[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H04N 1/028
H04N 1/047

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98106697.6

[45] 授权公告日 2004 年 8 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1164072C

[22] 申请日 1998.4.14 [21] 申请号 98106697.6
[30] 优先权
[32] 1997. 4.14 [33] EP [31] 97302519.0
[71] 专利权人 惠普公司
地址 美国加利福尼亚州
[72] 发明人 S·B·波拉德 R·O·卡恩
审查员 梁军丽

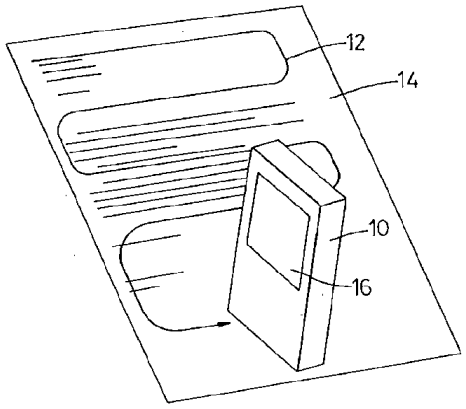
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 吴增勇 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 43 页 附图 18 页

[54] 发明名称 图象扫描装置和方法

[57] 摘要

本发明涉及一种将由传感器捕获的数据重构图象的方法，它特别适用于在扫描装置和原件图象之间相对运动中顺序捕获的情况。 所述扫描装置包括检测扫描装置相对于原件图象的位置用的导航装置。 确定被重构的图象用的象素网格，并利用传感器位置检测数据识别象素网格与传感器数据之间的对应关系。 象素的强度从被选为与所考虑的象素相关的传感器数据中确定。



ISSN1008-4274

1.一种把作为传感器中的图象数据和与该图象数据相关的位置数据而捕获的图象加以重构的方法，其特征在于包括以下步骤：

为被重构的图象确定象素网格;

利用位置数据来识别图象数据与象素网格之间的对应关系；以及

从多个传感器位置获得的且被选为与每一个要确定强度的象素相关的图象数据来确定象素网格中各象素的强度。

2.权利要求 1 所要求的方法，其特征在于：所述图象是以顺序出现的传感器读数连同用于每一个传感器读数的位置读数一起的(数据)流的形式捕获的。

3.权利要求 2 所要求的方法，其特征在于：所述传感器是线性传感器。

4.权利要求 2 所要求的方法，其特征在于：所述识别图象数据和象素网格之间对应关系的步骤包括把图象数据映射在象素网格上，以此在把边界传感器的读数映射到象素网格上之后，在边界传感器读数的图象读数之间的象素网格上定义一个区域，其中定义所述区域的边界传感器读数的图象数据可选择为与所述区域内的象素相关的。

5.权利要求 4 所要求的方法，其特征在于：所述边界传感器的读数是所述数据流中依次出现的两个读数。

6.权利要求 4 所要求的方法，其特征在于：所述边界传感器的读数是数据流中的两个传感器读数，而其中边界传感器读数之间任何传感器读数的图象数据也可以被选择为与所述区域内的象素相关的，所述流中边界传感器读数和它们之间所有传感器读数构成组块。

7.权利要求 6 所要求的方法，其特征在于：所述组块中的传感器读数的数目取决于相应位置数据的均匀程度。

8.权利要求 4 所要求的方法，其特征在于：所述识别图象数据和象素网格之间对应关系的步骤还包括确定象素网格中哪些象素落在由

选定的各组传感器数据所定义的区域内。

9.权利要求 8 所要求的方法，其特征在于：所述象素网格中的象素映射入一个由边界传感器读数所定义的空间，而要确定强度的网格象素是映射在所定义空间内的象素。

10.权利要求 9 所要求的方法，其特征在于：所述边界传感器的读数是数据流中的两个传感器读数，而其中边界传感器读数之间任何传感器读数的图象数据也可以被选择为与所述区域内的象素相关的，所述流中边界传感器读数和它们之间所有传感器读数构成组块。形成由边界传感器读数定义的空间，以便提供传感器读数的均匀的样值。

11.权利要求 9 所要求的方法，其特征在于：所述网格象素的强度是由相继出现的两个传感器读数中的每一个的传感器象素值内插确定的，所述传感器象素值选择得跨越映射入所述空间的网格象素。

12.权利要求 11 所要求的方法，其特征在于：所述内插是相继出现两个传感器读数中每一个的两个传感器象素值的双线性内插。

13.权利要求 11 所要求的方法，其特征在于：对于两个相继出现的传感器读数中的每一个，内插的象素值是从内插象素位置上的传感器象素计算的，而所述网格象素值是由内插的象素值计算的。

14.权利要求 13 所要求的方法，其特征在于：所述内插的象素值是用线性内插法计算的。

15.权利要求 13 所要求的方法，其特征在于：所述网格象素值是从用线性内插法计算的内插象素值计算的。

16.权利要求 13 所要求的方法，其特征在于：所述内插象素位置位于含有所述网格象素的网格象素行与两个相继出现的传感器读数位置的交点上。

17.权利要求 1 所要求的方法，其特征在于：所述象素网格是直线的。

18.权利要求 1 所要求的方法，其特征在于：导航信息包括由一个或多个检测携有被捕获的图象的介质的与结构相关的固有特性用的传

感器提供的位置信息。

19.权利要求 1 所要求的方法，其特征在于：所述传感器包括在扫描装置内。

图象扫描装置和方法

技术领域

本发明一般地涉及用于形成原件的扫描的或捕获的电子图象的装置和方法。具体地说，涉及一些装置和方法，其中图象是以任意的顺序捕获的，尤其是不受约束的手动扫描。

背景技术

以电子方法形成原件图象的扫描器已为人知。一般，由扫描器提供的所捕获的图象是一种以数字形式储存在存储器中的象素数据阵列。无畸变的图象要求原件的图象忠实地映射到象素的阵列上。扫描器一般包括至少一种在图象捕获过程中施加机械限制，以便把忠实映射的或然率提到最高的装置。先有技术已知的四种扫描器类型是鼓型扫描器、平板型扫描器、二维阵列扫描器和手持式扫描器。

鼓式扫描器把原件固定在圆柱形转鼓的表面，转鼓以基本上固定的速度旋转。在转鼓旋转的过程中，图象传感器沿着与鼓的旋转轴平行的方向移动。图象传感器的线性位移与鼓上原件的转动相结合，就可以扫描整个原件。在图象形成过程中的任意时刻，象素数据阵列相对于原件的当前位置可以通过测量鼓的角位置和传感器的平移位置来确定。只要原件在鼓上固定好、鼓的转动控制适当，且传感器沿着线性路径的位移也得到适当的控制，象素数据阵列相对于原件的位置就是固定的。

平板型扫描器包括线性阵列传感器，它沿着与阵列轴垂直的轴线作相对于原件的运动。这样，通过跟踪传感器的相对运动就可以知道一维的传感器位置。传感器在垂直方向上的位置是通过确定待测量亮度的特定阵列元素的地址而隐含地固定的。在平板扫描器的一个实施例中，原件放在一块透明压板上，而传感器与图象照明光源一起放在

与原件相对的压板的一侧。只要原件不作相对于压板的运动，象素数据阵列相对于要捕获的图象就是固定的。在另一个实施例中是原件而不是传感器运动。这第二个实施例，是传真机的典型。纸的精确传输在图象捕获过程中提供了位置的高精度。

转鼓型和平板型扫描器的优点包括至少适应象A4或8.5英寸×11英寸的纸那么大的文件的能力。另外，有些这类扫描器能够一次处理一张 A1 纸。但是，扫描器一般都不是便携式的，因为它们要求主机来进行控制、数据储存及图象处理。

二维阵列扫描器可以在没有机械编码限制的情况下使用，只要求曝光期中将所述阵列和原件保持不动。光敏元件的二维阵列直接完成原件图象到象素数据阵列的映射。但是，因为单独一个 8.5 英寸×11英寸原件的 300dpi(点/英寸)的映射就需要具有 2500×3300 个元素，亦即 825 万个象素阵列的图象传感器，这种扫描器成本高得令大部分应用买不起。

传统的手持式扫描器要求用户在原件上移动光电传感元件的线性阵列。运动用手操纵。阵列位置信息利用诸如计算机"鼠标"操作中所采用的方法确定。当线性传感器阵列运动时，检测与原件接触的轮子、球或辊子的转动，从转动的机械细节中确定位置信息。一般与原件接触的机械元件的表面都具有高的摩擦系数，例如，橡胶等，以防滑动和打滑。圆柱形辊子或用刚性轴连接的两个轮子可以在扫描过程中用来强制只作单一自由度的平移。往往用直尺或其他固定工具来固定相对于原件的扫描方向，并用一对轮子或辊子来强化对平移的限制。尽管如此，位置编码器的方法是一种往往令人怀疑会滑动或打滑的方法，以致使象素数据阵列与原件图象失去一致性。

手持式扫描器一般直接连接到一台计算机上进行图象数据储存、处理和使用。图象传感器的数据速率往往限制扫描速度。扫描器向用户提供反馈，一般用红色或绿色发光二极管，来针对要求的分辨率维持适当的速度。有些手持式扫描器使用电磁闸，使机械阻力随着

扫描速度增大而增大，以防用户把扫描器太快地从图象上面拉过。

手持式扫描器使用较小的成像阵列，一般扫一次处理不了大于 A6 纸的文件。这就要求缝合算法把较大文件的多个幅区连接在一起。幅区缝合可以在单独一台计算机上进行单独的操作来完成。用手持式扫描器扫描多页商业文件或报告是一种冗长乏味的过程，往往产生质量低劣的结果。缝合图象幅区的技术是扫描技术中已知的。这种技术一般要求一对完全的图象幅区，并产生单一的整体变换，把两个幅区对齐。国际专利申请公告 No. WO 96/27257 讲述了一种改进的技术。

形成扫描的电子图象时，在采集图象数据的同时必须采集导航(navigation)信息。美国专利 No.5578813 中描述了一种在不牺牲扫描器易用性的情况下能获得导航信息的手持式扫描器。导航信息是用至少一个导航传感器采集的，后者检测被扫描原件与结构相关的固有特性。当图象传感器相对于原件运动时，通过检测与结构相关的固有特性的变化跟踪图象传感器沿着原件的运动。被检测的与结构相关的固有特性是原件固有的结构特点，诸如纸纤维或者其他构成物。作为另一方案，导航可以以斑纹为基础，其中图象传感器沿着原件的运动是通过检测利用相干照明产生的斑纹花样变化来跟踪的，以采集导航信息。

“与结构相关的固有特性”是原件的一些特性，这些特性可以归因于与原件上图象数据和/或系统配准数据的形成无关的因素。导航信息可以通过检测响应与结构相关的固有特性而产生位置信号，诸如网纹信息的位置信号或者允许跟踪各固有结构特征的位置信号而形成。“固有结构特征”是原件形成过程所特有的并与原件上图象数据的形成和/或系统配准数据的形成无关的那些原件特征。例如，若原件纪录介质是纸制品，则感兴趣的固有结构特征可以是纸纤维。作为另一个例子，图象传感器跨过有光泽的原件或架空(overhead)透明胶片的导航可以通过跟踪影响反射场(Specular field)的表面纹理变化来测定。固有结构特征一般都是微观的，例如，10 至 40 μm，表面纹理特征。

本发明可以直接应用于手持式扫描器，正如国际专利申请公告No.WO96/27257和美国专利No.5578813所讲述的，这两项专利申请都在国家法律允许的范围内包括在此作参考。

如前所述，某些类型的固定装置一般与手持式扫描器一起使用。没有固定装置(正如美国专利No.5578813大部分实施例的情况)时，有一种趋势是在手持式扫描器沿着原件移动时强加某种转动。若在扫描器移动的过程中用户的手肘按在平表面上，则转动很可能具有由扫描器和用户的手肘之间距离决定的半径。结果，扫描出来的电子图象将发生畸变。扫描器扫描幅区时的其他曲线运动也会造成畸变。

发明内容

本发明的目的是提供一种扫描装置和方法，即使存在有畸变的扫描路径，它也能产生无畸变的高质量原件复制品。这在用手扫描文件时给用户很大的自由度，并允许以原件与被复制图象之间高度对应性从原件图象重叠部分的连续扫描中产生复合图象。

按照本发明，我们提供一种把作为传感器中的图象数据和与该图象数据相关的位置数据而捕获的图象加以重构的方法，其特征在于包括以下步骤：为被重构的图象确定象素网格；利用位置数据来识别图象数据与象素网格之间的对应关系；以及从多个传感器位置获得的且被选为与每一个要确定强度的象素相关的图象数据来确定象素网格中各象素的强度。

本方法应用于手动扫描图象的重构时特别有效，扫描的图象是作为相继出现的传感器读数连同与每一个传感器读数用的位置读数一起的(数据)流接收的。对扫描器各传感器读数的依赖性减小了，而且即使对不规则的扫描数据也能以相对较少的计算量进行装配和处理。

识别图象数据和象素网格之间对应关系的步骤最好包括把图象数据映射在象素网格上，以此在把边界传感器的读数映射到象素网格上之后，在边界传感器读数的图象数据之间的象素网格上定义一个区域，其中定义所述区域的图象数据可选择为与所述区域内的象素相

关。所述边界传感器的读数可以是数据流中依次出现的两个读数，或是数据流中任何两个传感器的读数，在这种情况下边界传感器读数之间任何传感器读数也可以选择为与所述区域内的象素相关，所述流中边界传感器读数和它们之间所有传感器读数构成组块。“逐块”法为明显地减少计算开销而牺牲一定的准确度。

在一个最佳实施例中，识别图象数据和象素网格之间对应关系的步骤还包括确定象素网格中哪些象素落在由选定的各组传感器数据所定义的区域内。象素网格中的象素最好映射入一个由边界传感器读数所定义的空间，而要确定强度的网格象素是映射在所定义空间内的象素。

在某些实施例中，象素的强度是由相继出现的两个传感器读数中的每一个的传感器象素值内插确定的，其中传感器象素值选择得跨越映射入所述空间的网格象素。所述内插最好是相继出现两个传感器读数中每一个的两个传感器象素值的双线性内插。在一个替代的实施例中，确定象素网格中的一条线和相继出现的传感器读数位置的交点，其中交点用的传感器象素值是用插入点两侧的传感器象素值之间的插值来计算的，而其中沿着所述直线网格象素的象素强度值是由交点传感器值之间内插而计算的。在象素网格中的直线是一行象素的情况下，提供了一个在计算上特别有效的方法。

在扫描装置中，特别是手持式扫描器中最好包括传感器。在另一个方面，本发明提供一种实现上述方法的扫描装置，还提供一种预定连接到实现上述方法的计算机系统、用来收集图象数据的扫描装置。

正如美国专利No.5578813所讲述的，导航信息可以用各种各样的方法提供。在最广义的方法中，不限制准备用来消除扫描装置沿着扫描路径所作曲线和旋转运动的畸变失真的导航信息的来源。因此，导航信号可以是以响应原件上图象数据的检测(例如，正文字符边沿的识别)而得到的位置信号的形式，然后把所述位置信号用在图象信号的处理中。第二个途径是通过检测与结构有关的固有特性，诸如确定斑纹

花样的特性来得到位置信号。第三个途径是通过监视各个固有的结构特征(例如，纸的纤维)随着时间(而变化)的位置来跟踪扫描装置的导航。

在准备描述的实施例中，图象传感器是光电元件的线性阵列，而导航(检测)方法利用至少一个导航传感元件的二维阵列。通过把单独的二维导航阵列安装在图象传感器的两端，给扫描器提供三个运动自由度。若原件是平面的，则两个自由度是在原件平面内的平移并彼此垂直，而第三个自由度是绕原件平面法线的旋转。旋转跟踪准确度通过利用两个导航阵列来提高，每一个阵列所具有的阵列大小比只用一个导航阵列时所需要的小。尽管所描述的实施例的导航传感器是二维阵列，但也可以使用线性阵列。另外，正如下面还将更充分地描述的，校正图象数据用的导航信息可以可行地通过把其他位置跟踪装置，包括编码轮和球、计算机鼠标轨迹球、对准网格检测器、加速度计、机械链接、无接触电磁或静电链接和延时积分传感器阵列等固定在扫描装置上来采集。在这许多替代的实施例中，校正图象数据用的导航信息都是用与原件的与结构相关的固有特性无关的方法采集的，因为位置跟踪不包括图象的采集。

相对于图象传感器，导航传感器处于一个已知的位置。导航传感器最好尽可能靠近影象传感器的两端，这样导航传感器就不会有图象阵列移动时有越出原件边沿之虞。图象传感器形成一个代表感兴趣的图象的信号。同时，每一个导航传感器形成一个代表原件的与结构相关的固有特性的信号。扫描装置可以随手作曲线花样的运动，诸如交替地从左到右和从右到左运动，沿着原件下降，扫描装置与原件保持接触。每一个从一侧到一侧的幅区应该与前一个幅区重叠一部分，使得可以针对位置对图象进行处理，并在扫描过程中或在扫描之后将其缝合起来。图象信号的处理是校正图象数据，校正是以导航传感器或传感器之间的相对运动和由导航传感器检测的与结构相关的固有特性为依据的。所述处理是以导航数据为依据的图象信号的"校正"，亦即

安排和修改所采集的图象数据的操作，以达到原件与输出图象之间的一致。缝合用来连接在相继出现的幅区过程中采集的图象数据。

每一个导航传感器都可以包括一个或多个设计来提供依赖于原件的与结构相关的固有特性的对比的光源。发射的光可以在可见光范围，但这并不重要。例如，与表面法线成大角度入射的“擦地”光与作为纸制品的原件的表面上或表面附近的纸纤维反应，建立纤维之间的增强对比度的阴影。另一方面，若原件具有光泽的表面，诸如照片、覆盖粘土的纸张或架空（overhead）透明胶片，法向入射光将产生一种具有足以用于导航目的的图象对比特征的反射场的图象。光学元件，诸如滤光镜和一个或多个成像透镜可进一步改善与结构相关的固有特性的检测。

所描述的实施例的一个优点是扫描装置和方法允许扫描装置有三个运动自由度，而同时仍旧提供优质图象捕获。这样，一种便携式袖珍扫描装置就可以生产出来，而且除了提供在整个图象捕获过程中与原件表面接触的约束外，可在没有机械约束的情况下使用。本发明不限于实施例中的应用，即其中扫描装置与原件接触，采用适当的导航信息，从各种环境捕获的图象都可以进行图象重构。另一个优点是，因为所述实施例的扫描装置形成基于固有结构特征检测的电子图象，将保存原件图象特征之间大片”空白”，并因此不会造成在缝合步骤中图象特征彼此靠近。

