



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200380108517.2

[43] 公开日 2006年2月15日

[11] 公开号 CN 1735897A

[22] 申请日 2003.11.7

[21] 申请号 200380108517.2

[30] 优先权

[32] 2002.11.8 [33] US [31] 60/425,275

[86] 国际申请 PCT/US2003/035528 2003.11.7

[87] 国际公布 WO2004/044692 英 2004.5.27

[85] 进入国家阶段日期 2005.7.8

[71] 申请人 皮克托米特里国际公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 斯蒂芬·舒尔茨 弗兰克·朱弗里达
罗伯特·格雷 查尔斯·蒙代洛

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 王 英

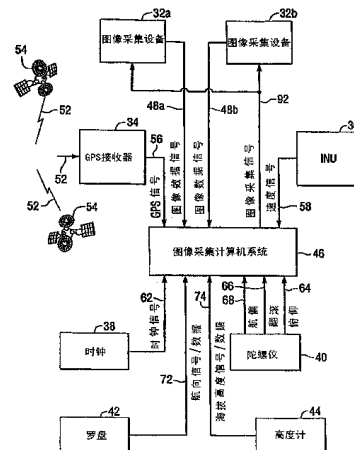
权利要求书 9 页 说明书 20 页 附图 7 页

[54] 发明名称

倾斜地理定位和测量系统

[57] 摘要

一种从采集的倾斜图像 (32a 和 32b) 进行显示, 地理定位和测量的计算机化系统 (46) 包括可由计算机系统访问的数据文件。数据文件包括与多个采集的倾斜图像 (32a 和 32b) 对应的多个图像文件, 和与该图像对应的位置数据。图像显示和分析软件由系统 (46) 执行, 以读取数据文件以及显示采集的倾斜图像的至少一部分。该软件检索用户在显示图像上选择的一个或多个点的位置数据, 并且计算任何两个或多个选择点之间的分离距离。该分离距离计算是用户可选择的, 以确定各种参数, 包括选择点之间的直线距离, 由选择点包围的面积, 选择点的相对标高, 和选择点之间的高度差。



1. 一种用于采集图像及相应的地理位置数据的系统，包括：

图像采集设备，所述图像采集设备在图像采集事件中采集倾斜图像，所述图像采集设备发出与所采集图像对应的图像数据信号；

至少一个地理定位设备，所述至少一个地理定位设备中的每一个发出相应的至少一个地理定位信号，所述至少一个地理定位信号的每一个在每个图像采集事件期间至少表示部分所述图像采集设备的地理位置；以及

计算机系统，其接收和存储所述图像数据信号和所述至少一个地理定位信号；以及

图像和数据获取软件，其读取所述图像数据信号和所述至少一个地理定位信号，对于每个图像采集事件，所述软件将每个所述图像数据信号与相应的所述至少一个地理定位信号相关联。

2. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述至少一个地理定位设备和所述至少一个地理定位信号分别包括以下至少之一：

向所述图像采集计算机系统发出时间数据信号的时钟，所述时间数据信号表示每个所述图像采集事件的时间；

全球定位系统(GPS)接收器，其接收 GPS 信号，并在每个所述图像采集事件中，将表示所述图像采集设备经度和纬度的位置数据信号发送到所述图像采集计算机系统；

惯性导航设备(INU)，其在每个所述图像采集事件中，将表示所述图像采集设备速度的速度数据信号发送到所述图像采集计算机系统；

陀螺仪，其在每个所述图像采集事件中，将分别表示所述图像采集设备的俯仰、滚动和偏航的俯仰信号、滚动信号和偏航信号，发送到所述图像采集计算机系统；

罗盘，其在每个所述图像采集事件中，将表示所述图像采集设备

航向的航向数据信号发送到所述图像采集计算机系统；以及

高度计，其在每个所述图像采集事件中，将表示所述图像采集设备海拔高度的海拔高度数据信号发送到所述图像采集计算机系统。

3. 根据权利要求1所述的系统，其中所述至少一个地理定位设备和所述至少一个地理定位信号分别包括：

向所述图像采集计算机系统发出时间数据信号的时钟，所述时间数据信号表示每个所述图像采集事件的时间；

全球定位系统(GPS)接收器，其接收GPS信号，并在每个所述图像采集事件中，将表示所述图像采集设备经度和纬度的位置数据信号发送到所述图像采集计算机系统；

惯性导航设备(INU)，其在每个所述图像采集事件中，将表示所述图像采集设备速度的速度数据信号发送到所述图像采集计算机系统；

陀螺仪，其在每个所述图像采集事件中，将分别表示所述图像采集设备的俯仰、滚动和偏航的俯仰信号、滚动信号和偏航信号发送到所述图像采集计算机系统；

罗盘，其在每个所述图像采集事件中，将表示所述图像采集设备航向的航向数据信号发送到所述图像采集计算机系统；以及

高度计，其在每个所述图像采集事件中，将表示所述图像采集设备海拔高度的海拔高度数据信号发送到所述图像采集计算机系统。

4. 根据权利要求1所述的系统，进一步包括表示所述图像采集设备特性的校正数据，所述特性包括焦距、传感器尺寸、径向畸变、主点偏移和对准，所述图像和数据获取软件利用所述校正数据来校正采集的图像。

5. 根据权利要求1所述的系统，进一步包括由所述图像和数据获

取软件产生的输出数据文件,所述输出数据文件包括多个图像文件和与所述多个图像文件中的每一个对应的位置数据。

6. 根据权利要求1所述的系统,进一步包括一个平台,该平台将所述图像采集设备携带到距感兴趣表面上方预定的距离。

7. 一种计算机化系统,基于采集的倾斜图像用于显示、地理定位和进行测量,包括:

具有存储器的计算机系统;

图像和数据文件,其可由所述系统进行访问,并且包括与多个采集的倾斜图像对应的多个图像文件,所述图像和数据文件进一步包括与所述多个图像文件对应的位置数据;

图像显示和分析软件,其由所述系统运行,以读取所述图像和数据文件,并将该采集的倾斜图像的至少一部分作为显示图像进行显示,所述软件检索所述显示图像中的一个或多个选择点的所述位置数据,所述软件计算所述显示图像中的任何两个或多个选择点之间的分离距离。

8. 根据权利要求7所述的系统,进一步包括表示方块状地平面的地平面数据文件,所述地平面数据文件可由所述计算机系统访问,所述地平面数据文件表示与所述采集的倾斜图像中描述的地形的至少一部分十分近似的方块状地平面。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述方块状地平面进一步包括多个互连的小平面,所述多个小平面的每一个具有各自的间距和坡度。

10. 根据权利要求 9 所述的系统，其中所述地平面数据文件包括多个顶点，所述多个顶点中的每一个具有各自的标高，并且定义所述多个互连小平面的角，所述多个顶点中的两个由所述互连小平面中的每一个共有。

11. 根据权利要求 10 所述的系统，其中所述图像显示和分析软件识别所述多个小平面中的哪一个对应于所述显示图像上的选择点，并且计算所述选择点的标高，所述标高至少部分取决于与该选择点对应的该小平面的顶点的标高，所述图像显示和分析软件使用所述计算的标高计算所述选择点和一个或多个其它选择点之间的所述分离距离。

12. 根据权利要求 11 所述的系统，其中所述图像显示和分析软件通过计算两个或多个选择点之间的该分离距离，来计算所述显示图像中物体的高度。

13. 根据权利要求 8 所述的系统，其中所述方块状地平面为叠加和拟合到所述显示图像上的一个。

14. 根据权利要求 7 所述的系统，其中所述图像显示和分析软件包括用户可选择的测量模式，可以通过下拉菜单、工具栏和键盘命令中的至少一种访问该模式。

15. 根据权利要求 7 所述的系统，其中所述图像中的每一个由图像采集设备在各个图像采集事件中采集，所述图像和数据文件的所述位置数据包括：

表示每个图像采集事件时间的时间数据；

在每个图像采集事件中表示该图像采集设备位置的位置数据；

在每个图像采集事件中表示该图像采集设备定向的定向数据；
表示该图像采集设备的校正系数的校正数据；以及
表示由该图像采集设备所采集的该表面的平均标高的标高数据。

16. 根据权利要求 15 所述的系统，其中所述位置数据包括在每个图像采集事件中所述图像采集设备的纬度、经度和海拔高度。

17. 根据权利要求 15 所述的系统，其中所述定向数据包括在每个图像采集事件中所述图像采集设备的滚动、俯仰、偏航和航向。

18. 根据权利要求 15 所述的数据组，其中所述图像采集设备是照相机，且所述校正数据至少包括焦距、传感器尺寸、长宽比、主点偏移、畸变和像素间距中的一个。

19. 用于在显示的倾斜图像中进行测量的计算机化方法，包括：
在该显示图像上用输入设备选择起始点和结束点；
从数据文件检索与所述起始点和所述结束点对应的位置数据；
参考与具有多个小平面的方块状地面对应的地平面数据文件，所述小平面中的每一个具有各自的间距和坡度，所述方块状地平面与所述显示的倾斜图像的地形精密地匹配；

用线段将所述起始点和结束点连接，所述线段符合所述小平面的所述间距和坡度，由此遵循所述地形；以及

沿所述起始点和结束点之间的所述线段计算该线距离，因此，考虑到了所述小平面的所述间距和坡度。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其中所述方块状地平面叠加在所述显示的倾斜图像上。

21. 根据权利要求 19 所述的方法, 进一步包括以下步骤:

在该显示图像上用输入设备选择一个或多个中间点;

从所述数据文件检索与所述一个或多个中间点对应的位置数据;

以及

将相邻的中间点彼此连接, 并且用线段将所述起始点和结束点连接到相邻的中间点, 所述线段符合所述小平面的所述间距和坡度, 由此遵循所述地形; 以及

沿所述起始点和结束点之间的所述线段计算该距离。

22. 根据权利要求 19 所述的方法, 其中所述多个小平面中的每一个与所述显示的倾斜图像的相等面积相对应。

23. 根据权利要求 19 所述的方法, 其中所述多个小平面中的每一个包括所述显示的倾斜图像的相等数量的像素。

24. 一种计算机化方法, 用于从显示在计算机系统上的倾斜图像上进行测量, 至少一个输入设备连接到所述计算机系统, 图像数据文件可由所述计算机系统访问, 所述图像数据文件包括与之对应的采集的图像和位置数据, 所述计算机化方法包括:

