

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

A61B 6/03 (2006.01)

A61B 6/00 (2006.01)

G01N 23/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410062011.9

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100522064C

[22] 申请日 2004.6.28

[21] 申请号 200410062011.9

[30] 优先权

[32] 2003.6.26 [33] US [31] 10/607317

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 J·埃伯哈德 A·阿尔-哈利迪

[56] 参考文献

US4134020 1979.1.9

CN1268337A 2000.10.4

US6196715B1 2001.3.6

US6324249B1 2001.11.27

审查员 胡亚婷

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 王岳 张志醒

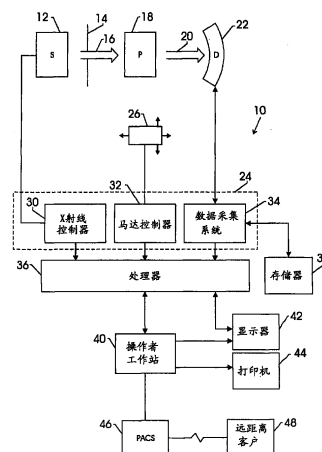
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

断层合成应用中用于扫描对象的系统和方法

[57] 摘要

一种用于扫描对象(18)中的区域(54)的断层合成系统(50)包括辐射源(12)，其被配置成横穿多个位置(70)以得到多个扫描方向(72)。所述多个位置的每个对应于相应的扫描方向。此外，所述多个扫描方向包括至少沿第一轴(60)的扫描方向和沿第二轴(62)的方向，所述第二轴横向于所述第一轴。



1. 一种用于扫描对象(18)中的区域(54)的断层合成系统(50), 该系统包括:

辐射源(12), 其被配置成横穿多个位置(70)以得到多个扫描方向(72), 其中所述多个位置的每个对应于相应的扫描方向, 并且其中所述多个扫描方向至少包括沿长体轴(60)的扫描方向和沿短体轴(62)的方向, 所述短体轴横向于所述长体轴。

2. 权利要求1的系统, 进一步包括检测器(22), 其被配置成从通过对象衰减的辐射束(20)而采集对象(18)中的区域(54)的多个投影图像, 其中检测器被放置得处于相对于源(12)的间隔开的关系并处于与对象的预定距离处。

3. 权利要求2的系统, 其中所述多个位置(70)的至少一个由沿长体轴(60)的方向上的检测器(22)的边缘(64)来限定。

4. 权利要求2的系统, 其中所述多个位置(70)的至少两个由检测器(22)的两个边缘(64)来限定。

5. 权利要求2的系统, 其中对象(18)中的区域(54)延伸超过检测器(22)。

6. 权利要求2的系统, 其中所述多个扫描方向(72)包括覆盖由检测器(22)的多个预定尺度限定的多个区域, 其中所述多个预定尺度至少包括检测器的高度(68)和宽度(66)。

7. 权利要求2的系统, 其中检测器(22)被配置成在检测器的多个预定采集点(78)采集所述多个投影图像。

8. 权利要求7的系统, 其中所述多个预定采集点(78)包括至少处于由检测器的中心(82)和检测器的边缘(64)限定的变化距离的点。

9. 权利要求7的系统, 其中所述多个预定采集点(78)包括至少检测器(22)以外的多个点, 其中检测器以外的所述多个点对应于在沿短体轴(62)的方向扫描期间的辐射源位置(70)。

10. 权利要求2的系统, 其中检测器(22)被配置成横穿多个方向上, 所述多个方向的每个分别对应于辐射源(12)的所述多个位置(70)的每个。

断层合成应用中用于扫描对象的系统和方法

技术领域

本发明通常涉及成像领域，更具体而言涉及断层合成（tomosynthesis）领域。具体而言，本发明涉及断层合成系统和方法，其采用用于X射线源的新扫描轨迹和用于检测器的图像采集点以得到对象的经改进的图像。

背景技术

断层照相对于工业和医学应用两者均是众所周知的。常规断层照相基于X射线源、检测器和对象的相对运动。典型地，X射线源和检测器在圆圈上同步移动或者简单地在相对方向上平移。由于这个相关运动，对象内的点的投影图像的位置也移动。仅来自特定片层的点，典型地被称为焦点片层，将总是在相同的位置处被投影到检测器上并因此被清晰地成像。焦点片层以上和以下的对象结构将被永久地投影在不同位置处。因此，它们不被锐利地成像并将作为背景强度而被叠加给焦点片层。使用离散数量的投影来产生具有焦点对准的一个片层（焦点片层）的3D图像的该原理被称为断层合成。

用于医学应用的断层合成系统典型地使用这样的X射线源，其用于产生扇形或锥形X射线束，该束被准直并经过病人然后由一组检测器元件来检测。检测器元件基于X射线束的衰减而产生信号。该信号可被处理以产生射线照相投影。所述源、病人或检测器然后典型地通过移动X射线源而相对于彼此移动以便于接下来的曝光，从而使每个投影在不同角度处被采集。

通过使用重构技术，如经滤波的反投影，所采集的投影组然后可被重构以产生诊断上有用的三维图像。由于三维信息在断层合成期间从数字上被获得，图像可被重构于操作者选择的任何观察平面中。典型地，表示待成像的对象的某个兴趣体积的片层组被重构，其中每个片层都是表示与检测器平面平行的平面中的结构的经重构的图像，并且每个片层都对应于所述平面与检测器平面的不同距离。

