



(10) 授权公告号 CN 116830234 B

(45) 授权公告日 2025. 05. 16

(21) 申请号 202180092847.5

(22) 申请日 2021.12.31

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116830234 A

(43) 申请公布日 2023.09.29

(30) 优先权数据
21157470.2 2021.02.16 EP
63/133,036 2020.12.31 US
17/177,038 2021.02.16 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2023.08.03

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2021/065845 2021.12.31

(87) PCT国际申请的公布数据
W02022/147367 EN 2022.07.07

(73) 专利权人 万睿视影像有限公司
地址 美国犹他州
专利权人 VEC影像有限责任两合公司

(72) 发明人 H·加法里 高波 V·S·鲁宾逊

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256
专利代理师 郑振

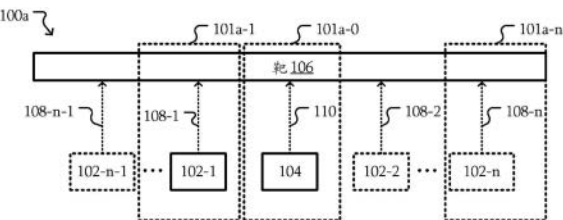
(51) Int.Cl.
H01J 35/14 (2006.01)
H01J 35/08 (2006.01)
H01J 35/06 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 110530907 A, 2019.12.03
CN 1961399 A, 2007.05.09

审查员 吴倩
权利要求书3页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称
混合多源X射线源和成像系统

(57) 摘要
一些实施方案包括一种系统,所述系统包括:多个x射线源,每个x射线源包括:电子源,所述电子源被配置为生成电子束;以及靶,所述靶被配置为接收所述电子束并将所述电子束转换成x射线束;其中:所述x射线源中的第一x射线源不同于所述x射线源中的第二x射线源;并且所述x射线源的所述靶是线性靶的部分。



1. 一种系统,其包括:

多个x射线源,每个x射线源包括:

电子源,所述电子源被配置为生成电子束;以及

靶,所述靶被配置为接收所述电子束并将所述电子束转换成x射线束;

其中:

所述x射线源中的第一x射线源不同于所述x射线源中的第二x射线源,并且所述第一x射线源的所述电子源包括至少一个场发射器;

所述x射线源中的所述第二x射线源的所述电子源不同于场发射器;

所述x射线源的所述靶是线性靶的部分,并且每个靶设置在沿着所述线性靶的不同位置处;以及

所述第一x射线源的所述电子源和所述第二x射线源的所述电子源被配置为使得来自所述第一x射线源的所述电子源的所述电子束在对应靶上的第一焦点上的第一最大电流不同于来自所述第二x射线源的所述电子源的所述电子束在所述对应靶上的第二焦点上的第二最大电流。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中:

所述线性靶的纵横比大于或等于2:1、10:1和20:1中的至少一者。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中:

所述x射线源中的所述第二x射线源的所述电子源包括灯丝、低功函数发射器、储备式阴极或光电发射器。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中:

所述第一最大电流是所述第二最大电流的2倍、10倍或100倍中的至少一者。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中:

所述x射线源中的至少一些基本上是相同的,或者

所述x射线源中的至少三者基本上是相同的。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中:

所述第一x射线源包括第一发射器和第二发射器,所述第一发射器和所述第二发射器被配置为从所述第一x射线源的所述电子源生成在所述第一焦点上的所述电子束;并且

所述第一发射器被配置为生成高于所述第二发射器的最大电流的最大电流。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第一x射线源包括:

多个发射器;以及

多个聚焦电极,所述多个聚焦电极被配置为将来自所述发射器的电子束可控地聚焦在单个焦点上并且将来自所述发射器的所述电子束可控地聚焦在多个焦点上。

8. 根据权利要求1所述的系统,其还包括:

第一真空罩,所述第一真空罩包括所述第一x射线源;

与所述第一真空罩分开的第二真空罩,所述第二真空罩包括所述第二x射线源。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中对于所述x射线源中的至少一者:

所述靶的表面相对于相关联的所述电子束以不同于垂直的角度设置;并且

准直器的最靠近所述电子源的第一边缘比在进入所述准直器之前所述x射线束的中心轴线更靠近所述电子源。

10. 根据权利要求9所述的系统, 其中:

所述准直器的与所述第一边缘相对的第二边缘处于在进入所述准直器之前所述x射线束的所述中心轴线处或者比在进入所述准直器之前所述x射线束的所述中心轴线更靠近所述电子源。

11. 根据权利要求1所述的系统, 其中:

所述第一x射线源的所述靶具有不同于所述第二x射线源的所述靶的斜率; 并且/或者所述第一x射线源的所述靶具有不同于所述第二x射线源的所述靶的材料。

12. 根据权利要求1所述的系统, 其还包括:

冷却系统, 所述冷却系统被配置为以不同于所述第二x射线源的所述靶的方式冷却所述第一x射线源的所述靶。

13. 一种方法, 其包括:

从包括场发射器的第一x射线源发射第一x射线束, 包括: 从第一电子源朝向靶的第一部分发射第一电子束; 以及

从包括不同于场发射器的发射器的第二x射线源发射第二x射线束, 包括: 从第二电子源朝向不同于所述靶的所述第一部分的所述靶的第二部分发射第二电子束;

其中:

所述第一x射线源不同于所述第二x射线源; 并且

所述靶是线性靶; 以及

所述第一x射线源的所述第一电子源和所述第二x射线源的所述第二电子源被配置为使得来自所述第一x射线源的所述第一电子源的所述第一电子束在靶的第一部分上的第一焦点上的第一最大电流不同于来自所述第二x射线源的所述第二电子源的所述第二电子束在所述靶的第二部分上的第二焦点上的第二最大电流。

14. 根据权利要求13所述的方法, 其中:

所述第一电子源包括多个发射器; 并且

所述第二电子源包括至少一个发射器。

15. 根据权利要求13所述的方法, 其中:

所述第二电子源的发射器包括第一发射器和第二发射器; 并且

所述方法还包括:

在第一操作期间从所述第二电子源的所述第一发射器以第一电流发射所述第二电子束; 以及

在第二操作期间从所述第二电子源的所述第二发射器以大于所述第一电流的第二电流发射所述第二电子束。

16. 根据权利要求13所述的方法, 其中:

所述第二电子源的发射器包括多个发射器; 并且

所述方法还包括将来自所述第二电子源的所述发射器的电子束聚焦在所述第二焦点上。

17. 一种系统, 其包括:

多个用于发射电子束的装置; 以及

用于响应于所述电子束而生成x射线的装置;

其中：

用于发射电子束的第一装置和所述用于响应于所述用于发射电子束的第一装置的所述电子束而生成x射线的装置的第一组合包括场发射器并且不同于用于发射电子束的第二装置和所述用于响应于所述用于发射电子束的第二装置的所述电子束而生成x射线的装置的第二组合；

所述用于发射电子束的第二装置包括不同于场发射器的发射器；

所述用于响应于所述用于发射电子束的第一装置的所述电子束而生成x射线的装置设置在与所述用于响应于所述用于发射电子束的第二装置的所述电子束而生成x射线的装置不同的位置处；以及

用于生成来自所述用于发射电子束的装置中的一者的第一电子束的x射线的装置上的第一最大电流不同于来自所述用于发射电子束的装置中的另一者的第二电子束的第二最大电流。

混合多源X射线源和成像系统

[0001] 固定断层合成可使用多源x射线管来执行。此类多源x射线管可包括多个发射器，诸如纳米管发射器。虽然可使用多源x射线管执行断层合成，但剂量可能不足以执行某些较高剂量的二维(2D)成像。

附图说明

- [0002] 图1是根据一些实施方案的具有多个x射线源的系统的框图。
- [0003] 图2是根据一些其他实施方案的具有多个x射线源的系统的框图。
- [0004] 图3A至图3B是根据一些其他实施方案的包括具有多个发射器的x射线源的系统的框图。
- [0005] 图4是根据一些实施方案的具有包括较小发射器的x射线源的系统的框图。
- [0006] 图5是根据一些实施方案的具有包括较大发射器的x射线源的系统的框图。
- [0007] 图6A是根据一些实施方案的具有包括具有多个区域的靶的x射线源的系统的框图。
- [0008] 图6B是根据一些实施方案的具有不同斜率的靶的区域的框图。
- [0009] 图7是根据一些实施方案的具有包括具有不同冷却系统的多个区域的靶的x射线源的系统的框图。
- [0010] 图8是根据一些实施方案的具有包括多个真空罩的x射线源的系统的框图。
- [0011] 图9是根据一些实施方案的成像系统的框图。
- [0012] 图10是根据一些其他实施方案的成像系统的框图。
- [0013] 图11是根据一些实施方案的操作具有多个x射线源的系统的技术的流程图。
- [0014] 图12是根据一些实施方案的具有多个x射线源的系统的框图。

