

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01B 21/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410031261.6

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100442012C

[22] 申请日 2004.3.26

[21] 申请号 200410031261.6

[30] 优先权

[32] 2003.3.27 [33] US [31] 10/249279

[73] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 R·科库 G·W·布洛科斯比
P·H·屠

[56] 参考文献

US4525858A 1985.6.25

US6512993B2 2003.1.28

US6496262B1 2002.12.17

US4593967A 1986.6.10

US6539106B1 2003.3.25

审查员 杜 衡

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 吴立明 张志醒

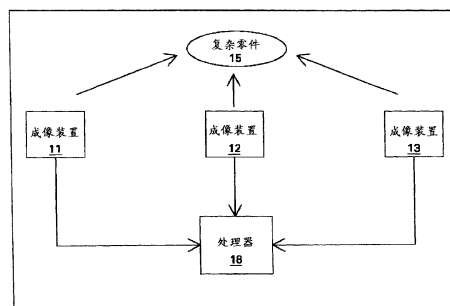
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 7 页

[54] 发明名称

非接触测量系统和方法

[57] 摘要

提供一种用于复杂零件(15)非接触测量的系统和方法,该方法包括利用至少一个成像装置(11)获取包括施放到复杂零件上的激光线的复杂零件的图像,确定是代表复杂零件的至少一部分的并包含与复杂零件表面的多个尺寸有关的信息的复杂零件的感兴趣范围,从感兴趣范围提取对应于激光线的信息以减少计算以及进一步从对应于激光线的信息提取多个特征点,多个特征点代表表面的多个尺寸。多个特征点用于重构复杂零件表面的三维(3D)表示。



1. 一种用于复杂零件非接触测量的方法，该方法包括：

利用至少一个成像装置获取包括施加到复杂零件上的激光线的复杂零件的图像；

确定复杂零件的感兴趣范围；

在所述感兴趣范围内扫描多行，其中所述多行中的每一行包括多个像素；

通过将每个像素的强度值和相邻像素的强度值连续比较，检测多个峰值；

为所述多个峰值的每一个生成上升强度值点、最大强度值点和下降强度值点，并平衡所述上升强度值点和所述下降强度值点以便为所述多个峰值的每一个生成底脚强度值点；以及

利用所述上升强度值点、所述最大强度值点、所述下降强度值点和所述底脚强度值点为所述多个峰值的每一个从对应于激光线的信息提取多个特征点，多个特征点代表表面的多个尺寸。

2. 权利要求 1 的方法，进一步包括利用多个特征点重构复杂零件表面的三维表示，其中所述三维表示用于检查。

3. 权利要求 1 的方法，其中确定复杂零件的感兴趣范围的步骤包括：

将图像分成多个部分，所说多个部分中的每一个包括多个像素，每个像素都具有一个相应的强度值；

计算所说多个部分中的每一个部分中的每个像素的多个强度值之和以产生相应的图像的强度值分布；以及

利用图像的强度值分布提取包含与复杂零件表面的多个尺寸有关的信息的图像的一部分。

4. 权利要求 3 的方法，其中多个部分中的每一个都包括一个矩形部分。

5. 权利要求 1 的方法，其中提取步骤进一步包括：

按照以下方程计算在所说多个峰值中的每一个的各自上升侧和各自下降侧上的中间强度值点：

$$E_M = E_P + (E_{Max} - E_P)/2;$$

其中 E_M 对应于中间强度值点， E_P 对应于底脚强度值点，以及 E_{Max} 是最大强度值点；

划出通过多个峰值中的每一个的各自上升侧和各自下降侧上的中间强度值点的两条切线；以及

定义多个特征点，其中所述特征点位于相应的多个峰值中的每一个峰值的两条切线的交叉点处。

6. 权利要求 5 的方法，其中利用 Cubic Spline 拟合划出切线。

7. 权利要求 1 的方法，进一步包括互连多个特征点以产生链和用这个链产生复杂零件表面的三维表示。

8. 权利要求 1 的方法，其中成像装置包括照相机。

9. 权利要求 1 的方法，其中获取步骤包括从多个成像装置获取包括相应的复杂零件的多个观测的多个图像。

10. 权利要求 1 的方法，其中获取步骤包括通过围绕复杂零件移动成像装置获取复杂零件的多个图像，其中复杂零件被固定。

11. 一种用于复杂零件非接触测量的系统，该系统包括：

至少一个成像装置，被放置在离复杂零件的预定距离上和被配置用于获取包括施加在复杂零件上的激光线的复杂零件的图像；以及

至少一个处理器，与成像装置联结和接收图像以及配置用于确定复杂零件的感兴趣范围，所述感兴趣范围代表复杂零件的至少一部分，并且所述感兴趣范围包含与复杂零件表面的多个尺寸有关的信息；

从感兴趣范围提取对应于激光线的信息，包括：

在感兴趣范围内扫描多行，其中所述多行中的每一行包括多个像素；

通过将每个像素的强度值和相邻像素的强度值连续比较，检测多个峰值；

为所述多个峰值的每一个生成上升强度值点、最大强度值点和下降强度值点，并平衡所述上升强度值点和所述下降强度值点以便为所述多个峰值的每一个生成底脚强度值点；以及

利用所述上升强度值点、所述最大强度值点、所述下降强度值点和所述底脚强度值点为所述多个峰值的每一个从对应于激光线的信息提取多个特征点，多个特征点代表表面的多个尺寸。

