



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510056473.4

[43] 公开日 2005 年 10 月 12 日

[11] 公开号 CN 1680776A

[22] 申请日 2005.3.22

[21] 申请号 200510056473.4

[30] 优先权

[32] 2004. 4. 7 [33] US [31] 10/819,743

[71] 申请人 迪尔公司

地址 美国伊利诺伊州

[72] 发明人 泰伦斯·D·皮克特

弗雷德里克·W·纳尔逊

拉里·L·汉德瑞克森

[74] 专利代理机构 中国商标专利事务所有限公司

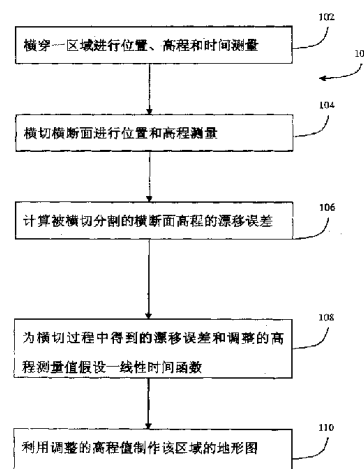
代理人 万学堂

权利要求书 5 页 说明书 16 页 附图 5 页

[54] 发明名称 用低漂移差分全球定位系统制作精确地形图的系统和方法

## [57] 摘要

本发明涉及一种获得一区域的高程数据的方法。该方法包括：使用 GPS 接收机在该区域往返行驶并周期性记录方位、高程和时间数据，同时绘制该区域地面高程图。随后使至少一路径与平行路径交叉，以使该交叉路径与平行路径相交。处理得到的数据，该交叉路径上的高程数据被用来调整平行路径上的高程数据，抵消 GPS 接收机记录的测量结果的高程漂移。该整个区域上调整过的数据经过使用本发明方法处理，以获得该区域的高程图。



1、一种获得一区域高程数据的方法，包括：

大体沿着第一轴引导出横贯该区域的一第一路径；

5 引导出横贯该区域的一第二路径，该第二路径与第一路径大体平行；

大体沿着与第一轴相交的第二轴引导出贯穿该区域的一第三路径；

沿着第一、第二和第三路径用全球定位系统(GPS)周期性记录  
10 方位、高度和时间数据；及

处理该记录的方位、高度和时间数据以获得该区域的高程数据，其中该第三路径的方位、高度和时间数据被用来调整该第一和第二路径上的高度数据，以解决高程漂移。

2、如权利要求1所述的方法，其特征在于，该全球定位系统  
15 (GPS)包括一低漂移广域差分全球定位系统(GPS)。

3、如权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括利用高程数据制作该区域的地形图。

4、如权利要求1方法，其特征在于，处理该记录的数据的步骤还包括：

20 沿着具有一漂移率的第一和第二路径确定出一路径段，该路径段在位于第一和第二路径上的一第一点和一第二点与该第三路径相交；

利用获得的第三路径上的方位、高度和时间数据计算该路径

段上的第一和第二点的高程；及

利用该计算的第一和第二点的高程调整沿着该路径段的高程数据。

5 5、如权利要求4所述的方法，其特征在于，还包括引导出至少一横贯该区域的第四路径，该第四路径与第一路径大体平行。

6、如权利要求5所述的方法，其特征在于，处理该记录的数据的步骤还包括：

10 沿着具有一漂移率的第一、第二路径和第四路径中的两个确定出至少一第二路径段，该第二路径段分别在位于第一、第二和第四路径中任意相邻两路径上的一第三点和一第四点与该第三路径相交；

利用获得的第三路径上的方位、高度和时间数据计算该第二路径段上第三和第四点的高程；及

15 利用计算的第三和第四点的高程调整沿着第二路径段的高程数据。

7、如权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括定位该区域内一点的绝对高度，并用该点的绝对高度调整该区域的高程数据，从而提供该区域内至少近似绝对的高程。

20 8、如权利要求1所述的方法，其特征在于，该区域包含一块田地。

9、如权利要求1所述的方法，其特征在于，该第一路径大体垂直于该第三路径。

10、一种获得一区域高程数据的系统，包括：

一全球定位系统接收机，用来从全球定位系统接受定位信号并为该区域内的点产生方位信息的，所述各点的方位信息至少包括方位、高度和时间；及

5 一处理方位信息以获得该区域的高程数据的处理系统，

其中，该高程数据是这样获得：大体沿着第一轴引导出横贯该区域的一第一路径；引导出横贯该区域的一第二路径，该第二路径与第一路径大体平行；大体沿着与第一轴相交的第二轴引导出贯穿该区域的一第三路径；利用全球定位系统接收机产生的定位信息周期性记录沿着第一、第二和第三路径的方位、高度和时间数据；所述第三路径的方位、高度和时间数据被用来调整第一和第二路径的高度数据，以解决高程漂移。

11. 如权利要求 10 所述的系统，其特征在于，该全球定位系统(GPS)包括一低漂移广域差分全球定位系统(GPS)。

15 12. 如权利要求 10 所述的系统，其特征在于，还包括一存储器以记录得到的方位、高度和时间数据。

13. 如权利要求 10 所述的系统，其特征在于，所述高程数据适用于制作该区域的地形图。

14. 如权利要求 10 所述的系统，其特征在于，该处理系统对得到的方位、高度和时间数据进行处理以获得高程数据是通过如下步骤：

沿着具有漂移率的第一和第二路径确定出一路径段，该路径

段在位于第一和第二路径上的一第一点和一第二点与该第三路径相交；

利用得到的第三路径的方位、高度和时间数据计算该路径段上第一和第二点的高程；及

5 利用计算的第一和第二点的高程调整沿着该路径段的高程数据。

15. 如权利要求 14 所述的系统，其特征在于，引导出至少一横贯该区域的第四路径，该第四路径与第一路径大体平行。

16. 如权利要求 15 所述的系统，其特征在于，该处理系统处  
10 理所得到的方位、高度和时间数据以获得高程数据是通过如下步骤：

沿着具有一漂移率的第一、第二和第四路径中的两个确定至少一第二路径段，该第二路径段分别在位于第一、第二和第四路径中任意相邻的两路径上的一第三点和一第四点与该第三路径相  
15 交；

