

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

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



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510127296.4

[43] 公开日 2006年6月28日

[11] 公开号 CN 1792330A

[22] 申请日 2005.12.1

[21] 申请号 200510127296.4

[30] 优先权

[32] 2004.12.20 [33] DE [31] 102004061347.8

[71] 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 斯蒂芬·波佩斯库

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 侯宇 陶凤波

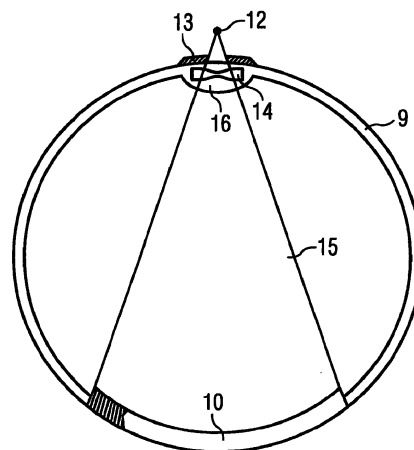
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称

快速录像的计算机 X 线体层照相机

[57] 摘要

本发明公开了一种计算机 X 线体层照相机，它有一个用于产生 X 线的固定的装置(3)，借助装置(3)可以在一个平面内至少部分围绕计算机 X 线体层照相机检查容积的靶子(4)上产生一个绕检查容积运动的 X 线焦点(12)。本发明建议，将一个或多个成形元件(10、11、13、14、16)装在一个可绕系统轴线与 X 线焦点(12)的运动同步旋转的支承框架(9)上，用于影响 X 线束(15)的一个或多个射线参数。以此方式与已知的第五代计算机 X 线体层照相机相比达到明显地改进图像，因为随同 X 线焦点旋转的成形元件可以实现最佳的射束成形和/或最佳地抑制散射。



1. 一种计算机 X 线体层照相机, 它有一个用于产生 X 线的固定的装置 (3), 借助该装置 (3) 可以在一个在一个平面内至少部分围绕该计算机 X 线体
5 层照相机的检查容积的靶子 (4) 上产生一个绕该检查容积运动的 X 线焦点 (12), X 线束 (15) 从该 X 线焦点出发穿过所述检查容积对准一个固定的 X 线探测器 (7) 的与之相应对置的探测器元件, 所述 X 线探测器 (7) 至少部分围绕所述检查容积, 在此, 在所述靶子 (4) 与探测器元件之间设有一个或多个成形元件 (10、11、13、14、16) 用于影响 X 线束 (15) 的一个或多个射线参数,
10 其特征为: 一个或多个成形元件 (10、11、13、14、16) 装在一个可绕一系统轴线与 X 线焦点 (12) 的运动同步旋转的支承框架 (9) 上。

2. 按照权利要求 1 所述的计算机 X 线体层照相机, 其特征为: 所述一个或多个装在可旋转的支承框架 (9) 上的成形元件 (10、11、13、14、16) 限定所述 X 线束 (15) 的张角和/或影响 X 线束 (15) 的强度剖面和/或构成一个用于
15 X 线探测器 (7) 的抗散射格栅 (10)。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的计算机 X 线体层照相机, 其特征为: 装在所述可旋转的支承框架 (9) 上的成形元件 (10、11、13、14、16) 之一是 Φ -视准仪 (13), 它在一个垂直于所述系统轴线的平面内限定所述 X 线束 (15) 的张角。

20 4. 按照权利要求 1 至 3 之一所述的计算机 X 线体层照相机, 其特征为: 装在所述可旋转的支承框架 (9) 上的成形元件 (10、11、13、14、16) 之一是 Z-视准仪 (16), 它限定所述 X 线束 (15) 沿所述系统轴线方向的尺寸。

5. 按照权利要求 4 所述的计算机 X 线体层照相机, 其特征为: 所述 Z-视准仪 (16) 有至少两块相互平行的界板 (17), 所述 X 线束 (15) 在它们之间穿
25 过, 以及它们的由 X 线束 (15) 投影在 X 线探测器 (7) 上的边缘成形为, 使所述视准仪 (16) 的投影与所述 X 线探测器 (7) 的探测器行边界的径迹至少近似一致。

6. 按照权利要求 1 至 5 之一所述的计算机 X 线体层照相机, 其特征为: 装在所述可旋转的支承框架 (9) 上的成形元件 (10、11、13、14、15) 之一是蝴蝶领结式滤光器 (14)。
30

7. 按照权利要求 1 至 6 之一所述的计算机 X 线体层照相机, 其特征为:

在所述可旋转的支承框架(9)上设计有一光阑(19),用于一个同轴于所述靶子(4)设置的电子源环(21),该光阑(19)在一个位置有一用于一光束(18)射向所述电子循环(21)的透射窗。