附图说明

图 1 是沿着原件曲折的路径导航的手持式扫描装置的透视图。

图 2 是图 1 扫描装置成像和导航传感器的背视图。

图 3 是图 1 扫描装置的透视图，显示出曝露在外的成像和导航传感器。

图 4 是图 3 所示导航传感器之一用的照明系统的示意的侧视图。

图 5 是用于提供参照图 4 而描述的照明装置的发光二极管和光学元件的示意的侧视图。

图 6 是图 1 扫描装置图象捕获操作的概念图。

图 7 是图 1 扫描装置导航处理的一个实施例的操作视图。

图 8 是图 7 选定步骤的示意图。

图 9a 是完成图 8 各步骤的组件流程图。

图 9b 举例说明导航处理中的数据解释。

图 10a 表示图 9 导航处理器的输出的典型的加有位置标签的数据流的增量。

图 10b 表示储存多个加有位置标签的数据增量的缓冲区。

图 11 表示表示从线性图象传感器采样的末点轨迹的直线图象缓冲区。

图 12 表示正在由图 1 扫描装置收集的幅区。

图 13 表示用在按照本发明的单相过程的缓冲区;

图 14 举例说明正在使用单相过程时收集的幅区;

图 15 表示可以用来实现将顺序的幅区缝合的配准平铺显示。

图 16 举例说明用于实现顺序的幅区缝合的二相过程中所用的缓冲区。

图 17 举例说明正在使用的图 16 二相过程时收集的幅区。

图 18 表示用两个影射于其上的线性图象传感器位置定义被扫描图象的直线象素阵列的一部分。

图 19 表示图 18 直线空间中一个象素反向映射在由两个线性图象传感器位置定义的空间上。

图 20 表示图 18 所示图象传感器位置中象素值的线性插值法。

图 21 表示图 18 所示图象传感器位置中象素值的线性插值法的另一种形式。

图 22 表示用一系列映射于其上的线性图象传感器位置定义的扫描图象的直线象素阵列的一部分。

图 23 表示图 21 的直线空间中的象素反向映射在由线性图象传感器位置定义的空间。

图 24 表示用辅助映射表来将线性图象传感器位置所定义的空间归一化。

具体实施方式

参照图 1，图中示出正在沿着原件 14 曲折的路径 12 导航的便携手持式扫描装置 10。原件可以是一张纸、架空的（overhead）透明胶片或其他任何带有图象的表面。原件与结构相关的固有特性可以用来提供沿着曲折的路径导航时的位置信息。用这样的方法，对固有结构特征的位置进行跟踪，并用所述位置信息校正图象数据，但也将描述其他实施例。扫描装置最好设备齐全的并由电池供电，但是可以包括与外部电源或计算机数据端口或网络的连接。

图 1 的扫描装置 10 包括图象显示器 16，以便能够看到捕获的图象。但是，显示器对所述扫描装置的使用并不是必不可少的。

现参照图 1-3，扫描装置 10 的前端 18 包括旋转件 20，后者帮助维持原件 14 和成像传感器 22 之间的恰当接触。成像传感器 22 包括图象传感元件的直线阵列。导航传感器 24 和 26 位于图象传感器相对两端。导航传感器 24, 26 安装在所述旋转件上，这样导航传感器相对于图象传感器便处于固定位置。

扫描装置 10 允许三个自由度，其中两个是平移，一个是转动。第一自由度是沿着原件 14 从一侧到一侧的运动(X 轴运动)。第二自由度是沿着原件作向下和向上的运动(Y 轴运动)。第三自由度是成象传感器 12 以相对于原件 14 边沿的旋转偏移的方式操作所述装置。也就是说，成像传感器 22 可以具有一个不与装置平移方向垂直的攻角。

为了结构紧凑，成像传感器 22 最好是一个接触图象装置，但对于不太关心紧凑或希望图象较小的应用，可以使用采用放大倍数小于 1 的投影镜片的传感器。在这样的应用中，成像传感器 22 的各元件应该比较小，而且比较紧密地挤在一起。接触成像装置一般采用以 SELFOC 商标(Nippon Sheet glass Company Limited 公司的商标)销售的透镜。比较不太传统的，接触成像可以利用源的交错阵列元件和接近传感器，

而不用任何成像透镜。成像可采用传统的成像传感器。成像传感器可以是一个还包括照明光源、照明镜片和图象传输镜片的装置的一部分。

成像传感器22被表示为分立的光学传感元件的线性阵列。元件的间隔起决定扫描器10空间分辨率的作用。例如，长度为101.6 mm的线性阵列要求1200个传感元件来达到300dpi(点/英寸)的分辨率。传感器可以是电荷耦合器件、无定形硅光电二极管阵列或先有技术已知的任何其他类型的线性阵列传感器。

成像传感器单元设计中的一个关键的考虑是速度。成像传感器22最好能以约每秒10K个样值的速率为每一个象素成像。线性成像阵列一般产生串行的数据流，其中象素值，亦即电荷放入一个移位寄存器中，然后移出。要达到要求的速度，不是要求以非常快的串行传输速度从整个图象阵列移出，就是多个出口，使得象素值可以通过较少的单元(cell)移出。这引入了并行性，这对数字处理而言是有利的。

速度要求的另一个后果是，原件表面上象素的面积和它们所收集和传送给每一个阵列元件的发射光的立体角的乘积应该足够大，以便在100微秒数量级的积分时间内产生可检测的信号。一个增强选项是把光学元件加到传感器上，以增强每一个传感元件对之作出响应的传感器间距(pitch)的有效部分。因为阵列阵列中一般都有一些无用的区域，这样的光收集镜片可以提高灵敏度。

成像传感器22的直接修改使彩色图象的检测成为可能。彼此平行的三个线性阵列，每一个带有至少一个嵌入的滤光元件，后者分别选择性地通过入射光线的红、绿和蓝成分，就可以进行彩色成像。或者，可以用红、绿和蓝光源依次给具有宽带灵敏度的单个阵列照明。

至于改善成像传感器22操作的照明，可以使用在琥珀色波长下发射高强度光的二极管的线性阵列。但是，最佳照明光源和任何光学元件的选择都取决于原件的介质。光的波长选得使在原件14给定的面积的扫描过程中所采集的对比图象数据达到最大，而同时抛弃不希望有

的信号。照明镜片可以包括 LED(发光二极管)球顶透镜或这可以包括由精密模制的光学元件组成的光导管，它以最小的光损失把照明送到原件上。这样一种设计可以在很宽的角度范围内比较均匀地给原件目标区域照明，但是，切断正常入射光线以避免镜面反射。

在图 1 中，曲折的路径 12 被表示为 4 个又一部分幅区，亦即从一侧到一侧的横跨原件 14 的次数。在最随意的应用中，有用的成像传感器 22，具有 25.4mm 和 101.6mm 范围内的长度。若传感器 22 具有 63.5mm 的长度，则 A4 纸可以扫描成 4 或 5 个幅区。正如下面将要更充分地解释的，幅区应该包括重叠区域，使得可以利用缝合过程来产生原件图象的忠实复制品。

扫描装置 10 包括至少一个导航传感器 24 或 26。在最佳实施例中，所述装置包括一对导航传感器，而且所述 传感器放在成像传感器 22 相对两端。尽管可以使用光电元件的一维阵列，但是，在最佳实施例中，每一个导航传感器都是元件的二维阵列。导航传感器 24 和 26 用来跟踪扫描装置 10 相对于原件 14 的运动。

在一种最佳应用中，每一个导航传感器 24 和 26 都捕获与原件的与结构相关的固有特性相关的信息，以便产生与扫描装置位置有关的信息。对于大部分先有技术的扫描装置而言，固有的结构特征被认为是噪声。对于图 1-3 的扫描装置 10，这样的特征对成像传感器 22 而言是噪声，但可以用来为导航传感器 24 和 26 产生位置信息提供基础。可以通过检测介质固有的或在介质上形成的，例如正文等结构变化来产生表面纹理的有用的高对比度图象。例如，图象可以根据内在结构特征的凹沟阴影和峰部亮斑之间的对比来形成。这样的特征在性质上一般都是微观的，在一般印刷介质上的尺寸往往在 10μm 和 40μm 之间的范围内。作为另一方案，可以利用斑纹，因为相干光束的镜反射产生亮区和暗区的对比花纹。第三个对比信息源是颜色。颜色对比与表面纹理无关。甚至在用可见光范围内的光来照明无纹理表面时，颜色对比存在于不同颜色区域之间，例如不同灰度之间。

但是，打算把本发明用于这样的应用场合，其中行走信息与原件的与结构相关的固有特性无关。例如，图 2 一个或两个导航传感器 24 和 26 可以用来形成原件上印刷的顺序图象，用顺序出现的图象的相关性来确定成像传感器 22 沿着原件 14 的位置和方向。在这个实施例中，所有三个传感器 22, 24 和 26 都用来对原件上的正文成像，但只有来自传感器 22 用来采集图象数据，来自导航传感器 24 和 26 的信号用来采集基于图象的导航信息。

正如美国专利 No.5578813 所讨论的，还可以用非成像途径来采集和处理 x, y 和角度位置信息。不幸的是，许多替代装置给紧凑性、使用方便性、速度、运动的自由、功率消耗、精确度、准确度和/或成本加上了各种限制。一个与成像无关的可用来采集位置信息的替代方案是装设一个或多个编码轮来代替导航传感器。另一个用来采集导航信息的无图象途径是使用类似于计算机鼠标的轨迹球。另一个采集位置和方向信息的无图象途径是装设加速度计。再一个替代途径是使用任何一种机械联结，用它跟踪相对于对被扫描的介质而言是固定的参照坐标的位置和方向。无接触遥感也可以用来测量扫描装置相对于对被扫描的原件而言是固定的参照坐标的位置和方向。

图 2 的导航传感器 24 和 26 有效地观察原件 14 图象上的移动窗口，并产生依次发生的观测之间两个平面量度上位移的指示值。正如后面将要更充分解释的，对来自导航传感器的象素值进行处理，以确定来自成像传感器 22 的图象数据的恰当映射。可以用特定象素及其最近相邻象素的值来产生每一个象素位置的相关值阵列。所述相关值是根据表面结构当前图象和代表固有结构特征一个已知位置的储存的图象之间的比较确定的，其中储存的图象用作位置参考点。但也可以用非相关处理的操作来处理输入的图象数据，以形成输出图象。

参照图 4 和 5，导航传感器 24 被表示为在操作上与照明镜片相联系。若原件 14 是纸制品，为此用导航传感器 24 检测纸纤维，则最好在擦地角处引入光线。尽管不是必不可少的，但可以采用一个或多个

发光二极管(LED)。作为入射角的余角的擦地角 30 最好在 0 度到 15 度之间，但这是可以随着原件 14 的特性而改变的。在图 5 中，所示光源 28 装有照明镜片 34。所述镜片可以包括单个元件或透镜的组合、滤光器和/或全息元件，以完成目标表面适当的平行的和一般均匀的照明。对光源 28 发射的光的波长应加以选择，以增强可为导航所用的空间频率信息。照明场中的固定花样噪声应减到最小。光源 28 的输出可能需要调整，以便在扫描装置在带有起吸收和反射作用的墨或其他标记剂的印刷品上向前移动时适应介质的反射性的宽的动态范围。

在图 4 中，来自光源 35 的光在照明镜片 36 上成为平行光，然后被振幅分离型光束分离器 37 改变方向。在图 4 中未示出来自 LED 直接投射和通过光束分离器发射的那一部分光能。来自光束分离器的光能沿着与表面成法线方向给原件 14 照明。

也在图 4 中表示了从原件 14 被反射或散射且穿过光束分离器 37、以便在元件 38 上小孔成像和滤光、并在元件 39 上聚焦成像的部分光能。从原件穿过到光束分离器的和从光束分离器反射的一部分光能未示出。导航成像镜片的放大倍数在检测聚焦光的二维传感器阵列 24 的视野上应该是恒定的。在许多应用中，导航镜片的调制传递函数，亦即光频响应的振幅应该是这样的，使得能够提供由导航传感器传感元件间距和光学元件的放大倍数决定的 Nyquist 频率之前的衰减。光学元件还应设计得能防止背景照明造成噪声。请注意，还可以使用波前分离型光束分离器。

入射角的选择取决于原件的材料特性。照明擦地角产生较长的阴影和比较明显的对比，或者交流信号，若原件材料表面不是有光择的话。但是，直流信号电平随着照明角度接近原件的法线而增大。

以擦地角 30 给原件 14 的目标区域照明对于那些原件表面在微观水平上高度不均匀的应用而言是合适的。例如，当原件是文具、厚纸板、织物和人类皮肤时，光线以擦地角 30 从光源 28 的引入给与固有结构特征相关的数据提供了高的信噪比。另一方面，法向入射角的非

相干光最好用在需要位置数据来跟踪扫描器沿着诸如照片、有光泽的杂志页和架空的透明胶片等原件的移动的应用中。采用法向照明，利用非相干光在镜反射场观看原件将提供充分富于纹理内容的图象，以允许图象和基于相关性的导航。原件的表面具有微观浮雕，使得所述表面反射光线，就象马赛克面砖或有小平面的表面。原件许多“面砖”以略偏离法线的方向反射光线。这样，包括散射光和镜反射光的视场可以建立这样的模型，就好象表面是由许多这样的面砖组成，每一块对法线方向的倾斜略微不同。这个模型类似于 W. W. Barkas 在题为“把从低光泽表面反射光分解成其镜象和漫射成分”，Proc. Phys. Soc., Vol. 51, pp. 274-292(1939)中描述的模型。

图 4 表示用非相干光的光源照明，其方向是沿着原件 14 表面的法线方向。图 5 描述以擦地角 30 的照明。在另一个替代方案中，不提供照明。相反，导航信息是利用背景光，亦即来自环境的光线收集的。

在再一个替代方案中，沿着法线方向入射引入相干照明，它允许基于斑纹的导航(检测)。扫描装置与原件之间的相对运动可以通过监视斑纹相对于导航传感器的运动来跟踪。若利用相干照明而不用成像镜片，则通过选择小的照明面积并使原件表面和光学检测器阵列之间相隔相对较远，使所得带相干照明的主斑纹单元尺寸大得足以满足 Nyquist 采样判据。使用光束分离器可以使入射照明和被检测的散射两者的方向都接近于原件表面的法线，做得和图 4 相似。

现参照图 6，其中表示扫描器 10 正在作横跨原件 44 的运动，在所述原件表面上印有方框 46。因为扫描器 10 在原件平面上不受任何动力学限制，所以，当用户的手或前臂绕手肘转动时，用户有(使扫描器)沿着曲线的路径横跨原件的趋势。在图 6 中，表示扫描装置沿着曲线路径 48 横跨方框 46。若扫描装置的下边沿是比较接近确定转动轴的手肘的边沿，则下边沿具有较短的半径。结果，成像传感器的成像元件在横跨方框 46 所需的时间和距离上发生变化。当所述装置移动到虚线所示的第二位置 52 时，就捕获了所述块畸变后的图象 50。

捕获的图象50将是未经下述处理的储存的图象。但是，在成像传感器捕获关于方框 46 的数据时，需要导航信息。在所描述的实施例中，一个或多个导航传感器捕获与原件 44 固有结构特征相关的数据。跟踪固有结构特征相对于扫描装置 10 的运动，以便确定成像传感器相对于方框 46 的位移，相应地，既有被捕获的传感器数据，又有传感器位置检测数据，然后由此可以一起用来形成忠实的被捕获的图象 54。图象 54 在这里被定义为“校正后”的图象。下面将要详细地讨论本发明所涉及的校正过程。

在图 7 中，示出了导航过程的一个实施例。导航过程是通过把依次出现的导航信息帧，诸如与固有结构特征相关的数据进行相关处理来完成的。这种相关处理比较依次出现的两帧中固有结构特征的位置来提供与导航传感器在特定时刻的位置相关的信息。然后用导航信息来校正图象数据。一般对每一个导航传感器进行图 7 的过程。

在第一步骤 56 中，采集参照帧。事实上，参照帧是起点位置。导航传感器在较晚时刻的位置可以通过采集 58 导航传感器在较晚时刻的位置数据的采样帧来确定，然后计算参照帧和较晚采集的采样帧之间的相关 60。

采集初始的参照帧 56 的过程可以在成像过程初始化时进行。例如，采集可以由扫描装置与原件接触的动作触发。作为另一方案，扫描装置可以包括一个启动按钮，它将成像过程和导航过程初始化。初始化也可以由每一个导航器的照明系统的周期性脉冲进行。若有一个超过预定的反射阈值或指示运动的相关信号的反射信号，就采集参照帧。

尽管导航处理是通过计算完成的，但可以参照图 7 和 8 来描述这个实施例的概念。参照帧 62 被表示为具有一个有 T 形固有结构特征 64 的图象。参照帧的尺寸取决于诸如扫描装置最大扫描速度、结构特征成像上主空间频率以及传感器的图象分辨率等因素。一个 32 象素(N)乘 64 象素(M)的导航传感器用的参照帧的实际尺寸为 24 × 56 象素。

在较晚的时刻(dt)导航传感器采集相对于帧 62 发生了位移的采样帧 66，后者表示出基本上相同的固有结构特征。时间间隔 dt 最好设置得T形特征64的相对位移小于在扫描装置平移速度下导航传感器的一个象素。在 600dpi 下对于 0.45m/sec 的速度可接受的时间周期是 50 微秒。这种相对位移在这里被称作“微步”。

若扫描装置在参照帧 62 的采集 56 和采样帧 66 的采集 58 之间时间周期期间移动，T 形特征的第一和第二图象将是所述特征发生了移动的图象。尽管最佳实施例是 dt 小于允许移动一个完整象素的时间，但图 8 的示意表示是所述特征64被允许向上和向右移动一个象素的示意图。在这里假定移动一个完整的象素只是为了简化表述。

图 8 元件 70 代表帧 68 的象素值顺序移入 8 个最邻近的象素的情况。也就是说，步”0”不包括移动，步”1”沿对角线向上和向左移，步”2”向上移等等。这样，象素已移位的帧可以与采样帧 66 结合，以产生位置帧的阵列 72。被标为“位置 0”的位置帧不包括移动，以致结果只是帧 66 和 68 的复合。“位置 3”的带阴影的象素数目最少，因此，所述帧具有最高的相关性。根据相关结果，采样帧 66 中 T 形特征 64 的位置就可以确定为相对于较早捕获的参照帧 62 中同一特征的位置沿着对角线向右和向上移动了，这意味着在时间 dt 内扫描装置已经向左和向下移动了。

尽管其他相关方法也可以采用，但是可以接受的方法是“差值平方之和’相关。对于图 8 的实施例，有 9 个由元素 70 的 9 个偏移形成的相关系数($C_k = C_0, C_1 ... C_8$)，这些相关系数可由下式计算：

$$C_k = \Sigma_i \Sigma_j (S_{ij} - R_{(ij)+k})^2$$

式中 S_{ij} 表示在采样帧 66 的位置 ij 处导航传感器测量的值，而 R_{ij} 表示元素 70 沿 k 方向移动后帧 68 处导航传感器测量的值，其中 k 是元素 70 移动的识别符。在图 8 中，k = 3 提供了最低值的相关系数。

