



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110073412 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 03

(21) 申请号 201780075808.8

(22) 申请日 2017.12.06

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110073412 A

(43) 申请公布日 2019.07.30

(30) 优先权数据  
62/430,424 2016.12.06 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.06.06

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2017/081593 2017.12.06

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/104349 EN 2018.06.14

(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 F·贝格纳 B·J·布伦德尔  
T·克勒 K·M·布朗

(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 王英

(51) Int.Cl.  
G06T 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 102947861 A, 2013.02.27  
CN 103366389 A, 2013.10.23  
CN 105377141 A, 2016.03.02  
US 2015117596 A1, 2015.04.30  
WO 2016132880 A1, 2016.08.25  
US 2011158498 A1, 2011.06.30  
US 2009232269 A1, 2009.09.17

审查员 肖瑶

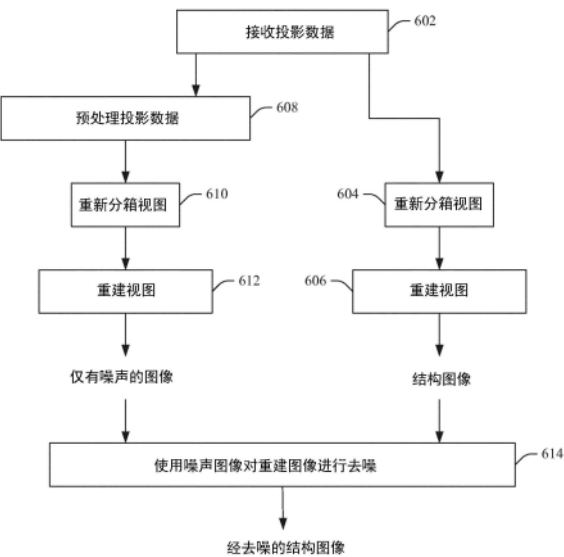
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

使用交替否定的图像噪声估计

(57) 摘要

一种成像系统(400)包括:辐射源(408),其被配置为发射X射线辐射;探测器阵列(410),其被配置为探测X射线辐射并生成指示所述X射线辐射的投影数据;以及第一处理链(418),其被配置为重建所述投影数据并生成仅有噪声的图像。一种方法包括:接收由成像系统产生的投影数据;以及利用第一处理链来处理所述投影数据,所述第一处理链被配置为重建所述投影数据并生成仅有噪声的图像。一种处理器被配置为:利用X射线成像系统来扫描目标或对象并生成投影数据;利用第一处理链来处理所述投影数据,所述第一处理链被配置为重建所述投影数据并生成仅有噪声的图像;利用第二处理链来处理所述投影数据,所述第二处理链被配置为重建所述投影数据并生成结构图像;以及基于所述仅有噪声的图像对所述结构图像进行去噪。



CN 110073412 B

1. 一种成像系统(400), 包括:

辐射源(408), 其被配置为发射X射线辐射;

探测器阵列(410), 其被配置为探测X射线辐射并生成指示所述X射线辐射的投影数据, 其中, 所述投影数据包括多个视图;

第一处理链(418), 其被配置为: 将所述投影数据的每隔一个视图与 $-1$ 相乘, 重建所述投影数据, 并且生成仅有噪声的图像; 并且

其中, 所述第一处理链包括投影数据处理器(420), 所述投影数据处理器被配置为将所述视图与预定倍增因子相乘并产生经预处理的投影数据, 其中, 所述预定倍增因子将所述经预处理的投影数据的每隔一个视图与 $-1$ 相乘, 并且其中, 所述预定倍增因子将所述经预处理的投影数据的剩余视图与 $+1$ 相乘;

其中, 所述第一处理链包括重新分箱处理器(414), 所述重新分箱处理器被配置为将所述经预处理的投影数据重新分箱为平行射束格式, 并且所述第一处理链还包括重建处理器(416), 所述重建处理器被配置为重建经重新分箱的经预处理的投影数据以生成所述仅有噪声的图像。

2. 根据权利要求1所述的成像系统, 还包括:

第二处理链(412), 其被配置为重建所述投影数据并生成包括结构和噪声的体积图像数据。

3. 根据权利要求2所述的成像系统, 还包括:

去噪处理器(422), 其被配置为使用所述仅有噪声的图像对所述体积图像数据进行去噪, 从而生成经去噪的体积图像数据。

4. 根据权利要求3所述的成像系统, 其中, 所述去噪处理器根据所述仅有噪声的图像来估计噪声方差或噪声标准偏差中的至少一个, 所述噪声方差或所述噪声标准偏差用于对所述体积图像数据进行去噪。

5. 一种用于成像的方法, 包括:

接收由成像系统产生的投影数据, 其中, 所述投影数据包括多个视图;

利用第一处理链来处理所述投影数据, 所述第一处理链被配置为:

重建所述投影数据并生成仅有噪声的图像;

其中, 处理所述投影数据包括:

将所述投影数据的视图与预定倍增因子相乘以产生经预处理的投影数据, 其中, 所述相乘包括: 将偶数视图与 $-1$ 或 $+1$ 中的一个相乘并将奇数视图与 $-1$ 或 $+1$ 中的另一个相乘; 并且

处理所述投影数据还包括:

将所述经预处理的投影数据重新分箱为平行射束格式, 并且

重建经重新分箱的数据以生成所述仅有噪声的图像。

6. 根据权利要求5所述的方法, 还包括:

