



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410063931.2

[43] 公开日 2004 年 12 月 29 日

[11] 公开号 CN 1558372A

[22] 申请日 2004. 2. 13

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

[21] 申请号 200410063931.2

代理人 马 莹 邵亚丽

[30] 优先权

[32] 2003. 2. 13 [33] DE [31] 10306016. 2

[71] 申请人 西门子公司

地址 联邦德国慕尼黑

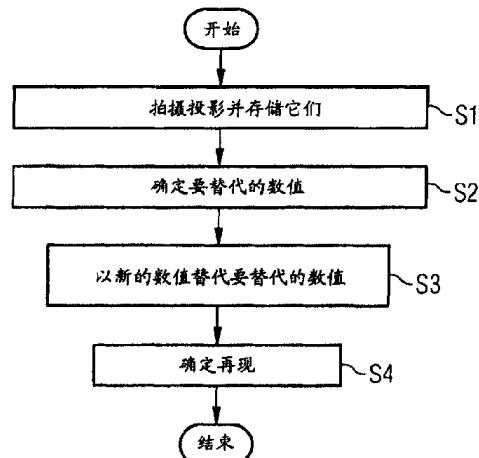
[72] 发明人 托马斯·布鲁纳 斯蒂芬·贝姆
乔基姆·霍尼格尔
克里斯琴·纽梅尔

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 10 页

[54] 发明名称 用于再现三维对象的确定方法

[57] 摘要

本发明公开了一种用于三维对象(4)再现的确定方法，其根据借助摄影装置(1, 2)拍摄的对象(4)的若干投影(P)进行。每个投影(P)包括一由位置上相关的数值构成的数据组。将投影(P)向计算机(6)预先给定。投影(P)的数值的第一部分以新的数值替代，投影(P)的数值的第二部分保持不变，这样得到改变了的投影(P')，计算机(6)根据改变了的投影(P')确定对象(4)的再现。



- 1、一种用于再现三维对象(4)的确定方法，其借助于由摄影装置(1, 2)拍摄的对象(4)的若干(N)投影(P)，其中，每个投影(P)包括一个由位置上相关的数值构成的数据组，
- 其中，将拍摄的投影(P)向计算机(6)预先给出，
- 其中，将投影(P)的数值的第一部分以新的数值替代，而投影(P)的数值的第二部分保持不变，由此得到改变的投影(P')，
- 其中，由计算机(6)根据该改变的投影(P')确定再现。
- 10 2、根据权利要求1所述的确定方法，其特征在于，对于每个拍摄的投影(P)，由用户(7)向计算机(6)预先给定哪些数值是要替代的。
- 15 3、根据权利要求1所述的确定方法，其特征在于，由用户(7)向计算机(6)预先给定对于至少两个拍摄的投影(P)，最好是正好两个，哪些数值是要替代的，计算机(6)依据这些预先给定的值自动确定在其他拍摄的投影(P)中哪些数值是要代替的。
- 20 4、根据权利要求1所述的确定方法，其特征在于，计算机(6)依据所述拍摄的投影(P)确定暂时的再现，由用户(7)向计算机(6)预先给出在该暂时再现中三维空间的至少一个位置，计算机(6)依据该至少一个位置自动确定所述拍摄投影(P)中要替代的数值。
- 5、根据权利要求1所述的确定方法，其特征在于，计算机(6)依据投影(P)的数值自动确定要替代的数值。
- 25 6、根据权利要求5所述的确定方法，其特征在于，对于每个拍摄的投影(P)，由用户(7)向计算机(6)预先给出至少一个本身在位置上连续的区域(13)，计算机(6)仅在该区域(13)的内部或者外部来确定要替代的数值。
- 7、根据权利要求5所述的确定方法，其特征在于，
- 对于至少两个拍摄的投影(P)、优选正好是两个，由用户(7)向计算机(6)至少预先给出一个本身在位置上连续的区域(13', 13'')，
- 关于这些拍摄的投影(P1, P2)，计算机(6)仅在该区域(13', 13'')的内部或者外部来确定要替代的数值，以及
- 计算机(6)依据该预先给出的区域(13', 13'')在其他拍摄的投影(P)中自动确定，其要在哪个区域(13)的内部或者外部来确定要替代的数值。

- 8、根据权利要求 5 所述的确定方法，其特征在于，
- 计算机(6)依据所述拍摄的投影(P)确定暂时的再现，
- 由用户向计算机(6)在该暂时的再现中预先给出至少一个在三维空间
中本身在位置上连续的区域(14)，
5 - 计算机(6)依据该区域(14)确定拍摄的投影(P)中的对应区域(13)，并且
- 计算机(6)仅在该对应的区域(13)的内部或者外部确定要替代的数值。
9、根据权利要求 5-8 之一所述的确定方法，其特征在于，计算机(6)
仅依据要替代的数值本身来确定要替代的数值。
10、根据权利要求 5-8 之一所述的确定方法，其特征在于，计算机(6)
10 依据要替代的数值本身和位置上相邻的数值，尤其是位置上直接相邻的数
值来确定要替代的数值。
11、根据权利要求 1-10 之一所述的确定方法，其特征在于，所述拍摄
的投影(P)是一维投影。
12、根据权利要求 1-10 之一所述的确定方法，其特征在于，所述拍摄
15 的投影(P)是二维投影。
13、根据权利要求 1-12 之一所述的确定方法，其特征在于，所述拍摄
的投影(P)是平行投影。
14、根据权利要求 1-12 之一所述的确定方法，其特征在于，所述拍摄
的投影(P)是透视投影。
20 15、根据权利要求 1-14 之一所述的确定方法，其特征在于，对于每个
投影(P)，由计算机(6)依据位置上在要替代的数值的周围的保持不变的数值
来自动确定新的数值。
16、根据权利要求 1-14 之一所述的确定方法，其特征在于，对于每个
投影(6)确定要替代的数值的掩码，对于每个投影(P)确定保持不变的数值的
25 幅相谱和掩码，以及对于每个投影(P)依据该保持不变的数值的幅相谱和掩
码自动确定新的数值。
17、一种计算机程序，其存储在数据载体 (9) 上，用来实施前述权利
要求之一的确定方法。
18、一种计算机，其如此编程，使得借助它可实施根据权利要求 1-16
30 中之一的确定方法。

用于再现三维对象的确定方法

5 技术领域

本发明涉及一种用于再现三维对象的确定方法，其根据借助摄影装置拍摄的对象的一些投影进行，其中，每个投影包括由与位置有关的数值构成的数据组，其中，将拍摄的投影送至计算机，由此确定再现。

此外，本发明还涉及一种存储在数据载体上的用来实施这种方法的计算机程序以及一种计算机，其如此编程，使得这种方法可借助它来实施。

背景技术

这种确定方法一般来说众所周知。它例如用在计算机层析造影和在3D-血管造影术中。

15 在现有技术的做法中，尤其是在通过对象的金属部分时，常会出现伪影。根据具体情况的位置，这些伪影可能不会造成干扰，或者虽然造成干扰但可忍受，或者不可接受。

发明内容

20 本发明的目的在于，对三维对象再现的确定方法这样进行改进，使得减少伪影，并且在许多情形下甚至可大大消除。

本发明的目的是这样实现的，即，投影的数值的第一部分以新的数值替代，投影的数值的第二部分保持不变，这样得到改变了的投影，由计算机根据改变了的投影确定再现。

25 本发明以以下知识为基础，即伪影可这样轻松避免，即用于确定再现的初始数据即投影已经过适当整理。

在最简单的情形下，对于每个拍摄的投影，由用户向计算机预先给定那些要替代的数据。这种方法虽然有效，但使用起来费力且奢侈。

比较舒适的是，用户为计算机预先给定至少两个、优选地正好两个拍摄的投影，哪些数值是要替代的，计算机依据这些预先给定的值自动确定其他拍摄的投影中要替代的数值。优选地，两个最初提到的投影相互连接