利用获得的第三路径上的方位、高度和时间数据计算该第二路径段上的第三和第四点的高程；及

利用计算的第三和第四点的高程调整沿着该第二路径段的高程数据。

20 17. 如权利要求 10 所述的系统，其特征在于，该处理系统还定位该区域内一点的绝对位置，并利用该点的绝对位置调整高程数据，以提供该区域内至少近似绝对的高程。

18. 如权利要求 10 所述的系统，其特征在于，该区域包含一块田地。

19. 如权利要求 10 所述的系统，其特征在于，该第一路径大体垂直于第三路径。

5 20. 一种获得一区域的高程数据的系统，包括：

大体沿着一第一轴引导出一至少大体横贯该区域的第一路径的装置；

大体沿着与第一轴相交的第二轴引导出一至少大体横贯该区域的第二路径的装置；

10 引导出一至少大体横贯该区域，且与第二路径大体平行的第三路径的装置；

用一差分 GPS 沿着第一、第二和第三路径周期性纪录方位、高度和时间数据的装置；

15 处理该记录的方位、高度和时间数据以获得该区域的高程数据的装置，其中该第一路径的方位、高度和时间数据与第二和第三路径的方位和时间数据被用来调整第二和第三路径的高度数据，以解决高程漂移。

## 用低漂移差分全球定位系统制作精确地形图的系统和方法

### 技术领域

- 5            本发明总体上涉及地形图绘制领域，尤其涉及一种用低漂移差分全球定位系统制作精确地形图的系统和方法。

### 背景技术

- 10           为一区域内一系列位置绘制地面高程图，例如制作该区域的地形图，可以由横贯整个区域并且周期性测量该区域内不同位置的方位和高程数据来完成。而每一位置的方位和高程的测量典型地由全球定位系统(GPS)接收机，诸如广域差分全球定位系统接收机等类似设备来完成的。在为对坡度很敏感的应用，如水流分析、农业区域排水或其它此类应用，做地形图时要求相对高程精度。
- 15           例如，为水流分析和/或农业区域排水所作的地形图要求相对精度在 1 到 2 厘米范围之内。要注意的是，对诸如此类的应用只要高程测量是相对于一个恒定基准线做出，对绝对垂直精度不作要求。

- 在制作勘测质量的地形图时可能会用到实时动态(RTK)系统测量高程。这些地形图对农业区域水流和排水的分析以及其它农业之外的对坡度敏感的应用的分析都是很有帮助的。这些方面的应用尤其要求相对于一个恒定的基准线所作的高程测量的精度要在 1 到 2 厘米范围之内。由于 GPS 接收机接收到的卫星信号会受到来自大气比如电离层、对流层、云层、天气等的干扰，所以 GPS 接收机所测量的高程数据可能会随着时间不同而有所漂移。RTK
- 20           系统不断的把 GPS 系统接收到的数据与一个已勘测地点，例如已
- 25

勘测的基准站，的方位与高程测量作比较。因为 GPS 接收机接收的卫星信号所受的大气干扰与 RTK 系统在基准站上接收到的信号所受的大气干扰是相同的，所以通过数据的比较可以得到一些修正因子，这些修正因子则可以用来修正已勘测基准站附近的 GPS 接收机所测量的结果。

RTK 系统利用与基准站的无线电链路将修正因子发送给 GPS 接收机，从而调整接收机接收到的高程测量，随后允许修正的测量结果的绝对垂直精度在几厘米的范围之内。修正的高程测量结果的绝对垂直精度确保了测量结果之间的相对精度。用来通过无线电链发送和接收信号的设备的有效范围，以及基准站附近区域可能导致修正因子的精确度低于要求值的不同的大气情况将 RTK 系统可以提供渴望精确度的区域范围局限在以已勘测基准站为圆心的相对较小的半径范围之内。典型地，这个半径的最大值在 10 到 20 千米之间。RTK 系统其它的问题还包括：在无线电的发送机和接收机之间需要无障碍空间；存在有可能与 RTK 系统使用同样波段作为无线电链路的外部干扰源，这些外部干扰源干扰 RTK 系统信号的接收。

因此，提供一种应用 GPS 接收机，诸如广域差分 GPS 接收机等在一区域获得高程数据的方法，而不需要与 RTK 系统或其它类似系统的基准站通信，这将是有益的。

### 发明内容

因此，本发明提供一种获得一区域高程数据的方法，该高程数据可用来制作精确地形图。本发明的方法利用 GPS，诸如具有低位置漂移率的广域差分 GPS 等绘制地面高程图。该方法包括：



大体沿着一第一轴引导出多条横贯一区域大体平行的路径（例如在该区域内往返行驶），同时用 GPS 周期性记录方位、高度（未修正的高程）和时间。大体沿着与第一轴相交的第二轴引导出横贯该区域的至少一交叉路径，所以该交叉路径与前述路径相交，同时用 GPS 周期性记录方位、高度和时间。记录的数据随后再经过处理，从交叉路径上得来的高程数据被用来调整用于大体平行路径上的高程数据，抵消 GPS 记录的测量结果的高程漂移。在本发明具体实施例中，假设由大体平行路径上得到的高程数据的漂移率与时间呈线性变化；但是，也可以利用高程随时间的不同变化。因为交叉路径位于一大体直的路径上，所以在大体平行路径上被该交叉路径横切的两点之间交叉路径时间非常短，从而所述切点的高程漂移率被假设为零。最后，用本发明的方法将整个区域内调整的数据进行处理以获得该区域的高程图。

例如，在应用一个低方位漂移率的差分 GPS 过程中，如使用三西格马、XY 上每 15 分钟 2 厘米，用一辆车沿着一块田地的边界和/或中心线做一个初始断面，同时用一个差分 GPS 接收机记录 X、Y 和垂直方位信息。在完成该路径后，该车再以与要求清晰度相适应的间距作垂直于起始断面的横切。然后利用边界和/或中心横断面上的初始信息，随后与中心线的垂直相交可用来测量和调整来自于这些路径的 GPS 漂移。在该后续处理结束后，可由此重建的信息制作一精确地形图。另外，如果该田地内的一单个点可被相对一绝对方位来定位，则整块田地的数据都可以根据该方位而定位，而且整块田地内的数据都可经过调整以反映该点的绝对垂直方位。