相关用来寻找顺序帧中同一特征的位置，以便确定所述特征从一帧到一帧的位移。随着扫描过程的进展，将这个位移求和或积分，并

校正通过设计相关镜片引入的比例系数，就能确定成像传感器的位移。

正如前面指出的，帧到帧的相关被称为“微步”，因为帧的速率被选择得足够高，以保证位移不超过一个象素的尺寸。过采样可以提供低于象素的位移精度。参照图 7，每一次计算相关系数（60）后，判断是否要采取微步（74）。若要采取微步，则在 76 移动参照帧。在这一步骤中，图 8 的采样帧 66 变成参照帧，再采集一个新的采样帧。然后重复进行相关计算。

尽管本过程提供高度的相关匹配，确会发生的任何误差都会随着每一次依次发生的采样帧 66 向参照帧标示的移动 76 而积累起来。为了对这种”随机步行”误差的增长率加以限制，采样帧保存在单独一个缓冲区存储器内。这个单独储存的采样帧变成随后一系列相关计算用的新的参照帧。后一个相关被称为”宏步”。

利用宏步，可以更加精确地求出扫描器横跨 m 个图象帧位移，亦即 m 个微步的距离的位移。一个宏步的误差是一次相关计算的结果，而 m 个微步的当量误差是单个微步误差乘以 $m^{1/2}$。尽管 m 个微步的误差的平均值随着 m 增大而趋近于 0，但是误差平均值标准偏差却随着 $m^{1/2}$ 的增大而增大。这样，利用具有尽量大的可行的 m 的宏步来减小累计误差的标准偏差是有利的，只要确定一个宏步的两个帧彼此不至于相距远得它们没有明显的共同图象内容的区域。

采样周期 dt 不必是一个常数。采样周期可以随着以前的测量而变化。采用可变 dt 的一个方法是通过保持某个边界值内依次出现的参照帧之间的相对位移来改善位移计算的精度。例如，上边界值可以是一个象素的位移，而下边界值由导航数据处理过程中通过数字四舍五入来确定。

参照图 9a，然后，可以根据导航数据给成象传感器 22 产生的图象信号加上位置标签。在一个实施例中，来自导航传感器 24 和 26 的象素值由导航处理器 80 接收，以完成图 7 和 8 的操作。根据算出的相

关值，确定第一导航传感器 24 和第二导航传感器 26 的当前位置坐标。

在一个宏步内，导航处理器 80 直接恢复每一个导航传感器运动的平移成分量。必须对来自两个平行传感器的数据进行积分，以获得把扫描头的任何转动考虑在内的绝对位置估计值。处理器 80 维持扫描头相对于初始方向的当前方向的模型。每一个导航传感器平移的各个估计值依照这个模型进行解释。至于扫描器模型的方向，它本身周期性地更新。

在一个实施例中，每一个导航传感器的宏步都被同步以使若导航传感器处理器 80 要求在一个导航传感器一个宏步，则它也触发另一个中的宏步。这简化了每一个导航传感器所记录的平移数据的整理。若在宏步 T 扫描器的方向是与垂线成 θ 度，则所述宏步内每一个导航传感器所记录的平移数据用如下方法整理。

图 9b 表示导航传感器成对移动。对于每一个我们已经记录的相对于一个描述扫描器方向的坐标帧(用标记为 u 和 v 的单位矢量)的平移。对于第一和第二导航传感器，它们分别具有量值(u1, v1)和(u2, v2)。目标是整理出这些平移，以给出更新后导航传感器相对于全局坐标帧的位置。本质上，我们是在从对它的分段线性迫近来重构路径，其中线性段的幅度用宏步的尺寸确定。

每一个单位矢量都与按照以下标准的三角关系与扫描器的方向 θ 相关

$$v = (\sin\theta, \cos\theta)$$

$$u = (\cos\theta, \sin\theta)$$

但是正如我们将要看到的，u 和 v 的估计值不必进行计算开销很大的三角计算即可维持。

在图 9b 中，P1 和 P2 代表宏步开始时导航传感器相对于全局帧的位置；它们的值分别为(x1, y1)和(x2, y2)。更新后的位置，相对于同一全局帧、某些较晚的导航传感器帧由 P1'和 P2'给出，其值分别为(x1', y1')和(x2', y2')。

在极限上(我们假定为了完成准确积分我们已接近所述极限)每一个导航传感器平移 v 分量必须相同 (剪切效应每一端都相同，在极限转动根本不引入 v 分量)。

于是我们可以把 v1 和 v2 设为它们的平均值

$$v = (v1 + v2) / 2$$

在所述情况下更新后的终点位置由下式给出

$$\mathbf{P1'} = \mathbf{P1} + u1\mathbf{u} + v\mathbf{v} \quad 和 \quad \mathbf{P2'} = \mathbf{P2} + u2\mathbf{u} + v\mathbf{v}$$

在这一点上，把位置估计值平移对应于图象传感器的物理终点而不是各个导航传感器的物理终点也很方便。这是利用与导航传感器和图象传感器的物理位置相关的标定数据来实现的。简单地说，使终点位置与图象传感器的第一和第二传感元件的中心对应。

我们必须周期性地更新惯性帧。这只应该在一个宏帧的末端或下一宏帧的起点进行。它要求宏步同步：也就是说，若一个导航传感器由于它超过了微步的最大数目而触发了新的宏步，则另一个导航传感器也必须触发宏步，即使它仍旧保持不动。这一方法有一个额外的好处，就是导航帧的旋转总是小的，因为所经历的最大旋转必须永远小于微步的最大数目除以导航传感器之间的基线。

更新惯性帧具有把扫描器运动损失的旋转分量加回去的效果。这是由各个导航传感器经历的差动平移暗含地确定的。不是明显地计算运动的旋转分量，惯性坐标帧直接从它对扫描器的主轴(两导航传感器位置的连线)关系进行更新。惯性帧的 **v** 轴是沿着主轴从导航传感器 1 指向导航传感器 2 的单位矢量，而 u 轴是与之正交的构成二维（2D）基线的单位矢量。

更新后的 **v** 值由下式给出

$$\mathbf{v'} = (\mathbf{V'}_x, \mathbf{V'}_y) = (\mathbf{P2'} - \mathbf{P1'}) / |\mathbf{P2'} - \mathbf{P1'}| = (\mathbf{P2'} - \mathbf{P1'}) / D$$

而正交矢量 **u** 由下式给出

$$\mathbf{u'} = (\mathbf{V'}_y, -\mathbf{V'}_x)$$

长度$|\mathbf{P2'} - \mathbf{P1'}|$是扫描器的恒定(导航误差的模数)长度，在图 9b 中

标记为 D。这大大地简化了惯性帧的计算，因为它避免了计算每一个宏步平方和的平方根的必要性。

导航处理器 80 还通过象素放大器 82 和模-数转换器 84 接收成像传感器 22 的 N 个象素值。尽管图 9 只表示来自成像传感器 22 和一个 A/D 转换器 84 一个出口(tap)的情况，多个出口，每一个都带一个 A/D 转换器，也在本发明的范围以内。当前位置坐标在相应于成像传感器内象素数目的一行数据的末端“加标签”。因此，导航处理器 80 的输出 86 是加有位置标签的数据流。

导航处理器 80 不一定需要在同一帧速下接收来自成像传感器 22 的象素数据和来自导航传感器 24，26 在位置信息。位置数据流可以用来更新线性传感器终点位置的估计值，它一般处于比线性传感器阵列象素间距高的空间分辨率。为了以刚好小于线性传感器本身象素间距的数量对运动最快的端点进行采样(否则不是过采样就是采样不足)，线性图象传感器的最优时钟频率一般由扫描器运动速率来确定。过采样在图象质量没有什么改进或没有改进的情况下造成计算要求和数据处理要求的加大，同时图象处理流水线要求也加大，而采样不足则肯定造成图象质量下降。

一个解决办法是以一个总会造成过采样的固定频率对线性传感器进行采样，就是说，它总是超过可能的最快扫描速度的采样要求。然后，若扫描器运动比最大扫描速度慢，则导航处理器根据当前终点位置估计值舍弃不需要的采样值。也就是说，自从上一次现行传感器采样有效增量和加了位置标签的数据从导航处理器 80 输出之后的每一个终点的相对位置的幅度都被用来作为以后各次增量输出的门控。最简单的方法是只允许在一个或其他幅度严格地等于或超过象素间距(或占它很大比例)时输出。这种方法很可能造成采样不足，当扫描速度刚好低于最大扫描速度时尤为如此。作为另一方案，为了防止采样不足，若预测下一个现行传感器的采样的相对终点位置超过象素间距，而其中预测是根据终点的变化速率(或阶数更高的数值微分)作出

的，则可以输出当前的采样值。也能防止采样不足的第三个途径是在导航处理器 80 中引入一个增量缓冲区，使得若当前增量的相对位置数据超过象素的间距，则可以发送以前的增量。

上面的每一个采样策略都是基于同步采样的，而且一般都会造成某种程度的采样不足或过采样。一个比较接近于达到理想空间采样的较好的总体解决方法是，让导航处理器 80 异步地触发线性传感器捕获。一个途径就是把上次有效捕获(或其未来预测) 之后的终点相对位置直接用来识别触发线性传感器捕获或采样的最佳时刻。

在图 10a 中，数据流的增量 88 被表示为在 N 象素单元相对两端具有位置坐标单元 90，92，94 和 96，尽管这种排列并不重要。

成像传感器 22 是在扫描装置横过原件运动时被时钟定时的。正如上面所讨论的，时钟定时保证了所述传感器移动最快的元件至少每个象素位移采样一次。

如图 10b 所示，对导航处理器 80 输出 86 处的加有位置标签的数据流进行缓冲。缓冲区 B 保持多个图 10a 的增量 88。在可以采用数据压缩的情况下，缓冲区 B 可以用来调整整个扫描。然后，正如马上就要描述的，将这个数据映射到直线坐标上，以形成一个按照本发明的方法校正、重构的最后图象。

图 11 表示由直线图象缓冲区 100 提供的坐标帧，高 H 个象素乘宽 W 个象素，增量流 88 就映射到所述缓冲器上，以形成最后的直线图象。适当数据类型(在这里是 8 位灰度；但同样可以用 24 位彩色或一位二进制)的简单的二维阵列足以作为直线图象的表达。与每一个增量相联系的位置标签的X和Y坐标对应于直线图象空间的水平和垂直尺寸(列和行的下标)。还表示的有与增量流相联系的线性图象传感器的每一个终点的位置标签(在右侧示出放大了一小段弯曲处)的轨迹。在这里面，一对增量(增量#1 和增量#2)用直线联结它们的位置标签来加以强调。这些直线选择得在本身上重复回扫的重叠区几乎相交。

决定于扫描器要求的输出分辨率(一般是 200dpi 或 300dpi)的直线

图象缓冲区的分辨率可以不同于终点位置测量分辨率。它本身又由导航传感器 24 的分辨率(它取决于导航过程中成像的特征的空间量度，例如纸纤维)决定。为了适应这样的差别，终点位置数据必须按比例缩放至输出象素分辨率。

下一个操作是把幅区内加有位置标签的图象增量映射入直线图象缓冲区 100。在这一过程中维持足够的图象质量特别重要。一个途径就是简单地将每一个增量内的元素映射到直线图象阵列的象素上，在终点位置之间画的直线由此通过。映射是把每一个象素映射到最接近的线性传感器，或是采用传感器之间的内插。对于适于此方面应用的线性内插和立体内插，Wolberg 在题为"数字图象的弯折"IEEE Computer Society Press, pp 127-131, Los Alamitos, CA, 1992 中已有描述。

用这样的方法完成校正过程，会不可避免地引入采样失真(artefacts)，因为每一个增量都造成不同的影响。而且，在实践上加有位置标签的图象数据的原件幅区对直线象素格子(为方便起见，其分辨率可以高于线性传感器本身的象素间距)而言必须严格地过采样，否则直线图象内将会出现象素丢失。这些问题在按照本发明的方法的实施例中得以解决。

本发明提供的解决方法举例示于图 18。在所述图中，一对增量，即，增量 I1 和增量 I2 的终点位置划定了一个区域。这些增量可以是依次出现的一对线性传感器的读数－连续多个读数的使用在这里被称为逐对法。作为另一方案，增量 I1 和增量 I2 可以是较大的一组传感器增量－这些增量的使用在这里被称为逐块法。将会看出，以图象质量略有下降(与逐对法相比)为代价，逐块法从一致地处理一组增量中得到计算上的好处。

直线阵列中的象素位置是与整数地址相关的。然后对于一对增量所划定的区域内的每一个这样的象素，通过对映射到包围它的一个区域的若干个线性传感器象素进行积分，计算强度值。在一个特别最佳

实施例中，使用各种形式的双线性内插法来对相继出现的跨越象素位置的一对增量中取出的特定 4 个现行传感器象素进行积分：两个传感器象素来自映射到处于直线阵列象素一侧的直线的增量，另外两个传感器象素来自映射到处于直线阵列象素对面一侧的直线的相邻增量。

在图 18 中，所示一对增量 I1 和 I2 映射到形成被扫描的图象的直线阵列的一部分。为简单起见，使终点位置 P1，P2 和 P1'，P2'分别对应于增量 I1 和 I2 第一个和最后一个传感元件的中心。也显示出了中间的传感元件，诸如 A1, A2 和 B1, B2。直线图象阵列中的象素位置选择得与就终点位置几何关系而言的整数地址对应。输出直线图象的分辨率可以不同于线性图象传感器。但是，不论实际分辨率为何，N 传感器象素都沿着连接每一个增量终点的直线映射。为了便于解释，在图 18 中 N=8，也就是说，每一个线性传感器中刚好有 8 个元件，每一个增量的长度是 N-1=7 乘以以输出直线象素分辨率单位测量的线性传感器象素间距。

位于由定边界的一对增量划定的区域内特定象素可以从每一个直线图象行与两个增量的交点 x 分量给出的间隔识别。图 18 中直线图象行 D 上的象素 C1 和 C2 提供了一个例子。从简单的几何关系可以看出，若增量 I1 具有终点坐标(x1, y1)和(x2, y2)，则具有整数值 yD 的它与行 D 的交点的 x 坐标由下式给出

$$xD = (yD - y1) * (x2 - x1) / (y2 - y1)$$

因此，对于与行 D+1 的交点

$$x(D + 1) = xD + (x2 - x1) / (y2 - y1) = xD + xInc$$

对于每一个相继出现的行而言，式中 xInc 是一个常数增量。类似地，若增量 I2 具有终点(x1', y1')和(x2', y2')，则具有整数值 yD 的它与行 D 的交点的的 x 坐标由下式给出

$$xD' = (yD - y1') * (x2' - x1') / (y2' - y1')$$

因此，对于与行 D+1 的交点

$$x(D + 1)' = xD' + (x2' - x1') / (y2' - y1') = xD' + xInc'$$

这提供了一个计算上有效的途径来计算每一行的交点范围。与当前行的交点可以简单地通过给与前一行的交点加一个增量的方法计算。

首先，我们必须规定处于所述区域内的行的范围。这是由两个增量共有的整数 y 值来给定的。这是在下列范围内的整数值

[Ceiling(Max(y1, y1')), Floor(Min(y2, y2'))] = [Y1, Y2]

假定扫描器对于纸张的方向仍旧是大体上垂直。这个方法可以很容易地扩展到允许扫描器相对于页取任意方向。例如，若扫描器倒着走，则可以把线性传感器的数据倒过来。终点位置数据的极性倒过来。另外，若扫描器与垂直线夹角大于 45%，则可以通过把 x/y 位置坐标极性以及图象的行和列都翻过来来达到正确的校正。为了便于解释，对所述实施例的讨论只涉及大体上垂直的情况，但是本专业的技术人员可以直接地将其扩展到上述比较一般的情况。

在所述区域中有效的象素可以利用下列伪码来识别

```
TRANSFORM  LOOP1 (变换循环)
{
// 初始化
y = Y1
xInc = (x2 - x1) / (y2 - y1)
xInc' = (x2' - x1') / (y2' - y1')
xD = x1 + (y - y1) * xInc
xD' = x1' + (y - y1') * xInc'

// 主循环
while (y <= Y2)
{
[X1, X2] = [Ceiling(xD), Flood(xD')]

x = X1
```

```
                // 内循环
                while   (x <= X2)
                        访问象素(x,y )

                xD += xInc
                xD' += xInc'
                y++;
            }
        }
```

其中算子 Floor 和 Ceiling 具有它们通常的算术意义。初始化和内循环的实际细节是下面将要描述的不同方法所特有的。为了简化在所示 TRANSFORM LOOP(变换循环)的实施例中的表示，假定 xD 永远小于 xD'。将它直接扩展到一般情况，就是通过测试每一行 xD 和 xD' 的顺序。

下一步是判断那一个线性传感器象素对每一个直线网格象素作出贡献，占多大比例。现将描述逐对法的第一实施例。

在这个按照本发明的逐对法的实施例中，校正是基于反向映射，正如计算机图象组织映射那样(见上述 Wolberg 的参考文献 188 页的例子)，以此使由两条连接增量 I1 和 I2 终点位置的直线限定的间隔内的每一个象素都反向映射到定义在一对增量本身之间定义的坐标空间内次象素地址。这种状态举例说明于图 19，其中所示一对增量 I1 和 I2 映射到图 18 中的直线图象，还定义一个简单的增量空间，其中单位是线性传感器间隔，增量 y 轴对齐，而且这些增量放得彼此相隔一个象素。在这个空间内右手侧增量的顶部传感元件具有坐标(0， 0)。

来自直线图象的象素 C1 被表示为影射在增量 I1 和 I2 之间。它具有次象素坐标(x, Y.y)，其中 Y 是沿着所述增量次坐标的整数分量，而 x 和 y 是次象素的偏移量。然后，代表性的象素值可以利用 4 个包围象素的双线性(bilinear)内插确定。也就是说，

BiLinear(I1, I2, Y, y, x)=I1[Y] *(1 - x) * (1 - y) + I2[Y] * (1 - y) * x

$$+I1[Y+1]*(1-x)*y + I2[Y+1]*x*y$$

对从直线图象到增量之间的空间的变换的最优近似涉及每一个象素二次方程式的解。这并不是一个令人满意的可行的解决方案，因为涉及计算开销。尽管可以推导从直线图象坐标到由一对增量定义的坐标空间的近似线性齐次(homogeneous)映射，但最好还是非齐次解。用这样的非齐次解就不要求假定局部变换的性质。另外，角落的情况，诸如当相邻一对增量的投影涉及直线图象空间内跨越(cross-over)的情况时，也容易解决。