成一个角度，其接近 90°。

作为另一种选择，除了预先给定在两个投影中要改变的数值，还可以使计算机依据拍摄的投影确定一暂时的再现，由用户向计算机预先给出在该暂时的再现中至少一个三维空间的位置，计算机依据该至少一个位置自动确定拍摄的投影的要替代的数值。
5 动确定拍摄的投影的要替代的数值。

除了由用户手工预先给定要替代的数值，还可以由计算机依据投影的数值自动确定要替代的数值。在此，原理上可行，由计算机在总的投影中确定要替代的数值。但更好的是两级的、交互式的做法。在此，在第一级，由用户向计算机预先给出至少一个本身在位置上连续的区域，然后，计算机在该区域内部或者外部确定要替代的数值。
10

类似于手工预先给定要替代的数值，还可以对于每个拍摄的投影，由用户向计算机预先给出至少一个本身在位置上连续的区域，然后，计算机仅在该区域的内部或者外部来确定要替代的数值。

当在此预先给出若干个位置上彼此分开、但本身在位置上相关联的区域时，则这些区域可以借助或逻辑运算或者借助与逻辑运算相关联。当要替代的数值仅在预先给出的区域内确定时，这些区域为或相关。当要替代的数值仅在预先给出的区域外确定时，这些区域为与相关。
15

同样，类似于预先给定要替代的数值，它也可能更舒适，即对于至少两个、优选的是正好两个拍摄的投影由用户向计算机至少预先给出一个本身在位置上连续的区域，关于这些拍摄的投影，计算机仅在该区域的内部或者仅在该区域的外部确定要替代的数值，计算机依据该预先给出的区域在其他拍摄的投影中自动确定其要在哪个区域的内部或者外部来确定要替代的数值。这里，也优选地是，两个最初提到的投影基本上相互包含一个直角。
20

在此，也可以采取另一种方式，即计算机依据拍摄的投影确定暂时的再现，由用户向计算机预先给出在该暂时的再现中三维空间的至少一个在位置上连续的区域，计算机依据该区域确定拍摄的投影中的对应的区域，并且仅在该对应区域的内部或者外部来确定要替代的数据。
25

为了确定要替代的数值，可以由计算机仅依据要替代的数值本身来自动地确定。例如，计算机可将该数值与事先确定的或者为计算机事先给定的阈值进行比较。
30

而更好的是，由计算机依据要替代的数值自身和位置上相邻的数值，尤其是位置上直接相邻的数值来确定要替代的数值。在此情形下，例如通过比较直接相邻的数值与静态或者动态阈值的差值来进行边缘检测。然后，可以以已知的方式填充如此得到的封闭平面。还可以进行其他的必要时需附加实施的预处理，例如可以扩展预先给定数目的或者由参数设置数目的相邻数值。

投影可以是任意性质的。尤其可以是（例如在计算机层析造影中）是一维或者二维（例如在3D-血管造影中）的。还可以是平行投影或者透视投影。

关于新数值，在最简单的情形下，对于每个投影，由计算机依据要替代的数值的位置周围的保持不变的数值来自动地确定新的数值。例如，可以通过周围的平均值（必要时稍微平整）来代替要替代的数值。

但优选地，对于每个投影确定要替代的数值的掩码，对于每个投影确定保持不变的数值的幅相谱（Ortsspektrum）和掩码，以及对于每个投影由计算机依据保持不变的数值的幅相谱和掩码来自动地确定新的数值。特别地，由此可以进行自适应滤波或者中值滤波。也可以进行其他类型的滤波，如 Til Aach 和 Volker Metzler 的论文“Defect Interpolation in Digital Radiography-How Object-oriented Transform Coding Helps（数字X射线摄影中的缺陷内插-面向对象的变换编码的作用”发表在会议录 SPIE 第 4322 卷（2001）第 824-835 页中说明。

附图说明

本发明的进一步的优点和细节由以下结合附图给出的实施例说明。在此展示了原理图：

图 1 示出了一医学成像设备，
图 2 是旋转平面的俯视图，
图 3 示出了对投影的解释，
图 4 是一流程图，
图 5 是一投影，
图 6 是要替代的数值的掩码，
图 7-10 是流程图，

图 11 示出了三角测量的原理,
 图 12-15 是流程图,
 图 16 示出了对投影的解释,
 图 17 和 18 是流程图,
 5 图 19 是再现的投影。

具体实施方式

根据图 1-3, 产生图像的医疗设备有 X 射线源 1 和 X 射线探测器 2。射线源 1 和射线探测器 2 构成拍摄装置。它们可绕共同的旋转轴 3 旋转。在 10 旋转轴 3 的区域设置要被透视的三维对象 4 (例如人或者人的身体部分)。

射线源 1 基本上构成为点状。因此, 由射线探测器 2 拍摄的投影 P 基本上是对象 4 的透视投影。但在适当设置 X 射线源 1 时, 投影 P 也可以是平行投影。

如由图 3 可以特别看到的, X 射线探测器 2 包含传感器 5 的二维排列。 15 因此由 X 射线探测器 2 提供的投影 P 是二维投影。因此每个投影 P 相应于一个具有多个与位置有关的数值 f_{ij} 的数据组。原则上, X 射线探测器 2 也可以仅具有一行传感器。在此情形下, 投影 P 是一维投影。

成像医疗设备可以例如是 X 射线设备。根据图 1-3, 它是 X 射线-血管造影设备。但也可以使用其他成像医疗设备, 例如计算机层析造影仪。

20 成像医疗设备由计算机 6 控制。而计算机 6 本身又在用户 7 的命令下运行。计算机 6 除了控制其他以外, 控制 X 射线源 1 和 X 射线探测器 2 绕旋转轴 3 的 (联合) 旋转。此外, 在旋转期间, 它还控制 X 射线源 1, 从而发出射线。另外, 它还读入由射线探测器 2 拍摄的投影 P。

如图 2 所示, 通常旋转绕旋转角 α 进行。在旋转期间, 每扫描过一个 25 增量角 β , 将投影 P 读入到计算机 6 中。根据图 2, 旋转角约为 90° 。但旋转角 α 通常比 90° 大, 多数情况下甚至比 180° 大。因此, 在拍摄有足够的投影 P 时, 可根据 Feldkamp 算法进行对象 4 的三维再现。

30 旋转角 α 与增量角 β 的比确定了拍摄的投影 P 的数量 N。数量 N 通常在 40-400 之间。如已提及的, 每个投影 P 构成一个与位置相关的数值 f_{ij} 的数据组。

依据投影 P 计算机 6 确定对象 4 的再现。计算机 6 还依据数值 f_{ij} 确定

体积数据组 V_{xyz} ，其在理想的情况下与对象 4 相同。这种方法已经公知。例如已经提到的 Feldkamp 算法，其例如在 L.A.Feldkamp, L.C.Davis 和 J.W.Kress 发表在 JOSAA1, 612(1984) 的论文“Practical Cone-beam Algorithm (实用锥面光束算法)”中有说明。

5 为了实施确定方法以及控制成像医疗设备，计算机 6 用计算机程序 8 编程。计算机程序 8 事先通过其存储于其上的数据载体 9 提供给计算机。数据载体 9 可以例如是 CD-ROM，在其上计算机程序 8 以仅机器可读的形式存储。但也可以是其他数据载体 9，例如纸上的清单。计算机程序 8 也可远程加载。在此情形下，数据载体 9 是服务器的硬盘或者类似的存储介质。