可以理解，前面的概述以及随后的详细描述都是示例性和解

释性的，并不对本发明的权利要求构成限制。作为说明书一部分的附图举例说明了本发明的实施例，并与前面的概述一起用来解释本发明的原理。

## 5 附图说明

通过参考附图，本发明的诸多优点可以更好地被本领域的技术人员理解，其中：

图 1 是说明本发明一具体实施例所述的一种获得一区域的高程数据的方法的流程图；

10 图 2 是说明根据图 1 所述方法获得一区域的高程数据的系统的系统方框图；

图 3 是本发明一具体实施例所述的高程已测量区域的平面图；

图 4 是利用本发明所述的具体方法制作的地形图的立体图；

图 5 是本发明一具体实施例所述的高程已测量区域的平面图。

15

## 具体实施方式

现在详细参考本发明的优选实施例，它们的一些实例在附图中示出。

总体上参考图 1 到图 3，描述了本发明一具体实施例所述的获得一区域内适合制作精确地形图的高程数据的方法。为一区域内一系列位置绘制地面高程图，诸如为一区域制作地形图，可以通过横贯该区域并周期性测量该区域内不同位置的方位和高程数据来完成。每一位置的方位和高程的测量典型地由全球定位系统

20

(GPS)接收机，诸如广域差分全球定位系统接收机等来完成。在为对坡度很敏感的应用，例如水流分析、农业区域排水或其它此类的应用做地形图时，要求相对高程精度。例如为水流分析和/或农业区域排水所作的地形图要求相对精度在 1 到 2 厘米范围之内。

- 5 要注意的是，对诸如此类的应用只要高程测量是相对于一个恒定基准线所做的，则不再对绝对垂直精度作要求。

如图 1、3、4 所示，该方法 100 包括：在步骤 102，横穿一区域，大体沿着第一轴引导出多条大体平行的路径，包括至少一第一路径和大体与该第一路径相平行的一第二路径，同时用 GPS 周  
10 期性记录方位、高度（未修正的高程）和时间。在具体实施例中，步骤 102 可以通过驾驶一辆装配有 GPS 接收机的车辆，比如一辆装配有低漂移广域差分 GPS 接收机的拖拉机等，沿着区域 300 内往返路径 302 反复的横穿区域 300 来完成，同时周期性的记录下方位、高度（未修正的高程）和时间。由于 GPS 接收机接收到的  
15 卫星信号会受到来自大气比如电离层、对流层、云层、天气等的干扰，所以 GPS 接收机所测量的高程数据可能会随着时间不同而有所漂移。例如，在图 3 所示的例子中，GPS 接收机在沿着往返路径 302 横贯区域 300 的过程中接收机所测的高程从位置 304 到位置 306 漂移了 0.005 米。为了达到本发明的目的，假设这个漂移  
20 与时间呈线性变化。但是本领域内的普通技术人员会认识到这种漂移也可以在不偏离本发明范围和意图的情况下用不同的方法来估算，比如对多项式或对数关系作曲线拟合等。

为了增加在横贯该区域 300 的一部分时所测得高程测量值的相对精度，在步骤 104 中，路径 302 被大体沿着与第一轴相交的第二轴导引出的横贯该区域 300 的至少一个交叉路径所横截，因此该交叉路径与步骤 102 中导引出的那些路径相交。在步骤 104 5 中，在交叉路径的导引过程中用 GPS 接收机再次测量方位、高度（未修正的高程）和时间。在具体实施例中，该交叉路径可通过驾驶一辆装配有 GPS 的车辆行驶在与往返路径 302 大体垂直的直线上来完成。在驾驶 GPS 车辆并横截该往返路径 302 时，在位于第三个横截路径或交叉路径 308 的位置 304 和 306 测量出新的高程数据。因为在位置 304 和 306 之间的交叉路径 308 大体上是一 10 条笔直线，所以在位置 304 和 306 之间行驶只需要相当短的时间。因此为了达到本发明的意图，可以认为位置 304 和 306 的新的 高程测量值没有漂移。沿着交叉路径 308 得到的新高程测量值随后被用于代替在往返路径 302 上运动时测得的位置 304 和 306 的初 15 始高程值。

在步骤 106 和 108 中，记录下来的数据经过处理，从交叉路径上得来的数据被用来调整用于大体平行路径的数据，从而使 GPS 纪录的测量结果的高程漂移得到抵消。例如，通过将位置 304 和 306 的新高程测量值与同样位置上的初始高程测量值做比较， 20 用一线性时间函数调整在往返路径 302 测得的高程测量值，诸如在位置 310、312、314 等测得的高程测量值。依照本发明具体实施例，在位置 304 和 306 处测量初始高程值的时间会被记录下来，

在位置 310、312 和 314 处测量高程值的时间也会被记录下来。为了得到更高的高程测量值之间的相对精度，这些记录下来的时间然后被用来调整位置 310、312 和 314 处的高程值。最后，在步骤 110，用本发明的方法将整个区域内修正过的数据进行处理，以得到该区域 300 的高程图 400。

根据本发明的具体实施例，现在提供一个具体例子来解释应用方法 100 进行高程测量并随后调整以制作该区域 300 的地形图 400。在步骤 102 中，该区域 300 被横贯，在时间 405 秒测得位置 304 的第一高程测量值 386.105 米。往返路径 302 是该区域 300 的一部分、位置 310 的第二高程测量值 387.582 米、位置 312 的第二高程测量值 386.345 米和位置 314 的第二高程测量值 386.857 米分别在时间第 556 秒、第 680 秒和第 912 秒被测得。位置 306 的第三高程测量值 386.242 米在第 1080 秒被测得。在整个 300 区域被横贯完毕后，在步骤 104 中，做出一个与步骤 102 中所做路径大体垂直的横断面，例如贯穿往返路径 302 的横截面 308。位置 304 的第四高程测量值为 386.108 米，以及位置 306 的第五高程测量值为 386.240 米。

在该方法 100 的步骤 106 中，为往返路径 302 计算了一个漂移误差。该漂移误差等于横截面 308 上测得的第四和第五高程值之差减去往返路径 302 上测得的第一和第三高程值之差。例如，在本例子中，漂移误差等于位置 306 的第三高程测量值 386.242 米与位置 304 第四高程测量值 386.108 米之和减去位置 304 第一高

