[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[7]
G01N 23/02
A61B 6/03

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 99119665.1

[43]公开日 2000年5月3日

[11]公开号 CN 1251900A

[22]申请日 1999.9.23 [21]申请号 99119665.1
[30]优先权
[32]1998.9.23 [33]US [31]09/159,067
[71]申请人 模拟技术有限公司
地址 美国马萨诸塞州
[72]发明人 贝尔纳特·M·戈登

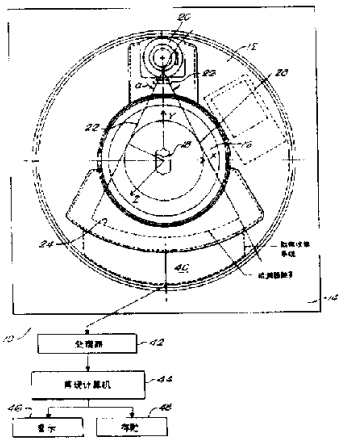
[74]专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 韩 宏

权利要求书8页 说明书20页 附图页数6页

[54]发明名称 具有空间编码检测器阵列装置的CT扫描仪及空间编码方法

[57]摘要

一种具有空间编码的检测器排列的CT扫描仪及对检测器进行空间编码的方法，该扫描仪包括：可以沿Z轴旋转的X射线源；及多个检测器元件，该检测器元件被布置成多个列并且相对于源和另外的列放置，当源沿Z轴旋转时，其响应由源投射到相应选择的检测器元件上的X射线，产生代表不同厚度的CT切片的数据值；各列中至少有一些检测器元件的长度在Z轴方向根据预定的代表按相同增量值的序列码变化。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1、一种 CT 扫描仪系统，包括：

一个 X 射线源，其被安装成可以沿 Z 轴旋转；及

多个检测器元件，其被安排成多个列并且相对于源和另外的列放置，使得当源沿 Z 轴旋转时，响应于由源投射到相应的选择的检测器元件上的 X 射线，产生代表不同厚度的 CT 切片的数据值；

其中检测器元件的尺寸和安排的设定使得各列中提供的检测器元件中至少有一些长度在 Z 轴方向根据预定的序列码变化，该序列码代表按相同增量值从 1 到 N 所有完整的整数，其中 N 是一个大于 1 的完整的整数。

2、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中序列码包括一种二五混合进制码。

3、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中序列码包括 5、2、2、1 序列，使得在各个所述的列中至少四个相邻的检测器元件的长度变化为 5t、2t、2t、t，且 N 至少为 10。

4、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件至少有三种不同的长度且 N 是一个大于 3 的完整的整数。

5、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的尺寸和安排的设定使得各列中提供的多个检测器元件中至少有一些的长度在 Z 轴方向根据预定的序列码变化，从而通过选择检测器元件产生相应的代表按增量值“t”从“t”到“NT”变化的不同厚度的 CT

切片的数据值，其中 N 是大于 1 的完整的整数。

6、根据权利要求 5 的扫描仪系统，其中各列中所需的代表序列码的检测器元件少于 N 个。

7、根据权利要求 5 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的长度的尺寸和排列依据预定的序列码设定，使得至少可以同时产生代表多个相同厚度的 CT 切片中的一组的数据值。

8、根据权利要求 5 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的长度的尺寸和安排依据预定的序列码设定，使得可以同时产生代表多组 CT 切片中的任意一组的数据值，其中各组中的 CT 切片厚度相同而不同组的切片厚度不同。

9、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的尺寸和安排的设定使得各列中提供的检测器元件至少有一些的长度根据预定的序列码变化，使得长度关于垂直于 Z 轴的平面内的一条穿过所述的列的直线对称变化。

10、根据权利要求 9 的 CT 扫描仪系统，其中序列码包括 5、2、2、1、1、2、2、5 序列。

11、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，还包括一个用来限定从源辐射出的 X 射线束的有孔装置，该有孔装置在 Z 轴方向可调节以便能控制射线束的厚度，使得源产生的 X 射线只射向选择的具有和相应射线束的厚度大致相匹配的检测面积的检测器元件。

12、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中各个检测器元件提供作为所述检测器元件检测到的 X 射线的函数的输出，且只处理相

应于选择的检测器元件的输出以产生被选厚度的各个切片。

13、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中 CT 切片的厚度从“t”到“NT”以增量值“t”变化，其中 N 是大于 1 的完整的整数，且各个检测器元件定义一个预定的检测面积，使得在扫描过程中，当 X 射线投射到各列的一个检测器元件或者相邻的元件上具有作为相应的切片厚度的函数的组合检测面积时，产生不同厚度的切片。

14、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件安排在一个行与列的 2D 阵列中。

15、一个 CT 扫描仪系统，包括：

一个 X 射线源，其被安装成能沿 Z 轴旋转；和

多个检测器元件，其位于相对于源和其他检测器件的位置，使得当源沿 Z 轴旋转时，响应于源投射到作为 CT 切片厚度的函数的相应的选择的检测器元件上的 X 射线，产生代表多个有 N 种不同厚度的 CT 切片的任意一种的数据值；

其中检测器元件的尺寸和安排以空间码的排布来设定，使得多个沿 Z 轴方向排列的列中各列提供的多个检测器具有沿 Z 轴方向变化的长度，从而各列提供全部 N 种不同厚度 CT 切片所需的检测器元件的总数少于 N，且 N 是一个大于 1 的整数。

16、根据权利要求 15 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件至少有三种不同的长度，且 N 大于 3。

17、根据权利要求 15 的 CT 扫描仪系统，其中各列中检测器元件的长度根据一种包括二五混合进制码的序列码变化。

18、根据权利要求 17 的 CT 扫描仪系统，其中序列码包括 5、2、2、1 序列，使得各个所述列中至少有四个相邻的检测器元件的长度以 5t、2t、2t、t 变化，且 N 至少为 10。

19、根据权利要求 15 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的尺寸和安排的设定使得沿 Z 轴方向排列的列中提供的多个检测器元件具有根据预定序列码变化的长度，因此检测器元件可以提供代表厚度从“t”到“N”以增量值“t/N”变化的 CT 切片的数据值。

20、根据权利要求 19 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的尺寸和安排依据预定的序列码设定，使得至少可以同时产生代表多个相同厚度的 CT 切片中的一组的数据值。

21、根据权利要求 19 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的长度的尺寸和安排依据预定的序列码设定，使得可以同时产生代表多组 CT 切片中的任意一组的数据值，其中各组中的 CT 切片厚度相同而不同组的切片厚度不同。

22、根据权利要求 15 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的尺寸和安排的设定使得沿 Z 轴方向排列的列中提供的多个检测器具有根据预定序列码变化的长度，从而使得长度关于垂直于 Z 轴的平面内的一条穿过所述的列的直线对称变化。

23、根据权利要求 22 的 CT 扫描仪系统，其中序列码包括 5、2、2、1、1、2、2、5 序列。

24、根据权利要求 15 的 CT 扫描仪系统，还包括一个用来限定从源辐射出的 X 射线束的有孔装置，该有孔装置在 Z 轴方向可调节

以便能控制射线束的厚度，使得源产生的 X 射线只射向选择的具有和射线束的厚度大致相匹配的检测面积的检测器元件。

25、根据权利要求 15 的 CT 扫描仪系统，其中各个检测器元件提供作为所述的检测器元件检测到的 X 射线的函数的输出，且只处理相应于选择的检测器元件的输出以产生被选厚度的各个切片。

26、根据权利要求 15的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件安排在一个行与列的 2D 阵列中。

27、一种 CT 扫描仪系统，包括；

一个用于选择性地产生不同厚度的 X 射线束的源，其被安装成可沿 Z 轴旋转，及一个与任意射线束使用的空间编码检测器排布；

其中射线束的厚度以相同的增量值变化，空间编码检测器排布包括安排在多个列中的多个检测器元件，各列具有两个或更多在 Z 轴方向按预定序列安排的不同长度的检测器元件，使得不同厚度的各个射线束投射到各列中选择的具有和相应的射线束的厚度大致相匹配的检测面积的检测器元件上。

28、根据权利要求 27 的 CT 扫描仪系统，其中序列码包括一种二五混合进制码。

29、根据权利要求 27 的 CT 扫描仪系统，其中序列码包括 5、2、2、1 序列，使得在各个所述的列中至少四个相邻的检测器元件的长度变化为 5t、2t、2t、t，且 N 至少为 10。

