

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

A61B 6/03

G01T 1/00

G01T 5/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510008140.4

[43] 公开日 2005 年 8 月 10 日

[11] 公开号 CN 1650809A

[22] 申请日 2005.2.5

[21] 申请号 200510008140.4

[30] 优先权

[32] 2004.2.6 [33] JP [31] 30727/2004

[71] 申请人 GE 医疗系统环球技术有限公司

地址 美国威斯康星州

[72] 发明人 堀内哲也 森川琴子

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

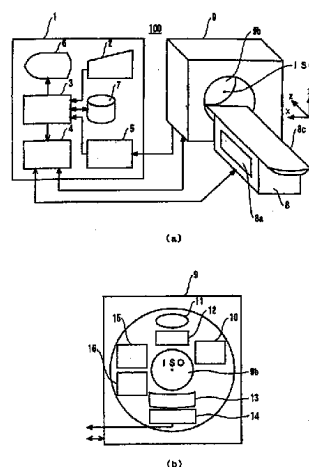
代理人 杨凯梁 永

权利要求书 6 页 说明书 33 页 附图 41 页

[54] 发明名称 图像重构方法和 X 线计算机体层摄影设备

[57] 摘要

本发明旨在提供一种获得优质图像的图像重构方法,其中利用锥形射线束以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描。对投影数据 D0 进行倾斜修正处理,用以在检测器序列的各个通道相对于线性传送轴的位置上,逐个视角地修正扫描面的倾角造成的变动。根据倾斜修正后的投影数据 D0 确定平面投影在投影平面上的数据 D1(R1)。接着,在 X 线透射方向上,把平面投影数据 D1 投影在相应的像素上,所述相应的像素构成设置在重构区域上、彼此之间定义多个像素间隔并且在与投影平面平行的方向延伸的多条直线,从而确定构成重构区域上这些直线的相应像素的背面投影像素数据 D2(R2)。把用于图像重构与所述像素关联的所有视角的背面投影像素数据 D2 加在一起(R3)。



1. 一种图像重构方法, 它包括以下在步骤: 重构图像时, 利用
具有多个检测器序列的多排检测器并且基于用扫描面倾斜的螺旋状
5 扫描收集的投影数据D0;

对投影数据D0进行倾斜修正处理, 用以在检测器序列的各个通道
相对于线性传送轴的位置上, 逐个视角地修正由扫描面倾角引起的变
动;

然后沿着与X轴或Y轴平行的直线, 把X线透射方向上的各个像素
10 投影在重构区域(XY 平面)上, 以便确定相应的投影数据D0, 并且将
其定义为构成重构区域的各个像素的背面投影像素数据D2; 以及

把与所述像素有关的用于图像重构的所有视角的所述背面投影
像素数据D2相加, 以便确定背面投影数据D3。

2. 一种图像重构方法, 它包括以下在步骤: 重构图像时, 利用
15 具有多个检测器序列的多排检测器并且基于用扫描面倾斜的螺旋状
扫描收集的投影数据D0;

对投影数据D0进行倾斜修正处理, 用以在检测器序列的各个通道
相对于线性传送轴的位置上, 逐个视角地修正由扫描面倾角引起的变
动;

20 根据倾斜修正后的投影数据D0确定平面投影在投影平面上的数
据D1;

然后在X线透射方向上, 把平面投影的数据D1投影在相应的各像
素上, 所述各像素构成多条直线, 所述多条直线平行于重构区域(XY
平面)上的X轴或Y轴、在所述多条直线之间定义多像素间隔并且所述
25 多条直线在与投影平面平行的方向延伸, 从而确定重构区域上构成这
些直线的各个像素的背面投影像素数据D2;

在所述多条直线之间进行内插, 以便确定所述重构区域上这些直
线之间相应的像素的背面投影像素数据D2; 以及

把与所述像素有关的用于图像重构的所有视角的所述背面投影像素数据D2相加,以便确定背面投影数据D3。

3. 一种图像重构方法,它包括以下在步骤: 重构图像时,利用具有多个检测器序列的多排检测器并且基于利用扫描面倾斜的螺旋状扫描收集的投影数据D0;

对投影数据D0进行倾斜修正处理,用以在检测器序列的各个通道相对于线性传送轴的位置上,逐个视角地修正由扫描面倾角引起的变动;

- 根据所述倾斜修正后的投影数据D0,确定平面投影在投影平面上的各直线上的数据D1,所述各直线对应于多条直线,所述多条直线设置在重构区域,在所述多条直线之间形成多像素间隔并且所述多条直线在与所述投影平面平行的方向上延伸;

根据位于所述投影平面这些直线上的所述平面投影数据D1,确定所述重构区域上相应的像素的背面投影像素数据D2; 以及

- 把与这些像素关联的用于图像重构的所有视角的所述背面投影像素数据D2相加,以便确定背面投影数据D3。

4. 一种X线CT设备,它包括:

X光管;

- 多排检测器,它设置在所述X光管对面并且具有多个检测器序列;

线性移动控制装置,用以使所述X光管和所述多排检测器与受验者一起沿着线性传送轴作线性相对运动;

旋转控制装置,用以使所述X光管和所述多排检测器中的至少一个绕旋转轴旋转;

- 倾斜控制装置,用以使由所述旋转形成的扫描面相对于所述线性传送轴的角度倾斜到非90° 倾角;

扫描控制装置,用以利用所述多排检测器并且通过利用倾斜的扫描面的螺旋状扫描来收集投影数据D0; 以及

图像重构装置,用以根据所述投影数据D0重构图像,

其中所述图像重构装置包括:

- 5 倾斜修正装置,用以对所述投影数据D0进行倾斜修正处理,以便在所述检测器序列的各个通道相对于所述线性传送轴的位置上,逐个视角地修正由所述扫描面倾角引起的变动,

背面投影像素数据计算装置,用以在X线透射方向上沿着与重构区域(XY 平面)上X轴或Y轴平行的直线投影相应的像素,以便确定相应的投影数据D0,从而确定构成所述重构区域的相应像素的背面投影像素数据D2; 以及

- 10 背面投影数据计算装置,用以把与这些像素关联的用于图像重构的所有视角的所述背面投影像素数据D2相加,以便确定背面投影数据D3。

5. 如权利要求4所述的X线CT设备,其中还包括扇形-平行转换装置,用以从对应于扇形数据的投影数据D0f确定对应于平行数据的投影数据D0p,其中,所述扫描控制装置收集对应于所述扇形数据的投影数据D0f; 以及所述倾斜修正装置对与所述平行数据对应的所述投影数据D0p进行倾斜修正处理。

6. 一种X线CT设备,它包括:

X光管;

- 20 多排检测器,它设置在所述X光管对面并且具有多个检测器序列;

线性移动控制装置,用以使所述X光管和所述多排检测器与受验者一起沿着线性传送轴作线性相对运动;

- 25 旋转控制装置,用以使所述X光管和所述多排检测器中的至少一个绕旋转轴旋转;

倾斜控制装置,用以使通过所述旋转形成的扫描面相对于所述线性传送轴的角度倾斜到非90° 的倾角;

扫描控制装置,用以利用所述多排检测器并且通过利用倾斜的扫

描面的螺旋状扫描来收集投影数据D0; 以及

图像重构装置, 用以根据所述投影数据D0重构图像,

其中图像重构装置包括:

- 5 倾斜修正装置, 用以对所述投影数据D0进行倾斜修正处理, 以便在所述检测器序列的各个通道相对于所述线性传送轴的位置上, 逐个视角地修正由所述扫描面倾角引起的变动,

平面投影数据计算装置, 用以根据所述倾斜修正后的投影数据D0确定平面投影在所述投影平面上的数据D1,

- 10 背面投影像素数据计算装置, 用以在X线透射方向上, 把所述平面投影数据D1投影在相应的像素上, 所述相应的像素构成与重构区域(XY 平面)上的X轴或Y轴平行的多条直线, 在所述多条直线之间形成多像素间隔, 并且所述多条直线在与所述投影平面平行的方向延伸, 从而确定所述重构区域上构成这些直线的各个像素的背面投影像素数据D2; 以及

- 15 背面投影数据计算装置, 用以把与这些像素关联的用于图像重构的所有视角的所述背面投影像素数据D2相加, 以便确定背面投影数据D3。

7. 一种X线CT设备, 它包括:

X光管;

- 20 多排检测器, 它设置在所述X光管对面并且具有多个检测器序列;

线性移动控制装置, 用以使所述X光管和所述多排检测器与受验者一起沿着线性传送轴作线性相对运动;

- 25 旋转控制装置, 用以使所述X光管和所述多排检测器中的至少一个绕旋转轴旋转;

倾斜控制装置, 用以使通过所述旋转形成的扫描面相对于所述线性传送轴的角度倾斜到非90° 的倾角;

扫描控制装置, 用以利用所述多排检测器并且通过利用倾斜的扫

描面的螺旋状扫描来收集投影数据D0; 以及

图像重构装置, 用以根据所述投影数据D0重构图像,

其中所述图像重构装置包括,

5 倾斜修正装置, 用以对所述投影数据D0进行倾斜修正处理, 以便在所述检测器序列的各个通道相对于所述线性传送轴的位置上, 逐个视角地修正由所述扫描面倾角引起的变动,

平面投影数据计算装置, 用以根据所述倾斜修正后的投影数据D0, 确定平面投影在投影平面上的各直线的的数据D1, 所述各直线对应于设置在重构区域上的彼此之间形成多像素间隔并且在与所述投影
10 平面平行的方向上延伸的多条直线;

背面投影像素数据计算装置, 用以根据所述平面投影数据D1, 确定所述重构区域上相应的像素的背面投影像素数据D2, 以及

背面投影数据计算装置, 用以把与这些像素关联的用于图像重构用所有视角的背面投影像素数据D2相加, 以便确定背面投影数据D3。

15 8. 如权利要求6或7所述的X线CT设备, 其中沿着与这些直线正交的方向观察, 所述直线的数目从所述重构区域内像素的数目的1/64到所述重构区域内像素的数目的1/2不等。

9. 如权利要求4到8中任何一个所述的X线CT设备, 其中当把与所述X光管或所述多排检测器的旋转平面正交的方向定义为z方向、把视角=0° 下X线束中心轴的方向定义为y方向、而把与z方向和y方向正交的方向定义为x方向时, 所述平面投影数据计算装置把通过旋转中心的xz平面设置为以下视角范围的投影平面: $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围; $135^\circ \leq \text{视角} < 225^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围, 并且把
20 通过旋转中心的yz平面设置为以下视角范围的投影平面: $45^\circ \leq \text{视角} < 135^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围; 和
25 $225^\circ \leq \text{视角} < 315^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围。

10. 如权利要求6到9中任何一个所述的X线CT设备, 其中所述平面投影数据计算装置通过内插/外推处理从所述多个投影数据D0确定一个平面投影数据D1。

图像重构方法和X线计算机体层摄影设备

5 技术领域

本发明涉及图像重构方法和X线CT(计算机体层摄影)设备,具体地说,涉及根据利用多排检测器以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描而获得的投影数据重构图像的方法和用于此目的X线CT设备。

10 背景技术

在X线CT设备中,以倾斜扫描面进行螺旋状扫描,作为一种用以对受验者的凹下的裸露面进行成像的方法,以免其晶状体暴露于辐射之下,在传统上是有效的。利用多排检测器,通过以倾斜的扫描面进行的螺旋状扫描,收集投影数据,并在此基础上重构图像时,对投影数据进行倾斜修正,并利用倾斜修正后的投影数据(例如,参见以下专利文档1)进行图像重构。

[专利文档1]

日本公开特许公报No. 2003-61948(第7至第8页和图6至14)。

多排检测器的序列数量增加越多,X线在锥形射线束的性质上就越显著。因此,不能忽略与图像重构区域有关的投影数据之间的矛盾。这样,在只利用倾斜修正的情况下,就不可能避免在重构的图像中出现失真(archfacts)。

发明内容

因此,本发明的一个目的是实现一种获得优质图像的图像重构方法,其中利用锥形射线束以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描,和一种用于此目的的X线CT设备。

按照第一方面,本发明提供一种图像重构方法,包括以下在步

5 步骤：重构图像时，利用具有多个检测器序列的多排检测器，并基于以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描而收集的投影数据D0；对投影数据D0进行倾斜修正处理，以便在检测器序列各个通道相对于线性传送轴的位置上，修正每一个视角由于扫描面的倾角造成的变动；然后沿着与X轴或Y轴平行的直线，把X线透射方向上各个像素投影在重构区域(XY平面)上，以便确定相应的投影数据D0，并将其定义为构成重构区域的各个像素的背面投影像素数据D2；和把与这些像素关联的用于图像重构的所有视角的背面投影像素数据D2相加，以便确定背面投影数据D3。

10 按照第二方面，本发明提供一种图像重构方法，其中预先把投影数据D0从对应于所收集的扇形(fan)数据的投影数据D0f扇形-平行转换为对应于平行数据的投影数据D0p，并且所述投影数据D0基于对应于平行数据的投影数据D0p。

15 按照第三方面，本发明提供一种图像重构方法，包括以下在步骤：重构图像时，利用具有多个检测器序列的多排检测器，并基于以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描而收集的投影数据D0；对投影数据D0进行倾斜修正处理，以便在检测器序列各个通道相对于线性传送轴的位置上，修正每一个视角由于扫描面的倾角造成的变动；根据倾斜修正后的投影数据D0，确定平面投影在投影平面上的数据D1；然后，在X线透射方向上，把平面投影在构成多条直线的各个像素上的数据D1进行投影，从而确定构成所述重构区域上直线的各自像素的背面投影像素数据D2，所述多条直线设置在重构区域上，在它们中间形成多像素间隔，并且所述多条直线在与投影平面平行的方向上延伸；在多条直线中间进行内插，以便确定重构区域上多条直线中间各个像素的背面投影像素数据D2；以及把与所述像素有关的用于图像重构的背面投影像素数据D2相加，以便确定背面投影数据D3。

20 25

按照第四方面，本发明提供一种图像重构方法，包括以下在步骤：重构图像时，利用具有多个检测器序列的多排检测器，并基于

以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描而收集的投影数据D0；对投影数据D0进行倾斜修正处理，以便在检测器序列各个通道相对于线性传送轴的位置上，修正每一个视角由于扫描面的倾角造成的变动；根据倾斜修正后的投影数据D0，计算平面投影在投影平面的直线上的对应于多条直线的的数据D1，所述直线设置在重构区域上、彼此之间形成多像素间隔并沿着与投影平面平行的方向延伸；根据位于投影平面直线上的平面投影数据D1计算重构区域上各自像素的背面投影像素数据D2；以及把与这些像素关联的用于图像重构的所有视角的背面投影像素数据D2相加，以便确定背面投影数据D3。

10 按照第五方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的所述图像重构方法中，在与这些直线垂直的方向看去，直线数量从所述重构区域内像素数量的1/64到所述重构区域内像素数量的1/2不等。

15 按照第六方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，当把垂直于X光管或多排检测器的旋转平面的方向定义为Z方向、把在视角=0°下X线束中心轴的方向定义为Y方向、而把垂直于Z方向和Y方向的方向定义为X方向时，把通过旋转中心的XZ平面配置为以下视角范围的投影平面： $-45^{\circ} \leq \text{视角} < 45^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围和 $135^{\circ} \leq \text{视角} < 225^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围；以及把通过旋转中心的YZ平面配置为以下视角范围的投影平面： $45^{\circ} \leq \text{视角} < 135^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围和 $225^{\circ} \leq \text{视角} < 315^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围。

25 按照第七方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，通过内插/外插处理从多个投影数据D0确定平面投影数据D1。

按照第八方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上

述配置的图像重构方法中，把多个投影数据D0的用于确定一个平面投影数据D1的地址和内插/外推因子列成表格。

按照第九方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，通过内插/外推处理从多个投影数据D0确定一个平面投影数据D1，把多个投影数据D0的用于确定一个平面投影数据D1的地址和内插/外推因子排列为以下各视角范围中任意一个的表格形式： $-45^{\circ} < \text{视角} < 45^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围； $135^{\circ} < \text{视角} < 225^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围； $45^{\circ} < \text{视角} < 135^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围；以及 $225^{\circ} < \text{视角} < 315^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围，并把所述表用于在其它视角范围。

按照第十方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，所述内插/外推处理包括0-阶内插/外推处理或初等内插/外推处理。

按照第11方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，通过对多个平面投影数据D1进行加权相加处理来确定一个背面投影像素数据D2。

按照第12方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，根据从X线焦点到每个平面投影数据D1的距离确定所述加权相加处理的权重。

按照第十三方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，根据按照从X线焦点到重构区域中每个像素的距离确定所述加权相加处理的权重。

按照第14方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，所述加权相加处理的权重对处于所述重构区域的各个像素和处于与投影平面平行的直线上的像素是公用的。

按照第15方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，确定开始地址、采样间距和采样次数，并对平面投影数据D1进行采样，以便为对处于所述重构区域的各个像素和处于与所述投影平面平行的直线上的像素进行加权相加处理，选择平面投影数据D1。

按照第16方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，预先确定加权相加处理的权重、开始地址、采样间距和采样次数，并将其列成表格。

按照第17方面，本发明提供一种图像重构方法，其中在具有上述配置的图像重构方法中，通过把给定视角的背面投影像素数据D2和相反视角的背面投影像素数据D2乘以对应于连接两个视角中重构区域各个像素和X线焦点的直线和包含所述重构区域的平面所形成的角度的加权因子 ω_a 和 ω_b (其中 $\omega_a + \omega_b = 1$)，并通过将其加在一起，把所得结果设置为给定视角的背面投影像素数据D2。

按照第18方面，本发明提供一种X线CT设备，它包括：X光管；多排检测器，在X光管对面并具有多个检测器序列；线性运动控制装置，用以使X光管和多排检测器与受验者一起沿着线性传送轴作相对线性运动；旋转控制装置，用以使X光管和多排检测器中至少一个绕旋转轴旋转；倾斜控制装置，用以使通过旋转形成的扫描面相对于线性传送轴的夹角倾斜非 90° 的倾角；扫描控制装置，用以利用多排检测器和通过以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描收集投影数据D0；以及图像重构装置，用以根据投影数据D0重构图像，其中图像重构装置包括：倾斜修正装置，用以对投影数据D0进行倾斜修正处理，以便在检测器序列各个通道相对于线性传送轴的位置上，修正每个视角由扫描面倾角引起的变动；背面投影像素数据计算装置，用以随后把X线透射方向上的各个像素，沿着与X轴或Y轴平行的直线，投影在重构区域(XY平面)上，以便确定相应的投影数据D0，并以此确定构成所述重构区域的各个像素的背面投影像素数据D2；以及背面

投影数据计算装置，用以把与这些像素关联的用于图像重构的所有视角的背面投影像素数据D2相加，以便确定背面投影数据D3。

按照第19方面，本发明提供一种X线CT设备，它还包括扇形-平行转换装置，用以从对应于扇形数据的投影数据D0f确定对应于平行数据的投影数据D0p，其中在具有上述配置的X线CT设备中，所述扫描控制装置收集对应于扇形数据的投影数据D0f；而所述倾斜修正装置对与所述平行数据对应的投影数据D0p进行倾斜修正处理。