具体实施方式

[0015] 一些实施方案涉及具有多个x射线通量(表示不同剂量)的x射线源。本文描述的实施方案可允许在较低剂量三维(3D)成像(例如，“3D”乳房摄影术)，以及较高剂量二维(2D)成像和放大成像中的一者或两者中使用断层合成。不同的电子发射器-阳极配置可用于具有适合于不同应用的不同x射线通量的x射线源。

[0016] 图1是根据一些实施方案的具有多个x射线源的系统的框图。系统100a包括多个x射线源101a，所述多个x射线源包括发射器102和104以及靶106。系统100a可包括其他部件、电子器件、真空罩等；然而，为了清楚起见，并未示出那些部件。

[0017] 发射器102和104可为任何种类的发射器。例如，发射器102和104中的每一者可包括灯丝(例如，线圈灯丝发射器)、低功函数(LWF)发射器、场发射器、储备式阴极、光电发射器等。发射器102和104可为相同或不同类型的发射器。例如，发射器102可为断层合成中使用的场发射器，而发射器104可为2D和/或放大成像中使用的灯丝。

[0018] 靶106是被配置为响应于诸如电子束108和110的入射电子束而生成x射线的结构。靶106可包括诸如钨(W)、钼(Mo)、铑(Rh)、银(Ag)、铼(Re)、钯(Pd)等材料。在一些实施方案

中,靶106是具有长度:宽度(或长度:高度)纵横比的线性靶,其中靶长度是靶宽度(或高度)的2倍、5倍、10倍、20倍或50倍。在一些实施方案中,线性靶可为平坦的或呈曲线,诸如连续曲线、分段线性曲线、此类曲线的组合等。在一些实施方案中,来自发射器102和104中的每一者的电子束108和110可撞击靶106的不同区段或部分。在一些实施方案中,来自发射器102和104的电子束108和110可撞击靶106的至少三个、五个或十个不同的区段或部分。

[0019] 在一些实施方案中,从x射线源101发射的x射线可被引向共同的位置。例如,x射线源101可定向在壳体、机架或其他结构中,使得x射线被引向单个点或区域。当系统100a被安装时,所述点或区域可为放置物体、标本、患者等的位置。在一些实施方案中,系统可安装在固定结构或机架上。x射线源101的放置和取向可缓解围绕物体、标本、患者等旋转系统的需求。

[0020] 发射器102或104与靶106的组合形成x射线源101a。例如,x射线源101a-0包括发射器104和靶106。x射线源101a-1至101a-n各自包括对应的发射器102-1至102-n和靶106。虽然作为示例已经示出了单个靶106,如下文将进一步详细描述,每个x射线源101可包括靶106的不同区域或单独的靶106。如下文将进一步详细描述, x射线源101可具有其他方面,诸如发射器102或104的不同配置、不同的靶106和/或靶106的不同区域等,使得x射线源101中的至少一者不同于x射线源101中的另一者。在此处,x射线源101a-0与x射线源101a-1至101a-n的不同之处在于发射器102不同于发射器104。在一些实施方案中,发射器102可为相同的。因此,x射线源101a中只有一者(即,x射线源101a-0)不同于其他x射线源。然而,在一些实施方案中,x射线源101中的每一者可为不同的。在其他实施方案中,发射器102和104的不同组合可为相同的,而其他是不同的。

[0021] 虽然发射器102和104可能相似,但发射器102和104被配置为使得来自发射器102中的一者的第一电子束108在靶106上的第一焦点上的最大电流不同于第二电子束110在靶106上的第二焦点上的第二最大电流。

[0022] 最大电流是单独的发射器102或104以及靶106的对应部分的配置可实现的最大电流。虽然在一些实施方案中,发射器102和104可被操作为具有相同的操作电流,但发射器102和104和/或靶106被配置为使得发射器104和靶106可实现的最大电流也可不同。例如,发射器102中的一者或多者可具有在发射器104的配置下无法实现的最大电流,或者发射器104可具有发射器102中的一者或多者无法实现的最大电流。

[0023] 在一些实施方案中,系统100a包括至少一个发射器102和单个发射器104。如下文将进一步详细描述,发射器102和104可具有一些相似性;然而,在操作中并与靶106的对应焦点和部分相组合,发射器-靶组合具有最大电流。

[0024] 在一些实施方案中,因发射器104和靶106的对应部分所致的最大电流大于单个发射器102(诸如发射器102-1)和靶106的对应部分的最大电流。在其他实施方案中,相对最大电流被反转,因此发射器102的最大电流大于发射器104。最大电流可通过1.5倍、2倍、10倍、100倍或更大的倍数相关。

[0025] 在一些实施方案中,电子束110的最大电流可大于或小于电子束108中的一者的最大电流。因此,即使在靶106的相同部分下,电子束108也可在靶106上生成不同于电子束110的最大电流。例如,电子束108的最大电流可为约30毫安(mA),而电子束110的最大电流可为约100mA。在一个示例中,来自第一电子源(例如,101a-0)的电子束(例如,110)的最大电流

(例如,第一最大电流)是来自第二电子源(例如,101a-1)的电子束(例如,108)的最大电流(例如,第二最大电流)的至少两倍(2倍)、3倍、5倍、10倍、20倍、50倍或100倍。例如,来自发射器102的电子束108可用于较低剂量断层合成,而来自发射器104的电子束110可用于较高剂量2D和/或放大成像。

[0026] 系统100a可包括任何数量的发射器102,由发射器102-1至102-n表示,其中n是大于1的任何整数。在一些实施方案中,发射器102的数量是一个或至少两个。在一些实施方案中,发射器102的数量可为约25个。在其他实施方案中,基于诸如布局、配置、应用等各种因素,数量可不同。

[0027] 在一些实施方案中,发射器102和104可以平坦的一维阵列设置。在其他实施方案中,发射器102和104可以曲线设置,诸如连续曲线、分段线性曲线、此类曲线的组合等。在一些实施方案中,发射器102和104可以二维阵列或一维阵列和二维阵列的组合设置。在一些实施方案中,发射器的弧度可围绕中心点从约 $\pm 15^\circ$ 度延伸至约 $\pm 90^\circ$ 度。靶106可以对应于发射器102和104的一维阵列或二维阵列的方式成形。

[0028] 在一些实施方案中,发射器104设置在发射器102的中心。然而,在其他实施方案中,发射器104可设置在不同的位置。例如,发射器104可设置在发射器104的阵列的一端处、设置成偏离发射器104的中心等。

[0029] 在一些实施方案中,系统100a可用于不同的应用。例如,在一组操作中,可操作发射器102和104中的每一者以在靶106上生成基本上相同的电流。此类应用可用于生成层析图像。然而,在诸如二维乳房摄影术的其他操作中,可能需要二维投影图像。对于此类图像,可能需要较高的x射线强度。由于发射器104与发射器102不同地配置,系统100a可用于两种类型的操作。

[0030] 图2是根据一些其他实施方案的具有多个发射器的系统的框图。系统100b可类似于上文描述的系统100a。然而,在一些实施方案中,系统100b可包括具有多个发射器104的x射线源101b-0(为了清楚起见,在此附图或其他附图中未示出类似于x射线源101a-1至101a-n的其他x射线源101)。在此处,示出了两个发射器104-1和104-2;然而,在其他实施方案中,数量可大于两个。每个发射器104可被配置为生成对应的电子束110。在一些实施方案中,电子束110可被聚焦和/或导引到靶106的相同部分上,诸如靶106上的相同焦点上。电子束110在靶106的相同部分上的聚焦和/或导引可通过发射器104的结构(例如,发射器腔)和/或电气(例如,聚焦电极)特征和/或磁性材料或静电机机制等来执行。

[0031] 在一些实施方案中,发射器104中的一者诸如发射器104-1可类似于发射器102。然而,发射器104-2可不同,诸如通过变得更大或更小。因此,靶上的最大电流可能会由于不同的发射器104-2而不同。

[0032] 在一些实施方案中,发射器104-1和104-2两者都可不同于发射器102。例如,发射器104-1可更小和/或被配置为在靶106上生成更小的焦点,而发射器104-2可更大和/或被配置为在靶上生成更大的焦点。在一些操作中,具有更小的焦点的发射器104-1可用于高分辨率成像,而较大的发射器104-2可用于二维成像,诸如乳房摄影术。

[0033] 图3A至图3B是根据一些其他实施方案的包括具有多个发射器的x射线源的系统的框图。在一些实施方案中,系统100c可类似于上文描述的系统100b。然而,x射线源101c-0的发射器104可包括一个或多个聚焦电极112,所述一个或多个聚焦电极被配置为将电子束

