[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61B 6/03 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410104740.6

[45] 授权公告日 2010 年 2 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100591277C

[22] 申请日 2004.11.26
[21] 申请号 200410104740.6
[30] 优先权
[32] 2003.11.26 [33] US [31] 60/525587
[32] 2004. 4. 1 [33] US [31] 10/816064
[73] 专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州
[72] 发明人 B·K·B·德曼 S·K·巴苏
P·M·埃迪克 R·F·森兹
W·R·罗斯 吴小页
C·R·威尔逊 M·E·弗米利耶
E·L·萨拉内斯
[56] 参考文献
JP5 - 212025A 1993.8.24
EP1266621A1 2002.12.18
US4126786 1978.11.21
CN1242976A 2000.2.2
WO03/051201A2 2003.6.26
US2003/0118155A1 2003.6.26
US4274005 1981.6.16
审查员 陈昭阳
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 杨生平 梁 永

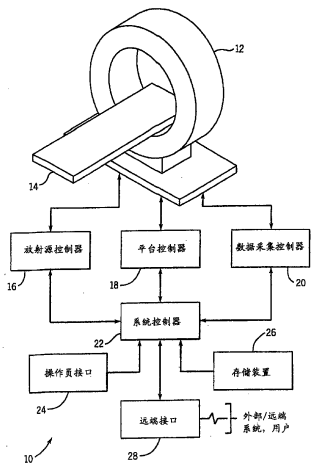
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 10 页

[54] 发明名称

固定式计算机断层摄影系统和方法

[57] 摘要

本发明提供了固定式成像系统的结构。该结构可包括对分布式 X 射线放射源的各种类型的组合，其通常包括可寻址发射器元件，该发射器元件可被触发，以采用理想的序列和组合进行发射。源(30)可以是环形(54)、部分环形(58)，或线形(典型地沿 Z 轴)(56)等。这些组合是可以设想的。对应的检测器(46)也可以是与源相关的完整的环形检测器(52)或部分环形检测器(60)，以提供对成像体积充分的覆盖，并提供所采集数据的理想的数学完整性。



1.一种体积式固定计算机断层摄影系统（10），包括：

至少一个固定式检测器（46），其绕着成像体积的至少一部分延伸；

至少一个固定分布式X射线源(30)，其设置在至少一个固定式检测器(46)的近端；以及

放射源控制器（16），用于触发一个或多个在至少一个固定分布式X射线源（30）内的电子束发射器（32），以由至少一个固定式检测器（46）获取体积的数据，

其中所述至少一个固定式检测器（46）和所述至少一个固定分布式X射线源（30）设置为相互配合，以有利于用于图像重建的所采集体积的数据内的完整性，并且

其中至少一个固定分布式X射线源(30)包括至少两个完整的环形源(54)，其中所述至少一个固定式检测器（46）包括一对环形检测器（52），并且其中所述两个完整的环形源（54）中的至少一个位于该对环形检测器（52）之间。

2.如权利要求1所述的系统，其中至少一个固定分布式X射线源（30）包括热电子发射器、碳基发射器、光子放射器、铁电发射器、冷阴极发射器、激光二极管中的至少一个。

3.如权利要求1所述的系统，其中至少一个固定式检测器（46）包括一个或多个位于所述至少两个完整的环形源（54）之间的环形检测器（52）。

4.如权利要求3所述的系统，其中所述至少两个完整的环形源（54）被间隔放置，并且所述至少一个固定式检测器（46）包括多个设置在用于接收放射线的所述至少两个完整的环形源（54）之间的环形检测器（52）。

5.如权利要求1所述的系统，进一步包括一个或多个部分环形源（58），并且其中所述至少一个固定式检测器（46）包括一个或多个设置在所述至少两个完整的环形源（54）之间的环形检测器（52）。

6.如权利要求1所述的系统，其中所述至少一个固定式检测器（46）包括至少两个设置在所述至少两个完整的环形源（54）之间的环形检测器（52），其中所述至少两个环形检测器（52）和所述至少两个完整的环形源（54）包括不同直径，以允许所述至少两个带有至少两个完整的环形源（54）的环形检测器

（52）的伸缩运动。

7.如权利要求1所述的系统，其中至少一个固定分布式X射线源（30）包括一个或多个部分环形源（58），并且其中所述至少一个固定式检测器（46）包括一个或多个带有凹槽的检测器（64）。

8.如权利要求7所述的系统，其中所述一个或多个带有凹槽的检测器（64）包括部分环形检测器（60），并且其中所述一个或多个部分环形源（58）在所述部分环形检测器（60）的凹槽（66）内延伸。

9.如权利要求1所述的系统，其中所述至少一个固定式检测器（46）包括至少两个带有凹槽的检测器（64），用于接收所述一个或多个部分环形源（58），并设置为沿着Z轴组合以环绕着所述成像体积。

10.如权利要求1、3、4、6、8或9所述的系统，进一步包括一个或多个线形源（56），所述线形源沿着Z方向延伸，以增加用于图像重建的所获取体积的数据内的完整性。

固定式计算机断层摄影系统和方法

相关申请的交叉引用

本申请涉及 2003 年 11 月 26 日在美国专利和商标局申请的序列号为 60/525，587 的美国临时申请，代理人号：127068－1，该申请的内容包括在这里作为参考，并依据 35 U.S.C.119（e）要求了该申请的优先权。

技术领域

本发明总体上涉及计算机断层成像领域，更具体地，涉及用于固定式计算机断层摄影系统的几何形状和构造，其中检测器和分布式源元件固定地设置在成像系统扫描器内。

背景技术

计算机断层成像系统有许多应用。经过最近几十年的开发，这种成像系统典型地以切片和体积形式提供了对感兴趣对象内部特征成像的有力工具。通常，系统包括源，其引导放射线穿过感兴趣对象照射到检测器上。虽然，所述源可以是能够穿透感兴趣对象的任何类型的放射线，但在这里的描述中重点指 X 射线源。在传统的系统中，X 射线源和检测器安装在旋转台架上，并以相对高的旋转速度旋转，例如每秒旋转两次的量级，虽然也可以用更快些或慢些的速度。在旋转期间，在检测器的许多位置上获取入射 X 射线强度的测量值，并且这些测量值可以被存储用于以后的分析和处理。然后，系统通过处理获得的强度测量值计算有用的重建图像，允许确定特征在对象内的位置。虽然对这种基本设计的各种改变已经提出并且目前也在使用中，但当前的技术利用源和检测器的旋转，并带有采集窗口的选择和数据的专门处理，用于提高重建图像清晰度。

虽然这种结构被证明对识别对象内感兴趣的特征非常有用，但它们受到需要旋转源和检测器的限制。X 射线源典型地包括传统 X 射线管，所述 X 射线管有些重并且在旋转期间必须需要供电和冷却。同样，检测器体积变得越来越庞大，在较高分辨率时横跨了成像系统的视野，并在一次检查中采用多行的结构以获得相当多的数据。与检测器相关的电路必须也被旋转，以执行数据采集

和初始处理过程。生产带有电源和数据传输互连的精细平衡系统以及需要除去操作中产生的热量的机构需要工程熟练性。

目前，在计算机断层摄影中需要改进的系统设计，尤其是，迫切需要一种能够减轻旋转负荷，或者甚至不需要使系统元件一起旋转的设计。尤其需要这样一种系统：该系统能够产生高质量图像，同时减小与源和检测器的旋转相关的机械的、电子的、热量的和其他方面的问题。

发明内容

本发明提供一种能够符合这种需要的用于计算机断层摄影（CT）系统的新颖的几何形状和结构。该技术可应用于广泛的领域，包括医学诊断环境、零件检查，包裹和行李处理应用等。本技术允许在系统中包括分布式 X 射线源和检测器，而不需要旋转所述源或检测器。

提供了分布式源和检测器的各种有用的结构，出于图像重建的目的，其中的一些可与另一些结合使用提高图像数据质量，提高获取数据的完整性，提供得到最佳重建图像的覆盖范围等。不过，该技术可以使用一列发射器或源，所述发射器或源按照各种技术进行操作，所述技术能够特定地、唯一地寻址，以产生进行成像检查的一束放射线。同样地，该技术可以用于大范围检测器结构，许多几何形状是基于传统结构的检测器阵列。虽然该系统的某些元件可以被旋转，例如准直器或其他元件，但是本技术允许主要元件，即源和检测器在检查阶段基本上保持固定。