8. 按照权利要求 7 所述的计算机 X 线体层照相机,其特征为:所述透
5 射窗设计为视准透镜(20),用于所述光束(18)在所述电子源环(21)上聚焦。

快速录像的计算机 X 线体层照相机

5 技术领域

本发明涉及一种计算机 X 线体层照相机，它有一个用于产生 X 线的固定的装置，借助此装置可以在一个在一个平面内至少部分围绕计算机 X 线体层照相机检查容积的靶子上产生一个绕检查容积运动的 X 线焦点，X 线束从焦点出发穿过检查容积对准一个固定的 X 线探测器上的与之相应对置的探测元件，X 线探测器至少部分围绕检查容积，在这里在靶子与探测元件之间设一个或多个成形元件，用于影响 X 线束的一个或多个射线参数。

背景技术

计算机 X 线体层照相机例如使用在医学成像方面，以获得患者体内的图像。计算机 X 线体层照相机主要包括用于产生 X 射线的装置、一个 X 线探测器和患者卧台，借助患者卧台检查对象可在检查期间沿系统轴线，即 Z 轴，在检查容积内运动。用于产生 X 射线的装置产生 X 线束，它们从一个绕检查容积旋转的 X 线焦点射出。在检查容积的一个层面(X-Y 平面)内垂直于系统轴线呈扇形扩展的 X 线束，在检查时穿透检查对象的一层，例如患者的一个体层，并命中 X 线探测器上与 X 线焦点对置的探测器元件。X 线束穿透患者体层时所采取的角度以及必要时患者卧台的位置，在用计算机 X 线体层照相机照相时通常连续改变。

穿透患者后命中 X 线探测器的 X 线束的 X 射线强度，取决于 X 射线通过患者时的减弱。在这里，X 线探测器一个探测器行的每个探测器元件根据接收到的 X 射线的强度产生一个电压信号，它对应于身体对于从 X 线管到相应的探测器元件的 X 射线总透明度的计量。一个探测器行的探测器元件与减弱值对应以及针对 X 线源相对于患者的特殊位置所接收的一组电压信号称为投影。在 X 线焦点绕患者运动时在不同位置接收的一组投影称为扫描。计算机 X 线体层照相机在 X 线焦点相对于患者身体的不同位置拍摄或接收许多投影，以便重建图像，这一图像对应于患者身体的二维切片图或三维图像。为了检测多个切片图或一个三维图，实施体积扫描，它包括

在患者卧台沿 Z 方向送进运动时 X 线焦点绕检查容积的多次旋转。这种由接收的减弱值重建切片图或三维图的传统方法，作为经过滤的背面投影方法是已知的。图像重建通常借助图像计算机实施，它获得并进一步处理来自探测器元件的测量数据。

- 5 在第三代计算机 X 线体层照相机中，通过 X 线管产生旋转的 X 线焦点，X 线管与 X 线探测器一样固定在一个可绕检查容积旋转的旋转框架上。旋转框架的旋转速度近些年来越来越高，以便在记录图像亦即录像时达到更快的扫描速度。对于计算机 X 线体层照相机的一些新应用，例如检查心脏或血管的供血，则要求更高的扫描速度。对于第三代计算机 X 线体层照相机而言，由于机械稳定性和安全性的原因，在此期间已达到一个极限，这一极限基于要运动的质量和由此引起的高的加速度力已不再允许显著提升旋转框架的旋转速度。

- 10 在第四代计算机 X 线体层照相机中，X 线探测器设计为绕检查容积的固定环，所以只是 X 线管还必须与旋转框架一起运动。但在这种情况下当进一步提高旋转框架的旋转速度时仍在 X 线管上作用巨大的力，从而限制了最大旋转速度。

- 20 为避免所述的问题，在此期间已知第五代计算机 X 线体层照相机，其中不仅用于产生 X 射线的装置而且 X 线探测器均设置为固定的。在此计算机 X 线体层照相机中使用一个靶子，它在一个平面内至少部分围绕计算机 X 线体层照相机的检查容积。在此靶子上产生一个绕检查容积运动的 X 线焦点，X 线从这里射出。因此，这种计算机 X 线体层照相机没有机械运动的 X 线管也完全满足要求。在这里，靶子或完全或至少沿一个大于 180° 的角绕检查容积延伸。按相同的方式，X 线探测器或完全或沿一个至少 180° 的角围绕着检查容积，并且设置为使得从 X 线焦点出发的 X 线束穿过检查容积命中在固定的 X 线探测器当时对置的探测器元件上。

- 25 例如 US 4158142 或 US 4352021 展示了第五代计算机 X 线体层照相机，其中，靶子和 X 线探测器分别完全或沿一个 210° 的角围绕检查容积。为了产生 X 线焦点，借助电子枪产生一电子束以及通过适当偏转导向靶子。因此这些计算机 X 线体层照相机没有机械旋转部分完全满足要求。