10 为了确定同样是三维对象 4 的三维再现，计算机 6 实施此后将结合图 4 详细解释的方法。在此，作为补充，也参考图 1-3 以及图 5 和 6。图 4 步骤顺序的细节将结合图 7-18 详细解释。

15 根据图 4，计算机 6 首先在步骤 S1 拍摄投影 P 并将其进行内部存储。替代地，除了拍摄投影 P，还可以将投影 P 预先提供给计算机 6。因此，计算机 6 不必一定亲自控制投影 P 的拍摄。

图 5 举例示出了人的头盖骨的投影 P 或者照片。在该拍摄中，X 射线源 1 位于人的后脑勺的后面。X 射线探测器 2 设置在人的面部前。在图 5 中可清楚地辨认出人的牙齿区域 10 的阴暗带。

20 而后，在步骤 S2，确定要替代的数值（局部地）。关于确定要替代的数值的细节以后还要仔细讨论。

而后，在步骤 S3，用新的数值代替要替代的数值。关于数值的替代以后也要仔细讨论。其他不要替代的数值保持不变。计算机 6 生成改变的投影 P' 。

25 图 6 示出了图 5 投影 P 的要替代的数值。它一方面是位于牙齿区域 10 的部分，另一方面是位于人的耳朵区域 11、11' 的数值。

在步骤 S4，计算机 6 依据改变的投影 P' 确定对象 4 的再现。再现的确定是根据已知的再现算法，例如根据已经说过的 Feldkamp 算法进行的。

30 按照图 4 方法的步骤 S2 可以采取根据本发明确定方法的简单形式实现，如图 7 所示。根据图 7，在步骤 S5，计算机在显示设备 12 上再现投影 P，例如按照图 5 的投影。而后用户 7 预先给定那些要替代的数值。计算机 6 于是在步骤 6 接收要替代的数值的位置。用户 7 可以例如通过光标位置的

移动和点击命令的输入进行标记。

而后计算机 6 在步骤 S7 检查，是否还必须处理其它投影 P。如果是这种情况，则它分支到步骤 S8 并在那儿选择下一个投影 P。而后计算机从步骤 S8 又转向步骤 S5。而当所有的投影 P 处理完后，就从步骤 S7 退出图 7 5 的程序。在此情形下，继续进行图 4 的步骤 S3。

如尤其由图 3 可以清楚的看到的，投影 P 的每一点相应于空间的一投影线。因此投影 P 的点的选取确定空间的线。替换地，除了根据图 7 的做法，还可以根据本发明的确定方法采用较为舒适的方式，首先在步骤 S9 中 10 在显示设备 12 上再现第一投影 P1，在步骤 S10 中接收第一投影 P1 中的位置。在此，步骤 S9 和步骤 S10 在内容上与图 7 中的步骤 S5 和 S6 相对应。

而后，在步骤 S11 在显示设备 12 上再现第二投影 P2。关于这些投影 P2，计算机 6 也在步骤 S12 接收要替代的数值的位置。步骤 S11 和 S12 在内容上也与图 7 中的步骤 S5 和 S6 相对应。

通过这些过程，计算机 6 可在步骤 S13 确定第一和第二投影 P1、P2 的 15 相应投影线相交的空间位置。而后，由交叉点定义的空间位置可以在其它投影 P 中反映出来。由此，在步骤 S14 中，可由计算机 6 自动确定在其他投影 P 中的该位置。因此用户 7 在根据图 8 的过程中将不必再预先给定 N=40...400，而仅需关于两个投影 P1、P2 预先给定要替代的数值。

按照图 8 的过程可以通过同时显示两个投影 P1，P2 而有效地实现。在此，可以在各自的显示设备 12 上显示，也可以在一个显示设备 12 上的两个窗口中显示。然后，在例如投影 P1 中预先给定的点将导致自动显示投影 P2 中对应的线。通过在这些线上标记的点可以唯一地确定空间上的一个位置（例如见图 3 的箭头）或者多个位置。

最后，在按照图 9 的本发明确定方法的其他变化中，计算机 6 也可在 25 步骤 S15 根据拍摄的（未改变的）投影 P 首先确定暂时的再现。而后，该暂时的再现通过显示设备 12 显示。关于暂时的再现，计算机 6 在步骤 S16 接收由用户 7 预先给出的空间位置。关于这些位置，计算机 6 在步骤 S17 自动确定对应的位置并由此确定在拍摄的投影 P 中要替代的数值。

图 9 所示过程相对于图 8 的过程有以下优点，即尽管在按照步骤 S15 30 的暂时再现带有伪影，但这些伪影不会到处出现。因此在有些情形下，步骤 S16 和步骤 S17 完全不需要实施。而当需要实施时，用户 7 可以在步骤

S16 根据其有关可能的误差源的知识直接在空间上标出潜在的误差源。

在根据图 7-9 的过程中，由用户 7 直接或者间接确定要替代的数值。但也可由计算机 6 依据投影的数值自动确定要替代的数值。以下结合图 10-16 详细解释。

5 根据图 10，例如可类似于图 7 的步骤 S5 在步骤 S18 在显示设备 12 上显示投影 P。关于该投影 P，用户 7 至少向计算机 6 预先给定一个区域 13（见图 11）。该区域 13 本身在位置上是连续的。计算机 6 在步骤 S19 接收区域 13。该区域 13 可以例如相应于人的牙齿部分 10，见图 5 和 6。

而后计算机 6 在步骤 S20 确定投影 P 的要替代的数值的位置。在此，
10 确定由计算机 6 仅在预先给定的区域 13 内进行。可选的，确定也可只在区域 13 外进行。在确定的细节上以后还要结合图 14-16 仔细讨论。

类似于图 7，而后计算机 6 在步骤 S21 检验是否还有要显示和处理的投影 P。如果是这种情况，则计算机 6 首先分支到步骤 S22，其中它选择下一个投影 P。然后它又回跳到步骤 S18。否则的话，将退出图 10 所示的程序，
15 继续进行图 4 中的步骤 S3。

在根据图 10 的方法中，对每个投影 P 进行区域设定。而在预先给定的区域 13 内（或外）由计算机 6 自动进行确定。

根据图 10 的过程也可以采用更舒适的方式。类似于按照图 8 的过程，
20 例如又可以如图 12 所示地在步骤 S23 和 S25 通过显示设备 12（或者多个显示设备 12）显示两个投影 P1、P2 并为投影 P1、P2 预先给出区域 13'、13''，计算机 6 在步骤 S24 和 S26 中接收这些区域。通过相应的剖面图，计算机 6 在步骤 S27 可以确定一空间区域 14。然后该区域 14 由计算机 6 在步骤 S28 自动映射到其他投影 P 中。因此可以在那儿确定相应的区域 13。然后计算机 6 在步骤 S29 确定关于所有投影 P 的要替代数值的位置。对于每个投影 P，
25 在此确定仅在预先给出的或者确定的区域 13、13'、13'' 内（外）进行。

类似于图 9 所示的过程，也可以直接在空间处理。为此，根据图 13，首先在步骤 S30 确定对象 4 的暂时再现，并且通过显示设备 12 输出。然后，
30 由用户 7 向计算机 6 在暂时再现中预先给出至少一个自身在位置上连续的区域 14，该区域 14 在步骤 S31 为计算机 6 所接收。在步骤 S32，计算机 6 自动确定各投影 P 中的对应区域 13。然后在步骤 S33 计算机 6 在投影 P 的区域 13 内（或外）自动确定要替代的数值的位置。