按照第20方面，本发明提供一种X线CT设备，它包括：X光管；多排检测器，在X光管对面，具有多个检测器序列；线性运动控制装置，用以使X光管和多排检测器与受验者一起沿着线性传送轴作相对线性运动；旋转控制装置，用以使X光管和多排检测器中至少一个绕旋转轴旋转；倾斜控制装置，用以使通过旋转形成的扫描面相对于线性传送轴的夹角倾斜非90°的倾角；扫描控制装置，用以利用多排检测器，通过以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描，收集投影数据D0；以及图像重构装置，用以根据投影数据D0重构图像，其中，所述图像重构装置包括：倾斜修正装置，用以对所述投影数据D0进行倾斜修正处理，以便在检测器序列各个通道相对于线性传送轴的位置上，逐个视角地修正由扫描面倾角引起的变动；平面投射像素数据计算装置，用以根据倾斜修正后的投影数据D0确定平面投影在投影平面上的数据D1；背面投影数据计算装置，用以在X线透射方向上把平面投影数据D1投影在构成多条直线的各个像素上，这些直线设置在重构区域上，彼此之间形成多像素间隔，并在与投影平面平行的方向上延伸，以此确定构成重构区域直线的各个像素的背面投影像素数据D2，并在多条直线当中进行内插，以便确定重构区域上这些直线当中各个像素的背面投影像素数据D2；以及背面投影数据计算装置，用以把与这些像素关联的用于图像重构的所有视角的背面投影像素数据D2相加，以便确定背面投影数据D3。

按照第21方面，本发明提供一种X线CT设备，它包括：X光管；

多排检测器，在X光管对面并具有多个检测器序列；线性运动控制装置，用以使X光管和多排检测器与受验者一起沿着线性传送轴作相对线性运动；旋转控制装置，用以使X光管和多排检测器中至少一个绕旋转轴旋转；倾斜控制装置，用以使通过旋转形成的扫描面相对于线性传送轴的夹角倾斜非 90° 的倾角；扫描控制装置，用以利用多排检测器和通过以倾斜的扫描面进行螺旋状扫描，收集投影数据D0；以及图像重构装置，用以根据投影数据D0重构图像，其中，所述图像重构装置包括：倾斜修正装置，用以对投影数据D0进行倾斜修正处理，以便在检测器序列各个通道相对于线性传送轴的位置上，逐个视角地修正由扫描面倾角引起的变动；平面投射像素数据计算装置，用以根据倾斜修正后的投影数据D0，确定平面投影在投影平面的直线上的数据D1，这些直线对应于设置在重构区域上、彼此之间形成多像素间隔，并在与投影平面平行的方向上延伸的多条直线；背面投影像素数据计算装置，用以根据平面投影数据D1，确定所述重构区域上各个像素的背面投影像素数据D2；以及背面投影数据计算装置，用以把与这些像素关联的用于图像重构的所有视角的背面投影像素数据D2相加，以便确定背面投影数据D3。

按照第22方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，在垂直于这些直线的方向看去，直线的数量从重构区域中像素数量的 $1/64$ 到重构区域中像素数量的 $1/2$ 不等。

按照第23方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，当垂直于X光管或多排检测器旋转平面的方向定义为Z方向、视角 $=0^\circ$ 下X线束中心轴的方向定义为Y方向、而垂直于Z方向和Y方向的方向定义为X方向时，平面投影数据计算装置把通过旋转中心的XZ平面设置为以下视角范围的投影平面： $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围，和 $135^\circ \leq \text{视角} < 225^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围，并且把通过所述旋转中心的YZ平面设置为以下视角范围的投影

平面： $45^{\circ} \leq \text{视角} < 135^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围，和 $225^{\circ} \leq \text{视角} < 315^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围。

5 按照第24方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，所述平面投影数据计算装置通过内插/外推处理从多个投影数据D0来计算一个平面投影数据D1。

10 按照第25方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备，所述平面投影数据计算装置使用一个表，用于计算一个平面投影数据D1的多个投影数据D0的地址和内插/外推因子设置在所述表中。

按照第26方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，平面投影数据计算装置通过内插/外推处理从多个投影数据D0计算一个平面投影数据D1，用表格列出用于在以下任何一个视角范围内计算一个平面投影数据D1的所述多个投影数据D0的地址和内插/外推因子： $-45^{\circ} \leq \text{视角} < 45^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围； $135^{\circ} \leq \text{视角} < 225^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围； $45^{\circ} \leq \text{视角} < 135^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围；和 $225^{\circ} \leq \text{视角} < 315^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围，并把
15 所得的表用于其它视角范围。
20

按照第27方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，所述内插/外推处理包括0-阶内插/外推处理或初等内插/外推处理。

25 按照第28方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，通过对多个平面投影数据D1进行加权相加处理来确定一个背面投影像素数据D2。

按照第29方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，所述加权相加处理的权重是按照所述重构区域中

每个像素到每个平面投影数据D1的距离来确定的。

按照第30方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，所述加权相加处理的权重是按照所述重构区域中的每个像素到X线焦点的距离来确定的。

5 按照第31方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，所述加权相加处理的权重对于处于所述重构区域中各个像素和处于与所述投影平面平行的直线上的像素是公共的。

10 按照第32方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，确定开始地址、采样间距和采样次数，并对平面投影数据D1进行采样，以便连续地选择所述平面投影数据D1，用以对处于所述重构区域的各个像素和处于与所述投影平面平行的直线上的像素进行加权相加处理。

15 按照第33方面，本发明提供一种X线CT设备，其中在具有上述配置的X线CT设备中，预先确定所述加权相加处理的权重、开始地址、采样间距和采样次数并且将其列成表格。

20 按照第34方面，本发明提供一种X线CT设备，其中具有上述配置的X线CT设备中，所述加权相加处理的权重是按照由给定的视角下连接重构区域的每个像素和X线焦点的直线与包含所述重构区域的平面形成的夹角和由连接相反视角下重构区域的每个像素和X线焦点的直线与包含所述重构区域的平面形成的夹角确定的。

25 在按照第一方面的图像重构方法中，对投影数据D0进行倾斜修正处理，用以在检测器序列各个通道相对于线性传送轴的位置上，修正由扫描面的倾角引起的每个视角的变动。然后，在X线的透射方向上，沿着与X轴或Y轴平行的直线，把各个像素投影在重构区域(XY平面)上，以便确定相应的投影数据D0，从而确定构成所述重构区域各个像素的背面投影像素数据D2。这样，可以利用刚好对应于通过重构区域发射的X线束的投影数据高速完成重构。

在按照第二方面的图像重构方法中，从对应于扇形数据的投影

数据D0f确定对应于平行数据的投影数据D0p, 不是直接从对应于扇形数据的投影数据D0确定平面投影数据D1, 而是从对应于平行数据的投影数据D0p确定平面投影数据D1。

5 当这里直接从对应于扇形数据的投影数据D0f确定平面投影数据D1时, 必须考虑从X线焦点到对应于每个投影数据D0f的通道距离和从X线焦点到投影平面上投影位置的距离。也就是说, 在那里需要把所述数据乘以距离因子。然而, 由于在从对应于平行数据的投影数据D0p确定平面投影数据D1的情况下不必执行距离因子的乘法, 所以计算可以简化。在投影数据D0f对应于扇形数据的情况下, 不可能
10 做出处理相反视角的设计方案。然而, 对应于平行数据的投影数据D0p使相反的视角易于处理。因此, 利用移动了-1/4通道的相反视角和移动了+1/4通道的原视角, 结合起来, 即可能增强一个通道方向的分辨率, 把背面投影的视角数量减少到1/2, 从而减少计算量。

在按照第三方面的图像重构方法中, 平面投影数据D1是从倾斜修正后的投影数据D0确定的, 并在X线透射方向上, 把平面投影数据D1投影在重构区域上, 以便确定背面投影像素数据D2。这样即可利用刚好与通过重构区域发射的X线束相关联的投影数据, 高速完成重构。
15

顺便指出, 尽管重构区域是一个平面, 但多排检测器位于弓形空间位置。当位于弓形上的数据直接投影在对应于网格坐标的重构区域上时, 坐标变换处理变得复杂, 由此需要计算量。而且, 当对重构区域的所有像素进行这样的处理时, 将需要巨大的计算量。也就是说, 直接从背面投影像素数据D2确定投影数据D0, 会使处理复杂化, 还延长处理时间。
20

25 反之, 在按照第三方面的图像重构方法中, 平面投影数据D1是从投影数据D0确定的, 不是直接从投影数据D0确定背面投影像素数据D2, 而是从平面投影数据D1确定背面投影像素数据D2。当位于所述平面的数据投影在对应于这里的网格坐标的重构区域上时, 处理

是通过一次或线性变换(仿射变换)完成的,后者可以采用均等采样间距通过数据采样实现。这样,总体而言,处理得以简化和加速。顺便指出,最好把平面投影数据D1设置成至少在检测器的通道方向上充分密集的时间间隔。

5 而且,当背面投影像素数据D2由平面投影数据D1确定时,只确定构成直线的各个像素上的背面投影像素数据D2,这些直线设置在重构区域上,彼此之间形成多像素间隔,并在与投影平面平行的方向上延伸,并在以多像素间隔排列的直线中间进行内插处理。因此,与在构成重构区域的所有像素上的背面投影像素数据D2都从平面投影数据D1确定的情况相比,处理时间间隔可以缩短。顺便指出,若
10 适当地选择以多个像素为间隔的直线数量,则可以把图像质量退化作用抑制到可以忽略不计的程度。

在按照第四方面的图像重构方法中,平面投影数据D1是从倾斜修正后的投影数据D0确定的,并在X线透射方向上把平面投影数据D1
15 投影在重构区域上,以便确定背面投影像素数据D2。这样,即可利用刚好对应于通过重构区域发射的X线束的投影数据,高速完成重构。

顺便指出,尽管重构区域是一个平面,但多排检测器位于弓形空间位置上。当位于弓形上的数据直接投影在对应于网格坐标的重构区域上时,坐标变换处理变得复杂,由此需要计算量。而且,对
20 重构区域上所有像素完成所述处理时,需要巨大的计算量。也就是说,直接从背面投影像素数据D2确定投影数据D0会使处理复杂化,还会延长处理时间间隔。

反之,在按照第四方面的图像重构方法中,从投影数据D0确定
25 平面投影数据D1,不是直接从投影数据D0确定背面投影像素数据D2,而是从平面投影数据D1确定背面投影像素数据D2。当位于所述平面上的数据投影在对应于这里的网格坐标的重构区域时,处理是通过一次或线性变换(仿射变换)完成的,后者能够采用均等采样间距通

过数据采集实现。 这样, 总体而言处理得以简化和加速。顺便指出, 最好把平面投影数据D1设置成至少在检测器的通道方向上充分密集的时间间隔。

5 而且, 在确定平面投影数据D1时, 当确定平面投影在投影平面上的直线(这些直线对应于设置在重构区域上、彼此之间形成多像素间隔并在与投影平面平行的方向上延伸的多条直线)上的数据D1时, 可以略去不必的计算。因此, 处理时间间隔可以缩短。顺便指出, 若适当选择以多个像素为间隔的直线数量, 则可以把图像质量退化作用抑制到可以忽略不计的程度。

10 在按照第五方面的图像重构方法中, 这样设置多像素间隔的直线数量, 以便在与每一条直线垂直的方向看去, 所述直线数量从重构区域像素数量的1/64到重构区域像素数量1/2不等, 以便使处理时间缩短效果和图像质量退化作用可以适当保持平衡。

15 在按照第六方面的图像重构方法中, 对应于投影平面的XZ平面或YZ平面与投影方向直线的夹角不小于约 45° 。因此可以把计算正确性的降低抑制到允许的范围内。

顺便指出, 视角 -45° 和视角 315° 实际上是相等的, 并且是相同的视角, 虽然为了在本说明书中便于表达, 它们以不同的表达式描述。当数据投影在投影平面上时, 它的投影方向直线和投影平面形成的夹角接近 90° 时, 准确度变高, 而所述夹角接近 0° 时准确度变低。

20 在按照第七方面的图像重构方法中, 通过内插处理从多个投影数据D0确定一个平面投影数据D1。 因此, 与重构区域的像素密度相比, 可以使平面投影数据D1的密度足够高。这样, 把平面投影数据D1投影在相应的重构区域上的处理, 正如在X线透射方向上看到的, 背面投影像素数据D2是为最接近仿射变换处理, 亦即只进行采样处理而设计的, 因此内插处理可以取消, 这样, 便可以简化和加速处理。然而, 必要时, 可以进行内插处理。

在按照第八方面的图像重构方法中，预先算出多个投影数据D0的地址和内插/外推因子，并且将其设置在表格中，以便可以消除系统开销。也就是说通过列表可以加快处理。顺便指出，每当试图确定一个平面投影数据D1时，可以计算用于确定一个平面投影数据D1的多个投影数据D0的地址和内插/外推因子。然而它的计算所需要的时间造成系统开销。

当在把通过所述旋转中心的XZ平面配置为投影平面的情况下把 $135^\circ \leq \text{视角} < 225^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围内的X光管、检测器和投影轴之间的几何关系绕旋转中心旋转 180° 时，它与 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围内的X光管、检测器和投影轴之间的几何关系一致。这样，用于确定一个平面投影数据D1的投影数据D0的地址和内插/外推因子便可以在它们之间共享。

当在把通过旋转中心的YZ平面配置为投影平面的情况下把 $45^\circ \leq \text{视角} < 135^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围内的X光管、检测器和投影轴之间的几何关系绕旋转中心旋转 -90° 时，它与 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围内的X光管、检测器和投影轴之间的几何关系一致。这样，用于确定一个平面投影数据D1的投影数据D0的地址和内插/外推因子便可以在它们之间共享。

当在把通过所述旋转中心的yz平面配置为投影平面的情况下把 $225^\circ \leq \text{视角} < 315^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围内的X光管、检测器和投影轴之间的几何关系围绕旋转中心旋转 90° 时，它与 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围内与X光管、检测器和投影轴之间的几何关系一致。这样，用于确定一个平面投影数据D1的投影数据D0的地址和内插/外推因子便可以在它们两者之间共享。

在按照第九方面的图像重构方法中，在以下任何一个视角范围

使用的表甚至可以在其它的视角范围内共享： $-45^{\circ} \leq \text{视角} < 45^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围； $135^{\circ} \leq \text{视角} < 225^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围； $45^{\circ} \leq \text{视角} < 135^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围；
5 以及 $225^{\circ} \leq \text{视角} < 315^{\circ}$ 或甚至包含以该视角作为主要部分的边界的视角范围。因此，有可能减少所述表所需的存储能力。

在按照第10方面的图像重构方法中，内插/外推处理可以简单处理，因为包括0-阶内插/外推处理(亦即采用接近的数据)和初等内插/外推处理(亦即，利用两个接近的数据进行内插/外推)。

10 在按照第11方面的图像重构方法中，可以使用重构区域附近的同一视角或相反视角的多个数据的加权相加。在按照第12方面的图像重构方法中，可以适当确定背面投影像素数据D2。这是因为，其中从X线焦点到平面投影数据D1的距离短的数据D1，与所述距离长的数据D1相比，一般认为它更适当地包括有关各个像素的信息。

15 在按照第13方面的图像重构方法中，可以更适当地确定背面投影像素数据D2，这是因为，从X线焦点到检测器的距离为常数，因而在从重构区域中的每个像素到所述X线焦点的距离长时的数据D1，与所述距离短时的数据D1相比，更适当地认为在距离上接近检测器并且包括有关各自像素的信息。

20 在按照第14方面的图像重构方法中，权重是公用的，因而处理可以简化。加权相加处理的权重可以定义为从X线焦点到平面投影数据D1的距离和从X线焦点到重构区域中的每一个像素的距离之间的比率。在这种情况下，在重构区域每个像素和位于与投影平面平行的直线上的每个像素之间，所述比率在数值上相等。

25 在按照第15方面的图像重构方法中，确定背面投影像素数据D2的平面投影数据D1可以通过简单的处理选定。这是因为，确定有关重构区域各个像素和位于与投影平面平行的直线上的像素的背面投影像素数据D2的平面投影数据D1，存在于投影平面上的直线上。这

样，若开始地址、采样间距和采样次数是固定的，则所述数据可以通过简单的处理选定。

在按照第16方面的图像重构方法中，处理可以通过表列加速。
在按照第17方面的图像重构方法中，背面投影像素数据D2可以更适当地确定。这是因为，一般认为更适当地包含有关各自像素的信息，
5 因为连接重构区域每个像素和X线焦点的直线与包含所述重构区域的平面形成的夹角接近 90° 。

所述按照第18方面的X线CT设备能够适当地实现按照第一方面的图像重构方法。所述按照第18方面的X线CT设备能够适当地实现按照
10 第二方面的图像重构方法。所述按照第20方面的X线CT设备能够适当地实现按照第三方面的图像重构方法。所述按照第21方面的X线CT设备能够适当地实现按照第四方面的图像重构方法。所述按照第22方面的X线CT设备能够适当地实现按照第五方面的图像重构方法。所述按照第23方面的X线CT设备能够适当地实现按照第六方面的图像重构方法。
15 所述按照第24方面的X线CT设备能够适当地实现按照第七方面的图像重构方法。

所述按照第25方面的X线CT设备能够适当地实现按照第八方面的图像重构方法。所述按照第26方面的X线CT设备能够适当地实现按照第九方面的图像重构方法。所述按照第27方面的X线CT设备能够适当地实现按照第10方面的图像重构方法。所述按照第28方面的X线CT
20 设备能够适当地实现按照第11方面的图像重构方法。所述按照第29方面射线X线CT设备能够适当地实现按照第12方面重构方法。

所述按照第30方面射线X线CT设备能够适当地实现按照第13方面重构方法。所述按照第31方面射线X线CT设备能够适当地实现按照第14方面重构方法。所述按照第32方面射线X线CT设备能够适当地实现按照第15方面重构方法。所述按照第33方面射线X线CT设备能够适当地实现按照第16方面重构方法。所述按照第34方面射线X线CT
25 设备能够适当地实现按照第17方面重构方法。