附图说明

图 1 是根据本技术的示范性固定式 CT 系统的图示。

图 2 是与图 1 所示类型的系统一起使用的示范性分布式源的图示。

图 3 是与图 1 中的系统一起使用的部分检测器的图示。

图 4 是固定式 CT 结构的第一实施例的图示，其包括环形源和环形检测器。

图 5 是使用环形源、环形检测器和线形源的进一步结构。

图 6 是在两个环形检测器之间使用环形源的可替换结构。

图 7 是使用在两个带有线形源的环形检测器之间的环形源的可替换结构的图示。

图 8 是使用一对带有环形检测器的环形源的可替换结构的图示。

图 9 是使用一对带有环形检测器的环形源和线形源的可替换结构的图示；

图 10 是使用一对带有环形检测器的部分环形源的可替换结构的图示。

图 11 是使用带有环形检测器和线形源的部分环形源的可替换结构的图示。

图 12 是使用一系列环形源和环形检测器的可替换结构的图示。

图 13 是使用一系列带有环形检测器的环形源和线形源的可替换结构的图示。

图 14 是使用带有一系列环形检测器的一系列环形源的可替换结构的图示。

图 15 是使用带有一系列环形检测器的一系列环形源和线形源的可替换结构的图示。

图 16 是使用一个或多个带有线形源的环形源，和部分环形检测器的可替换结构的图示。

图 17 是使用一系列线形/弧形源和环形检测器的可替换结构的图示

图 18 是使用在有凹槽的结构中的部分环形源和部分环形检测的可替换结构的图示

图 19 是使用部分环形源和线形/弧形源的可替换结构的图示，其中一部分源部分地覆盖了部分环形检测器。

图 20 是使用环形源和环形检测器的可替换结构的图示。

图 21 是使用螺旋单圈环形源和环形检测器的可替换结构的图示；

图 22 是使用螺旋多圈环形源和环形检测器的可替换结构的图示；

图 23 是使用设置为引导放射线通过环形检测器上开孔的环形源的可替换结构的图示；

图 24 是使用设置为引导放射线通过环形检测器上缝隙的环形源的可替换结构的图示；

图 25 是使用倾斜的环形源和环形检测器的可替换结构的图示；

图 26 是使用用于倾斜的环形源和环形检测器的进一步结构的可替换结构的图示；

图 27 是使用两个倾斜的环形源和环形检测器的可替换结构的图示；

图 28 是使用两个倾斜的环形源和环形检测器的可替换结构的图示；

图 29 是在互补的带有缺口的结构中使用部分环形源和环形检测器的结合

的可替换结构的图示；

图 30 是使用环形源和环形检测器结构，用于伸缩式或组合式相互作用的可替换结构的图示；和

图31 是使用环形、部分环形源与环形检测器的组合的可替换结构的图示；

具体实施方式

现在回到附图，首先参考图 1，图 1 中描述了固定式计算机断层摄影（CT）系统，其通常用参考数字 10 表示。CT 系统 10 包括由支撑结构形成的扫描器 12，并且内部包含一个或多个固定和分布式 X 射线源（图 1 中未示出）和一个或多个固定式数字检测器（图 1 中未示出），下面将会进行详细说明。扫描器设置为接收平台 14 或其他用于支撑病人，或在更通常情况下用于支撑扫描对象的支撑结构。平台能够移动通过扫描器中的开孔，以在成像阶段将对象适当地定位在扫描的成像体积或平面内。

系统进一步包括放射源控制器 16，平台控制器 18 和数据采集控制器 20，它们都在系统控制器 22 的控制下起作用。放射源控制器 16 调节释放 X 射线的定时，所述射线从围绕着扫描器 12 的点指向在相对一侧的检测器部分，这在下面会进行说明。在本发明的固定式 CT 结构中，放射源控制器 16 可以在各个时刻触发一个或多个在分布式 X 射线源内的发射器，产生对发射的 X 射线强度数据的多个采集。例如，在某种设置中，X 射线放射源控制器 16 可以顺次触发射线的发射，以便收集在扫描器周围发射的 X 射线强度邻近或非邻近的采集。许多这种测量值可以在一次检查序列中收集，并且，如下面所述连接到检测器元件上的数据采集控制器 20 接收来自检测器元件的信号，并处理信号用于存储或后面的图像重建。然后，平台控制器 18 用于将平台和病人适当定位在射线发射的平面，或在本发明的情况下，通常在成像的体积内。平台可以在成像序列之间或在某个成像序列期间移动位置，这取决于所使用的成像协议。

系统控制器 22 通常调节放射源控制器 16、平台控制器 18 和数据采集控制器 20 的操作。从而，系统控制器 22 可以使放射源控制器 16 触发 X 射线的发射，以及在系统控制器定义的成像序列期间调整这种发射。系统控制器也可以调节平台的移动，使之和这种发射相协调，以便采集特定感兴趣体积的发射的 X 射线强度测量数据，或采用各种成像模式，例如螺旋模式。系统控制器 22 也接收由数据采集控制器 20 获取的数据并调整数据的存储和处理。

应当记住控制器和这里实际上描述的各种电路实际可以用硬件电路、固件或软件定义。例如，用于成像序列的特定协议通常可以用系统控制器执行的代码定义。而且，初始处理、调节、滤波和其他需要对由扫描器获取的发射的 X 射线强度数据进行的操作可以用图 1 中示出的一种或多种部件执行。例如，如下面所述，检测器元件将产生模拟信号，该模拟信号表示位于对应于检测器采集象素位置上的光电二极管的电荷耗损。这种模拟信号通过扫描器内的电子元件转换为数字信号，并发送到数据采集控制器 20。此时会进行部分处理过程，并且信号最终发送到信号控制器用于进一步滤波和处理。

系统控制器 22 也连接到操作者界面 24 和一个或多个存储装置 26。操作者界面可以与系统控制器整合，并通常包括操作控制站，其用于初始化成像序列、控制这种序列，和操作在成像序列期间获取的数据。存储装置 26 也可以设置在成像系统的本地，和可以部分地或完全地设置在系统远端，因此，成像装置 26 可包括本地、磁或光存储器，或用于存储重建的成像数据的本地或远端的存储库中。而且，存储装置可以设置为接收用于重建的原始的、经部分处理或完全处理的数据。

系统控制器 22 或操作者界面 24，或任何远端系统和工作站可以包括进行图像处理和重建的软件。本领域技术人员理解，这种 CT 数据的处理可以由多种数学算法和技术实现，例如，可以使用传统的滤波背投影技术处理和重建成像系统获取的数据。也可以使用其他技术，以及与滤波背投影结合使用的技术。远端接口 28 可以包括在系统中，用于从成像系统向这种远端处理站或存储装置传输数据。

固定式 CT 系统 10 的扫描器 12 优选地包括一个或多个分布式 X 射线源，和一个和多个接收放射线和处理相应信号以产生数据的数字检测器。图 2 描述了一种可用于固定式 CT 系统的类型的示范性分布式 X 射线源的一部分。如图 2 所示，在示范性实施方式中，分布式 X 射线源 30 可包括一系列与图 1 中的放射源控制器 16 耦合的电子束发射器 32，并且在扫描器操作期间由源控制器触发。电子束发射器 32 设置在靶 34 附近，一旦由源控制器触发，电子束发射器 32 可以向靶 34 发射电子束 36。靶 34 可以通过电子束的撞击发射 X 射线束，如参考数字 38 所示，所述靶 34 可以是诸如钨轨或元件。X 射线源可以采用反射或透射模式操作，在如图 2 所示的反射模式中，X 射线主要产生在电子元件

撞击的靶的同侧。在透射模式中，X 射线主要产生在电子元件撞击的靶相反的一侧。然后，X 射线束 38 被导向准直器 40，准直器 40 通常不透过 X 射线，但包括开口 42。开口 42 可以是尺寸固定的，也可以是可调整的。开口 42 允许一部分 X 射线束透过准直器形成经准直的 X 射线束 44，经准直的 X 射线束 44 将穿过感兴趣的对象被导向扫描器的成像体积，并且撞击扫描器对侧的检测器元件。