在这样一个非齐次方法中，为间隔[Y1, Y2]内直线图象每一行定义了不同的映射，这是再一次从带有连接终点位置的直线交点而确定。在这种情况下，恢复交点沿着所述直线本身的距离。针对分辨率的差异而要求的任何按比例缩放之后，这对应于沿着线性传感器的物理位置。在图 19 中 aD 和 aD'分别为直线行 D 沿着增量 I1 和 I2 的交点；其中从简单的几何关系可得

$$aD = (yD - y1) * (N - 1) / (y2 - y1)$$

以及

$$aD' = (yD - y1') * (N - 1) / (y2' - y1')$$

因此，对于行 D+1 的交点

$$a(D + 1) = aD + (N - 1) / (y2 - y1) = aD + aRowInc$$

以及

$$a(D + 1)' = aD' + (N - 1) / (y2' - y1') = aD + aRowInc'$$

这对于有效的串行实现再一次为每一个相继出现的行给出简单的循环关系。

在间隔[X1, X2]中在直线图象中沿着行 D 的每一个象素都映射到增量空间内分别连接在(0, aD)和(1, aD')处的两个交点的连线的不同点上。假定沿着这一行的线性映射，直线图象中位置(xE, yD)上的象素将映射到增量空间中的位置(aE, bE)，其中

$$aE = aD + (xE - xD) * (aD' - aD) / (xD' - xD)$$

而

bE = (xE - xD) / (xD' - xD)

而再一次由此得出沿着行 D 的下一个象素，即

a(E + 1) = aE + (aD' - aD) / (xD' - xD) = aE + aInc

而

b(E + 1) = bE + 1 / (xD' - xD) = bE + bInc

式中(aE, bE)处的强度通过双线性内插求出。

TRANSFORM LOOP(变换循环)的另一个初始化和修改后的内循环是

```
TRANSFORM LOOP2 (变换循环)
{
    // 初始化
    y = Y1
    xInc = (x2 - x1) / (y2 - y1)
    xInc' = (x2' - x1') / (y2' - y1')
    xD = x1 + (y - y1) * xInc
    xD' = x1' + (y - y1') * xInc'

    aRowInc = (N - 1) / (y2 - y1)
    aRowInc' = (N - 1) / (y2' - y1')
    aD = (y - y1) * aRowInc
    aD' = (y - y1') * aRowInc'

    // 主循环
    while (y <= Y2)
    {
        [X1, X2] = [Ceiling(xD), Flood(xD')]

        x = X1
        aInc = (aD' - aD) / (xD' - xD)
        bInc = 1 / (xD' - xD)
```

```
                a = (x1 - xD) * aInc
                b = (x1 - xD) * bInc
                // 内循环
                while   (x <= X2)
                {
                        A = Floor(a)
                        pixel[y][x] = BiLinear(I1, I2, A, a-A, b)
                        a += aInc
                        b += bInc
                }

                xD += xInc
                xD' += xInc'
                aD += aRowInc
                aD' += aRowInc'
                y++;
            }
        }
```

更直接的几何分析也可以用在按照本发明的方法的另一个实施例中，来完成逐对直线象素内插。这样的方法并不要求直线图象象素显式地反向映射到增量坐标空间。

一个与反向映射法相比计算要求较低的特别简单的实施例是沿着每一个增量完成数据整理，然后将这些值直接内插到直线图象中。图 20 表示沿着增量的每一条终点连线内插后象素的位置。像以前一样，交点是在构成增量的线性传感器象素内的位置 aD 和 aD'上，在直线网格内表示为 zD 和 zD'。在这些交点上线性内插给出“象素值” vD 和 vD'如下

vD = I1[A] * (1 - a) + I1[A + 1] * a

和

vD' = I2[A'] * (1 - a') + I2[A' + 1] * a'

式中

A = Floor(aD) 而 A' = Floor(aD')

及

a = aD - A 而 a' = aD' - A'

在范围[X1, X2]内行D上直线网格图象的下面每一个完整的象素都内插在这些内插后的增量象素之间。例如，在xE上的象素被赋予如下的强度值

vE = (vD * (xD' - xD) - (xE - xD)) + vD' * (xE - xD) / (xD' - xD)

并再一次由此得出沿行D的下一个象素为

v(E + 1) = vE + (vD' - vD) / xD' - xD) = vE + vInc

它用再串行实现中。

对于这个方法 TRANSFORN LOOP(变换循环)变成

```
TRANSFORM  LOOP3 (变换循环)
{
    // 初始化
    y = Y1
    xInc = (x2 - x1) / (y2 - y1)
    xInc' = (x2' - x1') / (y2' - y1')
    xD = x1 + (y - y1) * xInc
    xD' = x1' + (y - y1') * xInc'

    aRowInc = (N - 1) / (y2 - y1)
    aRowInc' = (N - 1) / (y2' - y1')
    aD = (y - y1) * aRowInc
    aD' = (y - y1') * aRowInc'

    // 主循环
    while (y <= Y2)
    {
        [X1, X2] = [Ceiling(xD), Flood(xD')]
```

```
                x = X1
                A = Floor(A)
                a =aD - A
                vD = I1[A] * (1 - a) + I1[A + 1) * a
                A' = Floor(A')
                a' =aD' - A'
                vD' = I1[A'] * (1 - a') + I1[A' + 1) * a'
                vInc = (vD' - vD) / (xD' - xD)
                v = vD + (x1 - xD) * vInc

                // 内循环
                while   (x <= X2)
                {
                        pixel[y][x] = v
                        v += vInc
                }

                xD += xInc
                xD' += xInc'
                aD += aRowInc
                aD' += aRowInc'
                y++;
            }
        }
```

请注意，占计算开销最大部分的内循环，TRANSFORN LOOP3 比 TRANSFORN LOOP2 简单得多。应该指出，可以使用阶数更高的内插在增大计算开销的代价下求得更高的准确度。

以加大计算量开销为代价，通过把每一个直线图象象素映射到每一个增量上最接近的点上，可以得到较高的图象质量。这是一些增量

上其内插(沿着线性传感器)强度最好地反映所考虑的直线象素的强度的点。然后将所述对内插增量强度值结合，再次利用线性内插法给出所述象素最有代表性的强度。应该指出，在这种情况下，和图 20 的情况不同，增量上的内插点和直线图象象素不一定要在一条直线上。

在每一个增量上最接近的点是从直线图象象素向连接终点位置的连线作垂线而求出。这个点按比例缩放得与线性传感元件位置对应。图 21 表示分别沿着增量 I1 和 I2 位置 aP 和 aP'上的最接近点，对于直线网格分别用 zP 和 zP'表示。

离开沿着行 D 上具有 X 坐标位置 xE 的象素的增量 I1 的垂直投影点的 aD(所述增量与直线图象行 D 的交点)的偏移量(以线性传感元件为单位)oE 由下式给出

$$oE=(xE-xD) * ((x2 - x1) / SensorLength) * ((N - 1) / SensorLength)$$

$$oE=(xE-xD) * (x2 - x1) * (N - 1) / SensorLength^2$$

式中

$$SensorLength^2 = (x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2$$

而沿着行 D 的具有 x 坐标位置 xE+1 的下一个象素的偏移量由下式给出

$$o(E+1)=(xE+1-xD)*(x2-x1) * (N - 1) / SensorLength$$

$$o(E + 1) = oE+ (x2 - x1) * (N - 1) / SensorLength^2$$

$$o(E + 1) = oE + oInc$$

类似地，离开沿着行 D 上具有 x 坐标位置 xE 的象素的增量 I2 的投影点的 aD'(所述增量与直线图象行 D'的交点)的偏移量(以线性传感元件为单位)oE'由下式给出

$$oE'=(xE-xD')*((x2'- x1')/SensorLength')*((N - 1)/SensorLength'$$

$$oE'=(xE-xD') * (x2' - x1') * (N - 1) / SensorLength'^2$$

式中

$$SensorLength'^2 = (x2' - x1')^2 + (y2' - y1')^2$$

而沿着行 D 的具有 x 坐标位置 xE+1 的下一个象素与位置 xE + 1 的 x 的偏移量由下式给出

$o(E+1)'=(xE+1-xD')*(x2'-x1')*(N-1)/\ SensorLength'^2$

$o(E+1)' = oE' + (x2' - x1') * (N - 1) / SensorLength'^2$

$o(E+1)' = oE' + oInc'$

显然，SensorLength 等于 Sensorlength'，而且在整个扫描过程中都是常数。

把所述偏移量加到行交点位置上就得到离每一个增量所考虑的象素最接近的点。就是说，对于位置（yD, xE)的象素

$aP = aD + oE$

及

$aP' = aD' + oE'$

线性传感器象素之间的内插分别给出增量 I1 和 I2 上这些点的强度值 vP 和 vP'

$vP = I1[A] * (1 - a) + I_1[A + 1] * a$

式中

$A = Floor(aP)$ 且 $a = aP - A$

而

$vP' = I1[A'] * (1 - a') + I_1[A' + 1] * a'$

式中

$A' = Floor(aP')$ 及 $a' = aP' - A'$

我们为 vP 和 vP'的结合选择系数，以给出最终的内插象素值。一种可能性是利用向各自增量所作的垂线的长度。为了便于计算，最好使用来自与两个增量交点行 D 上正在考虑的象素的相对位移 x。对于增量 I1，它具有值(xE - xD)，而对于增量 I2，它具有值(xD' - xE)。假定 x 的总范围是(xD' - xD)，则所述象素的内插强度是

$v = ((xD' - xE) * vP + (xE - xD) * vP') / (xD' - xD)$

下面将提出另外一个按照本发明的利用直线映射的逐块法的方法的实施例。逐块法有双重的优点，适当版本的 TRANSFORM LOOP 的外部循环计算频繁程度较低，而且顺序访问的输出象素数目较多，直接(而不必高速缓存)使储存器带宽得以改善。

图 22 表示包括 M 个增量，在这种情况下是 4 个增量。较外的一对增量标记为 I1 和 I2，再次被 TRANSFORN LOOP 的外循环利用来识别映射在块内的有效象素。最佳实施例正如以前的逐对法的情况中描述的，用非齐次反向映射算法的扩展形式确定直线阵列象素。图 23 表示把图 22 中标记为 D 的行变换成含有边界为 I1 和 I2 的 4 个增量的增量空间。它连接行 D 与各外增量的交点。接着，由逐对方法得出，如图 19 所示，对于 I1 和 I2，这些交点分别具有沿着线性传感器的 aD 和 aD'偏移距离。因而在增量空间中这些交点的坐标为(0, aD)和((M - 1), aD')。

在间隔[X1, X2]中沿着行 D 直线图象中每一个象素都映射到所述增量空间中沿着分别连接两个交点(0, aD)和((M - 1), aD')的一条直线的不同点上。假定沿着所述行的线性映射，在直线图象中位置(xE, yD)的象素映射到增量空间中的位置(aE, bE)上，其中：

aE = aD + (xE - xD) * (aD' - aD) / (xD' - xD)

而

bE = (M - 1) * (xE - xD) / (xD' - xD)

并由此得出，对于沿着行 D 的下一个象素

a(E + 1) = aE + (aD' - aD) / (xD' - xD) = aE + aInc

及

b(E + 1) = bE + (M - 1) / (xD' - xD) = bE + bInc

式中(aE, bE)处的强度用双线性内插法求出。

因而 TRANSFORM LOOP 变成

```
TRANSFORM  LOOP4 (变换循环 4)
{
    // 初始化
    y = Y1
    xInc = (x2 - x1) / (y2 - y1)
    xInc' = (x2' - x1') / (y2' - y1')
    xD = x1 + (y - y1) * xInc
```

```
xD' = x1' + (y - y1') * xInc'

aRowInc = (N - 1) / (y2 - y1)
aRowInc' = (N - 1) / (y2' - y1')
aD = (y - y1) * aRowInc
aD' = (y - y1') * aRowInc'

// 主循环
while (y <= Y2)
{
    [X1, X2] = [Ceiling(xD), Flood(xD')]

    x = X1
    aInc = (aD' - aD) / (xD' - xD)
    bInc = (M - 1) / (xD' - xD)
    a = (x1 - xD) * aInc
    b = (x1 - xD) * bInc

    // 内循环
    while   (x <= X2)
    {
        A = Floor(a)
        B = Floor(b)
        pixel[y][x] = BiLinear(IB, IB+1, A, a - A, b - B)
        a += aInc
        b += bInc
    }

    xD += xInc
    xD' += xInc'
    aD += aRowInc
```

```
            aD' += aRowInc'
            y++;
        }
    }
```

式中 IB 是在所述块中第 B 个增量，而 IB+1 是在所述块中第(B+1)个增量。

逐块法有赖于这样一个事实，即扫描路径几乎是均匀的，而且只是平滑地改变。在两个空间上(扫描形状必须一致)并就沿着扫描路径的采样频率而言都必须为真。本发明的另一个实施例涉及逐块法通过根据扫描路径的均匀程度动态地改变快的大小而进行的扩展。在均匀性好的地方，可以采用大块而不会引入图象畸变，但在扫描路径或采样制度变化迅速的地方，只能用小块才不会引起失真(artefacts)。在限制的情况下，这样的实施例又变回逐对法。

现将描述按照本发明实施例的动态改变逐块法。在逐块法可接受的使用中，在所述块中每一对依次出现的增量存在的终点位置几何关系的个别差异应与所述块整块的全局差异相一致。在所述法中，增量位置增量(delta)表是随着块的尺寸从一对增大到最大值而在所述块内依次出现的每一对增量之间建立的。最佳块尺寸 S 被选为小于或等于最大的允许块尺寸中的最大者，对于这个最大允许尺寸各个增量(deltas)都与作为整体的块的整个位置增量一致。

在所述表中的每一项都包括 4 个增量。这些增量与每一个终点位置的 x 和 y 增量对应。这些对于结束于所述块中第 i 增量的增量对标记为[X1i, Y1i, X2i, Y2i]。对于整个块累计总增量标记为[X1N, Y1N, X2N, Y2N]，并对每一个分量由各个增量的和给出。所述表是针对从 2 开始每一步地并逐步增大到允许的最大块尺寸的 N 值而建立的。若对在 2 到 N 的当前值范围内的每一个 i，下面条件中任何一个得不到满足

$$|X1i * N - X1N| < N * deltaThreshold$$

$$|X2i * N - X2N| < N * deltaThreshold$$

|Y1i * N - Y1N| < N * deltaThreshold

|Y2i * N - Y2N| < N * deltaThreshold

则选择块尺寸 s = N - 1。若在直至允许的最大块尺寸的所有步骤这个条件都得到满足，则选择允许的最大块尺寸。

按照本发明的另一个实施例，现将描述克服在所述块内采集各个增量用的采样频率不均匀的一个有效的方法。这个方法不涉及扫描路径形状不一致的问题，而只涉及相继出现增量之间地物理间隔。这样的实施例在增量不均匀地采样的实现中将是有利的。

为此目的引入一个辅助映射表。辅助映射表的目的是把增量空间均匀的 x 坐标(在某个规定的次象素分辨率，例如象素的 0.1 下)映射至经过改变的均匀采样的版本。所述表必须根据其中各个增量的物理间隔(例如，欧几里德终点间隔的平均值)对每一个块进行更新。改变的效果举例示于图 24。

在图 24a 中，增量按照它们归一化后的平均物理间隔表示，使得总间隔等于增量数减一。在这个空间内，直线图象行 D 的映射在增量 I1 和 I2 之间仍旧是线性的。映射到图 24a 中所示线性增量空间位置(x, y)的直线图象象素变换到图 24b 中所示非线性增量空间中的(x', y')。在变换后的空间中，增量是均匀间隔的，但 I1 和 I2 之间的映射是不再是线性的。辅助表 MT 用来把每一个 x 映射到 x'。

根据上面提出的论述的研究，本专业技术人员将清楚本发明的另一个实施例。在逐对的情况下我们要求缓存两个增量，每一个增量使用两次。在逐块法中储存 M 个增量，只有所述块中的第一个和最末一个增量使用两次。第一次它们处于所述块的最后一个增量，然后最后一次，当它们变成下一个块的头一个样值。

直线图象缓冲区 100 大得足以装下在线性传感器分辨率(一般是 200dpi 或是 300dpi)下的单个字符(single letter sized)尺寸或 A4 尺寸页。假定扫描起点的位置和方向是事前已知的。部分地或整个地映射到图象以外的增量可以环绕(利用分别对 X 和 Y 分量的 H 或 W 进行的模运

算)水平或垂直边界在直线缓冲区的对面一侧继续。完成所述扫描之后，直线图象缓冲存储器 100 可以在水平和垂直两个方向上都滚动，以对准扫描区的中心。假定，所扫描的区域不超过直线图象缓冲区 100 的总高或宽，则最后图象可以很好地形成，而且与起始位置无关。为了恰当地对齐，扫描必须以假定的方向开始（例如，总平行于页的一侧)，或者方向必须从扫描的内容恢复，并用来给最后的图象重定向。自动确定可以用作信件基础的页上正文主方向用的方法在文献中已经知道，例如 H. S. Baird 所著的“印刷文件的倾斜角”，Proc.4th SPSE Conference Symposium on Hybrid Image System, Rochester, New York, 1987。

下一步是在它们的重叠区域内把相继出现的两个图象幅区缝合起来。目标是把含有最后经过校正重构的图象的缓冲区 100 内的多个幅区结合起来。这必须以这样的一种方式完成，即识别和校正大部分累积的导航误差，并屏蔽任何剩余误差。这在国际专利申请公告 No.WO 96/27257 中做了比较充分的讨论。

导航数据流最好提供缝合所需的对准信息。因为导航信息往往会积累误差，它必须通过由特征偏移量的分析中产生的反馈校正信号不断地修正。

但是，我们首先来描述缝合假定没有导航误差的幅区的方法。

为了缝合两个图象幅区必须有一些重叠的区域。幅区一边是由扫描装置回到扫描原件其中一部分刚才扫描过的区域的反向路径来划定的。幅区包括在从被扫描的原件上扫描时捕获的图象数据。在以后的描述中，“幅区”这一术语有时将用来指由这样的数据映射而形成的重构图象的一部分。

图 11 中增量终点轨迹所表示的扫描产生两个重叠的幅区。在图 12 中，映射入直线图象缓冲区 100 的包括幅区#1 的部分部分地被与对应于幅区#2 的扫描部分在返回时被部分地再映射，重叠区域 102 填充表示。在时间 T，至今已经扫描了部分幅区。在这种情况下，通过简