- 30 按例如在 DE 4015105C3 中介绍的第五代计算机 X 线体层照相机另一种已知的设计，使用一个完全围绕检查容积的靶子，紧邻着它设一同轴的

电子源环。通过逐个控制电子源环的电子环，可同样产生一个绕检查容积旋转的 X 线焦点。

US 4606061 公开了第五代计算机 X 线体层照相机另一种设计，其中，在一个完全围绕检查容积的靶子上产生一个绕检查容积运动的 X 线焦点。

5 在这里同样设一个与靶子同轴的电子源环，它借助命中其表面的激光束控制电子发射。

上述第五代计算机 X 线体层照相机的设计由于取消了旋转的 X 线管做到了显著提高扫描速度，然而与第三代计算机 X 线体层照相机相比降低了图像质量和剂量效率。这主要归诸于限制了影响 X 线束的射线参数的可能性。例如在第三代计算机 X 线体层照相机中采用了一个所谓的 Φ -视准仪，它在一个相关的层面(X-Y 面)内将 X 线束的张角限制为需要的视场(FoV: Field of View)。由此避免 X 线在关心的区域之外不必要的辐照，这种不必要的 X 线辐射导致增加散射并因而导致降低图像对比度以及增大患者的射线剂量。在第五代计算机 X 线体层照相机中基于另一种产生旋转的 X 线焦点的技术所以不采用 Φ -视准仪。这同样适用于影响 X 线束的射线剖面用的过滤器，例如所谓的蝴蝶领结式滤光器(Bowtie Filter)，在第三代计算机 X 线体层照相机中它们设置在 X 线管前面。这类过滤器提高剂量效率约 15 至 20%，减少患者的射线剂量，以及避免探测器元件过度照射。

20 为了改善信噪比，通常在 X 线探测器一侧安装抗散射格栅，用于减少命中探测器的散射。为了最佳地抑制散射，抗散射格栅的层板应对准 X 线焦点。然而这在已知的第五代计算机 X 线体层照相机中通过一种固定式抗散射格栅并不是用合理的费用就能实现的。因此，在前言所述的设计中，抗散射格栅的层板并没有对准 X 线焦点。

25 在已知的第五代计算机 X 线体层照相机中，X 线束沿 Z 方向的界限通过 Z-视准仪实现，它由两个平行的固定环组成，这两个固定的环在靶环和探测器环内部围绕着检查容积以及它们的间距规定了 X 线束沿 Z 方向的尺寸。然而取决于靶子与 X 线探测器沿 Z 方向的相互错移，在使用多行探测器时，这导致 X 线束在理想状态下矩形的横截面在探测器元件上失真，尤其香蕉状或桶形失真。图 1 表示了一个 X 线束横截面 1 在八行 X 线探测器上香蕉状失真的例子。在这里左外部的探测器行 2 在中央未被照射或至少仅小量照射，而右外部的探测器行 2 仅在中央被照射。这种在探测器上的

香蕉状射线剖面只有在进一步打开 Z-视准仪的情况下才能避免。然而这降低了剂量效率。若 Z-视准仪不如此宽地打开，则不能充分利用在外部的探测器通道，因为它们不探测或只探测很小量的 X 射线。其结果是降低探测器效率和图像质量，以及导致提高部分容积效应。

5

发明内容

从此先有技术出发，本发明要解决的技术问题在于提供一种快速记录图像的计算机 X 线体层照相机，它与第五代已知的计算机 X 线体层照相机相比提供更好的图像质量。

10

上述技术问题通过这样一种计算机 X 线体层照相机来解决，它有一个用于产生 X 线的固定的装置，借助该装置可以在一个在一个平面内至少部分围绕该计算机 X 线体层照相机的检查容积的靶子上产生一个绕该检查容积运动的 X 线焦点，一 X 线束从该 X 线焦点出发穿过所述检查容积对准射向一个固定的 X 线探测器上的与之相应对置的探测器元件，所述 X 线探测器至少部分围绕所述检查容积，在此，在所述靶子与探测器元件之间设有一个或多个成形元件或形状元件用于影响 X 线束的一个或多个射线参数，按照本发明，一个或多个成形元件装在一个可绕一系统轴线与 X 线焦点的运动同步旋转的支承框架上。

15

因此本发明的计算机 X 线体层照相机在有关产生和探测 X 线方面，可以与已知的第五代计算机 X 线体层照相机同样设计，也可以称为电子束计算机体层照相机(EBCT: Electron Beam Computer Tomography)。但是与这种计算机体层照相机不同，本发明的计算机 X 线体层照相机附加地有一个旋转的支承框架，在支承框架上安装一个或多个用于影响 X 线束一个或多个射线参数的成形元件。可绕系统轴亦即 Z 轴旋转的支承框架与在靶子上的 X 线焦点的运动同步运动。以此方式一方面达到与第三代计算机 X 线体层照相机相比有高得多的扫描速度，因为支承框架没有支承较重的部分，尤其是既未支承 X 线管又未支承 X 线探测器。与第三代计算机 X 线体层照相机相比，重量可以减小 100 倍，从而可以在不降低图像质量的情况下达到明显提高旋转速度并因而扫描速度。另一方面，与已知的第五代计算机 X 线体层照相机相比明显提高图像质量，因为随 X 线焦点一起旋转的成形元件可以实现最佳的射线形状和/或抑制散射。