当然，也可以设想多种用于发射器或分布式源的结构。而且，在分布式源内的各个 X 射线源可以发射各种类型和形状的 X 射线束。这可以包括，例如，扇形束、锥形束和各种几何形状的横截面的射线束。同样地，包括分布式 X 射线源的各种元件也可以进行改变。例如，在一个实施例中，使用了容纳在真空外壳中的冷阴极发射器。然后，固定式阳极被放置在外壳内并与发射器隔开。这种类型的结构通常对应于图 2 中的图示。当然，其他材料、结构和操作原理也可以用于分布式源。例如，热电子发射器，碳基（Carbon—based）发射器，光子发射器，铁电发射器、激光二极管、单片集成半导体（monolithic semiconductor）等。

如下面详细说明的，该固定式 CT 技术基于多个分布式和可寻址的 X 射线放射源的使用。而且，分布式放射源可以与单独的单一外壳或管或多个设计为协同操作的管关联。下面描述的某些源结构是弧形或环形，以便可设置地位于扫描器内开孔附近。其他源是线形结构，以便沿着成像体积在传统 CT 术语所指的“Z 方向”延伸。各个源可独立地各自寻址，使得放射线能够在由成像协议定义的成像序列期间的时间点从各个源触发。在另一种结构中，源可以以逻辑组形式寻址，例如，成对或成三的发射器线连接在一起。需要时，可以在任意时刻同时触发一个以上的这种源，或在特定序列中触发以模拟台架的旋转，或在围绕成像体积或平面的任何需要的序列中触发。

多个检测器元件形成一个或多个接受由分布式源发射的放射线的检测器。图 3 描述了可用于本发明目的的检测器的一部分。每个检测器可包括带有可变分辨率的检测器元件，以满足特定成像应用。所述检测器结构通常与在传统旋转式 CT 系统中使用的检测器类似，但其绕着检测器的大部分或全部内表面延伸。下面将简述一个或多个检测器的特定结构。不过，通常检测器 46 包括一系列检测器元件 48 和相关信号处理电路 50。每个检测器元件可以包括一个光

电二极管和相关的薄膜晶体管的阵列。撞击检测器的 X 射线被闪烁体转换为较低能量的光子，这些光子撞击光电二极管。因此，在光电二极管间保持的电荷被损耗，并且晶体管可以受控对光电二极管再充电并因此测量电荷的损耗。通过顺序地测量在各种光电二极管中的电荷损耗，收集对每个象素位置的穿透辐射进行编码的数据，所述每个光电二极管对应于每次采集所收集的数据的象素。数据由信号处理电路 50 处理，信号处理电路 50 通常将模拟损耗信号转换为数字值，执行任何需要的滤波，并将获取的数据传输到如上所述的成像系统的处理电路。虽然所述检测器是用基于闪烁体的能量整合装置的术语描述的，但直接转换、光子计数或能量区分式（energy discriminating）检测器也同样适用。

大量检测器元件 48 可以和检测器相关联，以便定义象素的多个行和列。如下面所述，本技术的检测器结构将检测器元件设置穿过独立可寻址 X 射线源，以便允许能够获得大量用于图像重建的视图采集。

本领域技术人员将理解，CT 系统中的重建技术在对获取的数据的使用和用于图像重建的技术和假设是不同的。本技术中已发现，可获得多种用于高速和有效地操作固定式 CT 系统的几何形状，它们提供了进行准确地图像重建的数据。图 4—31 描述了用于分布式源和检测器的示范性几何形状和结构，所述检测器在 CT 系统中是固定的，但能够与传统或改进的图像处理和图像重建算法一起使用。

目前设计的许多几何形状包括 360 度源和/或检测器，但是，能够通过在这些结构中除去一部分完整的环，使得这里的某些方面能够削减为费用较少但能够得到同样或通常满意的性能的结构。这取决于所使用的图像重建技术，例如，绕着 180 度延伸的检测器加上发射的 X 射线束的扇形角足以进行极好的数据采集和图像重建。而且，由于机械制造的原因，在源和检测器接口之间会有缝隙。这种缝隙可以通过来自源和/或检测器的额外的测量值来解决，这些测量值解决了丢失的数据。而且，下面描述的结构是为轴向和螺旋扫描模式设计的。不过，这些结构中的某些可以更适合于这些模式中的一种或另一种，这取决于特定的应用，例如对于医学应用适合用轴向扫描，对诸如行李扫描之类的应用适合用螺旋扫描。最后，在下面结构中描述的源和检测器可以具有不同的直径、尺寸、长度等。而且，源和检测器可以分别包括直线或平面部分，这接近于下

面讨论的结构。

在图 4 所描述的结构中，环形检测器 52 包括多个如图 3 所示的检测器元件，所述检测器元件通常完全围绕成像体积延伸。采用环形源 54 的分布式源位于环形检测器 52 附近，并包括大量如上所述的各自可寻址的源或发射器。所述源能够由系统控制器触发，通常向正对相反位置上的检测器发射放射线，放射线穿过感兴趣的对象，被感兴趣对象的特征衰减，并撞击在用于数据收集的检测器上。

图 5 所示的结构包括图 4 所述类型的环形检测器 52，带有环形源 54。这种结构也包括一对沿着 Z 方向的线形源，用线形源 56 表示。单个的环形源设置在检测器一边，线形源 56 从环形源延伸以有助于系统收集数据的复杂性。环形检测器 52 可以包括容纳线形源 56 的间隙。虽然这种线形源可以增加数据采集操作的复杂性，但它们被认为能够提高整体的数据采集的数学完整性。虽然在图 5 中描述了这样两种线形源，但这种结构可以包括少至单个的线形源，或多于两个线形源。

图 6 中的结构包括一对中间设置有环形源 54 的环形检测器 52。这种结构被认为尤其适合低剂量效率，并且对检测某种感兴趣物质尤其有用，例如爆炸物。

图 7 中的结构包括一对环形检测器 52，一个环形源 54 和一个或多个线形源 56。环形源设置在环形检测器之间，并且线形源通常平行于环形检测器延伸。通常在环形检测器上提供有间隙，以容纳线形源。和如图 5 所示的结构中一样，在该结构中增加了线形源来测量为了所获取数据的数学完整性的额外数据。

图 8 描述了进一步的可选择的实施方式，其中两个环形源 54 设置在环形检测器 52 的任意侧面。应当认为这种结构能够提供可靠的数据完整性，并且能够减少围绕扫描器中间平面的任何感兴趣区域的丢失。而且，对于成像系统的视野中心相同的轴向覆盖，检测器的结构能够比前面提到的结构制造得更小些。同样的，由于对于源使用较小的锥角，能够显著地减小散射。在这种结构中如果对每个环形源保持同样数量的视图，那么需要较高的数据采集采样率。

图 9 中的结构包括环形检测器 52，一对环形源 54 设置在其侧面，并且环形检测器包括一个或多个线形源 56。如前面所述，线形源提供了一种获取额外数据的方式，这些额外数据增加了整体数据采集的数据完整性，并且所述环形

源提供了图8所示结构的优点。

图10中的结构基于部分环形源58的组合，其设置在上面描述的类型的环形检测器52的侧面，在图中描述的部分环形源58是两个，虽然可以包括其他数目的环形源，并且这些环形源可以位于环形检测器的任一侧。可以相信图10的这种结构与完整的环形源相比减小了源的成本，虽然会导致缺少某些数学上完整的数据。为了在环形检测器的任一侧提供部分环形源，可以使用偶数个部分环形源，两个环形源会得到较好的结果，四个部分环形源效果稍差些。

图11的结构与图10相似，尽管其结构进一步包括线形源56和部分环形源58。在前面使用线形源56的例子中，在环形检测器52上提供有缝隙，以允许放射线从线形源沿着Z轴发射。沿着Z轴的线形源增加了采集数据整体的数学完整性。在图11的说明中，可以使用两个或四个这样的部分环形源，尽管数目可以变得更多。

图12所示的结构使用了和前面结构一样的环形检测器，一对环形源54位于其侧面。在这个实施例中，在紧邻环形检测器52处提供有两个这种环形源，在检测器任一侧间隔开的位置提供有额外的环形源。期望外部环在与内部环结合使用时可以提供冗余数据。同样地，图13所示的结构使用了在Z方向上与一对线形源56结合的环形源和环形检测器。如前面所述，期望线形源56可以帮助提供用于图像重建的更完整的数据。