正如附图举例说明的，从本发明推荐的实施例的以下描述中，本发明的其他目标和优点将变得明显。

附图说明

5 图1是X线CT设备的方框图。

图2是图像重构处理的流程图。

图3是倾斜修正处理的流程图。

图4是表示在视角 $\phi = 0$ 下第 i 个通道相对于线性传送轴的位置的说明图。

10 图5是表示在视角 $\phi = \pi / 2$ 下第 i 个通道相对于线性传送轴的位置的说明图。

图6是举例说明第 i 通道相对于线性传送轴的位置由于扫描面的倾角而逐个视角地改变的方式的说明图。

图7是表示在视角 $\phi = \pi / 2$ 下第 j 个检测器序列的说明图。

15 图8是对多排检测器的第一检测器序列进行数据位置移动处理的说明图。

图9是对多排检测器的第二检测器序列进行数据位置移动处理的说明图。

20 图10是对多排检测器的第一检测器序列进行数据切出处理的说明图。

图11是对多排检测器的第一检测器序列进行虚假数据添加处理的说明图。

图12是对多排检测器的第二检测器序列进行数据切出处理的说明图。

25 图13是对多排检测器的第二检测器序列进行虚假数据添加处理的说明图。

图14是通过线性内插计算进行的数据转换处理的说明图。

图15是倾斜修正处理的另一个示例的流程图。

图16是三维背面投影处理的流程图。

图17是表示在视角= 0° 和 $\delta=0^\circ$ 下X光管和多排检测器的布置和平面投影数据的说明图。

5 图18是表示在视角= 0° 和 $\delta=360^\circ$ 下X光管和多排检测器的布置和平面投影数据的说明图。

图19是表示视角= 0° 下的平面投影数据的说明图。

图20是表示在qt方向上进行内插/外推处理之后视角= 0° 下的平面投影数据的说明图。

图21是表示在视角= 30° 下的平面投影数据的说明图。

10 图22是表示在qt方向上进行内插/外推处理之后视角= 30° 下的平面投影数据的说明图。

图23是表示在视角= 90° 下X光管和多排检测器的布置和平面投影数据的说明图。

图24是举例说明用于平面投影数据计算的查阅表的示意图。

15 图25是表示用于qt方向的内插/外推处理的重复装置的说明图。

图26是举例说明重构区域的空间位置的示意图。

图27是表示平面投影数据在X线透射方向上以视角= 0° 投影在重构区域上, 以便确定背面投影像素数据的状态的说明图。

图28是举例说明用于背面投影的查阅表的示意图。

20 图29是表示确定有关重构区域上与所述投影平面平行的直线上的像素的背面投影像素数据的情况的说明图。

图30(a)是表示与视角= 0° 下重构区域上彼此之间形成多像素间隔并且与所述投影平面平行的多条直线上的像素有关的背面投影像素数据D2的示意图。而图30(b)是表示相反视角下的背面投影像素数据
25 的示意图。

图31(a)是表示与视角= 0° 下重构区域上与投影平面平行的彼此之间形成多像素间隔的多条直线上的像素有关的背面投影像素数据D2的示意图。而图31(b)是与视角= 0° 下重构区域上在这些直线中间

进行内插而获得的所有像素有关的背面投影像素数据D2的说明图。

图32是表示其中把对应于所有视角的像素的背面投影像素数据D2相加以获得背面投影数据D3的状态的说明图。

5 图33(a)是表示视角 0° 下重构区域上与投影平面平行的彼此之间形成多像素间隔的多条直线的概念图；而图33(b)是表示与视角 $=0^\circ$ 下重构区域上彼此之间形成多像素间隔的所述多条直线对应的投影平面上的直线的概念图。

10 图34是表示与视角 $=0^\circ$ 下重构区域上彼此之间形成多像素间隔的与所述投影平面平行的多条直线对应的投影平面的直线的概念图。

图35是表示用于确定与视角 $=0^\circ$ 下重构区域上彼此之间形成多像素间隔并且与所述投影平面平行的多条直线对应的投影平面上的直线的平面投影数据D1的处理的概念图。

图36是举例说明用于背面投影的查阅表的示意图。

15 图37是表示用于对有关所述投影平面上的直线的平面投影数据D1进行采样以便确定有关重构区域上这些直线的背面投影像素数据D2的处理的概念图。

20 图38是表示用于对有关所述投影平面上的直线的平面投影数据D1进行内插处理以便确定有关重构区域上这些直线的背面投影像素数据D2的处理的概念图。

图39是用以描述X线CT设备的操作的原理流程图。

图40是用以描述扇形-平行转换处理的流程图。

图41是表示扇形-平行转换处理的概念的窦腔X线摄影照片(sinogram)。

25 图42是表示X线透射路径和对应于平行数据的通道的概念图。

图43是表示平行数据的相反视角的概念图。

图44是表示其中通道方向上的密度被均等化的平行数据的概念图。

图45是表示三维背面投影处理的另一个示例的流程图。

图46是表示其中扇形数据的投影数据D0p在X线透射方向上以视角=0° 投影在投影平面上以便确定平面投影数据D1的状态的说明图。

5 图47是表示其中平面投影数据D1在X线透射方向上以视角=0° 投影在重构区域P上以便确定背面投影像素数据D2的状态的说明图。

具体实施方式

下面将参照附图说明实施本发明的最佳方式。顺便指出，本发明不局限于这些实施本发明的最佳方式。图1中示出X线CT设备的方框图。本设备是实施本发明的最佳方式的一个示例。涉及X线CT设备的实施本发明最佳方式的示例通过本设备的配置显示。实施本发明用的涉及图像重构方法最佳方式的示例通过本设备的操作显示。

10 如图1所示，X线CT设备100配备有操作控制台1、平台装置8和扫描台架9。操作控制台1配备有：输入装置2，它接收来自操作员的指令和信息等；中央处理单元3，它执行扫描处理、图像重构处理等等；控制接口4，它执行成像平台8和扫描台架9之间控制信号的传输等；数据采集缓冲区5，它收集通过扫描台架9获得的数据；阴极射线管(CRT) 6，它显示根据数据重构的图像；和存储装置7，其上存储程序、数据和图像。

20 平台装置8包括：托板8c，其上安置受验者；和传输控制器8a，用以使托板8c在z-轴和y-轴方向运动。顺便指出，y轴定义为垂直方向，而z轴定义为托板8c的纵向。与Y轴和Z轴正交的轴定义为X轴。受验者的身体轴线设置在Z轴方向上。

25 扫描台架9配备有X线控制器10、X光管11、准直器12、具有多个检测器序列的多排检测器13、数据采集装置14、使X光管11和多排检测器13等绕等中心(isocentr)ISO旋转的旋转控制器15和造成扫描面角度倾斜的倾斜控制器16。倾斜控制器16控制扫描台架9的倾角。

图2是流程图，表示X线CT设备100的操作的简要流程。在步骤S0，在X光管21和多排检测器24以倾斜的状态绕受验者或要成像的对象旋转并且托板12作线性移动的同时，收集用视角View、相对角度差 δ 、检测器序列号j和通道号i表达的投影数据D0(View, δ , j, i)。收集的投影数据通过扇形-平行转换转换为平行数据。顺便指出，相对角度差 δ 是表示在同一视角下与旋转的圈数对应的参数。

在步骤S1，对投影数据D0(View, δ , j, i)进行预处理(偏移量修正、对数修正、X线剂量修正和灵敏度修正)。在步骤S2，对投影数据D0(View, δ , j, i)进行倾斜修正处理。以后还将说明倾斜修正处理。

在步骤S3，对倾斜修正处理后的投影数据D0(View, δ , j, i)进行滤波处理。也就是说，对投影数据进行富里叶变换，每次富里叶变换后乘以滤波器(重构函数)以执行其富里叶逆变换。在步骤S4，对经过滤波处理的投影数据D0(View, δ , j, i)进行按照本发明的三维背面投影处理，以便确定背面投影数据D3(x, y)。后面还将再次说明三维背面投影处理。在步骤S5，对背面投影数据D3(x, y)进行后处理，以获得CT图像。

下面将说明倾斜修正处理。图3是表示倾斜修正处理(S2)的流程图。在步骤T1，把数据排列成具有通道号轴和视角号轴的二维形式。接着，移动数据的位置，以此抵消每个视角检测器序列各个通道相对于线性传送轴的位置由于扫描面的倾角而改变的影响。后面将要说明数据位置移动处理的具体示例。

在步骤T2，切出在移动后的数据阵列下在视角方向看去所有视角都存在数据的范围内的数据。随后还将说明数据切出处理的具体示例。在步骤T3，给切出的数据增加虚假数据，以便补足数据范围。后面还将说明增加虚假数据的处理的具体示例。在步骤T4，把所述数据转换为其中所有视角的通道位置彼此对准的数据。后面还将说明数据转换处理的具体示例。

下面将描述具体示例。现在考虑以下情况：螺旋状扫描在所有视角范围内旋转大致 2π （对应于一个周期）并且在旋转 2π 的条件下线性移动一个切片宽度（螺旋间距=1）的，倾斜角度定义为 θ ，从线性传送轴和旋转轴的交点（等中心ISO）到对应于第j个检测器序列的扫描面的距离定义为 L_j 。在多排检测器13位于正下方时的视角定义为 $\phi=0^\circ$ ，而视角号定义为 $pvn=1$ 。

图4显示视角 $\phi=0^\circ$ 下的多排检测器。然而，检测器序列的数量表示为两行。第一检测器序列（ $j=1$ ）的第i通道相对于线性传送轴的位置 $h(0, i)$ 和第二检测器序列（ $j=-1$ ）的第i通道相对于线性传送轴的位置 $h(0, i)$ 是彼此相等的，而不管倾斜角度 θ 。

图5显示视角 $\phi=\pi/2$ 下的多排检测器。第一检测器序列（ $j=1$ ）的第i通道相对于线性传送轴的位置 $h_1(\pi/2, i)$ 和第二检测器序列（ $j=-1$ ）的第i通道相对于线性传送轴的位置 $h_1(\pi/2, i)$ ，因为倾斜角度 θ ，彼此不相等。

图6显示第一检测器序列（ $j=1$ ）的第i通道相对于线性传送轴的位置 $h_1(pvn, i)$ 和第二检测器序列（ $j=-1$ ）的第i通道相对于线性传送轴的位置 $h_2(pvn, i)$ 由于扫描面的倾角，每个视角都在改变。当 pvn 定义为视角号并且设置为 $1 \leq pvn \leq VWN$ 时，位置 $h_j(pvn, i)$ 一般由以下方程式给出：

$$H_j(pvn, i) = h(0, i) + j_delt_iso_max \cdot \sin(2\pi(pvn-1)/VWN)$$

顺便指出，视角 $\phi=2\pi(pvn-1)/VWN$ 。

图7显示视角 $\phi=\pi/2$ 下的第j个检测器序列。正如从所述图可以明白的，以下方程式成立：

$$J_delt_iso_max = L_j \cdot \tan \theta$$

图8是有关多排检测器第一个检测器序列（ $j=1$ ）的数据位置移动处理的说明图。数据排列成具有通道号轴和视角号轴的二维形式。接着，在通道号方向上使视角号 pvn 的数据位置移动一个以下表达式的值。

$$-l_delt_iso_max \cdot \sin \{2 \pi (pvn-1) / VWN\}$$

在图8中所示的移动后数据阵列中，正如在视角号方向看去，直线上数据相对于线性传送轴的位置变为相等。

5 图9是对多排检测器的第二检测器序列 ($j=-1$) 附近数据位置移动处理的说明图。数据排列成具有通道号轴和视角号轴的二维形式。接着，使视角号 pvn 的数据位置移动以下表达式的值。

$$l_delt_iso_max \cdot \sin \{2 \pi (pvn-1) / VWN\}$$

在图9所示的移动后数据阵列中，正如在视角号方向看去，直线上数据相对于线性传送轴的位置变为相等。

10 图10是对多排检测器第一个检测器序列 ($j=1$) 附近数据切出处理的说明图。在数据位置移动后的数据阵列中，切出处于一个其中在视角方向看去所有视角都存在数据的范围内的数据(在粗直线框之内)的数据。

15 数据切出范围一般按以下方法表示。也就是说，当通道到通道的距离定义为 DMM ，而 $Roundup \{ \}$ 定义为四舍五入函数，数据切出范围从第 j 个检测器序列的第 pvn 视角的第 $(Roundup \{Lj \cdot \tan \theta / DMM\} + 1)$ 通道延伸到第 $(I - Roundup \{Lj \cdot \tan \theta / DMM\} - 1)$ 通道。

20 图11是对多排检测器的第一个检测器序列 ($j=1$) 附近虚假数据添加处理的说明图。空气数据添加到切出数据阵列中，以一个类似于第一个数据阵列的方式填补数据范围。

图12是对多排检测器第二个检测器序列 ($j=-1$) 附近数据切出处理的说明图。在数据位置移动后的数据阵列中，切出处于一个其中在视角方向看去所有视角都存在数据的范围内(在粗直线框之内)的数据。

25 图13是对多排检测器的第二个检测器序列 ($j=-1$) 附近虚假数据添加处理的说明图。空气数据添加到切出数据阵列中，以一个类似于第一个数据阵列的方式安排或填补数据范围。

图14是根据线性内插计算结果进行数据转换处理的说明图。

Src[i]表示给定视角下第一数据阵列中各个通道的数据。数据的位置由于数据位置移动处理而移动。因此，第一位置上的数据dest[i]通过线性内插处理确定。

如图14所示，当所述数据在小通道号的方向上移动数据时，假定int{}定义为取整函数，而abs{}定义为绝对值函数，线性内插处理得出以下方程式：

$$\begin{aligned} \text{Delt_iso} &= \text{delt_iso_max} \cdot \sin\{2\pi(\text{pvn}-1)/\text{VWN}\} \\ \text{Int_delt_iso} &= \text{abs}\{\text{int}\{\text{delt_iso}/\text{DMM}\}\} \\ \text{Ratio} &= \text{abs}\{\text{delt_iso}/\text{DMM}\} - \text{int_delt_iso} \\ \text{Dest}\{i - \text{int_delt_iso}\} &= \text{src}\{i\} \cdot (1 - \text{ratio}) + \text{src}\{i+1\} \cdot \text{ratio} \end{aligned}$$

另一方面，当在大通道号方向移动数据时，线性内插处理得出以下方程式：

$$\text{Dest}\{i - \text{int_delt_iso}\} = \text{src}\{i\} \cdot (1 - \text{ratio}) + \text{src}\{i+1\} \cdot \text{ratio}$$

图15是倾斜修正处理另一个示例的流程图。在步骤T11，切出从第j个检测器序列的第pvn视角的第(Roundup{Lj·tanθ/DMM}+1)个通道到第(I-Roundup{Lj·tanθ/DMM}-1)个通道的数据。在步骤T12，把虚假数据添加到切出的数据，以排列或填补每一个视角的数据范围。在步骤T13，移动数据位置以形成如图11或13所示的二维数据阵列。把所述数据转换为其中所有视角的通道位置彼此对准的数据。所述示例是其中已经在虚假数据添加处理之后进行了数据位置移动处理的示例。顺便指出，数据位置移动处理是在数据切出处理之后进行的，而此后可以进行虚假数据添加处理。

将要说明三维背面投影处理。图16是三维背面投影处理(S4)的细节流程图。在步骤R1，从投影数据D0(view, δ, j, i)获得平面投影数据 D1(view, qt, pt)。随后将要参照图17至25描述所述处理。

在步骤R2，从平面投影在投影平面上的数据D1(view, qt, pt)获得背面投影像素数据D2(view, x, y)。后面将要参照图26至31和图33至38描述所述处理。或者，背面投影像素数据D2可以类似于在步骤R12

直接从投影数据D0确定。

在步骤R3, 对应于 360° 的视角加到与像素有关的所述背面投影像素数据D2 (view, x, y), 或对应于" 180° + 扇角"的视角加于其上以获得背面投影数据D3 (x, y)。 随后将要参照图32说明所述处理。

5 图17(a)和17(b)显示在视角 $=0^\circ$ 和 $\delta=0^\circ$ 下X光管21和多排检测器24的布置。 此时, 投影平面pp是一个通过旋转中心ISO 的XZ平面。 XZ平面对线性传送轴是倾斜的。 扫描的旋转轴设置在XZ平面上。

在多排检测器24的各个通道获得的投影数据D0 (view=0, $\delta=0$, j, i) 乘以距离系数, 并正如在X线透射方向上看去的, 布置在各个通道平面投影在投影平面pp位置上, 随后在通道方向上进行内插处理, 以此使得数据密度充分地高, 以此如图17(c)所示获得平面投影数据 D1' (view=0, $\delta=0$, j, pt)。 这将表示为"在X线透射方向上把投影数据D0 (view, δ , j, i) 平面投影在投影平面pp上"。

顺便指出, 当把从X光管21的X线焦点到多排检测器24的每个通道的离定义为r0, 而把从X光管21到投影平面pp上的投影位置的距离定义为r1时, 给出距离系数为 $(r1/r0)^2$ 。 图17(c)所示的Z0指示指出平面投影数据D1' (view=0, $\delta=0$, j=1, pt=0) 的空间位置的原点坐标。

图18(a)和18(b)显示X光管21和多排检测器24在视角 $=0^\circ$ 和 $\delta=360^\circ$ 下 (亦即, 从 $\delta=0^\circ$ 旋转一圈之后) 的布置。 把此时获得的投影数据D0 (view=0, $\delta=360$, j, i) 平面投影在投影平面pp上时, 如图18(c)所示, 获得平面投影数据D1' (view=0, $\delta=360$, j, pt)。 相似地, 如图19所示, 获得对应于视角 $=0^\circ$ 和 $\delta=720^\circ$ (第三圈) 的平面投影数据D1' (view=0, $\delta=720$, j, pt)。

接着, 如图19所示, 对这样的平面投影数据D1' (0, 0, j, i)、
25 D1' (0, 360, j, i) 和 D1' (0, 720, j, i) 进行内插/外推处理, 以计算在qt 方向 (对应于重构区域P和投影平面pp十字交线的正交方向) 和pt 方向 (对应于重构区域P和投影平面pp十字交线的正交方向) 以足够高的密度进行平面投影的数据D1 (view=0, qt, pt)。 这里, 平面投影数

据 $D1(\text{view}=0, qt, pt)$ 的密度最好可以设置成比重构区域中像素的密度高到足以使从平面投影数据 $D1$ 确定背面投影像素数据 $D2$ 时, 内插处理被省略。

图21是概念图, , 表示分别对应于第一圈、第二圈和第三圈的平面投影数据 $D1'(\text{view}=30, \delta=0, j, pt)$ 、 $D1'(\text{view}=30, \delta=360, j, pt)$ 和 $D1'(\text{view}=30, \delta=720, j, pt)$ 。

与视角 $=0^\circ$ 相比, 多排检测器24的第一通道侧接近投影平面 pp , 而第 i 通道侧则变成远离投影平面 pp 。因此平面投影数据 $D1'(30, 0, j, pt)$ 、 $D1'(30, 360, j, pt)$ 和 $D1'(30, 720, j, pt)$ 在第一通道侧变宽, 而在第 i 通道侧变窄。

图22是概念图, , 表示在 qt 方向和 pt 方向上通过对平面投影数据 $D1'(30, 0, j, pt)$ 、 $D1'(30, 360, j, pt)$ and $D1'(30, 720, j, pt)$ 进行内插/外推处理密度足够高地算出的平面投影数据 $D1(30, qt, pt)$ 。

图23(a)和23(b)显示X光管21和多排检测器24在视角 $=0^\circ$ 和 $\delta=90^\circ$ 下的布置。此时投影平面 pp 是通过旋转中心ISO的 yz 平面。如图23(c)所示, 当所获得的投影数据 $D0(\text{view}=90, \delta, j, i)$ 平面投影在所述投影平面 pp 时, 获得平面投影数据 $D1'(\text{view}=90, \delta, j, pt)$ 。