程测量值 386.105 米,再减去位置 306 第五高程测量值 386.240 米:  
386.242m+386.108m-386.105m-386.240m=0.005m。因此,在该例子中,往返路径 302 上的初始的第一和第三高程测量值之差(386.105m-386.242m = -0.137m)与横断面 308 上第四和第五高程  
5 测量值之差(386.108m-386.240m = -0.132 cm)间的漂移误差等于 0.005 米(-0.132 m - (-0.137)m = 0.005m)。本领域内的普通技术人员会认识到这种漂移误差可用不同的方法来计算,在保证结果相同的情况下高程测量值的加法和减法的顺序是可以改变的。但是值得注意的是,为了防止高程负的变化变成正的变化或正的变化  
10 变成负的变化等,在计算漂移误差时保留运算数字结果的正负号是很重要的。

接着,在该方法 100 的步骤 108 中,为了获得高程测量值之间的更高相对精度,该偏移误差被用来调整往返路径 302 中的位置 310、312 和 314 的高程测量值。在本发明的一具体实施例中,  
15 该高程测量值通过第二高程测量值(在本例子中是位置 310、312 和 314 的高程测量值之一)与位置 304 的第四高程测量值 386.108 米之和减去位置 304 的第一高程测量值 386.105 米与该漂移误差 0.005m 的一部分来调整。该漂移误差的此部分与一比值成比例,该比值是在位置 304 测得第一高程的时间(第一时间)和测得第  
20 二高程的时间(此时在 310、312 和 314 其中一个位置上测得高程)之差与该第一时间和在位置 306 测得第三高程的时间之差的比值。本领域内的普通技术人员会认识到在不偏离本发明范围和意图的

情况下，310、312 和 314 的高程测量值可以用不同的方法来调整，包括把位置 306 的第三高程测量值 386.242 米和位置 306 的第五高程测量值 386.240 米结合起来应用等。

例如，将在第 556 秒测得位置 310 的第二高程测量值 387.582 米以如下方式来调整：首先计算位置 304 的第一高程测量值测得的时间（第 405 秒）与位置 310 的第二高程测量值测得的时间（第 556 秒）之差，结果是 151 秒（556 秒 - 405 秒 = 151 秒）。然后，计算该第一时间（第 405 秒）与位置 306 的第三高程测量值测得的时间（第 1080 秒）之差，结果是 675 秒（1080 秒 - 405 秒 = 675 秒）。因此，用来调整位置 310 高程测量值的漂移误差 0.005m 的那一部分就应该是  $0.005 \text{ 米} \times 151 / 675$ 。然后，位置 310 的第二高程测量值 387.582 米与位置 304 的第四高程测量值 386.108 米之和是 773.690 米（ $387.582\text{m} + 386.108\text{m} = 773.690\text{m}$ ）。最后，位置 310 的第二高程测量值 387.582 米与位置 304 的第四高程测量值 386.108 米之和减去位置 304 的第一高程测量值 386.105 米，再减去漂移误差 0.005m 的一部分即  $0.005 \text{ 米} \times 151 / 675$ ，结果是 387.584 米（ $773.690\text{m} - 386.105\text{m} - 0.005\text{m} \times 151 / 675 = 387.584\text{m}$ ）。现在所得到的这个新的高程值就与位置 310 的高程相关联，是一个相对于往返路径 302 中其它调整过的高程值更精确的一个高程测量值。

在另一例子中，将在第 680 秒测得位置 312 的第二高程测量值 386.345 米进行如下调整：首先计算位置 304 的第一高程测量值测得的时间（第 405 秒）与位置 312 的第二高程测量值测得的时

间(第 680 秒)之差,结果是 275 秒(680 秒 - 405 秒 = 275 秒)。  
然后,计算该第一时间(第 405 秒)与位置 306 的第三高程测量  
值测得的时间(第 1080 秒)之差,结果是 675 秒(1080 秒 - 405  
秒 = 675 秒)。因此,用来修正位置 312 高程测量值的漂移误差  
5 0.005m 的一部分为  $0.005 \text{ 米} \times 275/675$ 。然后,位置 312 的第二高程  
测量值 386.345 米与位置 304 的第四高程测量值 386.108 米之和是  
772.453 米( $386.345\text{m} + 386.108\text{m} = 772.453\text{m}$ )。最后,位置 312 的  
第二高程测量值 386.345 米与位置 304 的第四高程测量值 386.108  
米之和减去位置 304 的第一高程测量值 386.105 米,再减去漂移误  
10 差 0.5 的一部分即  $0.005 \text{ 米} \times 275/675$ ,结果是 386.346 米( $772.453\text{m}$   
 $- 386.105 \text{ m} - 0.005\text{m} \times 275/675 = 386.346\text{m}$ )。现在所得到的这个新  
的高程值就与位置 312 的高程相关联,是一个相对于往返路径 302  
中其它调整过的高程值更精确的一个高程测量值。

在又一例子中,将在第 912 秒测得位置 314 的第二高程测量  
15 值 386.857 米作如下调整:首先计算位置 304 的第一高程测量值测  
得的时间(第 405 秒)与位置 314 的第二高程测量值测得的时间  
(第 912 秒)之差,结果是 507 秒(912 秒 - 405 秒 = 507 秒)。  
然后,计算第一时间(第 405 秒)与位置 306 的第三高程测量值  
测得的时间(第 1080 秒)之差,结果是 675 秒(1080 秒 - 405 秒  
20 = 675 秒)。因此,用来修正位置 314 高程测量值的漂移误差 0.005m  
的那一部分就应该是  $0.005 \text{ 米} \times 507/675$ 。然后,位置 314 的第二高  
程测量值 386.857 米与位置 304 的第四高程测量值 386.108 米之和



是 772.965 米( $386.857\text{m} + 386.108\text{m} = 772.965\text{m}$ )。最后, 位置 314 的第二高程测量值 386.857 米与位置 304 的第四高程测量值 386.108 米之和减去位置 304 的第一高程测量值 386.105 米, 再减去漂移误差 0.005m 的一部分即  $0.005\text{米} * 507/675$ , 结果是 386.856 米( $772.965\text{m} - 386.105\text{m} - 0.005\text{m} * 507/675 = 386.856\text{m}$ )。现在所得到的这个新的高程值就与位置 314 的高程相关联, 是一个相对于往返路径 302 中其它调整过的高程值更精确的一个高程测量值。