图 14 示出通过计算机 6 自动确定要替代的数值的简单方法。根据图 14, 首先在步骤 S34 检验, 在投影 P 的位置 (ij) 上的数值是否大于阈值 SW1。如果不是这种情况, 则在步骤 S35 在位置 (ij) 设置值为 1 的掩码。否则在步骤 S36 在位置 (ij) 设置值为 0 的掩码。然后在步骤 S37 检查, 是否各投影 P 的所有位置 (ij) 都已经处理过。如果不是这种情况, 则返回到步骤 S34。否则, 将在步骤 S38 进行相应的检查后继续处理下一个投影 P 或者最后退出程序。

因此, 在图 14 所示的过程中, 要替代的数值由计算机 6 仅依据要替代的数值自身来确定。如果用户 11 预先给定了要考察的投影 P 内的区域, 则根据图 14 的方法仅在该预先给定的区域 13 内或者外实施。否则, 将对整个投影 P 实施。

图 15 示出了另一方法, 用来确定数值是否要替代或者不替代。在根据图 15 的方法中要替代的数值由计算机 6 依据要替代的数值自身并依据位置上直接相邻的数值来确定。

根据图 15, 首先在步骤 S39 确定逻辑变量 LOG 的值。当位置 (ij) 的数值与位置 (nm) 的数值之差的最大值大于阈值 SW2 时, 逻辑变量 LOG 的值为 1。在此, 下标 n 经历值 i-1, i, i+1; 下标 m 经历值 j-1, j, j+1。阈值 SW2 可以预先给定, 可由用户 7 参数化或者由计算机 6 全局或者局部地自动确定。

在步骤 S40, 检查逻辑变量 LOG 所具有的是哪些值。位置 (ij) 的掩码视在步骤 S40 的检查结果而定, 其或者在步骤 S41 中被置为 1 或者在步骤 S42 中被置为 0。

在步骤 S43, 计算机 6 检查各投影 P 的所有位置 (ij) 是否都已经被处理。如果不是这种情况, 则它又重新对新的位置 (ij) 按照步骤 S39-S42 实施该方法。否则, 计算机 6 在步骤 S44 将以 0 值填充掩码的封闭结构。因此, 如图 16 所示, 计算机 6 查找例如在投影 P 中的封闭轮廓 15, 在其上掩码始终具有 0 值。轮廓 15 内的所有数值同样是要替代的数值。这些在图 16 中通过轮廓 15 内的阴影线标明。这种确定封闭结构 15 的方法是众所周知的。

在步骤 S44 填充封闭轮廓 15 之后还可以跟着后续处理, 其在必要时在步骤 S45 实施。例如在找到的轮廓 15 上 (在必要时可以由用户确定参数)

扩展或者减少像素数量。还可以将两个过程相结合。例如将封闭的轮廓首先扩展 5 个像素，而后减少 3 个像素。在此过程中可以封闭特别小的空隙。

最后，计算机 6 在步骤 S46 检查是否所有的投影 P 都已被处理。根据 5 检查结果，或者处理下一个投影 P，或者退出程序。

预先给定或者确定（局部化）要替代的数值之后，当然还必须确定新的数值。在最简单的情形下，计算机 6 根据图 17 在步骤 S47 确定围绕要替代的数值的数值的平均值。因此，它可以确定例如围绕在图 16 的封闭轮廓 15 周围的、在轮廓 15 外的数值的平均值。而后在步骤 S48 检查是否位置(ij) 10 处的掩码是值 1。如果不是这种情况，则该数值要被代替。在此情形下位置 (ij) 处的数值将在步骤 S49 由在步骤 S47 中确定的平均值代替。

而后在步骤 S50 再次检查是否所有的位置 (ij) 都已被处理。必要时将在步骤 S46 继续处理新的位置。否则的话，计算机 6 还在步骤 S51 检查是否所有的投影 P 都已被处理。根据检查结果，或者继续处理下一个投影 P 15 或者退出该程序。

因此，在根据图 17 的方法中，对于每个投影 P，计算机 6 可以依据保持不变的数值从要替代的数值的位置环境自动确定新的数值。该过程提供了改善的再现。但可以更好，对于每个投影，实施图 18 中所示的方法。

根据图 18，首先在步骤 S52 通过傅立叶变换确定保持不变的数值的幅相谱 (Ortsspektrum)。在步骤 S53，通过傅立叶变换确定掩码的幅相谱。然后，计算机 6 在步骤 S54 依据两个傅立叶变换自动确定新的数值。 20

确定可以例如以相同方式进行，如在上面提到的 Til Aach 和 Volker Metzler 的论文中说明的。在此，这些论文的公开内容明确在本申请中引用。

为了实现确定，可以使用迭代算法。保持不变的数值假定为改变的投影 P' 和掩码的乘积。因此，在傅立叶变换后给出保持不变的数值的幅相谱和掩码的幅相谱的卷积。迭代可以逐步地确定改变的投影 P' 的频谱成分。在确定足够多的频谱线之后，通过傅立叶反变换可确定改变的投影 P'。 25

因此，借助根据本发明的确定方法，尽管在对象 4 中有伪影造成因素，但能以简单的方式得到对象 4 的良好的再现。图 19 示出了这种再现的投影。

图 1

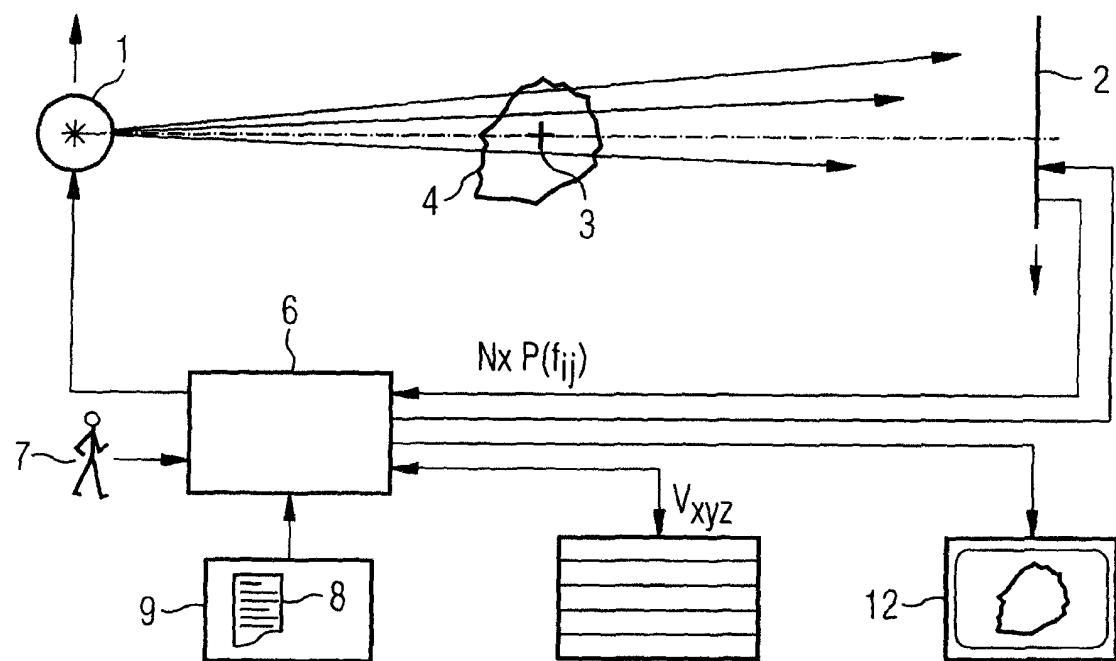
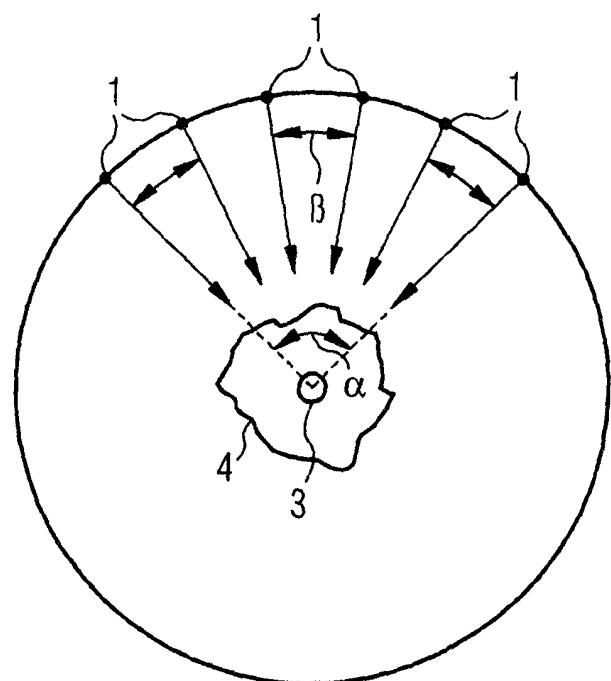