30、根据权利要求 27 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的尺寸和安排的设定使得各列中提供的多个检测器元件中至少有一些的

长度在 Z 轴方向根据预定的序列码变化，使得射线束和相应的检测器元件的厚度从“t”到“Nt”以增量值“t”变化，其中 N 是一个大于一的完整的整数。

31、根据权利要求 30 的扫描仪系统，其中各列中所需的代表序列码的检测器元件少于 N 个。

32、根据权利要求 30 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件长度的尺寸和安排根据预定的序列码设定，使得至少一组相同厚度的射线束能够同时投射到各列中相应选择的具有与各射线束厚度大致相匹配的检测面积的检测器元件上。

33、根据权利要求 30 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件长度的尺寸和安排根据预定的序列码设定，使得多组射线束中的任意一组能够同时投射到各列中对应的一组检测器元件上，其中各组内的射线束厚度相同而各组间的射线束厚度不同。

34、根据权利要求 1 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件的尺寸和安排的设定使得各列中提供的检测器元件至少有一些的长度根据预定的序列码变化，使得长度关于垂直于 Z 轴的平面内的一条穿过所述的列的直线对称变化。

35、根据权利要求 10 的 CT 扫描仪系统，其中序列码包括 5、2、2、1、1、2、2、5 序列。

36、根据权利要求 27 的 CT 扫描仪系统，还包括一个用于限定 X 射线的有孔装置，该有孔装置沿 Z 轴方向可以调节，使得射线束的厚度可以控制，以便从源只产生射向选择的检测器元件的 X 线。

37、根据权利要求 27 的 CT 扫描仪系统，其中各个检测器元件提供作为所述的检测器元件检测到的 X 射线的函数的输出。且只处理相应于选择的检测器元件的输出以产生再现 CT 图像。

38、根据权利要求 27 的 CT 扫描仪系统，其中检测器元件安排在一个行与列的 2D 阵列中。

39、一种对 CT 扫描仪检测器排布中的检测器元件进行空间编码的方法，其中 CT 扫描仪检测器排布中具有多个列的检测器元件，各列沿预定的方向排列，且设定检测器元件的尺寸和排列使得代表不同厚度的 CT 切片的数据值在最小值到最大值之间产生，该方法包括：

分布各列的检测器元件使得各列的检测器元件中至少有一些的长度根据预定的序列码变化，该码代表从 1 到 N 以相同增量变化的所有完整的整数值，其中 N 是大于 1 的完整的整数。

40、根据权利要求 39 的方法，其中检测器元件至少有三种不同的长度且 N 大于 3。

41、根据权利要求 39 的方法，其中序列码是二五混合进制码。

42、根据权利要求 39 的方法，其中序列码包括 5，2，2，1 序列。

43、根据权利要求 39 的方法，其中序列码包括 5，2，2，1，1，2，2，5 序列。

44、根据权利要求 39 的方法，其中分布检测器元件的步骤包括：

变化至少一部分检测器元件的长度，使得各列中一或多个相邻

的检测器能够组合以提供相应于不同厚度 CT 切片的适当的检测面积。

45、根据权利要求 39 的方法，其中分布检测器元件的步骤包括：

变化至少一部分检测器元件的长度，使得各列中一或多个相邻的检测器能够组合，为至少一组由射线束投射到检测器元件上同时形成的多个相同厚度的相邻切片提供适当的检测面积。

46、根据权利要求 39 的方法，其中分布检测器元件的步骤包括：

变化至少一部分检测器元件的长度，使得各列中一或多个相邻的检测器能够组合，为由射线束投射到元件上同时形成的多组相邻的多个切片的任意一组提供适当的检测面积，其中各组中切片的厚度相同，而一组中切片的厚度与其它组切片的不同。

47、根据权利要求 39 的方法，其中分布检测器元件的步骤包括分布至少一部分检测器元件的步骤，使得随着远离各列的中心线，检测器元件的长度保持不变或增加。

48、根据权利要求 39 的方法，其中分布检测器元件的步骤包括将至少一部分检测器元件分布成行的步骤，使得至少有一行的检测器元件的长度等于 t，且至少有另一行的各个检测器元件的长度等于 2t。

49、根据权利要求 48 的方法，其中分布检测器元件的步骤包括进一步分布检测器元件的步骤，使得至少有另一行的各个检测器元件的长度等于 5t。

说　明　书

具有空间编码检测器阵列装置的CT扫描仪及空间编码方法

本发明总体涉及计算层析 X 射线照相法（CT）系统和方法，具体地涉及一种具有用来产生反映不同的厚度和/或多个 CT 切片的数据值的空间编码检测器装置的 CT 扫描仪和 CT 扫描仪中用来有效地检测关于变化的厚度和/或多个切片的X射线的方法。

第三代类型的CT扫描仪一般包括一个X射线源和一个检测器阵列，其都安装在一个可旋转的圆盘或者平台上的放置扫描物体的开口直径上相对的位置处。在扫描过程中源和检测器沿通常称为 Z 轴的旋转轴旋转，并在源和检测器的精确角度处，获得数据值。数据值表示源产生的 X 射线光子，在各个角度上投射到检测器上并被探测到，以便提供相应于这些视角的投影视图。部分 X 射线光子被物体吸收，因此数据值是在各个投影视图测量期间被测 X 射线通过的部分物体密度的积分的函数，即，读数愈小，在该时间段 X 射线光子被吸收的愈多，因此沿着 X 射线方向质量的积分更密。视场或再现环（即进行 X 射线测量的空间区域）通常由射线束角定义（当射线束由X射线源的焦点投射到检测器上时的发散角），且源的焦点距离的放置离开了机器的等角点（旋转的机械中心）。

传统的检测器阵列结构使得检测器位于一个圆周上，其曲率中心在 X 射线从源辐射出来的地方，即焦点上，因此从源到各个检测

辐射路径相同，尽管也提出了其它几何排列和结构。例如，于 1997 年 9 月 16 日公布的约翰·多布斯的专利号为 5，668，851（代理人号 ANA－90）、题目为“带有稳定化检测器响应的层析 X 射线照相法系统”的内容；于 1998 年 5 月 26 日公布的约翰·多布斯和鲁温·德耶的专利号为 5，757，878（代理人号 ANA－89）、题目为“层析 X 射线照相法系统的改进和检测器排列”的内容；于 1998 年 7 月 14 日公布的约翰·多布斯和鲁温·德耶的专利号为 5，781，606（代理人号 ANA－88）、题目为“具有大致连续的辐射检测区的层析 X 射线照相法系统”的内容；和正在审理中的由约翰·多布斯和鲁温·德耶于 1996 年 10 月 7 日提出的美国专利申请号为 08/726638、题目为“具有模拟并行光射线束设计的 CT 扫描仪”的内容；所有这些申请都转让给了本发明的受让人。

Z 轴准直径通常放在 X 射线源和盘的开口之间，使得扇形射线束的厚度在 Z 轴方向上可控，并使得通过视场（和其间的任意物体）的整个射线束投射到检测器阵列上。射线束的厚度定义了物体中获得数据的切片的厚度。直到最近，第三代类型的 CT 扫描仪的检测器阵列只具有单独一行检测器。为了产生再现射线束通过的物体的部分的图像的足够的数据值，现有技术类型的典型阵列有一行检测器大约有 300 到 700 检测器，且对一个 360° 扫描通常取 1440 或 2880 个投影视图。如此设计的机器便在每 360° 扫描中产生 432，000 到 2，016，000 个数据值。直到最近，设计在每次扫描中产生更多数据值的系统在成本上认为是不可能的，因为检测器代表着机器成本