25

30

支承框架的运动与 X 线焦点的运动之间的同步化, 可以通过同步化控制用于支承框架及产生 X 线的装置的驱动装置实现。此外, 可以在支承框架上设探测装置, 它检测 X 线焦点的瞬时位置和向控制装置传输, 控制装置相应地调整支承框架的运动。

- 5 影响 X 线束一个或多个射线参数的成形元件可设计并安置为, 使它们在层面内(X-Y 面; Φ -视准仪)、沿 Z 方向(Z-视准仪)或在两个维度内界定 X 线束的张角。此外, 这些成形元件可以设计为滤波器, 它们影响 X 线束的强度剖面或其谱分布。最后, 成形元件也可以构成 X 线探测器的抗散射格栅。
- 10 在所有的情况下, 本发明的计算机 X 线体层照相机均可以实现一个或多个成形元件与瞬间 X 线焦点的最佳匹配, 因为这些成形元件通过旋转的支承框架与 X 线焦点同步运动。以此方式一方面可以如在第三代计算机 X 线体层照相机中那样使用一个 Φ -视准仪和/或蝴蝶领结式滤光器。另一方面装在支承框架上的抗散射格栅的层板或壁可以最佳地对准 X 线焦点。这两项措施提高了图像质量以及减少患者所遭受的 X 线剂量。在这种情况下通过旋转运动抗散射格栅的各单元不一定还要与 X 线探测器的分布相匹配。确切地说可以充分利用抗散射格栅与 X 线探测器之间的统计学关系。

- 15 当在支承框架上设置 Z-视准仪时, 可以通过恰当成形此 Z-视准仪的层板防止 X 线束在探测器面上的投影失真。为此 Z-视准仪块界板上从 X 线焦点向外指的边缘以这样的方式与 X 线探测器外边界的径迹相配, 即, 使 X 线束在探测器面上投影的边缘遵循此径迹。

- 20 按本发明轻的支承框架还可以用于进一步改进例如由 US 4606061 已知的计算机 X 线体层照相机。在此计算机 X 线体层照相机中通过激光束产生运动的 X 线焦点, 激光束命中一个离环形靶子有小的间距设置的电子源环上。激光束在那里触发电子, 它们通过一个在靶子与电子源环之间存在的电压朝靶子的方向加速, 以及在命中时在那里产生 X 射线。通过可借助扫描机构造成的激光束沿电子源环运动, 实现 X 线焦点绕检查容积旋转。在此类计算机 X 线体层照相机的本设计中, 还在支承框架上安装一个用于将激光束耦合在电子源环上的装置, 在最简单的情况下是一个有耦合窗的电子源环的环形盖。以此方式可以保证激光束始终在电子源环上命中正确的位置。这就减小了通过不希望的反射造成误工作或损害的危险。按此设计
- 25
- 30

的一项进一步发展，在入射窗上设聚光镜，激光束通过它附加地在电子源环上聚焦。这提高了光电发射效率。

在本发明的计算机 X 线体层照相机中，用于产生 X 线的装置和 X 线探测器与前言提及的第五代计算机 X 线体层照相机中同样设计。这还涉及靶子和探测器组件或设计为环形的整环或部分环，部分环绕检查容积延伸至至少 180°。在这里，探测器环和靶环也可以布置在同一平面上，或与已知的先有技术相同的方式布置在不同平面上。

在本发明的计算机 X 线体层照相机中使用的轻的支承框架可以设计为无(电)源构件，所以完全不必在计算机 X 线体层照相机固定部分与支承框架之间传输电信号或电功率。为了调整成形元件，例如改变 Z-视准仪的张开宽度或为了更换过滤器，停止支承框架的旋转运动。然后将支承框架置于规定的角向位置或旋转位置，在此位置按计算机 X 线体层照相机的一项设计可以将固定部分上的机械致动器与支承框架上的机械调整装置互相连接起来，以及可借助机械致动器实施成形元件经改变的调整。

15 优选地，在本支承框架上既安装抗散射格栅也安装视准仪(Φ 和 Z)。当然，若放弃一部分优点，则计算机 X 线体层照相机也可以只用所说明的成形元件之一运行。

附图说明

20 下面借助附图所示实施方式详细说明本发明的计算机 X 线体层照相机。附图中：

图 1 示意表示在已知的第五代计算机 X 线层照相机中 X 线束通过固定式 Z-视准仪投影的失真；

图 2 示意表示按本发明的计算机 X 线体层照相机结构的一个实施方式；

25 图 3 表示在按本发明可旋转的支承框架上成形元件设置的一个例子；

图 4 用局部透视图表示图 3 的 Z-视准仪和蝴蝶领结式滤光器；

图 5 表示 X 线束在探测器上借助 Z-视准仪调整后的投影；

图 6 用局部透视图表示图 3 中所示的抗散射格栅；

30 图 7 表示按本发明另一种设计的计算机 X 线体层照相机中一部分的示例；以及

图 8 表示图 7 所示设计的详图。

具体实施方式

图 1 已经结合介绍先有技术时说明。它表示在已知的第五代计算机 X 线体层照相机中 X 线束在八行式 X 线探测器的探测器行 2 上投影 1 的香蕉状失真。这种失真是在不在同一平面布置 X 线探测器和靶子时通过在此计算机 X 线体层照相机中使用的环形 Z-视准仪产生的。