12. 权利要求 11 的系统，还包括利用多个特征点重构复杂零件表面的三维表示，其中所述三维表示用于检查。

13. 权利要求 11 的系统，其中用于确定复杂零件的感兴趣范围的处理器还被配置为：

将图像分成多个部分，所说多个部分的每一个都包括多个像素，每个

像素具有相应的强度值;

计算所说多个部分中的每一个部分中的每个像素的多个强度值之和以产生图像的相应强度值分布; 以及

利用图像的相应强度值分布提取包含与复杂零件表面的多个尺寸有关的信息的图像的一部分。

14. 权利要求 13 的系统, 其中多个部分的每一个都包括一个矩形部分。

15. 权利要求 11 的系统, 其中处理器被配置为:

按照以下方程计算在所说多个峰值中的每一个的各自上升侧和各自下降侧上的中间强度值点:

$$E_M = E_P + (E_{Max} - E_P) / 2,$$

其中 E_M 对应于中间强度值点, E_P 对应于底脚强度值点, 以及 E_{Max} 是最大强度值点;

划出通过多个峰值中的每一个的各自上升侧和各自下降侧上的中间强度值点的两条切线; 以及

定义多个特征点, 其中所述特征点位于相应的多个峰值中的每一个峰值的两条切线的交叉点处。

16. 权利要求 15 的系统, 其中利用 Cubic Spline 拟合划出切线。

17. 权利要求 11 的系统, 其中处理器被配置用于互连多个特征点以产生链和用这个链产生复杂零件表面的三维表示。

非接触测量系统和方法

技术领域

本发明一般涉及非接触测量系统，更具体地涉及复杂零件表面尺寸的非接触测量系统和方法。

背景技术

复杂零件的表面测量在制造和修理业中是非常重要的。一般地，用其中测量装置与复杂零件接触的接触方法进行表面测量。替换地，用专门制造量具进行表面测量。这样的测量系统一般都是高成本的、费时的和受误差影响的。在其它情况下，零件或许由于制造过程引起的太热不能进行基于接触测量。大多基于接触测量需要用于测量的不会破裂的探头触点。这样的探头通常很贵。在大量制造零件的工业中，用于测量的探头的数目会是数量上很少的。因此，使用很少的探头检查大量零件就成为费时的了，这是不希望有的。

基于非接触的测量系统也用于表面测量。某些基于非接触的测量系统的一个问题是，因为这样的方法通常利用繁重的计算或大量解释数据，所以这是费时的。例如，非接触测量系统会需要提取也出现在包含要被检查零件的图像中的背景信息，例如夹具、噪声等。当制造公差成为较严时，为保持公差在计量技术要求方面有相应增加。质量和性能检验的需要已成为生产或制造过程的组成部分。

因而会希望有的是，利用非接触测量系统以快速和成本有效的方式测量复杂零件的表面尺寸。

发明内容

简言之，按照本发明的一个实施例，提供一种用于复杂零件的非接触测量的方法。该方法包括利用至少一个成像装置获取复杂零件的图像，包括在复杂零件上施加的激光线，确定复杂零件的感兴趣范围，它代表复杂零件的至少一部分和包括与复杂零件的多个表面尺寸有关的信息，以及从感兴趣范围提取对应于激光线的信息以减少计算和进一步从对应于激光线的信息提取多个特征点，多个特征点代表多个表

面尺寸。

在另一个实施例中，提供一种复杂零件非接触测量系统。该系统包括至少一个成像装置，该成像装置被布置在离复杂零件的预定距离上，并被配置用于获取复杂零件的图像，包括在复杂零件上施加的激光线。该系统进一步包括至少一个与成像装置结合和接收图像的处理单元。该处理单元进一步被配置用于确定复杂零件的感兴趣范围，它代表复杂零件的至少一部分和包括与复杂零件的多个表面尺寸有关的信息；以及从感兴趣范围提取对应于激光线的信息以减少计算和进一步从对应于激光线的信息提取多个特征点，多个特征点代表多个表面尺寸。

在一个备选的实施例中，提供一种复杂零件非接触测量系统。该系统包括至少一个成像装置、至少一个中间处理器和主处理器。该成像装置被布置在离复杂零件的预定距离上，并被配置用于获取复杂零件，包括在复杂零件上施加的激光线的图像该中间处理器与成像装置结合和接收图像。该中间处理器被配置用于确定复杂零件的感兴趣范围，它代表复杂零件的至少一部分和包括与复杂零件的多个表面尺寸有关的信息。该中间处理器进一步被配置用于从感兴趣范围提取对应于激光线的信息以减少计算和进一步从对应于激光线的信息提取多个特征点。多个特征点代表多个表面尺寸。主处理器被配置用于利用多个特征点重构复杂零件表面的三维(3D)表示，其中3D表示用于检查。

附图说明

在参照附图阅读以下详细说明时，本发明的这些和其它特征、方面和优点将成为较好地被了解。在全部附图中相同的字符代表相同的零件。

图1是用于非接触表面测量的系统的实施例的方框图。

图2是说明用其产生表面3D表示的方法的流程图。

图3是说明用其产生感兴趣范围的方法的流程图。

图4是说明以其提取对应于激光线的信息的方式的流程图。

图5是说明以其提取多个特征点的方式的流程图。

图6是说明在一个实施例中以其从峰值探测特征点的方式的图。

图7是说明在一个备选的实施例中以其从峰值探测特征点的方式

的图。

具体实施方式

图1是说明用于复杂零件15的非接触测量的系统的实施例的方框图。通过施加激光线照明复杂零件。该系统包括至少一个成像装置和至少一个处理器。所说明的实施例包括成像装置11、12和13以及处理器18。下面进一步详细地说明每个组成部分。