将该计算机系统置于多个测量模式的所需一个之中, 配置该所需的测量模式, 以计算所需的测量;

在该显示图像上选择起始点;

检索与所述起始点对应的该位置数据;

在该显示图像上选择结束点;

检索与所述结束点对应的该位置数据; 以及

计算该所需的测量, 该测量至少部分地取决于所述起始点和结束

点的所述位置数据。

25. 根据权利要求 24 所述的方法, 进一步包括以下步骤:

在所述显示图像上选择一个或多个中间点; 以及
检索与所述中间点对应的该位置数据。

26. 根据权利要求 24 所述的方法, 其中所述多个测量模式包括:
距离测量模式, 用于计算两个或多个选择点之间的距离; 高度测量模式, 用于计算两个或多个选择点之间的高度差; 相对标高测量模式, 用于计算两个或多个选择点标高的差值; 和面积测量模式, 用于计算由至少三个点包围的面积。

27. 用平台携带的图像采集设备来采集感兴趣区域的倾斜图像的一种方法, 在各个图像采集事件中采集每个倾斜图像, 所述方法包括:

将该感兴趣区域分为多个区;

沿第一路线引导该平台, 由此用该图像采集设备瞄准一个或多个目标区;

用该图像采集设备采集一个或多个倾斜图像, 由此在从第一视角采集的倾斜图像中覆盖每个所述目标区的全部;

沿第二路线引导该平台, 由此瞄准所述目标区;

用该图像采集设备采集一个或多个倾斜图像, 由此在从第二视角采集的倾斜图像中覆盖每个所述目标区的全部;

沿着基本上与所述第一和第二路线平行且与所述第一和第二路线间隔一定距离的路线, 重复所述引导和采集步骤, 并且采集一个或多个倾斜图像, 由此, 在从所述第一和第二视角中的每一个采集的倾斜图像中, 覆盖了所述多个区中每一个的全部; 以及

在每个图像采集事件中, 记录表示所述图像采集设备地理位置的

位置数据。

28. 根据权利要求 27 所述的方法，其中所述第二路线基本上平行于所述第一路线，且关于所述第一路线成 180° (180 度)。

29. 根据权利要求 28 所述的方法，其中所述第二路线也与所述第一路线间隔一定距离。

30. 根据权利要求 27 所述的方法，进一步包括以下步骤：

沿第三路线引导该平台，由此用该图像采集设备瞄准一个或多个目标区，所述第三路线基本上与所述第一和第二路线垂直；

用该图像采集设备采集一个或多个倾斜图像，由此在从第三视角采集的倾斜图像中采集每个所述目标区的全部；以及

沿着基本上与所述第三路线平行而且与所述第三路线间隔一定距离的路线，重复所述引导和采集步骤，并且采集一个或多个倾斜图像，由此在从所述第三视角采集的倾斜图像中覆盖所述多个区中每一个的全部。

31. 根据权利要求 30 所述的方法，进一步包括以下步骤：

沿第四路线引导该平台，由此用该图像采集设备瞄准一个或多个目标区，所述第四路线基本上平行于所述第三路线，并且与所述第三路线成 180° (180 度)角；

用该图像采集设备采集一个或多个倾斜图像，由此在从第四视角采集的倾斜图像中采集每个所述目标区的全部；以及

沿基本上与所述第四路线平行而且与所述第四路线间隔一定距离的路线重复所述引导和采集步骤，并且采集一个或多个倾斜图像，由此在从所述第四视角采集的倾斜图像中覆盖所述多个区中每一个的

全部。

32. 根据权利要求 31 所述的方法，其中所述第四路线也与所述第三路线间隔一定距离。

倾斜地理定位和测量系统

相关申请的相互引用

本申请要求申请日为 2002 年 11 月 8 日、序列号为 60/425275 的美国临时专利申请的权益。

发明领域

本发明涉及摄影测量，尤其涉及用于采集倾斜图像和用于测量物体以及图像中所示物体之间的距离的方法和装置。

技术背景

摄影测量是对显示在照片中、尤其是航摄照片中的物体及物体之间进行测量的一门科学。通常，摄影测量包括拍摄地形特征的图像，并且从其推导数据，例如，该数据表示所述图像中物体之间的相对距离及物体的尺寸。摄影测量也可以包括将照片与其它数据联系起来，例如代表纬度和经度的数据。实际上，所述图像被叠加并且符合特定的空间坐标系。

传统的摄影测量包括采集和/或获取正交图像。诸如照相机或传感器这样的图像采集设备是正交图像。诸如照相机或传感器这样的图像采集设备由诸如飞机或卫星这样的运载体或平台携带，并且瞄准平台正下方的和/或从平台垂直向下的最底点(nadir point)。图像中对应于最底点的点或像素是精确地与图像采集设备正交的唯一的一点/像素。图像中所有其它的点或像素实际上相对于图像采集设备倾斜。当点或像素逐渐远离最底点时，它们相对于图像采集设备愈加地倾斜，并且地面取样距离(即，对应于每个像素或由每个像素覆盖的表面积)也增加。正交图像中的倾斜导致图像中的特征畸变，尤其在离最底点较远

的图像中。

该畸变通过正交校正过程被消除或补偿，实质上，通过在正网格(orthometric grid)或坐标系上拟合或弯曲正交图像的每个像素，所述正交校正过程从正交图像中消除倾斜。所述正交校正过程产生了图像，其中所有的像素具有相同的地面取样距离并且都被朝北定向。因此，在正交校正图像上的任何点都可以使用 X, Y 坐标系来定位，并且只要知道图像比例，就能够计算出地形特征的长度和宽度，以及这些特征之间的相对距离。

尽管正交校正过程一定程度上补偿了正交图像中的倾斜畸变，但是它在正交校正的正交图像中引入了其它不期望的畸变和/或误差。由于多数观察者不习惯从上方观察物体，尤其是地形特征，因此显示在正交校正过的正交图像中的物体可能难以识别和/或鉴定。对于未受培训的观察者而言正交校正图像具有许多畸变。实际上直的道路看上去弯曲，建筑物可能看上去倾斜。而且，正交校正图像基本上不包含关于地形特征的高度信息。为了识别这种图像中的物体和地形特征，正交和/或正交校正正交图像的解释和分析通常由受过高等培训的分析员来进行，这些人员接受了多年的专门培训并且具有多年的经验。

因此，尽管正交和正交校正图像在摄影测量中 useful，但是它们缺少关于其中所示特征的高度信息，并且要求受过高等培训的分析员来解释图像所显示的细节。

倾斜图像是用通常瞄准或指向携带图像采集设备的平台的侧向或下方的图像采集设备采集的图像。与正交图像不同，倾斜图像显示了诸如房屋、建筑和/或山脉这样的地形特征的侧部及其顶部。因此，观察倾斜图像比观察正交或正交校正图像更自然和直观，甚至临时的观察者也能够识别和解释显示在倾斜图像中的地形特征和其它物体。在倾斜图像的前景中的每个像素对应于所示的表面或物体的较小面

积(即, 每个前景像素具有较小的地面取样距离), 而背景中的每个像素对应于所示的表面或物体的较大面积(即, 每个背景像素具有较大的地面取样距离)。倾斜图像采集对象表面或物体的大致梯形面积或视图, 并且梯形前景具有基本上比梯形背景小的地面取样距离(即, 更高的分辨率)。

在摄影测量中倾斜图像被认为几乎或完全没有用处。将不同尺寸的倾斜图像的前景像素和背景像素变换为统一的尺寸, 并由此在坐标系上弯曲该图像的传统方法极大地扭曲了倾斜图像, 并且由此造成了物体的识别以及在图像中显示物体的测量任务变得费力而不精确。通过使用高程模型在倾斜图像中进行地形移位的校正进一步扭曲了图像, 由此增加了进行测量的难度, 而减小了任何这样的测量的精确度。

因此, 尽管在摄影测量中倾斜图像被认为几乎或完全没有用处, 但是它们容易被理解, 并且包含关于其中所示特征的高度信息。

因此, 在本领域中需要一种用于摄影测量的方法和装置, 其能够实现倾斜图像中的地理定位和精确测量。

而且, 在本领域中需要一种用于摄影测量的方法和装置, 其能够实现图像中物体的标高和相对标高的测量。

进一步地, 在本领域中需要一种用于摄影测量的方法和装置, 其利用更多直观的和自然的图像。

发明内容

本发明提供了用于采集、显示和测量物体以及倾斜图像中所示的物体之间的距离的一种方法和装置。

本发明的一种形式包括从采集的倾斜图像进行显示、地理定位和测量的计算机化系统。该系统包括可由计算机系统访问的数据文件。数据文件包括对应于多个采集的倾斜图像的多个图像文件, 和对应于该图像的位置数据。该系统运行图像显示和分析软件, 以读取数据文件以及显示所述采集的倾斜图像的至少一部分。该软件为显示图像上

的一个或多个用户选择点检索位置数据，并且计算任何两个或多个选择点之间的分离距离。该分离距离计算是用户可选择的，其用于确定各种参数，包括选择点之间的直线距离，选择点内包围的面积，选择点的相对标高，选择点之间的高度差。