单地在幅区#1顶上连续把幅区#2映射到直线图象缓冲区100可以达到令人满意的缝合。回到图 11，增量#2 可以像幅区#1 一样的方法沿着整个长度映射，对图 12 中的重叠区 102 中的每一个象素也类似。在直线图象缓冲器100由幅区#1造成的最后解释中就要被幅区#2的结果代替。

同样地，作为幅区#1 的一部分映射的重叠区 102 中的象素不被幅区#2 的映射结果代替，这种方法也将被证明是令人满意的，只要由幅区#2 中不是重叠部分映射的所有象素(亦即，也不由幅区#1 映射)都恰当地映射。也就是说，由幅区#1 映射的区域用来剪掉由幅区#2 映射的区域。事实上，只要幅区#1 的幅区#2 正确地影射所有处于重叠区以外的象素，则重叠区的象素同样可以从幅区#1 或幅区#2 或其结合获得。

实际上，由于幅区#1 和幅区#2 的位置标签之间的误差积累，这种假定没有导航误差的简单途径不会给出非常好的结果。

现将参照图 13 和 14 描述有利的缝合方法。图 13 指出所涉及的处理阶段和数据缓冲区，而图 14 涉及与幅区#1 和幅区#2 有关的所用处理。图象增量缓冲区 B 中的图象增量数据如前所述地映射到直线图象缓冲区 100。图 14 表示在幅区#1 中被捕获的图象部分被幅区#2 的回程重新映射到直线图象缓冲区 100 上。导航校正通过对幅区#1 和幅区#2 之间的重叠区内特征的相关进行计算。

图 14 强调了这个被分成两部分 104 和 105 的重叠区。正如图 14 所示，在幅区#1 的校正过程中，四边形图象段(下称“对准面砖”)，其中三个(表示为 106，108，110)沿着重叠区 105 中所述幅区的下边沿周期地标记。在较晚的一次扫过中(幅区#2) ，含有幅区#1 的对准面砖 106，108 和 110 的区域 105 以上的幅区#2 的重叠区 104，在幅区#2 被采集时通过不允许幅区#1 的这些象素被覆盖而被剪除，亦即被舍掉。来自幅区#1 的对准面砖 106 位于幅区#2 剪除重叠部分 104 后剩余部分的顶部。若导航数据是完美的，对准面砖 106 的位置和在幅区#2 再扫描的图象中所述面砖的位置之间将不会有偏移。比较现实地，自从上

一次对准完成之后已经积累了某些导航误差。两个幅区中这块面砖的外表之间的偏移量产生一个校正因数，然后用它来更新未来与图象数据有关的导航位置标签，以便把积累的总误差减到最小。用这样的方法，就能防止导航数据中积累的总误差增加到如此之大，以致它在幅区重叠的区域中引入明显的畸变。

现将参照图 13 和 14 描述缝合幅区#1 和幅区#2 的处理阶段。图 13 表示图象增量缓冲区 B 和直线图象缓冲区 100。图 13 也表示了特征位置缓冲区 113 和特征缓冲区 114。处理阶段如下：

1.如上所述，在收集幅区#1 的过程中，对准面砖(106，108 和 110)沿着重叠区 105 所述幅区的下边沿周期地标记。一个完整的对准面砖可以用于上述校正，但在所述最佳实施例中，在作为对幅区 1＃的捕获结果的、形成直线图象缓冲区 100 中等重构的图象的一部分的对准面砖中，有一个包括矩形的灰度图象面砖(例如，15×15 象素)小的高频对比区（以下称为对准特征）。

2.对准特征的位置标签(它定义每一个对准特征在直线图象缓冲区 100 内的位置)在开始把幅区#2 映射到直线图象缓冲区 100 之前存入特征位置缓冲区 113。

3.当幅区#2 映射时，对准特征位置在被幅区#2 重写到直线图象缓冲区 100 之前被识别。这是通过定义一个在图 14 中指出的用长度等于图象增量而宽度等于几个象素的矩形捕获窗口 107 而达到的，所述窗口出现在幅区#2 当前正在映射入直线图象缓冲区 100 的图象增量之前。当一个储存在特征位置缓冲区 113 的对准特征位置落在所述捕获窗口 107 时，选择所述对准特征位置(在任何一次中只可以选择一个对准特征位置)。

4.对准特征位置选择的结果是把相关的对准特征(亦即，在直线图象缓冲区 100 内所述位置上的对准特征)复制到特征缓冲器 114。特征缓冲器 114 临时储存一个对准特征的拷贝及其位置标签。

5.幅区#2 映射入直线图象缓冲区 100，以致重写对准特征的位置

(和邻近的一个小区域)之后，把所述对准特征的拷贝储存入特征缓冲区 114，并将所述特征缓冲区 114 的内容与直线图象缓冲区 100 新写入部分比较，以产生导航校正信号，亦即使两个图象片段一致起来所需的平移。

6.把这个校正信号反馈给图 9 所示的导航处理器 80。为了防止在最后的直线图象中出现明显的畸变，在线性传感器数据的每一个新行装入内存时，逐渐施加误差估计值，亦即以大小固定的小步距修改"位置标签"，直至计算出整个误差为止。

尽管可以采用其他校正方法，但是计算两个图象片段之间的偏移量的可以接受的方法是"差值平方和"校正。围绕所述特征的原件位置定义一个小的搜索区域，然后按照下列方程式计算相关系数

$$C_{k,l} = \Sigma_i \Sigma_j (T_{i,j} - I_{i+k,\, j+1})^2$$

式中 $T_{i,j}$ 表示来自幅区#1 的特征的灰度值，而 $I_{i+k,\, j+1}$ 表示从幅区#2 新采集的特征的灰度值。下标 i 和 j 规定所述特征内的象素位置，而 k 和 l 规定建议采用的平移偏移量的量值(限于留在搜索空间内)。所得相关阵列的最小元素表示两个特征之间的偏移量。

选择对准面砖内的对准特征，使得图象方差达到最大，因为这样能改善相关方法的准确度。在一个可能的实施例中，只考虑所述区域内的位置子集。这些位置 116，118，120，122 和 124 示于图 15，他们都位于对准面砖的主轴 126 和 128(定义所述区域的直线中点的连线)上，而且在交点上和交点与各轴终点之间的中点上采样。利用下列方程式计算每一个位置 116，118，120，122 和 124 的方差 $VAR_{k,l}$

$$SUM_{k,l} = \Sigma_i \Sigma_j I_{k+i,l+j}$$

$$SUM2_{k,l} = \Sigma_i \Sigma_j (I_{k+i,l+j})^2$$

$$VAR_{k,l} = SUM_{k,l} / N - (SUM_{k,l})^2 / N^2$$

若导航误差比较大，则上述方法仍可能把不希望有的失真引入重构的图象，特别是在幅区的始端。这是因为图象增量顶点和底点计算位置之间的误差沿着幅区的长度积累，并再新幅区开始处达到最大

值。

现参照图 16 和 17 简要说明缝合方法另一最佳实施例。

图 16 表示图象增量缓冲区 B 和直线图象缓冲区 100。正如本实施例就图 13，14 及 15 所描述的，特征位置缓冲区 131 用来储存在幅区#1 中所识别的对准特征的位置标签。如将要描述的，还有一个专门的图象缓冲区 132，用来储存来自缓冲区 B 的图象片段。

图 17 再一次表示在幅区#1 内所捕获的图象的正在被幅区#2 的回扫重新映射的一部分。对准面砖标为 130。但是，在所述实施例中，把幅区#2 缝合到幅区#1 有两个处理阶段。第一处理阶段中的处理步骤在步骤 3 之后与图 13 的不同。

所选对准特征位置在幅区#2 映射入直线图象缓冲区 100 时用来定义对准特征的预定位置。通过利用当前误差估计值(储存在误差缓冲区 143 中)来预计当前对准特征的位置而对相对于以前对准特征求出的导航误差加以考虑。因此，然后用来给当前对准特征定位的搜索区域只需要大得足以计算可能的误差增量。专用图象缓冲区 132 用来临时储存，直接来自缓冲区 B，正在对位于选定的对准特征位置周围的幅区#2 的图象数据进行映射的直线图象，及储存对准特征位置。换句话说，在时刻 T，图 17 所示的图象增量 138 映射入缓冲区 132。专用图象缓冲区 132 的尺寸必须足以储存对准特征加上所要求的搜索区域，其尺寸按已知误差估计值算法计算。然后将来自储存在专用图象缓冲区 132 的幅区#2 的图象片段与储存于直线图象缓冲区 100 中对准特征位置上对应的图象片段比较。这样，由此得出偏移量，所述偏移量当与以前的误差估计值一起积累时，给出更新后的导航误差估计值。这个更新后的估计值与位置标签一起储存在误差缓冲区 134 中。

误差估计值的位置标签就是当前对准特征中心对于直线图象缓冲区 100 的地址。然后将它用来确定增量缓冲区 B 中所述误差估计值所涉及(亦即，第一增量对应于映射到所述图象地址的幅区#2)的增量。这给出了必须充分适应的被测估计值增量。

在第二处理阶段，考虑到所述被记录位置的误差估计值，来自幅区#2 的图象数据写入直线图象缓冲区 100，使得从最后重构的图象中消除这些误差。这是通过修改与传感器数据的各个图象增量的终点有关的位置数据而完成的。

这种最佳方法给出改善的缝合结果，因为从两个幅区之间的重叠区移过的导航传感器位置上的误差被识别出来，并在重构最后的图象之前被校正了。另外，在以前的幅区收集过程中积累起来的图象增量顶点和底点计算位置的误差可以在下一个幅区开始时立即被吸收，而不引入不希望的失真。这在图 17 中由从上述第一和第二处理阶段衍生的幅区#1 和幅区#2 之间的转折点的两个右边沿之间的不连续性指出。

考虑到所要求的扫描性质，上述缝合过程可以用不同的方法加以实现。一个替代方案是要求扫描是从页顶到页底进行的，在这种情况下，只需要进行从一个幅区的底部到另一个幅区的顶部之间的缝合。另一个途径是允许扫描从页的任何部分开始，但要求维持扫描的初始方向。在这种情况下，必须有能力识别幅区两个边沿的对准特征，但是，一旦扫描方向已经确立，就只需为当前幅区的一侧保持误差估计值。在另一个途径中，可以允许扫描以任何方向进行，但仍能适应扫描方向的改变，例如螺旋形扫描。在这个第三个途径中，不仅必须有能力识别幅区两个边沿上的对准特征，而且在扫描方向必须改变时，还必须为每一个幅区的顶部和底部保持误差估计值。最后一个途径为用户给出最大的灵活性，但有更高的计算开销。

在按照本发明的装置的一个最佳实施例中，图象重构、缝合和图象管理的处理电子线路都包含在限定图 1 扫描装置 10 的外壳内。这样，被扫描的图象立即呈现在图象显示器 16 上。但是，扫描装置可以包括存储器，用来储存加有位置标签的图象数据，但不带处理和文件管理的电子线路和固件。

正如参照图 3 所指出的，导航和成像传感器 22，24 和 26 最好装

在轴枢件 20 上。在一个实施例中，轴枢件至少通过一个弹性体连接到外壳的其余部分，为此所述弹性体的一端连接到外壳的固定部分，而另一端连接到轴枢件。所述轴枢件起铰链的作用。这样，轴枢部分就允许"浮动"，而不用摩擦件。电源、控制和数据信号通过一条屏蔽的柔性电缆连接到传感器，以便把电磁干扰减到最小。可以采用可转动地安装轴枢件的其他方法。若删除轴枢件，而传感器安装在外壳的固定位置，则必须注意不使扫描装置 10 在图象捕获过程中过分倾斜。在这个实施例中，对照明和光学元件的设计必须更加注意。

尽管本发明已经作为扫描平面原件进行了描述和说明，但是这并非关键。事实上，本专业的技术人员都很容易理解，可以采用许多方法扫描三维图象。但是，最佳实施例感兴趣的图象是在介质，诸如张纸、透明胶片、照片上形成的，而扫描装置与所述介质接触。

