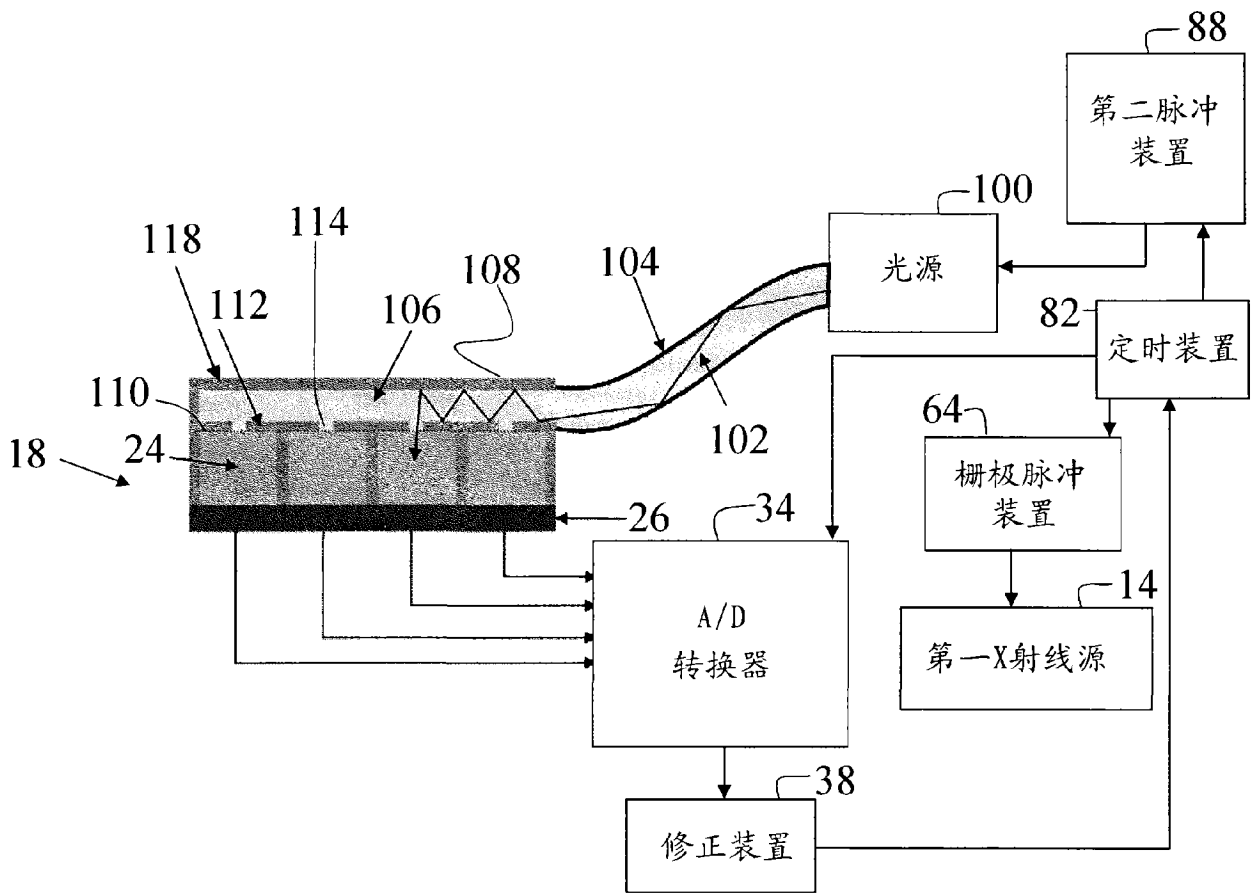


图 7

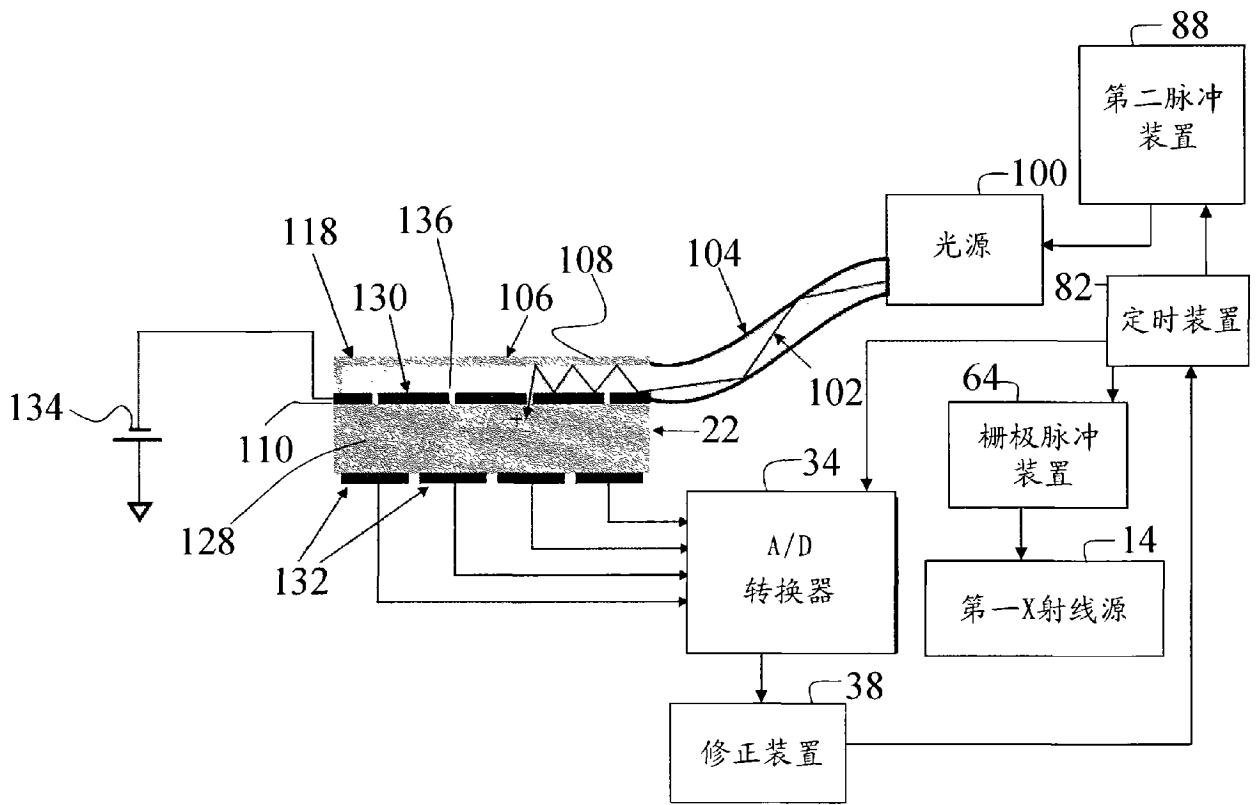