附图简述

当结合附图阅读时，参考本发明的实施例的以下描述，本发明的上述和其它特征和优点以及实现它们的方式将变得明显并被完全理解，其中：

图 1 示出了携带本发明的图像采集系统的平台或运载体的一个实施例，并且示出了由此拍摄的典型正交图像和倾斜图像；

图 2 是图 1 的图像采集系统的简图；

图 3 是图 2 的图像采集计算机系统的结构图；

图 4 是图 1 的图像采集系统的示例性输出数据文件的图示；

图 5 是本发明的图像显示和测量计算机系统的一个实施例的结构图，所述系统用于显示并对在由图 1 的图像采集系统采集的图像中所示的物体及物体之间进行测量；

图 6 示出了显示在图 5 的系统上的示例性图像，并且示出了对在该图像中所示物体及物体之间进行测量的本发明的方法的一个实施例；

图 7 和 8 示出了本发明用于采集倾斜图像的方法的一个实施例；

图 9 和 10 示出了本发明用于采集倾斜图像的方法的第二实施例；

在所有的这几幅图中相应的附图标记表示相应的部分。这里阐述的范例以一种形式说明了本发明的优选实施例，并且该范例不旨在以任何方式限制本发明的范围。

发明详述

现在参考附图，尤其参考图 1，示出了本发明用于对倾斜图像进

行采集和地理定位的装置的一个实施例。装置 10 包括携带图像采集和地理定位系统 30 的平台或运载体 20。

平台 20, 例如飞机, 航天飞机, 火箭, 卫星, 或者任何合适的运载体, 在表面 31 的预定区域上方和在表面 31 上的一个或多个预定海拔高度携带图像采集系统 30, 所述表面 31 例如为地球表面或者任何感兴趣的其它表面。因而, 平台 20 能够在有人驾驶或无人驾驶情况下, 经由例如地球大气层或外层空间沿着预定的飞行路径或路线受控运动或者飞行。图像采集平台 20 包括用于产生和调节能量的系统(未示出), 该系统例如包括一个或多个发动机, 燃料电池, 太阳电池板, 和/或电池, 为图像采集系统 30 提供动力。

从图 2 中最清楚地看到, 图像采集和地理定位系统 30 包括图像采集设备 32a 和 32b, 全球定位系统(GPS)接收器 34, 惯性导航单元(INU)36, 时钟 38, 陀螺仪 40, 罗盘 42 和高度计 44, 它们中的每一个都与图像采集计算机系统 46 互连。

图像采集设备 32a 和 32b, 例如传统相机, 数字相机, 数字传感器, 电荷耦合器件, 或者其它合适的图像采集设备, 能够用摄像或者电子仪器采集图像。图像采集设备 32a 和 32b 所具有的已知或确定的特性包括焦距, 传感器尺寸和长宽比, 径向畸变和其它畸变项, 主点偏移, 像素间距, 和对准。图像采集设备 32a 和 32b 分别获取图像和发出图像数据信号(IDS)48a 和 48b, 该图像信号对应于拍摄的特定图像或照片并且存储在图像采集计算机系统 46 中, 以下更具体地描述。

如图 1 所示, 图像采集设备 32a 和 32b 各自具有中心轴 A_1 和 A_2 , 并且安装到平台 20 上, 使得每一个轴 A_1 和 A_2 相对于水平面 P 具有偏角 θ 。偏角 θ 实质上是任何倾斜角度, 但是优选地从大约 20° (20 度)到大约 60° (60 度), 并且最优选地从大约 40° (40 度)到大约 50° (50 度)。

GPS 接收器 34 接收全球定位系统信号 52, 该信号由一个或多个全球定位系统卫星 54 发射。GPS 信号 52 以公知的形式能够确定平台

20 相对于表面 31 的精确位置。GPS 接收器 34 对 GPS 信号 52 进行译码并且发出位置信号/数据 56, 该位置信号/数据 56 至少部分地取决于 GPS 信号 52, 并指示了平台 20 相对于表面 31 的精确位置。对应于图像采集设备 32a 和 32b 采集的每个图像的位置信号/数据 56 被图像采集计算机系统 46 接收和存储。

INU 36 是传统的惯性导航单元, 其连接到图像采集设备 32a 和 32b 和/或平台 20, 并且检测图像采集设备 32a 和 32b 和/或平台 20 的速度的变化, 包括平动速度和旋转速度。INU 36 将表示速度和/或速度变化的速度信号/数据 58 发送到存储速度信号/数据 58 的图像采集计算机系统 46, 该速度信号/数据 58 对应于由图像采集设备 32a 和 32b 采集并且被图像采集计算机系统 46 接收和存储的每个图像。

时钟 38 保持准确的时间测量值(有效时间), 该时间测量值用于对图像采集和地理定位系统 30 中的事件进行同步。时钟 38 提供了时间数据/时钟信号 62, 所述时间数据/时钟信号 62 表示图像采集设备 32a 和 32b 拍摄图像的准确时间。时间数据 62 也被提供给图像采集计算机系统 46 并由图像采集计算机系统 46 存储。可选地, 时钟 38 与图像采集计算机系统 46 集成在一起, 例如时钟软件程序。

陀螺仪 40 是在飞机上和/或用于飞机的商业导航系统中很常见的传统的陀螺仪。陀螺仪 40 提供的信号包括俯仰信号 64, 滚动信号 66 和偏航信号 68, 其分别表示平台 20 的俯仰, 滚动和偏航。对应于图像采集设备 32a 和 32b 采集的每个图像的俯仰信号 64, 滚动信号 66 和偏航信号 68 被图像采集计算机系统 46 接收和存储。

罗盘 42, 例如传统的电子罗盘, 指示平台 20 的航向。罗盘 42 发出表示平台 20 航向的航向信号/数据 72。图像采集计算机系统 46 接收和存储该航向信号/数据 72, 该航向信号/数据 72 对应于图像采集设备 32a 和 32b 采集的每个图像。

高度计 44 指示平台 20 的海拔高度。高度计 44 发出海拔高度信号

/数据 74，图像采集计算机系统 46 接收和存储该海拔高度信号/数据 74，该海拔高度信号/数据 74 对应于图像采集设备 32a 和 32b 采集的每个图像。

如图 3 所示，图像采集计算机系统 46，例如传统的膝上型个人电脑，包括存储器 82，输入设备 84a 和 84b，显示设备 86，和输入和输出(I/O)端口 88。图像采集计算机系统 46 运行图像和数据获取软件 90，该软件存储在存储器 82 中。图像采集计算机系统 46 在其操作期间使用和/或计算的数据也存储在存储器 82 中，并且存储器 82 包括，例如非易失性只读存储器，随机存取存储器，硬盘存储器，移动存储卡和/或其它合适的记忆体存储设备和/或介质。输入设备 84a 和 84b，例如鼠标，键盘，控制杆等，使得能够进行数据的输入，以及用户和由图像采集计算机系统 46 运行的软件之间的交互作用。显示设备 86，例如液晶显示器或阴极射线管，向图像采集计算机系统 46 的用户显示信息。I/O 端口 88，例如串行和并行数据输入和输出端口，使得能够向图像采集计算机系统 46 输入和/或从其输出数据。

上述的每一个数据信号都连接到图像采集计算机系统 46。更具体地，图像数据信号 48，位置信号 56，速度信号 58，时间数据信号 62，俯仰、滚动和偏航信号 64，66 和 68，航向信号 72 和海拔高度信号 74 通过 I/O 端口 88 被接收并且存储在图像采集计算机系统 46 的存储器 82 中。

在使用时，图像采集计算机系统 46 运行图像和数据获取软件 90，该软件通常控制对上述数据信号的读取、操作和存储。更具体地，图像和数据获取软件 90 读取图像数据信号 48a 和 48b，并将它们存储在存储器 82 中。表示在获取图像瞬间的存在状态的位置信号 56，速度信号 58，时间数据信号 62，俯仰、滚动和偏航信号 64，66 和 68，航向信号 72 和海拔高度信号 74 中的每一个由图像采集设备 32a 和 32b 获取和采集，并且对应于表示所采集的图像的特定图像数据信号

48a 和 48b, 这些信号通过 I/O 端口 88 由图像采集计算机系统 46 接收。运行图像和数据获取软件 90 的图像采集计算机系统 46 将图像采集信号 92 发送到图像采集设备 32a 和 32b, 由此导致这些设备在至少部分取决于平台 20 速度的预定位置和/或以预定时间间隔获取或采集图像。

图像和数据获取软件 90 按照需要对前述信号进行解码并将其存储在存储器 82 中, 并且使得该数据信号与相应的图像信号 48a 和 48b 相关联。因此, 可以知道图像采集设备 32a 和 32b 采集的每个图像的海拔高度, 就俯仰、滚动和偏航而言的定向, 图像采集设备 32a 和 32b 相对于表面 31 的位置, 即, 经度和纬度。

经由图像采集路线驾驶或者以其它方式引导平台 20, 所述图像采集路线经过表面 31 的特定区域上方, 例如地球或另一行星表面的预定区域。优选地, 平台 20 的图像采集路线与感兴趣区域的至少一个边界成直角。平台 20 和/或图像采集设备 32a, 32b 经过感兴趣区域上方的次数至少部分取决于该区域的大小以及在采集的图像中所需的细节量。以下更具体地描述平台 20 的图像采集路线的特定细节。

当平台 20 经过感兴趣区域上方时, 大量倾斜图像被图像采集设备 32a 和 32b 采集。本领域的普通技术人员将会理解, 以预定的图像获取时间间隔, 图像采集设备 32a 和 32b 采集或获取图像, 所述时间间隔至少部分取决于平台 20 的速度。

图像采集计算机系统 46 的存储器 82 通过 I/O 端口 88 接收并存储对应于获取的每个图像的图像数据信号 48a 和 48b。类似地, 图像采集计算机系统 46 的存储器 82 通过 I/O 端口 88 接收并存储对应于采集的每个图像的数据信号(即, 图像数据信号 48, 位置信号 56, 速度信号 58, 时间数据信号 62, 俯仰、滚动和偏航信号 64, 66, 68, 航向信号 72 和海拔高度信号 74)。因此, 在采集每个图像的准确时刻, 图像采集设备 32a 和 32b 相对于表面 32 的位置被记录在存储器 82 中,

并且与相应的采集图像相关联。

如图 1 所示，图像采集设备 32a 和 32b 相对于地球的位置对应于正交图像 102 的最底点 N。因此，正交图像 102 的最底点 N 的精确地理位置由位置信号 56，速度信号 58，时间数据信号 62，俯仰、滚动和偏航信号 64，66，68，航向信号 72 和海拔高度信号 74 表示。一旦正交图像 102 的最底点 N 已知，可以用公知的方式确定图像 102 内任何其它像素或点的地理位置。