这样, 通过旋转中心ISO的 XZ 平面定义为以下视角范围内的投影平面 pp : $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ 或甚至包含以所述视角为主要部分的边界的视角范围; 和 $135^\circ \leq \text{视角} < 225^\circ$ 或甚至包含以所述视角为主要部分的边界的视角范围。通过旋转中心ISO的 YZ 平面定义为以下视角范围内的投影平面 pp : $45^\circ \leq \text{视角} < 135^\circ$ 或甚至包含以所述视角为主要部分的边界的视角范围; 和 $225^\circ \leq \text{视角} < 315^\circ$ 或甚至包含以所述视角为主要部分的边界的视角范围。

最好当从投影数据 $D0(\text{view}, \delta, j, i)$ 确定平面投影数据 $D1'(\text{view}, \delta, j, pt)$ 时, 把如图24所示的平面投影查阅表31存储在存储装置7中并加以利用。

图24(a)所示的查阅表31用以通过两点内插/外推确定平面投影

数据 $D1'(view, \delta, j, pt)$ 。预先算出和设置在 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (或甚至包含具有该视角的边界作为主要部分的视角范围) 的每一个视角 $view$ 、用于在坐标 (j, pt) 下通过两点内插/外推确定平面投影数据 $D1'(view, \delta, j, pt)$ 的多个通道地址 i 、用于提取 $i+1$ 投影数据 $D0$ 的参考通道地址 i 和在 Pt 方向上两点内插/外推因子或系数 $k1$ 和 $k2$ 。

数据 $D1$ 表达如下:

$$D1(view, \delta, j, pt) = k1 \times D0(view, \delta, j, i) + k2 \times D0(view, \delta, j, i+1).$$

顺便指出, $\Delta view$ 指每个视角用的步进角度(相邻视角的视角差)。例如, 在总共有1000个视角的情况下, $\Delta VIEW$ 为" 0.36° "。

图24(b)所示的查阅表 $31'$ 用以通过三点内插/外推确定平面投影数据 $D1'(view, qt, pt)$ 。预先算出和设置视角范围 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (或甚至包含具有该视角作为主要部分的边界的视角范围) 内的每个视角 $view$ 、用于在坐标 (j, pt) 上通过三点内插/外推确定平面投影数据 $D1'(view, \delta, j, pt)$ 的多个通道地址 i 、用于提取 $i+1$ 和 $i+2$ 投影数据 $D0$ 的参考通道地址 i 和在 pt 方向上的三点内插/外推系数 $k1$ 、 $k2$ 和 $k3$ 。

类似于查阅表 31 和 $31'$, 在螺旋状扫描的情况下, qt 方向上的内插系数也设置在查阅表中。甚至在 qt 方向上也进行相似的内插/外推。如图25所示, 在这样的矩形地区 Ra 上重复 qt 方向的内插。在 qt 方向看去, 把中心线设置在它们之间, 矩形区域 Ra 之内的内插是对称的。顺便指出, 如图25所示, 在轴向扫描的情况下, 内插/外推是在这样一个矩形区域 Ra 之内进行的。

即使在视角范围 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (或甚至包含具有该视角作为主要部分的边界的视角范围) 的视角范围以外, 从几何相似性看, 在 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (或甚至包含具有该视角作为主要部分的边界的视角范围) 的视角范围内, 查阅表 31 和 $31'$ 可能也是适用的。

图26举例说明重构区域 P 的空间位置作为示例。本图显示一个示例, 其中当视角 $=0^\circ$ 和 $\delta=0^\circ$ 下X光管 21 的 Z 坐标定义为 Za 和视角

$=0^\circ$ 和 $\delta=360^\circ$ 下X光管21的Z坐标定义为Zb时, 重构区域P存在于 $Z_p = Z_a + (Z_b - Z_a) / 4$ 的位置。

图27显示一种状态, 其中平面投影数据D1(0, qt, pt)在X线透射的方向上投影在重构区域P上, 以便确定背面投影像素数据
5 D2(0, x, y)。如图27(a)所示, 坐标X0是从连接视角 $=0^\circ$ 的X光管21的焦点和重构区域P上的像素g(x, y)的直线与投影平面pp相交的点确定的。

如图27(b)所示, 坐标Z0-a是从连接视角 $=0^\circ$ 的X光管21的焦点和重构区域P上的像素g(x, y)的直线与投影平面pp相交的点确定的。
10 相似地, 如图27(c)和27(d)所示, 坐标Z0-b是从连接相反视角的X光管21的焦点和重构区域P上的像素g(x, y)的直线与投影平面pp相交的点确定的。

顺便指出, 当连接X光管21的焦点和视角 $=\beta a$ 下重构区域P上的像素g(x, y)的直线与X线束的中心轴Bc形成的角度定义为 γ , 而其相反视角定义为视角 $=\beta b$ 时, 以下方程式成立:
15

$$\beta b = \beta a + 180^\circ - 2\gamma$$

接着确定对应于坐标(X0, Z0-a)的平面投影数据D1(0, qt-a, pt)。还确定对应于坐标(X0, Z0-b)的平面投影数据D1(0, qt-b, pt)。
20

当从视角 $=0^\circ$ 下的X光管21的X线焦点到平面投影数据D1(0, qt-a, pt)的距离设置为r0-0a, 而从X光管21的X线焦点到像素g(x, y)的距离假定为r0-1a时, 由以下方程式确定视角 $=0^\circ$ 的背面投影像素数据D2(0, x, y)-a:

$$D2(0, x, y) - a = (r0-0a / r0-1a)^2 \cdot D1(0, qt-a, pt)$$

当从相反视角下X光管21到平面投影数据D1(0, qt-b, pt)的距离定义为r0-0b, 而从X光管21到像素g(x, y)的距离定义为r0-1b时, 相反视角的背投像素数据D2(0, x, y)-b由以下方程式确定:
25

$$D2(0, x, y) - b = (r0-0b / r0-1b)^2 \cdot D1(0, qt-b, pt)$$

接着，把背面投影像素数据 $D2(0, x, y) - a$ 和 $D2(0, x, y) - b$ 乘以取决于图27所示的角度 αa 和 αb 的锥形射线束重构加权因子 ωa 和 ωb ，然后加在一起，以此确定背面投影像素数据 $D2(0, x, y)$ 。

$$D2(0, x, y) = \omega a \cdot D2(0, x, y) - a + \omega b \cdot D2(0, x, y) - b$$

5 顺便指出，角度 αa 指在视角 $= 0^\circ$ 下通过像素 $g(x, y)$ 的X线与包含重构区域P的平面形成的角度。角度 αb 指相反视角上通过像素 $g(x, y)$ 的X线与包含重构区域P的平面形成的角度。而且，以下方程式成立：

$$\omega a + \omega b = 1$$

10 把所述数据乘以锥形射线束重构加权因子 ωa 和 ωb ，再加在一起，即可减小锥形角度失真 (archfacts)。例如，可以使用由以下方程式确定的锥形射线束重构加权因子 ωa 和 ωb 。

当把 $\max[]$ 定义为取大值的函数，而把扇形射线束角度的 $1/2$ 定义为 $\gamma_{\max}$ 时，表达如下：

$$15 \quad g_a = \max[0, \{(\pi/2 + \gamma_{\max}) - |\beta a|\}] \cdot |\tan(\alpha a)|$$

$$g_b = \max[0, \{(\pi/2 + \gamma_{\max}) - |\beta b|\}] \cdot |\tan(\alpha b)|$$

$$x_a = 2 \cdot g_a^q / (g_a^q + g_b^q)$$

$$x_b = 2 \cdot g_b^q / (g_a^q + g_b^q)$$

$$\omega a = x_a^2 (3 - 2x_a)$$

$$20 \quad \omega b = x_b^2 (3 - 2x_b)$$

(例如， $q=1$)

图28是存储在存储装置7中的背面投影查阅表32的概念示意图。利用背面投影查阅表32确定构成与重构区域P上彼此之间定义多像素间隔并与投影平面(图中为X方向)平行的多条(本图中9条)直线对应的多条直线 ($y=0, Y_e/8, 2Y_e/8, 3Y_e/8, 4Y_e/8, 5Y_e/8, 6Y_e/8, 7Y_e/8, Y_e$) 的各个像素的背面投影像素数据 $D2(\text{view}, x, y)$ 。

预先算出权重 $R(y) - a = (r0 - 0a / r0 - 1a)^2$ 、开始地址 str-x 和 str-qt 、采样间距 Δqt 和 Δpt 和采样次数 $n(y)$ ，并设置在查阅表32

中, 作为由背面投影像素数据D2的y坐标y(每一条直线的y坐标)和 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (甚至包含具有该视角作为主要部分的边界的视角范围)的视角范围中的每个视角view, 从几何相似性确定背面投影像素数据D2(view, x, y)-a的转换计算参数。

- 5 甚至在视角范围 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (或甚至包含具有该视角作为主要部分的边界的视角范围)以外也可以使用 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (或甚至包含具有该视角作为主要部分的边界的视角范围)的视角范围的查阅表32。

10 图29显示这样一种状态, 即, 其中当重构区域P是一个与xy平面平行的平面, 而投影平面是xz平面时, 确定有关与x轴平行的直线上的像素g(x, y)的投影像素数据D2(view, str-x, y)-a至D2(view, str-x+n(y), y)-a。

有关与x轴平行的直线上的像素g(x, y)的权重R(y)-a全都取值 $(r0_1a/r0_0a)^2$, 并变为公用的。这样, 有以下方程式:

15
$$D2(\text{view}, x, y) - a = R(y) - a \times D1(\text{view}, \text{str_qt} + (x - \text{str_x}) \Delta \text{qt}, \text{str_pt} + (x - \text{str_x}) \Delta \text{pt})$$

图30(a)是概念图表示有关与x轴平行的直线L0至L8的背投像素数据D2(view=0, x, y)-a。图30(b)是概念图, 表示有关与x轴平行的直线L0至L8的, 以类似方式获得的背面投影像素数据D2(view=0, x, y)-b。

20

图31(a)是概念图, 表示通过把背面投影像素数据D2(0, x, y)-a和D2(0, x, y)-b乘以锥形射线束重构加权因子 ωa 和 ωb 并将其相加而确定的背面投影像素数据D2(0, x, y)。图31(b)是概念图, 表示在直线L0至L8中间进行内插而确定的背面投影像素数据D2(0, x, y)。

25 图32显示这样一种状态, 即, 其中把图31(b)所示的对应于所有视角的像素的背面投影像素数据D2(view, x, y)加在一起, 以获得背面投影数据D3(x, y)。就是说,

$$D3(x, y) = \text{view} \sum D2(\text{view}, x, y)$$

按照执行这样的操作的X线CT设备100, 从投影数据D0确定平面投影的数据D1, 并在X线透射方向上把平面投影数据D1投影在重构区域上, 以便确定背面投影像素数据D2。因此, 有可能利用适当对应于发射至重构区域的X线束的投影数据进行重构。这样, 即可获得质量优异的图像。整个看来, 处理得以简化和加速。

而且, 当背面投影像素数据D2由平面投影数据D1确定时, 只确定构成直线L0至L8的各个像素的背面投影像素数据D2。因此, 与由平面投影数据D1确定构成重构区域P的所有像素上的背面投影像素数据D2相比, 处理时间间隔可以缩短。

现将说明用于实施本发明的最佳方式的另一个示例。如图33和34所示, 投影平面pp上与重构区域P上的直线L0至L8对应的直线假定为L0'至L8'。

如图35所示, 根据图19所示的平面投影数据D1' (view, δ , j, pt) 通过内插/外推处理只确定直线L0'至L8'上的平面投影数据D1 (view, Lm', pt)。也就是说, 在图16的在步骤R1, 由投影数据D0 (view, δ , j, i) 确定平面投影数据D1 (view, Lm', pt)。

接着, 利用图36所示的背面投影查阅表32' 确定背面投影像素数据D1 (view, Lm', pt)。也就是说, 在图16的在步骤R2, 从数据D1 (view, Lm', pt) 获得背面投影像素数据D2 (view, x, y)。

预先算出内插系数 k_m 和 k_{m+1} 、权重 $S(y) = \omega_a \times R(y) - a$ 、开始地址str-x、采样间距 Δpt 和采样次数 $n(y)$, 并将其设置在查阅表32' 中, 作为从背面投影像素数据D2的y坐标y (构成重构区域P所有直线的y坐标)、2条直线的平面投影数据D1 (view, Lm', pt) 和D1 (view, Lm+1', pt)、视角范围 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (甚至包含以该视角作为主要部分的球体的表面的视角范围) 内的每一个视角view, 确定背面投影像素数据D2 (view, x, y) 的转换计算参数。

即使在视角范围 $-45^\circ \leq \text{视角} < 45^\circ$ (或甚至包含具有该视角作为主要部分的边界的视角范围) 以外, 从几何相似性看, 视角范围

-45° ≤ 视角 < 45° (或甚至包含具有该视角作为主要部分的边界的视角范围)的查阅表32也可以使用。

如图37所示,背面投影像素数据D2(view, x, y=0)可以通过每隔 Δpt 对平面投影数据D1(view, L0', pt)进行采样来确定。如图38所示,背面投影像素数据D2(view, x, y=0.6Ye/8)可以通过对平面投影数据D1(view, L0', pt)和 D1(view, Li', pt)进行内插处理来确定。

$$D2(\text{view}, x, y) = S(y) \times \{km \times D1(\text{view}, Lm', (x - \text{str}_x) \Delta pt) + km+1 \times D1(\text{view}, Lm+1', (x - \text{str}_x) \Delta pt)\}$$

按照所述示例,因为只确定直线L0'至L8'上的平面投影数据D1(view, Lm', pt),与确定大量的平面投影数据D1(view, qt, pt)的情况相比,处理时间间隔可以缩短。

现将说明实施本发明的最佳方式的另一个示例。图39是流程图,表示X线CT设备100操作的简要流程。在步骤S11,在X光管21和多排检测器24围绕待成像的对象倾斜旋转并且托板12作线性移动的同时,收集对应于由视角view、相对角度差 δ 、检测器序列号j和通道号i表达的扇形数据的投影数据D0f(view, δ , j, i)。

在步骤S12,对与所述扇形数据对应的投影数据D0f(view, δ , j, i)进行预处理(偏移量修正、对数修正、X线剂量修正和灵敏度修正)。在步骤S13,对预处理后对应于所述扇形数据的投影数据D0f(view, δ , j, i)进行扇形-平行转换处理,以便确定对应于平行数据的投影数据D0p(view, δ , j, i)。现将参照图40描述本扇形-平行转换处理。

在步骤S14,进行倾斜修正处理。在步骤S15,对有关平行数据的倾斜处理后的投影数据D0p(view, δ , j, i)进行滤波处理。也就是说,对投影数据进行富里叶变换,其中的每一个接着乘以滤波器(重构函数)以执行其富里叶逆变换。

在步骤S16,对经过滤波处理的投影数据D0p(view, δ , j, i)进行三维背面投影处理,以便确定背面投影数据D3(x, y)。随后还将参照图45说明三维背面投影处理。在步骤S17,对背面投影数据D3(x, y)

进行后处理, 以获得CT图像。

图40是扇形-平行转换处理(S13)的细节流程图。在步骤F1, 从对应于扇形数据的投影数据 $D0f(\text{view}, \delta, i, j)$ 建立对应于平行数据的投影数据 $D0p(\text{view}, \delta, j, i)$ 。也就是说, 用如图41(a)所示的 sinograms 表达对应于扇形数据的投影数据 $D0f(\text{view}, \delta, i, j)$ 。通过拾取正如 sinograms 上虚线所表明的倾斜数据, 可以如图41(b)所示建立对应于平行数据的投影数据 $D0P(\text{view}, \delta, j, i)$ 。

正如所图42(a)中虚线表明的, 入射对应于与平行数据的投影数据 $D0p(\text{view}, \delta, j, i)$ 的各个通道的X线的透射路径平行于通道方向, 并且在间隔上邻近末端的通道变得比中心通道窄。正如图42(b)中虚线所表明的, 相对于检测器序列方向, X线透射路径变为辐射状。

回头来参照图40, 当螺旋间距小, 亦即, 相反视角的数据之间有关Z方向的矛盾(contradiction)小时, 结合利用相反视角, 使对应于平行数据的投影数据 $D0p(\text{view}, \delta, i, j)$ 密度加倍。顺便指出, 相反视角的X线透射路径在通道方向上移动, 使得如图43所示彼此不重叠, 并保持交错状态。

若在对应于平行数据的投影数据 $D0p(\text{view}, \delta, j, i)$ 中视角view相差 180° , 则这会带来相反的视角。因此, 投影数据变得容易处理(例如, 容易在其上加上相反视角的视角权重)。反之, 在对应于平行数据的投影数据 $D0f(\text{view}, \delta, j, i)$ 的情况下, 它们不能带来相反视角, 扇形中心除外。因此, 它们的处理变得复杂。

在步骤F3, 如图44所示, 按照内插处理排列对应于平行数据的投影数据 $D0p(\text{view}, \delta, i, j)$, 以便使通道间隔相等。图44(a)表示其中使相反视角组合成双倍密度。图44(b)表示其中跳过步骤F2。

图45是三维背面投影处理(S16)的细节流程图。在步骤R11, 如图46所示, 用与上述示例描述的相同的方法, 从投影数据 $D0p(\text{view}, \delta, j, i)$ 确定平面投影数据 $D1(\text{view}, qt, pt)$ 或数据 $D1(\text{view}, Lm', pt)$ 。回头来参照图45, 在步骤R12, 用与在上述示例中

描述相同的方法，从平面投影在所述投影平面的上数据 $D1(\text{view}, qt, pt)$ 或数据 $D1(\text{view}, Lm', pt)$ 确定背面投影像素数据 $D2(\text{view}, x, y)$ ，如图47所示。

5 在步骤R13，用类似于上述示例描述的方式，把对应于 360° 的视角添加到与像素关联的背面投影像素数据 $D2(\text{view}, x, y)$ 上，或把对应于" $180^\circ + \text{扇角}$ "的视角添加于其上，以获得背面投影数据 $D3(x, y)$ 。

在上述各个示例中，可以进行以下的选择。

10 (1)虽然上述示例已经说明了其中"直线数"/"在与所述直线正交的方向上重构区域P中像素数量"设置为 $=9/512 \approx 1/57$ ，但直线数可以设置为8到256。

(2)虽然上述示例是在配置512个像素作为重构区域P的假定下进行描述的，但本发明也适用于1024个像素的配置和具有其他数目的像素的配置。

15 (3)虽然上述示例是在假定进行初等内插/外推处理的情况下描述的，但也可以采取0-阶内插/外推处理(最接近数据的复制)或二阶或更高阶内插/外推处理(例如，Hanning内插或三次内插)。

20 (4)虽然上述示例考虑利用相反视角的两个数据 $D2$ 进行内插，但是，若有效的切片可以变厚，那么也可以采取利用同一视角两个数据 $D2$ 进行螺旋状内插。

(5)虽然在上述示例中假定X线束的中心轴 Bc 与 y 轴平行的视角是视角 $=0^\circ$ ，但是，可以设置任意角度作为视角 $=0^\circ$ 。

(6)虽然已经假定医学X线CT设备用于上述示例，但是本发明也适用于工业X线CT设备。

25 在不脱离本发明的精神和范围的情况下，可以配置出许多远不同的本发明的实施例。应该明白，本发明不局限于本说明书所描述的具体的实施例，后附的权利要求书所定义者除外。