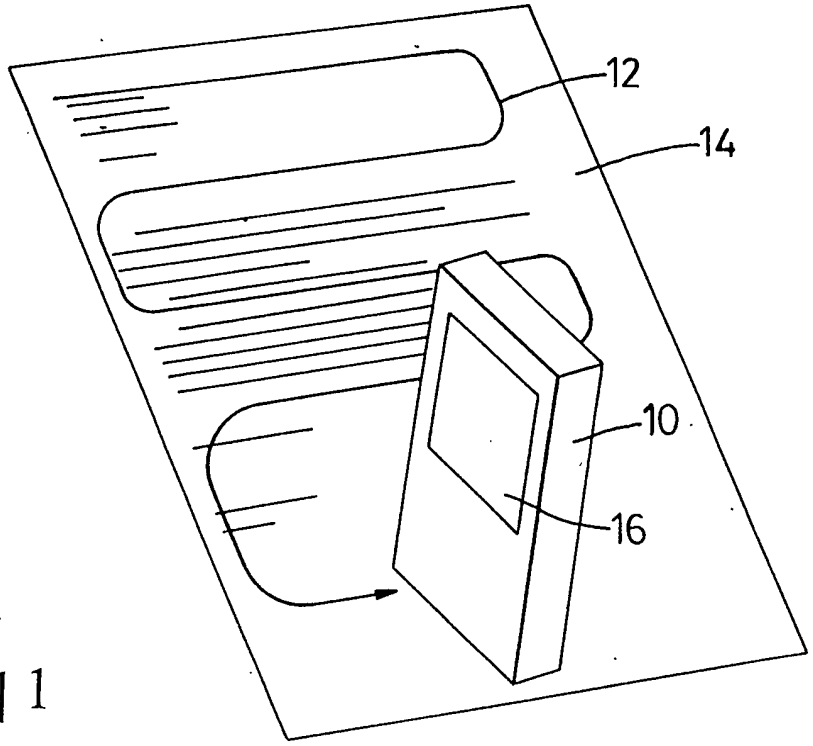


图 1

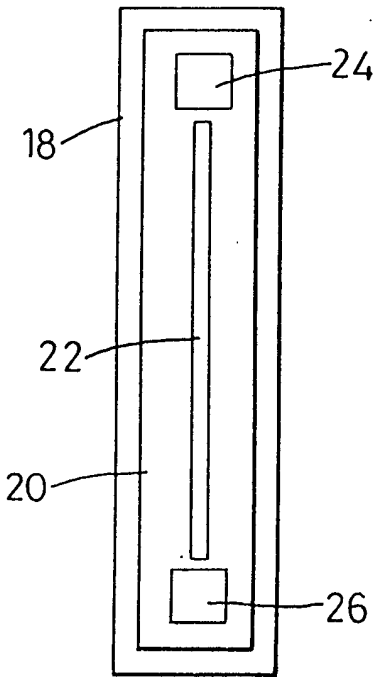


图 2

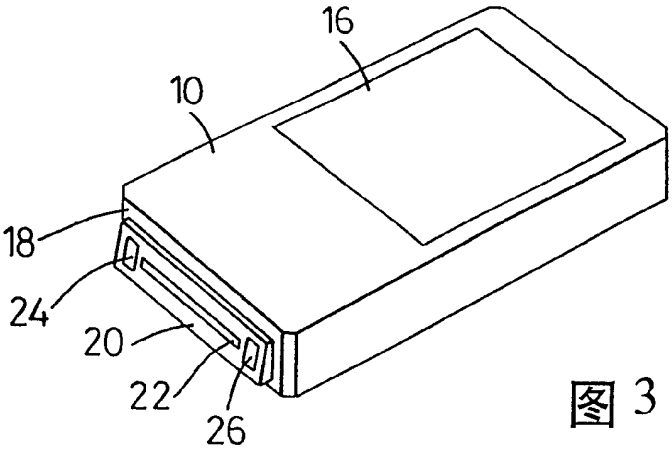


图 3

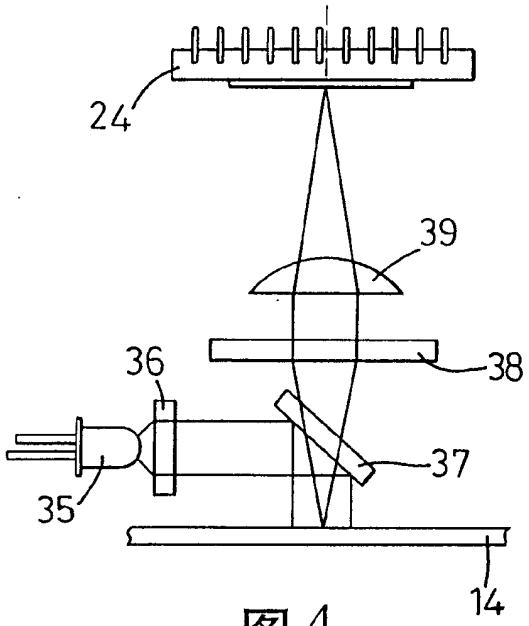


图 4

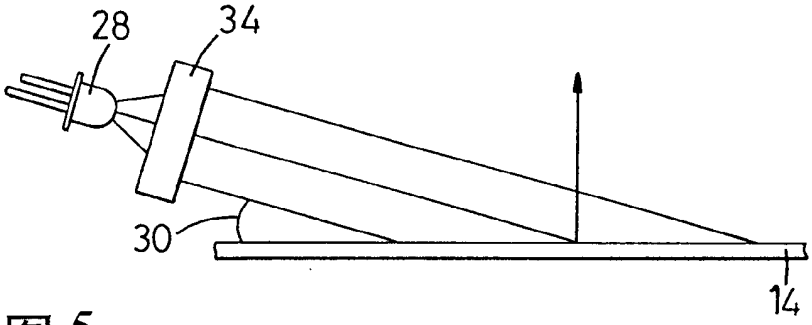


图 5

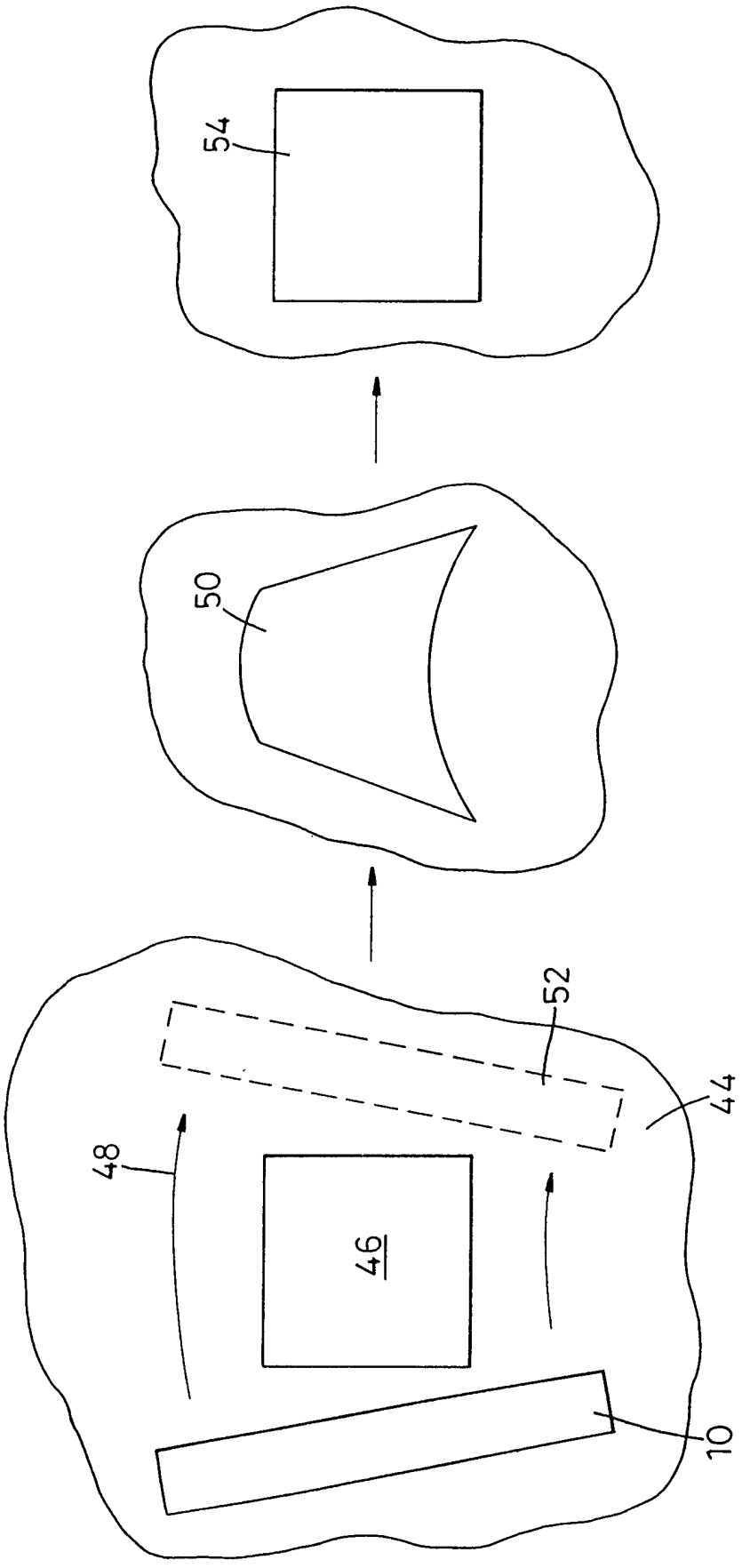


图 6

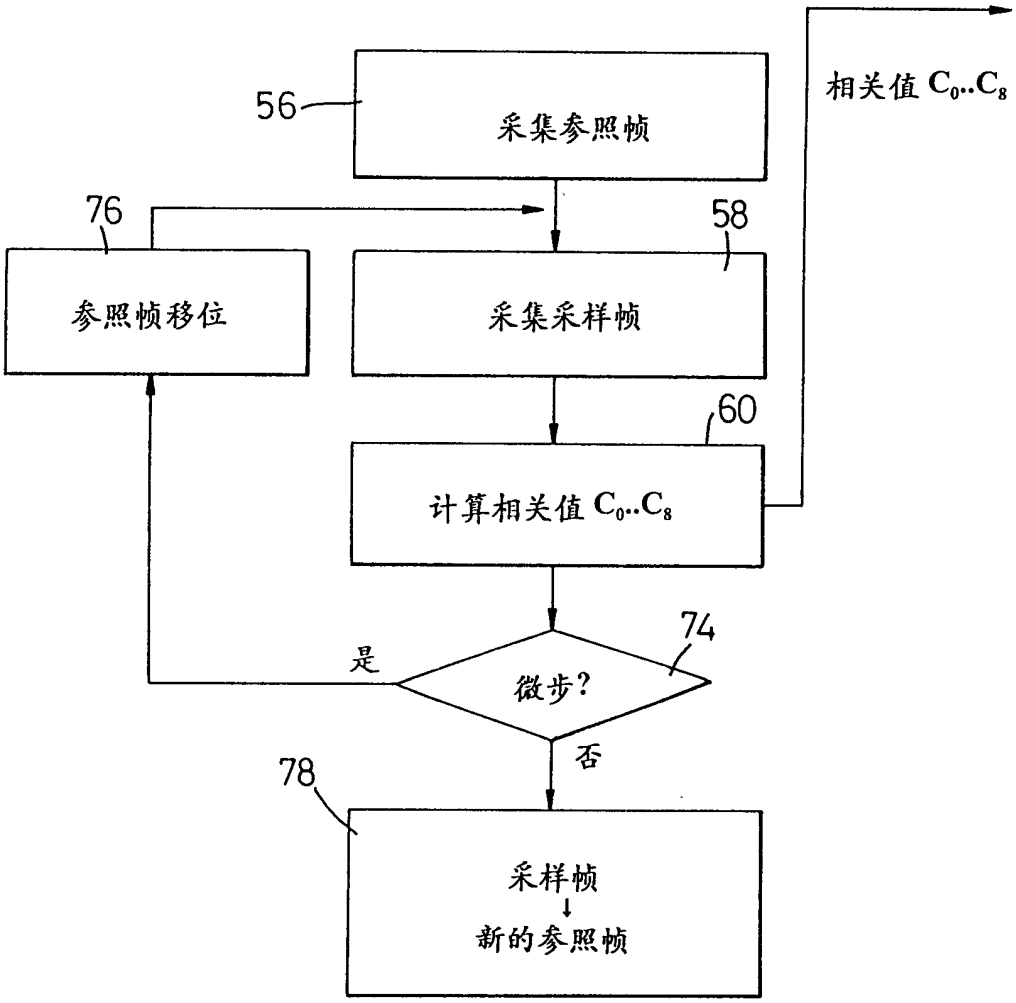

56
采集参照帧
相关值 $C_0..C_8$
76
58
参照帧移位
采集采样帧
60
计算相关值 $C_0..C_8$
74
是
微步?
否
78
采样帧
↓
新的参照帧

图 7

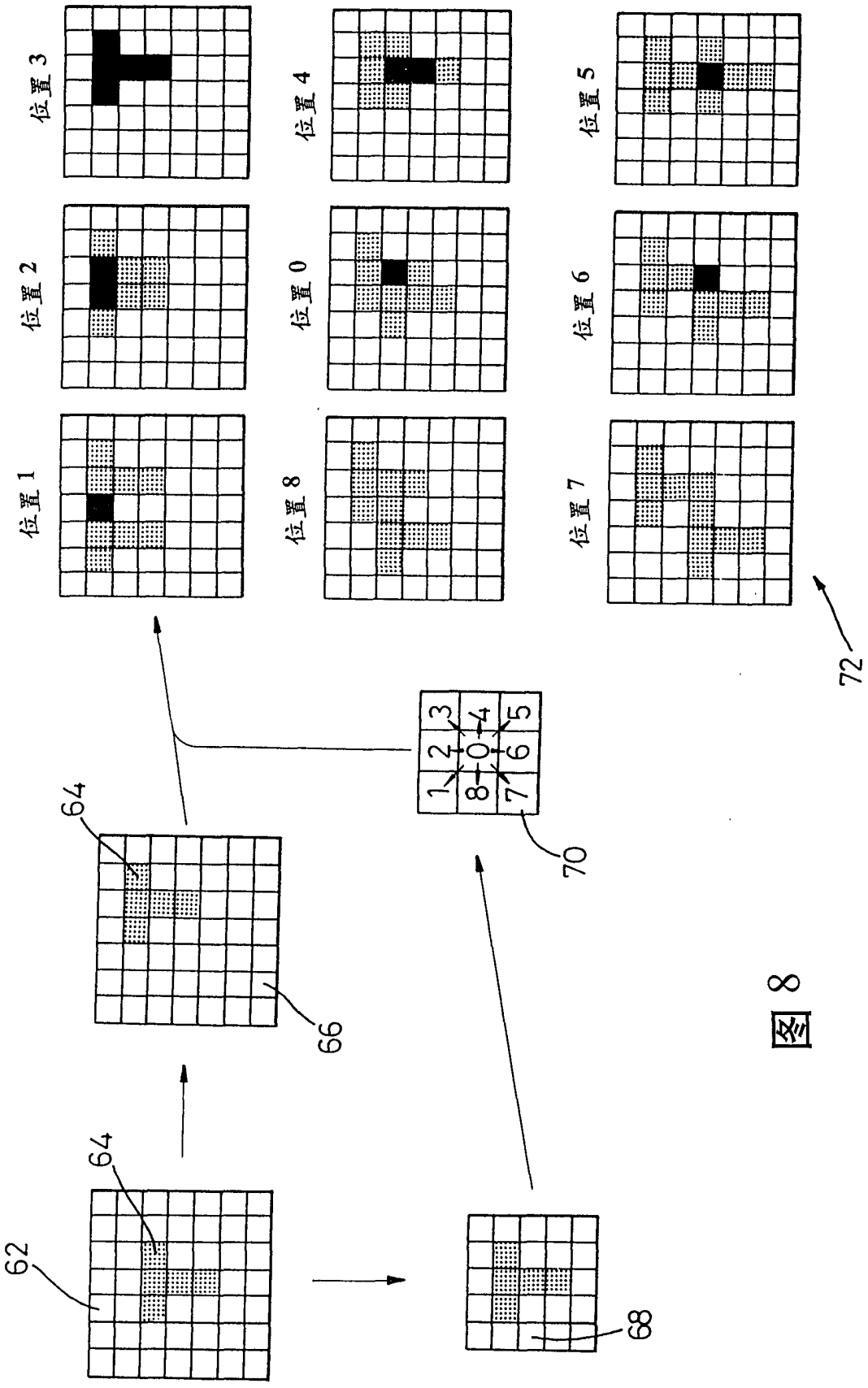

位置 3
位置 4
位置 5
位置 2
位置 0
位置 6
位置 1
位置 8
位置 7
72
1 2 3
8 0 4
7 6 5
70
64
66
64
62
68