当图像采集设备 32a 和 32b 采集诸如倾斜图像 104a 和 104b(图 1) 的倾斜图像时，图像采集设备 32a 和 32b 相对于表面 31 的位置类似地分别由位置信号 56，速度信号 58，时间数据信号 62，俯仰、滚动和偏航信号 64，66，68，航向信号 72，海拔高度信号 74 和图像采集设备 32a 和 32b 的主轴线 A_1 和 A_2 的已知偏角 θ 表示。

特别应当注意的是，校准过程使图像和数据获取软件 90 能够结合校正系数和/或能够对图像采集设备 32 固有的或由其引起的任何误差进行校正，例如由于校准的焦距，传感器尺寸，径向畸变，主点偏移，和对准引起的误差。

图像和数据获取软件 90 产生并在存储器 82 中存储一个或多个输出图像和数据文件 120。更具体地，图像和数据获取软件 90 将图像数据信号 48a，48b 和定向数据信号(即，图像数据信号 48，位置信号 56，速度信号 58，时间数据信号 62，俯仰、滚动和偏航信号 64，66，68，航向信号 72 和海拔高度信号 74)转换为计算机可读的输出图像和数据文件 120。如图 4 所示，输出图像和数据文件 120 包含对应于采集的倾斜图像的多个采集图像文件 I_1, I_2, \dots, I_n ，和与之对应的位置数据 $C_{PD1}, C_{PD2}, \dots, C_{PDn}$ 。

图像和数据文件 120 的图像文件 I_1, I_2, \dots, I_n 实际上以计算机可读的任何图像或图形文件格式被存储，例如 JPEG, TIFF, GIF, BMP，或者 PDF 文件格式，并且与同样作为计算机可读数据存储的位置数

据 C_{PD1} , C_{PD2} , ..., C_{PDn} 相互参照。可选地, 位置数据 C_{PD1} , C_{PD2} , ..., C_{PDn} 以公知的方式嵌入到相应的图像文件 I_1 , I_2 , ..., I_n 中。然后由图像和数据获取软件 90 或者由后处理过程对图像数据文件 120 进行处理, 以校正误差, 例如由于飞行路线偏移导致的误差和本领域普通技术人员公知的其它误差。之后, 图像数据文件 120 准备好用于显示所采集图像中描述的物体, 并对所采集图像中描述的物体及物体之间进行测量, 包括该物体的高度测量。

现在参考图 5, 图像显示和测量计算机系统 130, 例如传统的台式个人电脑或者警车中的移动电脑终端, 包括存储器 132, 输入设备 134a 和 134b, 显示设备 136, 和网络连接器 138。图像采集计算机系统 130 运行图像显示和分析软件 140, 该软件存储在存储器 132 中。存储器 132 包括, 例如非易失性只读存储器, 随机存取存储器, 硬盘存储器, 移动存储卡和/或其它合适的记忆体存储设备和/或介质。输入设备 134a 和 134b, 例如鼠标, 键盘, 控制杆等, 允许数据的输入, 并让用户与图像显示和测量计算机系统 130 运行的图像显示和分析软件 140 之间能够进行交互作用。显示设备 136, 例如液晶显示器或阴极射线管, 向图像显示和测量计算机系统 130 的用户显示信息。网络连接器 138 将图像显示和测量计算机系统 130 连接到网络(未示出), 例如局域网, 广域网, 因特网和/或万维网。

现在参考图 6, 在使用中, 运行图像显示和分析软件 140 的图像显示和测量计算机系统 130 访问一个或多个例如通过网络连接器 138, 软盘驱动器, 移动存储卡或其它适当方式读入存储器 132 中的输出图像和数据文件 120。此后, 在图像显示和分析软件 140 的控制下, 输出图像和数据文件 120 的一个或多个采集图像 I_1 , I_2 , ..., I_n 作为显示倾斜图像 142 被显示。在大约相同的时间, 对应于显示倾斜图像 142 的一个或多个数据部分 C_{PD1} , C_{PD2} , ..., C_{PDn} 被读入到存储器 132 的可访问部分。

特别应当注意的是，基本上当采集时对显示倾斜图像 142 进行显示，即显示的图像 142 没有针对任何坐标系弯曲或拟合，也没有被正交校正。图像显示和分析软件 140 并不为了能够测量图像中显示的物体而针对一个坐标系弯曲显示的图像 142，而是通常通过参考输出图像和数据文件 120 的数据部分 C_{PD1} , C_{PD2} , ..., C_{PDn} 和使用一个或多个下文中将具体说明的投影方程计算那些所选像素的位置和/或地理位置，来确定仅根据需要而选择的或“在空中”选择的像素的地理位置。

通常，显示和测量计算机系统 130 的用户通过选择图像显示和分析软件 140 中提供的几个可用测量模式中的一个，对显示在显示倾斜图像 142 中的物体及其之间进行测量。用户例如通过访问一系列下拉菜单或工具栏 M，或者通过键盘命令选择所需的测量模式。图像显示和分析软件 140 提供的测量模式包括，例如，距离模式，其能够测量两个或多个选择点之间的距离；面积模式，其能够测量由若干选择的和互连的点包围的面积；高度模式，其能够测量两个或多个选择点之间的高度；和标高模式，其能够测量一个选择点相对于一个或多个其它选择点的标高变化。

当选择所需的测量模式之后，图像显示和分析软件 140 的用户用输入设备 134a, 134b 中的一个在显示图像 142 上选择起始点或开始像素 152 和结束点或像素 154，并且图像显示和分析软件 140 自动计算和显示探索量(quantity sought)，例如开始像素 152 和结束像素 154 之间的距离。

当用户选择开始点/像素 152 时，由图像显示和分析软件 140 计算表面 31 上与之对应的点的地理位置，所述图像显示和分析软件 140 利用与被显示的特定图像对应的输出图像和数据文件 120 的数据部分 C_{PD1} , C_{PD2} , ..., C_{PDn} ，运行一个或多个投影方程。然后，图像显示和分析软件 140 将与像素 152 对应的表面 31 上的点的经度和纬度

显示在显示器 136 上, 例如, 在显示图像 142 上, 靠近选择点/像素叠加经度和纬度, 或在显示器 136 上其它位置的弹出显示框中叠加经度和纬度。用户重复同样的过程, 以选择结束像素/点 154, 并且图像显示和分析软件 140 重复同样的过程, 以检索和显示经度和纬度信息。

通过确定每个“在空中”选择的像素 152, 154 的地理位置, 分别完成起始和结束点/像素 152, 154 之间距离的计算。检索与显示图像对应的输出图像和数据文件 120 的数据部分 C_{PD1} , C_{PD2} , ..., C_{PDn} , 然后确定与每个所选像素对应的表面 31 上点的地理位置。与所选像素对应的地理位置之间的差异决定了像素之间的距离。

作为如何确定显示倾斜图像 142 内给定点或像素的地理位置的例子, 我们将假设显示图像 142 对应于正交图像 104(图 1)。图像显示和分析软件 140 的用户选择像素 154, 为了简便, 该像素对应于倾斜图像 104a 的中心 C(图 1)。如图 1 所示, 线 106 沿着水平面 G, 从其上位于图像采集设备 32a 正下方的点 108 延伸到倾斜图像 104a 的近边界或边缘 108 的中心 C。主轴线 A_1 的延伸线与中心 C 相交。角 φ 是在线 106 与主轴线 A_1 的延伸线之间形成的角。因此, 形成一个三角形(未标示), 该三角形的顶点分别是图像采集设备 32a, 点 108 和中心 C, 该三角形的边分别是边 106, 主轴线 A_1 的延伸线, 以及点 108 和图像采集设备 32a 之间的垂线(虚线)110。

地平面 G 基本上是水平的、平坦的或不倾斜的地平面(其一般具有反映地形平均标高的标高), 因此上述的三角形包括边/线 110 和边/线 106 之间的直角。由于角 φ 和图像采集设备 32 的海拔高度(即, 边 110 的长度)是已知的, 因此可以通过简单的几何学计算该直角三角形的斜边(即, 主轴线 A_1 的延伸线的长度)和剩下的另一边。而且, 由于在与显示图像 142 对应的图像被采集的时刻, 图像采集设备 32a 的精确位置已知, 因此点 108 的纬度和经度也已知。知道按照上述计算的

边 106 的长度，能够通过图像显示和分析软件 140 确定与倾斜图像 104a 的中心 C 对应的像素 154 的准确地理位置。一旦知道了与像素 154 对应的点的地理位置，就可以利用已知相机特性来确定显示倾斜图像 142 中的任何其它像素的地理位置，例如焦距，传感器尺寸和长宽比，径向畸变和其它畸变项等。

通过利用公知算法确定所选像素的地理位置之间的差异，图像显示和分析软件 140 计算与显示图像 142 中两个或多个所选像素对应的两个或多个点之间的距离，所述算法例如为高斯公式和/或灭点 (vanishing point) 公式，这取决于选择的测量模式。通过与上述测量所选像素之间的距离基本类似的过程，来对显示或出现在显示图像 142 中的物体进行测量。例如，通过选择合适的/所需的测量模式，以及选择开始和结束像素，来测量出现在显示图像 142 中的诸如建筑物，河流，道路，以及实质上任何其它地理或人造结构的物体的长度，宽度和高度。

特别应当注意的是，在图像显示和分析软件 140 的距离测量模式中，开始和结束点/像素 152，154 之间的距离实质上可以沿任何路线确定，例如“直线”路线 P1，或者包括选择中间点/像素和一个或多个与之互连的“直线”段的路线 P2。

也特别应当注意的是，图像显示和分析软件 140 的距离测量模式根据“漫步地球”法确定所选像素之间的距离。“漫步地球法”产生了一系列互连的直线段，这些线段共同由路线 P1 和 P2 表示，所述路线 P1 和 P2 在所选像素/点之间延伸，并且落在或依照定义了方格状地平面的一系列互连小平面中的平面上。如以下将具体描述的，方格状地平面很接近地遵照或再现表面 31 的地形，因此路线 P1 和 P2 也很接近地遵照表面 31 的地形。通过沿着由方格状地平面模拟的地形测量距离，“漫步地球”法提供了比传统方法更精确和有用的选择点之间的距离测量，所述传统方法在平地或平均标高平面系统上弯曲图像，并