图 1

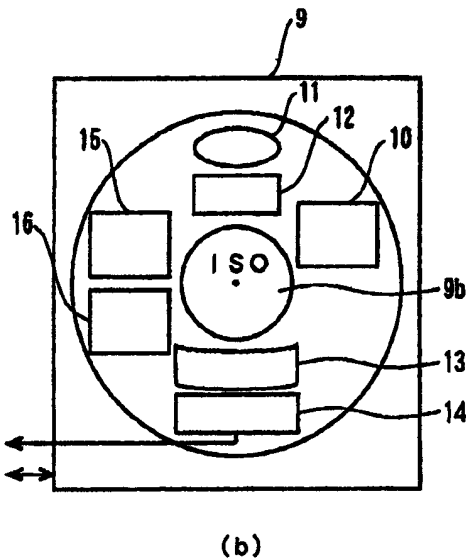
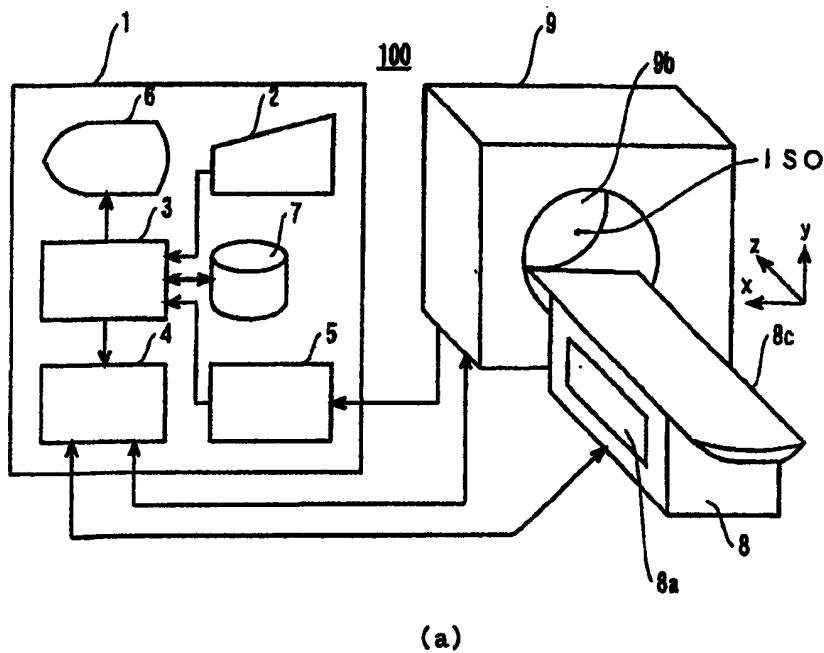


图 2

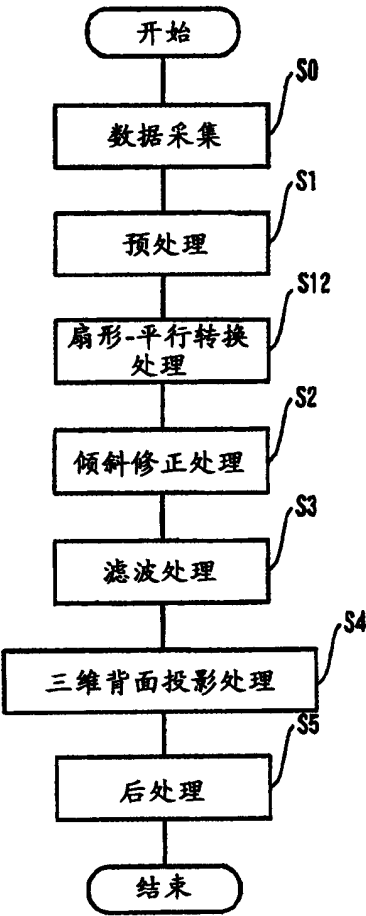


图 3

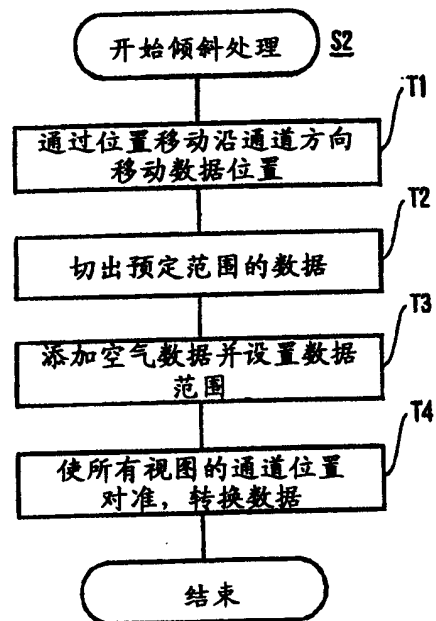


图 4

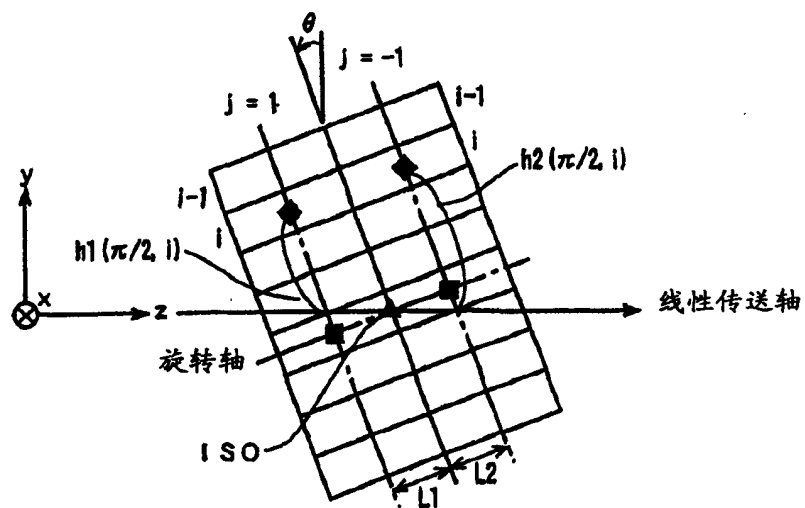
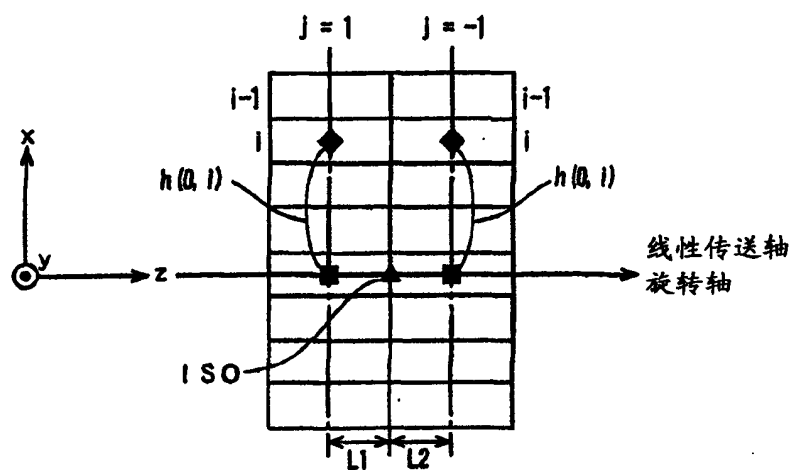


图 5

图 9

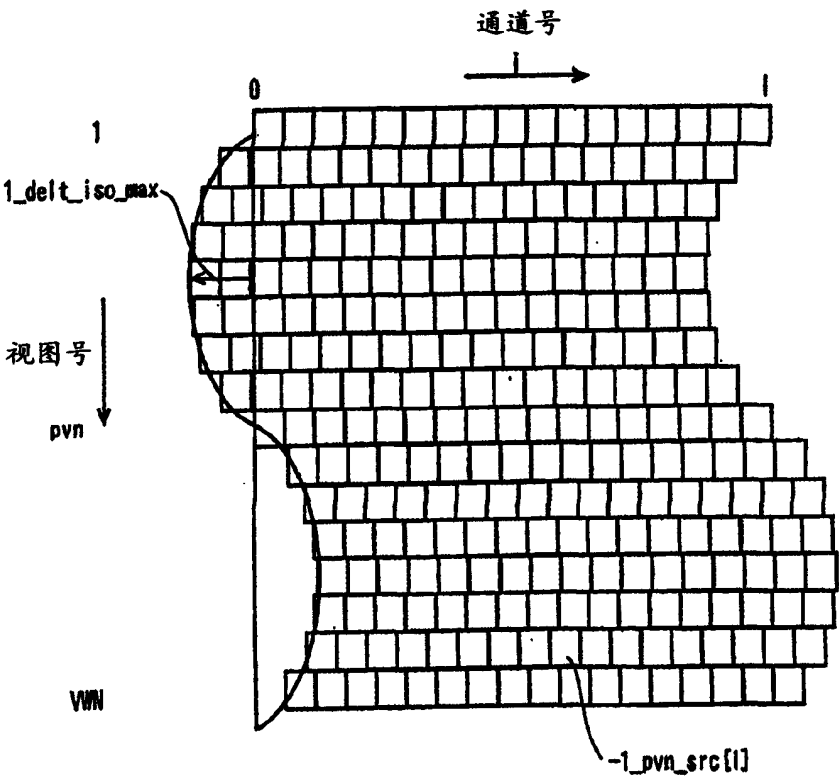


图 10

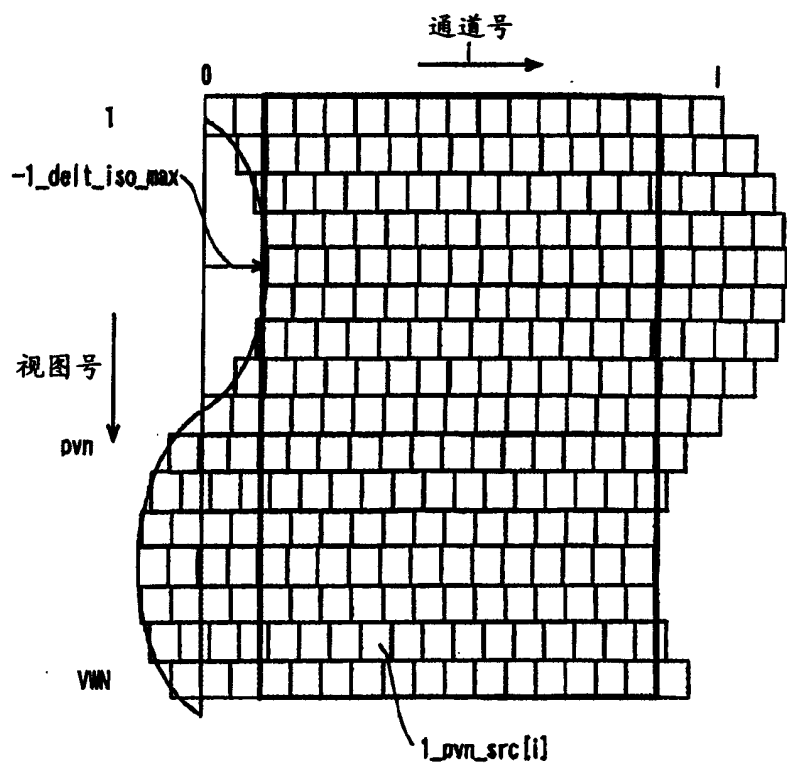


图 11

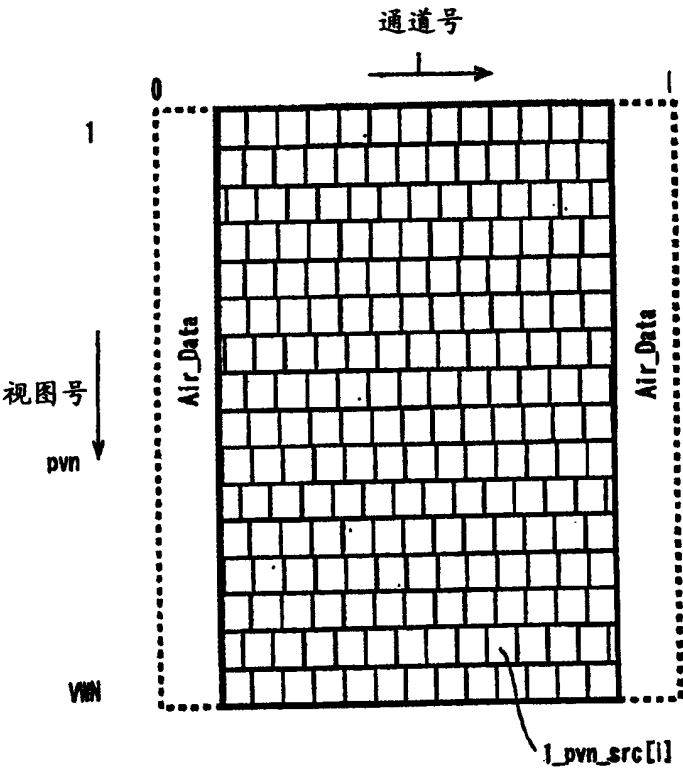


图 12

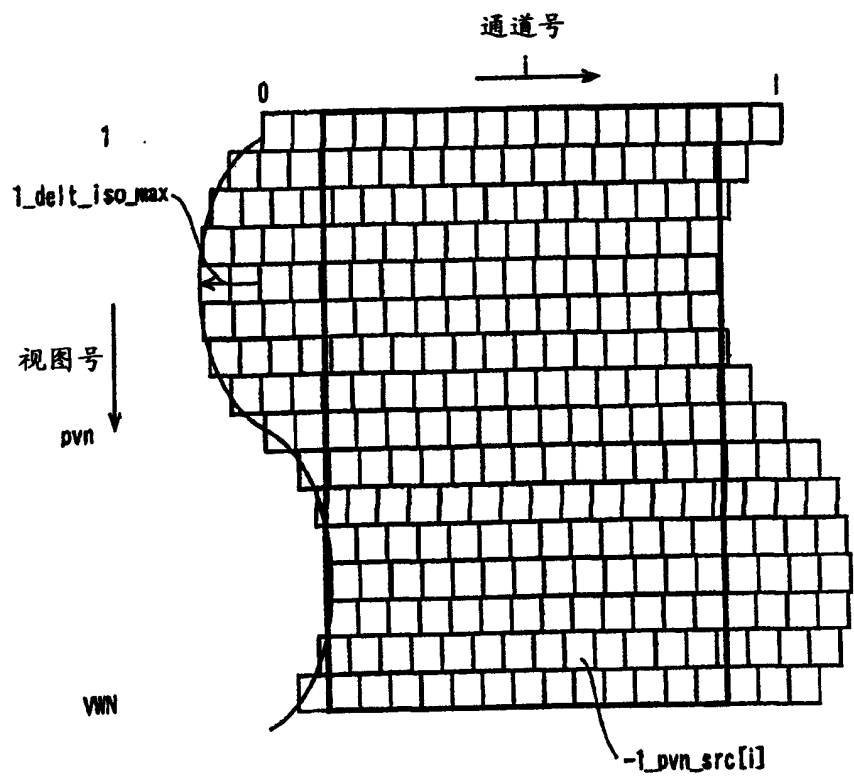


图 13

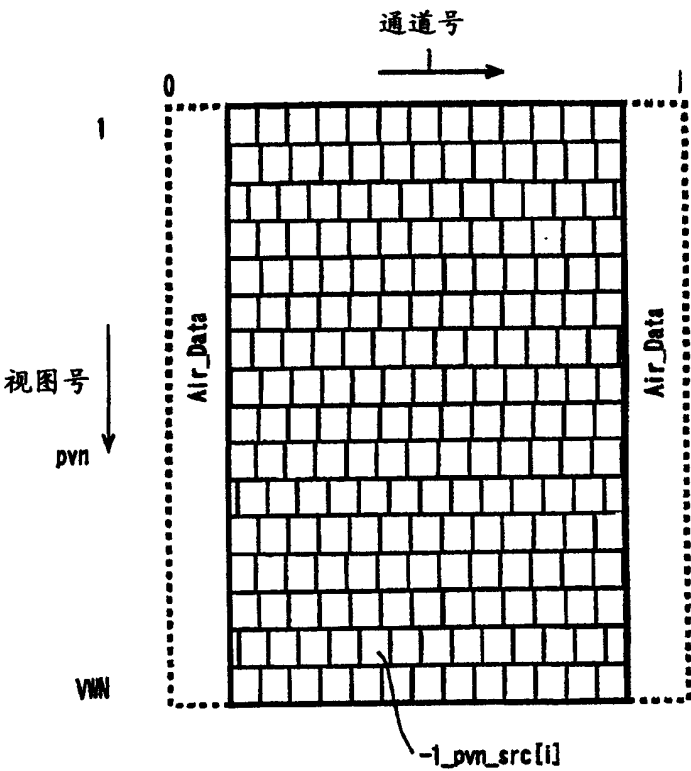


图 14

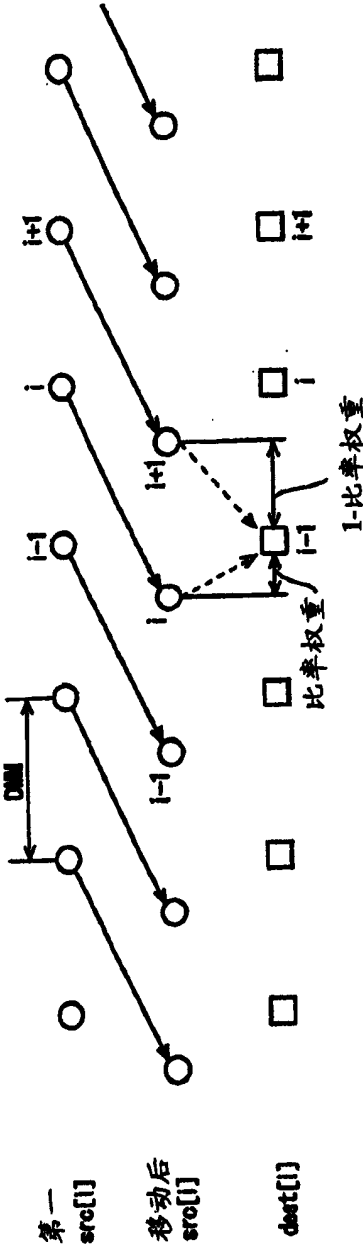


图 15

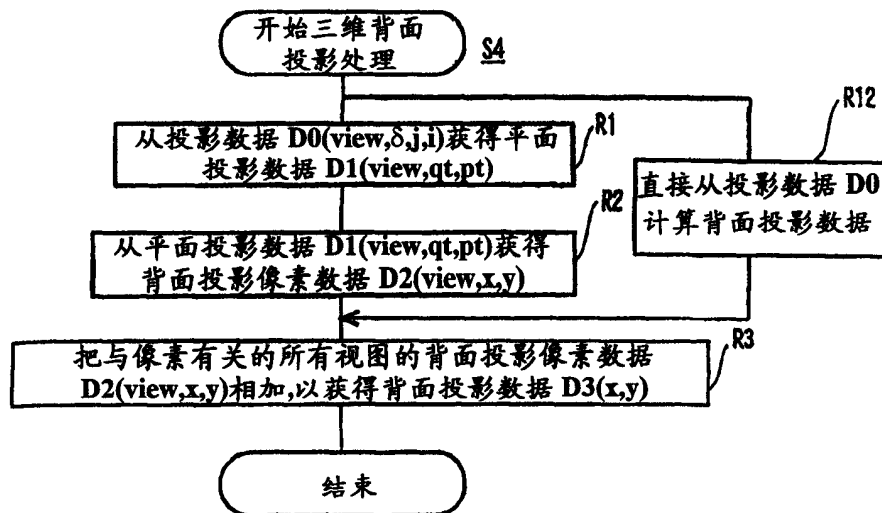
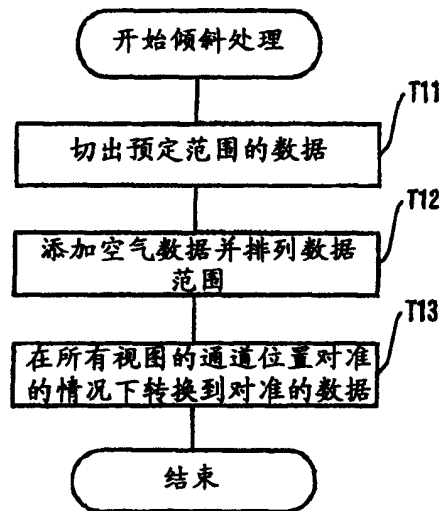