的很大一部分，而且其限制受到用于处理数据值的数据收集系统和再现计算系统的带宽的影响。

但是，随着数据收集系统和再现计算系统带宽的增加和检测器设计的改进，发展了具有多行和多列检测器的二维（2D）检测器阵列的机器。例如 Elscint Twin CT 扫描仪机器包括一个具有两个相邻检测器行的检测器阵列。X 射线束在 E 轴厚度的设定使得射线束投射到两行上，以便同时产生两个切片。随着设计的改进，用以进行螺旋扫描的锥形射线束系统更加实用化，这种系统使用具有多行检测器元件的检测器阵列。例如，于 1993 年 11 月 16 日公布的许施尔的专利号为 5，262，946、题目为“CT 扫描仪的动态体积扫描带”的内容；于 1994 年 3 月 1 日公布的阿尔明·H·福尔的专利号为 5，291，402、题目为“螺线扫描计算的层析 X 射线照相装置”的内容；于 1995 年 2 月 14 日公布的夸克·C·丹的专利号为 5，390，226、题目为“用于预处理严格三维计算机的锥形射线束投影数据的方法和装置”的内容；于 1996 年 4 月 23 日公布的胡伊·胡的专利号为 5，510，622、题目为“具有精简的有效间距的 X 射线检测器阵列”的内容；我的正在申请中的专利，于 1998 年 10 月 6 日转让给贝尔纳特·M·戈登的专利号为 5，818，897（代理人号 ANA－93）、题目为“正交横轴 CT 检测系统”的内容；以及于 1996 年 6 月 12 日公开的欧洲公开专利申请，由戴尔 J·本杜拉和兴·兑发明的公开专利号为 EP715830、题目为“计算机化的层析 X 射线扫描仪”的内容。

如这些参考文献所示的，2D 阵列具有直的行和列检测器元件，

例如在福尔，许施尔和戈登的专利，以及本杜拉的申请的公开内容中所示的。另一种排列在胡等的参考文献中提出，其中建议的 2D 检测器元件阵列中检测器元件的中心排布在一个方向上（或者沿 E 轴方向，或者沿着与锥形射线束的 X—Y 平面共面或平行的方向），以便或者形成多个平行的列（当沿 Z 轴排列时），如参考图 3A、3C 和 3D 所见；或者多个行（当沿 X—Y 平面方向时），如图 3B 所示。但是在另一个方向上检测器元件轮流交错，使得它们的中心交错。胡等人的参考文献中还提出平行四边形形状的检测器元件，使得它们的中心排布的行和列在两个不垂直的方向上。提供这种排列以减小 2D 检测器阵列沿一或两个方向上检测器的间隔，其对于螺线或体积扫描特别有用。

而且，Gordon 的专利描述了一种具有两类矩形形状检测器元件的模块 2D 检测器阵列，一类在 E 轴方向有较长的尺寸，而另一类在 X—Y 平面内的方向上有较长的尺寸。提供后一种检测器元件以保证薄物体的检测，例如片状取向平行于 X—Y 平面的炸药，以保证检测。

随着具有制造 2D 检测器阵列的能力以及它们的使用的成本有效，现在提出了同时提供具有相同厚度的多个切片（slice），和/或提供不同厚度切片的设计。在提出的一种设计中，2D 阵列具有相对较小的相同尺寸的检测器元件，各个大约 0.5mm 见方，并排列成一个 80（每列的元件）乘 896（每行的元件）的阵列。通过使用和各个切片相应的选择的检测器元件组，可以同时产生多个切片，或者能够选择性地产生不同厚度的切片。

考虑到这一点，在各个检测器元件的输出处提供一个可控制的开关，使得在开关开时能够使用检测器元件获得数据，而当开关关时忽略所有测得的数据。将各列的所有器元件的输出加在一起，以便当打开一组具体的行时，将各列打开的检测器元件的输出加在一起。而且，切片的厚度通常在等角点用到检测器元件处实际成比例增大的射线束厚度来测量。但是，为了便于解释，这里将切片的厚度描述成为投射检测器阵列上的射线束部分的厚度。

因此，如果需要 3mm 的切片，将处于射线束照射的 6 行 0.5mm 见方的检测器元件打开，而其它的元件保持断开。各列中六个打开的检测器元件便能相加为各个投影视图的各列提供数据值读数。类似地，如果需要多个厚 3mm 的切片，对于投射到该组检测器元件上的锥形射线束的相应部分，可以同时使用相邻的组，每组包括六行检测器元件（将各组中各列打开的检测器元件的输出全部加在一起）。在例子职，当需要 0.5mm 切片时，同时使用十行的相邻组，将各组中各列的输出打开并加在一起。这样，任何以 0.5mm 为增量的切片厚度数值，都能通过选择适当的检测器元件行数并将选择的检测器元件的输出相加来提供，每行提供厚 0.5mm 的增量拉加。

但是具有这些相对较小的检测器元件例如 0.5mm 的 2D 陈列的进行 X 射线转化效率低。尤其是对于 1.0mm 或更大的切片厚度，各个投射角处提供的多个数据值的每一个都是由构成一列打开的检测器元件的多个检测器元件接收和转化的 X 射线光子函数。因为各个检测器元件的效率通常在边缘下降，还因为在检测器元件的间隙不能

检测，具有这些打开的用于构成接收 X 射线光子各列的检测器元件的整个检测器面积的很大一部分不能有效地转化 X 射线光子。而且图像赝生现像会导致用于接收和转化 X 射线光子的一个或多个检测器元件的检测器开关出现故障。更具体地说，被连接以提供相加信号的每组的打开的检测器元件列的响应将不会均匀，且可能在再现图像中产生赝像。

因此，需要一种改进的检测器排列以获得关于不同厚度切片，和/或多个 CT 切片的 CT 数据，以减少或克服现有技术的问题。

本发明涉及一种 CT 扫描仪系统和方法。该系统包括一个空间编码一检测器排列。空间编码检测器排列的设计使得允许为不同厚度的切片，且最好是同时产生的一或多组多个切片提供更有效的检测面积。通过根据预定的序列码对阵列进行空间编码，检测器元件的数目能比由相同长度的检测器元件构成的阵列减少，且能获得更有效的 X 射线转化。

根据本发明的一个方面，CT 扫描仪系统包括：

一个 X 射线源，其被安装成可以沿 Z 轴旋转；及

多个检测器元件，其被安排成多个列并且相对于源和另外的列放置，使得当源沿 Z 轴旋转时，响应于由源投射到相应的选择的检测器元件上的 X 射线，产生代表不同厚度的 CT 切片的数据值；

其中检测器元件的尺寸和安排的设定使得各列中提供的检测器元件中至少有一些长度在 Z 轴方向根据预定的序列码变化，该序列码代表按相同增量值从 1 到 N 所有完整的整数值，其中 N 是一个大

于 1 的完整的整数。

根据本发明的另一个方面，CT 扫描系统包括：

一个 X 射线源，其被安装成能沿 Z 轴旋转；和

多个检测器元件，其位于相对于源且检测器元件彼此间相对的位置，使得当源沿 Z 轴旋转时，响应于源投射到作为 CT 切片厚度的函数的相应的选择的检测器元件上的 X 射线，产生代表多个有 N 种不同厚度的 CT 切片的任意一种的数据值；

其中检测器元件的尺寸和安排以空间码的排布来设定，使得多个沿 Z 轴方向排列的列中各列提供的多个检测器元件具有沿 Z 轴变化的长度，从而各列提供全部 N 种不同厚度 CT 切片所需的检测器元件的总数少于 N，且 N 是一个大于 1 的整数。

根据本发明的又另个，CT 扫描系统包括：

一个用于选择性地产生不同厚度的 X 射线束的源，其被安装成可沿 Z 轴旋转，和一个与任意射线束使用的空间编码检测器排布。

其中射线束的厚度以相同的增量值变化，空间编码检测器排布包括安排在多个列中的多个检测器元件，各列具有两个或更多在 Z 轴方向按预定序列安排的不同长度的检测器元件，使得不同厚度的各个射线束投射到各列中选择的具有和相应的射线束的厚度大致相匹配的检测面积的检测器元件上。

在一个实施例中，要求检测器元件至少有三种不同的长度时 N 大于 3。

在一个实施例中，预定的序列码包括一种二五混合进制码，或

5，2，2，1 序列。也可以使用其它序列码。

在该系统的一个实施例中，至少部分行的检测器的元件的检测面积沿 E 轴方向设定尺寸，使得该系统能够同时产生多个切片。多个切片的厚度可以相同。至少部分行的检测器元件的检测面积沿 E 轴方向设定尺寸，使得该系统能够同时产生至少两个不同的多切片组中的一个组。各组中多个切片的厚度可以相同，其中一组中各个切片的厚度与任何另一组中各个切片的厚度不同。

至少有一行检测器元件各长“t”，且至少有另一行检测器元件各长“2t”。此外，至少有另一行检测器元件各长“5t”。行中检测器元件长度的安排可以关于一条垂直于 E 轴的平面内延伸穿过列的直线对称。随着远离该线，检测器元件在 E 轴方向的长度可以保持不变或增加。