且沿平地或平面测量选择点之间的距离，基本上忽略点之间的地形变化。

例如，准备对在不平地形或者丘陵地形上铺路的合同进行投标的承包商，可以使用图像显示和分析软件 140 和由此提供的“漫步地球”测量法，来确定所包含道路的近似数量或面积。承包商可以从他或她自己的办公室获得道路的近似数量或面积，而不必派遣测绘队到现场获得必要的测量值。

与本发明提供的“漫步地球”法相比，当测量位于不平地形上的点和/或物体之间的距离时，以及当测量类似物体的尺寸和/或高度时，“平地”或平均标高距离算法包含固有的不精确性。即使采集表面中的适度倾斜或坡度，也导致最底点的标高实际上相对于其上任何其它兴趣点的差值。因此，再次参考图 1，由线 106，主轴线 A_1 的延伸线，以及点 108 和图像采集设备 32a 之间的垂线(虚线)110 形成的三角形可能不是直角三角形。如果发生这种情况，假设该三角形是直角三角形的任何几何计算会包含误差，甚至兴趣点之间的较小的梯度或斜坡也会导致该计算结果成为近似值。

例如，如果表面 31 在最底点 N 和倾斜图像 104 的靠近边缘或底部边缘 108 的中心 C 之间向上倾斜，那么第二线 110 在其与水平或非倾斜表面 31 的交点之前的一点与表面 31 相交。如果中心 C 比最底点 N 高 15 英尺，并且具有 40° (40 度)偏角 θ ，如果不对点之间的标高变化进行校正，那么计算的中心 C 的位置将偏差大约 17.8 英尺。

大体如上所述，为了至少部分地补偿标高的变化，和图像 142 中的物体及物体之间的测量产生的不精确性，图像显示和分析软件 140 按照需要参考显示图像 142 中和表面 31 上的点，与预先计算的、图 6 中表示为 160 的方格状或分成小面的地平面进行参照。方格状地平面 160 包括多个独立的小平面 162a, 162b, 162c 等，每个小平面对每个其它小平面对互相连接，并且由具有各自标高的四个顶点(未标示，

但是以点示出)定义。小平面 162a, 162b, 162c 等中的相邻两个共用两个顶点。每个小平面 162a, 162b, 162c 等具有各自的间距和坡度。方格状地平面 160 基于各种数据和资源而产生, 例如地形图, 和/或数字光栅图形, 测绘数据, 和各种其它的资源。

通常, 通过确定小平面 162a, 162b, 162c 等中的哪一个对应于感兴趣点, 来计算显示图像 142 上感兴趣点的地理位置。因此, 感兴趣点的位置基于小平面 162a, 162b, 162c 等的标高、间距和坡度特征计算, 而不是基于平坦的或平均标高地平面计算。感兴趣点位于小平面 162a, 162b, 162c 等的平面内, 只有在表面 31 的地形和其上感兴趣点的位置偏离这些平面的情况下, 才会引入误差。通过对小平面 162a, 162b, 162c 等中的特定一个小平面内感兴趣点的标高进行双线性插值, 并且在图像显示和分析软件 140 执行的位置计算中利用该以插值的标高, 可以减小误差。

为了使用方块状地平面 160, 图像显示和分析软件 140 利用改进的光线跟踪算法, 来找到从图像采集设备 32a 或 32b 朝表面 31 和方块状地平面 160 投射光线的交点。该算法不仅确定了小平面 162a, 162b, 162c 等中的哪一个与该光线相交, 而且确定了在小平面内的什么位置发生该相交。通过使用双线性插值, 可以确定相当精确的地面位置。对于反向投影, 使用方块状地平面 160 也利用双线性插值, 得到输入地面位置的地面标高值。然后通过图像采集设备 32a 或 32b 的模型, 将该标高和位置用于反向投影, 以确定显示图像 142 中哪一个像素对应于给定位置。

更具体地, 作为一个例子, 通过将方块状地平面 160 叠加和/或拟合到表面 31 的至少一个诸如小山这样的部分 166, 图像显示和分析软件 140 执行和/或计算点 164 的地理位置。应当注意, 只有方块状地平面 160 及其小平面 162a, 162b, 162c 等中的一小部分, 沿着表面 31 的部分 166 的轮廓显示。如上所述, 小平面 162a, 162b, 162c

等中的每一个由四个顶点定义，每个顶点具有各自的标高，每个小平面对具有各自的间距和坡度。如上所述，确定在小平面 162a, 162b, 162c 等的平面/表面(点 164(或其投影)位于该平面/表面上)上点 164 的具体位置。

优选地，在图像显示和测量计算机系统 130 以及图像显示和分析软件 140 的操作之外产生方块状地平面 160。更好地，方块状地平面 160 采用存储在图像显示和测量计算机系统 130 的和/或可访问存储器中较简单的数据表或查询表 168 的形式。计算典型地平面的许多小平面的所有顶点位置所需的计算资源，不一定在图像显示和测量计算机系统 130 中。因此，在不需要附加计算资源的情况下，图像显示和测量计算机系统 130 与传统个人电脑的应用兼容，并可由传统的个人电脑执行。

在图像显示和测量计算机系统 130 之外计算方块状地平面 160，实际上能够使方块状地平面 160 中包含任何级别的细节，即，由小平面 162a, 162b, 162c 等中的每一个覆盖的或对应的尺寸和/或面积，可以按照需要变大或变小，而不会明显地增加计算时间，减慢操作，也不会显著增加图像显示和测量计算机系统 130 和/或图像显示和分析软件 140 所需的资源。显示和测量计算机系统 130 因此可以是较基本的和不复杂的计算机系统。

小平面 162a, 162b, 162c 等的尺寸在特定的显示图像 142 中是一致的。例如，如果显示图像 142 对应于在前景中大约 750 英尺宽和大约 900 英尺深的面积，那么该图像可以被分为大约 50 平方英尺的小平面，因此在宽度上产生了大约 15 个小平面，在深度上产生了 18 个小平面。可选择地，小平面 162a, 162b, 162c 等的尺寸就包含于其中的像素数量而言是一致的，即，每个小平面对具有相同数量的像素宽度和相同数量的像素深度。因此，在像素密度最大的显示图像 142 的前景中的小平面，在尺寸上小于像素密度最低的显示图像 142 的背景

中的小平面。由于希望在像素密度最大的显示图像的前景中进行大多数的测量，与尺寸一致的小平面相比，产生包含的像素数量一致的小平面具有的优点是，在显示图像 142 的前景中提供了更精确的测量。

使用像素作为基础来定义小平面的尺寸的另一优点是，位置计算(像素位置到地面位置)较简单。用户操作图像显示和测量计算机系统 130，以选择给定小平面的像素，图像显示和分析软件 140 查询与选择像素对应的小平面的数据，如上所述计算所选像素的标高，该标高用于位置计算中。

通常，本发明采集倾斜图像的方法，将例如国家这样的感兴趣区域划分为尺寸基本一致的区，例如面积大约为一平方英里的区。这样做便于制定飞行计划，以采集覆盖每一英寸感兴趣区域的倾斜图像，并且组织和命名这些区和/或其图像，以容易地标识，存储和检索(在本领域中被称为“分区”法)。因为任何感兴趣的地理区域的边缘，例如国家，极少落在整齐划一的平分英里边界，所以本发明采集倾斜图像的方法提供了比感兴趣区域中的平方英里数要多的区——多出多少主要取决于该国家边界的长度，以及边界的平直或曲折程度如何。典型地，可以预期边界的每二到三英里具有一个额外的区。因此如果国家或其它感兴趣区域约为 20 英里乘 35 英里，或者为 700 平方英里，那么该面积将被分为大约 740—780 个区。

通常，本发明采集倾斜图像的方法从至少两个罗盘方向采集倾斜图像，并且从至少这两个罗盘方向提供感兴趣区域的完全覆盖。现在参考图 7 和 8，显示了本发明用于采集倾斜图像的方法的第一实施例。为了清楚，图 7 和 8 基于仅具有一个图像采集设备的系统。然而，应当理解可以使用两个或多个图像采集设备。

图像采集设备在每次穿越区域 200 期间采集一个或多个倾斜图像。如上所述，图像采集设备以一个角度瞄准区域 200，以采集倾斜图像。图像捕捉设备和/或平台以类似于修剪草坪的方式来回地穿越

区域 200，以保证区域 200 的双重覆盖。

更具体地，图像捕捉设备 32 和/或平台 20 沿着第一路线 202 穿越区域 200，由此采集区域 200 的区 202a，202b 和 202c 的倾斜图像。然后图像捕捉设备 32 和/或平台 20 沿着第二路线 204 穿越区域 200，由此采集区域 200 的区 204a，204b 和 204c 的倾斜图像，其中所述第二路线 204 与所述第一路线 202 平行且间隔一定距离，并且与其成 180°(180 度)的相反方向。通过比较图 7 和 8，可以看出区域 200 的区 207(图 8)被从第一方向或视角采集的图像 202a-c 覆盖，且被从第二方向或视角采集的图像 204a-c 覆盖。同样，区域 200 的中间区被 100%(百分之一百)双重覆盖。重复沿着平行于路线 202 和 204 的相反路线通过或穿越区域 200 的上述模式，直到整个区域 200 被至少一个从互相平行、由区域 200 的尺寸规定的距离互相间隔并且沿着与路线 202 和 204 相同方向的路径采集的倾斜图像完全覆盖为止，从而从那些视角/方向百分之一百双重覆盖区域 200。