利用第二处理链来处理所述投影数据, 所述第二处理链被配置为重建所述投影数据并生成结构的图像。

7. 根据权利要求6所述的方法, 其中, 所述处理包括:

将所述投影数据重新分箱为平行射束格式; 以及

重建经重新分箱的数据以生成结构的所述图像。

8. 根据权利要求5所述的方法,还包括:

基于所述仅有噪声的图像,通过获取感兴趣区域的局部噪声方差或噪声标准偏差并使其移动通过所述图像来估计噪声方差或噪声标准偏差中的至少一个。

9. 根据权利要求7至8中的任一项所述的方法,还包括:

基于所述仅有噪声的图像对结构的所述图像进行去噪,从而产生所述结构的经去噪的图像。

10. 一种编码有一个或多个计算机可执行指令的计算机可读存储介质,所述一个或多个计算机可执行指令当由计算系统的处理器执行时使所述处理器执行以下操作:

接收由成像系统产生的投影数据,其中,所述投影数据包括多个视图;以及

利用第一处理链来处理所述投影数据,所述第一处理链被配置为重建所述投影数据并生成仅有噪声的图像;

其中,处理所述投影数据包括:

将所述投影数据的视图与预定倍增因子相乘以产生经预处理的投影数据,其中,所述相乘包括:将偶数视图与-1或+1中的一个相乘并将奇数视图与-1或+1中的另一个相乘;并且

处理所述投影数据还包括:

将所述经预处理的投影数据重新分箱为平行射束格式,并且

重建经重新分箱的数据以生成所述仅有噪声的图像。

## 使用交替否定的图像噪声估计

### 技术领域

[0001] 下文总体上涉及估计图像噪声以对体积图像数据进行去噪,并且更具体地涉及使用交替否定方法来估计图像噪声,并且具体应用于诸如计算机断层摄影(CT)的X射线成像和/或其他X射线成像进行描述。

### 背景技术

[0002] CT扫描器包括安装在可旋转机架上的X射线管,可旋转机架围绕检查区域绕z轴旋转。探测器阵列以角度弧跨检查区域与X射线管相对。X射线管发射辐射,辐射穿过检查区域和其中的目标和/或对象的部分。探测器阵列探测穿过检查区域的辐射并生成指示该辐射的投影数据。重建器重建投影数据,这样生成指示检查区域和其中的目标和/或对象的部分的体积(三维)图像数据。下文描述了在本文中使用的投影数据。

[0003] 在图1中,焦斑102表示辐射源的区域,X射线辐射104从该区域发射。诸如准直器106的射束整形设备限定了穿过检查区域110的射束108(例如,在所图示的示例中的扇形射束)。探测器阵列112被设置为跨检查区域110与焦斑102相对。探测器阵列112包括至少一行探测器元件 $114_1$ 、 $\dots$ 、 $114_N$ (114)。每个探测器元件114探测来自扇形射束的撞击在探测器元件上的X射线辐射并生成指示沿着从焦斑102到探测器元件114的路径的总的X射线衰减的电信号(线积分)。

[0004] 利用第三代CT扫描器技术,X射线管(以及因此焦斑102)和探测器阵列112沿着围绕检查区域110的圆形路径116协调旋转。图1示出了焦斑102、扇形射束108,以及在路径116上处于一个角度113(例如, $\theta_1$ )的探测器阵列112,并且图2示出了在路径116上处于不同的角度115(例如, $\theta_N$ )的探测器阵列112。以任何一个角度对探测器元件114的线积分的集合在本文中被称为视图。以角度113的线积分的集合表示一个视图,以角度115的线积分的集合表示另一视图。用于扫描的视图的集合在本文中被称为投影数据。

[0005] 去噪算法包括在投影域(线积分)和/或图像域(体积图像数据)中去噪的算法。对于迭代图像域去噪,使用噪声图像(其提供每个像素中的输入图像噪声水平的映射图)来调节去噪强度以用于使噪声水平在空间上变化。US 7706497 B2描述了一种用于确定噪声图像以进行图像域去噪的方法。该方法包括将投影数据分成奇数视图(例如, $\theta_1$ 、 $\theta_3$ 、 $\theta_5$ 、 $\dots$ )和偶数视图(例如, $\theta_2$ 、 $\theta_4$ 、 $\theta_6$ 、 $\dots$ ) (或者如果管的焦点在视图间来回切换则分成不同的焦点)。经由一个处理链重建奇数视图的集合以产生奇数视图图像,并且经由不同的处理链重建偶数视图的集合以产生偶数视图图像。减去奇数视图图像和偶数视图图像以创建噪声图像。这种想法是视图的两个集合来自同一结构的扫描。因此,两幅图像基本上表示相同的结构,并且减去这两幅图像将抵消掉结构,仅留下不相关的噪声。

[0006] 图3经由流程图图示了该过程。在302处接收从扫描生成的投影数据,并且在304处将该投影数据分成奇数视图和偶数视图。奇数视图处理链306和308将奇数视图从扇形射束几何形状重新分箱为平行射束几何形状并且重建经重新分箱的奇数视图,从而产生奇数视图图像。偶数视图处理链310和312将偶数视图从扇形射束几何形状重新分箱为平行射束几

何形状并且重建经重新分箱的偶数视图,从而产生偶数视图图像。在314处,减去奇数视图图像和偶数视图图像,从而产生噪声图像。处理链316和318将所有视图从扇形射束几何形状重新分箱为平行射束几何形状并且重建经重新分箱的视图,从而产生结构图像。在320处,根据噪声图像估计局部噪声方差估计结果以产生结构图像的噪声映射图,并且使用噪声映射图对结构图像进行去噪。