图14和15所示的结构与图12和13所示结构类似，尽管图中多个检测器位于间隔开的环形源之间。本领域技术人员能够理解，与图8和图9的结构相比，图14和15的结构会导致对于在Z轴方向上给定的对象覆盖范围，发射放射线所要求的锥角较小。在需要时，图14和15中的检测器52可以具有不同的分辨率，中心检测器具有高于外部检测器的分辨率。图15所示的结构与图14所示的结构相似，但在沿轴的方向增加了线形检测器，以增强获取数据的数学完整性。

图14中的一个或多个环形源54和一个或多个环形检测器52可以用于某种成像协议，这取决于应用程序。在检测器的分辨率可以依赖于所使用的环形检测器52和环形源54的数目设置时，可以设想几种数据采集方案——使数据采集系统中检测器所要求的元件最小化。图14所使用的结构对于图15也同样适用；不过，额外的数据通过使用可得到的线形源56获取。

图 16 所示的结构包括至少一个与部分环形检测器 60 结合的部分环形源 58。该结构也可以包括一个或多个沿 Z 轴的线形源 56。如图 16 所示的这些结构提供了对成像体积相关部分的覆盖，例如由检测器提供的体积的 180 度覆盖，和由源提供的体积的 180 度覆盖。这种结构的优点包括源和检测器能够设置在相同的通用成像平面的事实。不过，这种结构得到的数据可能有些不完整。

图 17 所示的结构通常包括环形检测器 52 和倾斜放置的弓形部分环形源 62。该源适合穿过检测器发射放射线，所述检测器提供有容纳源的狭缝或开口。所得到的结构提供了一般的弓形剖面、直线剖面、正弦曲线、倾斜环或两个倾斜环。从数据采集的数学完整性的观点来看，这种设计能够非常灵活。

图 18 描述了包括修改后的部分环形检测器，该部分环形检测器用参考数字 64 表示。部分环形源 58 设置为在检测器的凹槽 66 内延伸。图 18 所示的结构允许源和检测器都覆盖 180 度以上的成像体积。在优选的结构中，源将至少覆盖 180 度加上放射线的扇形角的角度范围，所述放射线是由独立寻址和分布式源发射的。

图 19 所示的结构与图 18 所示的结构相似，但通过沿 Z 轴将多个部分环形源 58 与线形源组合使得能够覆盖额外的体积，所述线形源用参考数字 56 表示。然后，合成的源可以覆盖大于 180 度的成像体积，并且优选 180 度加上放射线的扇角或更大角度。然后，固定式检测器成为如上所述的部分环，这也能够覆盖大约 180 度的成像体积。

图 20 所示的结构与上面图 6 所示的结构有些相似，该结构由环形检测器 52 和环形源 54 组成。不过，在图 20 所示的结构中，检测器是不带有中间缝隙的单独元件。中心检测器元件可以物理上设置为允许分布式源 54 穿过一侧的检测器发射放射线，由位于这种结构的相对一侧的检测器元件检测该射线。

图 21 所示的结构包括螺旋形源 68，其位于邻近螺旋形检测器 70 的位置。所述源和检测器通常可以是与上述结构相似的结构，但图 21 所示的螺旋形结构允许采用与传统螺旋式体积采集相对应的方式进行扫描。相应地，图 21 所示的结构可获得类似于由图 6 所示结构得到的数据采集结果，但需要进行平台平移。图 21 所示的结构允许这种采集，而没有成像体积的任何丢失的部分或切片。

图 22 所示结构与图 21 所示结构相似，但其中螺旋式源 68 像并置的螺旋

检测器 70 一样绕着成像体积形成多个圈，图 22 所示的结构提供了相对完整的数据，除了在螺旋线的边缘，和在源和检测器之间的缝隙，

在图 23 所示的另一种结构中，环形源 54 围绕着环形检测器 52 设置，所述环形源 54 包括多个独立可寻址发射源，在图 23 中用圆点表示。最终的结构与图 6 所示的结构相似，不过，在图 23 所示的结构中，检测器提供有孔径 72，所述源能够通过该孔径发射放射线。这种结构允许在分布式源穿过检测器发射放射线的位置之间收集额外的数据。

如图 24 所示，在有些不同的结构中，环形源 54 至少部分地围绕着环形检测器，所述检测器包括多个节段 74，所述节段由狭缝或开口 76 彼此分开。尤其是，可以使用一个或多个这种环形源。所述源通过通常沿着 Z 轴定向的狭缝 76 发射放射线。

图 25—28 说明了包括与环形检测器 52 结合使用的倾斜环形源的示范结构，所述倾斜环形源用参考数字 78 表示。例如，在图 25 的结构中，检测器设置为提供在环形源和检测器相交的位置上发射放射线的空间，其方式与上面参考图 17 的方式相似。在图 26 所示的可替换结构中，环形检测器 52 与倾斜的环形源 78 一起使用，但没有提供用于使放射性通过检测器的通道。在图 27 的可替换结构中，采用与图 25 中所述类似的方式使用带有环形检测器 52 的两个倾斜的环形源 78。在这种实施方式中，如图 25 所提到的，通道允许发射的放射线穿过环形检测器。在图 28 所示的结构中，用与图 26 中类似的方式，再次使用了两个环形源 78，但没有提供用于发射穿过环形检测器 52 的放射线的通道。虽然图 25—28 中的源是环形的，它们可以被截平并由线性节段组成。而且，在图 26 和 28 中，发射的放射线被检测器挡住的源的部分被省略。

图 29 所述的结构实际上是两个带有凹槽的检测器和对应源元件的组合，所述源元件类型已在前面图 18 进行了描述。即，两个用于接收部分环形源 58 的凹槽 66 的检测器 64 端对端组合以提供通常绕着成像体积的完整结构。图 29 所示的结构被认为在获取数据的数学完整性上具有优势。而且，可以在这种结构中加入沿着 Z 轴延伸的线形源 56，以提高上述数据完整性。

图 30 所示的结构包括一对环形源 54，其与各个环形检测器 52 相关联。这对检测器和源在图 30 中用参考数字 80 和 82 表示，它们具有不同直径，允许一个在另一个中伸缩运动。在某些方面，图 30 所示的结构与图 8 所示的双

环形源结构相似，但其中检测器被分成两个同心部分，以允许自适应的 Z 轴覆盖。在只需要小的 Z 轴覆盖的地方，这种自适应的覆盖可以允许较低剂量并可以减少只期望小的 Z 轴覆盖的检查中的散射。这种结构并不限于一对环形源和环形检测器，可包括 2 个或更多环形源和环形检测器。

一种如图 31 所示的进一步的结构，包括与部分环形源 58 一起使用的多个环形源，所述多个环形源在图中描述为两个，用参考数字 54 表示。在环形源 54 之间提供有经修改的环形检测器，用参考数字 84 表示。经修改的检测器 84 包括开口 86，用于容纳部分环形源 58。图 31 中的结构和包括环形源和部分环形源组合的类型的结构在获取数据中可以提供比前述结构更好的数学完整性。为了进一步提高所测量的数据的数学完整性，可以在这种结构中包括沿着 Z 轴延伸的线形源，不过，它们在图 31 中没有示出。

虽然对本发明容易进行各种修改和采用可替换形式，已通过附图实施例的方式显示了特定实施方式，并在这里进行了详细的说明。可是，应当理解，本发明不意味着受到这里所公开的特定形式的限制，而是，本发明覆盖了所有落入由后附权利要求定义的本发明精神和范围内的修改、等价物和替换形式。