如果需要，为了增强细节，两个附加的相反并平行的第三和第四路线 206 和 208 分别覆盖区域 200，如图 9 和 10 所示，路线 206 和 208 垂直于路线 202 和 204。因此图像捕捉设备 32 和/或平台 20 沿着第三路线 206 穿越区域 200，以采集区域 200 的区 206a，206b 和 206c 的倾斜图像，然后，沿着第四路线 208 穿越，以采集区域 200 的区 208a，208b 和 208c 的倾斜图像，所述第四路线 208 与第三路线 206 平行，间隔一定距离并且方向相反。类似地重复沿着平行于路线 206 和 208 的相反路线通过或穿越区域 200 的上述模式，直到整个区域 200 被至少一个从平行于、由区域 200 的尺寸规定的距离互相间隔、且与路线 206 和 208 相同方向的路径采集的倾斜图像完全覆盖为止，从而从那些视角/方向百分之一百双重覆盖区域 200。

如上所述，图像捕捉设备 32 和/或平台 20 沿着预定路线通过或穿越区域 200。然而，应当理解，图像捕捉设备和/或平台 20 并不一定

直接通过或穿越区域 200，而是可以通过或穿越与区域 200 邻近、接壤，甚至一定程度上脱离区域 200 的区域，以确保正在被成像的区域 200 的区落在图像采集设备的图像采集范围内。如图 7 所示，路线 202 是这样的路线，其不直接经过区域 200 上方，但是仍采集其倾斜图像。

本发明能够以各种级别的分辨率和地面取样距离采集图像。第一级别的细节，之后称为社区级，具有例如约为每个像素 2 英尺的地面取样距离。对于正交社区级图像，地面取样距离在整个图像中基本保持恒定。正交社区级图像用足够的交叠进行采集，以提供立体双层覆盖。对于倾斜社区级图像，地面取样距离变化，例如，从图像前景中的大约每个像素 1 英尺，到图像中景中的大约每个像素 2 英尺，以及到图像背景中的大约每个像素 4 英尺。倾斜社区级图像用足够的交叠进行采集，从而典型地，由至少两个从每个罗盘方向采集的倾斜图像覆盖每个感兴趣的区域。每个区大约采集 10 个倾斜社区级图像。

第二级别的细节，之后称为邻居级，其明显地比社区级图像更详细。邻居级图像具有例如约为每个像素 6 英寸的地面取样距离。对于正交邻居级图像，地面取样距离基本保持恒定。倾斜邻居级图像具有的地面取样距离，例如，从图像前景中的大约每个像素 4 英寸，到图像中景中的大约每个像素 6 英寸，以及到图像背景中的大约每个像素 10 英寸。倾斜邻居级图像用足够的交叠进行采集，从而典型地，由至少两个从每个罗盘方向采集的倾斜图像覆盖每个感兴趣的区域，从而相对的罗盘方向提供了互相之间的 100%交叠。每个区大约采集一百(100)个倾斜区域图像。

特别应当注意的是，从所有四个罗盘方向采集倾斜社区级和/或邻居级图像，保证了图像中的每个点将会出现在至少一个采集的倾斜图像的前景或者下部中，在图像的前景或下部中地面采样距离最小且图像细节最大。

在所示实施例中，图像采集和地理定位系统 30 包括陀螺仪，罗盘

和高度计。然而，应当理解，本发明的图像采集和地理定位系统可替代地可以构造成：例如，从 GPS 和 INU 信号/数据推导和/或计算海拔高度，俯仰，滚动和偏航，和罗盘导航，实际上，由此导致不再必需一个或多个陀螺仪，罗盘和高度计。

在所示的实施例中，图像采集设备相对于水平面具有相等偏角。然而，应当理解，图像采集设备的偏角不必相等。

在所示的实施例中，图像采集计算机系统运行图像和数据获取软件，该图像和数据获取软件将通用的或单独的图像采集信号发送到图像采集设备，由此促使那些设备获取或采集图像。然而，应当理解，本发明可替代地可以构造成，在不同的时刻和/或以不同的时间间隔，分别促使图像采集设备采集图像。

在所示的实施例中，本发明的方法采集倾斜图像，以从基本上彼此相对、即互相成 180° (180 度) 的路线/视角提供对感兴趣区域的双重覆盖。然而，应当理解，本发明的方法可替代地可以构造成，从大致和/或基本互相垂直的路线/视角提供双重覆盖。

尽管以具有的优选设计描述了本发明，但是在该公开的精神和范围内，本发明可以被进一步修改。因此，该公开意味着包含其中公开的结构和元素的任何等价物。另外，该公开意味着包含使用其中公开的一般原理的本发明的任何变化，使用或修改。而且，该公开意味着包含在相关领域中的已知或惯用实施范围内，并且落入附加权利要求的限制内的本公开主旨的引申。