采用本发明的计算机 X 线体层照相机通过适当成形在旋转的支承框架上的 Z-视准仪层板可以防止这种失真。图 2 示意表示按本发明的计算机 X 线体层照相机可能的结构。在本例中，计算机 X 线体层照相机由 X 线发生装置 3 和靶子 4 组成，靶子 4 作为部分环约绕检查容积的 210° 延伸。在例如用钨制成的靶子 4 上的 X 线焦点借助电子束 5 产生，电子束 5 由电子枪 6 通过不同的聚焦和偏转装置聚焦在靶子 4 的该位置上。通过沿靶子 4 的部分环适当地偏转电子束 5，可以产生绕检查容积运动的 X 线焦点，用于透视物体的 X 射线从 X 线焦点射出。在本例中没有实施完全旋转，而只是绕 210° 角进行部分旋转。

按相同的方式，有一个或多个探测器元件行的 X 线探测器 7 平行于靶子 4 作为部分环绕检查容积延伸 210°。在这里，X 线探测器 7 的部分环以这样的方式相对于靶子 4 设置，即，使 X 线探测器 7 的探测器元件相对于检查容积与靶子 4 上的每个焦点位置相对置。在此计算机 X 线体层照相机中不仅靶子 4 而且 X 线探测器 7 均固定地设置。

检查对象，例如患者卧躺在患者卧台 8 上，以及在录像期间通常至少部分沿 Z 轴运动。一个可绕 Z 轴旋转的支承框架 9 绕检查容积延伸，在支承框架 9 上固定一个抗散射格栅 10 以及与之对置地固定一个 Φ -和 Z-视准仪 11。在录像时，支承框架 9 的旋转与在靶子 4 上回转的 X 线焦点同步进行，所以 Φ -和 Z-视准仪 11 总是处于 X 线焦点前以及在支承框架 9 对置侧的抗散射格栅 10 处于 X 线探测器的探测器元件前，在探测器元件上正好命中从 X 线焦点射出的 X 线束。

图 3 用示意图表示沿 Z 轴方向看可旋转的支承框架 9 的一个例子。在此图中，一个 X 线焦点 12 象征性地表示在图中不能看到的靶子上，X 射线从 X 线焦点 12 发射。在支承框架 9 上可看到 Φ -视准仪 13，它构成从 X 线焦点 12 出发的 X 射线在此层面内角向的边界，所以 X 线束 15 以一个规定

的张角进入检查容积内。在 Φ -视准仪 13 下方安装一个蝴蝶领结式滤光器 14, 它影响在此层面内 X 线束 15 的强度剖面。此外, 在此图中表示了 Z-视准仪 16 的其中一块界板, 它限制沿 Z 方向 X 线束 17 的扩展。在视准仪 13、16 对面设置抗散射格栅 10, 它准确地对准 X 线焦点 12。这一点基于
5 随 X 线焦点 12 旋转的支承框架 9 因而是可以实现的。通过此优化的抗散射格栅 10, 明显减少在 X 线探测器上的散射, 从而改善了图像的对比度。

为了避免 X 线束在探测器面上投影的桶状或香蕉状失真, Z-视准仪 16 的界板在其形状方面可与投影几何学和探测器的几何形状相匹配。图 4 用
10 局部透视图表示 Z-视准仪 16 的两块界板 17。采用弧形设计达到在探测器面上的投影准确地遵循 X 线探测器的边界。在这里, 各界板恰当的形状可以通过计算确定。作为范例图 5 表示了这种投影, 在此图中还表示了 Z-视准仪 16 沿 Z 方向的一种可调性, 用于调整 X 线束 15 沿此方向的宽度。通过这种在本发明的计算机 X 线体层照相机内可能的匹配, 使剂量效率和探测器效率最高以及提高了图像质量。

15 图 6 用透视图表示按图 3 的抗散射格栅 10 设计的一种例子。

图 7 和 8 表示按本发明的计算机 X 线体层照相机另一种实施例, 图中只详细表示了靶子 4、X 线探测器 7 以及支承框架 9。靶子 4 和 X 线探测器 7 分别完全环形地围绕着检查容积。这种设计涉及一种计算机 X 线体层照相机, 在这种计算机 X 线体层照相机中用于产生 X 线焦点的电子, 通过来自一个用一种适用的例如金属或半导体材料制的作为阴极工作的电子源环
20 21 的激光束 18 触发。为此, 激光束 18 聚焦在电子源环 21 相应的位置上, 电子源环 21 与构成阳极的环形靶子 4 仅通过一个间隙隔开距离。在这里激光束借助一个适用的扫描器沿电子源环 21 导引。通过激光的作用在电子源环 21 相应的位置触发电子, 它们通过在电子源环 21 与靶子 4 之间存在的
25 电压朝靶子 4 加速, 并在那里产生期望的 X 线。有关这种产生 X 线的方式的详情可以例如参见前言提及的 US 4606061。