另外，由于断层合成从投影来重构三维数据，与使用单个X射线射

线照相相比，它提供了一种快速且成本有效的技术用于去除所叠加的解剖结构并用于增强焦点对准的平面中的对比度。此外，由于断层合成数据由通常在病人上的 X 射线源的单个扫动 (sweep) 中迅速采集的相对少的投影射线照相组成，由病人接收的总 X 射线剂量与单个常规 X 射线曝光的剂量是相当的，并且典型地明显小于从计算断层照相 (CT) 检查而接收的剂量。另外，断层合成中采用的检测器的分辨率典型地大于在 CT 检查中使用的检测器的分辨率。这些品质使断层合成对于诸如检测肺结节的放射学任务或成像病理学的其它难题是有用的。

尽管断层合成提供了这些显著的益处，与断层合成关联的技术亦具有缺点。

断层合成中经重构的数据集常常显示出在被用于采集断层合成数据的投影的方向上的结构的模糊。这是以 3D 重构的差的深度分辨率或深度模糊来表示的。与成像结构关联的这些假象将根据相对于采集几何结构的结构取向而变化。例如，与线性 X 射线断层合成系统的线性运动对准的线性结构将在兴趣体积的整个深度上看起来模糊。而这种结构将通过圆形 X 射线断层合成系统的圆形运动而模糊得少的多。在重构成像体积的过程中，结构的模糊可产生不理想的图像假象并抑制位于不同高度处的结构的分离。

因此，需要改变当前的断层合成系统以提供新的扫描轨迹和图像采集点以解决成像对象的深度模糊。

发明内容

用于扫描对象中的区域的断层合成系统包括辐射源，其被配置成穿过 (traverse) 多个位置以得到多个扫描方向。所述多个位置的每个对应于相应的扫描方向。此外，所述多个扫描方向包括至少沿第一轴的扫描方向和沿第二轴的方向，所述第二轴横向于所述第一轴。

用于使用断层合成系统来扫描对象中的区域的方法包括沿第一轴并沿第二轴扫描对象中的区域，所述第二轴横向于所述第一轴。此外，所述扫描包括将辐射源横穿多个位置，所述多个位置的每个对应于相应的扫描方向。所述方法亦包括通过使用被放置在与对象的预定距离处的检测器来采集对象中的区域的多个投影图像。

附图说明

基于阅读以下详述并参照附图，本发明的以上和其它优点以及特点将变得显而易见，在附图中：

图 1 是依照本技术的方面用于扫描对象的断层合成系统形式的示例成像系统的示意图；

图 2 是图 1 的断层合成系统的物理实施的示意图；

图 3 是常规断层合成系统和其中的关联问题的顶视图；

图 4 是解决图 3 中说明的问题的本技术的实施例的顶视图；

图 5 是本技术的另一个实施例的顶视图，其说明了沿病人的长轴并横向于长轴的 X 射线源的移动；

图 6 是依照本技术的方面的 X 射线源的多个扫描方向的顶视图的集合；并且

图 7 是依照本技术的方面的借助检测器的采集点的顶视图的集合。

具体实施方式

图 1 示意性地说明了可被用于采集并处理图像数据的成像系统 10。在所说明的实施例中，系统 10 是断层合成系统，其被设计成采集原始图像数据并处理图像数据以便于依照本技术来显示和分析。在图 1 中说明的实施例中，成像系统 10 包括辐射源 12，所述辐射典型地是断层合成中的 X 射线辐射，源 12 通常在平面内可自由移动。在该示例实施例中，X 射线辐射源 12 典型地包括 X 射线管和关联的支持和过滤部件。

辐射流 16 由源 12 发射并照射对象 18，例如医学应用中的病人。辐射的一部分 20 经过或绕过对象并冲击由参考数字 22 概括表示的检测器阵列。阵列的检测器元件产生表示入射 X 射线束的强度的电信号。这些信号被采集并处理以重构对象内的特征的图像。准直器 14 可限定从 X 射线源 12 出现的 X 射线束 16 的尺寸和形状。

源 12 由系统控制器 24 来控制，该控制器提供功率和控制信号两者，用于断层合成检查序列，包括相对于对象 18 和检测器 22 来定位源 12。而且，检测器 22 被耦合于系统控制器 24，其命令采集在检测器 22 中产生的信号。系统控制器 24 亦可执行各种信号处理和滤波功能，如用于动态范围的初始调节，数字图像数据的交错等等。一般而言，系统控制器 24 命令成像系统的工作以执行检查协议并处理所采集的数据。在此情况

下，系统控制器 24 亦包括：信号处理电路，其典型地基于通用或特定用途数字计算机；关联的存储器电路，用于存储由所述计算机执行的程序和例行程序以及配置参数和图像数据；接口电路等等。

在图 1 中说明的实施例中，系统控制器 24 被耦合于位置子系统 26，其相对于对象 18 和检测器 22 而定位 X 射线源 12。在可替换的实施例中，位置子系统 26 可移动检测器 22 或甚至对象 18 而不是源 12 或者与源 12 一起移动。在又一个实施例中，通过位置子系统 26 的控制，多于一个的部件是可移动的。这样，依照以下详细说明的各个实施例，通过借助位置子系统 26 改变源 12、对象 18 和检测器 22 的相对位置，射线照相投影通过对象 18 在各个角度可被获得。