图 16

图 17

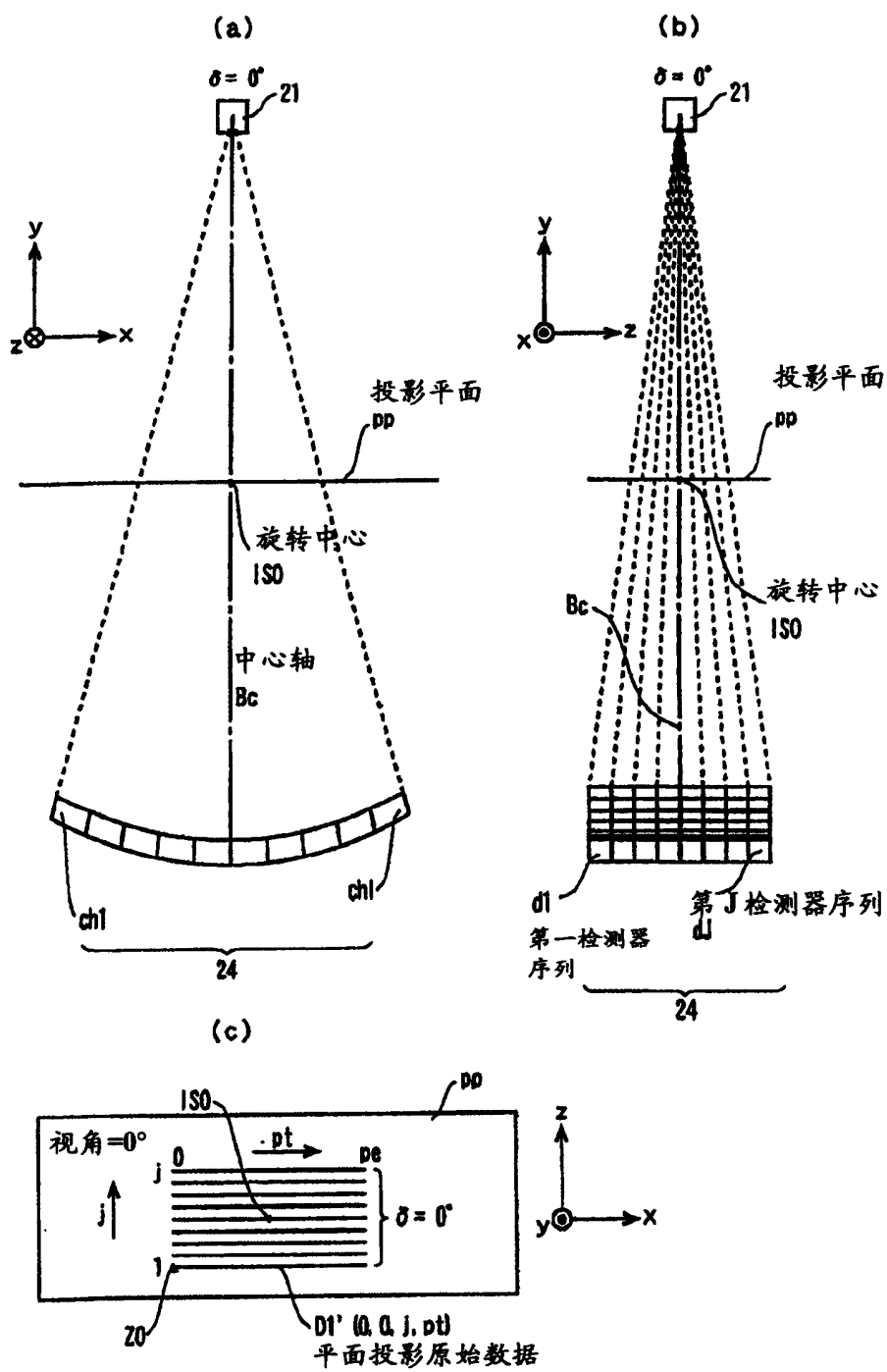


图 18

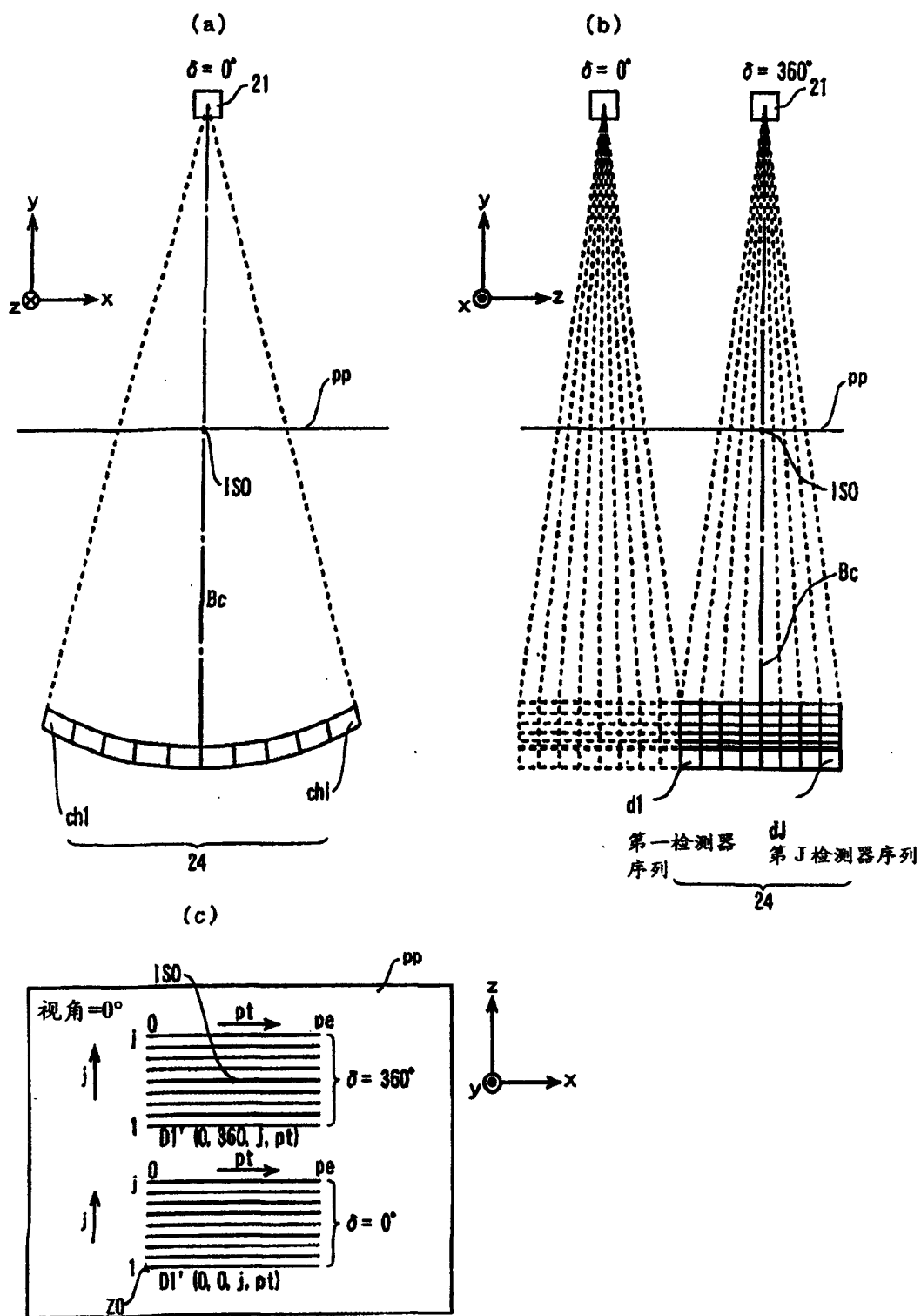


图 19

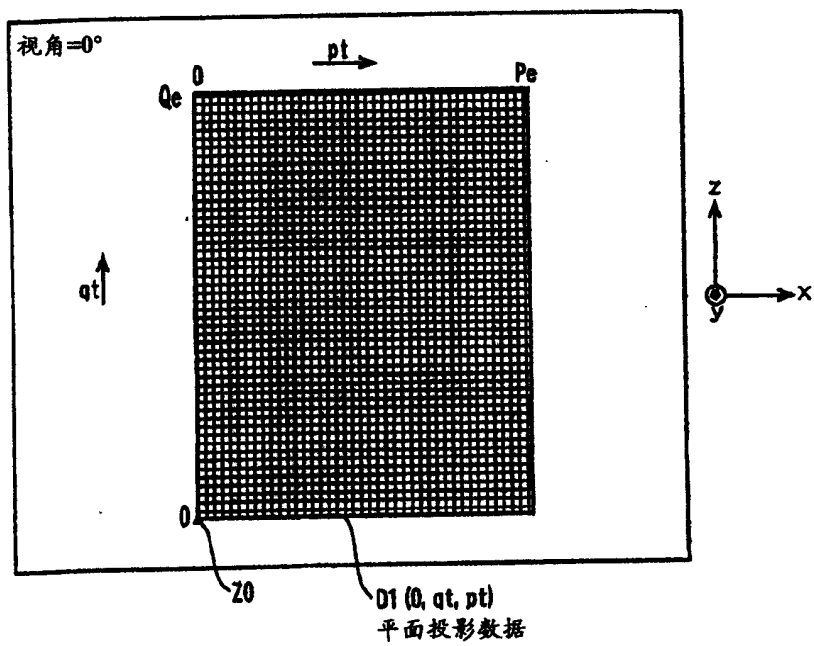
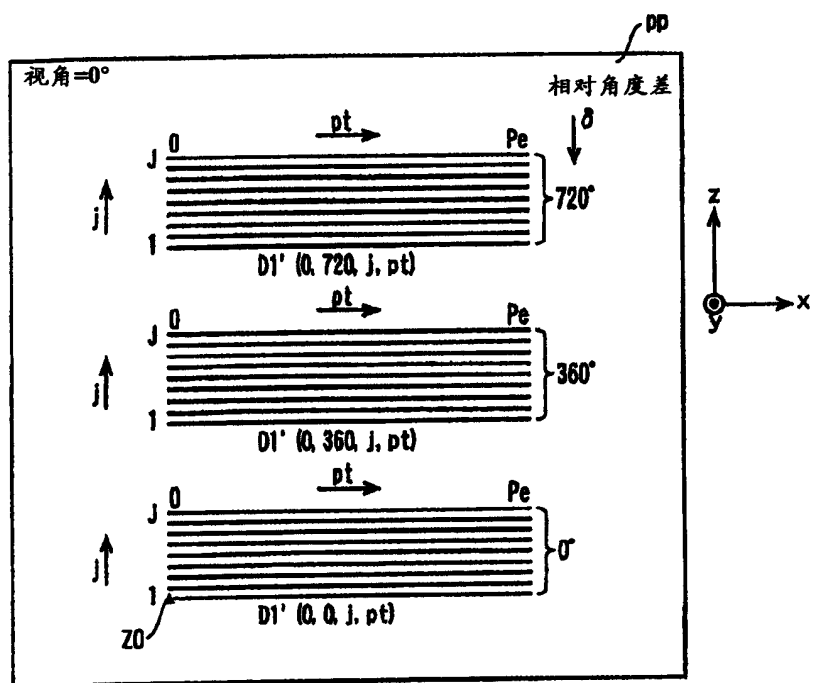


图 20

图 21

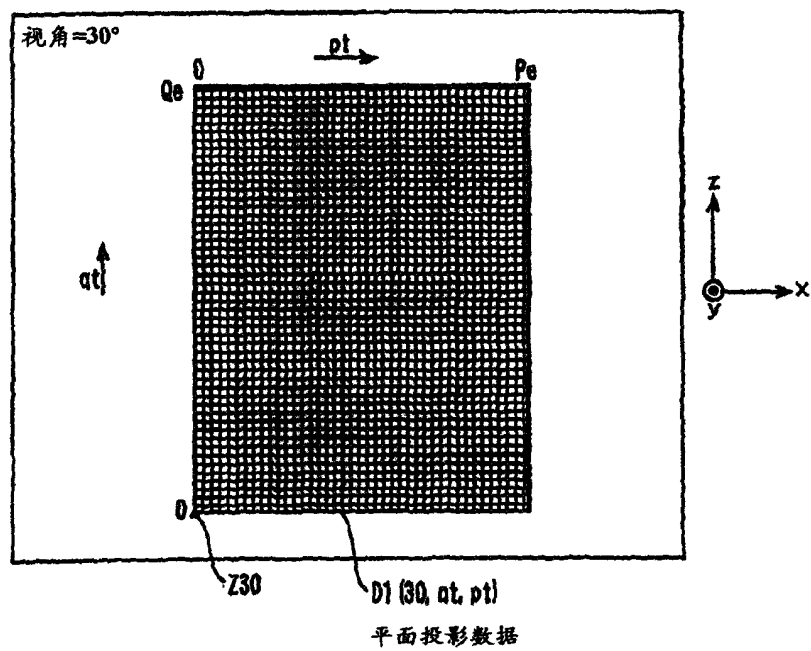
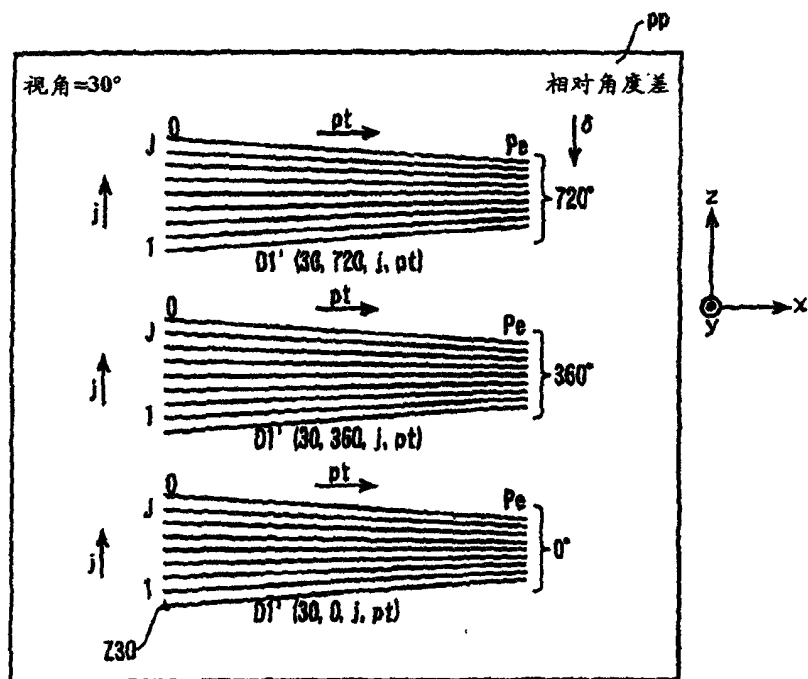