[0007] 不幸的是,这种生成噪声图像的方法降低了角度或径向分辨率,因为视图被分成两半并且因此对在重新分箱和重建链中使用的分辨率产生负面影响。在重新分箱过程中,经由插值将奇数视图和偶数视图重新采样到不同的网格。因此,重新分箱后的奇数数据集和偶数数据集将具有更差的分辨率,并且不能准确地重建高频噪声分量。结果,取决于用于重建的滤波器内核,最终噪声估计结果可能是不准确的,这可能导致低于最优的去噪和去噪图像。结果,需要另一种产生噪声图像的方法。

## 发明内容

[0008] 本文描述的各方面解决了上述问题和其他问题。

[0009] 在一个方面中,一种成像系统包括:辐射源,其被配置为发射X射线辐射;探测器阵列,其被配置为探测X射线辐射并生成指示所述X射线辐射的投影数据,其中,所述投影数据包括多个视图;以及第一处理链,其被配置为重建所述投影数据并生成仅有噪声的图像。

[0010] 在另一方面中,一种方法包括:接收由成像系统产生的投影数据;以及利用第一处理链来处理所述投影数据,所述第一处理链被配置为重建所述投影数据并生成仅有噪声的图像。

[0011] 在另一方面中,一种计算机可读存储介质被编码有计算机可读指令。所述计算机可读指令当由处理器执行时使所述处理器执行以下操作:利用X射线成像系统来扫描目标或对象并生成投影数据;利用第一处理链来处理所述投影数据,所述第一处理链被配置为重建所述投影数据并生成仅有噪声的图像;利用第二处理链来处理所述投影数据,所述第二处理链被配置为重建所述投影数据并生成结构图像;以及基于所述仅有噪声的图像对所述结构图像进行去噪。

## 附图说明

[0012] 本发明可以采用各种部件和各种部件的布置,以及各个步骤和各个步骤的安排的形式。附图仅出于图示优选实施例的目的,并且不应被解释为对本发明的限制。

[0013] 图1描述了投影数据的多个视图中的一个视图。

[0014] 图2描述了多个视图的不同视图。

[0015] 图3是用于产生噪声图像以用于通过将视图分成奇数视图和偶数视图来进行图像域去噪的现有技术方法的流程图。

[0016] 图4示意性地图示了具有处理链的示例成像系统,该处理链包括投影数据处理器,用于生成仅有噪声的图像。

[0017] 图5示意性地图示了投影数据处理器示例。

[0018] 图6图示了根据本文中的实施例的示例方法。

[0019] 图7示出了利用本文描述的方法生成的噪声图像与利用现有技术方法生成的噪声

图像的比较结果。

### 具体实施方式

[0020] 图4图示了诸如计算机断层摄影(CT)扫描器的成像系统400。成像系统400通常包括固定机架402和旋转机架404。旋转机架404经由轴承等由固定机架402可旋转地支撑,并且围绕检查区域406绕纵轴或z轴旋转。

[0021] 辐射源408(例如,X射线管)由旋转机架404可旋转地支撑。辐射源408与旋转机架404一起旋转,并且发射穿过检查区域406的辐射。源准直器包括准直构件,该准直构件对辐射进行准直以形成大致扇形的辐射射束。在其他实施例中,对射束进行整形以形成大致锥形、楔形或其他形状的辐射射束。

[0022] 一维或二维辐射敏感探测器阵列410以角度弧跨检查区域406与辐射源408相对。探测器阵列410包括沿着z轴方向延伸的一行或多行探测器。探测器阵列410探测穿过检查区域406的辐射并生成指示该辐射的投影数据。

[0023] 如本文所讨论的,投影数据包括多个视图,每个视图对应于不同的旋转角度,当辐射源408和探测器阵列410围绕检查区域406旋转时以该旋转角度采集数据。每个视图包括由探测器阵列410的探测器输出的多个值(线积分),并且每个值指示沿着从辐射源408到探测器阵列410的探测器的路径的X射线衰减,从而产生该值。

[0024] 第一(常规)处理链412包括重新分箱处理器414和重建处理器416。第二处理链418包括投影数据处理器420、重新分箱处理器414以及重建处理器416。在该示例中,处理链412和418共享重新分箱处理器和重建处理器。在变型中,处理链412和418中的每个处理链都具有其自己的重新分箱处理器和/或重建处理器。

[0025] 对于第一处理链412,重新分箱处理器414将视图从扇形射束几何形状重新分箱为平行射束几何形状。重建处理器416重建经重新分箱的视图并生成体积图像数据(被称为“结构图像”)。对于第二处理链418,投影数据处理器420在由重新分箱处理器414进行重新分箱和由重建处理器416进行重建之前预处理视图,使得在重新分箱动作和重建动作期间抵消掉在投影数据中呈现的结构,从而产生只有噪声的图像。

[0026] 图5示出了投影数据处理器420的示例。乘法器502将投影数据的视图与预定倍增因子504相乘。在一个实例中,这包括将第一视图与值+1相乘,将第二视图与值-1相乘,将第三视图与值+1相乘,将第四视图与值-1相乘,……,将第(n-1)视图与值+1相乘,将第n视图与值-1相乘,或者相反操作,将第一视图与值-1相乘,将第二视图与值+1相乘,……这种方法在本文中被称作交替否定方法。