110聚焦在靶106上的不同焦点上。在一些操作中,可控制聚焦电极112以将电子束110中的每一者聚焦在靶106上的不同焦点上,如图3A所示。

[0034] 然而,在其他操作中,可控制聚焦电极112以将电子束110聚焦在单个焦点上,如图3B所示。因此,该焦点上的有效最大电流将高于单个发射器104的有效最大电流。尽管两个发射器104已经用作示例,但在其他实施方案中,可使用更多发射器104。在一些实施方案中,可将足够数量的发射器104分组在一起以实现期望的总电流。例如,发射器104可以二维阵列设置。

[0035] 虽然已经描述了可控制聚焦电极112以将电子束110聚焦在靶106上的单个焦点或多个焦点上的一些实施方案,但在其他实施方案中,聚焦可为固定的。例如,可将聚焦设定为将电子束110聚焦在单个焦点上。在操作中,可诸如通过聚焦电极112(其组合可被称为网格)或特定于发射器104的类型的其他部件来控制从零到所有发射器104的任何数量的发射器104,以选择性地发射电子束110。因此,可通过控制哪些发射器104朝向单个焦点发射电子束110来控制单个焦点上的有效电流。

[0036] 图4是根据一些实施方案的具有包括较小发射器的x射线源的系统的框图。系统100d可类似于上文描述的系统100a。然而,在一些实施方案中,发射器104d可小于发射器102。发射器104d可被配置为提供具有较低最大电流的电子束104d。在一些实施方案中,电子束110d可具有较小的焦点尺寸。较小的焦点尺寸可允许比其他电子束108更大的分辨率。因此,电子束110d和所得的x射线束可用于高分辨率成像。

[0037] 图5是根据一些实施方案的具有包括较大发射器的x射线源的系统的框图。系统100e可类似于上文描述的系统100a。然而,在一些实施方案中,发射器104e的最大电流可大于发射器102的最大电流。因此,更大的电流可允许二维成像,诸如二维乳房摄影术。

[0038] 上文已经描述了在靶106上产生不同的最大电流的发射器配置的许多变化。如下文将进一步详细描述,靶106可包括用于靶106的不同部分的不同配置以实现不同的最大电流。虽然将描述发射器102和104具有带有相同或相似电流的电子束108和110的实施方案,但在其他实施方案中,可通过发射器配置和靶配置的各种组合来实现不同的最大电流。

[0039] 图6A是根据一些实施方案的具有包括具有多个区域的靶的x射线源的系统的框图。系统100f可类似于上文描述的系统100a。然而,在一些实施方案中,x射线源101f-0的发射器104可类似于x射线源101f-1的发射器102。每个发射器102和发射器104被配置为朝向靶106f的不同区域(在此处标识为区域106f-0至106f-n)发射对应的电子束108或110。区域106f-0至106f-n是x射线源101f-0至101f-n的部分。在此处,发射器102-1至102-n被配置为朝向对应的区域106f-1至106f-n发射电子束108-1至108-n,并且发射器104被配置为朝向区域106f-0发射电子束110。

[0040] 虽然区域106f-0至106f-n被示出为相邻,但在一些实施方案中,区域之间的间距可不同。此外,在一些实施方案中,由电子束108或110产生的焦点可为分开的,而不是重叠的。

[0041] 图6B是根据一些实施方案的具有不同斜率的靶的区域的框图。参考图6A和图6B,在一些实施方案中,区域106f-0可具有不同于诸如区域106f-1的另一个区域的斜率。在此示例中,区域106f-0具有比区域106f-1更浅的斜率。因此,在对应的电子束108-1和110中具有相同电流的情况下,区域106f-0中靶上的有效电流密度小于区域106f-1中的有效电流密

度。在一些实施方案中,与电子束108-1相比,来自发射器104的电子束110中的电流可能相对更大。更大的电流可能归因于发射器104的更大尺寸。相对于区域106f-1,电子束110可在靶106的区域106f-0上具有更大的焦点。然而,由于区域106f-0的斜率小于区域106f-1的斜率,x射线束114-0的焦点尺寸可小于x射线束114-1的焦点尺寸。因此,在一些实施方案中,可使用较高电流来生成x射线束114-0,同时维持与x射线束114-1相似的x射线焦点尺寸。此外,电子束110中的较高电流可分布在靶106的区域106f-0中的较大区上。因此,在一些实施方案中,区域106f-0上的电流可分布在较大区上,从而导致区域106f-0上的电流密度小于较大电流被聚焦在较小焦点上的情况下的电流密度。区域106f-0上的较低电流密度可提高靶106的稳定性,例如通过降低靶106的温度、热通量等。在一些实施方案中,区域106f-1至106f-n的配置可能相似,而区域106f-0的配置不同于区域106f-1至106f-n中的每一者的配置。

[0042] 虽然区域106f-0中的较浅斜率已经用作示例,但在其他实施方案中,配置可不同。例如,相对于区域106f-1至106f-n,区域106f-0可具有更陡的斜率。

[0043] 返回参考图6A,在一些实施方案中,区域106f-0可包括与区域106f-1至106f-n的材料不同的材料。如上所述,各种不同的材料可用作靶106f,或者可使用各种不同的材料来支持适于更有效的热传递的靶,例如诸如铜(Cu)。这些材料中的任一种都可用于在区域106f之中产生材料差异。

[0044] 在特定示例中,区域106f-0可由钨(W)形成。区域106f-1至106f-n可由钨-铱合金形成。如上所述,在一些实施方案中,射束110在靶106f-0上的最大电流可大于其他区域106f-1至106f-n。因此,可在该区域106f-0中使用具有较高热性能(诸如具有较高熔点)的材料(诸如钨)。然而,铱(Rh)对于诸如乳房摄影术的特定应用可能具有更期望的x射线光谱。因此,铱可用作不会接收具有较高最大电流的电子束108的区域106f-1至106f-n的部分。因此,在一些实施方案中,可基于热性能和/或x射线发射光谱而选择材料。

[0045] 图7是根据一些实施方案的具有包括具有包括不同冷却系统的多个区域的靶的x射线源的系统的框图。系统100g可类似于上文描述的系统100f。然而,系统100g可包括冷却系统116g,所述冷却系统靠近区域106f-1并且被配置为至少冷却该区域106f-0。例如,冷却系统1006可包括流体冷却系统诸如水冷系统、蒸发冷却系统、相变材料等。在一些实施方案中,可冷却靶106f的其他部分。然而,由于区域106f-0可能会因较高的最大电流而生成更多热量,因此可向该区域106f-0提供额外冷却。

[0046] 在一些实施方案中,区域106f可彼此间隔开。例如,区域106f之间的间距可为区域106f的长度的分数,诸如约5%、10%或更大。在一些实施方案中,区域106f之间的间距可为相同或不同的。在一些实施方案中,区域106f-0与其他区域106f之间的间距可不同于那些其他区域106f之间的间距。

[0047] 在一些实施方案中,一个系统100中的两种不同配置(诸如x射线源100a-100g)的能力可实现降低的成本。不管期望的操作是较高还是较低的最大电流,组合成单个系统100都可降低复杂性,包括更统一的部分、降低成本等。此外,组合可允许额外使用,同时维持其他x射线源的先前的使用。例如,习惯于使用特定的x射线源来进行二维成像的用户可继续使用该操作,同时获得上文描述的额外益处,诸如层析成像、因运动模糊减少而提高图像质量、较高分辨率成像等。

[0048] 图8是根据一些实施方案的具有包括多个真空罩的x射线源的系统的框图。在一些实施方案中,系统100h可类似于上文描述的系统100a。然而,发射器104可在不同的真空罩120中。在此处,发射器102与对应的靶106h-1一起设置在真空罩120-1中。然而,发射器104与对应的靶106h-2一起设置在真空罩120-2中。真空罩120-1可与真空罩120-2相邻并且被设置成使得所得的x射线被引向基本上相同的位置。将发射器104置于不同于具有发射器102的真空罩120-1的真空罩120-2中允许更换系统100h的出现故障和/或磨损的一部分,而不用更换整个系统100h,这可提供成本节省。