图 22

图 23

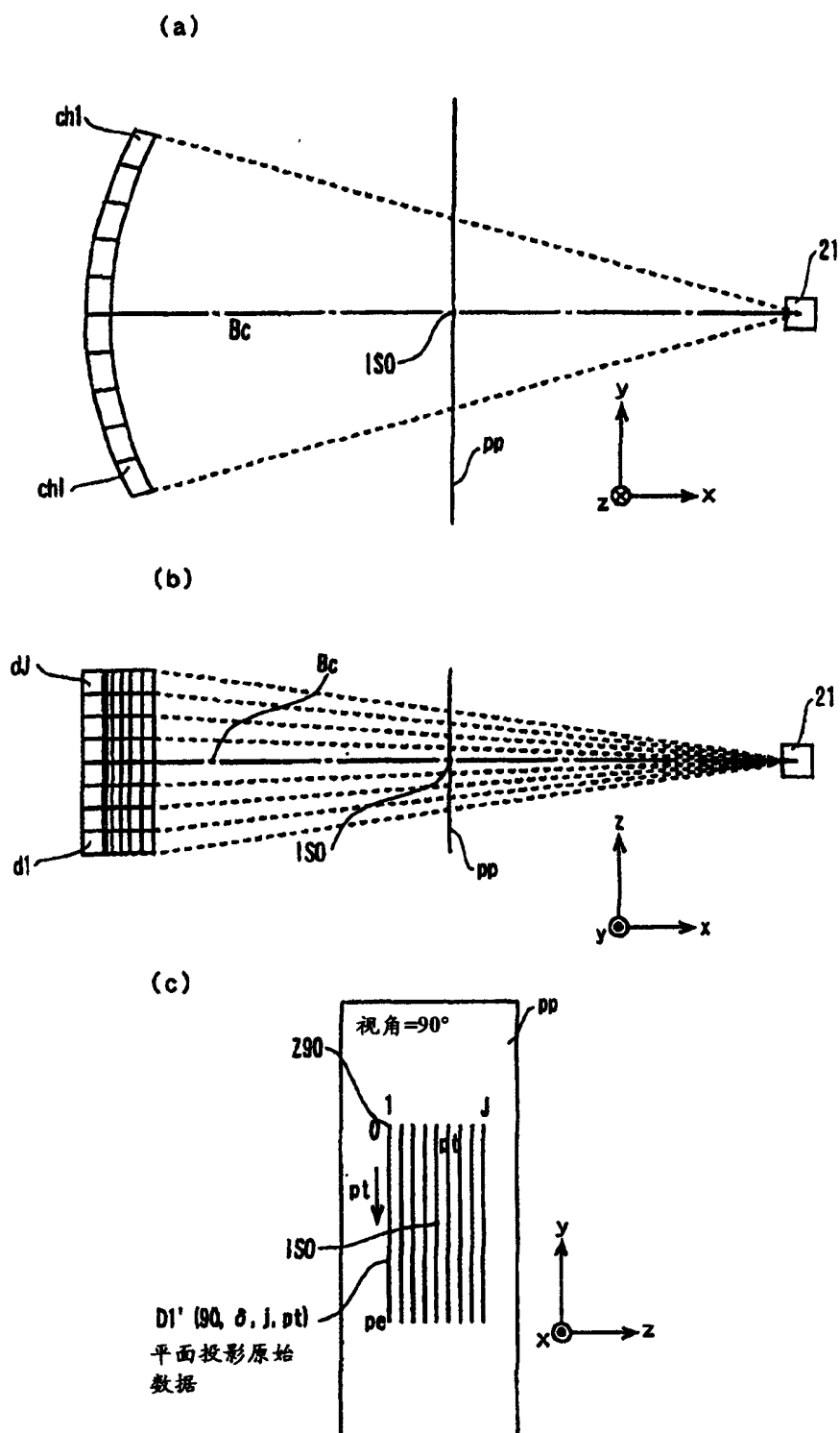


图 24

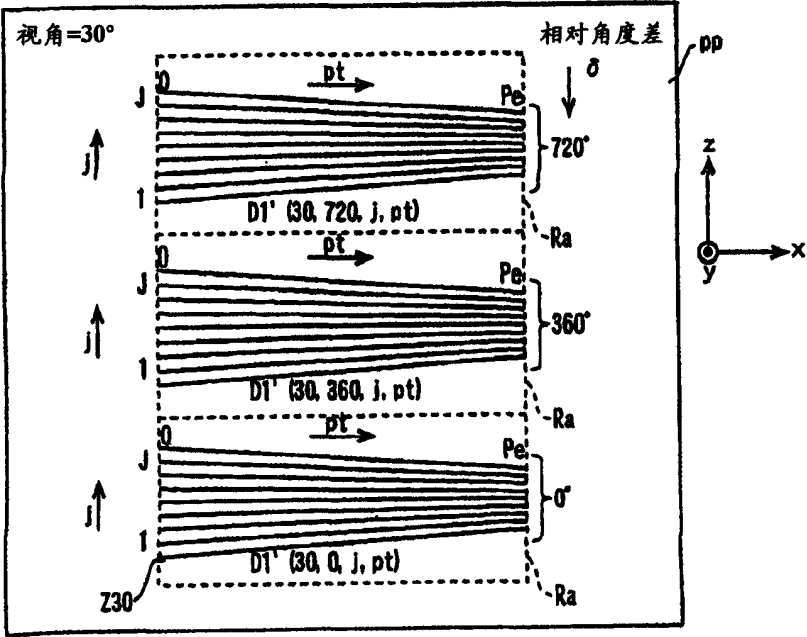
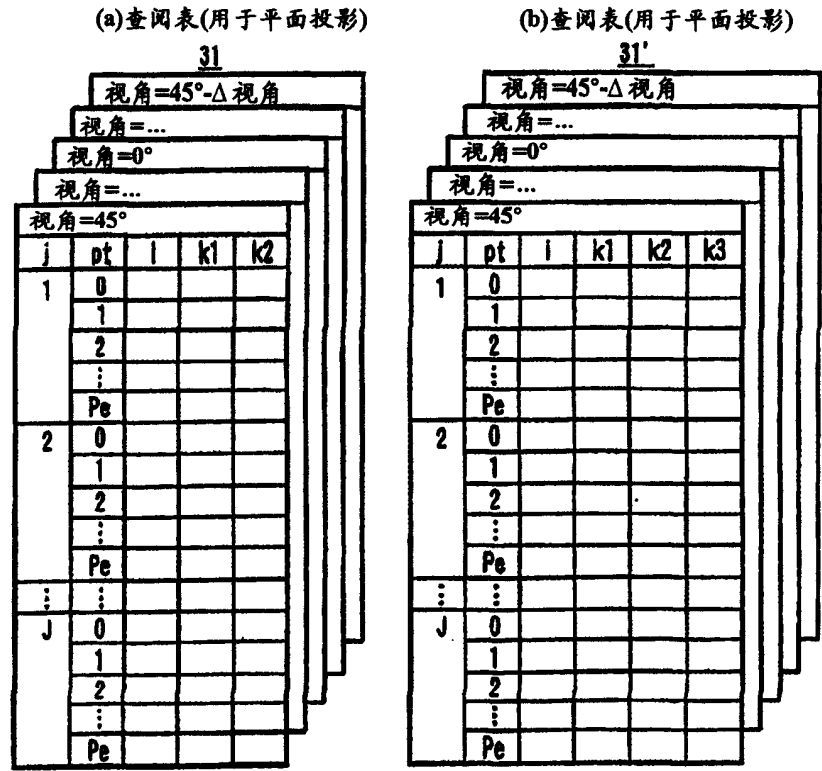


图 25

图 28

查阅表(用于背面投影)

32

视角=45°-Δ视角						
视角=						
视角=0°						
视角=						
视角=- 45°						
y	R(y)_a	str_x	str_at	Δat	Δpt	n(y)
0						
Ye/8						
2Ye/8						
3Ye/8						
4Ye/8						
5Ye/8						
6Ye/8						
7Ye/8						
Ye						

图 30

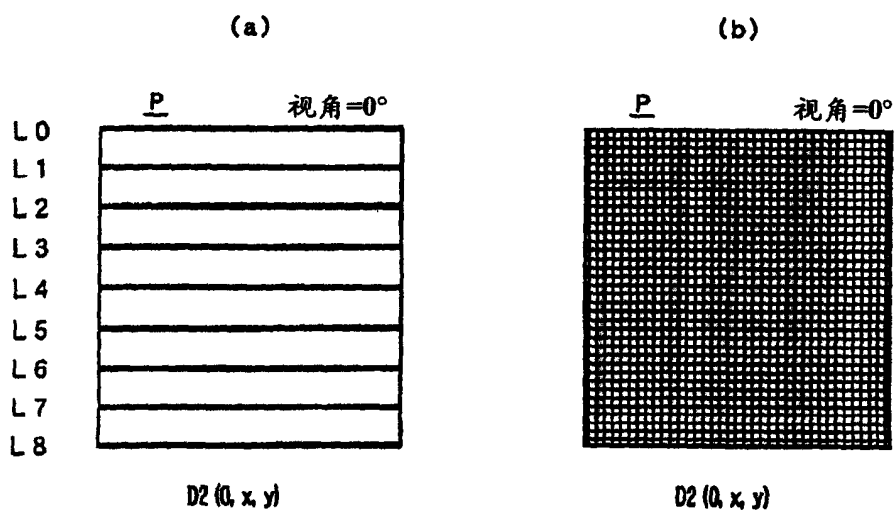
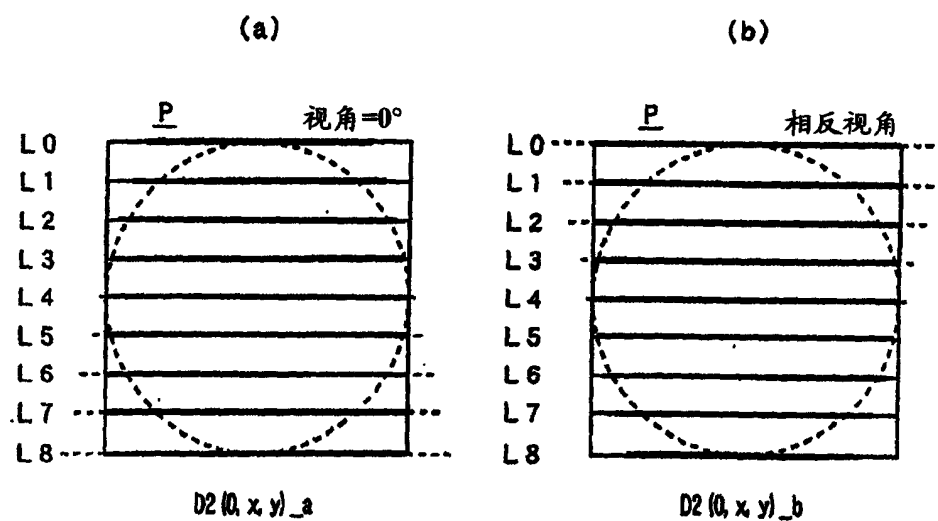


图 31

图 32

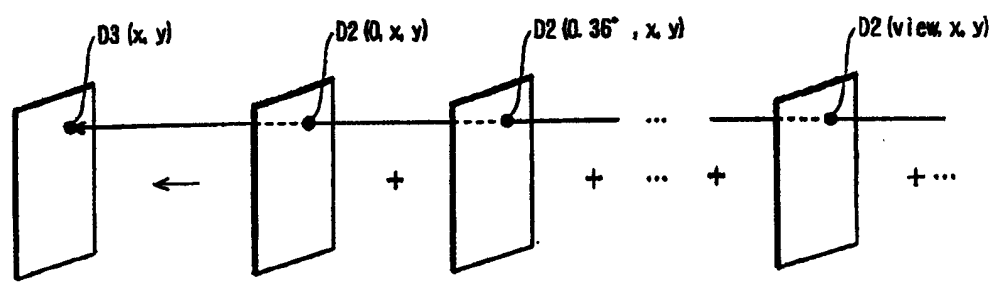


图 33

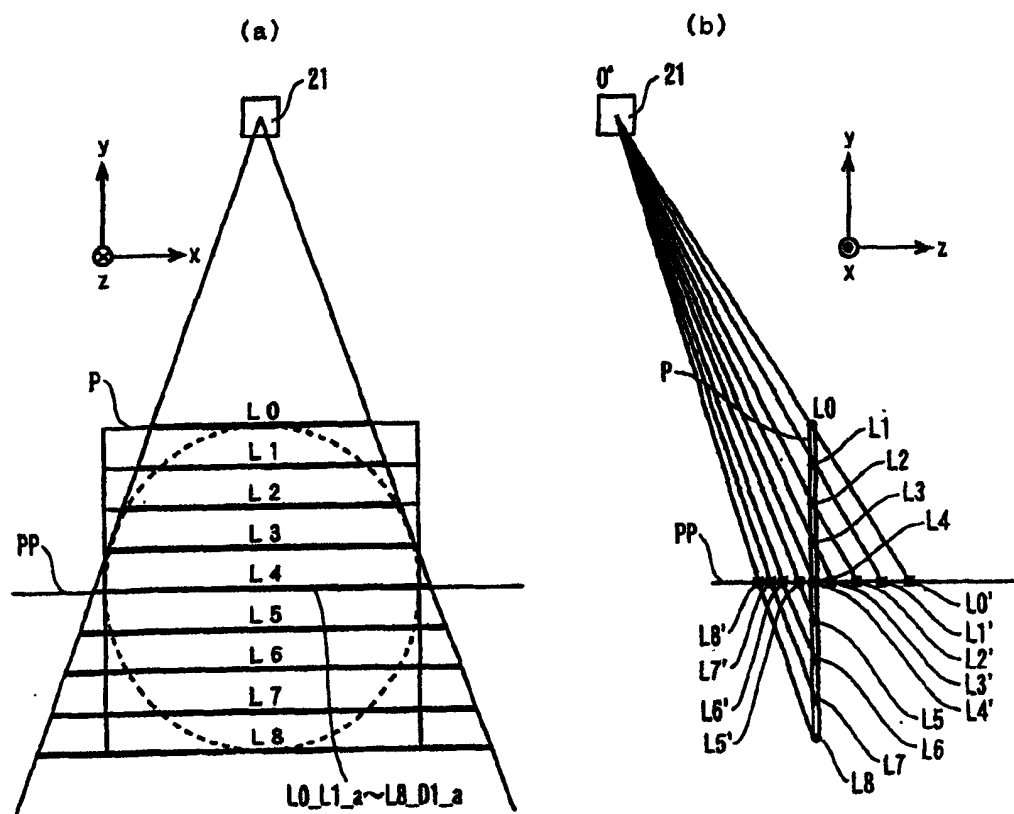


图 34

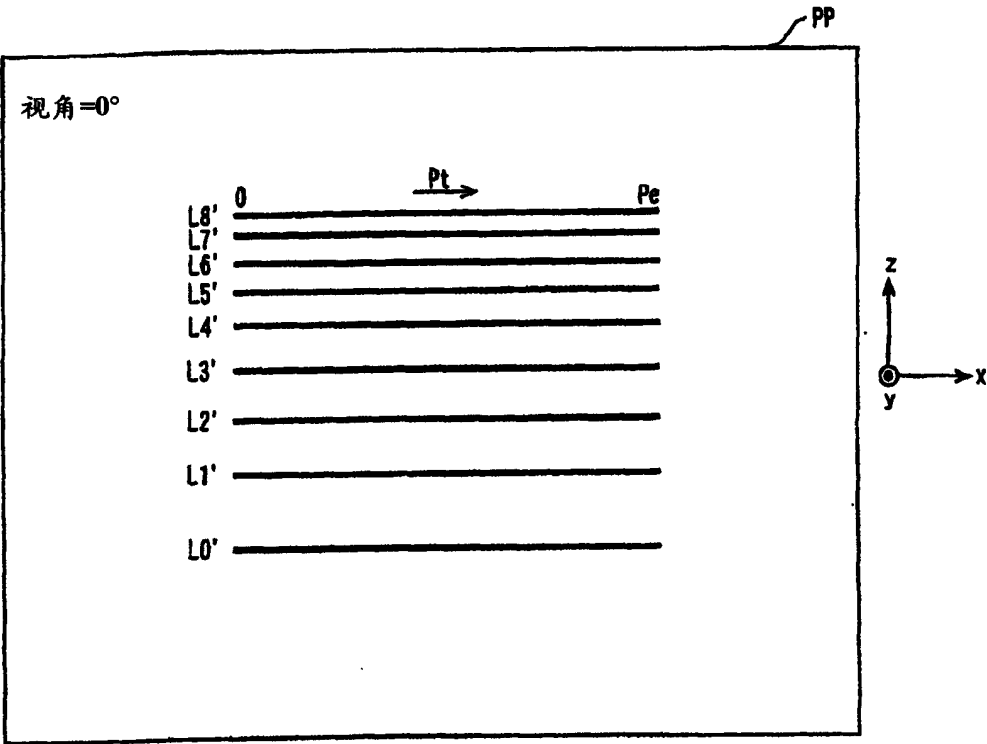


图 35

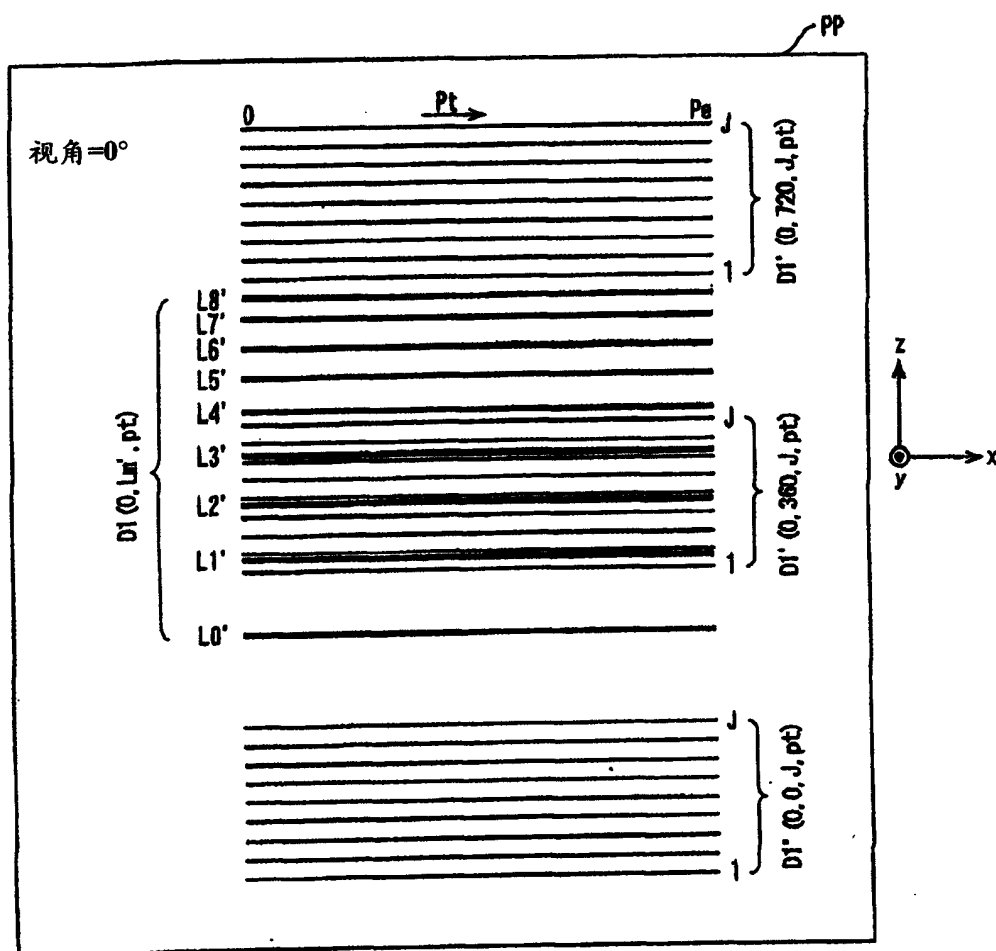


图 36

查阅表(背面投影用)

32'