可以通过控制 X 射线束在 E 轴方向的厚度使得它只投射到那些用来提供与相应切片相关的数据值的检测器元件上，来提供不同的切片厚度。另一方面，可以通过只使用从各个切片相关的检测器元件获得的数据值来产生单个的切片。

在一个优选实施例中，阵列包括至少四行，长度依次为“5t”，“2t”，“2t”，“1t”，在另一个优选实施例中，阵列包括至少八行，长度依次为“5t”，“2t”，“2t”，“t”， ”，“t”， “2t”，“2t”和“5t”。

根据另一描述一种 CT 扫描仪检测器排布的空间编码方法。该排布具有多列检测器元件，各列沿预定的方向排列，且检测器元件尺

寸和排列使得代表不同厚度 CT 切片的数据值可以在最小值和最大值间产生。该方法包括：

分布各列的检测器元件使得各列的检测器元件中至少有一些的长度根据预定的序列码变化，该码代表从 1 到 N 以相同增量变化的所有完整的整数值，其中 N 是大于 1 的完整的整数。

在一个实施例中，检测器元件至少有三种不同的长度，且 N 大于 3。

在一个实施例中，码是一种二五混合进制码，具体包括 5，2，2，1 序列。

在一个实施例中，分布检测器元件的步骤包括：

变化至少一部分检测器元件的长度，使得各列中一或多个相邻的检测器能够组合以提供相应于不同厚度 CT 切片的适当的检测面积。

在一个实施例中，分布检测器元件的步骤包括：

变化至少一部分检测器元件的长度，使得各列中一或多个相邻的检测器能够组合，为至少一组由射线束投射到检测器元件上同时形成的多个相同厚度的相邻切片提供适当的检测面积。

在一个实施例中，分布检测器元件的步骤包括：

变化至少一部分检测器元件的长度，使得各列中一或多个相邻的检测器能够组合，为由射线束投射到元件上同时形成的多组相邻的多个切片的任意一组提供适当的检测面积，其中各组中切片的厚度相同，而一组中切片的厚度与其它组切片的不同。

在一个实施例中分布检测器元件的步骤包括分布至少一部分检测器元件的步骤，使得随着远离各列的中心线，检测器元件的长度保持不变或增加。

在一个实施例中分布检测器元件的步骤包括分布至少一部分检测器元件成行的步骤，使得至少有一行的检测器元件的长度等于 t，且至少有另一行的各个检测器元件的长度等于 2t。

在一个实施例中分布检测器元件的步骤包括进一步分布检测器元件的步骤，使得至少有另一行的各个检测器元件的长度等于 5t。

当与附图一起阅读，对本发明的前述和其它目的、各种特点、以及发明本身，都会通过下面的描述获得更全面的理解，其中：

图 1 是实施本发明的 CT 扫描仪的类型的端视图；

图 2 是图 1 沿直线 1－1 的剖面图；

图 3 是按照本发明制成的源和检测器阵列的优选实施例的等角投影图；

图 4 是图 3 所示的检测阵列的局部顶视图；

图 5A－5M 显示了如何使用图 4 所示的检测器阵列的局部的检测器元件的各种组合以提供对应于各种切片厚度的数据值；

图 6 显示了图 4 所示实施例的使用的改动；

图 7 显示了检测器阵列的另一个实施例；

图 8 显示了检测器阵列的又一个实施例；

图 9 显示了检测器阵列的再一个实施例；

图 10 显示了使用图 3 和图 4 所示的检测器阵列获得数据的一种

方法的方框图。

参考图 1 和图 2，CT 扫描仪 10 具有一个在台架支座 14 中沿标为 E 轴的旋转被可旋转的支撑的盘或平台 12。提供的盘带有一个开口 16，用来接收作为扫描对象的物体 18。该物体可以是活的物体，在该情况下扫描仪就划分为医学扫描仪。但是扫描仪还有其它用途，包括对炸药和其它禁运品的检测。在盘上安放了用来产生穿过开口 16 的锥形 X 射线束 22 的 X 射线源 20，以便使 X 射线在投射到放置在平台上与源 20 直径相对处的检测器阵列 24 之前通过物体 18。如所示的，射线束的形状由两个准直仪来定义，和 X—Y 平面准直仪，在图 1 中标为 26，用于将锥形射线束的锥形射线束角（α）控制在 X—Y 平面（垂直于 E 轴放置的平面）中并和 X—Y 平面平行，并部分地定义了再现环或视场 28。E 轴准直仪，在图 2 中标为 30，控制沿 E 轴方向的锥形射线束角（β）。在示意的实施例中，E 轴准直仪响应于来自控制 E 轴准直仪孔径的控制器 32 的操作命令而可操作。控制器 32 允许操作器控制锥形射线束 22 的厚度，使得后者是在最小值和最大值间的选择值的预定数中选出的 E 轴方向的厚度，其例子下面将会详述。这些射线束厚度都是射线束在 CT 扫描过程中提供的切片厚度的函数。

如图 1 所示，检测器阵列 24 的各个检测器元件的输出提供给数据收集系统（DAS）40，它又与处理器 42 相连。后者将数据值提供给再现计算机 44，以再现处于 X 射线束照射下的物体 18 的局部图像，该图像将进一步被处理，例如，进行显示（如 46 处所见），或

进行存储（如 48 处所见）。检测器阵列 24 最好包括多个以二维阵列排布的检测器元件，其每一列沿 E 轴方向放置，而其每一行在垂直于 E 轴的平面内放置。在这种联系中检测器元件被设计成为以直线的行和列排布的矩形或正方形检测器元件。但是，应该理解除非申明以外，这里使用的“行”和“列”不能认为将检测器元件限制为术语，几何中心排布在两个相互垂直的方向上，而是可以包括具有楔形排布的检测器元件，也包括具有不同于正方形几何形状的检测器元件，例如在后面图 4—9 中所示的矩形检测元件，或如 Hu 等人的专利中建议的楔形和平行四边形方案，参照前述。

根据本发明的一个方面，Z 轴方向的各列检测器元件的长度根据预定的序列码变化。这样，在 2D 的检测器阵列排列中，在至少一行中检测器元件 Z 轴方向的长度和在至少相邻一行中检测器元件 Z 轴方向的长度不同，从而使得不同组的检测器元件的选择行数与厚度从最小值到最大值以相同增量变化的各个不同的射线束对应使用。根据本发明的一个方面检测器元件的形状和分布使得不同厚度的各个射线束能够投射到检测器元件上，其具有大致和相应的射线束的厚度相匹配的检测面积。根据另一方面，检测器阵列的设计使它还能够从扫描过程中投射到阵列上的锥形射线束产生代表多个切片的同步数据值。在一个实施例中，一组多个切片都具有相同的厚度，而且该组多个切片的厚度可从两或多个值中预选。

在一个实施例中，如图 3 所示，示意的序列码中具有一种称为“二五混合进制码”的码。二五混合进制码序列“5，2，2，1”是

一种通过只使用四个不同编码值 5，2，2，1 提供从 1 到 10 所有整数数字序列的数字码。这样提供了一，提供了二，三可以由一加二得到，四可以由二加二得到，五由使用五，或者由二加二加一得到，六可以由五加一提供，依次类推。根据序列码由 Z 轴方向上变化的每列检测器元件的长度的内容提供相加的限制，使得能够以相同的增量从“1t”到“10t”提供不同厚度的切片。具体地，若想提供厚度以相同的增量从“1t”到“10t”变化的 CT 切片，需要相应的射线束或者投射到各列的一个单独的检测器元件上或者投射到各列相邻检测器元件的组合上。这样，在最小切片厚度为“1t”的情形下，选择性地照射四行不能获得从“1t”到“10t”的全部十种不同切片，因为，例如，具有长度为“t”的检测器单元行与具有长度为“5t”的检测测器单元行不相邻，这样不可能仅使用四行来提供“t6”的切片厚度。但是，通过给各列中前四个检测器元件对称增加另外的四个检测器序列，就提供了序列“5t”，“2t”，“2t”，“1t”，“1t”，“2t”，“2t”和“5t”，从一列八行相邻的适当空间编码的检测器元件的任意地方都能够从为“t”到“20t”之间的各种 CT 切片厚度提供匹配的检测面积，包括“t”和“10t”之间的所有 CT 切片厚度。