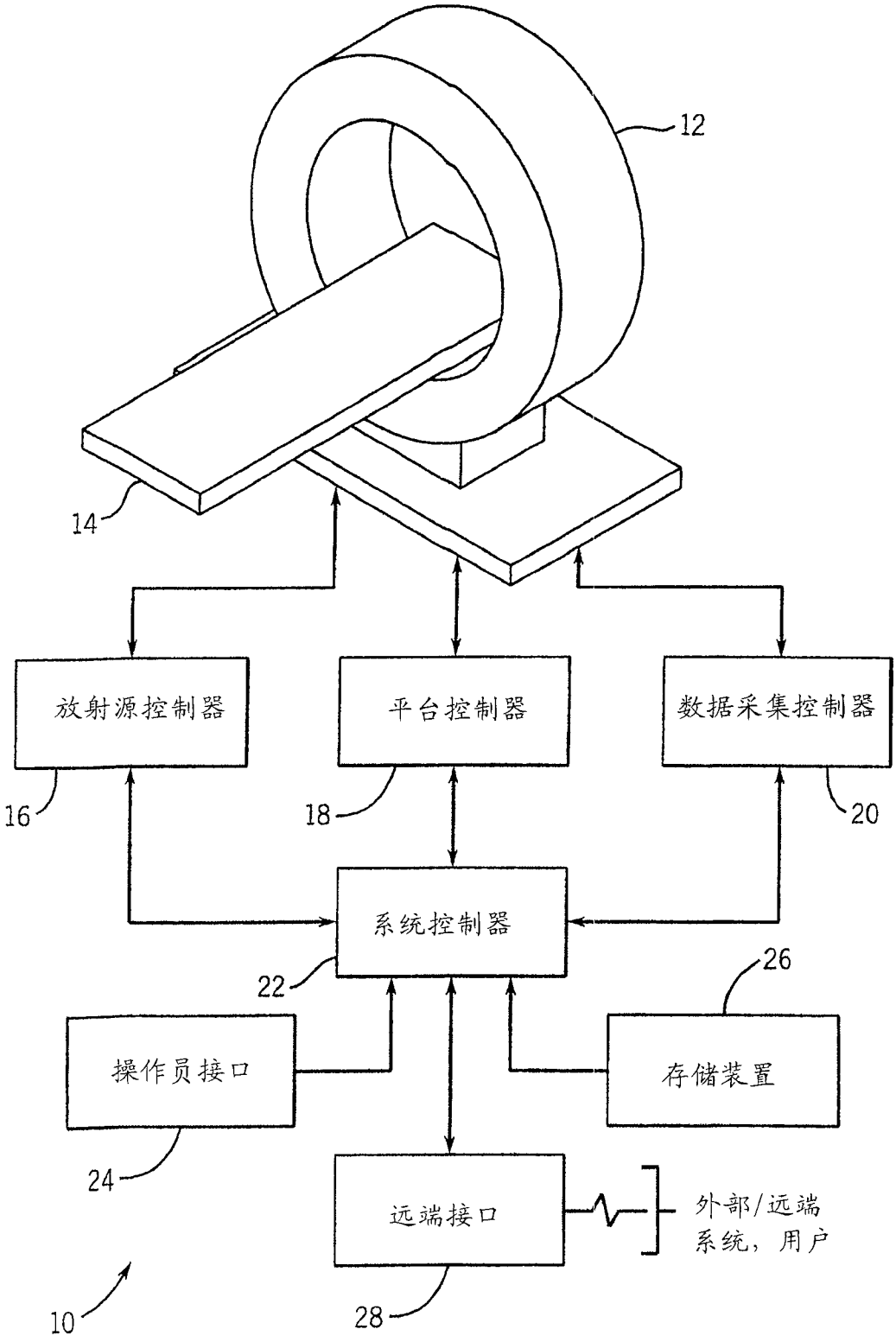

12
14
放射源控制器
平台控制器
数据采集控制器
16
18
20
系统控制器
22
26
操作员接口
存储装置
24
远端接口
外部/远端
系统，用户
10
28