[0027] 通常,预定倍增因子504在视图间在+1和-1之间交替。在变型中,倍增因子504在视图间不必交替。例如,在另一实例中,倍增因子504能够替代地每隔两个或更多个视图的集合进行交替。例如,这可以包括将第一视图与值+1相乘,将第二视图与值+1相乘,将第三视图与值-1相乘,将第四视图与值-1相乘,……在另一变型中,预定倍增因子504能够包括除了+1和-1之外的值。

[0028] 返回图4,第一处理链412的输出是常规的体积图像数据,其中,像素/体素表示扫描结构以及噪声,并且第二处理链418的输出是仅有噪声的图像。在该示例中,利用处理链412和418两者,重新分箱处理器414实施常规或其他扇形射束至平行射束的重新分箱算法,

并且重建处理器416实施常规或其他滤波反投影(FBP)重建算法和/或其他重建,例如,迭代重建算法和/或其他重建算法。

[0029] 在1997年11月26日提交的标题为“Real time continuous CT imaging”的US 6078639 A中描述了扇形射束至平行射束的重新分箱的非限制性示例,并且在2004年2月9日的提交的标题为“System and method for helical cone-beam computed tomography with exact reconstruction”的US 2006/0140335A1中描述了滤波反投影重建的非限制性示例,通过引用将这两篇文献整体并入本文。本文也预想到其他方法。

[0030] 去噪处理器422接收重建图像(3D图像数据)和噪声图像,并且使用噪声图像对重建图像进行去噪。例如,去噪处理器422根据噪声图像产生噪声映射图或噪声方差和/或噪声标准偏差的估计结果。在一个实例中,这通过获取小的感兴趣区域(ROI)的局部方差或标准偏差并将其移动通过图像来实现。利用噪声标准偏差的示例图像域去噪算法在2012年11月12日提交的标题为“Image domain de-noising”的US 9159122 B2,在2014年6月26日提交的标题为“Methods of utilizing image noise information”的US 2016/0140725A1,在2015年10月29日提交的标题为“Enhanced image data/dose reduction”的US 8938110 B2中得以描述,通过引用将这些文献整体并入本文。

[0031] 诸如卧榻的对象支撑物424在检查区域406中支撑诸如人类患者的目标或对象。对象支撑物424被配置为移动目标或对象以用于装载、扫描和/或卸载目标或对象。通用计算机系统或计算机用作操作者控制台426。控制台426包括诸如监视器的人类可读输出设备以及诸如键盘、鼠标等的输入设备。驻留在控制台426上的软件允许操作者经由图形用户接口(GUI)或以其他方式与成像系统400交互和/或操作成像系统400。这包括选择成像协议,例如,利用去噪处理器422对重建图像进行去噪的成像协议。

[0032] 虽然上文示出投影数据直接来自成像系统400,但是在变型中,能够从诸如图片存档与通信系统(PACS)、放射信息系统(RIS)、医院信息系统(HIS)和/或其他数据存储库的数据存储库接收和/或检索投影数据。额外地或替代地,重建图像、噪声图像和/或去噪重建图像能够被存储在数据存储库中。

[0033] 额外地或替代地,投影数据处理器420、重新分箱处理器414、重建处理器416和去噪处理器422中的至少一个是远离成像系统100且在成像系统100外部的控制台426和/或计算设备的部分。例如,这些部件中的一个或多个能够是基于“云”的服务的部分,分布在多个设备上,作为另一成像系统的部分等。

[0034] 图6图示了根据本文的实施例的示例方法。

[0035] 应当理解,方法中的动作的顺序不是限制性的。正因如此,本文也预想到其他排序。另外,可以省略一个或多个动作并且/或者可以包括一个或多个额外的动作。

[0036] 在602处,获得来自对象或目标的扫描的投影数据。能够由成像系统400和/或其他成像系统在扫描期间生成投影数据,并且能够从成像系统400和/或其他成像系统获得投影数据并且/或者从数据储存库生成投影数据。

[0037] 在604和606处,通过常规的处理链来处理投影数据,该常规的处理链包括:将投影数据从扇形射束重新分箱为平行射束格式,并且经由滤波反投影重建平行射束数据,从而产生被扫描对象或目标的结构图像(体积图像数据)。

[0038] 在608处,如本文所述,还通过将视图与+1和-1交替相乘来预处理投影数据,或反

之亦然,从而产生经预处理的投影数据。

[0039] 在610和612处,通过常规的处理链来处理经预处理的投影数据,该常规的处理链包括:将经预处理的投影数据从扇形射束重新分箱为平行射束格式,并且经由滤波反投影重建平行射束数据,从而产生仅有噪声的图像。

[0040] 在614处,如本文所述,使用噪声图像对结构图像进行去噪,从而产生经去噪的结构图像。

[0041] 上述方法可以通过计算机可读指令的方式得以实施,所述计算机可读指令被编码或被嵌入在计算机可读存储介质上,所述计算机可读指令在被(一个或多个)计算机处理器运行时,令(一个或多个)处理器执行所描述的动作。额外地或备选地,计算机可读指令中的至少一个由信号、载波或其他瞬态介质承载。

[0042] 作为比较,图7示出了结构图像702、使用本文描述的方法的噪声图像704以及使用图3中描述的现有技术方法的噪声图像706。噪声图像704和706示出了针对结构图像702的每个像素/体素的噪声值。针对结构图像702的感兴趣区域(ROI)708的像素/体素值计算噪声标准偏差。通常,ROI 708被放置在看起来具有相同或相似CT数(“平坦”)的相同解剖组织的区上。在该示例中,针对ROI 708的噪声标准偏差是73。