另外，如本领域的技术人员将理解的，辐射源可由放置在系统控制器 24 内的 X 射线控制器 30 来控制。具体而言，X 射线控制器 30 被配置成提供功率和时序信号给 X 射线源 12。马达控制器 32 被用于控制位置子系统 26 的移动。

此外，系统控制器 24 亦被示出包括数据采集系统 34。检测器 22 典型地被耦合于系统控制器 24，更具体而言是数据采集系统 34。数据采集系统 34 接收由检测器 22 的读出电子器件收集的数据。数据采集系统 34 典型地接收来自检测器 22 的经采样的模拟信号并将该数据转换成数字信号以便于随后由计算机 36 来处理。

计算机 36 典型地被耦合于系统控制器 24。由数据采集系统 34 收集的数据可被发送给计算机 36 而且发送给存储器 38。应理解，适合于存储大量数据的任何类型的存储器可被这样的示例系统 10 利用。计算机 36 亦被配置成通过典型地被配备有键盘和其它输入设备的操作者工作站 40 来接收来自操作者的命令和扫描参数。操作者可通过输入设备来控制系统 10。这样，操作者可观察经重构的图像和来自计算机 36 的与系统有关的其它数据、初始成像等。

被耦合于操作者工作站 40 的显示器 42 可被用于观察经重构的图像并控制成像。另外，图像亦可被打印到打印机 44 上，该打印机可被耦合于计算机 36 和操作者工作站 40。此外，操作者工作站 40 亦可被耦合于图片归档和通信系统 (PACS) 46。应指出，PASC 46 可被耦合于远距离系统 48、放射科信息系统 (RIS)、医院信息系统 (HIS)，或者内部或外部网络，从而使不同位置处的其他人可获得对图像和对图像数据的访

问。

应进一步指出, 计算机 36 和操作人员工作站 46 可被耦合于其它输出设备, 这些设备可包括标准或专用计算机监视器以及关联处理电路。一个或多个操作人员工作站 40 可被进一步链接于系统中以便于输出系统参数、请求检查、察看图像等。一般而言, 在系统内提供的显示器、打印机、工作站和类似设备对于数据采集部件可以是本地的, 或者可以与这些部件是远距离的, 如在机构或医院的其它地方, 或者在完全不同的位置, 通过一个和多个可配置的网络, 如互联网、虚拟私人网络 (virtual private network) 等链接于图像采集系统。

概括地参考图 2, 在本实施例中利用的示例成像系统可以是断层合成成像系统 50。在类似于以上所述的安排中, 断层合成成像系统 50 被示出具有源 12 和检测器 22, 其间可放置被示出为病人 18 的对象。辐射源 12 典型地包括 X 射线管, 其发射来自焦点 52 的 X 射线辐射。辐射流被导向病人 18 的特定区域 54。应指出, 病人 18 的特定区域 54 典型地由操作人员选择从而可进行对区域的最有用的扫描。

在典型的操作中, X 射线源 12 被置于病人 18 以上的预定距离处并从焦点 52 将 X 射线束投影向检测器阵列 22。检测器 22 被放置得处于与相对于源 12 的间隔开的关系并处于与病人 18 的预定距离处。检测器 22 通常由通常对应于像素的多个检测器元件形成, 所述检测器元件感测经过和绕过兴趣对象 54, 如特定身体部分, 例如胸部、肺等的 X 射线。在一个实施例中, 检测器 22 由元件的 $2,048 \times 2,048$ 矩形阵列组成, 其对应于 $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ 的像素尺寸, 尽管检测器 22 和像素两者的其它配置和尺寸是当然可能的。每个检测器元件产生表示所述束冲击检测器时该元件位置处的 X 射线束的强度的电信号。此外, 源 12 可通常被移动于第一平面 56 内, 其基本上平行于第二平面 58, 其是检测器 22 的平面, 因此来自不同视角的多个射线照相察看可由计算机 36 来收集。X 射线源的移动在以下参照图 4 的讨论而被详述。在一个实施例中, 源 12 和检测器 22 之间的距离近似为 180 cm, 并且源 12 的运动的总范围在 13.5 cm 和 131 cm 之间, 其转变为从 $\pm 5^\circ$ 到 $\pm 20^\circ$, 其中 0° 是中心位置。在该实施例中, 典型地至少 11 个投影被采集, 从而覆盖了全角度范围。

计算机 36 典型地被用于控制整个断层合成系统 50。控制系统工作的主计算机可适合于控制由系统控制器 24 使能的特征。此外, 操作人员工

作站 40 被耦合于计算机 36 以及显示器,从而使经重构的图像可被察看。

在 X 射线源 12 通常在平面 56 内移动时,检测器 22 收集经衰减的 X 射线束数据。从检测器 22 收集的数据然后典型地经历预处理和校准以将数据调整成表示扫描对象的衰减系数的线积分。一般被称为投影的经处理的数据然后典型地被反投影以规划扫描区域的图像。在断层合成中,有限数量的投影被采集,典型地是三十个或以下,每个都处于相对于对象和检测器的不同角度处。重构算法典型地被用于执行对该数据的重构以再现初始图像。

一旦被重构,图 1 和 2 的系统产生的图像揭示了病人 18 的内部特征的三维关系。图像可被显示以示出这些特征及其三维关系。尽管经重构的图像可包括表示成像体积内对应位置处的结构的单个经重构的片层,多于一个片层是典型的。