图 1

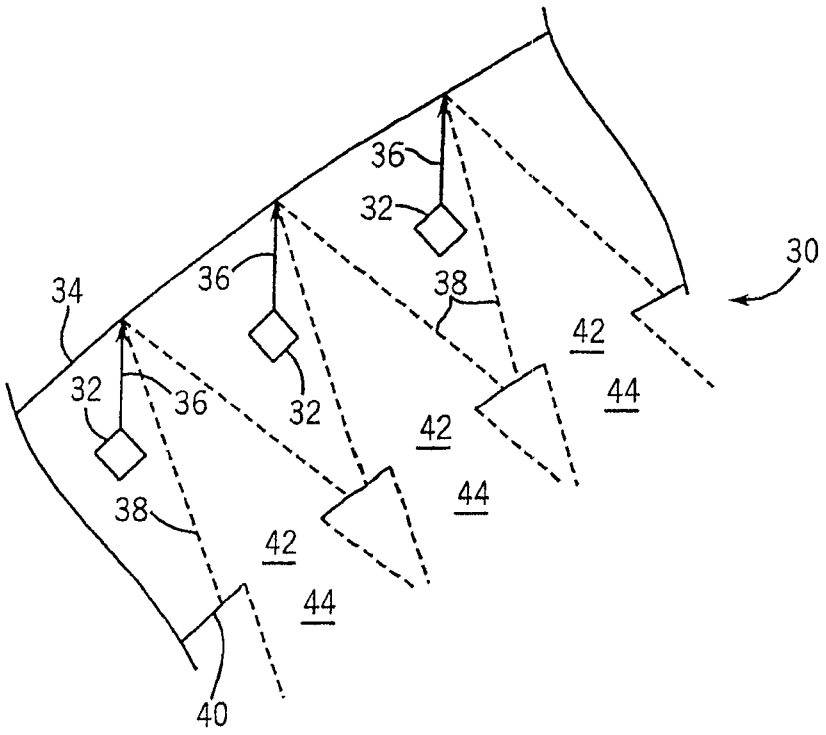


图 2

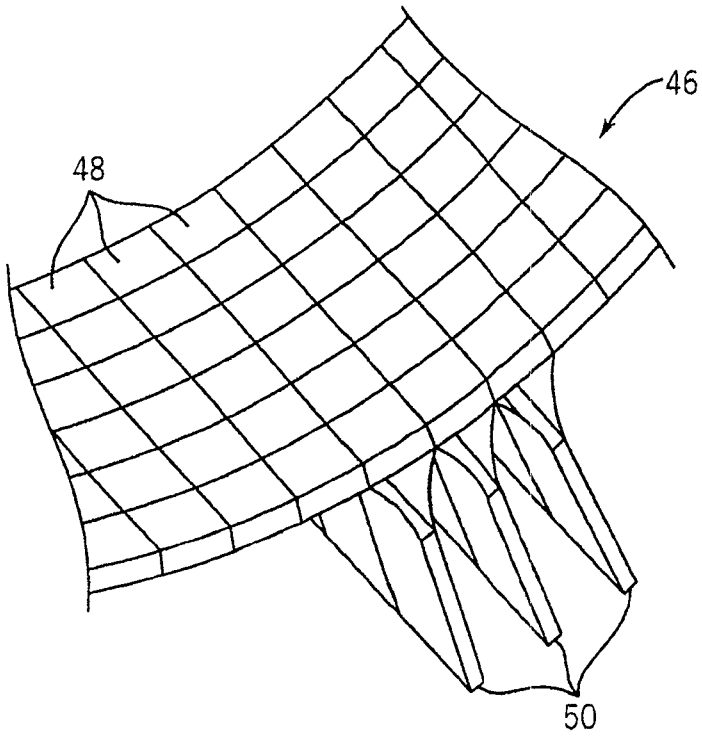


图 3

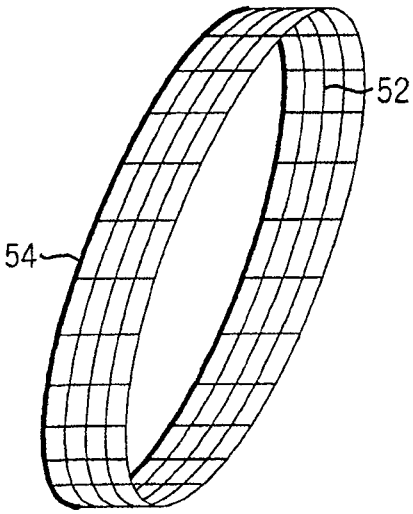


图 4

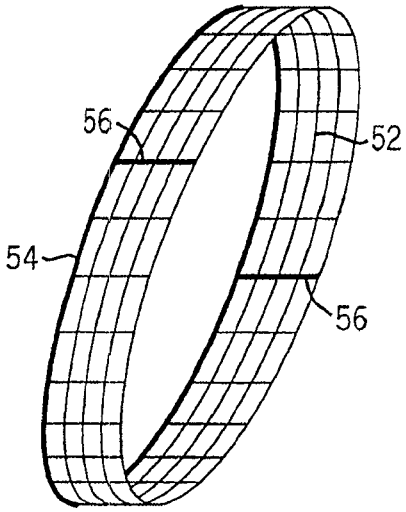


图 5

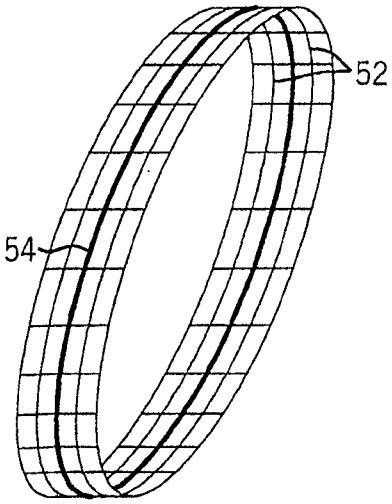


图 6

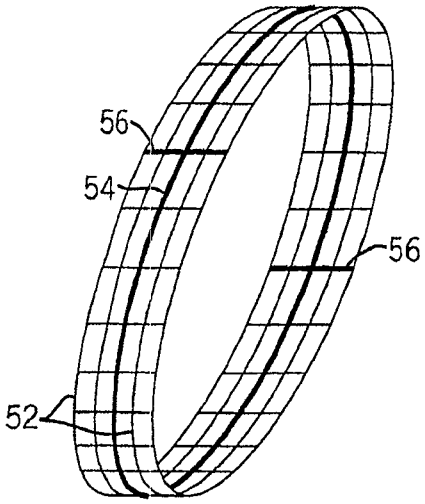


图 7

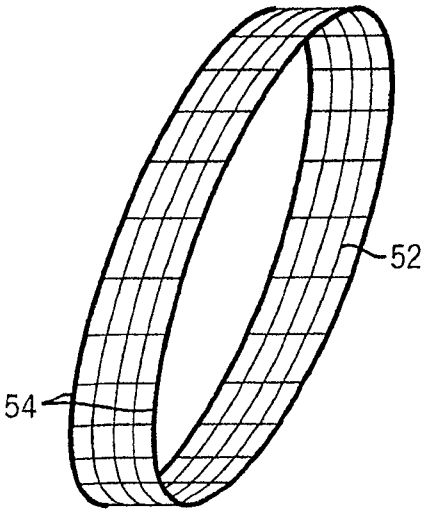


图 8

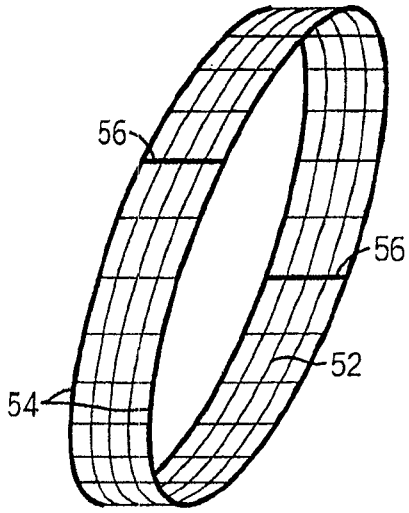


图 9

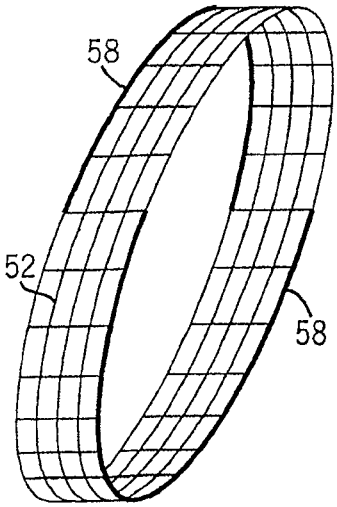


图 10

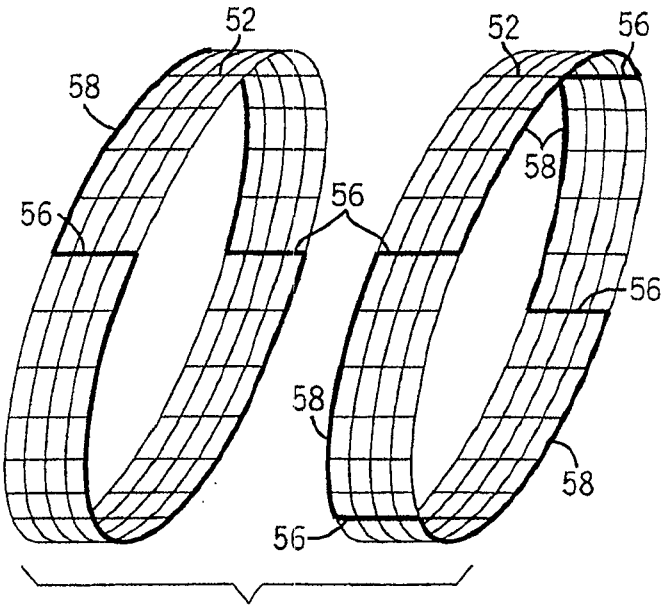


图 11