如在这里所用的，“适应于”、“配置的”等系指允许相配合的部件提供所说明作用的部件之间的机械的或结构的联系；这些用语也系指如模拟或数字计算机这样的电气部件或者应用具体装置（例如应用特定集成电路（ASIC））的操作能力。编程电气部件或应用具体装置以执行结局，提供响应输入信号的输出。

成像装置11、12和13被放置在预定的和固定的离复杂零件的距离上。这些成像装置被配置用于获取复杂零件的多个图像，用施加已知的任何数目的激光线，将参照图2较详细地说明这一点。在一个实施例中，多个图像与复杂零件的多个观测对应。在一个实施例中，成像装置包括模拟和/或数字照相机。

希望例如，用在其各自的固定位置的多个观测而放置的多个固定成像装置（例如11、12和13）获取多个图像和其中复杂零件位置也固定。然而，在备选实施例中，也可以利用单个照相机，而且照相机零件会是可动的，例如可转动的，使得照相机能够获取零件的多个观测。在这个实施例中，会需要另外的登记照相机或零件位置的步骤以及另外的图像处理步骤。

处理器18与成像装置连接和被配置用于从每个成像装置接收图像。为简单扼要，说明继续参照单个图像的处理。然而，可以注意到，处理步骤也可以对多个图像应用。

处理器被配置用于确定感兴趣的复杂零件的范围，感兴趣范围是代旧表复杂零件图像的至少一部分的。如在这里用的感兴趣范围系指复杂零件图像的部分。感兴趣范围包含对应于被激光线照明的复杂零件部分以及复杂零件的非照明部分的信息。在一个实施例中，感兴趣范围被局限到照明的复杂零件，因而不包含与其中放置复杂零件和在其上安装复杂零件的结构背景有关的信息。由于只确定感兴趣范围

和接着将感兴趣范围用于进一步处理中，本质上减少了计算。将参照图 3 较详细地说明确定感兴趣范围的步骤。

处理器从感兴趣范围提取对应于激光线的信息。参照图 4 较详细地说明提取对应于激光线信息的步骤。然后从对应于激光线信息提取多个特征点。参照图 6 较详细地说明提取多个特征点的步骤。处理器利用多个特征点重构复杂零件表面的三维（3D）表示。3D 表示可以在制造单位中用于检查目的。

参照图 2 的流程图进一步详细地说明处理器从其产生复杂零件的 3D 表示的方法和每个步骤。

图 2 是说明用其可以按非接触测量方法测量复杂零件表面的尺寸的方法的流程图。在该说明的实施例 1 中，通过施加激光线照明复杂零件。用已知的方式利用激光源发射激光线。在一个实施例 1 中，使用具有从 Lasiris 公司可购的 670nm 的 10Mw 单线投射器的 PHA 样机。

在步骤 20 的输入是包括施加的激光线获得的图像。该图像被输入到步骤 22。下面进一步详细地说明每个步骤。

在步骤 22，利用成像装置获取包括施加的激光线的复杂零件的图像。在一个实施例 1 中，成像装置包括数字照相机和/或模拟照相机。在该说明的实施例 1 中，激光源被安装在成像装置上。

在步骤 24，确定感兴趣范围，感兴趣范围是代表复杂零件图像的至少一部分的。复杂零件图像的这部分包括与多个复杂零件表面尺寸有关的信息。参照图 3 较详细地说明确定感兴趣范围。

在步骤 26 从感兴趣范围提取对应于激光线的信息。在一个示例性的实施例 1 中，激光线是互相平行的。然而，要认识到，如网格状线这样的其它激光线型也会是适用的，但会需要另外的处理步骤，将在这里说明。会注意到，由于提取对应于激光线的信息，为分析图像所需要的计算明显减少。参照图 4 较详细地说明提取对应于激光线的信息的步骤。

在步骤 27，从对应于激光线的信息提取多个特征点。多个特征点代表复杂零件表面的多个尺寸。参照图 6 较详细地说明提取多个特征点的步骤。

在步骤 28，利用多个特征点重构复杂零件表面的三维（3D）表示。3D 表示可以用于检查期间的分析。下面参照图 3 到图 6 较详细地说明

上述流程图中的各种各样步骤。

会注意到，本专业熟知的各种预处理技术，例如高斯平滑处理或中值滤波，可以应用在图像（在步骤 22 获取的）上，以通过减少背景噪声来提高图像质量。在所说明的实施例中，在应用高斯平滑处理后实行感兴趣范围分离方法。

图 3 是详细说明该方式的流程图，其中执行对应于从图像确定感兴趣范围的步骤 24（图 2），在步骤 30 的输入是获取的包括施加的激光线的图像，它们被输入到步骤 32。下面进一步详细地说明每个步骤。

在步骤 32，图像被分成多个部分，每个部分包括多个具有相应强度值的像素。在一个实施例中，这些部分包括 16、24、36 和 54 行的像素。在一个实施例中，图像被分成矩形部分。在另一个实施例中，图像被垂直分成矩形部分。