在本发明的另一方面, 如果该区域 300 内一位置的高程可以根据一已知绝对高程的点测得, 那么区域 300 内所有其它点的高程测量值都可以经过调整以反映该点的绝对垂直方位。例如, 根据一已知绝对高程的点测出位置 312 的高程值。位置 312 的比较精确的高程测量值是 386.344 米, 位置 312 的第二高程测量值(在本发明的一个具体实施例中为得到更高的相对精度已将该测量值进行调整) 386.345 米被调整为 386.344 米, 从而使该值能更精确反映该点的垂直方位。相应的, 该区域 300 内所有的其它的高程测量值随后都被调整以反映位置 312 的 386.344 米的绝对垂直方位。

在本实施例中, 该区域 300 内所有其它高程测量值的调整是通过将每一测量值减去  $0.001\text{m}$  ( $386.344\text{m} - 386.345\text{m} = -0.001\text{m}$ ) 来完成的, 从而使调整后的测量值能够反映在往返路径 302 时得到的位置 312 的高程测量值(为了得到更高的相对精度这些值已被修正) 与根据一已知绝对高程的位置得到的 312 的垂直方位的差。例如, 位置 304 的第四高程测量值 386.108 米减去  $0.001\text{m}$  后

被调整为 386.107m, 同样的, 位置 306 的第五高程测量值 386.240 米被调整为 386.239m, 位置 310 的第二高程测量值 (调整后的) 387.584 米被调整为 387.583 米, 最后, 位置 314 的第二高程测量值 386.857 米被调整为 386.856 米。

- 5           现在参考图 2、3 和 4, 描述了一个用在本发明的示例方法比如方法 100 的低漂移广域差分 GPS 接收机装置 200。该差分 GPS 接收机装置包括以总线结构 208 相互连接的全球定位系统接收机装置 202 和与存储器 206 连接的处理器 204。该全球定位系统接收机设备 202 从全球定位系统那里接收定位信号, 并且产生基于全
- 10 球定位系统的导航信息, 包括方位 (例如经度和纬度)、路线或航向、速度、时间等, 这些信息将会被处理器 204、存储器 206 和导航系统 200 的其它组件所用到。在具体实施例中, 该全球定位系统接收机装置 202 从 GPS 那里接收定位信号, 该 GPS 是由美国空军为美国政府管理的天基无线导航系统。但是可以预想到的是,
- 15 全球定位系统接收机装置 202 也选择性地适用于其它基于无线电的导航/全球定位系统, 诸如由俄罗斯太空中心(RPA)为俄罗斯联邦管理的 GLONASS 导航卫星系统。另外, 在本发明的具体实施例中, 该全球定位系统接收机装置 202 也可以接收和应用由差分 GPS 系统和广域差分 GPS(WADGPS)系统提供的强化的定位信息, 比如
- 20 由约翰-迪尔(John Deere)、莫林(Moline)公司和伊利诺伊(Illinois)公司开发的 STARFIRE™广域差分 GPS 系统和由美国政府联邦航空管理局提供的广域增强系统(WAAS)等。在这些实施例中, 全球

定位系统接收机装置 202 可以包括或连接一个用来接收差分误差修正信息的无线电接收机。

在本发明的具体实施例中，全球定位系统接收机装置 202 与一个导航控制系统 210 以总线结构 208 相互连接。例如，导航控制系统利用全球定位系统接收机装置 202 所提供的导航信息为车辆的驾驶者提供导航或指导信息。此外，在自动驾驶时，导航控制系统用该信息控制车辆的驾驶控制器，驾驶控制器就会驾驶车辆沿着预期的路径（比如路径 302 和 308）横贯区域 300。例如，在具体实施例中，导航控制系统应该能够在一区域内引导和可选的驶出一些大体平行的路径。在本发明另外的具体实施例中，该导航控制系统可以对往返路径 302 的横切提供信息或/和引导，使得正好横切在往返路径的几个特殊的点上，从而使横切面上的交点（比如点 304 和 306）与以前往返过程中作了记录的数据点相匹配。

本领域内的普通技术人员会认识到，差分 GPS 接收机装置 200 接收到的数据可以存储在存储器 206 中，以备处理器 204 对数据进行调整或处理，数据在差分 GPS 接收机装置 200 的工作过程中得到动态的调整或处理。或者可选择的，可将存储在存储器 206 中的数据从存储器转移至一外部信息处理装置比如台式电脑、笔记本、或主机电脑等中进行外部处理。

现在参考图 4，在区域 300（图 3）测得并且随后在示例方法 100 的步骤 102 至 110（图 1）调整的高程值可以被用来制作地形

图，比如地形图 400。可选择地，也可以将这些高程测量值存储在信息处理装置、电脑可读存储器或 DGPS 接收机装置 200 的存储器 206 等装置中。

参考图 5，描述本发明另外一具体实施例所述的一种获得适合制作精确地形图的区域 500 的高程数据的方法。该方法包括，对该区域 500 做环行导引，比如导引路径 508、514、516 和 518。该区域 500 的环行导引包括：大体沿着第一轴引导出横贯区域 500 的交叉路径，比如交叉路径 508 和 516，当横穿这些交叉路径时，使用 GPS 周期性记录方位、高度和时间。然后，大体沿着第二轴引导出多条该横贯该区域 500 的大体平行的路径，比如路径 502，同时用 GPS 周期性记录下方位、高度（未修正的的高程）和时间。优选地，该第二轴与第一轴大体垂直。记录下来的数据随后经过处理，以便由交叉路径获得的数据被用来调整用于大体平行路径上高程数据，抵消由 GPS 纪录的测量结果的高程漂移。因为每个交叉路径位于一个大体笔直路径上，所以沿着被交叉路径横切的大体平行路径的点之间的交叉路径时间非常短，从而横切面上点的高程漂移被假定为零，例如点 504 和 506 之间的高程漂移被假定为零。最后整个区域内调整过的数据再经过本发明的方法处理后就可以得到本区域高程图。例如，在路径 508 和 516 上记录的方位和高程数据可用来调整沿着 502 路径的位置 510 和 512 的高程测量值。