[0049] 在一些实施方案中,第一x射线源撞击与第二x射线源不同的靶或靶区域。第一x射线源可共享相同的控制电子器件、电源等。

[0050] 在一些实施方案中,上文描述的靶是固定阳极的部分。在一些实施方案中,上文描述的靶是线性阳极的部分。

[0051] 图9是根据一些实施方案的成像系统的框图。在一些实施方案中,成像系统200a包括被配置为生成电子束210的电子源205。电子束210被引向靶206。靶206具有相对于入射电子束210以不同于垂直的角度设置的表面206a。在一些实施方案中,靶206是旋转阳极的部分;然而,在其他实施方案中,靶206可为固定阳极的部分。由靶206接收的电子束210生成穿过真空罩的窗口280的x射线束270。在一些实施方案中,电子源205和靶206的配置可类似于上文描述的x射线源100;然而,在其他实施方案中,组合可不同。例如,电子源205可包括单个发射器。

[0052] 准直器220a被配置为使x射线束270成形。成形的x射线束270包括中心轴线272、更靠近电子源205的部分274和更远离电子源205的部分276。中心轴线272是x射线束270中以垂直于入射电子束210的角度生成的x射线的方向。部分274和276至少部分地由准直器220a的边缘220a-1和220a-2形成。特别地,边缘220a-1比中心轴线272更靠近电子源205。边缘220a-2比中心轴线272更远离电子源205。由于x射线束270生成中的足跟效应,部分274中的强度可能比部分276中的强度更高且更均匀。在部分276中,在更靠近准直器220a的边缘220a-2处,强度可能下降得更快。

[0053] 阳极足跟效应或足跟效应是指由于来自靶材料的处于垂直于电子束的角度或更大角度的x射线发射较少,与阴极或电子源205相比,x射线束270中更靠近阳极的一部分中的场强度或x射线通量较低。电子束210到x射线的转换不仅仅发生在靶206材料的表面处,而且发生在靶206材料内。由于x射线产生于靶206材料中的更深处,因此那些x射线在x射线可前进到检测器230之前还从靶206材料穿出返回。在垂直于电子束210的发射角(更靠近靶206)下需要穿越比在更平行于电子束210的发射角(更靠近阴极或电子源205)下更多的靶206材料。靶206材料的增加导致靶206材料对x射线的更多再吸收,从而导致较少的x射线以垂直于电子束210的角度到达场。相比之下,以更靠近入射电子束210的角度发射的x射线穿过更少的靶206材料并且更少地被再吸收。最终结果是朝向阴极或电子源205的场强和x射线通量大于朝向靶206的场强和x射线通量。这种不均匀的射束效应或足跟效应可能会对x射线成像中的检测结果产生负面影响。

[0054] 在一些实施方案中,x射线过滤器260可设置在x射线束270中。x射线过滤器260被示出为在准直器220a的下游;然而,在其他实施方案中,x射线过滤器260可设置在其他位置。x射线过滤器260可包括各种厚度的材料,诸如钼(Mo)、铑(Rh)、银(Ag)和铝(Al)、铜

(Cu)、不锈钢、此类材料的组合等。x射线过滤器260可被配置为调整x射线束270的强度,使得部分274和276更为均匀,从而减轻足跟效应。

[0055] 在一些实施方案中,x射线源200a与检测器230一起使用来基于患者250的一部分240而生成图像。例如,部分240可为患者250的乳房。由于患者250相对于x射线束270的定位,部分240'可能无法成像。然而,其余部分可用x射线束成像,其中因足跟效应所致的强度变化具有降低的影响(例如,足跟效应施加在乳房的具有较低质量密度的较窄部分上)。例如,对于表面205a的15度角,因足跟效应所致的变化的范围可为80%至100%。因此,对于x射线源200a的操作期间的给定图像质量,患者可接受减少的剂量。此外,使用基本上全场的x射线束270可允许减小源到图像距离(SID),从而增加成像x射线剂量,允许降低相同成像x射线剂量的功率等。

[0056] 在一些实施方案中,可在靶206的表面206a上使用较小的角度。例如,尺寸为 w_1 (宽度) $\times l_1$ (长度)的纳米管(NT)发射器在电子束聚焦之后在表面206a上产生 w_2 (宽度) $\times l_2$ (长度)的电焦点尺寸(FSS)。表面206a上的电子FSS取决于聚焦电极设计,其中NT发射器尺寸($w_1 \times l_1$)越小,表面上的电子FSS($w_2 \times l_2$)越小。 w_3 (宽度) $\times l_3$ (长度)的x射线FSS由电子FSS和表面206a的角度(θ)确定。 w_3 等于 w_2 ,并且 l_3 等于 $l_2 \times \sin(\theta)$ 。在给定的x射线FSS下,较小的阳极角度允许较大的电子FSS和较大的发射器。较大的NT发射器可产生较大的发射电流。表面206a上的较大的电子FSS使热负荷分布在较大的区域中,这允许较高的管功率和x射线剂量输出。

[0057] 因此,随着足跟效应的影响降低,可在表面206a上使用较小的角度。较小的角度允许增加电子源205中的发射器的电流或尺寸。例如,较大尺寸的场发射器可提供较大的电流;然而,较大的尺寸会导致较大的x射线FSS。然而,可减小表面206a的角度以维持x射线FSS,同时仍然增加在相同或相似SID下的剂量。

[0058] 图10是根据一些其他实施方案的成像系统的框图。成像系统200b可类似于如上所述的成像系统200a。然而,成像系统200b包括具有不同配置的准直器220b。准直器220b包括与中心轴线272基本上对准的边缘220b-2。在其他实施方案中,边缘220b-2可处于不同的位置,诸如更靠近电子源205。由于准直器220b的边缘220b-1和220b-2的位置,x射线束270的离开准直器的部分基本上仅为部分274或部分274的子集。足跟效应对部分274的影响可能会降低,从而导致穿过准直器220b的x射线的均匀性提高。在一些实施方案中,可省略x射线过滤器260,因为x射线在部分274中的均匀性可能是足够的。例如,对于靶表面206a的15度角,x射线强度可从约90%变化到100%。此外,成像系统200b可在部分240的远端处具有较高的强度。

[0059] 在一些实施方案中,成像系统200b允许患者250在系统200b的与图9那一侧相对的一侧上。在一些实施方案中,相对于使用旋转阳极的电子源205,诸如上文描述的那些的分布式电子源205的使用可为患者250实现额外的空间。可减少在系统220b的患者250侧上的外部附件的数量,从而为患者250留出更多空间。例如,高压连接、离子泵、吸气器、管道等可为患者250留出更多空间。此外,分布式电子源205的使用实现了不使用旋转阳极的灵活性。因此,来自旋转阳极的轴承、转子、定子等可能不存在于患者250的一侧上。患者250可定位成更靠近x射线束270,从而最小化患者250的胸壁从图像中缺失的量。

[0060] 参考图9和图10,在一些实施方案中,准直器220可为可调整的。例如,边缘220a-2/

200b-2的位置可为可调整的,以使边缘从图9中的位置移动到图10中的位置。在其他实施方案中,可移动准直器的其他方面。例如,可调整位置、孔隙、形状等以相对于中心轴线272以及部分274和276实现期望的开口。

[0061] 图11是根据一些实施方案的操作具有多个x射线源的系统的技术的流程图。在1100中,从第一x射线源发射第一x射线束。在1102中,从第二x射线源发射第二x射线束。这种技术和变体可与上文描述的各种系统一起使用。例如,参考图1和图11,发射第一x射线束可由x射线源101a-0执行,并且发射第二x射线束可由x射线源101a-1执行。x射线束的发射可由来自对应的发射器102和104的电子束108和110的发射引起。

[0062] 参考图2和图11,x射线束中的一者的发射可为多个电子束110-1和110-2聚焦在靶106上的结果。参考图3A、图3B和图11,在一些实施方案中,可修改聚焦,使得电子束110-1和110-2聚焦在靶106的不同区域或相同区域上以相应地生成多个或单个x射线束。

[0063] 图12是根据一些实施方案的具有多个x射线源的系统的框图。在一些实施方案中,x射线源101可耦合到控制逻辑1200。控制逻辑1200可包括通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路、微控制器、可编程逻辑装置、分立电路、此类装置的组合等。控制逻辑1200可包括外部接口,诸如地址和数据总线接口、中断接口等。控制逻辑1200可包括将控制逻辑1200连接到内部部件和外部部件的其他接口装置,诸如逻辑芯片组、集线器、存储器控制器、通信接口等。控制逻辑1200可被配置为控制本文描述的各种操作。控制逻辑1200可包括至x射线源101的连接,包括向发射器102和104、聚焦电极112、靶106等施加电压和/或供应电流的连接。

[0064] 在一些实施方案中,x射线束的发射可能是不同尺寸的发射器朝向靶106发射电子束110的结果。

[0065] 一些实施方案包括一种系统,所述系统包括:多个x射线源(101),每个x射线源(101)包括:电子源(102、104),所述电子源被配置为生成电子束(108、110);以及靶(106),所述靶被配置为接收电子束(108、110)并将所述电子束(108、110)转换成x射线束;其中所述x射线源(101)中的第一x射线源(101)不同于所述x射线源(101)中的第二x射线源(101)。