[0043] 在噪声图像704中,ROI 710被放置在与结构图像702中的ROI 708相同的位置处。在现有技术的噪声图像706中,ROI 712也被放置在与结构图像702中的ROI 708相同的位置处。如图所示,使用本文描述的方法产生噪声标准偏差(69),其接近针对结构图像702的ROI 708的噪声标准偏差,并且相对于针对现有技术噪声图像706的ROI 712的噪声标准偏差(111)更接近针对结构图像702的ROI 708的噪声标准偏差。

[0044] 已经参考优选实施例描述了本发明。他人在阅读和理解前面的具体描述的情况下可以想到修改和替代。本文旨在将本发明解释为包括所有这样的修改和替代,只要它们落入权利要求书及其等价方案的范围内。

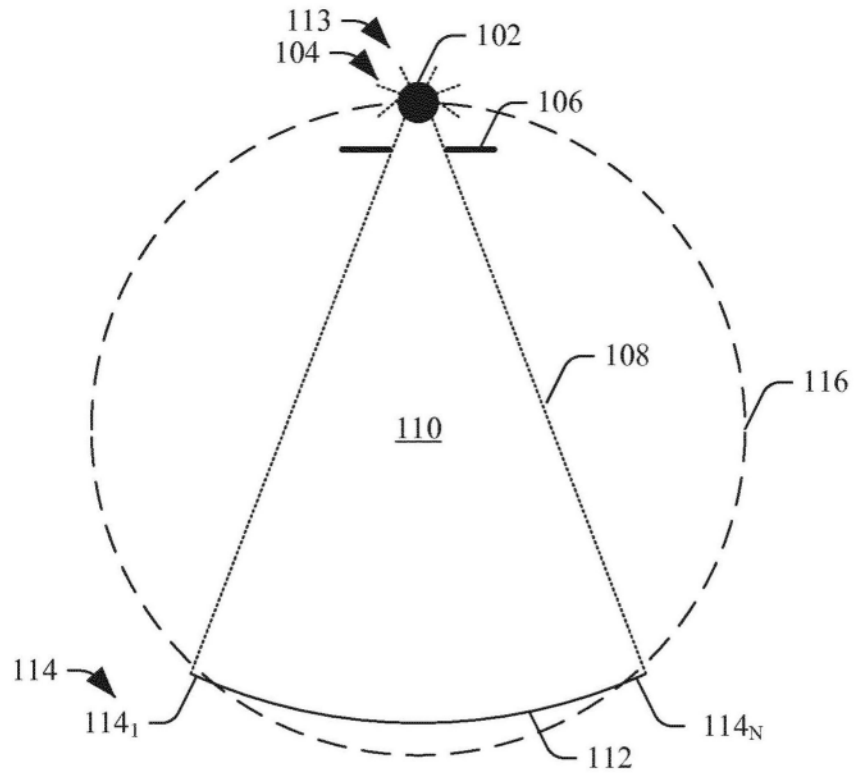


图1

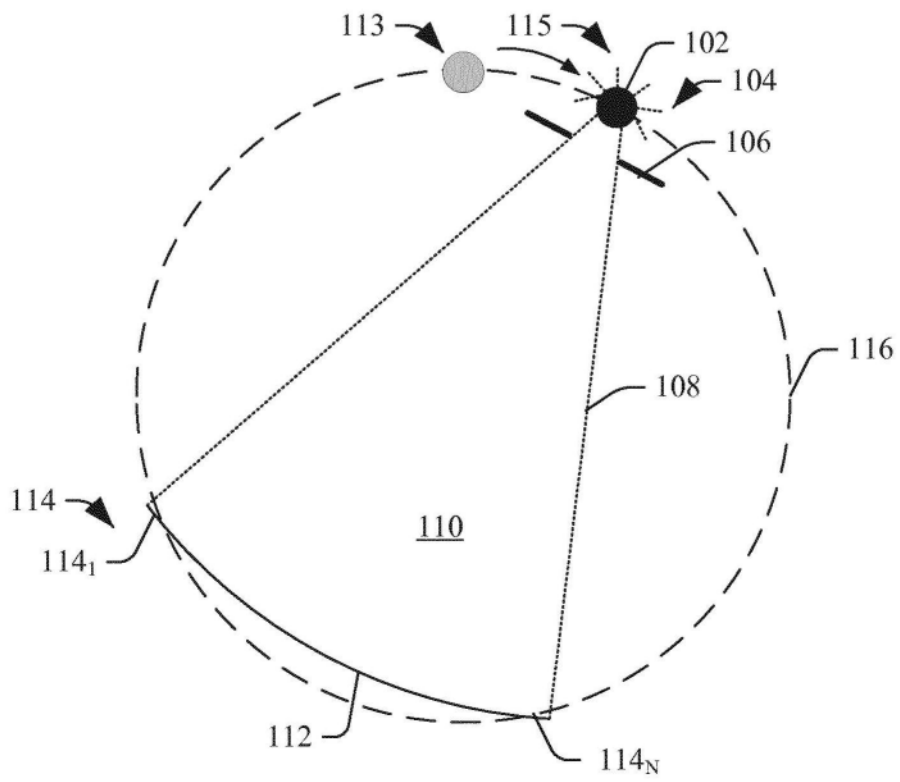
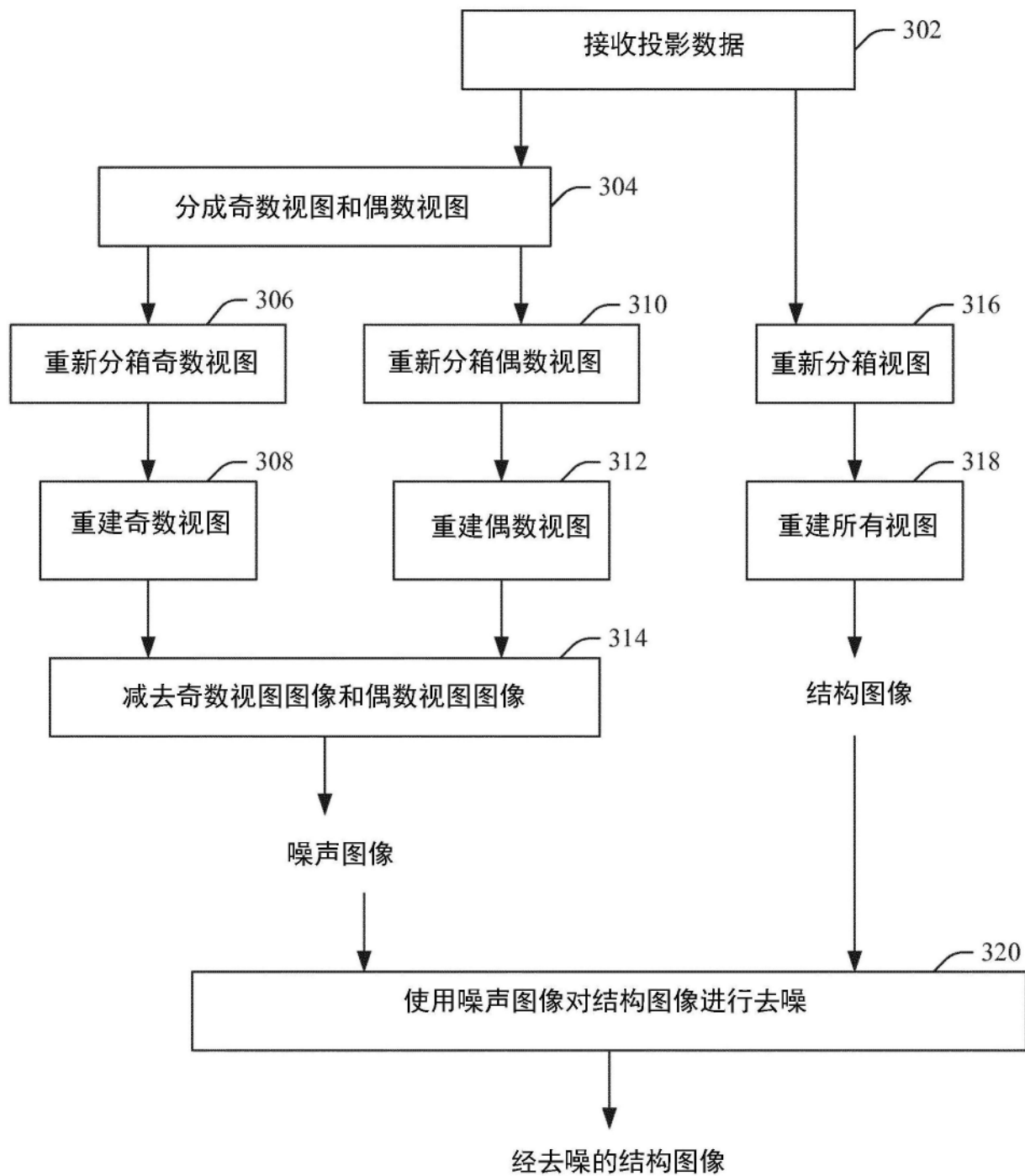