现在参考图 3,其说明了典型的线性断层合成系统和与之关联的问题的顶视图。典型地,源 12 在病人 18 以上的平面中线性地移动以对区域 54 成像,投影图像由固定检测器 22 来捕获。源 12 沿第一轴 60 移动,该轴是病人 18 的长体轴,并且在该运动期间,它对由参考数字 74 概括描述的体外区域成像并且不包括由参考数字 76 概括描述的区域 54 的一部分。这样,在这些常规系统中,来自区域 54 以外(以上和以下)的数据将被包含在投影中并因此被包含在重构中,从而将不合理性注入到重构问题中并降级图像质量。

图 4 和图 5 说明了解决图 3 中描述的问题的不同实施例。参考图 4,其说明了用于扫描病人 18 中的区域 54 的断层合成系统 50 的视图的顶部。系统 50 包括辐射源 12,其被配置成横穿多个位置 70,从而得到多个扫描方向 72。在该配置中,所述多个位置的每个对应于相应的扫描方向。在示例实施例中,所述多个位置 70 的至少一个由沿第一轴 60 即长体轴的方向上的检测器 22 的边缘 64 来限定。在该配置中,由于 X 射线源 12 一直移动到检测器 22 的边缘 64,它克服了图 3 中所示的问题:在扫描过程中包括体外区域,即重叠区域 54 的组织。在另一个示例实施例中,所述多个位置 70 的至少两个由检测器 22 的两个边缘 64 来限定。

此外,在如图 5 中所示的又一个示例实施例中,所述多个扫描方向包括至少沿第一轴 60 即长体轴的扫描方向和沿第二轴 62 即短体轴的方向,所述第二轴横向所述第一轴。在此情况下,由于在扫描方向上没有

身体组织超出 (beyond) 检测器, 来自兴趣区域以外的组织的问题被完全消除。这样, 扫描到由参考数字 60 描述的体长轴方向上的检测器边缘并在由参考数字 62 描述的垂直方向上的较长扫描路径上扫描的二维扫描配置实现了 z 方向上的锐利分辨率和消除来自兴趣区域以外的重叠组织的问题两者的益处。所述实施例将有用的实例包括但不局限于病人 18 中的兴趣区域 54 在一个方向上 (例如沿轴 60) 延伸超出检测器 22。

在具有 180 cm 的源到检测器距离的、扫描位于有效检测器表面之前 7 cm 的 25 cm 厚度和与检测器 (41 cm x 41 cm) 相同横向尺度的对象的断层合成系统中, 由于对象与检测器一样宽, 并且 X 射线束是从焦点发散的锥形束, 对于在常规断层合成系统中仅沿长体轴 (轴 60) 的扫描, 对象的侧面的近似 11% 的区域不被覆盖于任何 X 射线的投影中。通过使用以上所述的实施例, 包括检测器边缘处的横向 (lateral) 方向上的点的扫描确保了重构中的每个成像元件包含来自至少一个 X 射线测量的信息并因此得到较好质量的图像。

如本领域的技术人员所将理解的, 以上实施例经历几种有用的扫描配置和借助检测器 22 的相关采集。在此, 这些所说明的非限制实例在以下参照图 6 和图 7 而被讨论, 几个其它配置是可能的。

图 6 说明了用于以上所述的各种实施例的由参考数字 86、88、90、92、94 和 96 概括描述的扫描配置的示例集合。在一个实例中, 所述多个扫描方向 72 包括覆盖分别由检测器 22 的多个预定尺度限定的多个面积。在示例实施例中, 所述多个预定尺度包括至少检测器 22 的宽度 66 和高度 68。在另一个实例中, 所述多个面积包括至少由检测器 22 的宽度 66 和高度 68 限定的面积。在又一个实例中, 所述多个面积包括至少由检测器的宽度和检测器的高度的一部分而限定的面积。另一个实例包括至少由检测器的高度和检测器的宽度的一部分而限定的面积。又一个实例包括至少由检测器的宽度和检测器的高度的倍数而限定的面积。另一个实例包括至少由检测器的高度和检测器的宽度的倍数而限定的面积。又一个实例包括至少由检测器的宽度的部分和高度的部分而限定的面积。

图 7 说明了采集由参考数字 98、100、102、104、106 和 108 概括描述的多个投影图像的检测器 22 处的多个采集点 78 的示例集合。在一个实例中, 所述多个预定采集点包括检测器 22 的两个相对角 80 处的至少

两个点 78。在另一个实例中，所述多个预定采集点 78 包括检测器的两个相对角 80 处的至少两个点 78 和检测器 22 的中心 82 处的点。在又一个实例中，所述多个预定采集点包括检测器 22 的四个角 80 处的至少四个点 78。另一个实例包括检测器的四个相对角 80 处的至少四个点 78 和检测器 22 的中心 82 处的点。另一个实例包括检测器的每个边缘的至少中心点 84 和检测器 22 的中心 82 处的点。又一个实例包括检测器 22 的每个边缘的至少中心点 84。另一个实例包括沿检测器边界的至少多于四个的点。又一个实例包括至少由检测器的中心 82 和检测器的边缘限定的变化距离的点。在另一个实例中，所述多个预定采集点 78 包括检测器 22 以外的至少多个点，其中检测器以外的所述多个点对应于沿在与病人 18 的第一轴横向的方向的第二轴的扫描方向期间的辐射源位置 70。