图 8

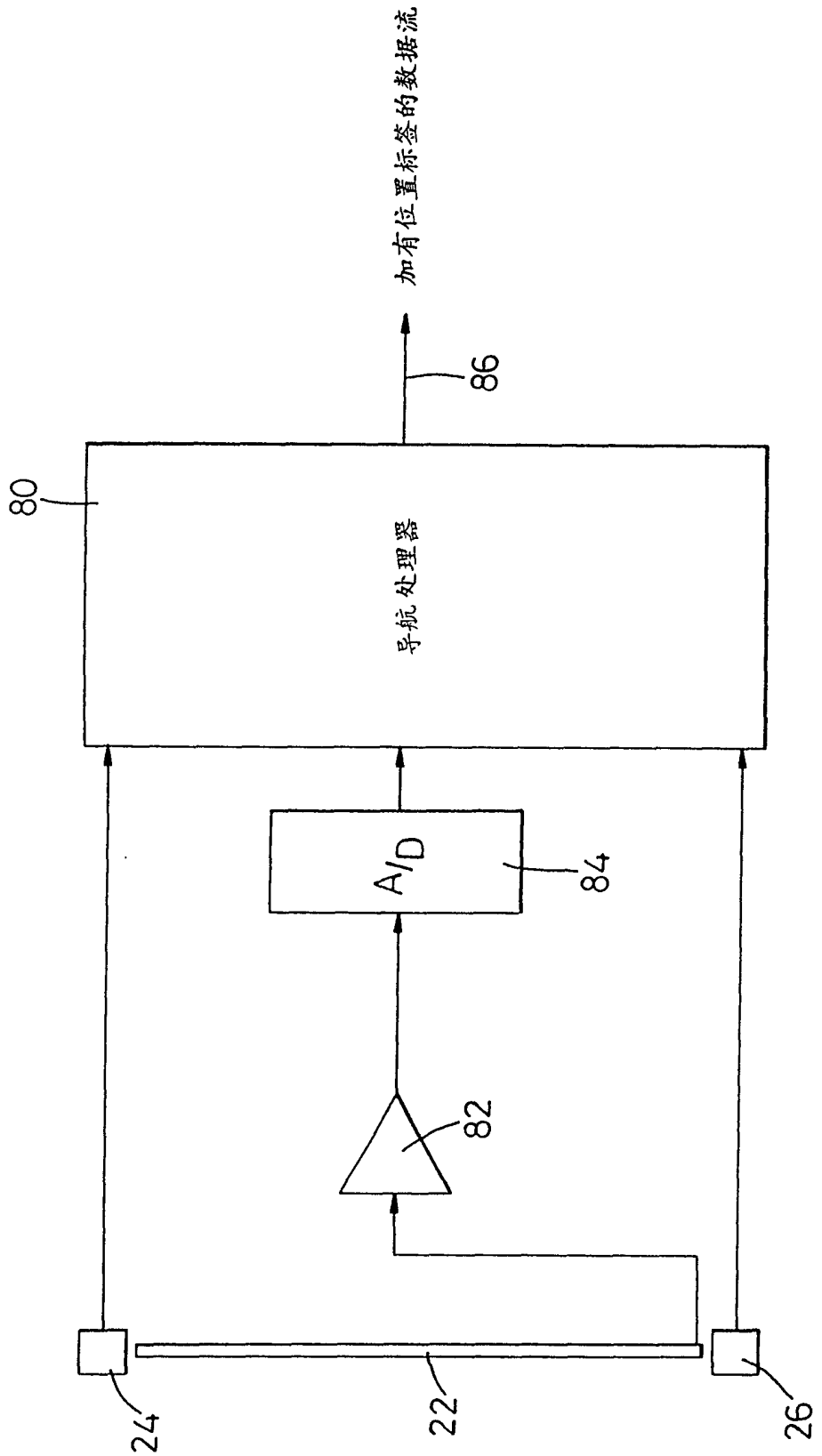


图 9a

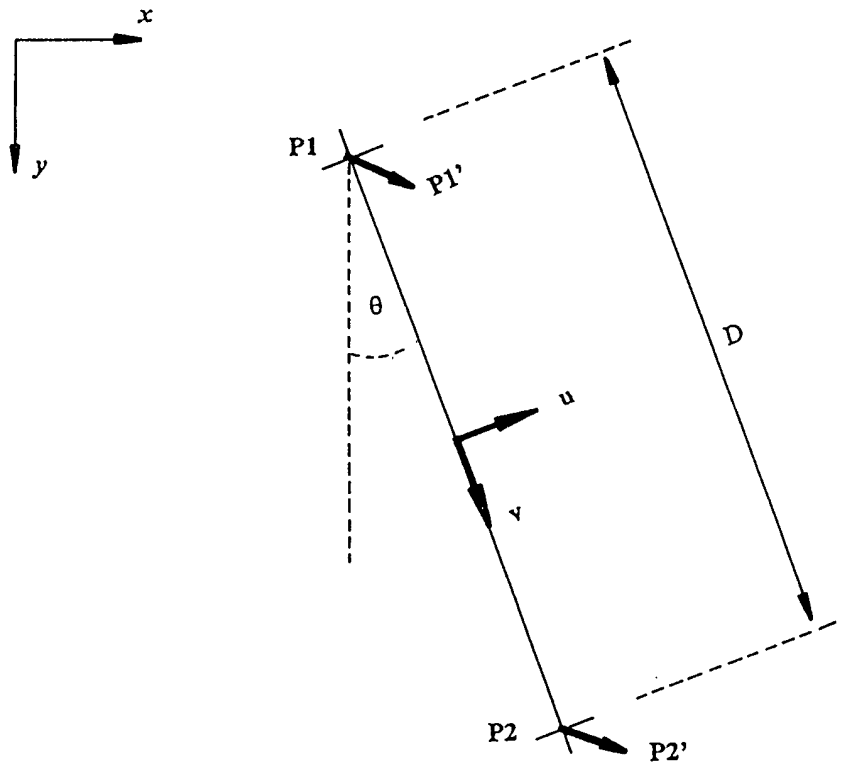


图 9b

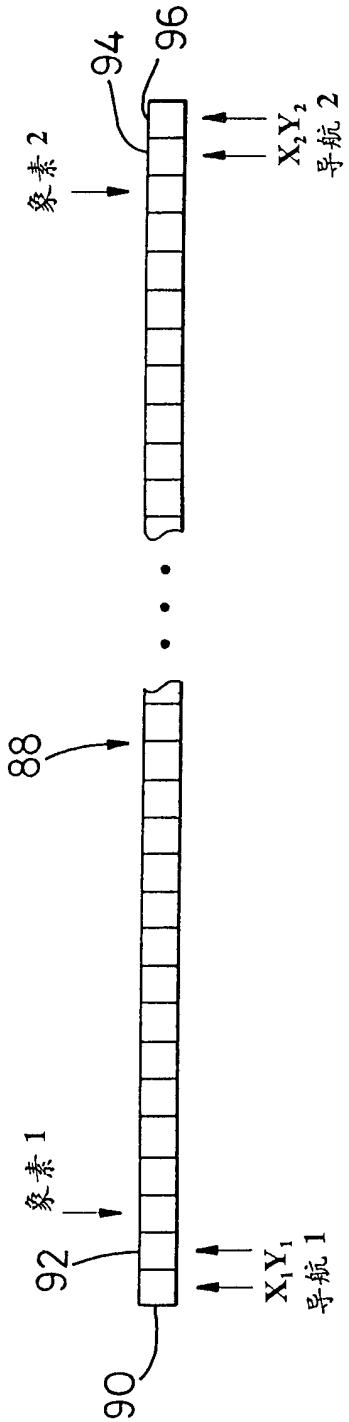


图 10a

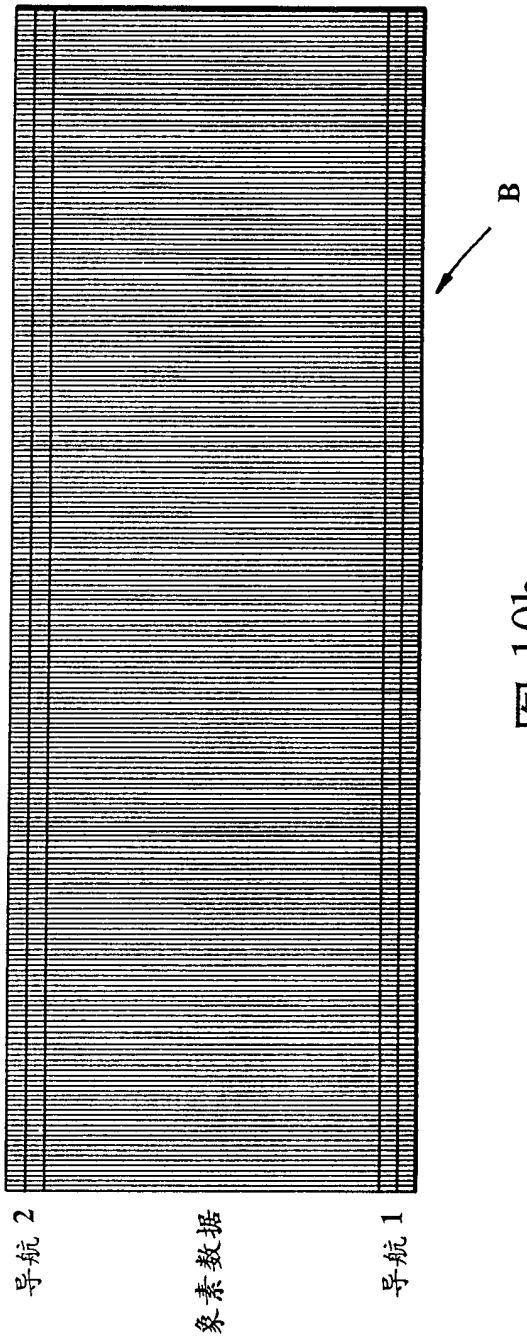


图 10b

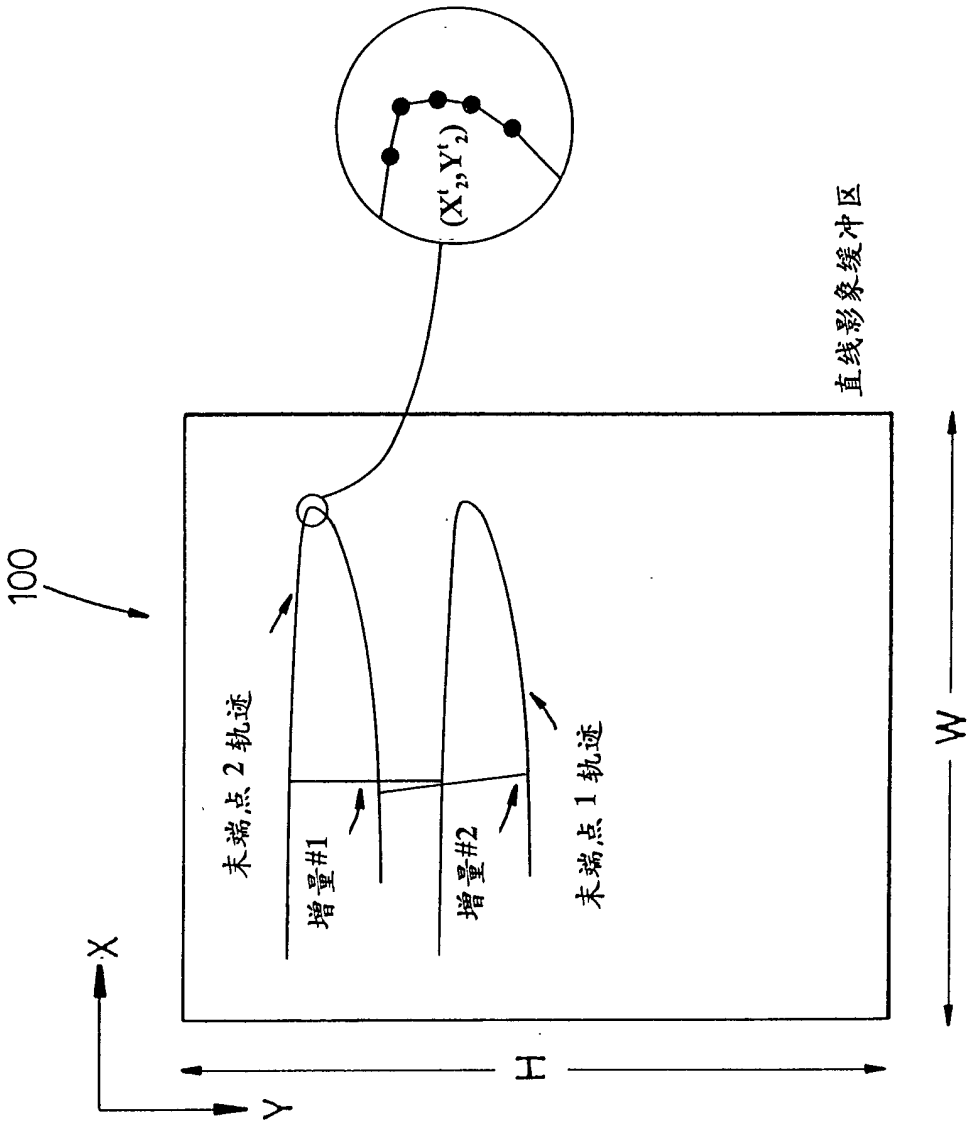


图 11

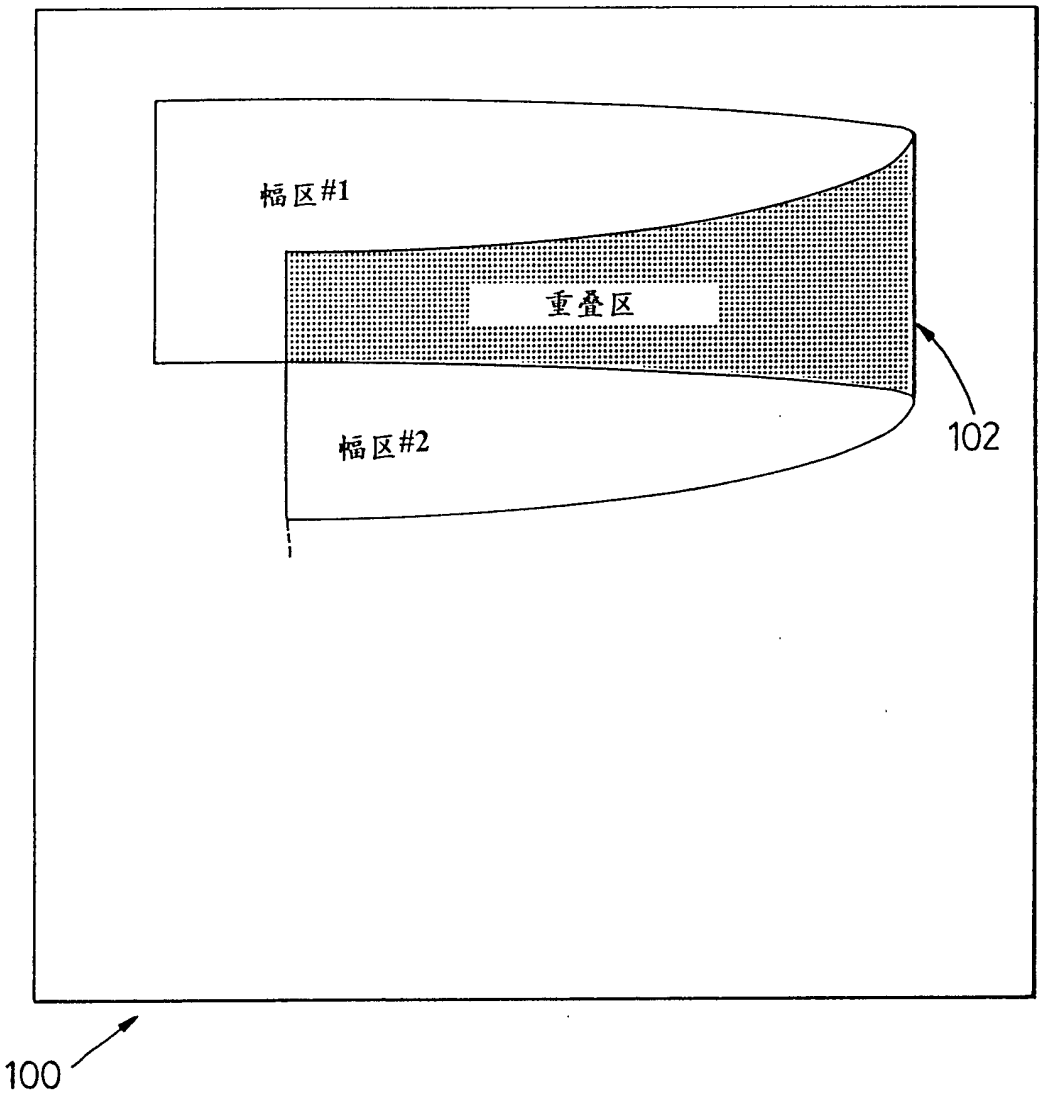


图 12

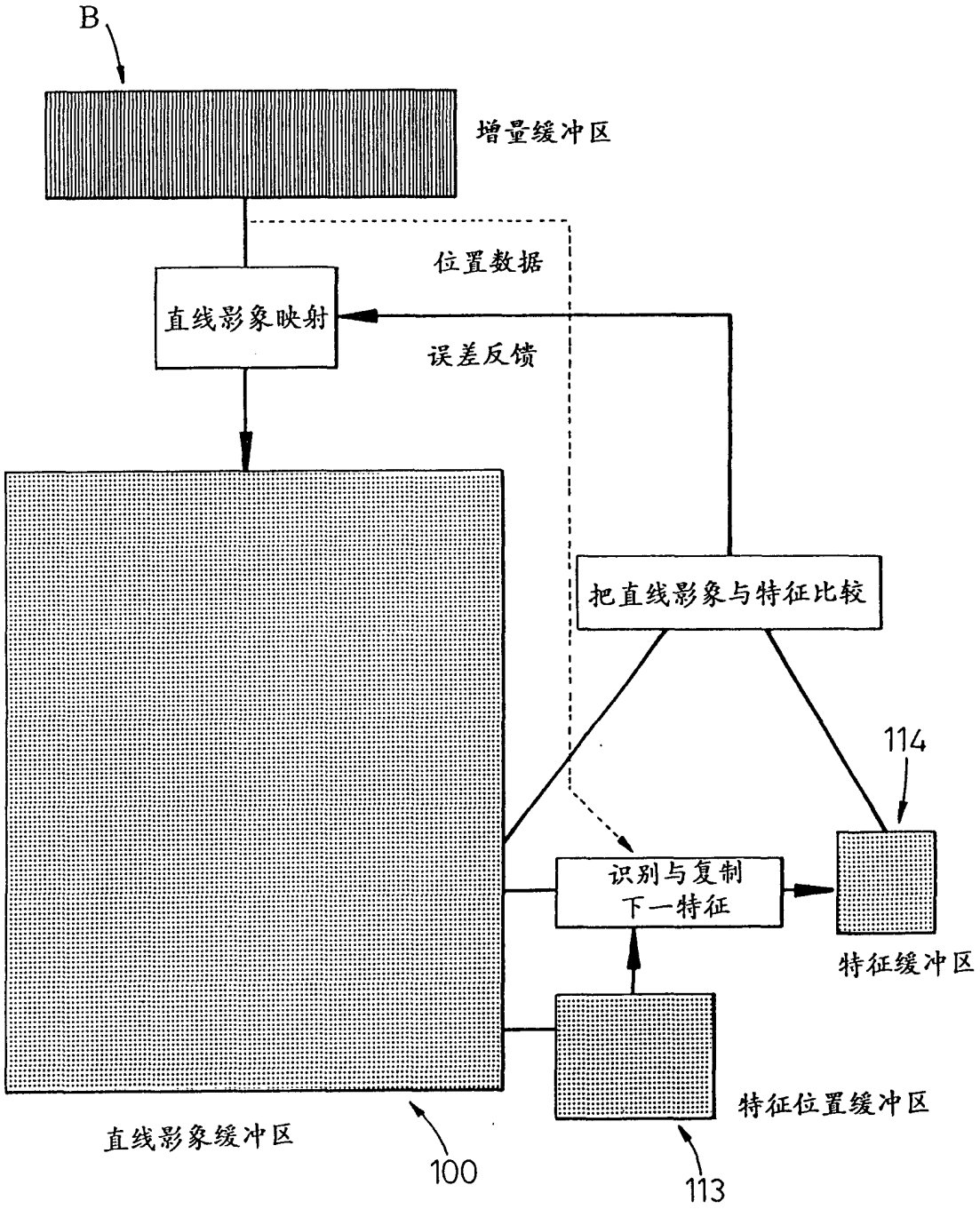

B
增量缓冲区
位置数据
直线影象映射
误差反馈
把直线影象与特征比较
114
识别与复制
下一特征
特征缓冲区
特征位置缓冲区
直线影象缓冲区
100
113

图 13

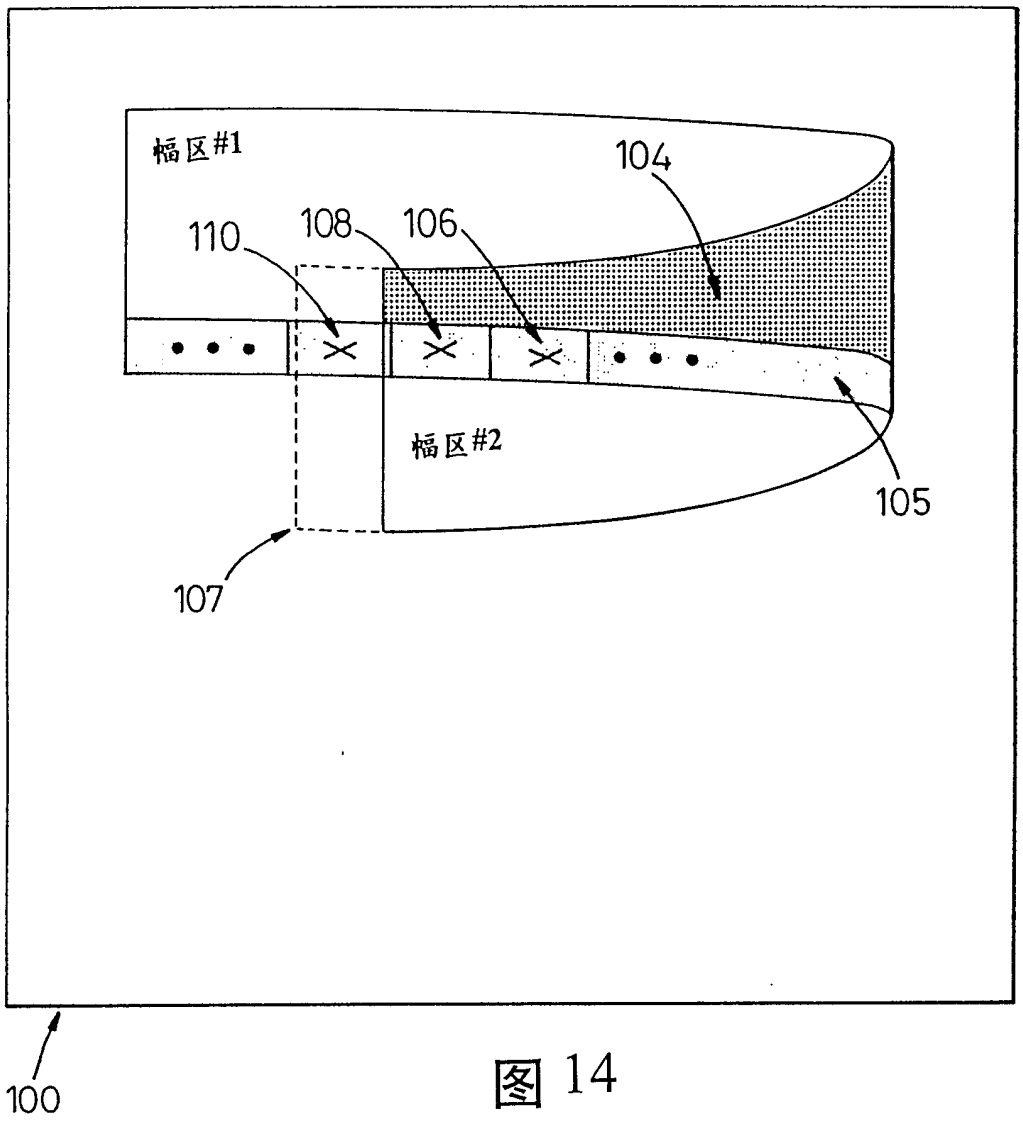


图 14

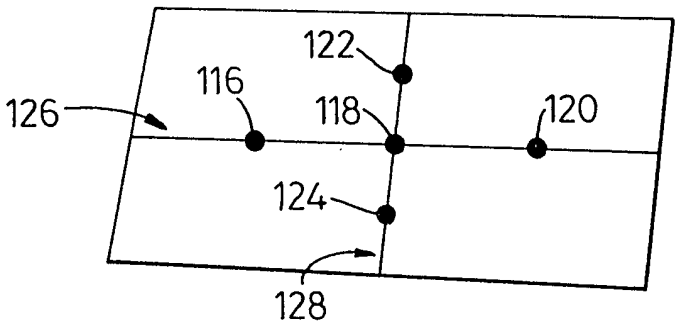


图 15

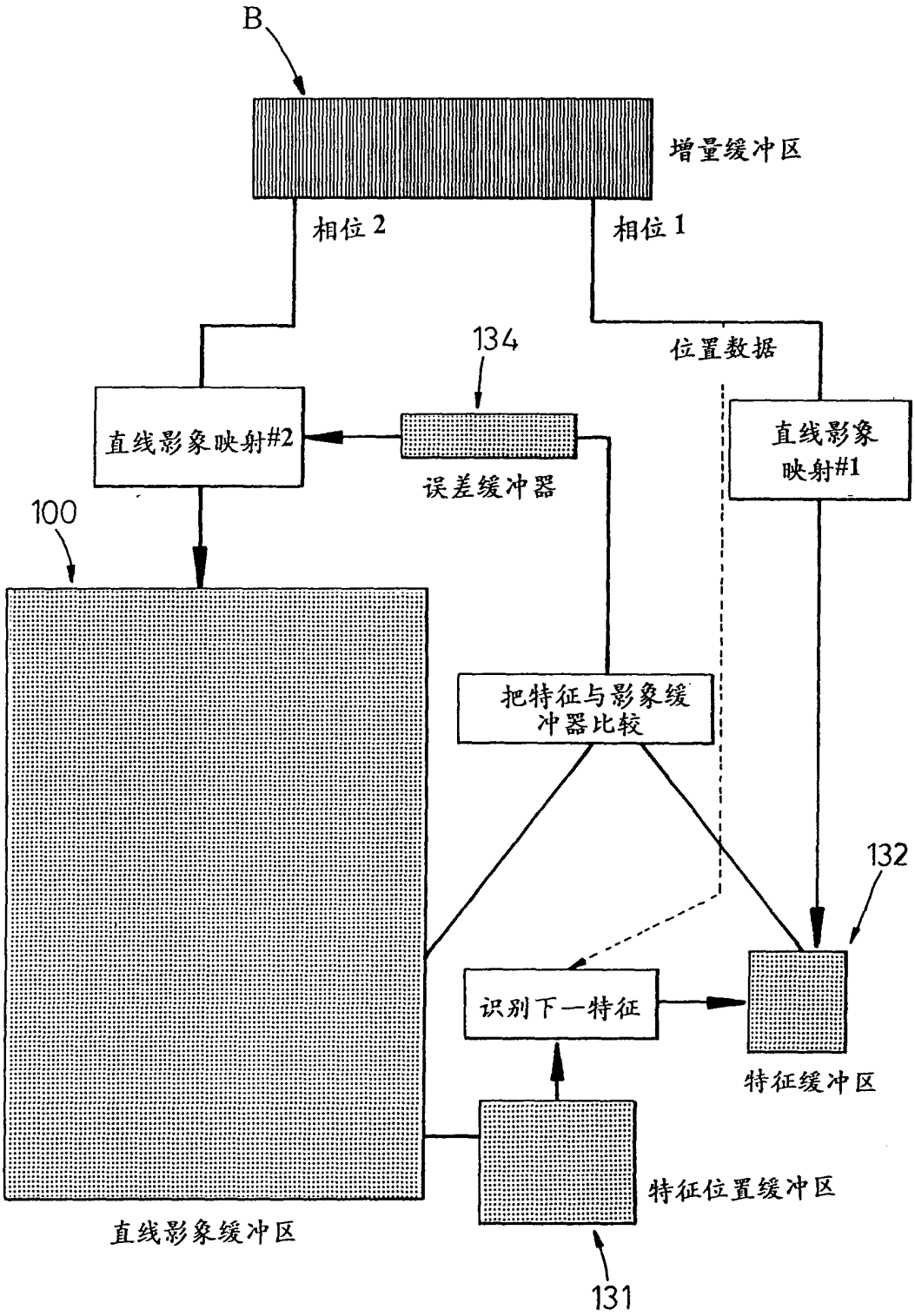

B
增量缓冲区
相位 2
相位 1
134
位置数据
直线影象映射#2
误差缓冲器
直线影象
映射#1
100
把特征与影象缓
冲器比较
132
识别下一特征
特征缓冲区
特征位置缓冲区
直线影象缓冲区
131