图2



现有技术

图3

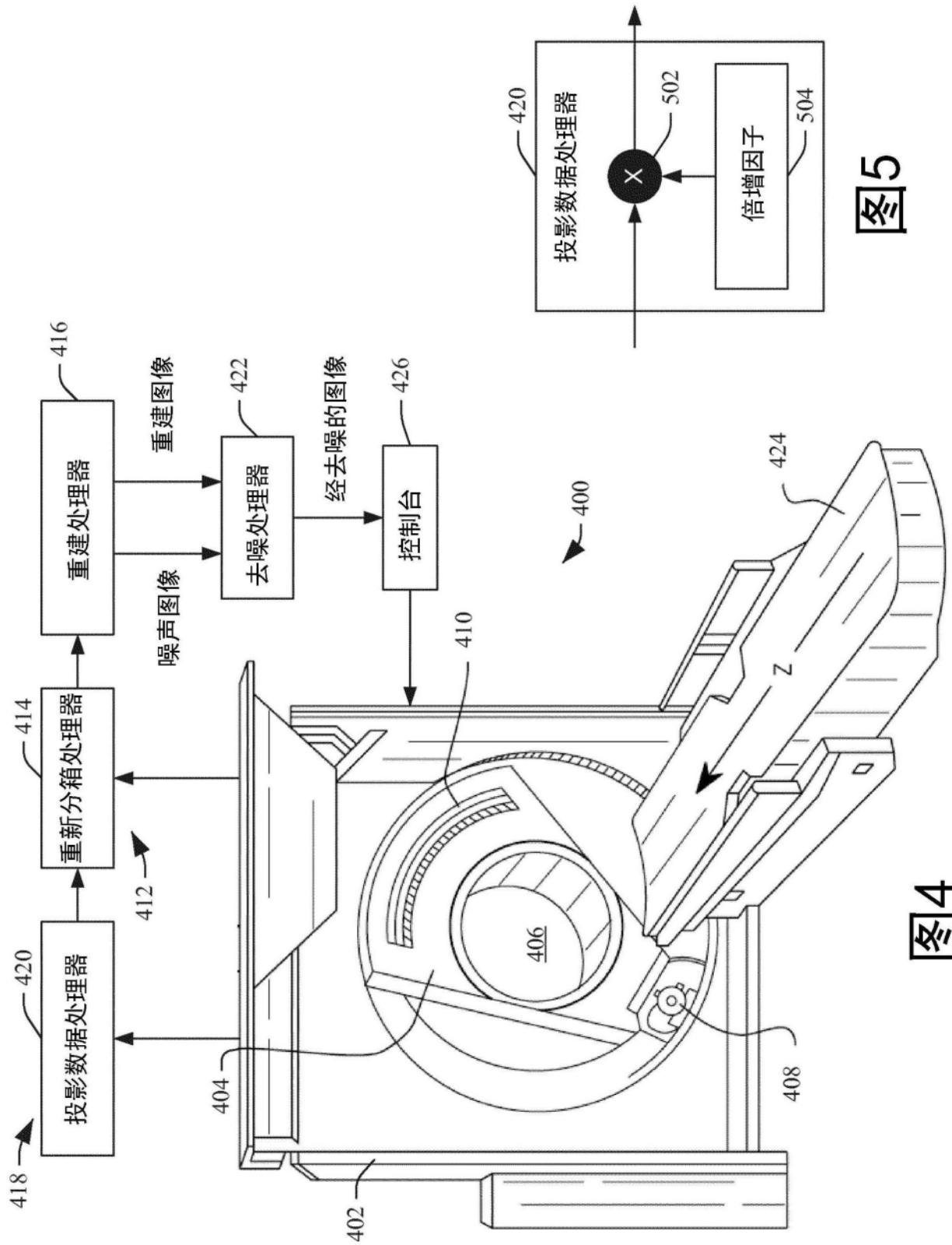


图4

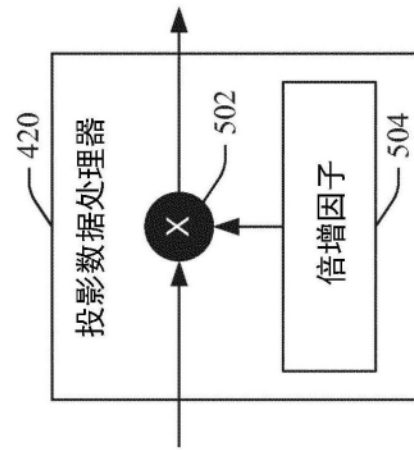