在步骤 34，计算每个部分中的每个像素的强度值之和以产生图像的相应强度值分布。在步骤 36，利用图像的相应强度值分布提取图像的一部分，这个部分包含与复杂零件的多个尺寸有关的信息。通过分析强度值分布，可以确定感兴趣范围。感兴趣范围代表包含与复杂零件的尺寸有关的信息的那些复杂零件的区域。在一个实施例中，感兴趣范围对应于与照明的和非照明的复杂零件区相关的信息和排除背景信息，例如，在其中放置复杂零件和在上面安装复杂零件的结构的周围环境。用其分析强度值分布的方法类似于图 4 所描述的用其提取对应于激光线的信息的方法。

通过如上述方法中所述的确定感兴趣范围，消除了在整个图像（包括不包含代表复杂零件表面尺寸的信息的区）上的处理，因此加速了图 2 的步骤 28 中所讨论的重构过程。

图 4 是详细说明该方式的流程图，其中执行从感兴趣范围提取激光线（图 1 的步骤 26），在一个实施例中执行这个流程图。在步骤 40 的输入是在图 1 的步骤 26 提取的感兴趣范围，它被输入到步骤 42。下面进一步详细地说明每个步骤。

在步骤 42，扫描感兴趣范围中的多个行。每行包括多个像素。

在步骤 44，探测每个图像行中的多个像素，多个峰代表对应于施加的激光线的信息。在所说明的实施例中，通过连续地将一行的一个像素的强度值同该行的相邻像素的强度值比较来探测多个峰值。在一

个实施例中，通过进行一个像素对该行相邻像素的一阶微商来探测峰值。在另一个实施例中，通过进行一个像素对该行相邻像素的二阶微商来探测峰值。

在步骤 46，利用在步骤 44 探测的多个峰值提取多个特征点。

上述方法说明了在一个实施例中以其提取与激光线有关的信息的方式。在一个备选实施例中，通过根据在感兴趣范围中出现的多个像素的强度值产生直方图从感兴趣范围提取对应于激光线的信息。利用根据阈值计数值的直方图提取与激光线有关的信息，激光线信息陷落在阈值计数的左（或右）边的直方图区中。

图 5 是详细说明该方法的流程图用其从多个峰值提取多个特征点（从图 2 中的步骤 27）的。在步骤 60 的输入是在图 1 的步骤 27 提取的多个峰值，它们被输入到步骤 62。下面进一步详细地说明每个步骤。

在步骤 62，对于提取的多个峰值中的每一个计算在峰值的上升侧上的上升强度值点，最大强度值点和在该峰值的下降侧上的下降强度值点。上升强度值点对应在那里峰值开始上升的点，最大强度值点对应峰值的最大值，以及下降强度值点是在那里强度值变平的点。

对于不具有相等的上升强度值点和下降强度值点的个别峰值，计算底脚强度值点。通过计算底脚强度值点，平衡了探测的峰值，因而减少了计算的复杂性。

在步骤 64，计算关于如上述探测的多个峰值中的每一个的上升侧和下降侧上的一个中间强度值点。按以下方程计算中间强度值点：

$$E_M = E_P + (E_{Max} - E_P) / 2$$

其中， E_M 对应于中间强度值点， E_P 对应于底脚强度值点，以及 E_{Max} 对应于最大强度值点。

在步骤 66，划出通过多个峰值中的每一个的上升侧和下降侧上的中间强度值点的 2 个切线。在一个实施例中，可以利用峰值上的立方曲线尺（Cubic Spline）拟合划出切线。立方曲线尺是由以下方程定义的分段多项式回归的形式：

$$y = a_i(x-x_i)^3 + b_i(x-x_i)^2 + c_i(x-x_i) + d_i$$

这里， i 是间隔， x_i 代表在间隔起点的 x 值。 a_i 、 b_i 、 c_i 和 d_i 的值确定曲线。

在另一个实施例中，根据其相邻像素从中间强度值点划出切线。

令 P1-P2-P3 为在一个峰值上的相邻像素，P2 作为中间强度值点被探测。为了在曲线 P1-P2-P3 上划出在 P2 点的切线，通过点 P2 的正切直线与通过 P1 和 P2 的直线平行。也就是说，通过中能量点的正切直线具有与通过 P1 和 P2 的直线相同的斜率。用斜率截距形式可以确定正切直线方程，并且可以通过中间强度值点划出切线。

在步骤 68，在对于相应的多个峰值中的每一个的两个切线的交叉点处提取多个特征点。图 6 是说明在峰值 700 的上升侧和下降侧上划的和通过中间能量点 E_m 的切线的图。点 710 代表特征点。多个特征点用于重构复杂零件的 3D 表示。

在另一个实施例中，通过识别一个点使得在一个峰值的右边上强度值之和等于在所说峰值的左边上的强度值之和来提取特征点。在图 7 上说明这样的方法。

在图 7 上，点 810 是具有强度值 “x” 识别的特征点，“l” 代表在点 810 的左边上的强度值之和。同样地，“r” 代表在点 710 的右边上的强度值之和。如果 “l” 等于 “r”，点 810 是特征点。如果 “l” 不等于 “r”，则可以进一步将点 710 分成 “x_l” 和 “x_r”，其中 “x_l = (l+x)/2” 和 “x_r = (r+x)/2”。如果 “l+x_l” 大于 r+x_r，可以进一步将 “x_l” 分成两个以及如此等等。通过用上述方式识别特征点，可以获得子像素级的准确度。