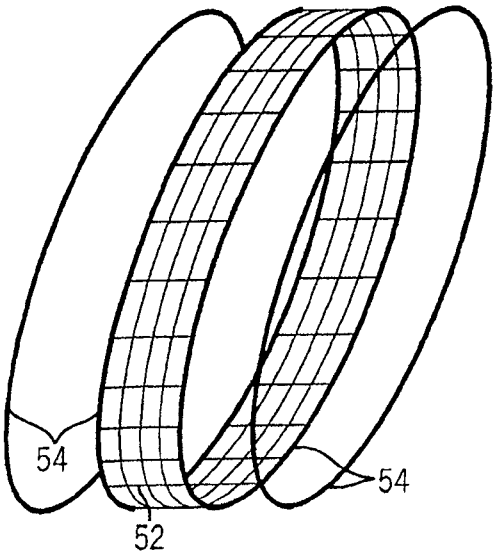


图 12

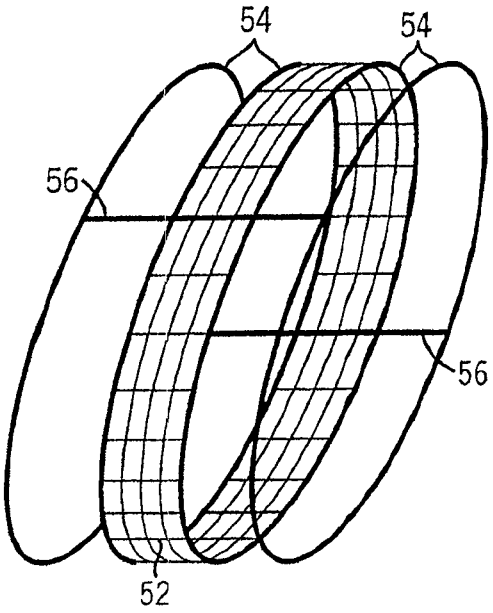


图 13

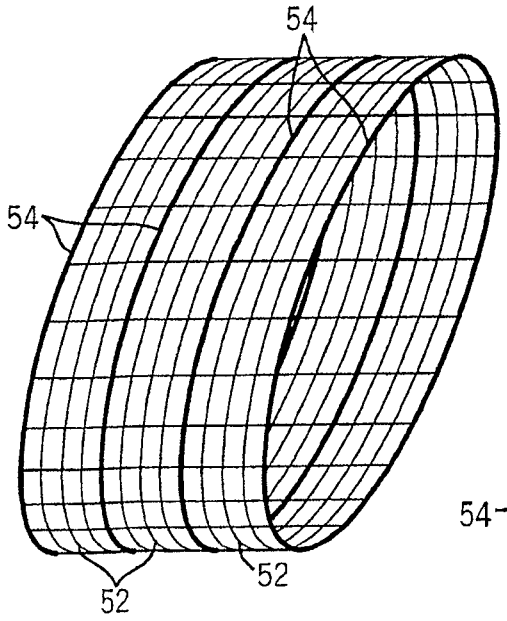


图 14

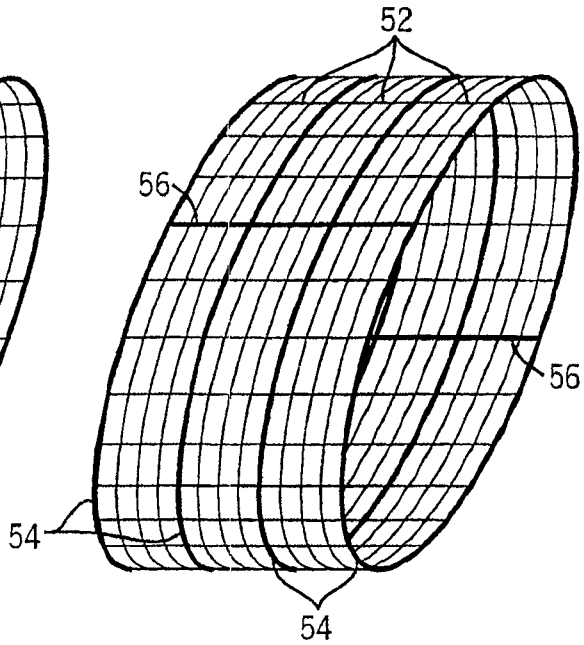


图 15

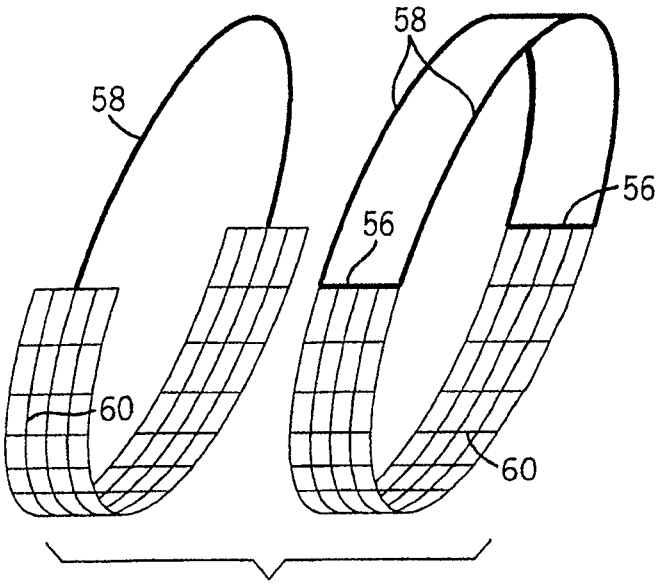


图 16

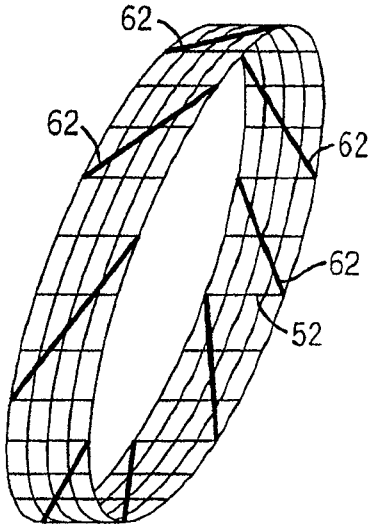


图 17

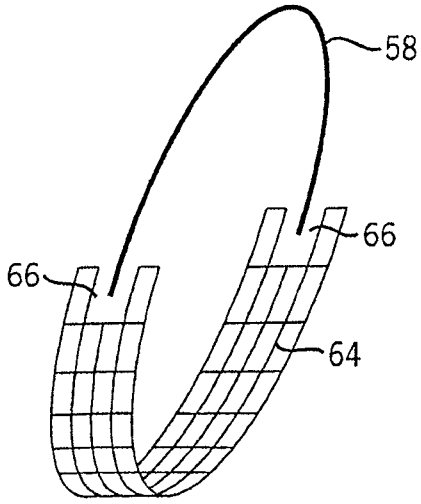


图 18

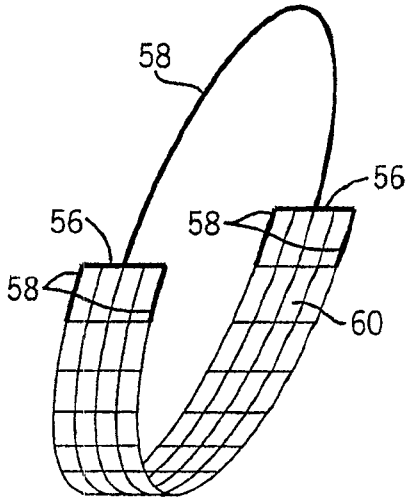


图 19

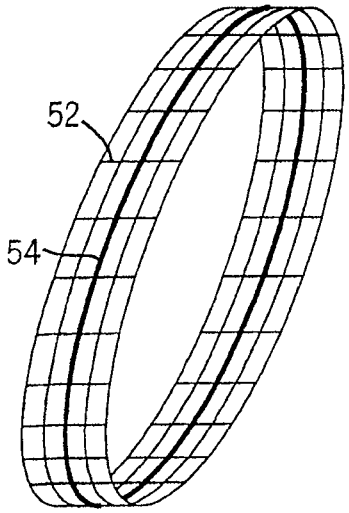


图 20

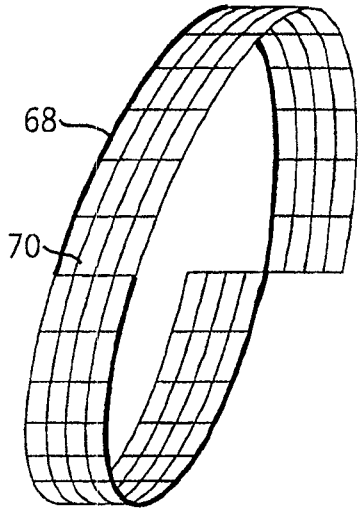


图 21