图5

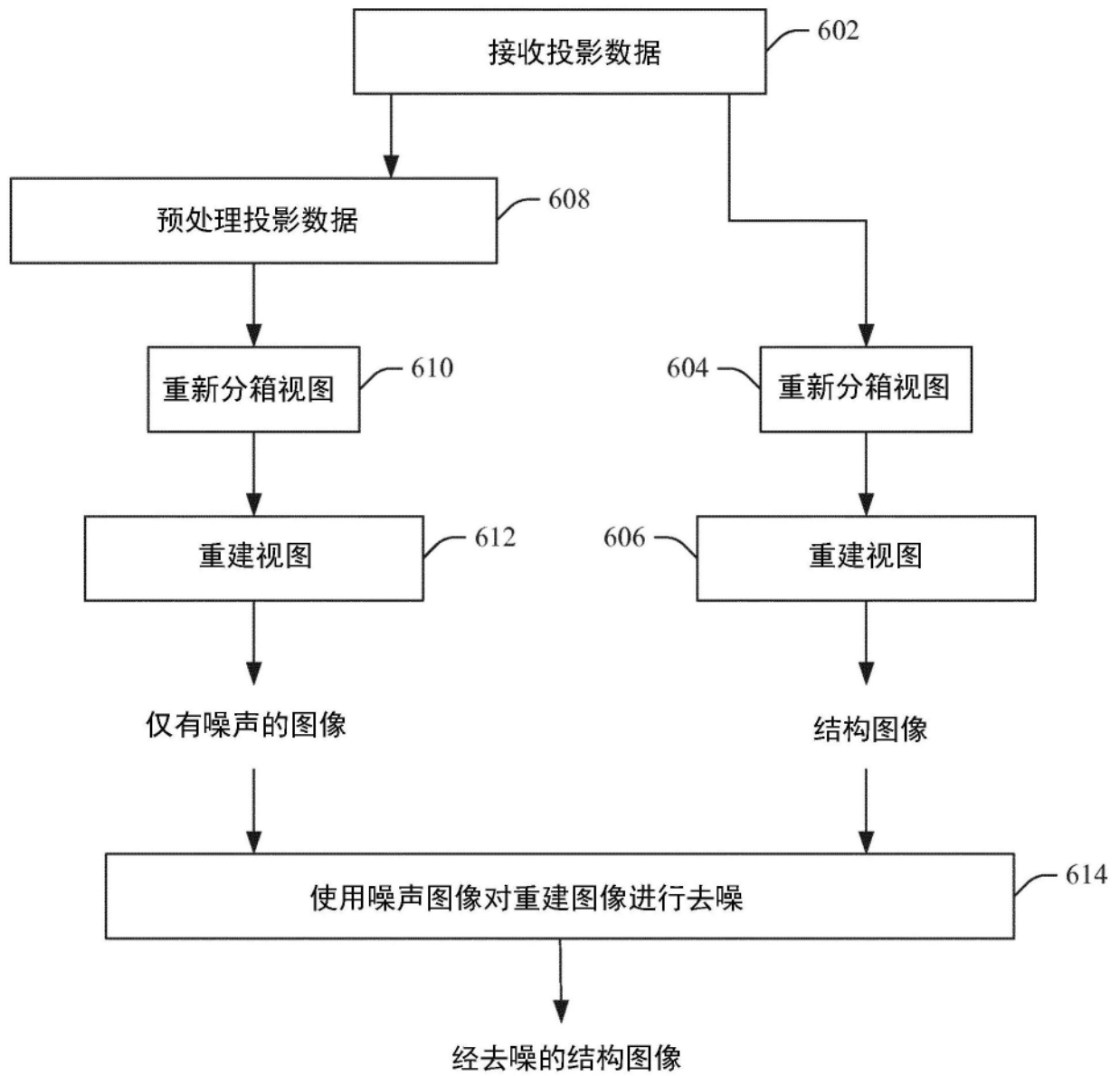


图6

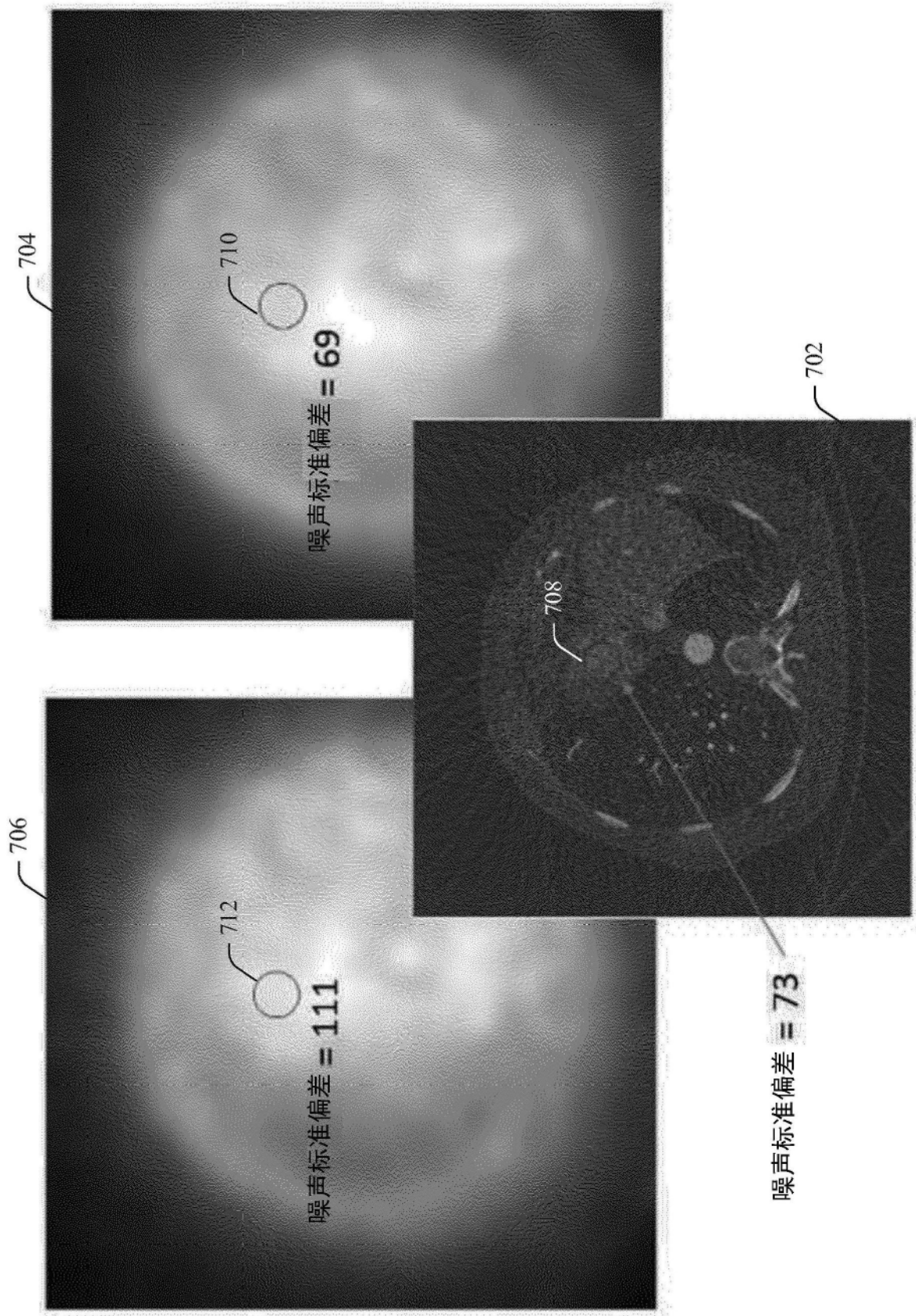


图7