在一个实施例中，互连多个特征点以产生一个链，而这个链被用于产生复杂零件表面的 3D 表示。如在这里使用的，“互连”系指连接多个特征点以产生一个链式结构。在示例性实施例中，多个特征点以平行线形成出现，如同施加在复杂零件上的激光线自然平行。因此，明显地减少了为连接多个特征点需要的计算。在其中由于如背景噪声和测量部分的形状这样的因素多个特征点不依从平行线图型的实施例中，可以便利地使用互连。通过逼近邻近特征点填充在链之间的单个像素图形。特征点互连成链抑制噪声，也增加复杂零件表面 3D 表示的重构速度。

在另一个实施例（未示出）中，复杂零件尺寸非接触测量系统包括至少一个成像装置，至少一个中间处理器和主处理器。该成像装置被放置在离复杂零件的预定距离上，并被配置用于获取包括施加到复杂零件上的激光线的复杂零件图像。

中间处理器与成像装置联接和接收图像，并被配置用于确定复杂零件的感兴趣范围。感兴趣范围是代表复杂零件图像的至少一部分的，并包含与复杂零件表面的多个尺寸有关的信息。

中间处理器进一步被配置用于从感兴趣范围提取对应于激光线的信息以减少计算以及从对应于激光线的信息提取多个特征点。多个特征点代表多个表面尺寸。

主处理器与中间处理器联接，并被配置用于利用多个特征点重构复杂零件表面的三维（3D）表示。

本发明的优点包括改进复杂零件尺寸测量的准确度，也增加以其可以重构复杂零件的 3D 表示的速度。

虽然在这里只说明和叙述了本发明的某些特征，但对本专业技术人员来说许多改进和变化会出现。因而，要理解到，企图所附的权利要求涵盖如同陷落本发明的真正精神内的所有这样的改进和变化。