本领域内的普通技术人员会认识到，在交叉路径 508 和 512

上记录的方位、高程和时间数据可以用来计算沿着交叉路径和大体平行路径的点的具有更高精度的相对高程。例如为路径 502 所做的交叉路径 508 和 516 之间的平均漂移率可以用来计算位置 510 和 512 的具有较高精度的相对高程值。应该注意的是，这些大体平行路径，比如路径 502 等的延伸方向应该同在区域 500 中做环行导引时引出的其中一条交叉路径如路径 516 方向相同，但是同另外的交叉路径如路径 508 方向相反。为了把在交叉路径上漂移误差可以忽略这个假设带来的误差降到最低，在任一条交叉路径上得到的数据都可以被使用。例如，在修正位置 510 和 512 高程测量值时，比较好的选择可以是使用与 502 路径延伸方向相同的交叉路径 516 上测得的数据。或者，在另外一个例子中比较好的选择则是使用与 502 路径延伸方向相反的交叉路径 508 上测得的数据。本领域内的普通技术人员应该会理解：任何一条交叉路径，例如交叉路径 508 或 516 等，都可以用来调整大体平行路径如路径 502 上测得的高程，而且为了得到更高的测量相对精度和/或提高交叉路径上的测量相对精度，由各个交叉路径修正过的数据可以再进行比如平均等的比较。

在具体实施例中，所描述的这些方法可以由一些指令或由能被某装置可读的软件来完成。而且可以理解，所公开方法中的特定顺序和分级步骤都是示意性的实例。基于优选设计，可以理解上述方法中的特定顺序和分级步骤在本发明的范围之内还可以进行重新排列。随后的方法权利要求仅仅是以示例顺序表示了不同

步骤，并不限于所示的特定顺序和分级步骤。

可以相信，通过前面的描述，本发明以及其诸多优点将被理解，并且显然，在不脱离本发明的范围和精神或不牺牲本发明的实质优点的情形下，其部件的形成、构造和排列可作各种改变。