另一个示例实施例（未示出）包括检测器 22，其被配置成在平面 58 中的多个方向上横穿(traverse)，所述多个方向的每个分别对应于辐射源 12 的所述多个位置 70 的每个。如本领域的技术人员所将理解的，以上所述的扫描配置和采集可等同地适用于该实施例，其中检测器被配置成是移动的。

所述技术的另一个方面是用于使用断层合成系统 50 来扫描对象 18 中的区域 54 的方法。该方法包括沿第一轴 60 并沿第二轴 62 扫描对象 18 中的区域 54，所述第二轴横向于所述第一轴。所述扫描进一步包括将辐射源 12 横移多个位置 70，所述多个位置的每个对应于相应的扫描方向 72；以及通过使用被放置在与对象的预定距离处的检测器 22 来采集对象中的区域的多个投影图像。

以上方法的另一个方面包括通过使用被放置在与对象的预定距离处的检测器 22 来采集对象 18 中的区域 54 的多个投影图像。在该方面中，所述多个位置的至少一个由沿第一轴 60 的方向上的检测器的边缘来限定。

如本领域的技术人员所将理解的，所述技术亦包括用于使用以上所述的本发明的各个实施例来扫描和采集图像的方法。

如本领域的技术人员所将理解的，以上实施例在其它成像形态中亦是有用的，这些的非限制实例包括立体定向(stereotaxy)、立体成像，例如在乳房 X 线照相术成像系统中。此外，除了在医学成像中 useful，以上实施例在工业成像中亦是有用的，例如在检验诸如多层印刷电路板的

平部件或大部件中的焊缝的过程中。

尽管本发明可容许各种修改和可替换形式，已通过附图中的实例示出并已在此详述了特定的实施例。然而，应理解，本发明并不旨在局限于所公开的特定形式，相反，本发明应覆盖属于如以下所附权利要求所限定的本发明的精神和范围内的所有修改、等效形式和可替换形式。

元件清单

- 10 成像系统
- 12 辐射源
- 14 准直器
- 16 照射对象的 X 射线束
- 18 对象
- 20 由对象衰减的 X 射线束
- 22 检测器
- 24 系统控制器
- 30 X 射线控制器
- 32 马达控制器
- 34 数据采集系统
- 36 计算机
- 38 存储器
- 40 操作者工作站
- 42 显示器
- 44 打印机
- 46 PACS
- 48 远距离客户
- 50 断层合成系统
- 52 X 射线源焦点
- 54 区域
- 56 第一平面
- 58 第二平面
- 60 第一轴
- 62 第二轴

-
- 64 检测器的边缘
 - 66 检测器的宽度
 - 68 检测器的高度
 - 70 X射线源的多个位置
 - 72 多个扫描方向
 - 74 解剖学上的额外区域
 - 76 从解剖学错过的区域
 - 78 多个采集点
 - 80 检测器的角
 - 82 检测器的中心
 - 84 检测器侧上的中间点
 - 86-96 多个扫描方向
 - 98-108 多个采集点