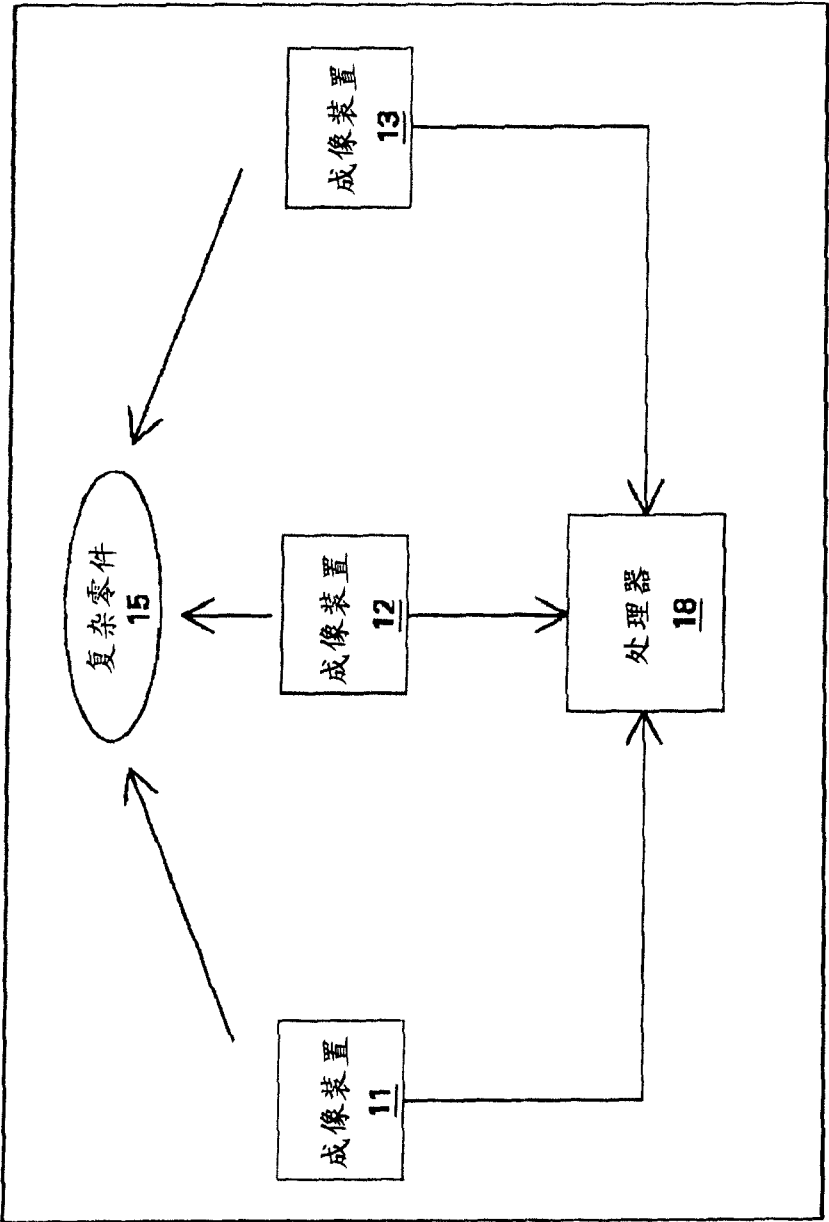


图 1

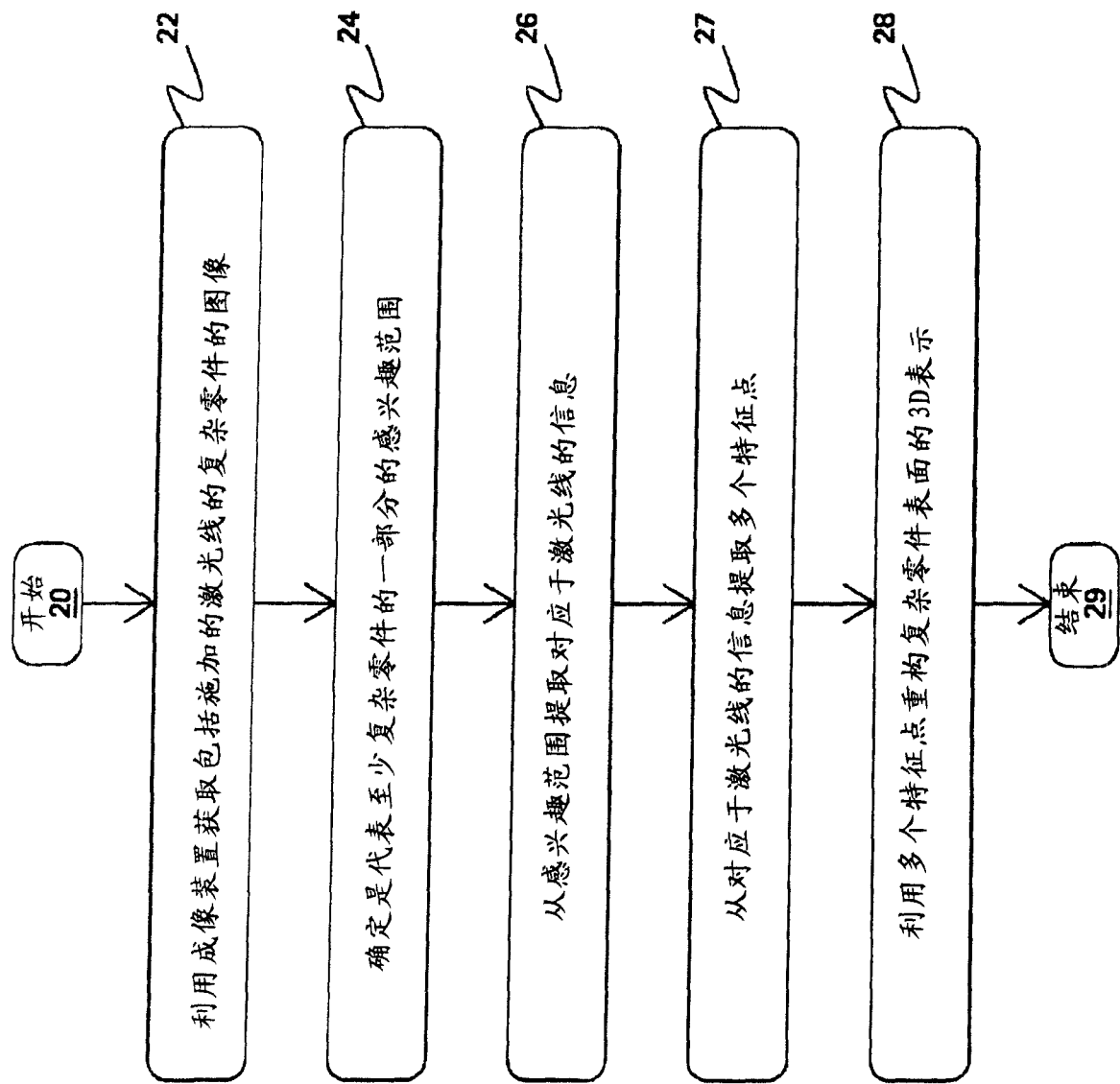


图 2