更具体地，通过使用一组长度分别为“t”，“2t”，“2t”和“5t”的四个相邻行 70a，72a，74a 和 76a，以及和第一组相邻行沿线 78（如图 3 和 4 所见，作为八行的中心线）对称安排的第二组相同行 70b，72b，74b 和 76b，可以为多个具有不同厚度的切片的任意一个提供检测面积，从“1t”到“10t”并包括另外的最大为“20t”的

值。事实上该安排仅靠使用八行检测器提供了 14 种不同的值。如下表所见，可以使用多个相邻检测器元件的一个的输出或组合输出来产生代表相应切片厚度的数据值：

表 I

切片厚度	行选择
t	70(a 或 b)
2t	70（a 和 b）或 72（a 或 b）或 74（a 或 b）
3t	[70 和 72]（a 或 b）
4t	[72 和 74]（a 或 b），70（a 和 b）和[74a 或 74b]
5t	76（a 或 b），[70 和 72 和 74]（a 或 b）
6t	70（a 和 b）和[72 和 74(a 和 b)]
7t	[74 和 76]（a 或 b）
8t	70（a 和 b）和[72(a 和 b)]和[74（a 或 b）]
9t	[72 和 74 和 76]（a 或 b）
10t	[70 和 72 和 74 和 76]（a 或 b）
11t	[70 和 72 和 74 和 76]（a 或 b）和 70(b 或 a)
12t	
13t	[70 和 72 和 74 和 76](a 或 b)和[70 和 72]（b 或 a）
14t	
15t	[70 和 72 和 74 和 76](a 或 b)和[70 和 72 和 74](b
16t	或 a)
17t	
18t	
19t	
20t	[70 和 72 和 74 和 76]（a 和 b）

在表中，一行（或者一组方括号中的行）后跟括弧“(a 和 b)”

表示那些指定的检测器元件行，其既出现在“a”组，又出现在相同指定的检测器元件的行的“b”组中。一行（或者一组方括号中的行）后跟括弧“(a 或 b)”表示那些指定的检测器元件行，其或者出现在“a”组，或者出现在相同指定的检测器元件行的“b”组中。其后跟随涉及“(a 或 b)”的第二组行的涉及“(a 或 b)”的（第一组方括号中的行表示当第一组行从“a”组中选择时，第二组行将从“b”组中选择，反之亦然。

图 5A－5N 示意了各个检测器元件组合的例子和相应的射线束如何投射到检测器元件的具体组合上。

如可以从上表看出的，为最多的值 n 提供了检测器元件的组合，其中切片的厚度定义为“nt”，其中 n 是 1 到 20 中的一个整数。5－2－2－1－1－2－2－5 这种特殊的空间编码排列未提供的值是 12t，14t，16t，17t，18t 和 19t。这些值可以通过使用相邻排的一部分检测 X 射线光子的方法获得。例如，对厚度为 12t 的切片，射线束可以投射到 76a，74a，72a, 70a, 70b 行和 72b 行的一半上，如图 6 所示，通过使用 Z 轴准直仪以限定射线束在 Z 轴方向的厚度，使得射线束只投射到定义的面积上。类似地，可以为其他值 14t，16t, 17t, 18t 和 19t 安排使用检测器元件的一部分。另一方面，可以在检测器元件的安排的任意一端增加长度为 t 的达到四行的检测器元件，如图 7 所示的 80a，80b，80c 和 80d 行所示，或如图 8 中 82 和 84 行所示增加长度分别为“5t”和“t”的两行相加。但是，在许多实际应用中，像医疗 CT 扫描仪，不需要为“nt”提供每一个

值 n。例如，对大多数身体部分下面的切片厚度可以满足需要：0.5mm，1.0mm，2.0mm，3.0mm,5.0mm,7.5mm 和 10.0m。在此情况下 t 可以等于 0.5mm。则从表中可以看出所有的值都满足（t,2t,4t,6t,10t,15t 和 20t）。在此扫描仪中使用 5—2—2—1—1—2—2—5 的排列可以满足需要。

显然可以使用其它的排列。例如，如果扫描仪只需要产生代表厚度为“t”，“2t”，“3t”，“5t”，“7t”和“10t”的切片的数据值，可以使用如图 9 所示的简单排列 5—2—1—2—5，例如，此处 t=1mm。在此情形中下表显示了用于各个切片厚度的检测器元件组合。

表 II

切片厚度	行选择
t	90
2t	92a 或 92b
3t	90 和 92（a 或 b）
5t	94（a 或 b）或[90 和 92]（a 和 b）
7t	[92 和 94]（a 和 b）
10t	[90 和 92（a 和 b）]和 94（a 或 b）

这样，根据本发明的一个方面，具体采用的空间编码不必要包括行选择的组合的每个增量 n，只包括所需要的值 n。

而且，依赖于选择具体的排列，空间编码检测器元件最好能够容纳通过将锥形射线束，或者锥形射线束的一部分投射到多个检测器元件行的分组中同时取得的多个切片。例如，图 4 所示的 5—2—2—1—1—2—2—5 排列可以提供二到四种切片，每个厚“5t”，因

为每行 76 各提供一个“5t”切片，而每个行组合 70，72 和 74 各提供一个“5t”切片。这样，通过选择和处理下列检测器元件行的组检测到的数据值，可以同时处理多个切片：

表III

5t 切片的数目	行选择
二	[70 和 72 和 74 和 76](a 或 b)或[70 和 72 和 74](a 和 b)
三	[70 和 72 和 74] （a 和 b）或 76（a 或 b）
四	所有行

依赖于具体的空间编码，一组多个切片的厚度可以从大于一个的不同厚度的组中选择。例如，图 4 所示排列除了能同时获得一组最多四个“5t”切片，还分别能获得一组两个厚度为“4t”的多切片，一组两个厚度为“3t”的多切片，一组两到五个厚度为“2t”的多切片和一组两个厚度为“1t”的多切片。

如所示的，一个“4t”切片可以由 72a 和 74a 两行，或者 72b 和 74b 两行获得，而另一个“4t”可以由 70a 和 70b 和 72a 或 72b（未被另一个“4t”切片使用的行）的行组合获得。一个“3t”切片由 70a 和 72a 的行组合，以及 70b 和 72a 的行组合分别获得。“2t”切片可以同时由 72a，72b，74a 和 74b 的各行，以及 70a 和 70b 的行组合获得。类似地，两个厚度为“1t”的切片可以同时由 70a 和 70b 的各行获得。

应该理解对于各组通过使用一或二行的一部分检测 X 射线光子，“4t”，“3t”，“2t”和“1t”各组能够同时产生另外的一或两个

具有相同厚度的切片。例如，通过使用剩余的行 74a 或 74b（未用来产生前两个厚“4t”的切片）以及与其相邻的行 76a 或 76b 的一部分，“4t” 切片组的切片能够从二增加到四，各厚“4t”。该行的使用的部分的长度为“2t”，与选择的 76 行相邻。剩余的行 74a 或 74b（提供“2t”的长度）和相邻的 76 行的部分（长度为“2t”）为一个另外的厚“4t”的切片提供检测面积。该另一个“4t”切片可以由将射线束投射到与已使用的 74 行相邻的未被该另一个切片使用的另一 76 行的一部分上来提供。该 76 行使用的部分的长度为“4t”。

以类似的方式通过，使用检测器元件行 74a 和检测器元件行 76a 的一部分的组合，以及检测器元件行 74b 和检测器元件行 76b 的一部分的组合（检测器元件行 76a 和 74b 使用的部分长度为“1t”，与检测器元件行 74a 和 74b 相邻），“3t”切片组的切片可以从二增加到四各厚“3t”。 通过使用检测器元件行 76a 和 76b 的各一部分（检测器元件的部分长度为“2t”，与检测器元件行 74a 和 74b 相邻），厚“2t”的切片组的切片可以从五增加到七，各厚“2t”。最后，通过使用检测器元件行 72a 和 72b 的各一部分（检测器元件的部分长度为“1t”，与检测器元件行 72a 和 72b 相邻，“1t”切片组的切片可以从二增加到四。