视角=45°-△视角

视角=

视角=0°

视角=

视角=- 45°

y	km	km+1	S(y)	str_x	Δpt	n(y)
0	1	0				
0.6Ye/8	0.4	0.6				
Ye/8	1	0				
Ye						

图 37

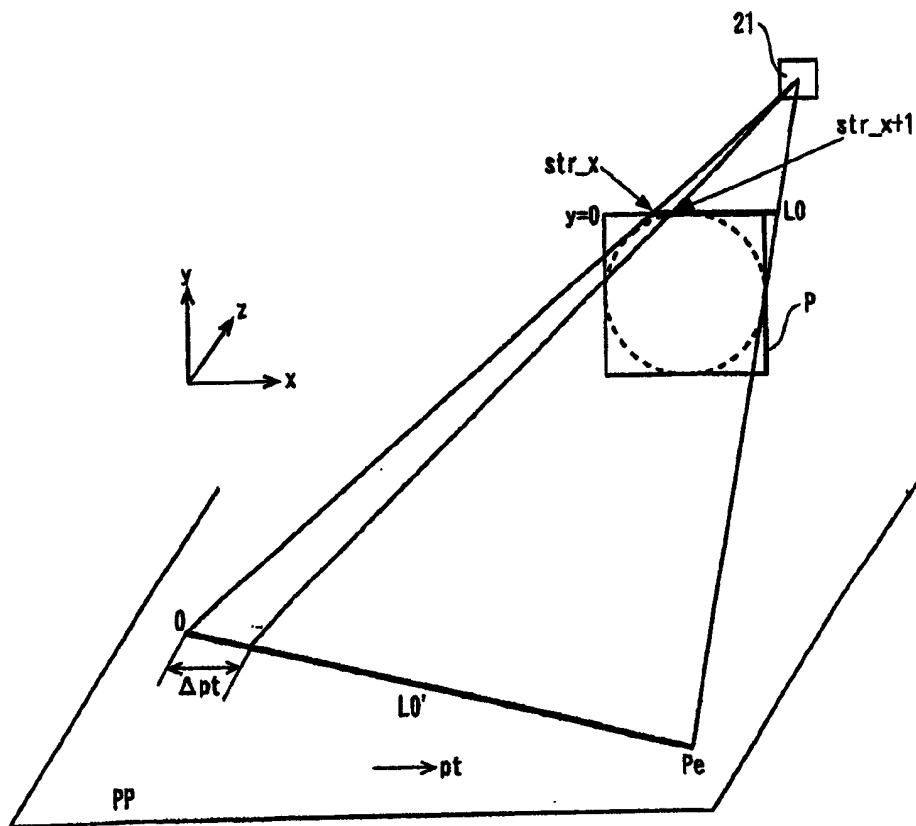


图 38

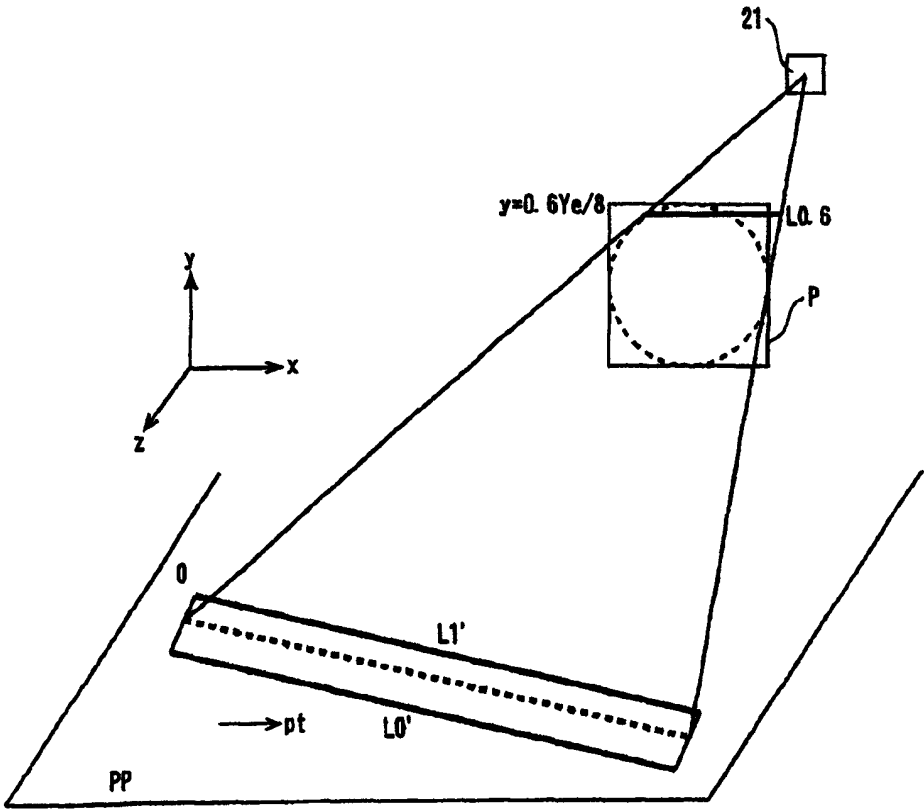


图 39

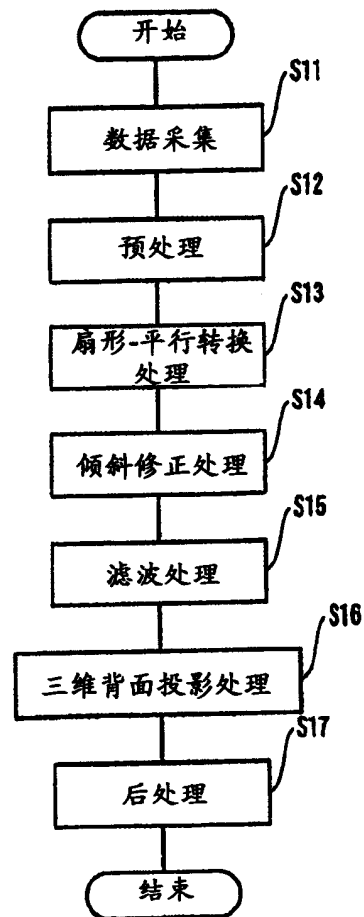


图 40

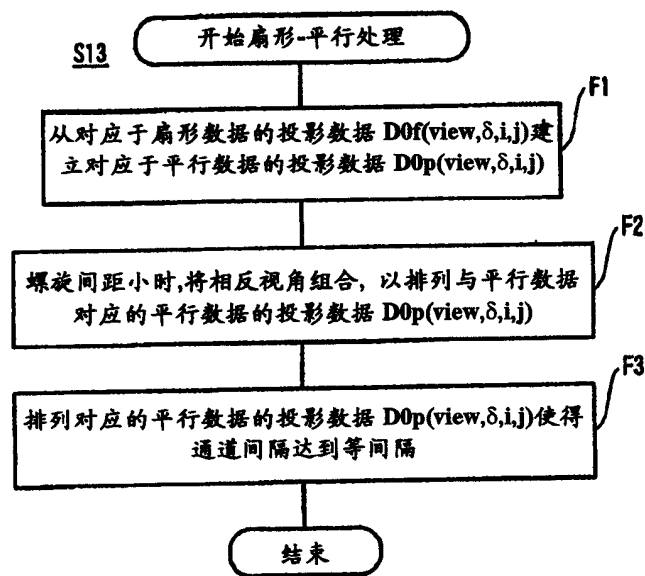


图 41

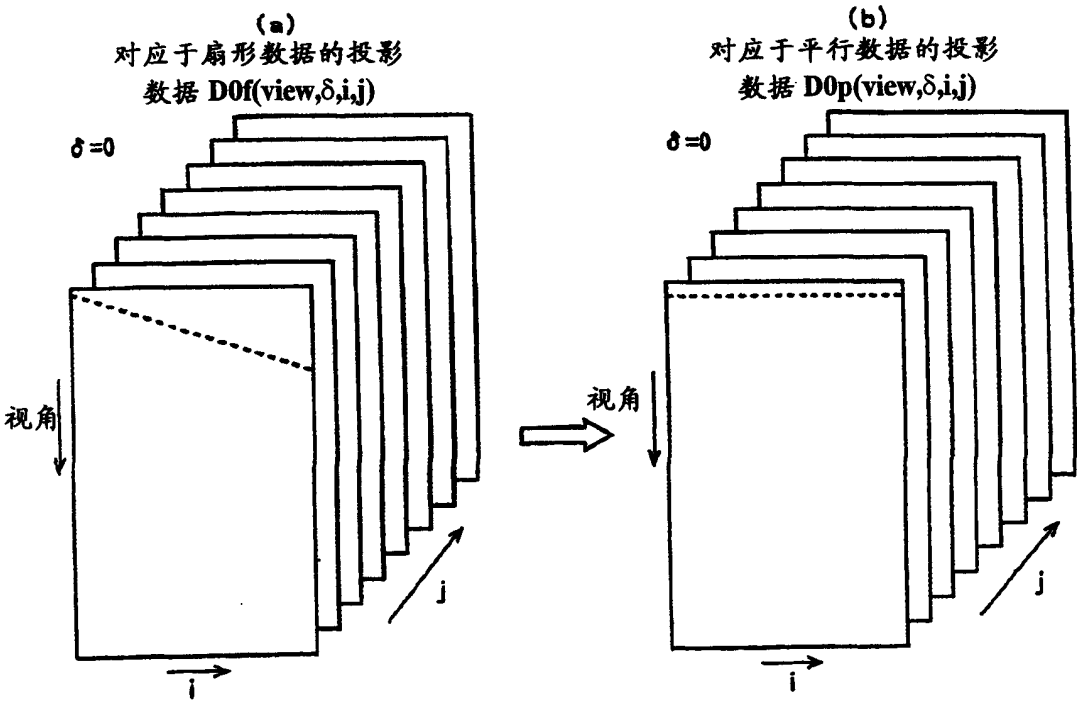


图 42

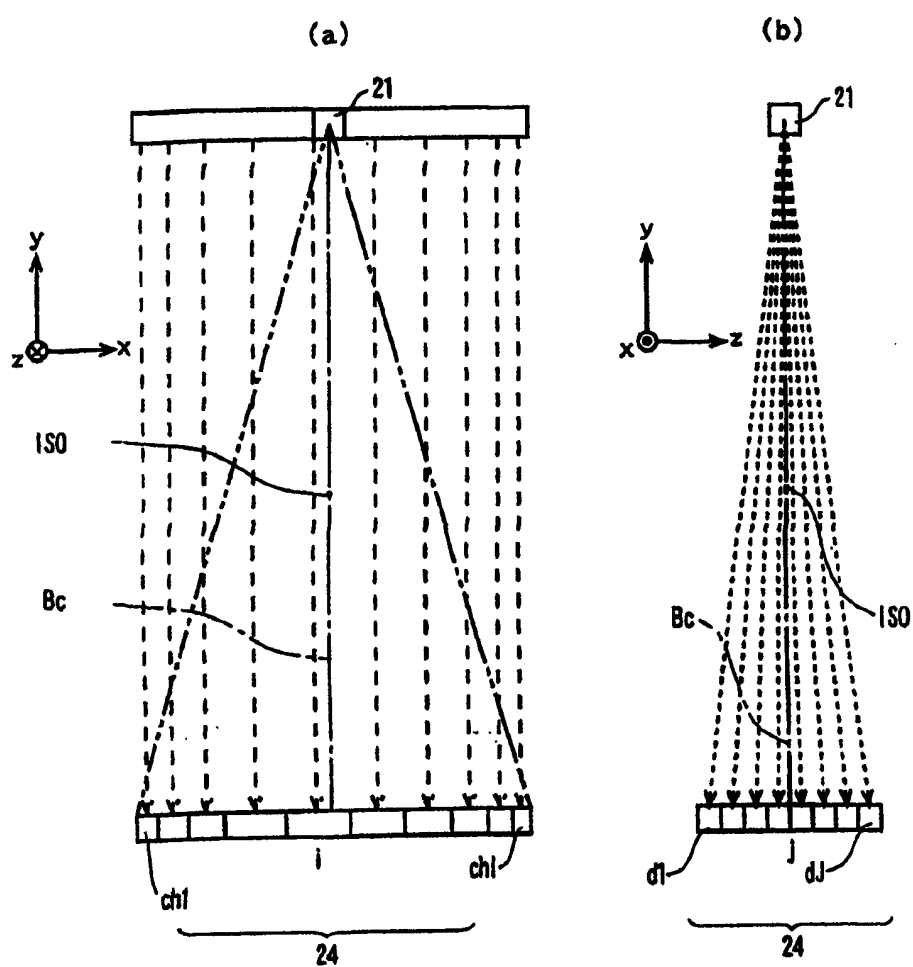


图 43

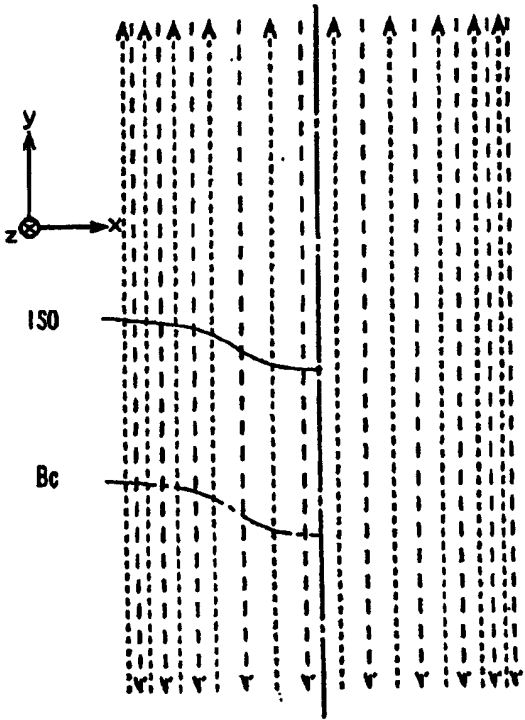


图 44

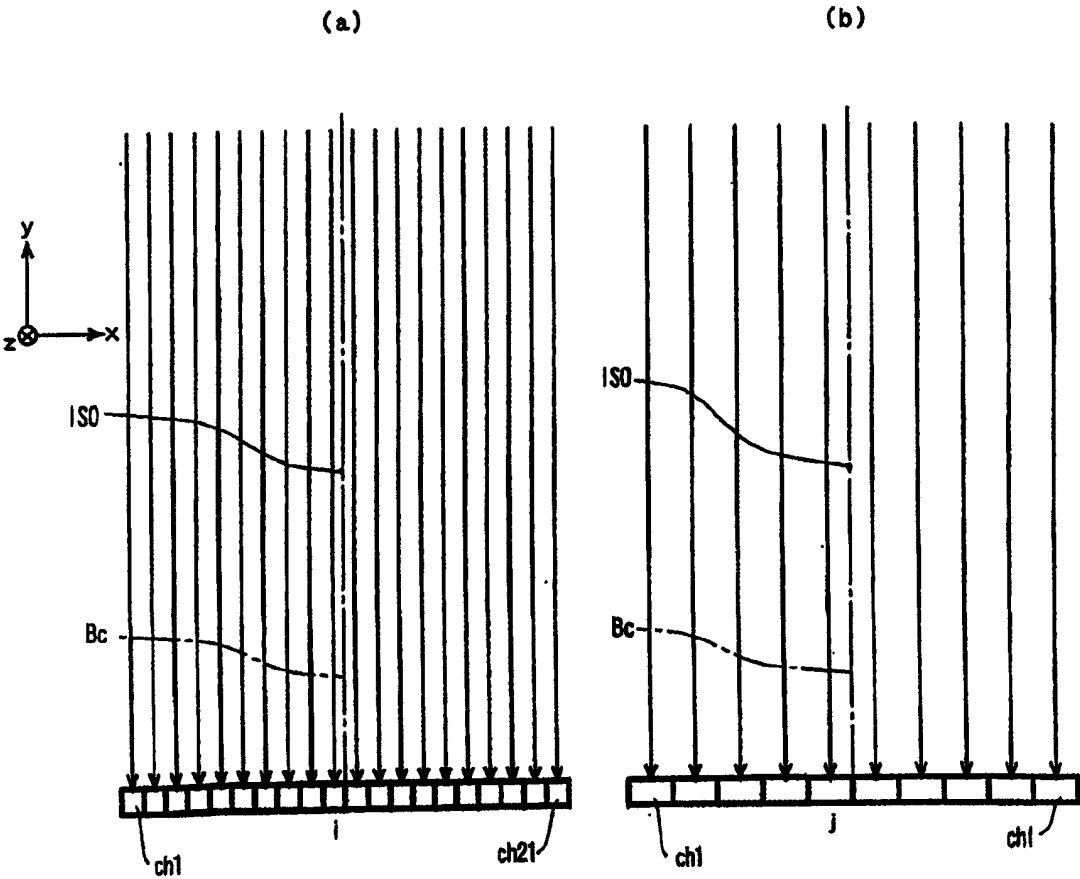


图 45

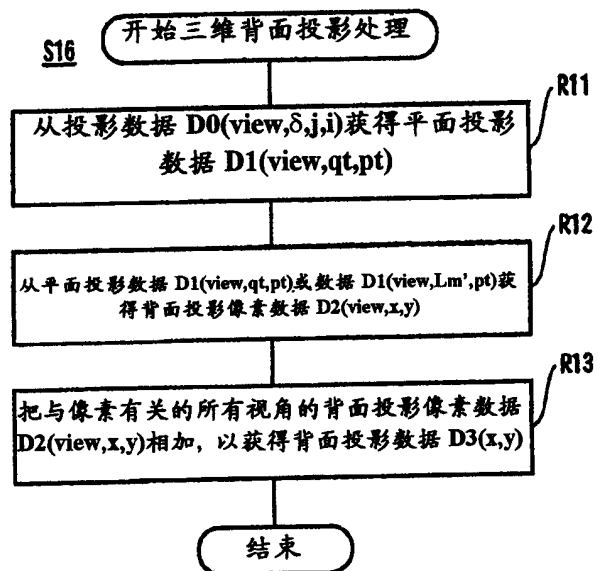


图 46

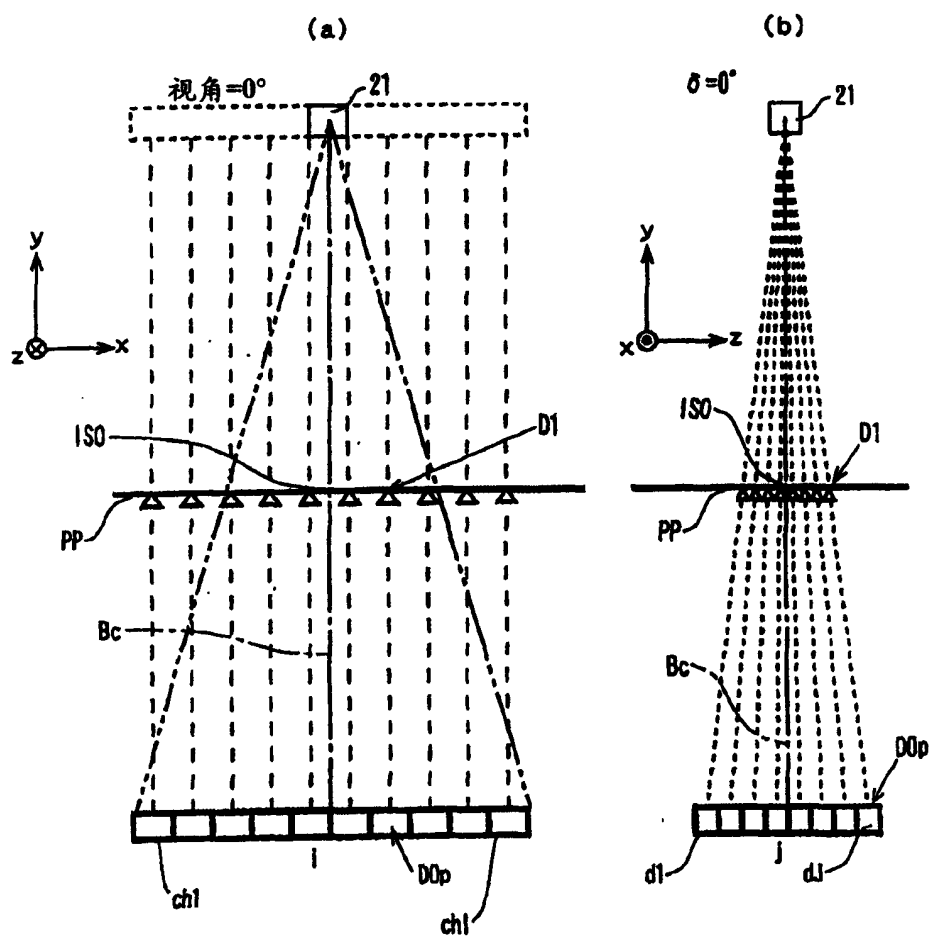


图 47