- <sup>5</sup> 上文描述只是其解释性实施例，权利要求书概括和包含了此类改变。

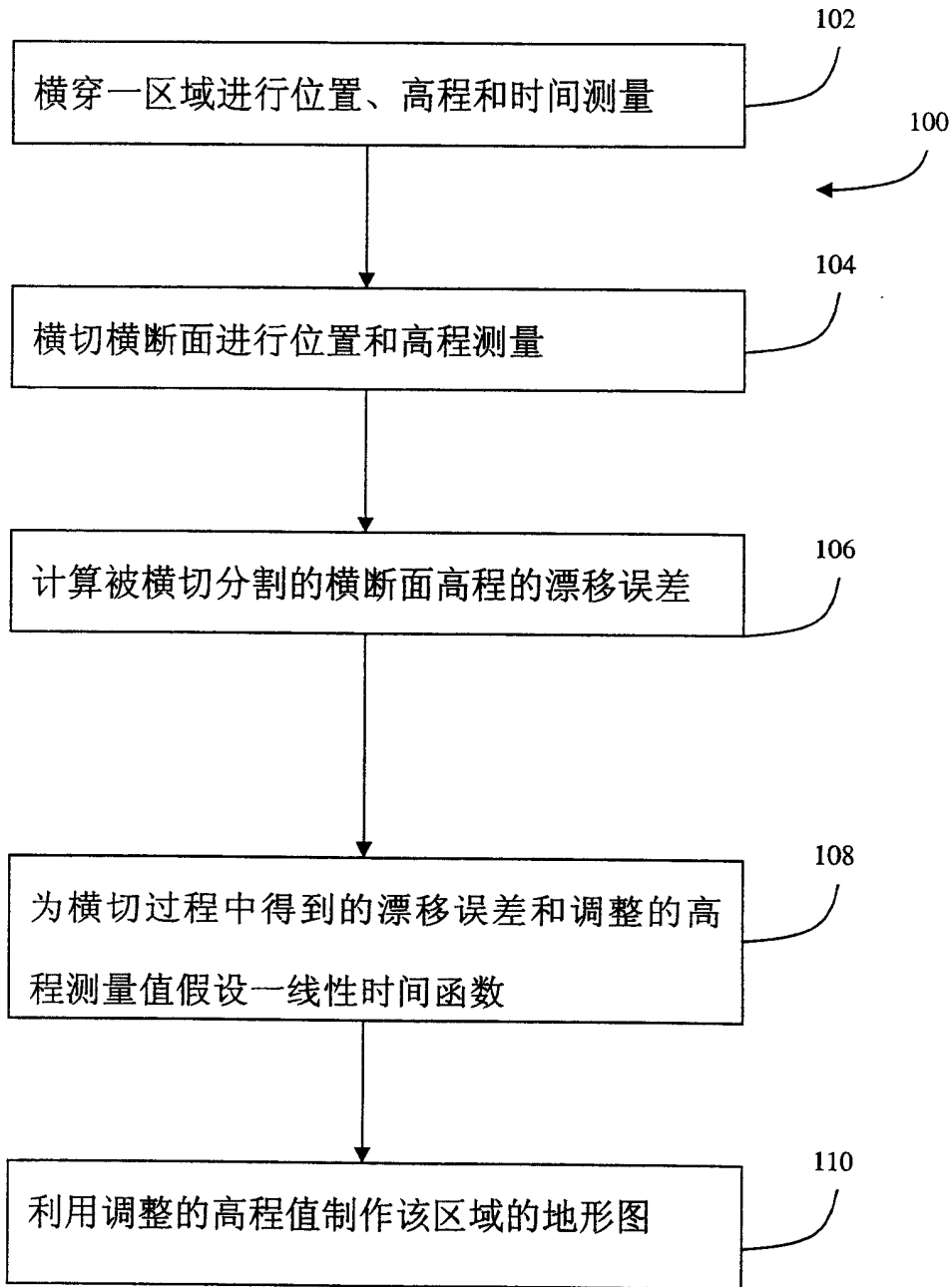


图 1

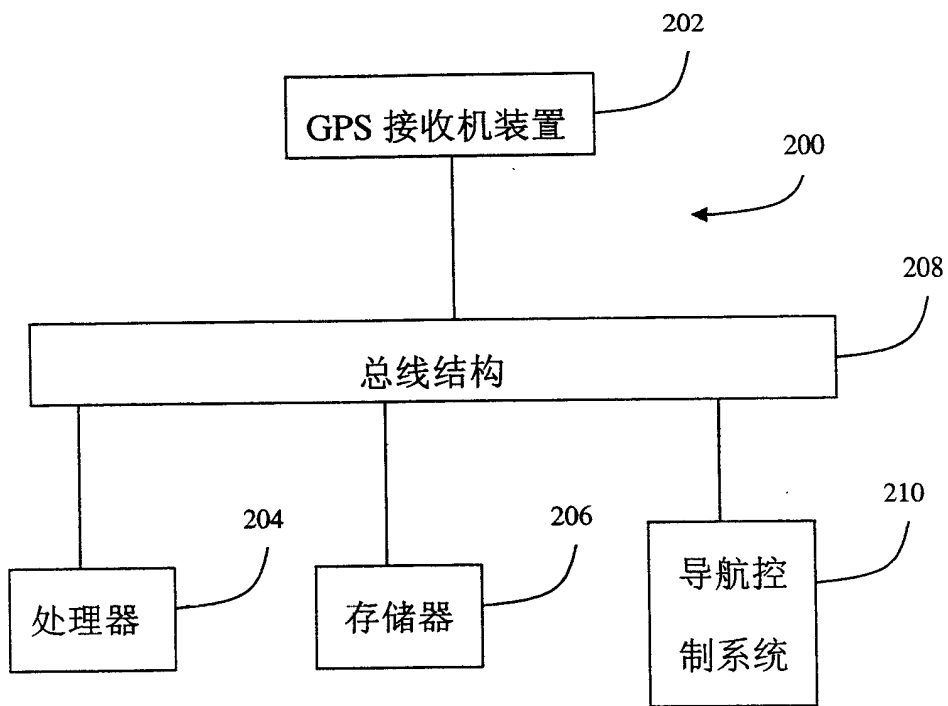


图 2