图 16

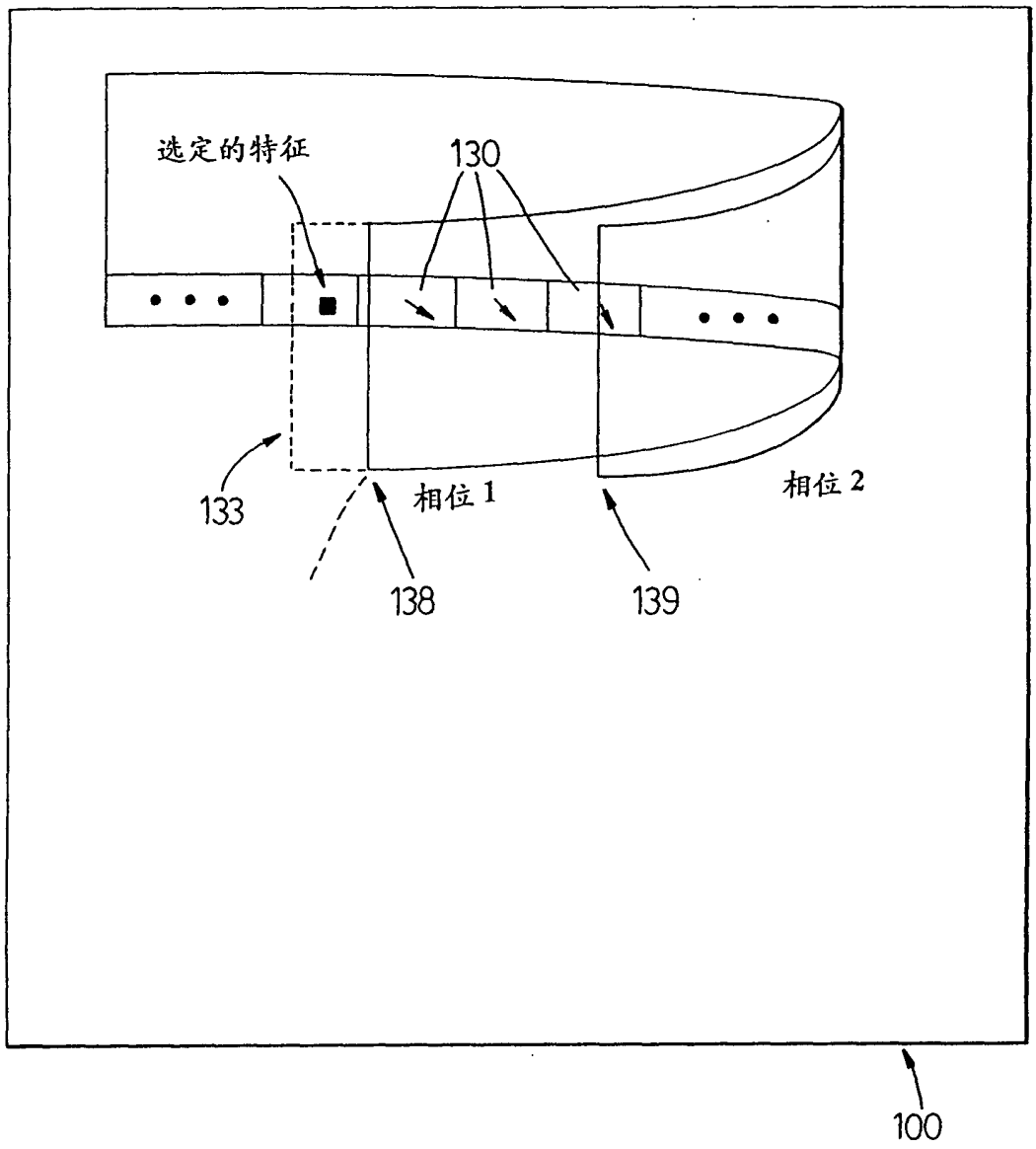


图 17

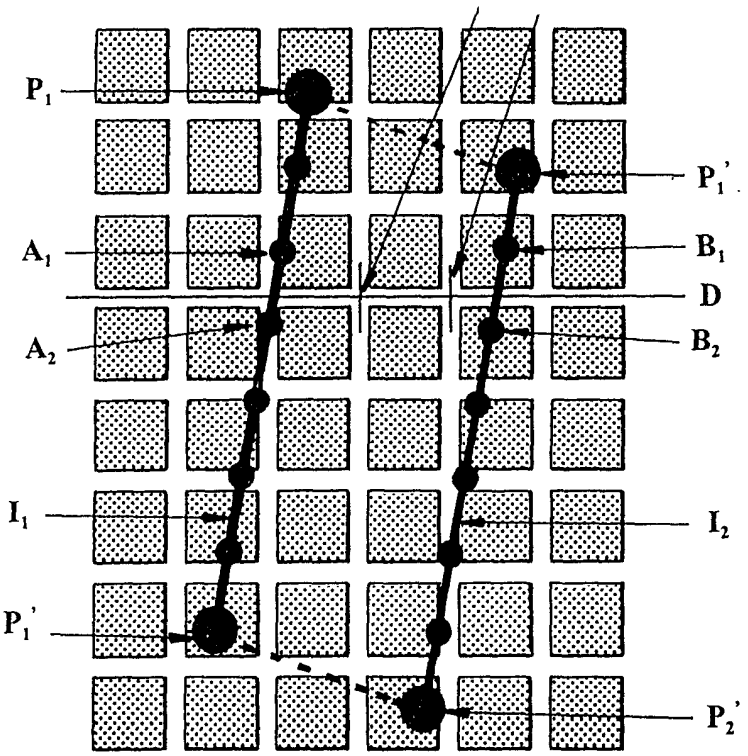


图 18

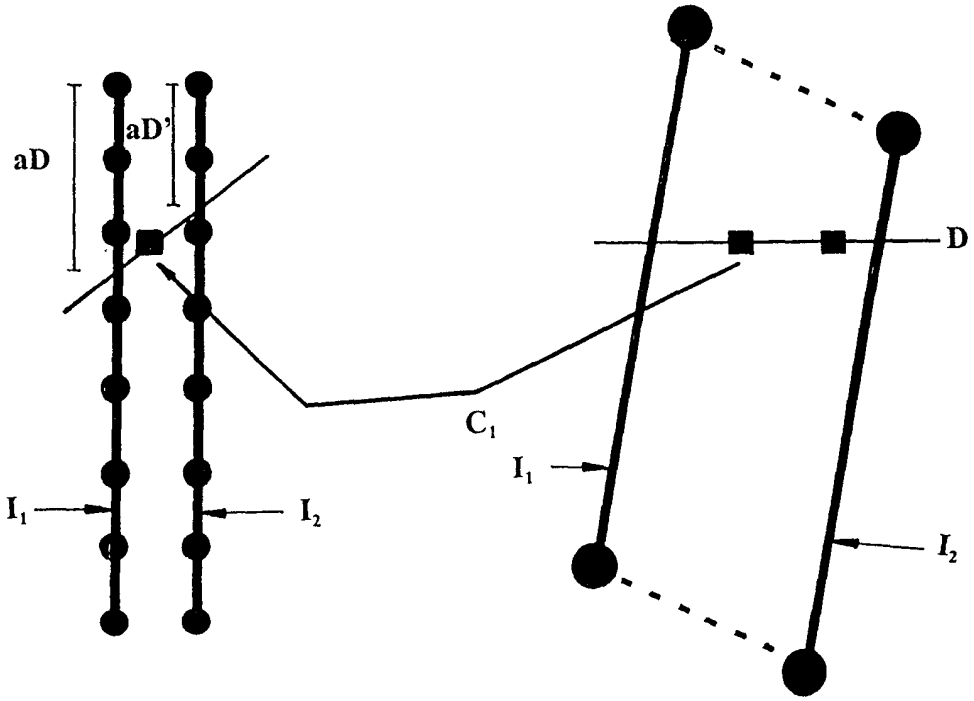


图 19

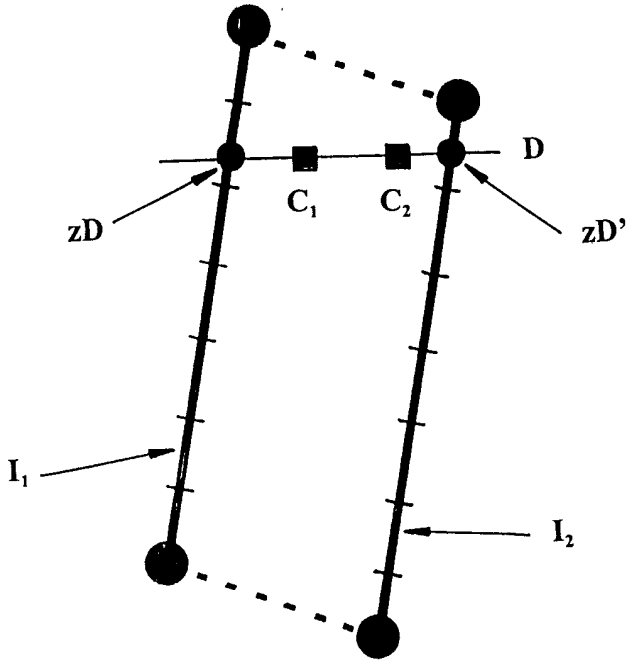


图20

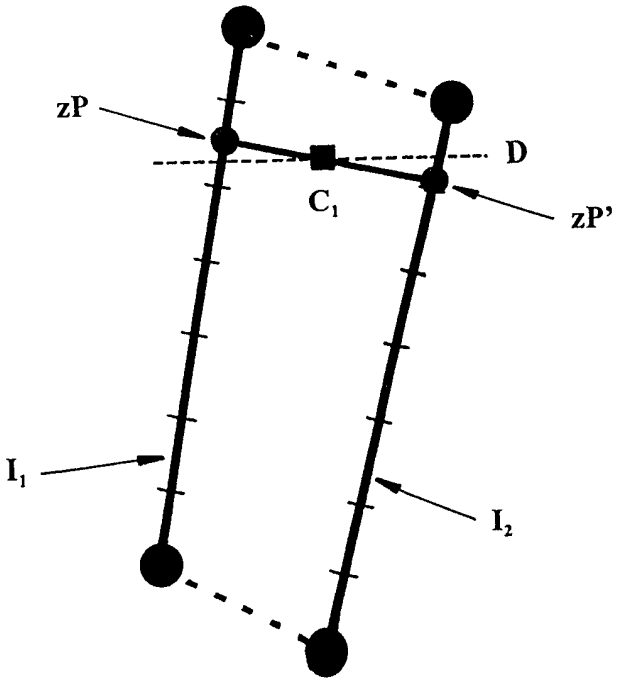


图21

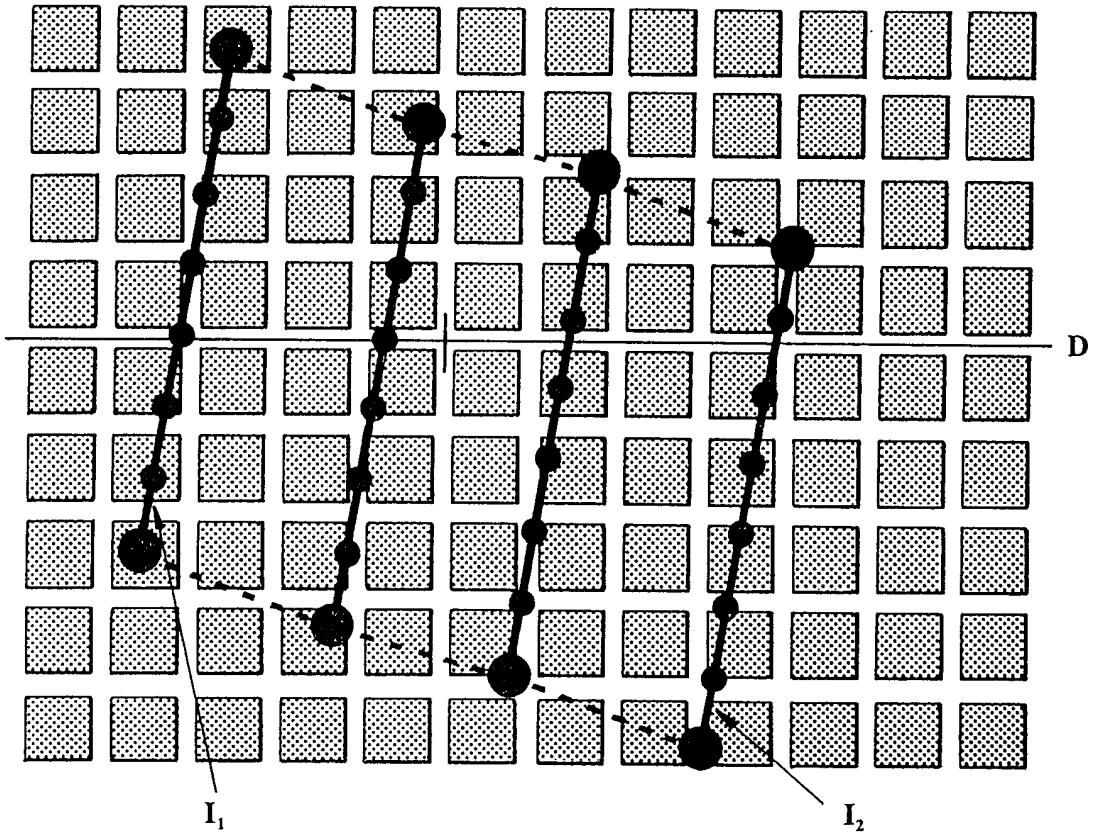


图 22

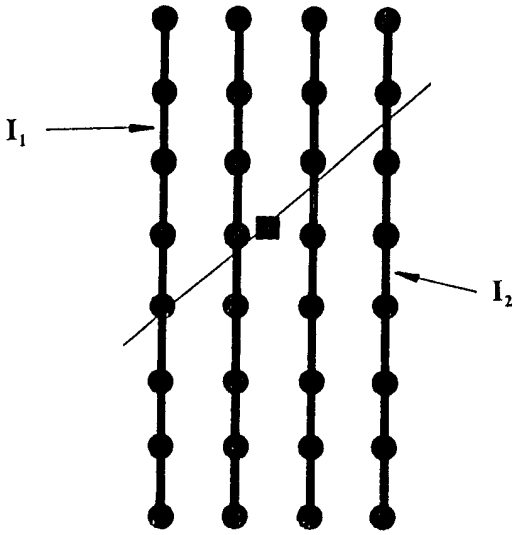


图 23

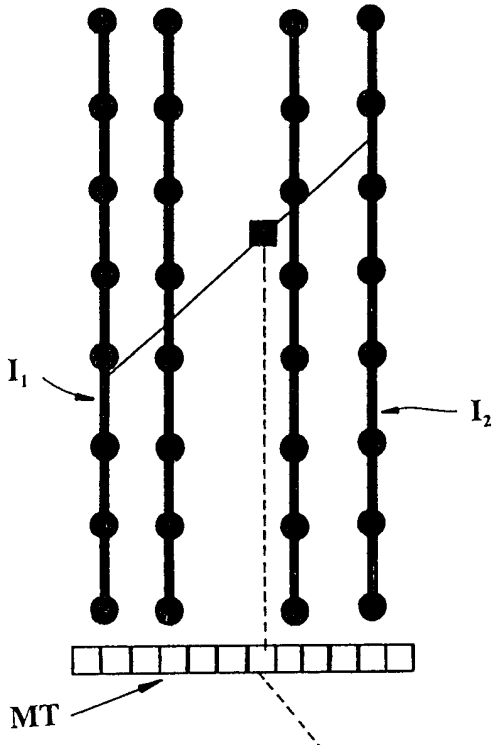


图 24a

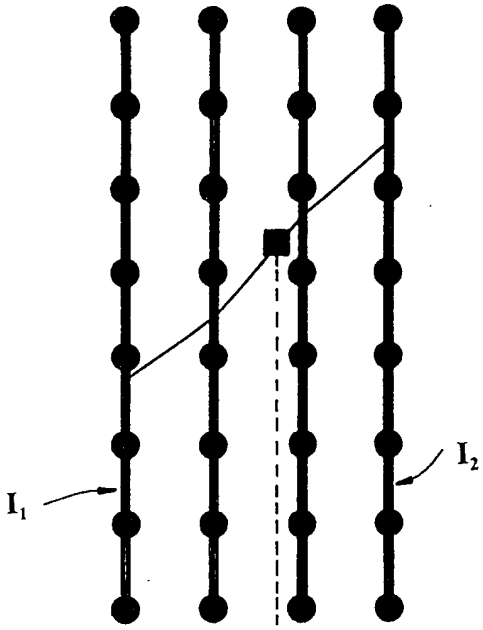


图 24b