图 2



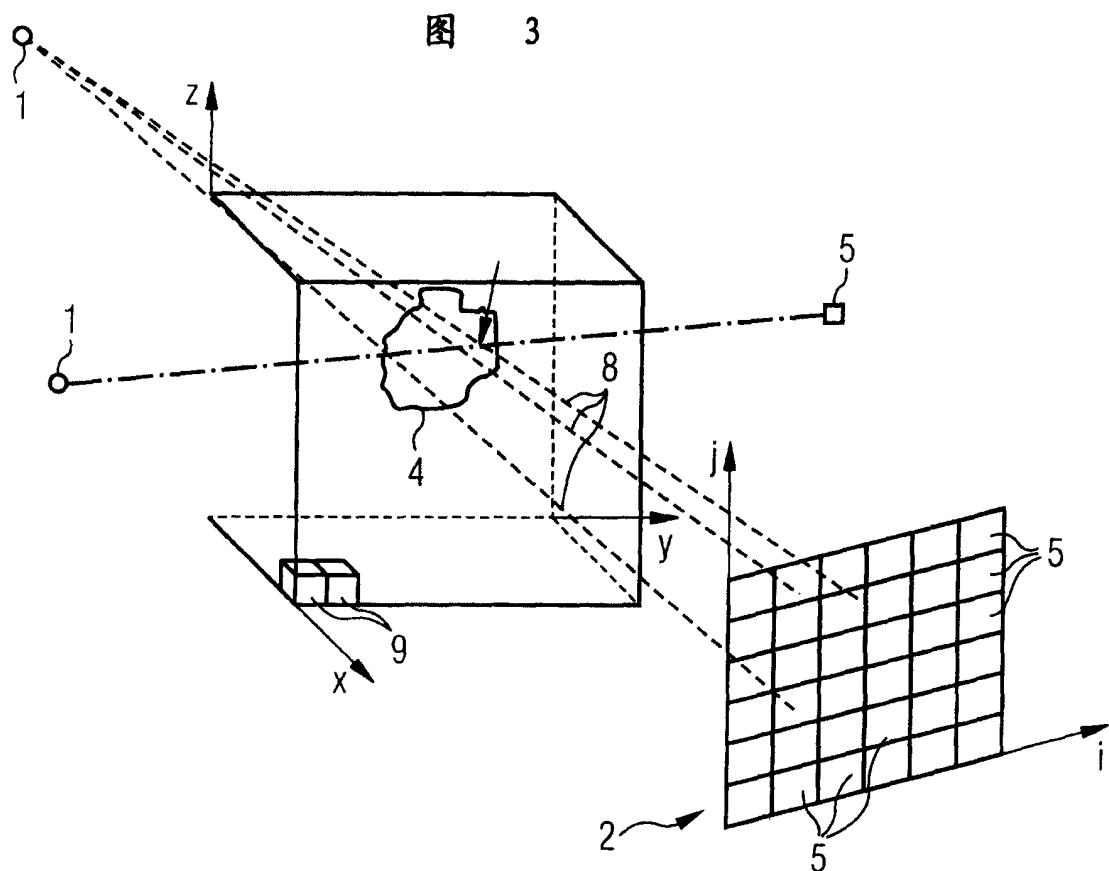


图 4

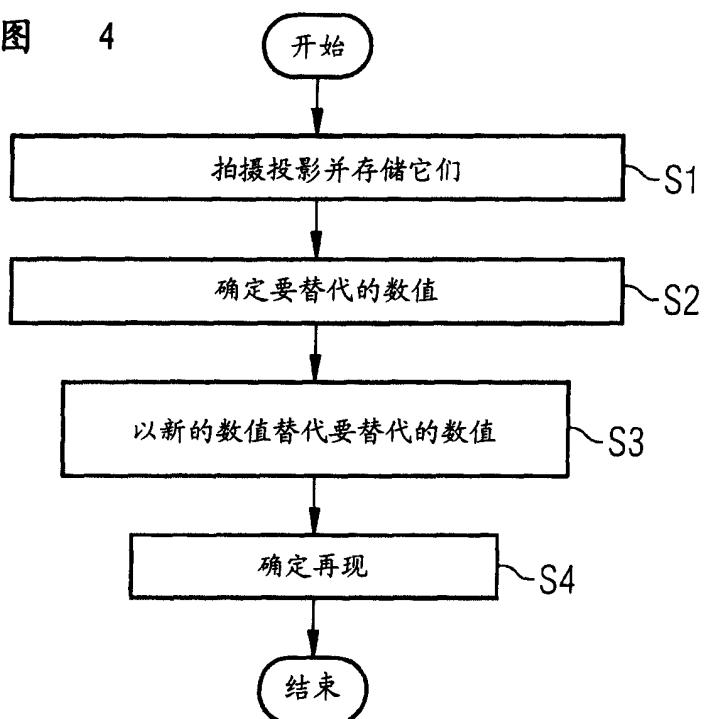


图 5

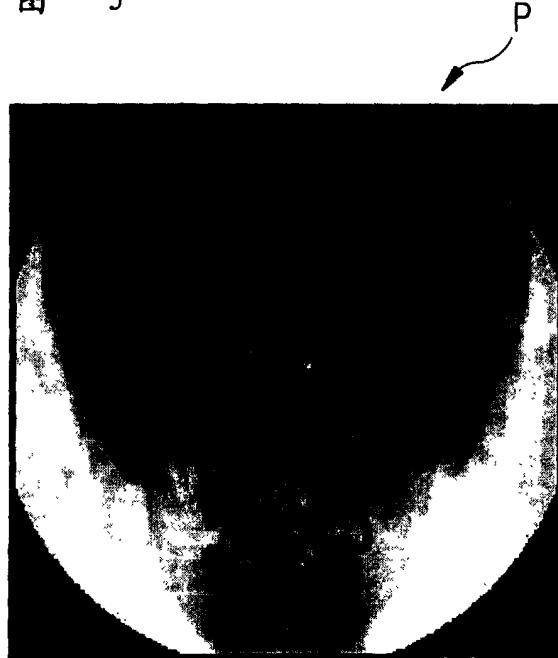


图 6

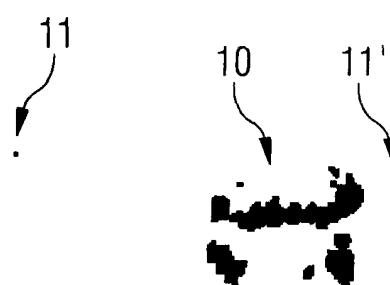