[0066] 在一些实施方案中,所述x射线源(101)的所述靶(106)是线性靶(106)的部分。

[0067] 在一些实施方案中,所述线性靶(106)的纵横比大于或等于2:1、10:1和20:1中的至少一者。

[0068] 在一些实施方案中,所述线性靶(106)是平坦、弯曲或分段线性靶(106)。

[0069] 在一些实施方案中,所述x射线源(101)被设置成使得对应的x射线束基本上会聚在单个点上。

[0070] 在一些实施方案中,第一多个x射线源(101)包括至少一个场发射器;并且所述x射线源(101)中的另一个x射线源(101)包括灯丝、低功函数发射器、储备式阴极或光电发射器。

[0071] 在一些实施方案中,所述系统还包括准直器(220),所述准直器被配置为准直来自所述x射线源(101)中的每一者的x射线束。

[0072] 在一些实施方案中,所述x射线源(101)中的所述第一x射线源(101)包括第一电子源(102、104),所述第一电子源包括至少一个发射器;所述x射线源(101)中的所述第二x射线源(101)包括第二电子源(102、104),所述第二电子源包括至少一个发射器;并且其中:所

述第一电子源 (102、104) 和所述第二电子源 (102、104) 被配置为使得来自所述第一电子源 (102、104) 的发射器中的一者的第一电子束 (108、110) 在对应靶 (106) 上的第一焦点上的第一最大电流不同于来自所述第二电子源 (102、104) 的第二电子束 (108、110) 在所述对应靶 (106) 上的第二焦点上的第二最大电流。

[0073] 在一些实施方案中,所述第一最大电流大于所述第二最大电流。

[0074] 在一些实施方案中,所述第一最大电流是所述第二最大电流的2倍、10倍和100倍中的至少一者。

[0075] 在一些实施方案中,所述x射线源 (101) 中的至少一些基本上是相同的。

[0076] 在一些实施方案中,所述x射线源 (101) 中的至少三者基本上是相同的。

[0077] 在一些实施方案中,所述第一x射线源 (101) 包括第一发射器和第二发射器;并且所述第一发射器被配置为生成高于所述第二发射器的最大电流的最大电流。

[0078] 在一些实施方案中,所述第一x射线源 (101) 包括:多个发射器;以及多个聚焦电极 (112),所述多个聚焦电极被配置为将来自所述发射器的电子束 (108、110) 聚焦在单个焦点上。

[0079] 在一些实施方案中,所述第一x射线源 (101) 包括:多个发射器;以及多个聚焦电极 (112),所述多个聚焦电极被配置为将来自所述发射器的电子束 (108、110) 可控地聚焦在单个焦点上并且将来自所述发射器的电子束 (108、110) 可控地聚焦在多个焦点上。

[0080] 在一些实施方案中,所述系统还包括第一真空罩 (120、282),所述第一真空罩包括所述第一x射线源 (101);与所述第一真空罩 (120、282) 分开的第二真空罩 (120、282),所述第二真空罩包括第二x射线源 (101)。

[0081] 在一些实施方案中,对于所述x射线源 (101) 中的至少一者:所述靶 (106) 的表面相对于相关联的电子束 (108、110) 以不同于垂直的角度设置;并且所述准直器 (220) 的最靠近所述电子源 (102、104) 的第一边缘比在进入所述准直器 (220) 之前所述x射线束的中心轴线 (272) 更靠近所述电子源 (102、104)。

[0082] 在一些实施方案中,所述准直器 (220) 的与所述第一边缘相对的第二边缘处于在进入所述准直器 (220) 之前所述x射线束的所述中心轴线 (272) 处或比在进入所述准直器 (220) 之前所述x射线束的所述中心轴线 (272) 更靠近所述电子源 (102、104)。

[0083] 在一些实施方案中,所述准直器 (220) 相对于所述x射线束的位置是可调整的。

[0084] 在一些实施方案中,所述第一x射线源 (101) 的所述靶 (106) 具有不同于所述第二x射线源 (101) 的所述靶 (106) 的配置。

[0085] 在一些实施方案中,所述第一x射线源 (101) 的所述靶 (106) 具有不同于所述第二x射线源 (101) 的所述靶 (106) 的斜率。

[0086] 在一些实施方案中,所述第一x射线源 (101) 的所述靶 (106) 具有不同于所述第二x射线源 (101) 的所述靶 (106) 的材料。

[0087] 在一些实施方案中,所述系统还包括冷却系统,所述冷却系统被配置为以不同于所述第二x射线源 (101) 的所述靶 (106) 的方式冷却所述第一x射线源 (101) 的所述靶 (106)。

[0088] 一些实施方案包括一种方法,所述方法包括:从包括靶 (106) 的至少部分的第一x射线源 (101) 发射第一x射线束;以及从包括所述靶 (106) 的至少部分的第二x射线源 (101) 发射第二x射线束;其中所述第一x射线源 (101) 不同于所述第二x射线源 (101)。

[0089] 在一些实施方案中,所述靶是线性靶。

[0090] 在一些实施方案中,发射所述第一x射线束包括发射所述第一x射线束通过准直器(220);并且发射所述第二x射线束包括发射所述第二x射线束通过所述准直器(220)。

[0091] 在一些实施方案中,发射所述第一x射线束包括从包括多个发射器的第一电子源(102、104)朝向靶(106)发射第一电子束(108、110);并且发射所述第二x射线束包括从包括至少一个发射器的第二电子源(102、104)朝向所述靶(106)发射第二电子束(108、110);其中所述第一电子束(108、110)在所述靶(106)上的第一焦点上的第一最大电流不同于第二电子束(108、110)在所述靶(106)上的第二焦点上的第二最大电流。

[0092] 在一些实施方案中,所述第二电子源(102、104)的所述至少一个发射器包括第一发射器和第二发射器;并且所述方法还包括:在第一操作期间从所述第二电子源(102、104)的所述第一发射器以第一电流发射所述第二电子束(108、110);以及在第二操作期间从所述第二电子源(102、104)的所述第二发射器以大于第一电流密度的第二电流发射所述第二电子束(108、110)。

[0093] 在一些实施方案中,所述第一操作是三维成像操作;并且所述第二操作是二维成像操作。

[0094] 在一些实施方案中,所述第二电子源(102、104)的所述至少一个发射器包括多个发射器;并且所述方法还包括将来自所述第二电子源(102、104)的所述发射器的电子束(108、110)聚焦在所述第二焦点上。

[0095] 在一些实施方案中,所述第一最大电流小于所述第二最大电流。

[0096] 在一些实施方案中,用准直器(220)准直响应于所述第二电子束(108、110)而生成的x射线束,使得所述x射线束的在所述准直器(220)的边缘与所述x射线束的更靠近所述第二电子源(102、104)的中心轴线(272)之间的至少部分经过所述准直器(220)。

[0097] 一些实施方案包括一种系统,所述系统包括:多个用于发射电子束的装置;以及用于响应于所述电子束而生成x射线的装置;其中用于发射电子束的第一装置和用于响应于所述电子束而生成x射线的装置的第一组合不同于用于发射电子束的第二装置和用于响应于所述电子束而生成x射线的装置的第二组合。用于发射电子束的装置的示例包括电子源102和104等。用于响应于所述电子束而生成x射线的装置的示例包括靶106等。

[0098] 在一些实施方案中,用于生成来自用于发射电子束的装置中的一者的第一电子束的x射线的装置上的第一最大电流不同于来自用于发射电子束的装置中的另一者的第二电子束的第二最大电流。

[0099] 在一些实施方案中,所述系统还包括用于准直所述x射线束的装置。用于准直所述x射线束的装置的示例包括准直器220。

[0100] 一些实施方案包括一种系统,所述系统包括:电子源(102、104),所述电子源包括多个发射器;靶(106);其中:所述电子源(102、104)的所述发射器被配置为朝向所述靶(106)的分开区域上的多个焦点发射电子;所述靶(106)的所述分开区域中的至少一者具有不同于所述分开区域中的至少一个其他区域的配置。

[0101] 一些实施方案包括一种系统,所述系统包括:第一电子源(102、104),所述第一电子源包括至少一个发射器;第二电子源(102、104),所述第二电子源包括至少一个发射器;以及靶(106);其中:所述第一电子源(102、104)和所述第二电子源(102、104)的发射器中的

每一者被配置为朝向所述靶(106)发射电子;并且所述第一电子源(102、104)和所述第二电子源(102、104)被配置为使得来自所述第一电子源(102、104)的发射器中的一者的第一电子束(108、110)在所述靶(106)上的第一焦点上的第一最大电流不同于来自所述第二电子源(102、104)的第二电子束(108、110)在所述靶(106)上的第二焦点上的第二最大电流。