✱

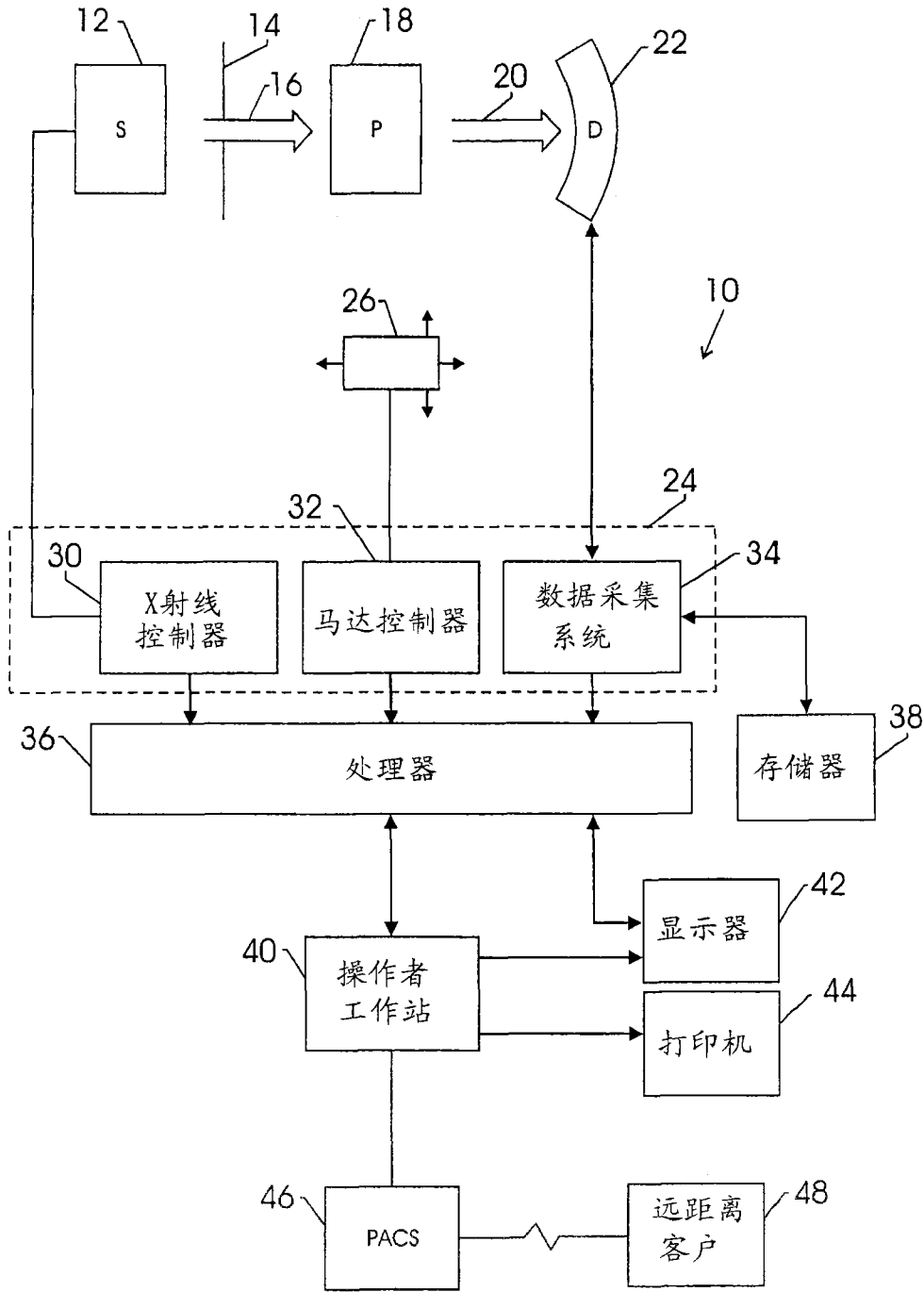


图 1

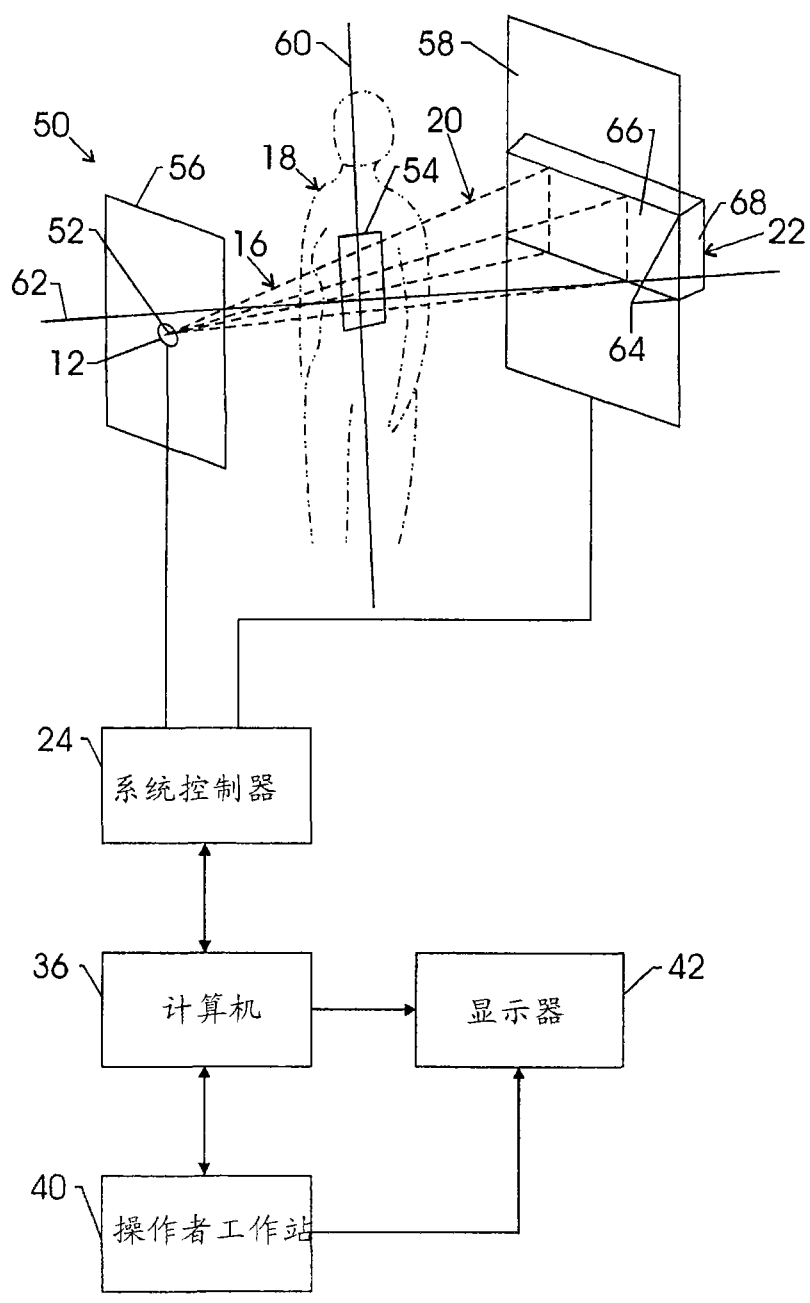


图 2

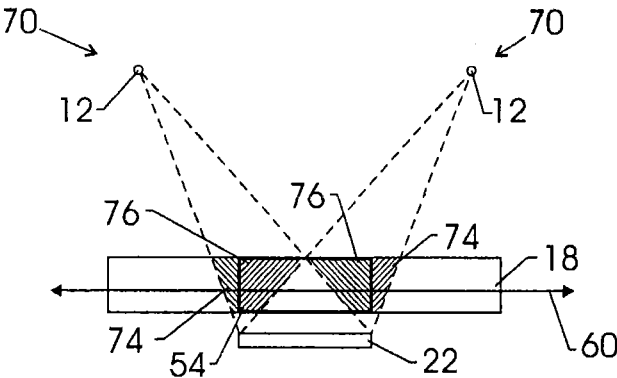