图 7

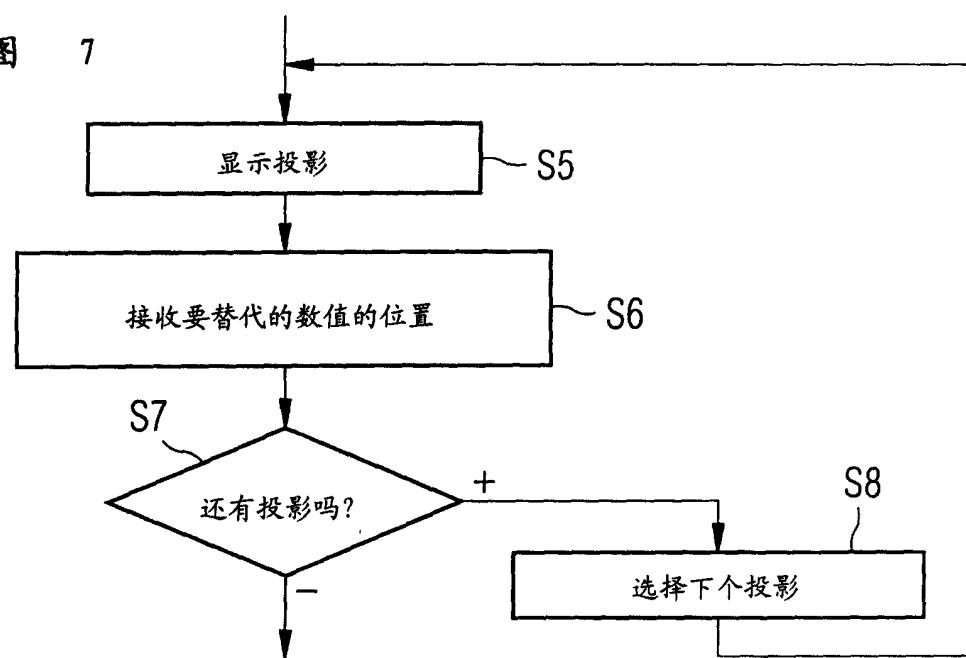


图 8

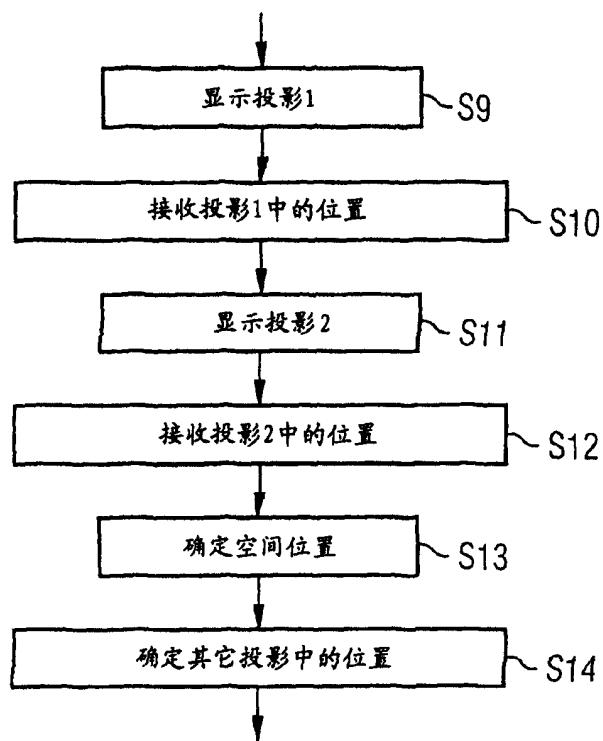


图 9

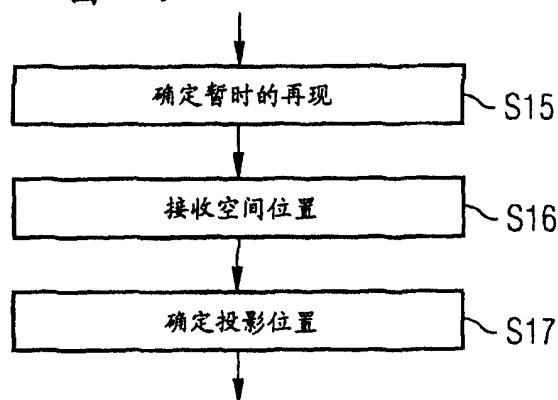


图 10

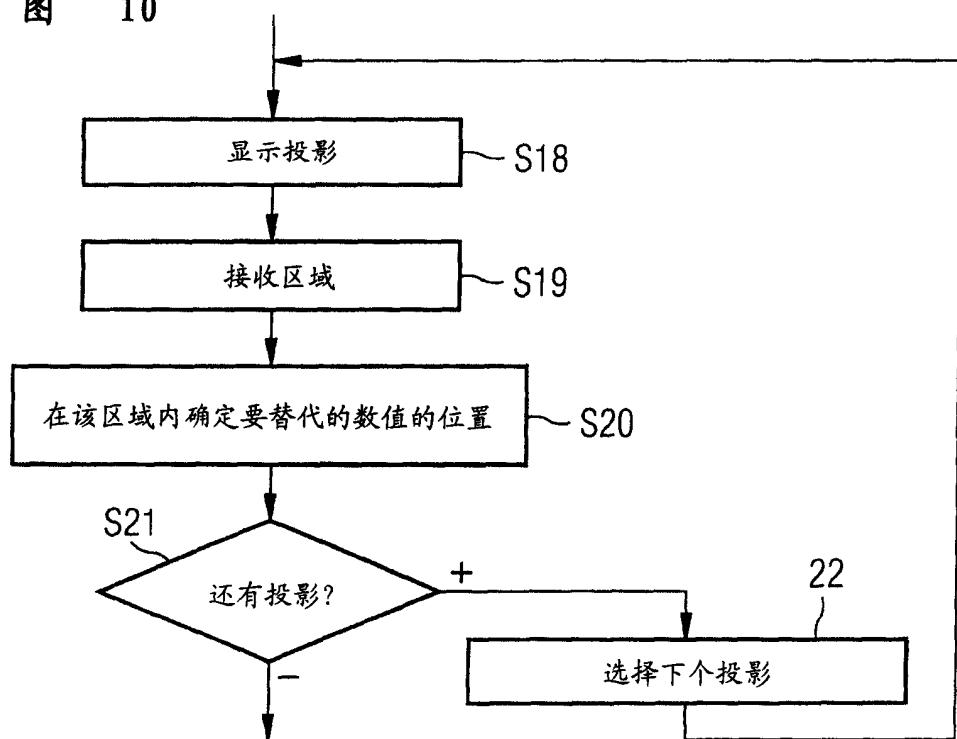


图 11