[0102] 尽管已经根据特定实施方案描述了结构、装置、方法和系统,但本领域普通技术人员应当容易认识到,特定实施方案的许多变化是可能的,并且因此它们的任何变化都应被视为处在本文公开的精神和范围内。因此,在不脱离所附权利要求的精神和范围的情况下,本领域普通技术人员可做出许多修改。

[0103] 随附此书面公开的权利要求特此明确并入本书面公开中,其中每项权利要求自身可作为单独的实施方案。本公开包括独立权利要求与其从属权利要求的所有变换形式。此外,能够从随后的独立权利要求和从属权利要求推导的额外实施方案也明确并入本书面描述中。这些额外实施方案通过用短语“如以权利要求[x]开始并以紧接在给定从属权利要求之前的权利要求结尾的权利要求中任一项”替换所述给定从属权利要求的从属关系来确定,其中加括号的项“[x]”用最近叙述的独立权利要求的编号替换。例如,对于以独立权利要求1开始的第一权利要求组,权利要求4可从属于权利要求1和3中的任一项,其中这些单独的从属关系产生两个不同的实施方案;权利要求5可从属于权利要求1、3或4中的任一项,其中这些单独的从属关系产生三个不同的实施方案;权利要求6可从属于权利要求1、3、4或5中的任一项,其中这些单独的从属关系产生四个不同的实施方案;以此类推。