图 3

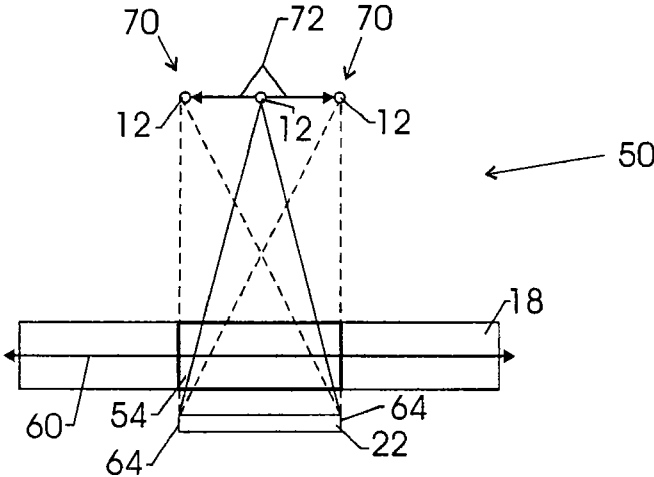


图 4

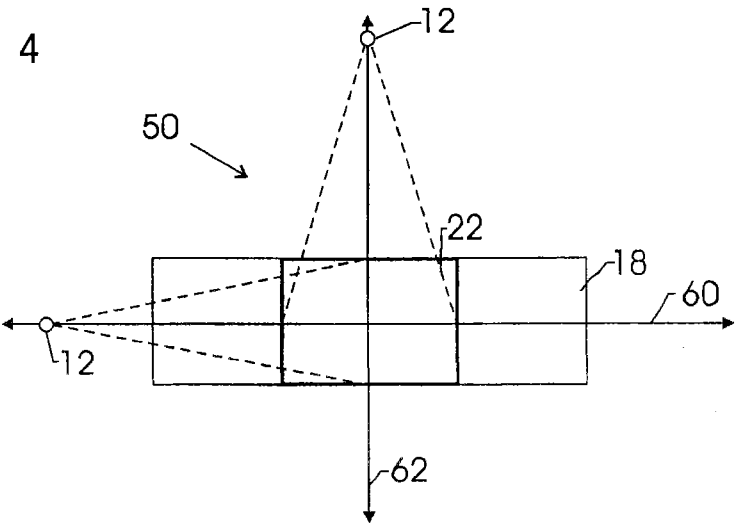
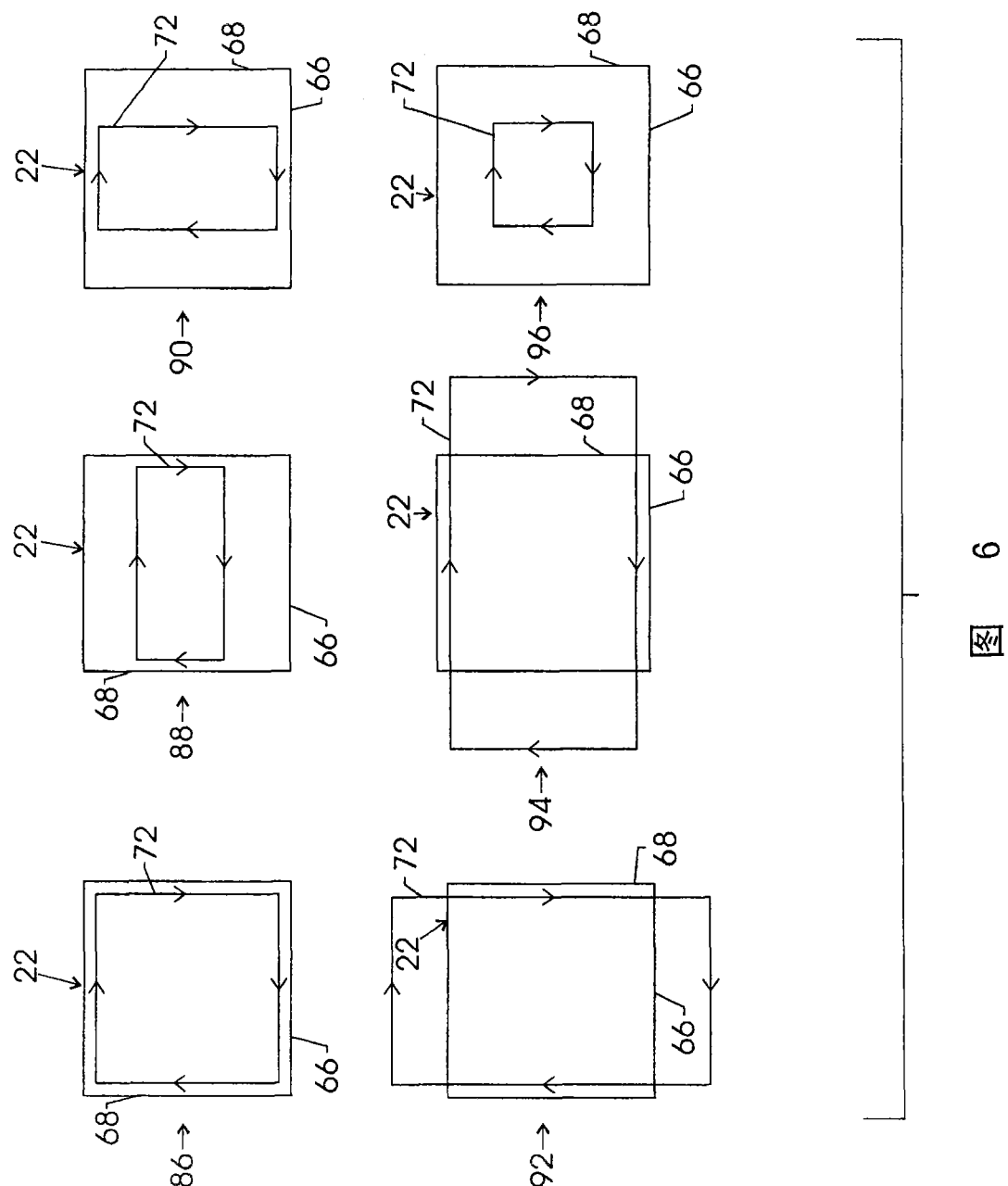