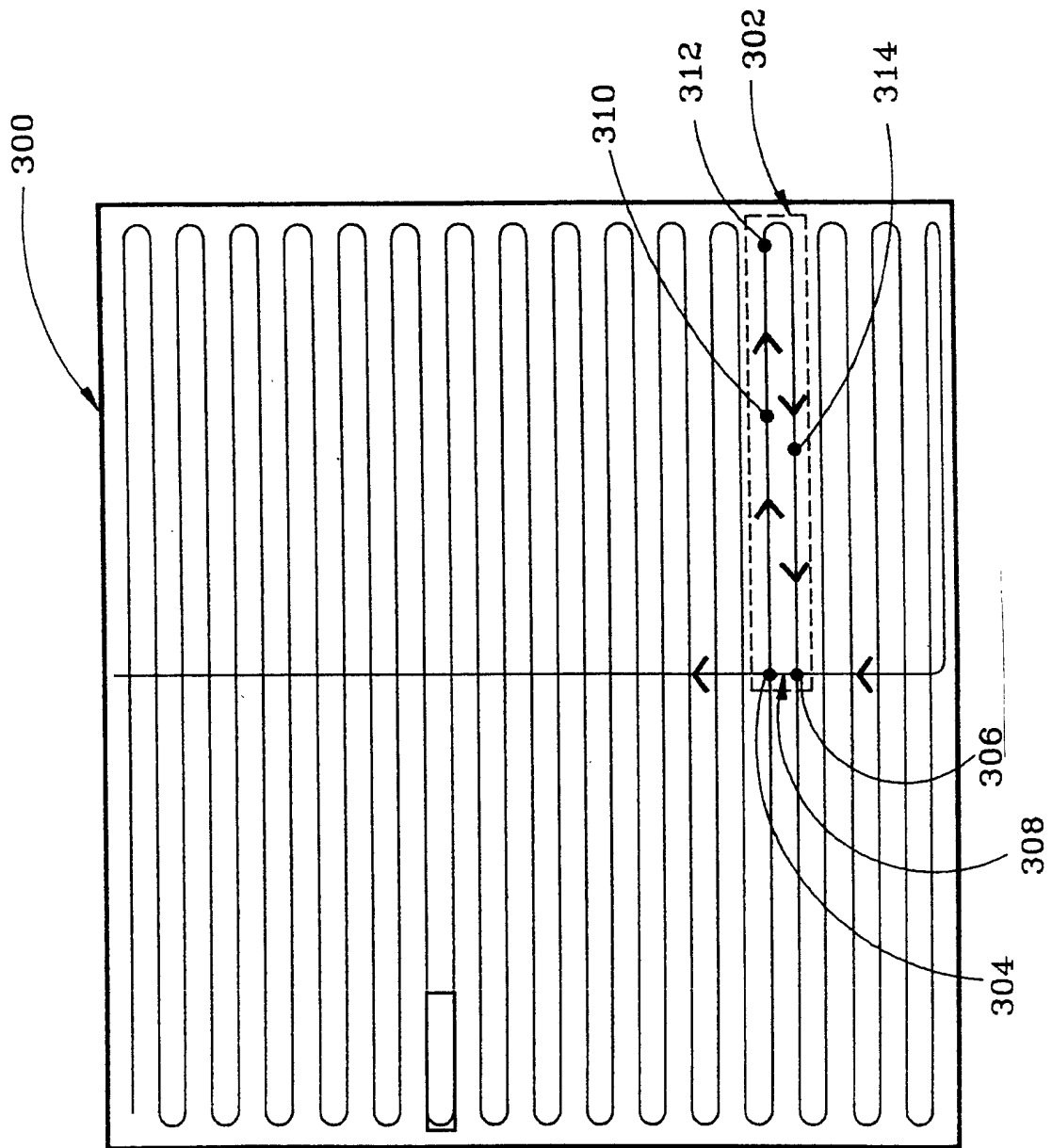


图3

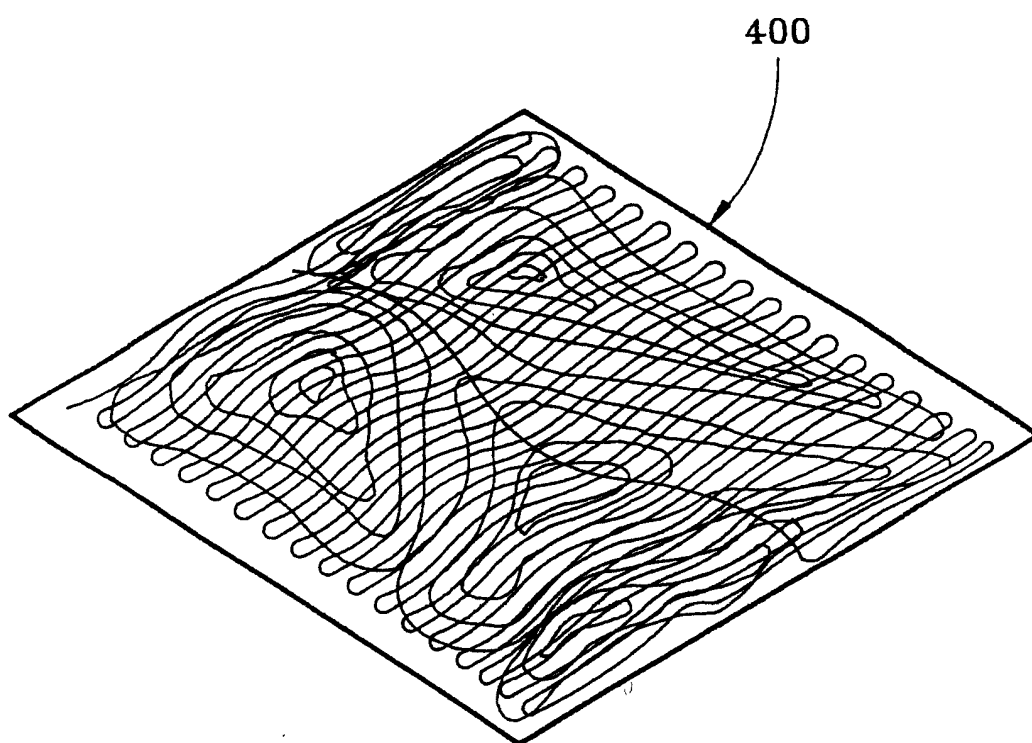


图4

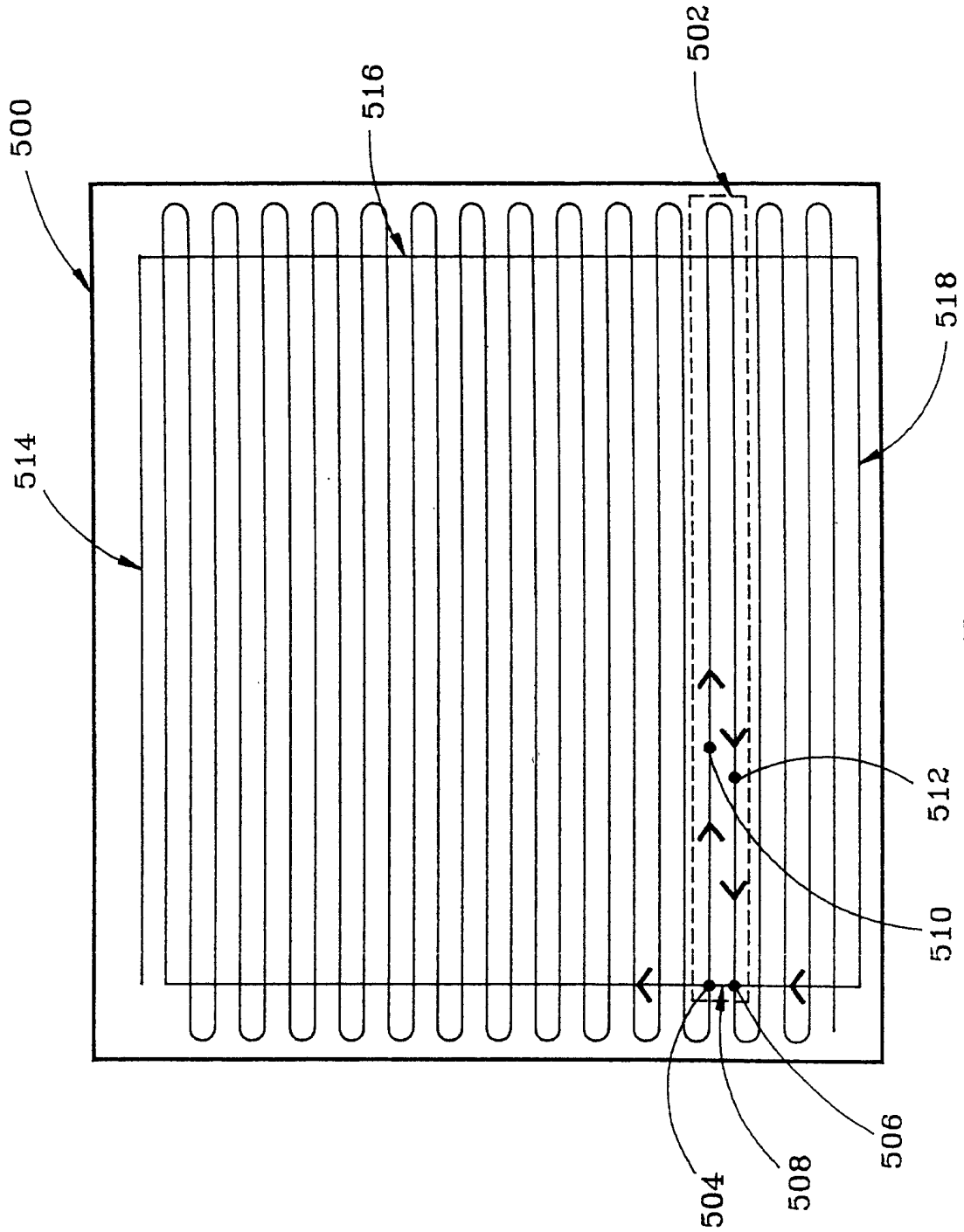


图5