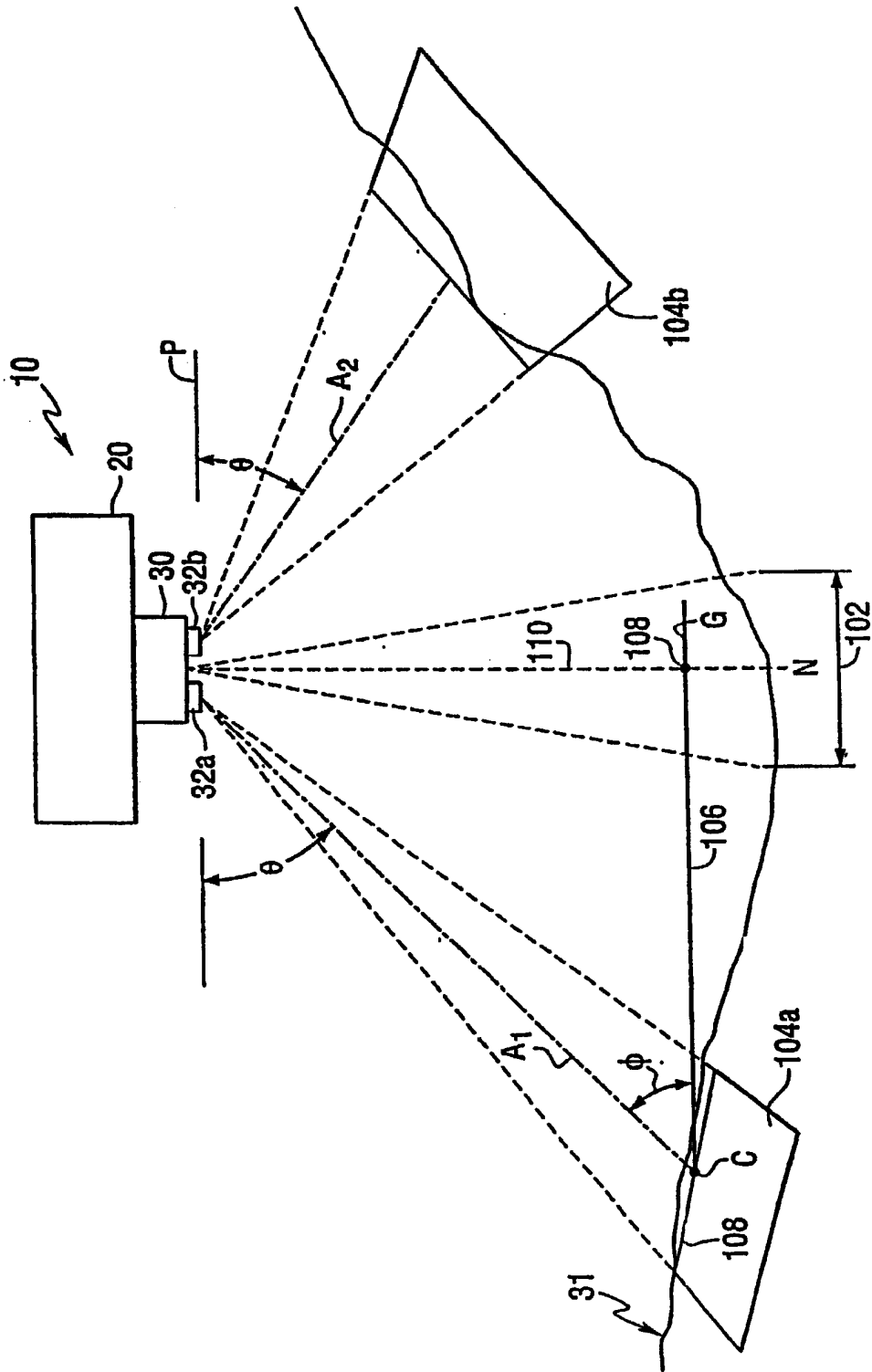


图1

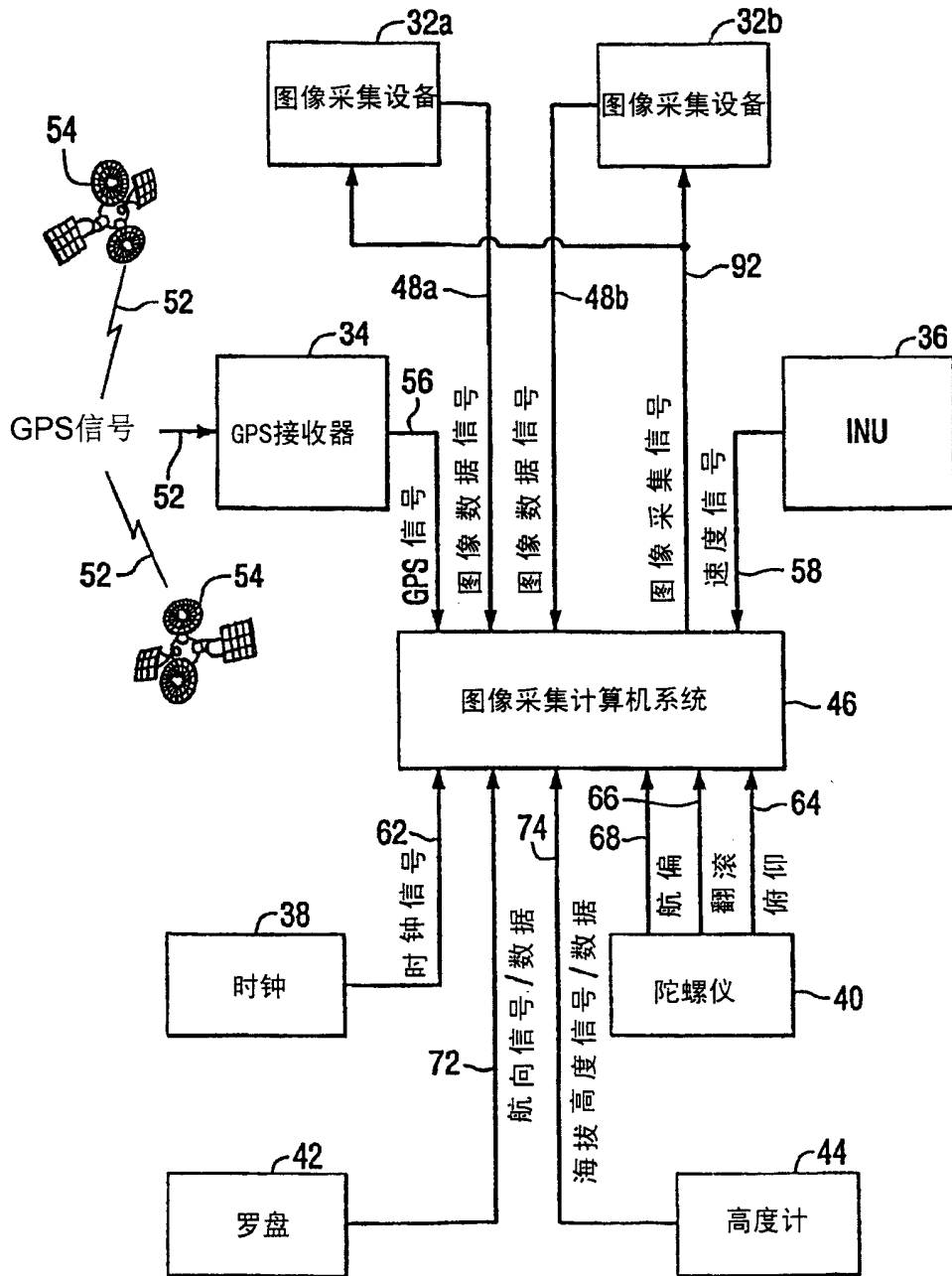


图2

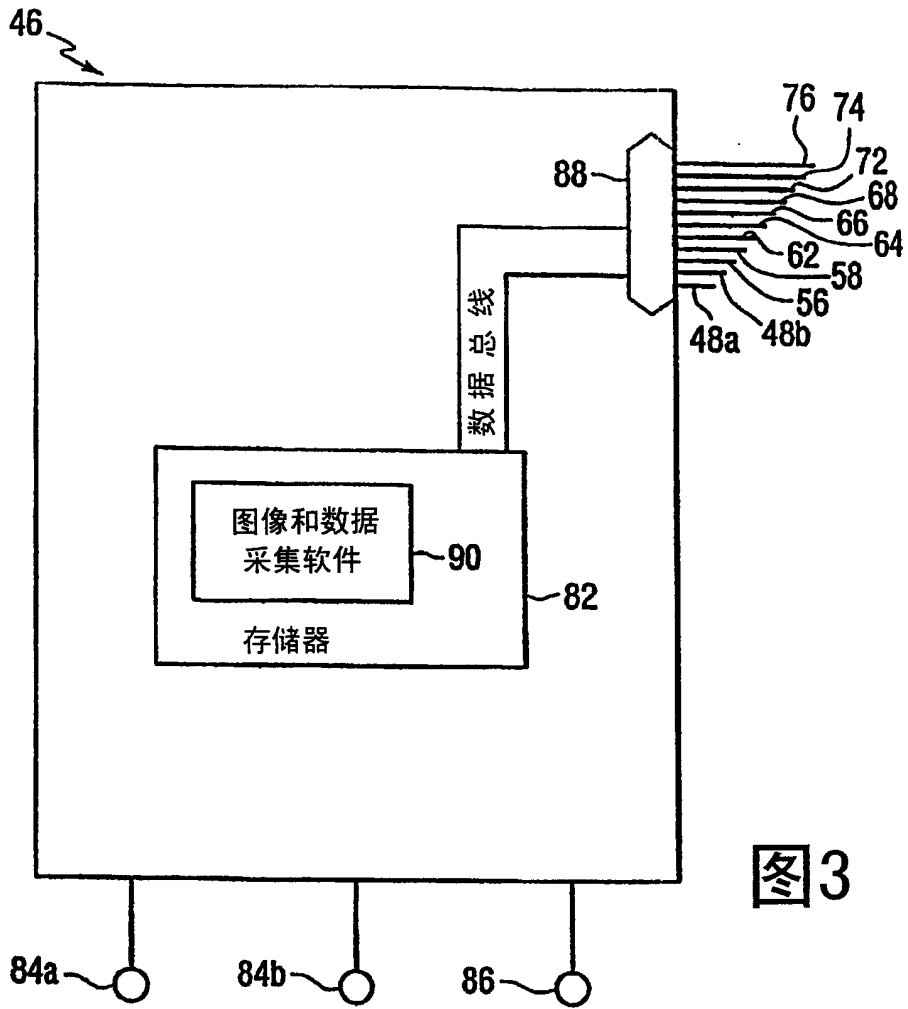


图3

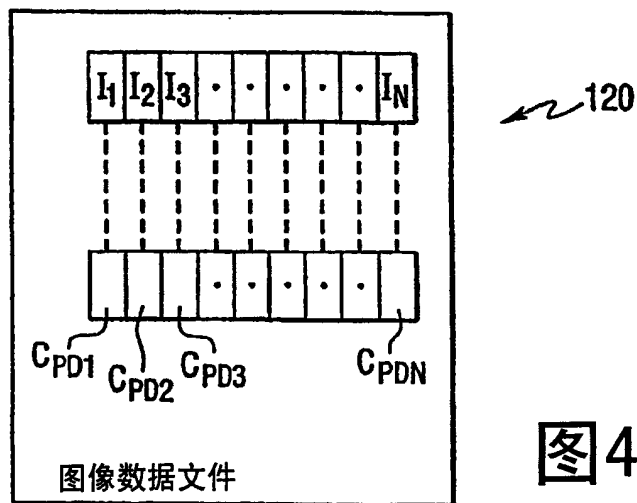


图4

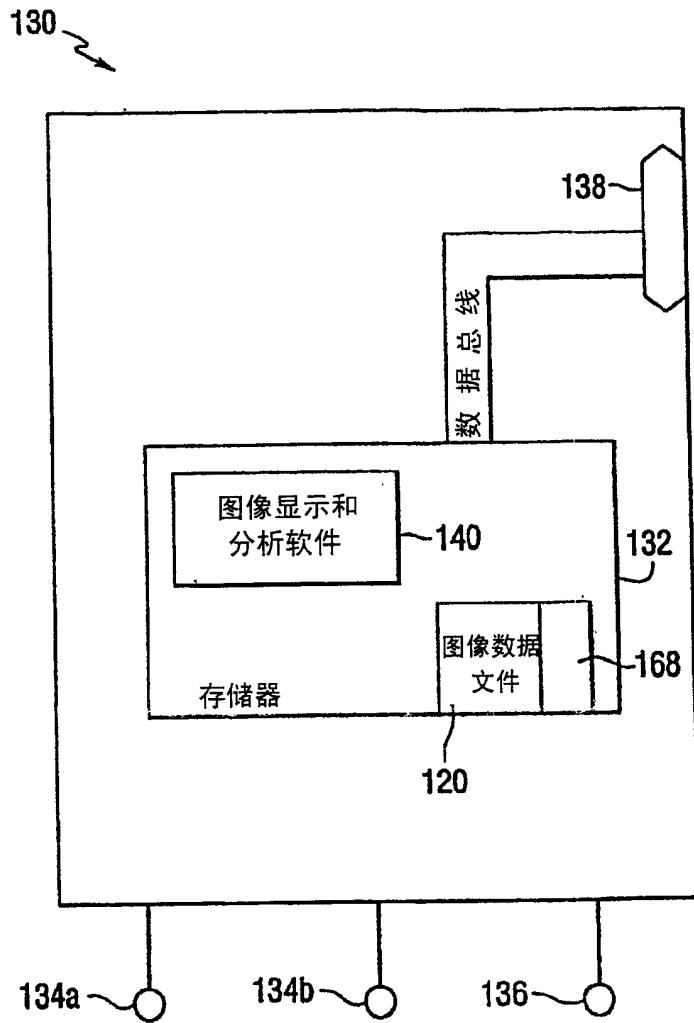


图5