投射 X 射线到检测器排列的一行或多行的一部分上可以通过使用 Z 轴准直仪限制射线束在 Z 轴方向的厚度从而使它投射到定义的检测面积上来实现的。

这样，通过提供空间编码的检测器排列，具有不同长度的列，

能够以有效地方式获得不同的切片厚度以便允许 CT 扫描中的变化的切片厚度和多个切片。

如图 10 所示，在一个实施例中，构成各列的检测器元件的输出与相应的开关相连。通过用开关控制器断开和闭合开关，可以控制提供给信号合并器的输出。这样，对单独的切片，开关控制器为扫描的各个投射角产生的各个数据值确定各列中那些检测器元件代表着检测面积。这样，如果使用 70a 行的检测器元件提供厚度为“t”的切片，开关控制器闭合所有控制各列中 70a 行的各个检测器元件输出的开关。当产生多个相同厚度的切片时，开关控制器闭合相应的开关，并且信号合并器以预定的方式合并信号以便获得代表多个切片的数据值。

应该理解，Z 轴准直仪 30 可以确定各个不同厚度切片的切片厚度和多个切片的组合厚度，以及各列中哪些开关被闭合。在这一点上，当基于一个或多个检测器元件的整个检测器面积产生为切片时，Z 轴准直仪可以设为最大厚度以便投射到整个阵列，且切片厚度仅由开关控制器控制，仅由控制射线束的厚度来控制。但是，通过使用二者，可以在更大程度上控制切片的厚度（因为如上所述可以照射检测器元件的检测面积的部分），而且将辐射照射量降低至一次具体扫描的必要水平。

当使用开关时，本设计的优点在于每列的开关数目比，例如，提供使用正方形元件的用来获得相同结果的检测器阵列大大减少了。而且，通过使用不同长度的序列编码获得了较那些使用统一尺

寸的检测器元件阵列的 2D 排列更大的 X 射线转换效率。

尽管在这里描述了第三代机器的实施例，本发明还可用于第四代机器的设计。在第四代机器的中，检测器通常以相同的角增量被固定地放置在台架支座 14 上。当平台 12 沿 Z 轴旋转时，源 20 和平台一起旋转，使得射线束投射向不同的检测器。根据本发明的一个方面，在台架支座 14 上提供的作为列的检测器元件大致与 Z 轴平行，在相应的增量位置处各列的相应的相同检测器元件排布在垂直于旋转轴的平面上。

不需脱离其的实质和主要特性，本发明可以以其它形式实施。因此本实施例应该被认为是示意性的而不是限定性的，本发明的范围由附加的权利要求面非前而的描述来说明，因此所有在与权利要求等同的含义和范围出现的变化都将在其中包含。

说 明 书 附 图

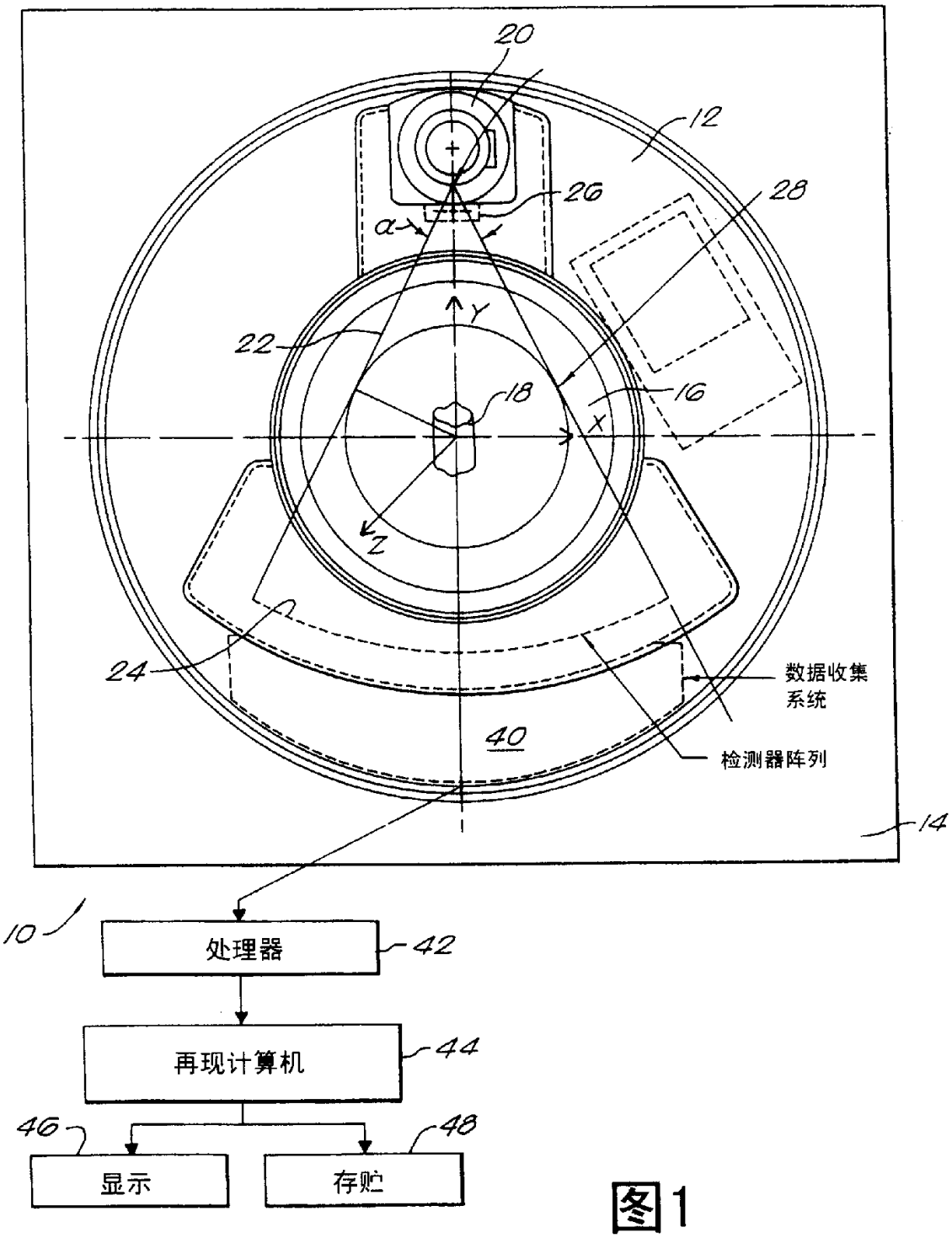

20
12
26
28
a
Y
22
18
16
X
Z
24
数据收集
系统
40
检测器阵列
14
10
处理器
42
再现计算机
44
46
48
显示
存贮