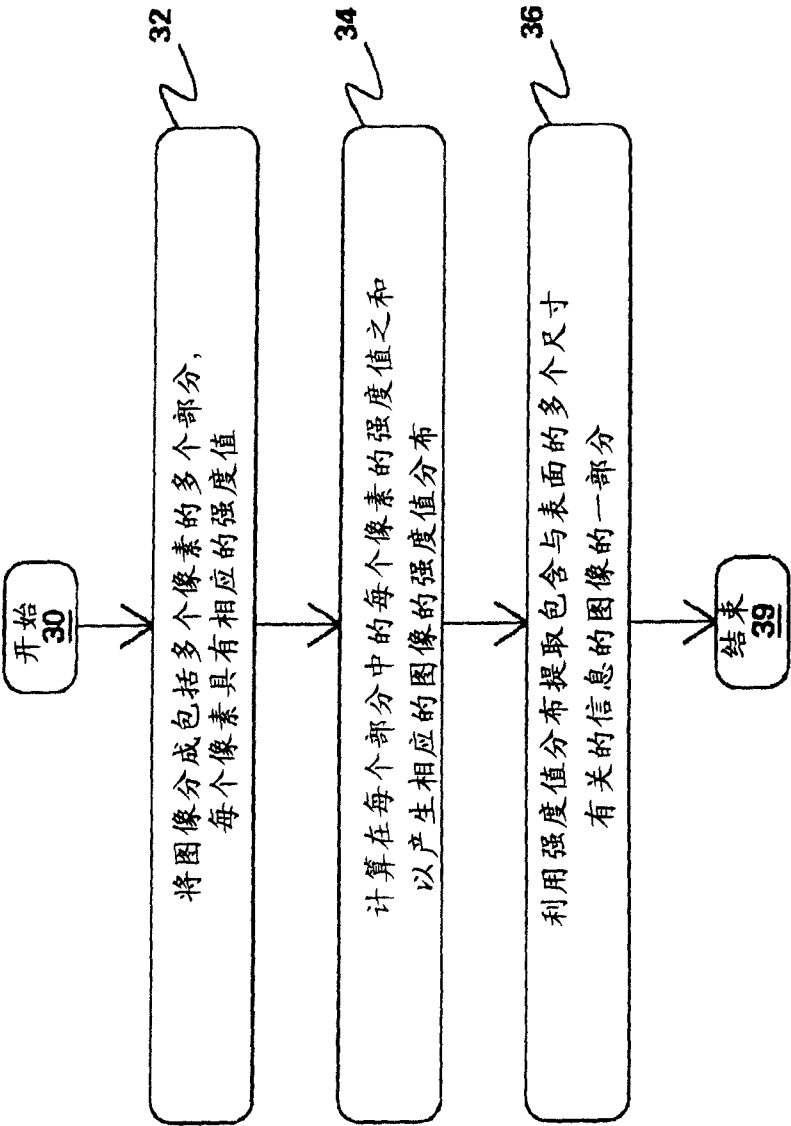


图 3

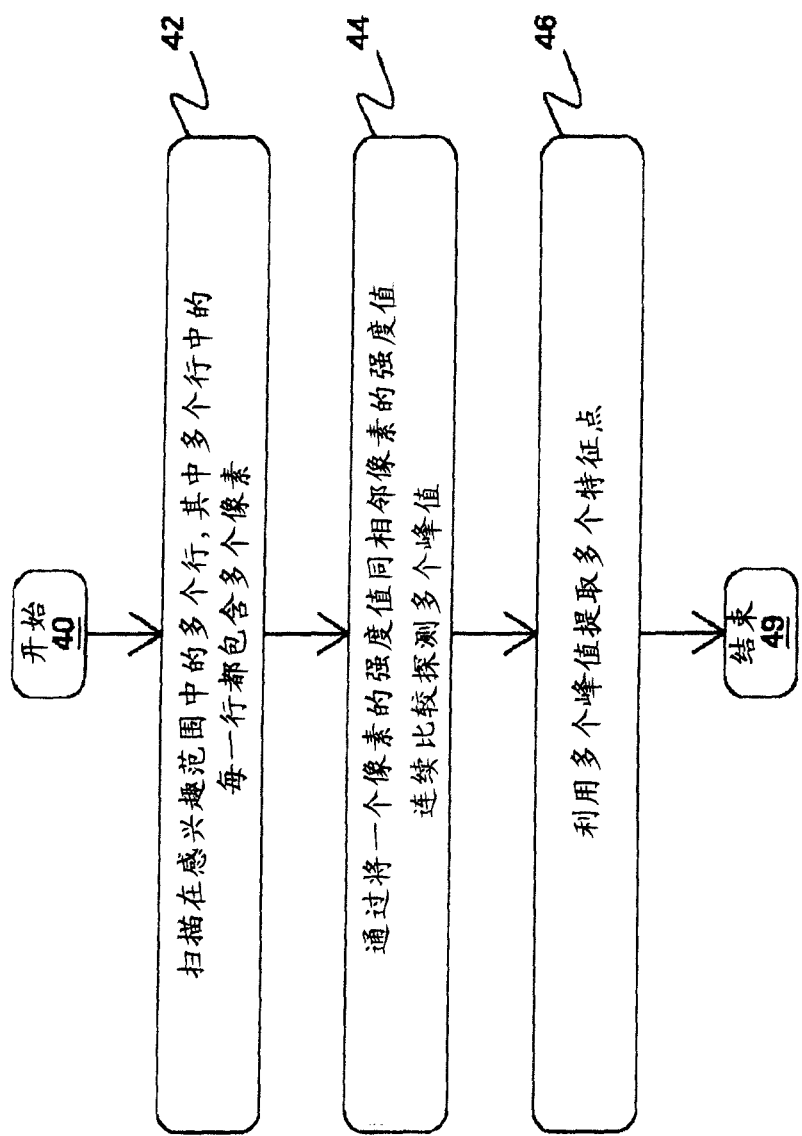


图 4

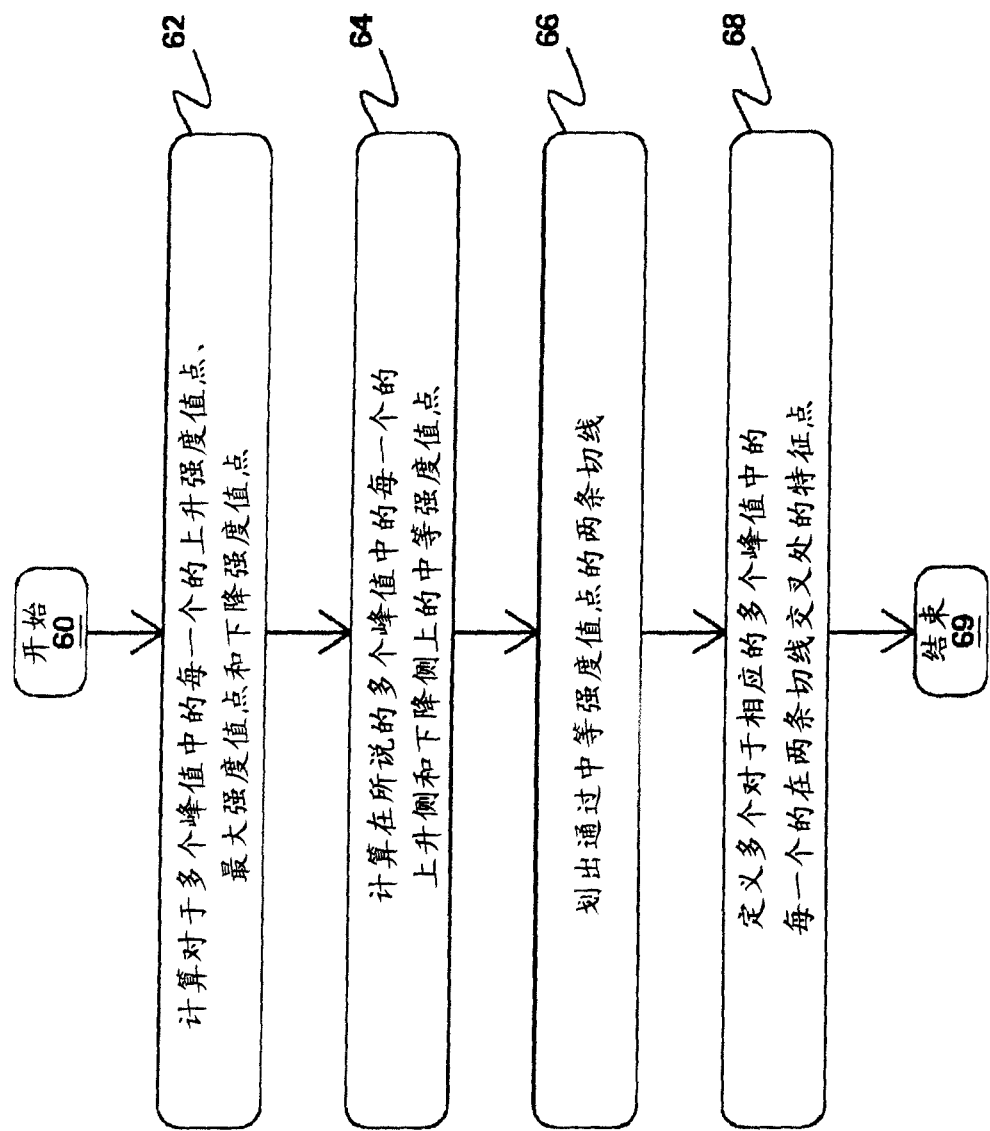