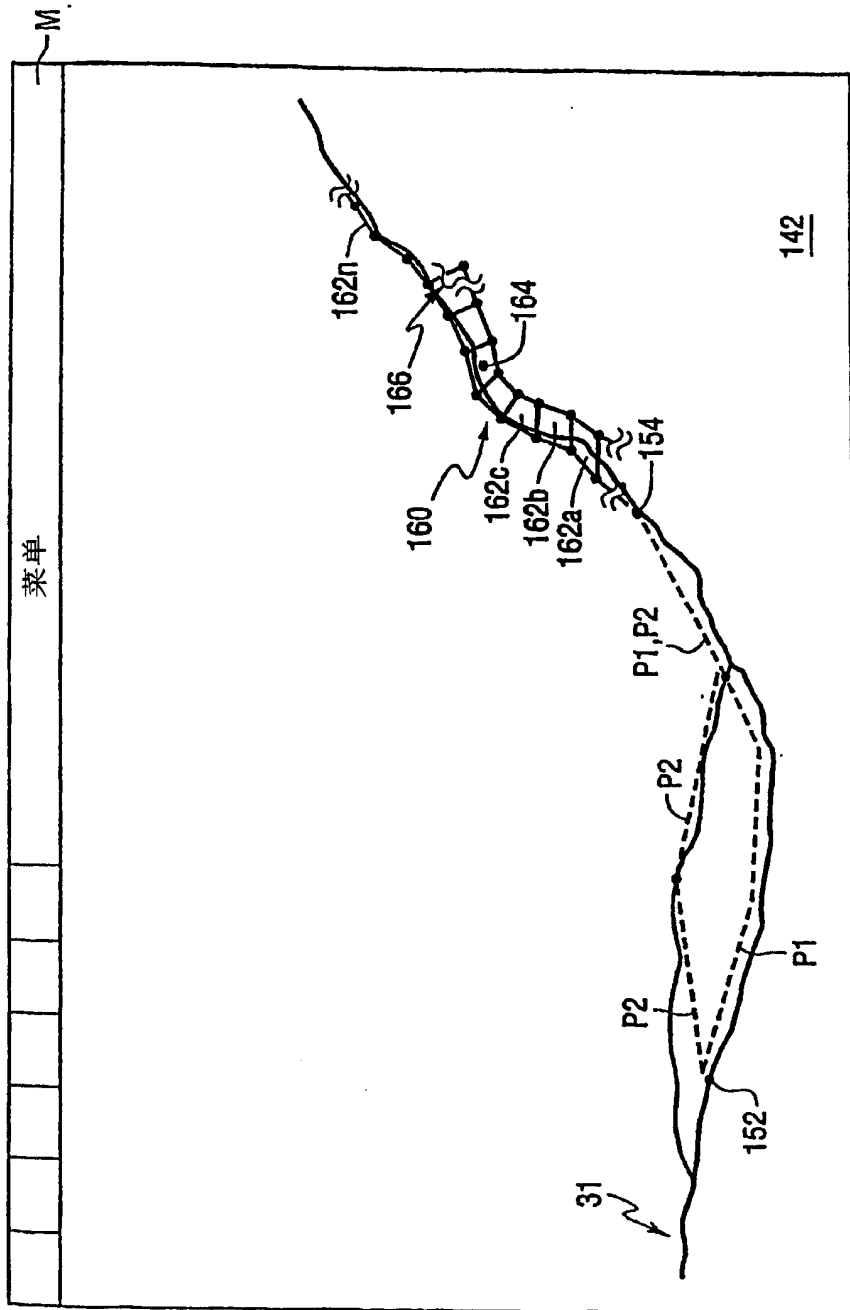


图6

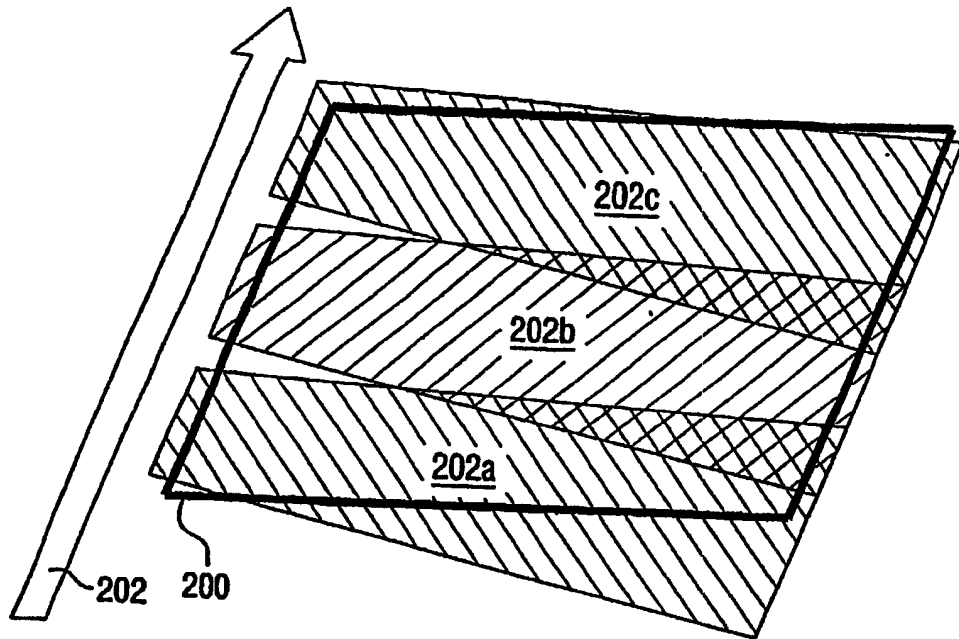


图7

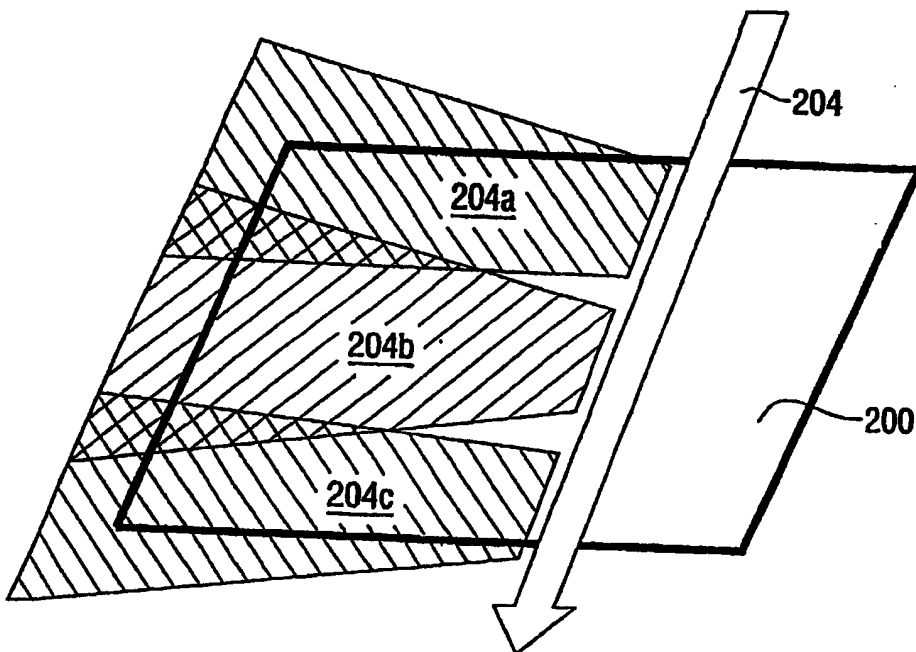


图8

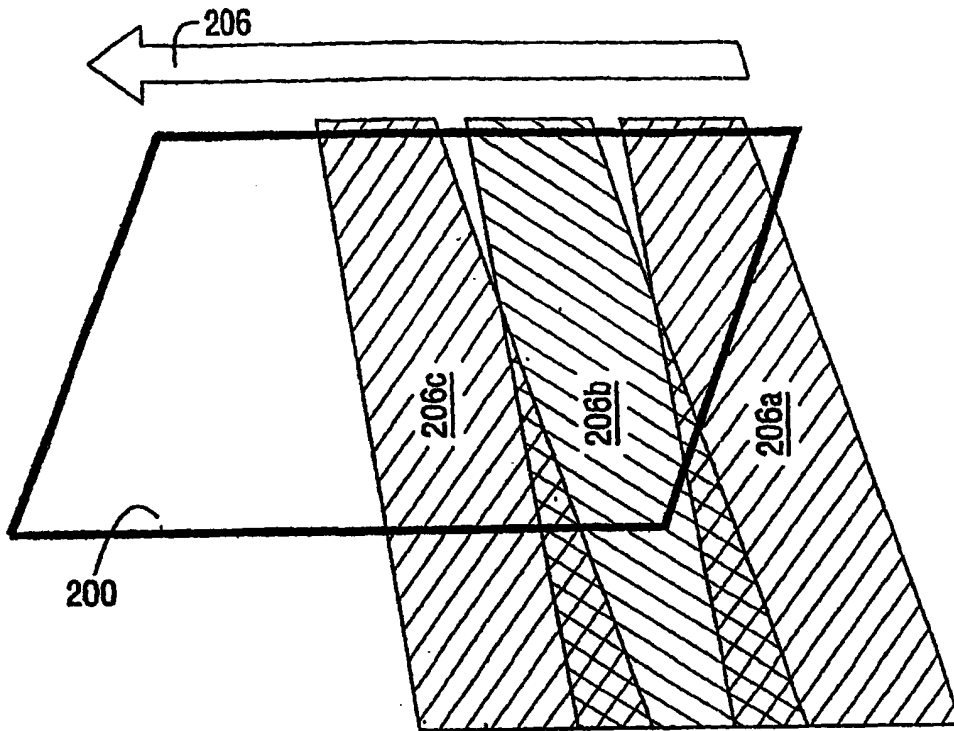


图9

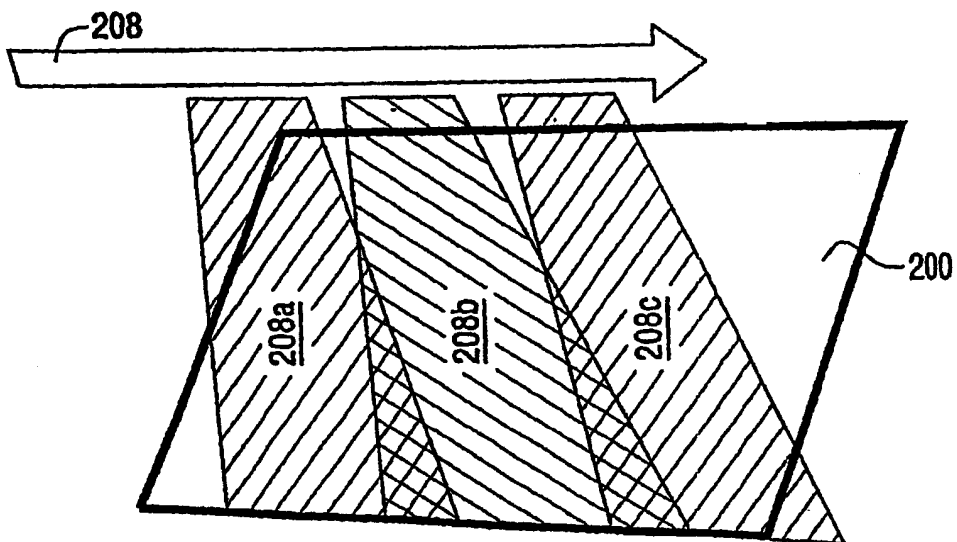


图10