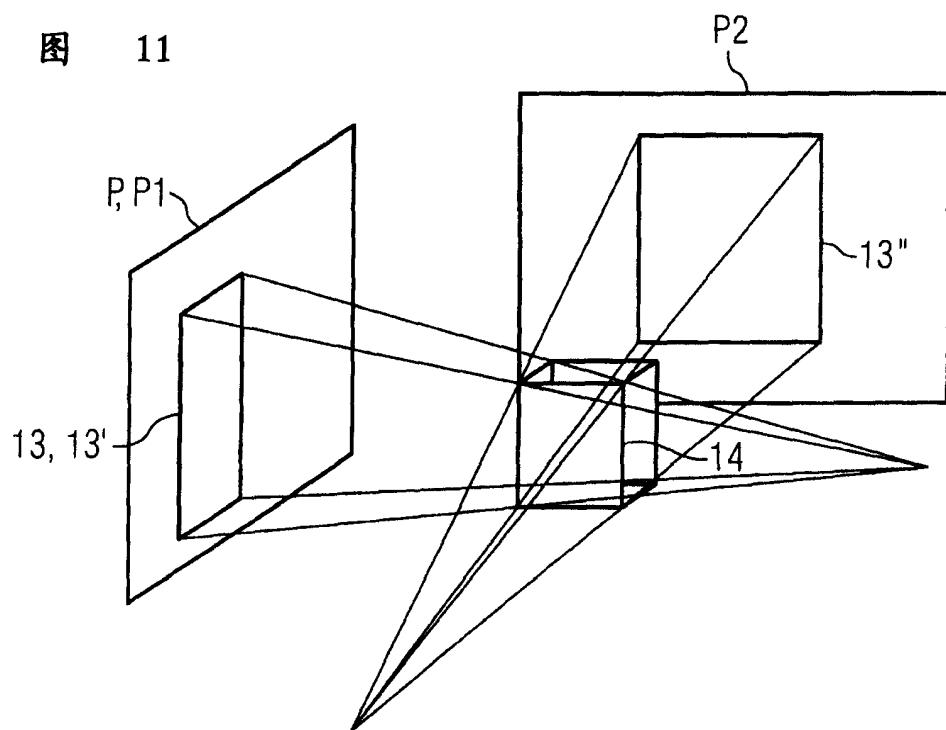


图 12

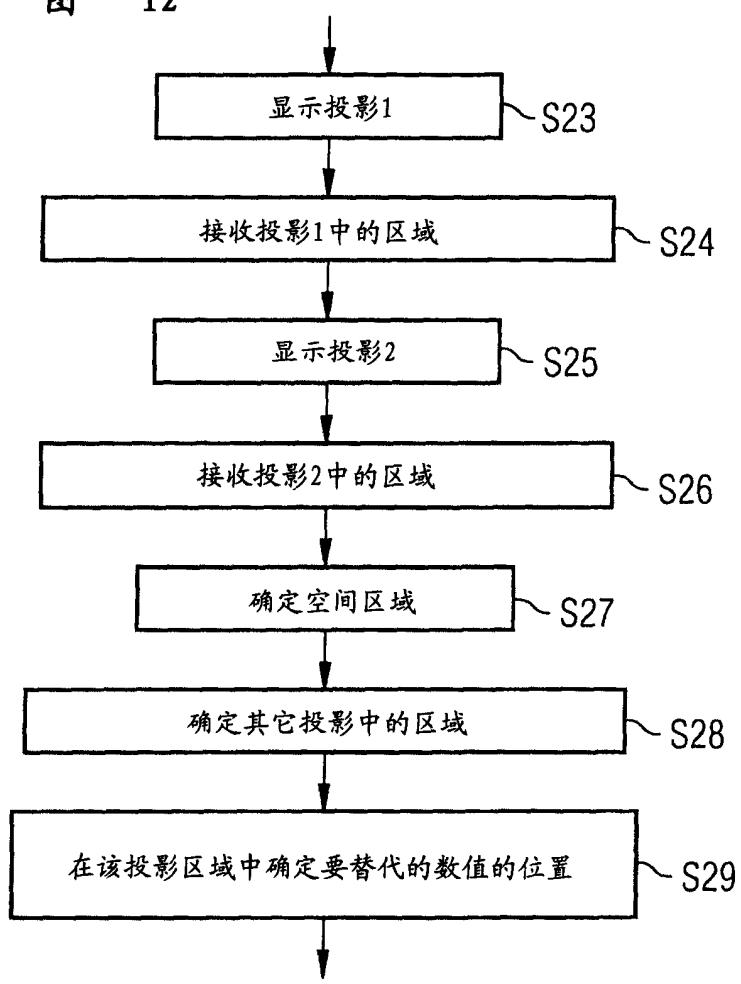


图 13

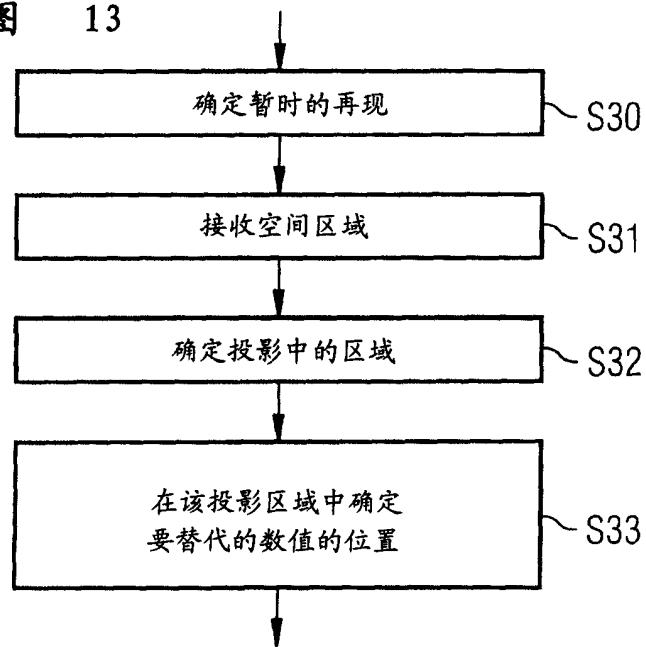


图 14

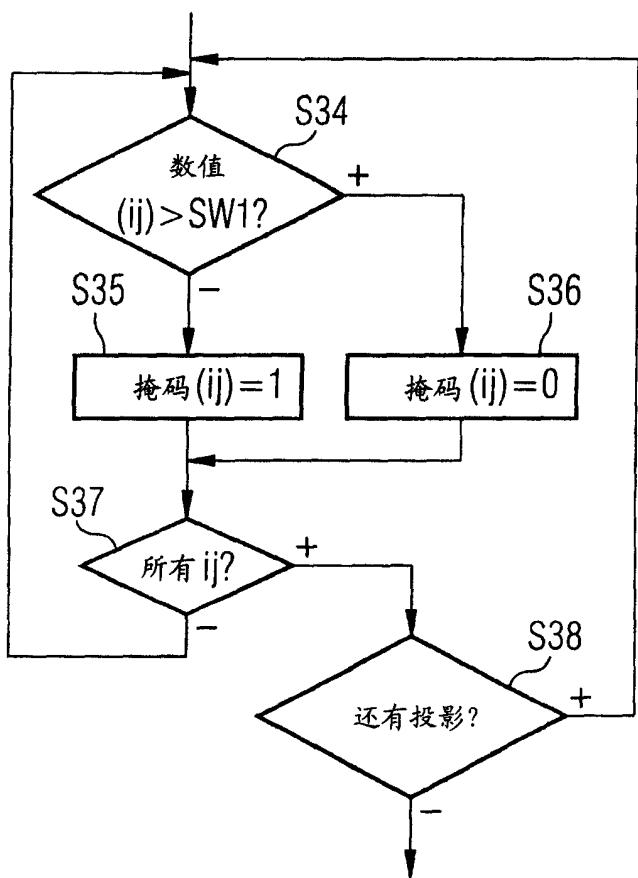


图 15