图1

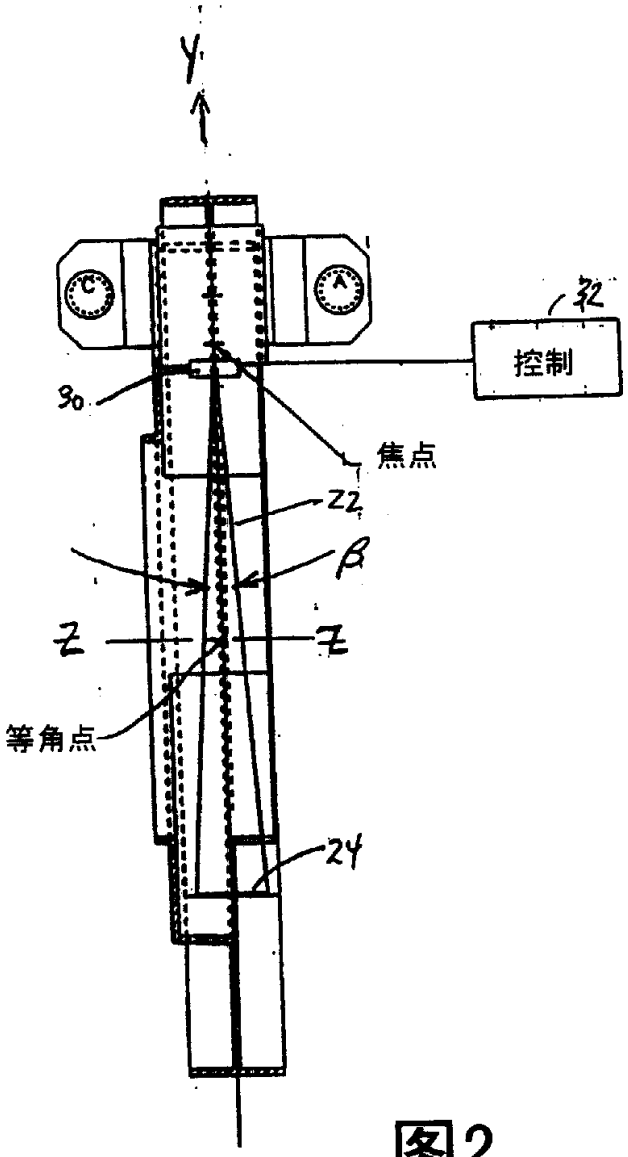


图2

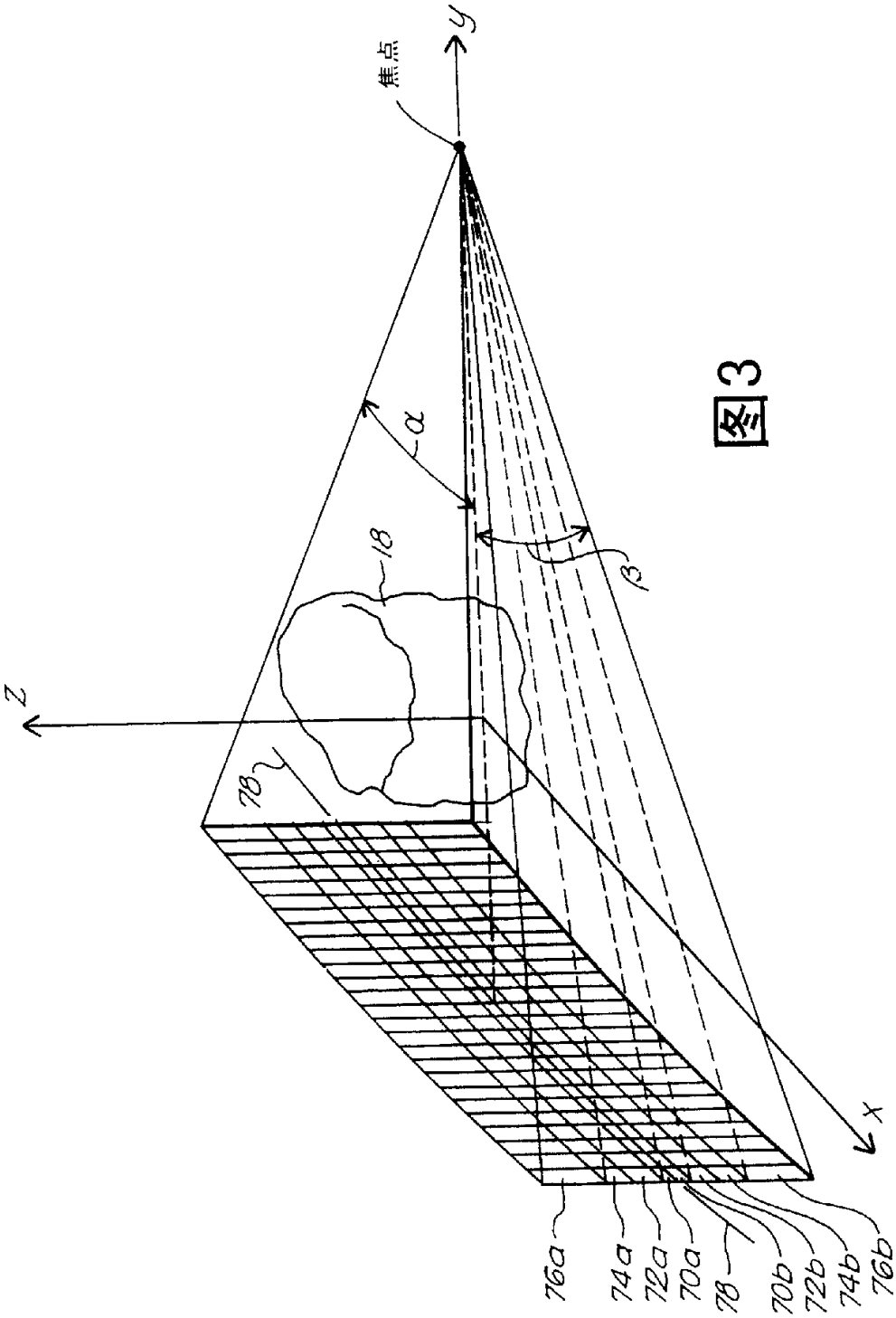


図3

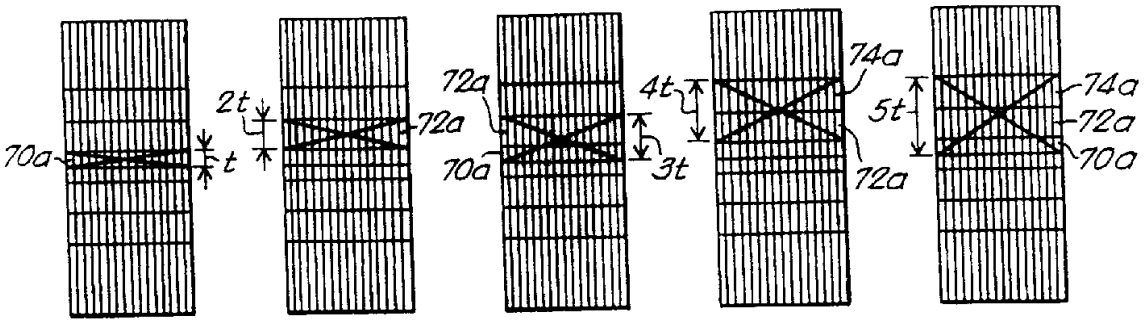


图5A 图5B 图5C 图5D 图5E

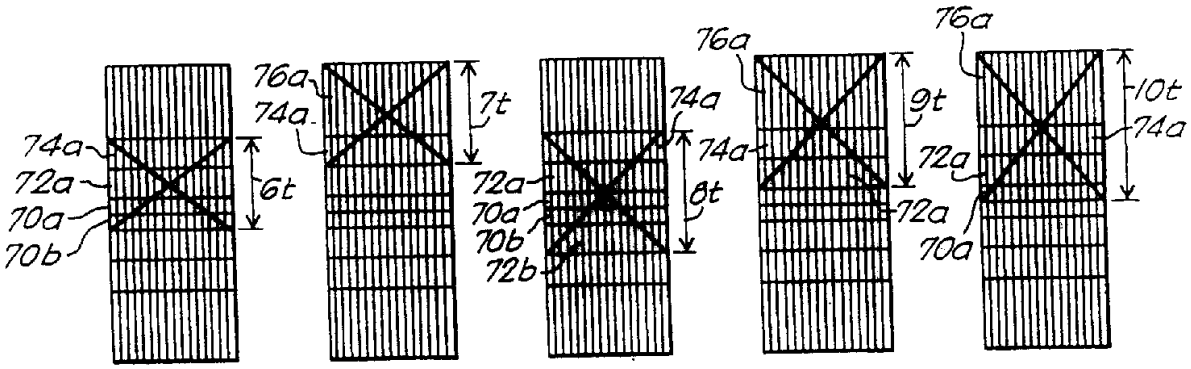


图5F 图5G 图5H 图5I 图5J

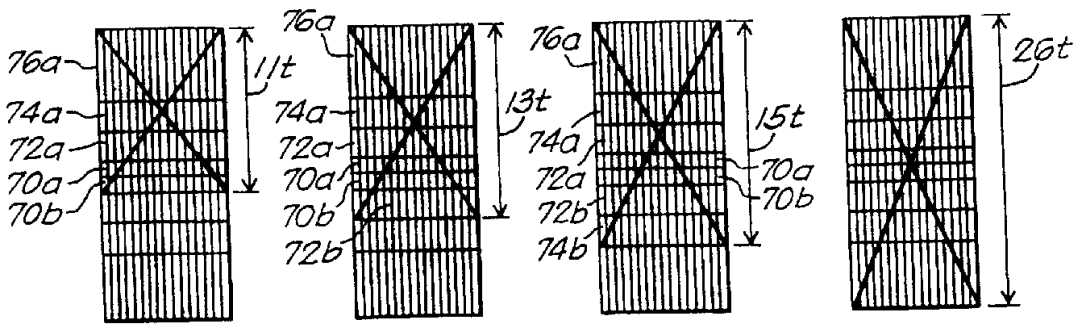


图5K 图5L 图5M 图5N

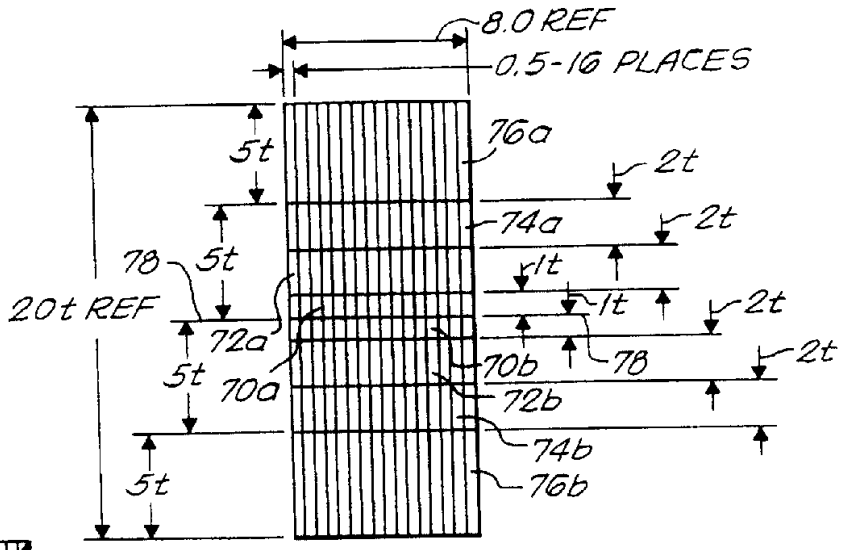

8.0 REF
0.5-16 PLACES
5t
76a
2t
74a
2t
78
5t
1t
20t REF
1t
2t
72a
78
2t
5t
70a
70b
72b
74b
5t
76b

图4

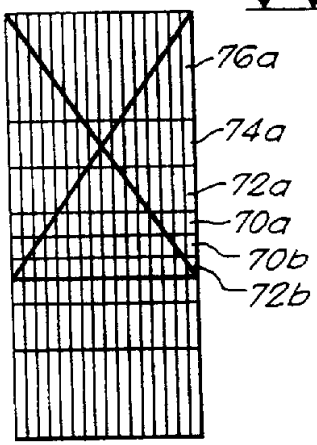

76a
74a
72a
70a
