

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200520044420.6

G01S 1/70 (2006.01)
G01S 17/89 (2006.01)
G01C 21/00 (2006.01)
G08G 5/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 2904001Y

[22] 申请日 2005.8.22

[21] 申请号 200520044420.6

[73] 专利权人 上海市上海中学

地址 200231 上海市徐汇区上中路 400 号

[72] 设计人 王超昊

[74] 专利代理机构 上海伯瑞杰知识产权代理有限公司

代理人 吕 伴

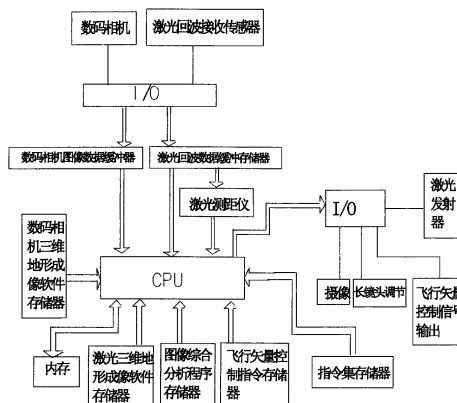
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 实用新型名称

复合激光着陆导航设备

[57] 摘要

一种复合激光着陆导航设备，包括发射头垂直于着陆地面的激光发射器，激光发射器的发射头前安装有激光扩束器，采用两个合适焦距的激光扩束器的凸镜，使激光束发散角变大。连在数字控制电路中的激光回波接收传感器和激光测距仪，数字控制电路对激光回波数据进行处理。在着陆器垂直面向着陆地面的位置添加高分辨率的数码照相机，及其相关摄像和数据处理控制电路。数码照相机的镜头前安装有可电控调节焦距的光学长焦距镜头及其相关控制电路元件。改进的激光发射器可以减少激光发射次数，降低能耗，地形探测结果可信度更高。



1. 复合激光着陆导航设备，其结构包括发射头垂直于着陆地面的激光发射器，激光发射头前安装有激光扩束器，面向着陆地面方向上设有激光回波接收传感器，激光测距仪，和对激光回波数据进行处理数字控制电路，控制电路包括 CPU，和 CPU 相连的有内存，指令集存储器，激光回波数据缓冲存储器，图像综合分析程序存储器，三维地形成像软件存储器，飞行矢量控制指令存储器及其控制指令输出线和接口，其特征在于：在着陆器垂直面向着陆地面的位置添加高分辨率的数码照相机，及其相关摄像和数据处理控制电路；采用两个合适焦距的激光扩束器的凸镜，使激光束发散角变大。

2. 根据权利要求 1 所述的复合激光着陆导航设备，其特征在于：数码照相机的镜头前安装有可电控调节焦距的光学长焦距镜头及其相关控制电路元件。

3. 根据权利要求 1 所述的复合激光着陆导航设备，其特征在于：激光发射头和数码照相机镜头要固连在一起，其共同探测方向可电控调节。

4. 根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的复合激光着陆导航设备，其特征在于：控制电路中增加数码照相机图像信号输入线和接口，这个接口和数码照相机图像数据缓冲器相连，其最后连入 CPU；指令集中增加摄像控制和数据处理指令存储地址；增加数码三维地形成像软件存储器，数码图像综合分析程序存储器；CPU 增加的输出接口为电控调节焦距输出接口，其和数码照相机的数据输入线相连。

5. 根据权利要求 1 所述的复合激光着陆导航设备，其特征在于：数码照相机的镜头轴线和着陆地面垂直，其轴线和激光发射器的发射头的轴线平行，两者相邻。

6. 根据权利要求 1 所述的复合激光着陆导航设备，其特征在于：激光束发

射到被测物体时，相邻的激光束之间没有间隙。

7. 根据权利要求 1 或 6 所述的复合激光着陆导航设备，其特征在于：两个激光扩束器凸镜的曲率比值，即出射激光凸镜和入射激光凸镜的比值可设为 3。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的复合激光着陆导航设备，其特征为数码照相机的 CCD 阵列要在 1000*1000 点以上。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的复合激光着陆导航设备，其特征在于：数码照相机上设有当着陆器处于不同高度时，其所拍摄的实时图象和激光雷达同时探测形成相同尺寸的实时三维地形图像为同一范围内地表信息的可电调焦距长镜头。