图 5



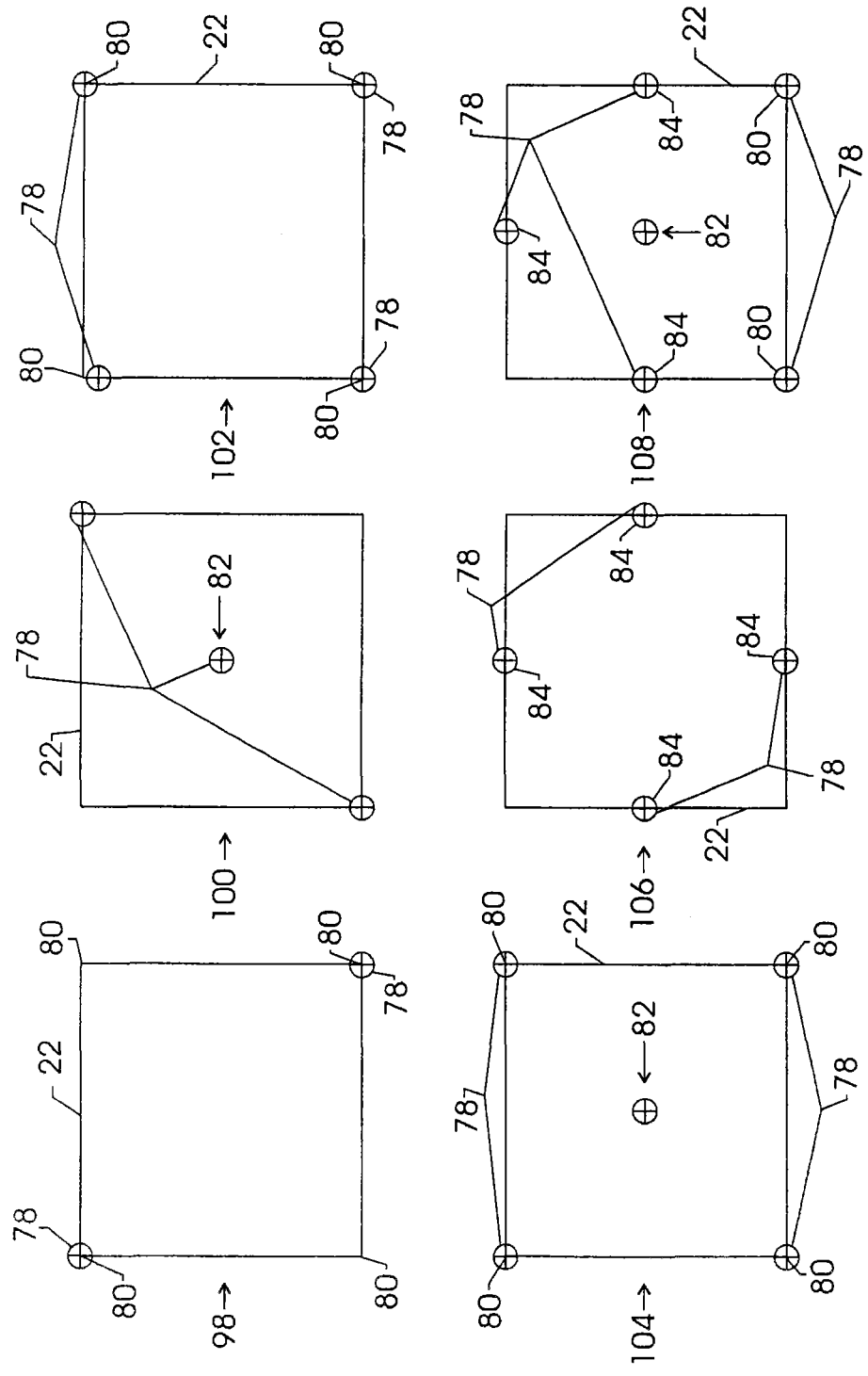


图 7