图 5

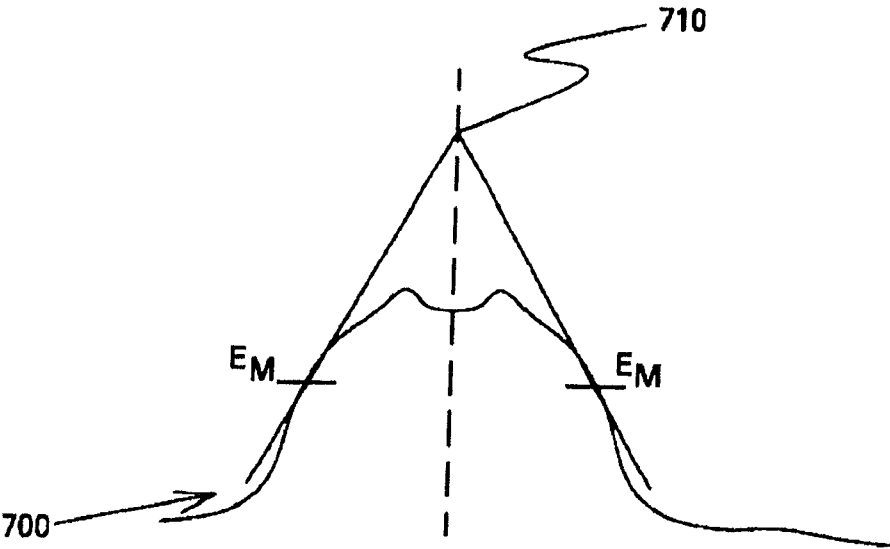


图 6

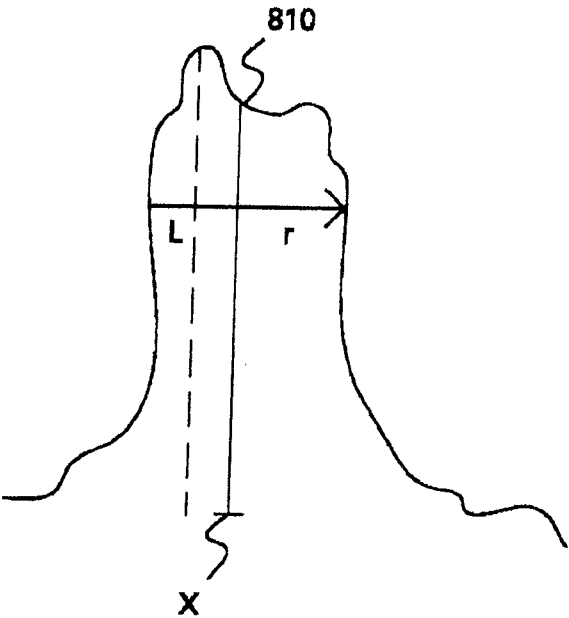


图 7