[0104] 关于特征或元素的术语“第一”的权利要求的叙述并不一定意味着存在第二或额外的这种特征或元素。要求排他性性质或特性的本发明的实施方案如下进行限定。

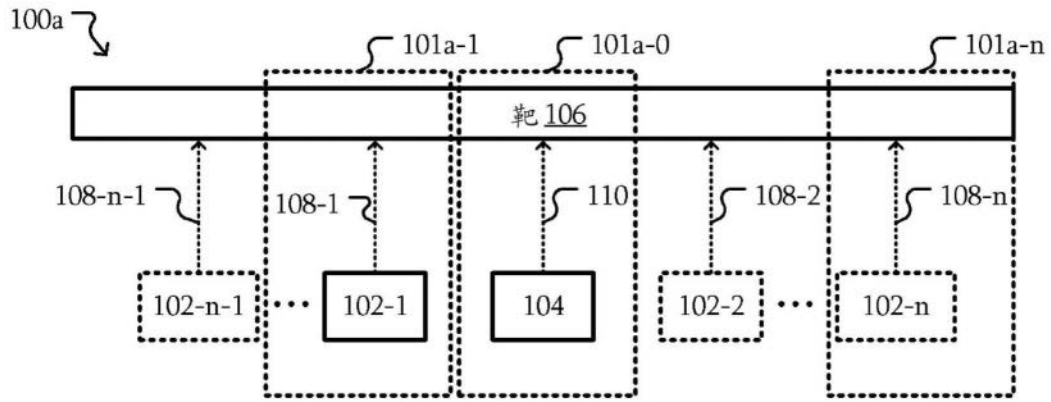


图1

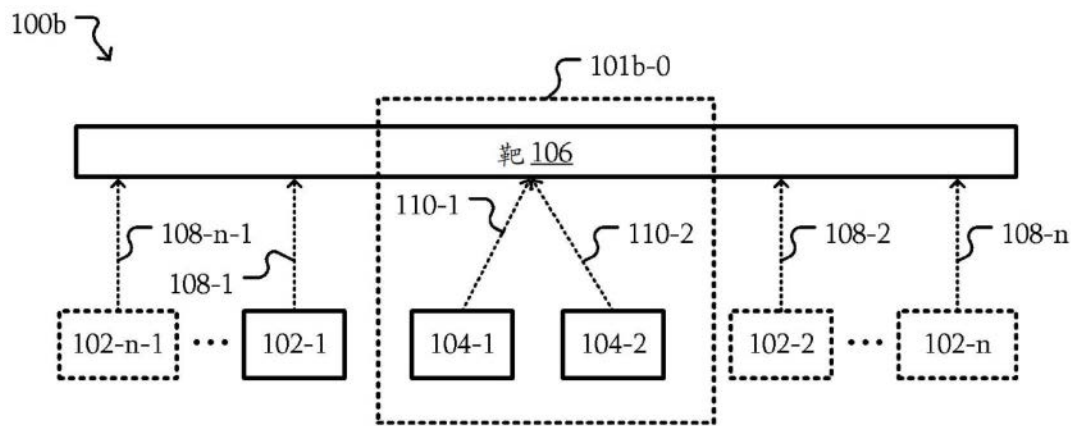


图2

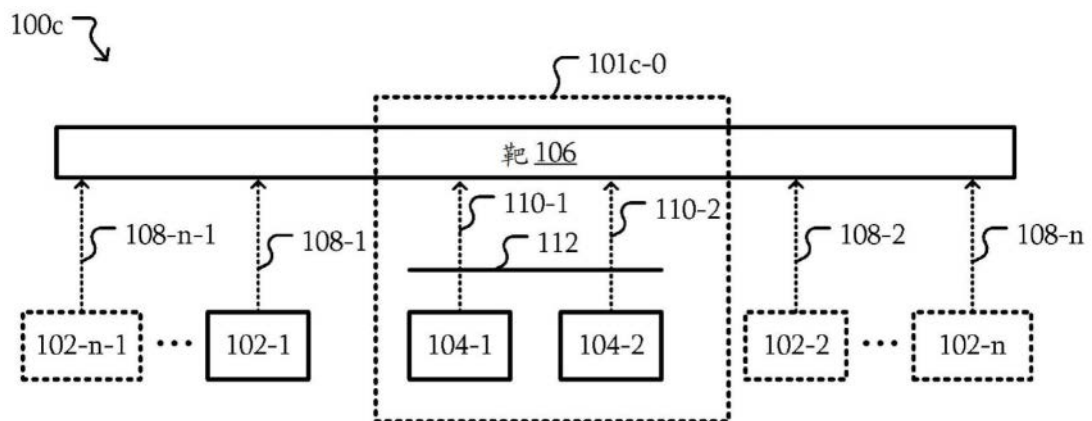


图3A

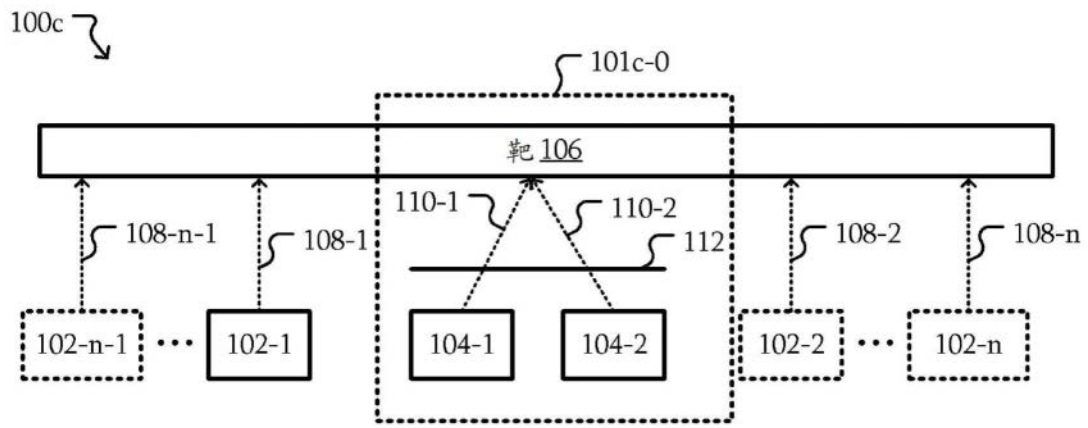


图3B

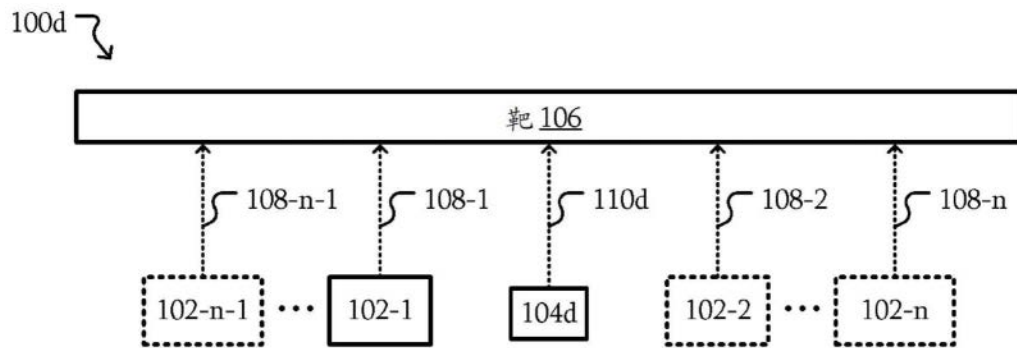


图4

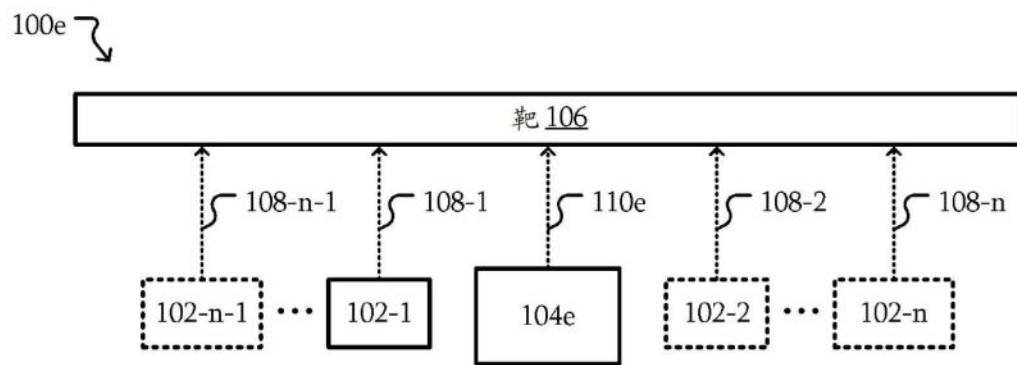


图5