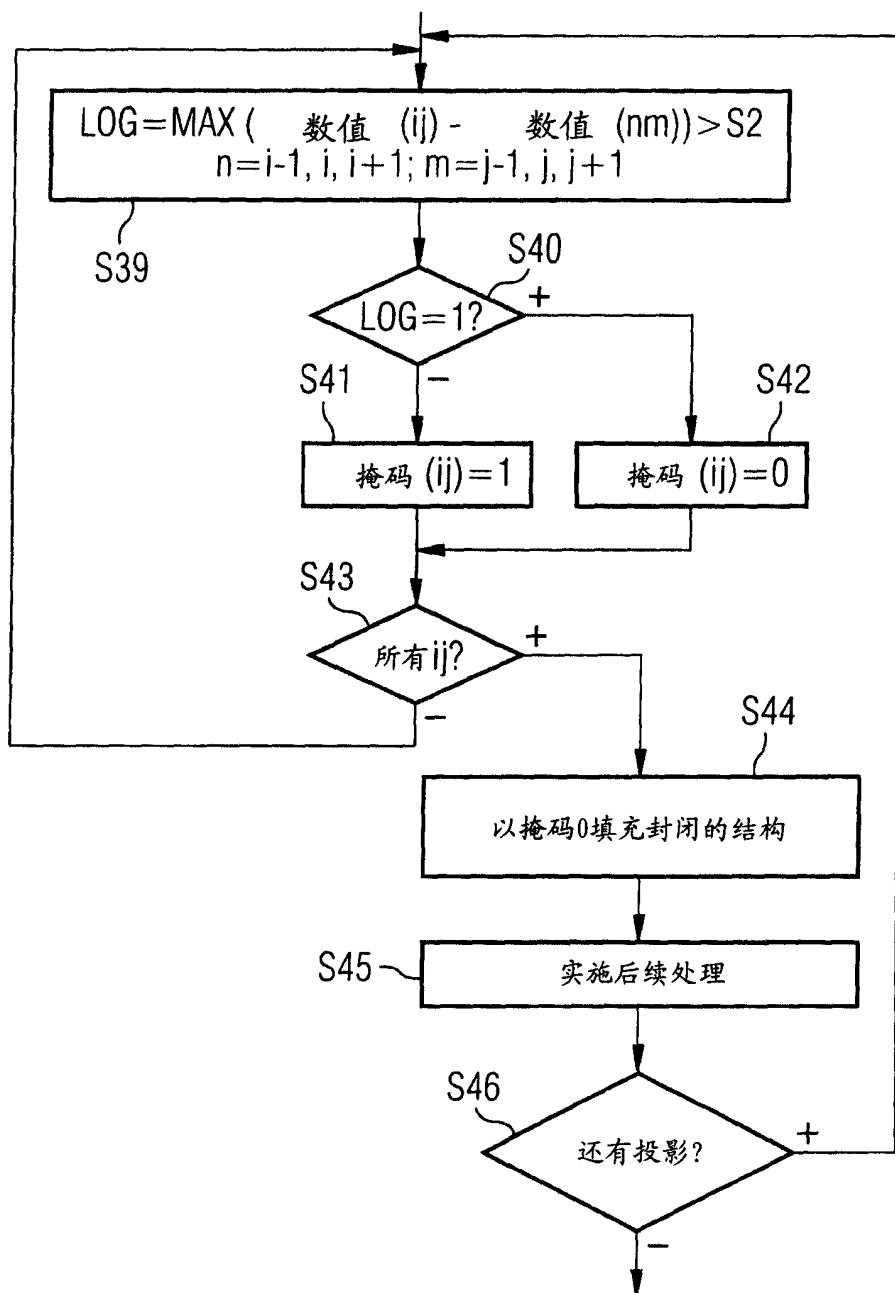


图 16

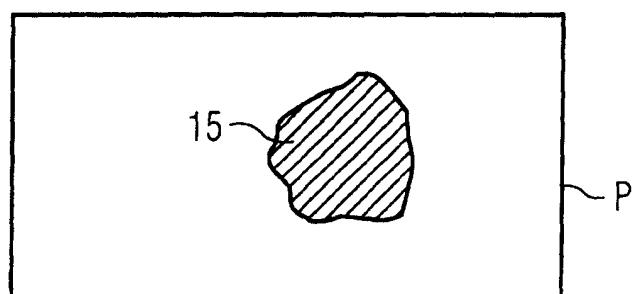


图 17

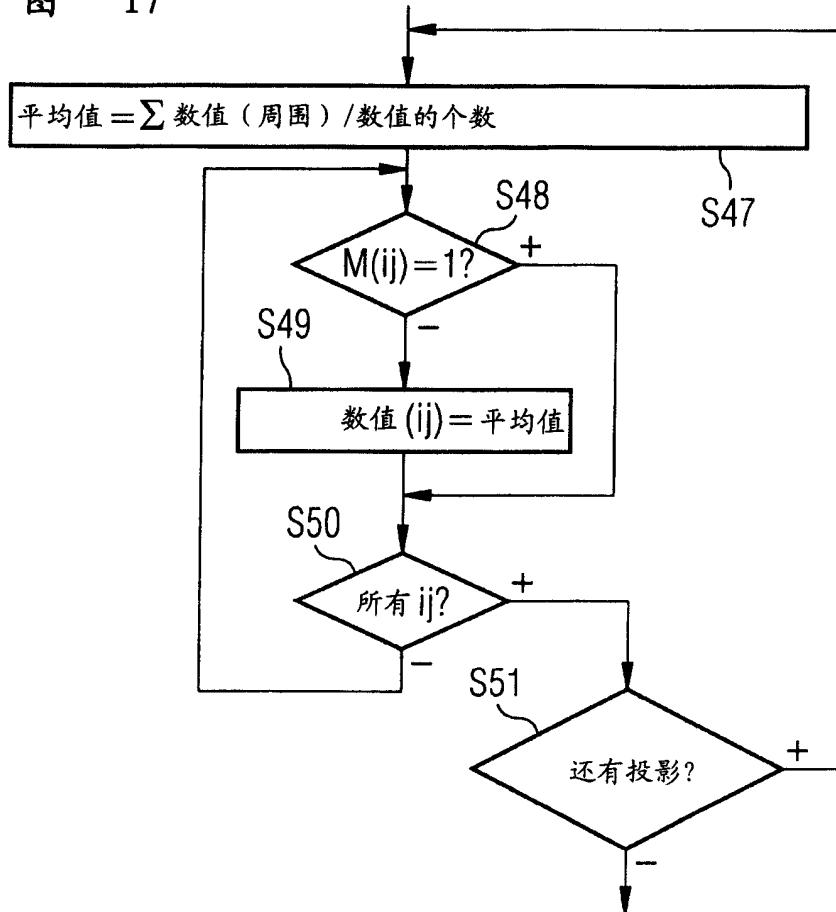


图 18

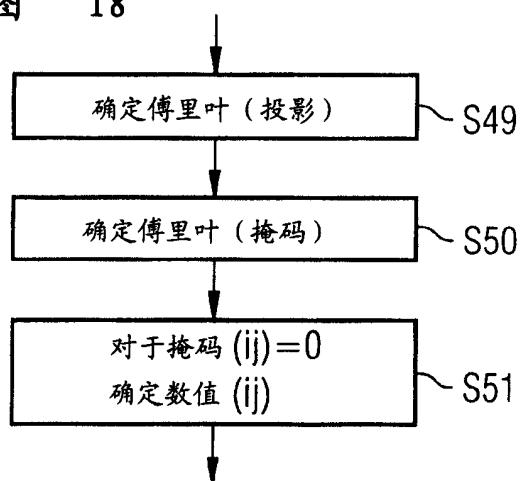




图 19