图 8

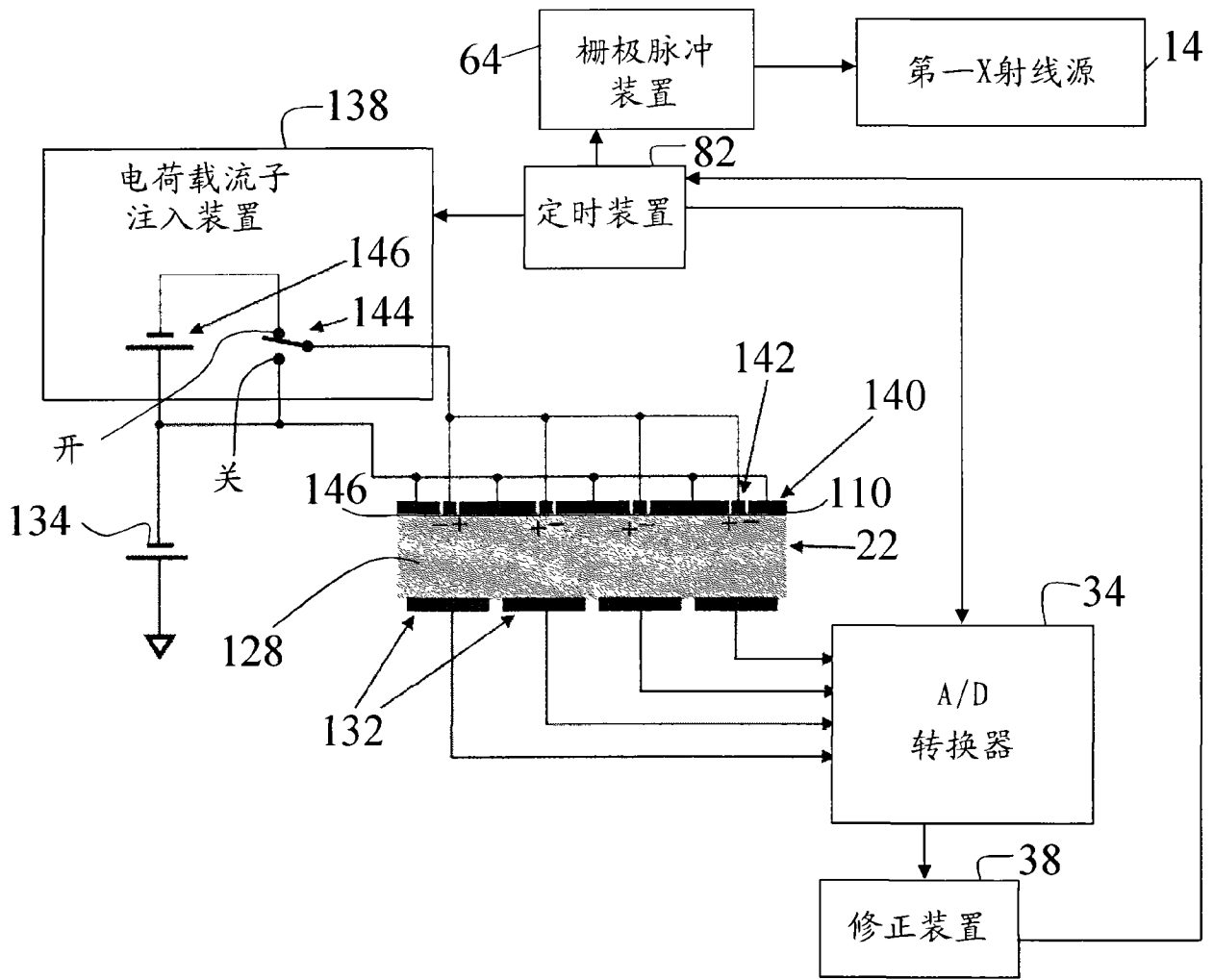


图 9