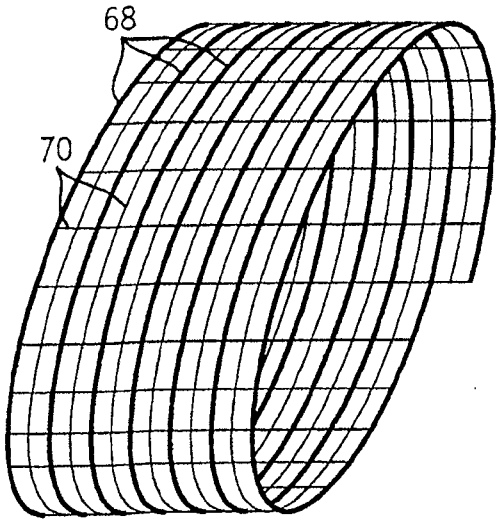


图 22

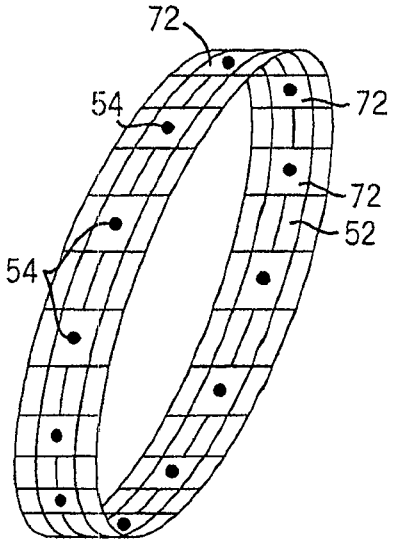


图 23

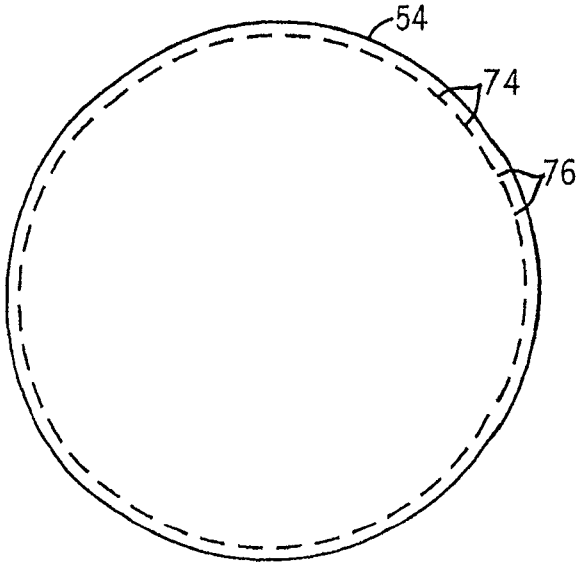


图 24

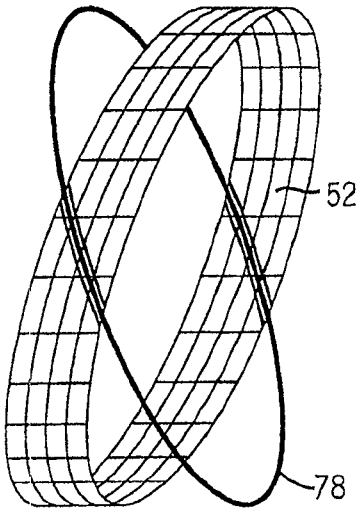


图 25

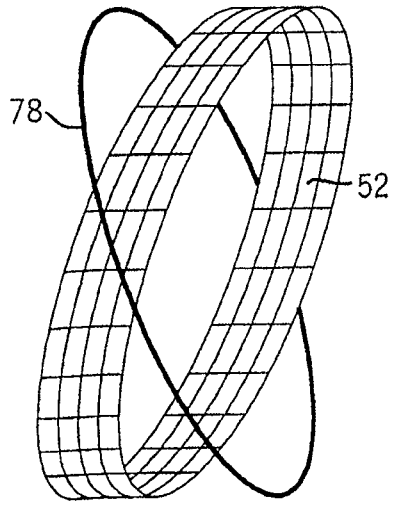


图 26

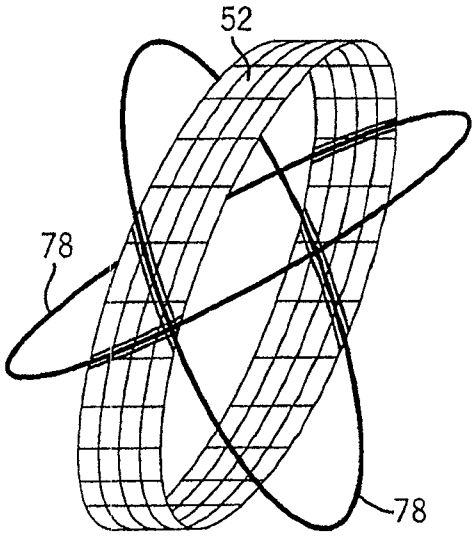


图 27

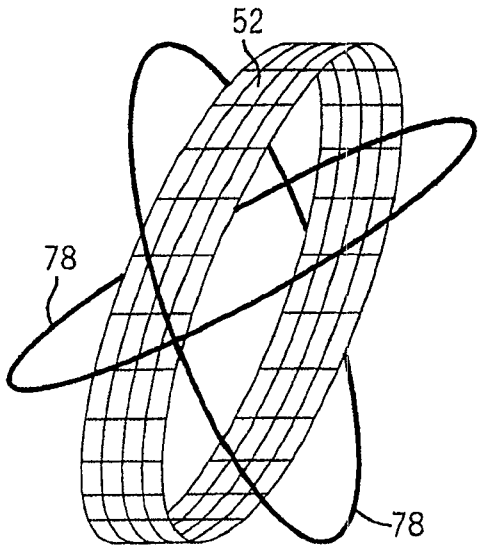


图 28

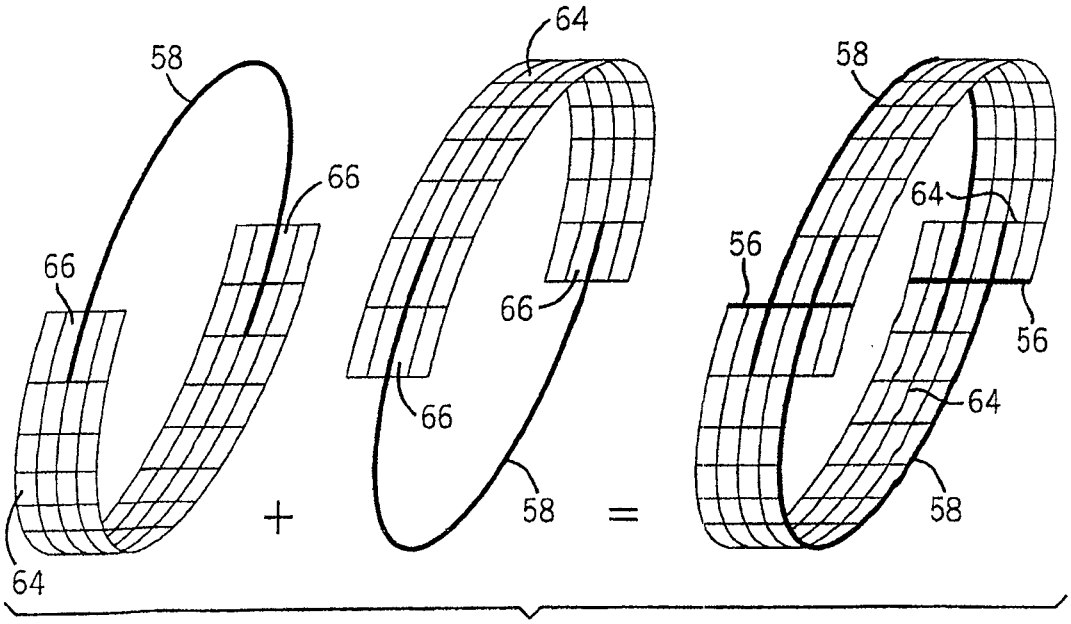


图 29

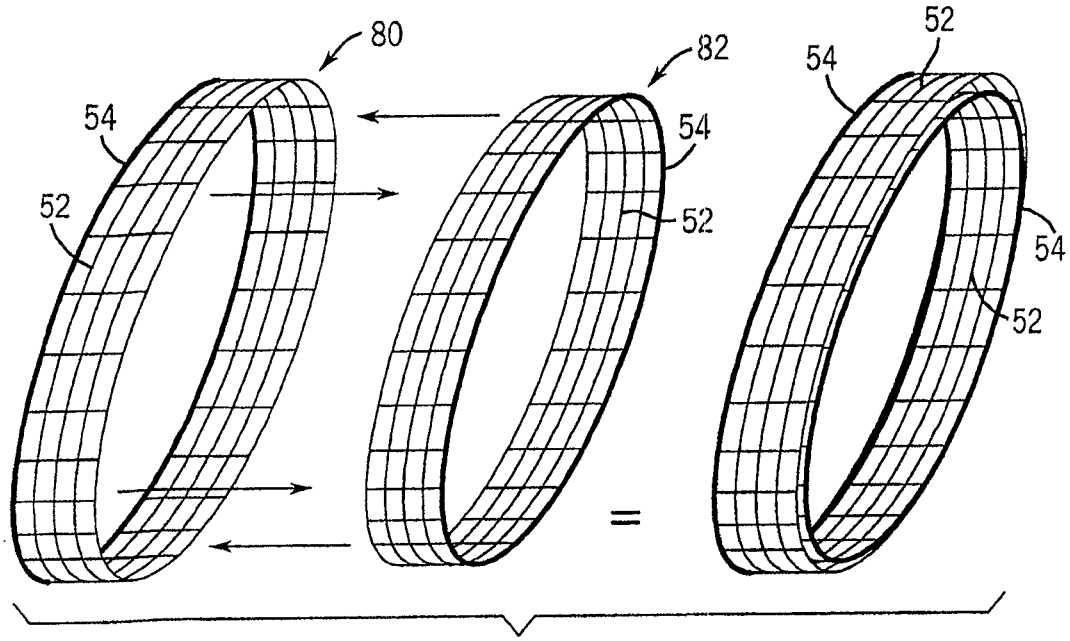


图 30

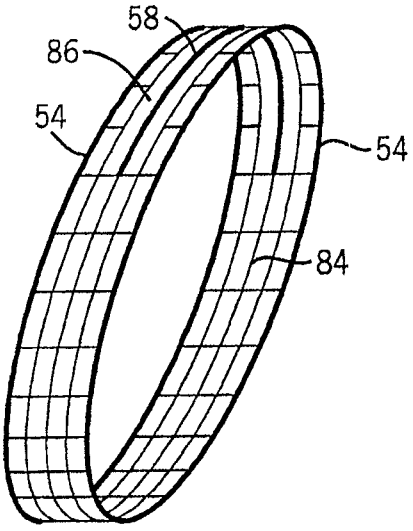


图 31