70b
72b

图6

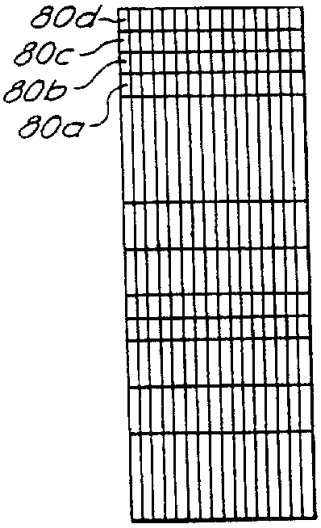

80d
80c
80b
80a

图7

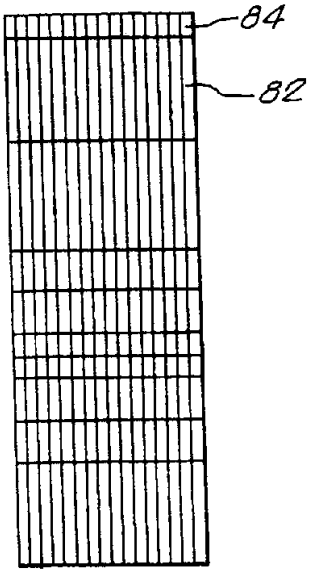

84
82

图8

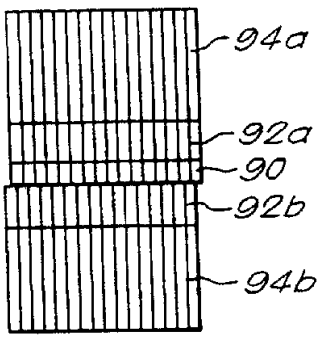

94a
92a
90
92b
94b

图9

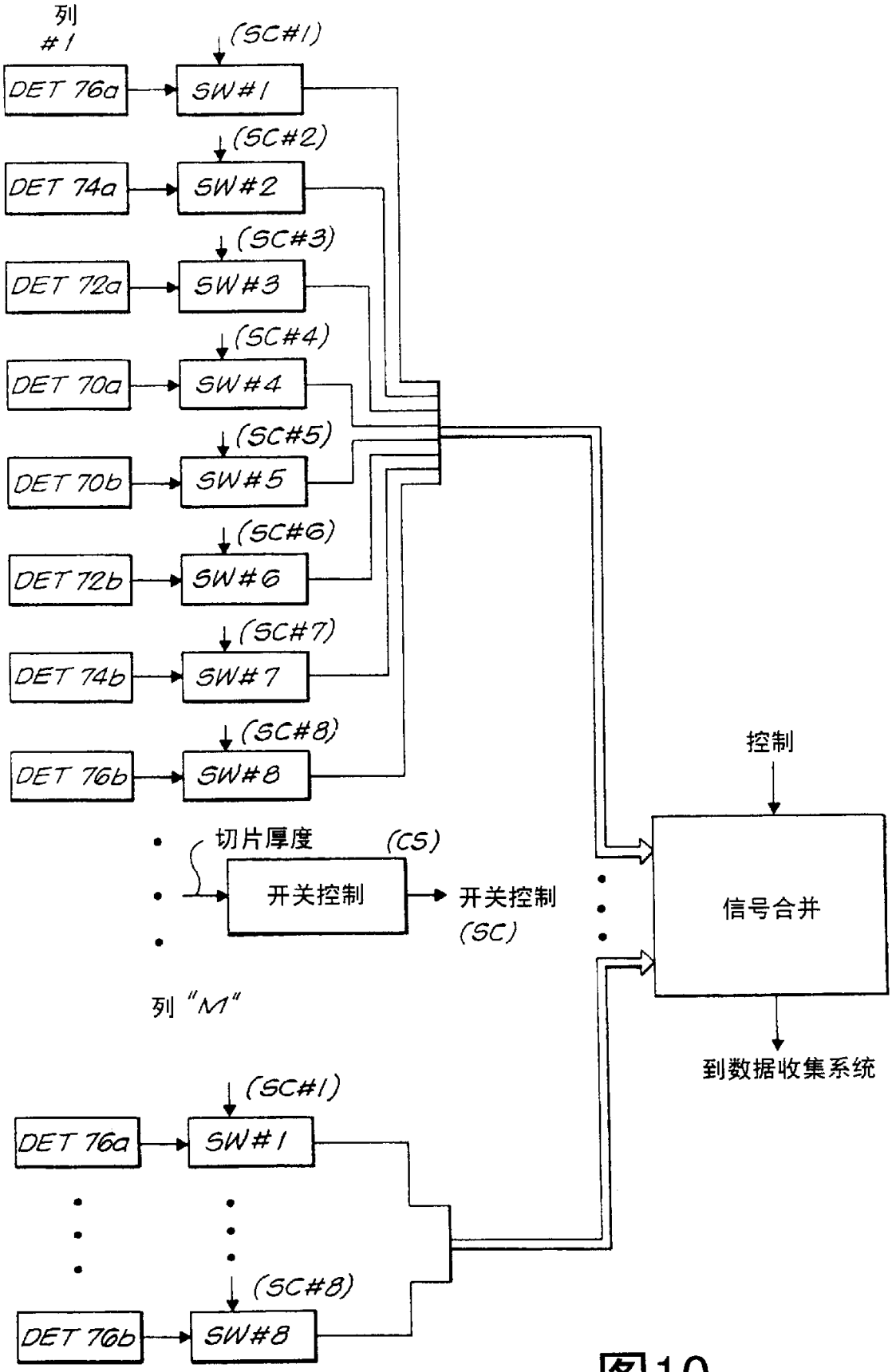

列
#1
(SC#1)
DET 76a
SW#1
(SC#2)
DET 74a
SW#2
(SC#3)
DET 72a
SW#3
(SC#4)
DET 70a
SW#4
(SC#5)
DET 70b
SW#5
(SC#6)
DET 72b
SW#6
(SC#7)
DET 74b
SW#7
(SC#8)
DET 76b
SW#8
切片厚度
(CS)
开关控制
开关控制
(SC)
列 "M"
控制
信号合并
到数据收集系统
(SC#1)
DET 76a
SW#1
(SC#8)
DET 76b
SW#8

图10