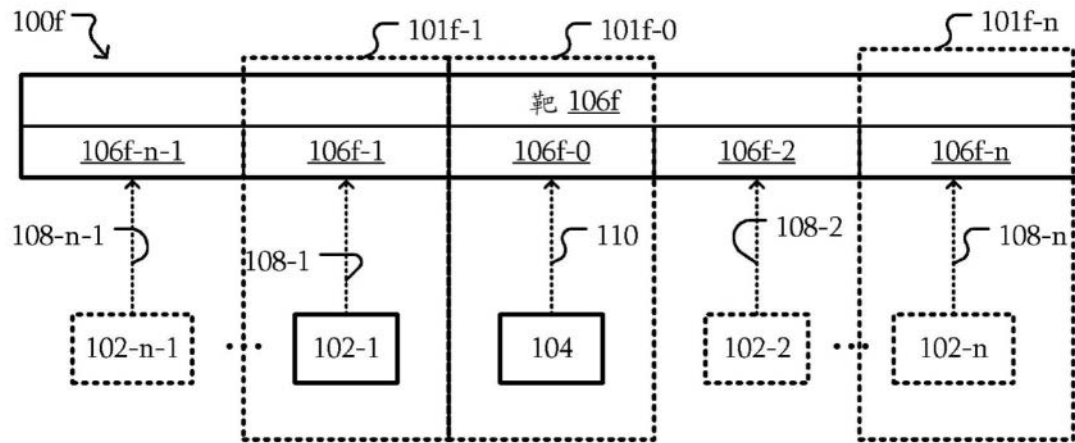


图6A

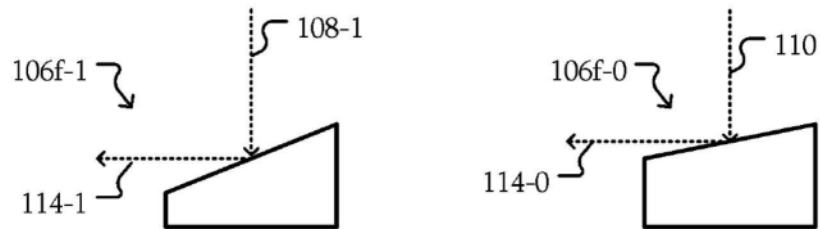


图6B

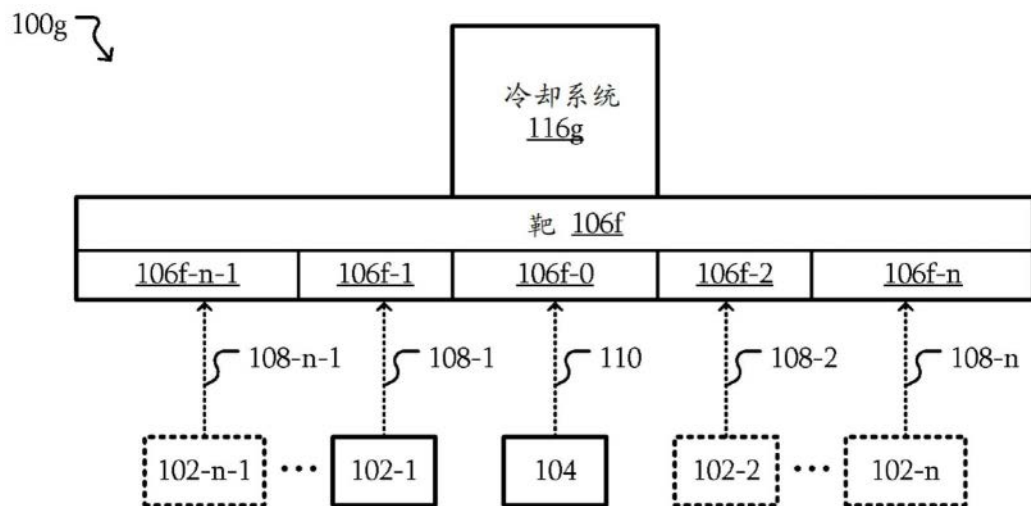


图7

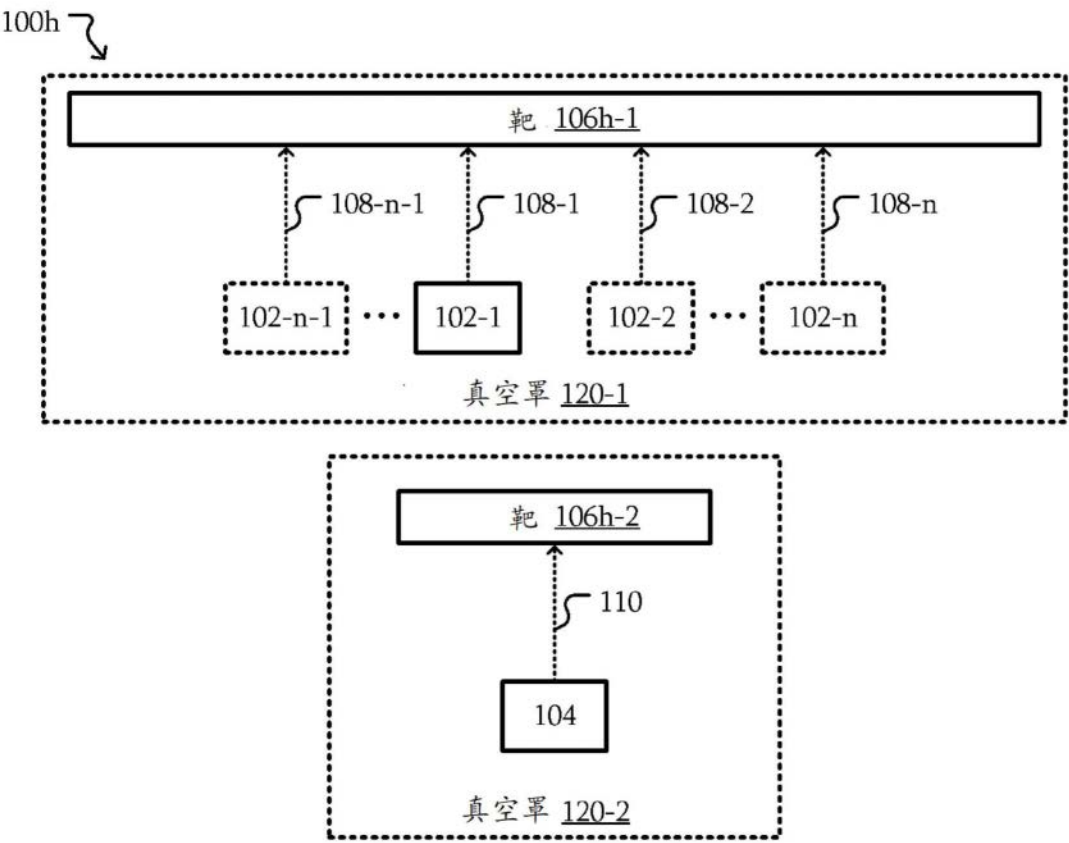


图8

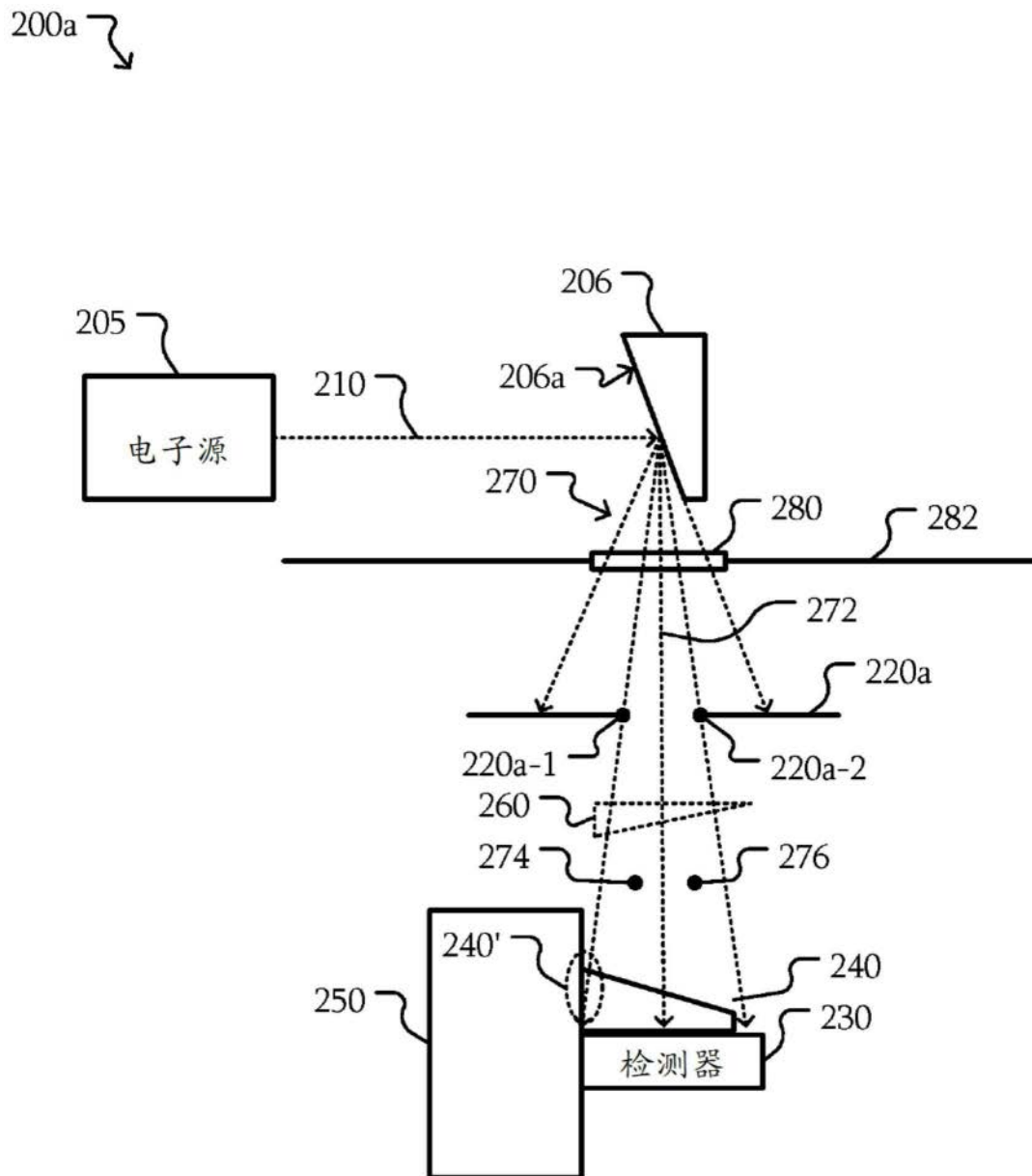


图9

200b ↘

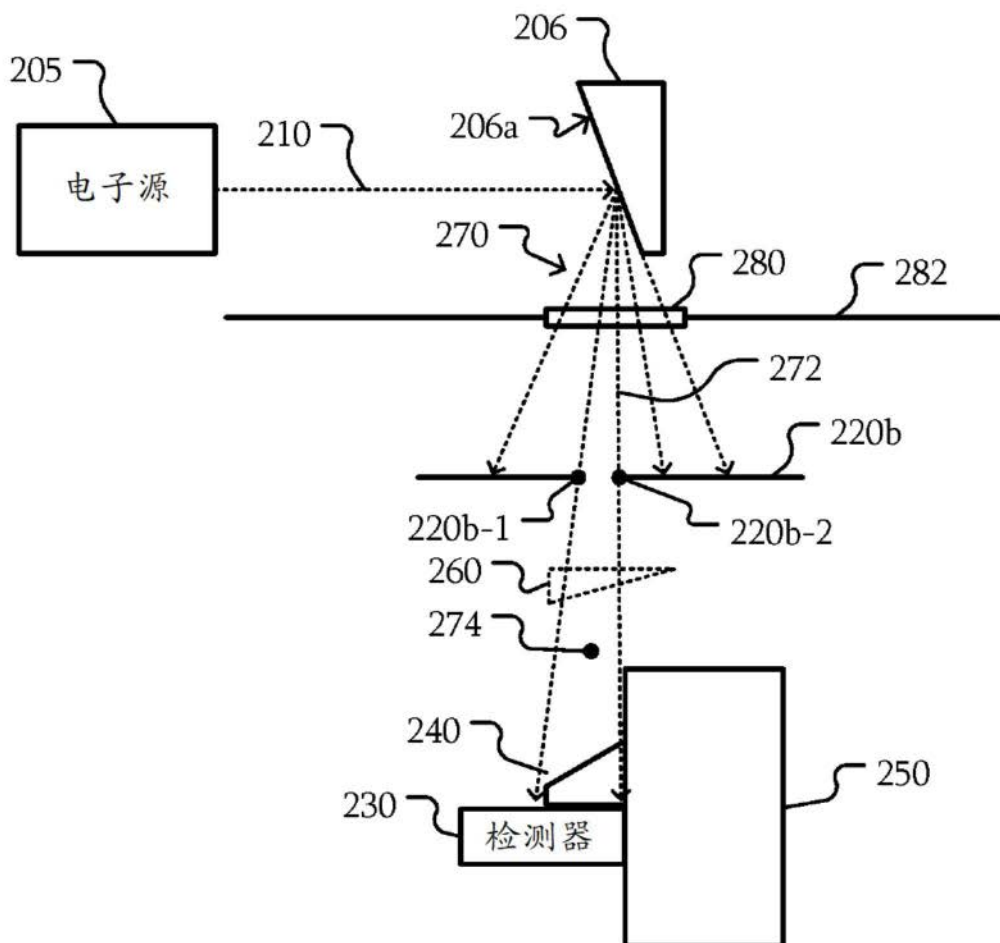


图10

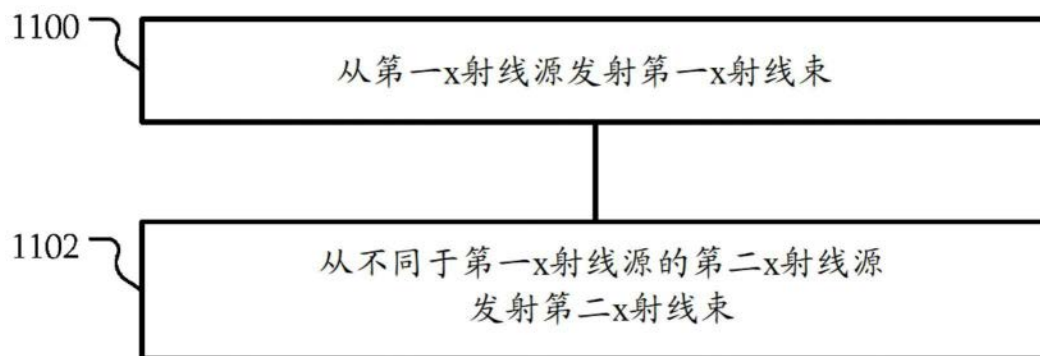


图11

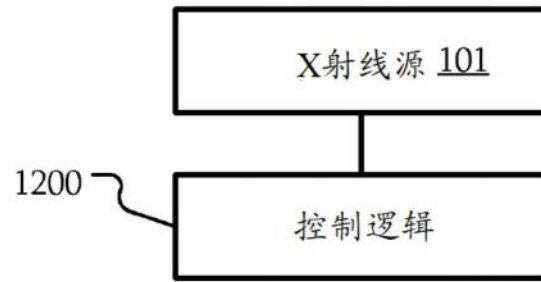


图12