在图 7 中同样可看到 X 线探测器 7 的环。通过在 X 线焦点上产生的 X 线, 再结合适当的视准仪, 产生一个命中对置的探测器 7 探测器元件的 X 线束 15。在此例中可旋转的支承框架 9 仍设有视准仪 10 以及可机械地调整
30 宽度的 Z-视准仪 16。除此之外, 本支承框架 9 还包括一个环形光阑 19, 它只在一个应正好产生 X 线焦点的位置通过一窗口打开, 用于射入的激光束

18。在此窗口内装入一视准透镜 20，通过它使射入的激光束 18 附加地聚焦在电子源环 21 上。图 8 再次详细表示了这一布局的细节。

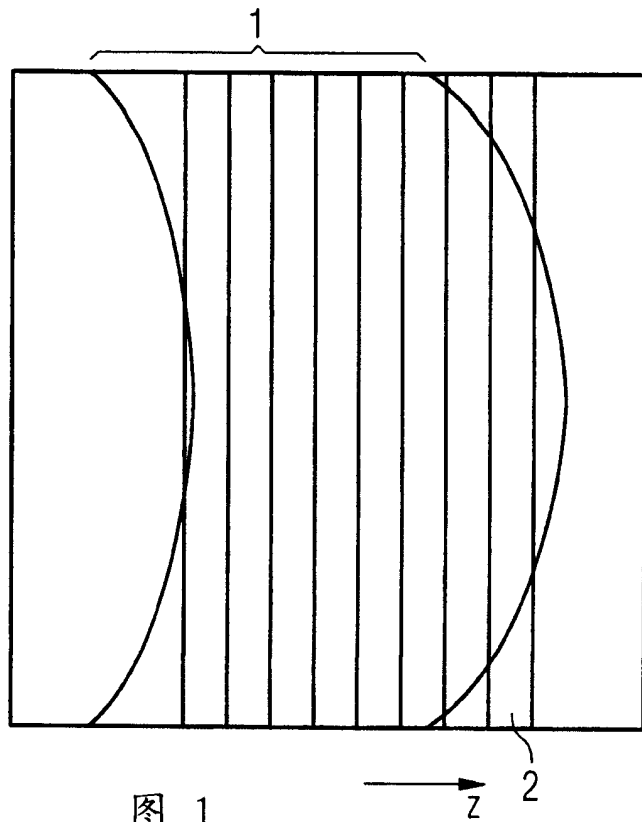


图 1

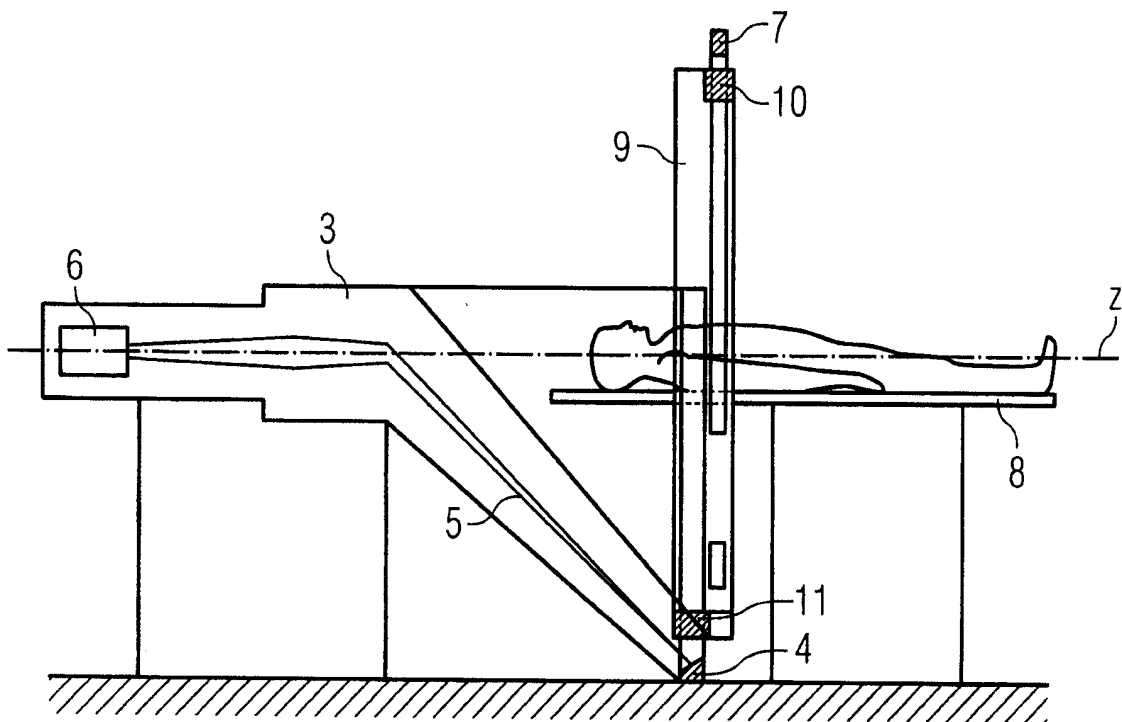


图 2

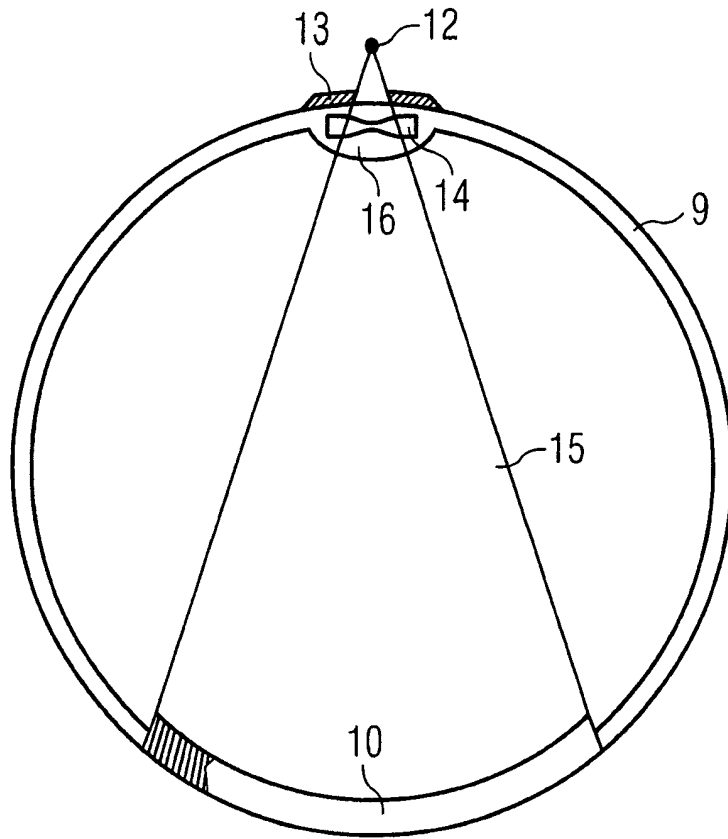


图 3

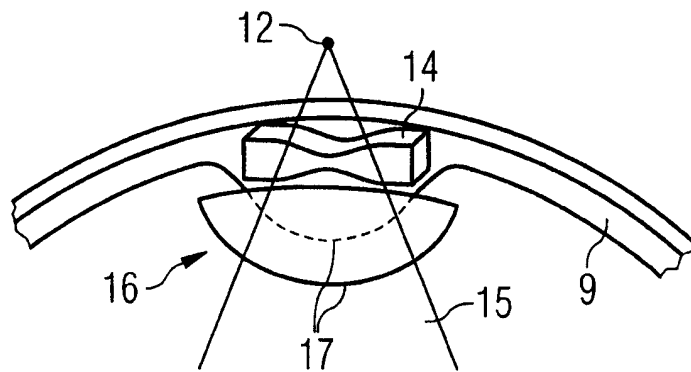


图 4

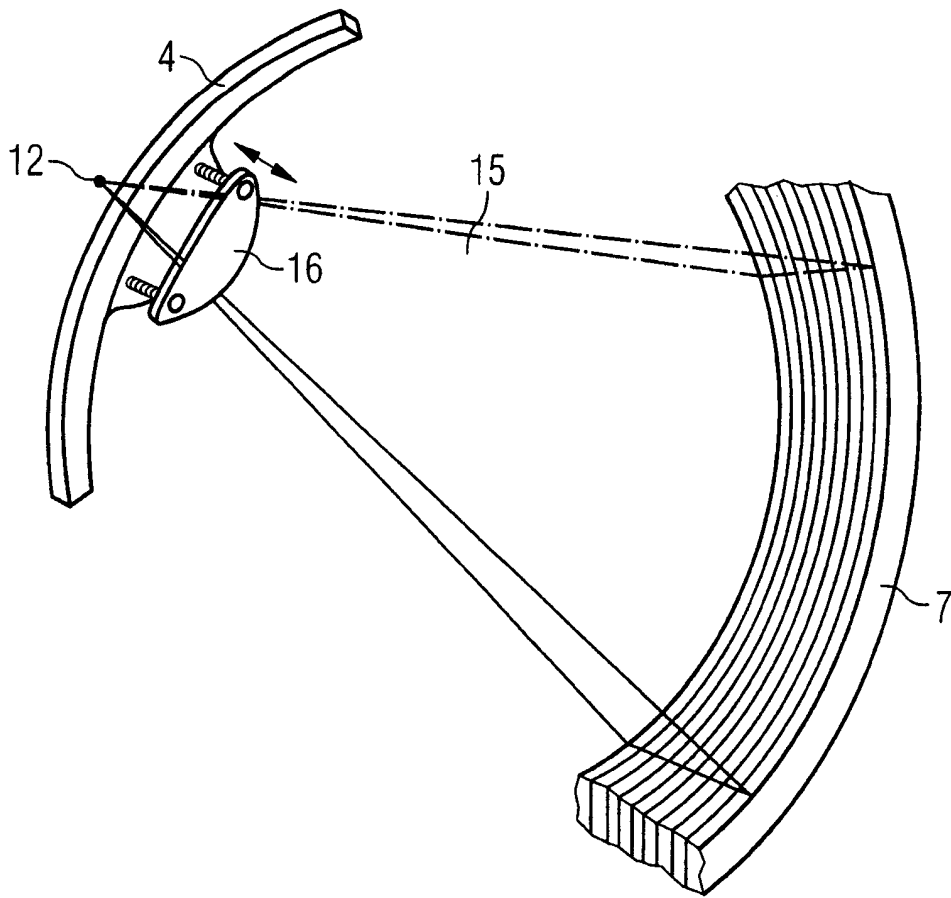


图 5

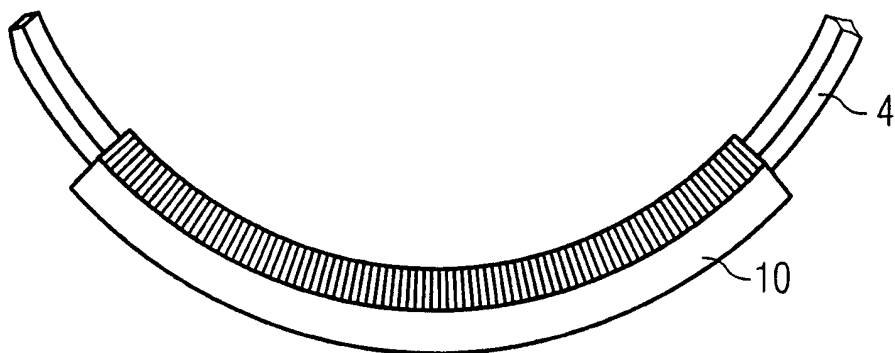


图 6

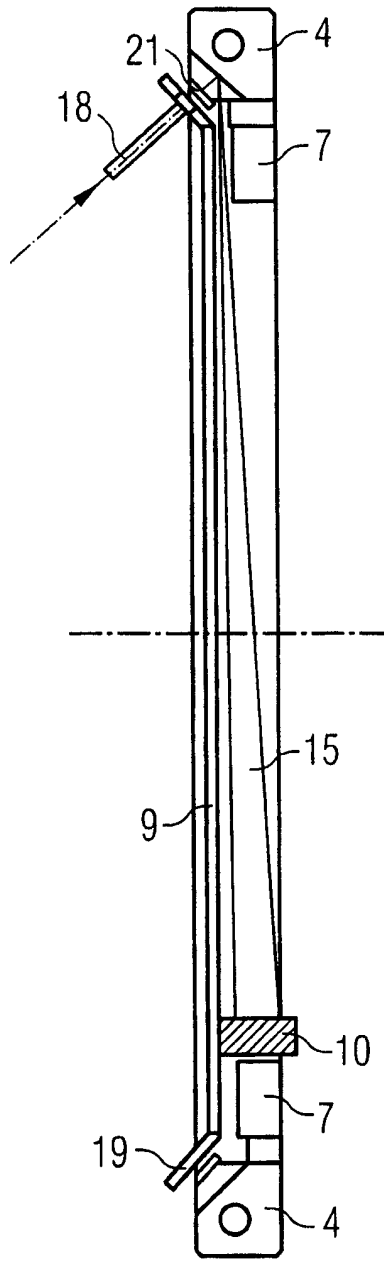


图 7

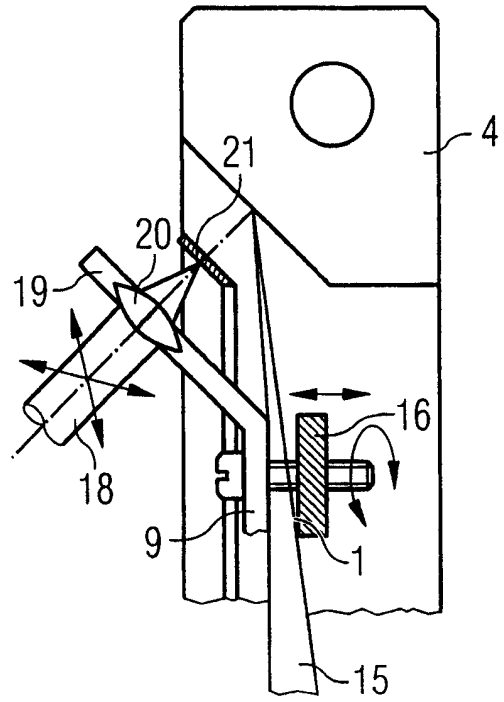


图 8