10. 根据权利要求 8 所述的复合激光着陆导航设备，其特征在于：数码照相机上设有最大放大倍数能满足于当着陆器处于较高的高度时，其所拍摄的图象和激光雷达同时探测形成的相同尺寸的三维地形图像，为同一范围的地表信息的可电调长镜头。

复合激光着陆导航设备

技术领域

本实用新型涉及一种对地形探测的着陆器导航技术，尤其是涉及一种使用激光对地形探测三维成像的复合激光着陆导航设备。

技术背景

现有的三维地形探测导航技术有多种，微波探测，立体相机照相，激光发射器等。这里主要讲激光发射器探测技术。现有的大功率脉冲激光发射器技术比较成熟，在脉冲频率达到几十 KHZ 的条件下，探测距离可达几公里，分辨率可达到几个厘米，能满足着陆器着录要求。该雷达能获得三维地形图，但对技术要求比较高，尤其是激光器，目前该导航技术还处在研制阶段。对于这种导航方案，由于激光点是离散的，获得高层数据仅仅是一个栅格数据，对于两个激光点之间的地形情况就无法知道。由此需要多次成像，不断获得结果，来修正着陆器飞行矢量。这要求激光器发射速度快，功率大，数据处理速度快，这同时增加着陆器的能源消耗。单纯的激光成像分辨率还是偏低的，对地面粗糙情况没有任何判断。

实用新型内容

本实用新型所要解决的技术问题是提供一种改进了的激光发射器探测和数码照相机照相探测相结合，对地面信息情况进行综合分析的复合激光着陆导航设备。该复合激光着陆导航设备解决了现有技术中对于两个激光点之间的地形情况无法探测，分辨率低的技术问题。解决了对激光器和控制系统技术要求过高的技术问题。

本实用新型解决的技术问题是通过以下技术方案来实现的。

复合激光着陆导航设备，包括安装在着陆器上的激光发射器、激光回波接收传感器、激光测距仪，和对激光回波数据进行处理数字控制电路；激光发射器的发射头垂直于着陆地面，在发射头前安装有激光扩束器，激光回波接收传感器和激光测距仪面向着陆地面方向；控制电路包括 CPU、和 CPU 相连的有内存、指令集存储器、激光回波数据缓冲存储器、图像综合分析程序存储器、三维地形成像软件存储器、飞行矢量控制指令存储器及其控制指令输出线和接口，其特征在于：在着陆器垂直面向着陆地面的位置添加高分辨率的数码照相机，及其相关摄像和数据处理控制电路；激光扩束器采用两个合适焦距的凸镜，使激光束发散角变大。

本实用新型所述数码照相机的镜头前安装有可电控调节焦距的光学长焦距镜头及其相关控制电路元件。

本实用新型所述激光发射器的发射头和数码照相机镜头固连在一起，其共同探测方向可电控调节。

本实用新型还可在控制电路中添加数码照相机图像信号输入线和接口，这个接口和数码照相机图像数据缓冲器相连，其最后连入 CPU；指令集中添加摄像控制和数据处理指令存储地址；添加数码三维地形成像软件存储器，数码图像分析程序存储器；CPU 增加的输出接口为电控调节焦距输出接口，其和数码照相机的数据输入线相连。

本实用新型数码照相机的镜头轴线和着陆地面垂直，其轴线和激光发射器的发射头的轴线平行，两者相邻。

本实用新型激光束发射到被测物体时，相邻的激光束之间没有间隙。

本实用新型激光扩束器两个凸镜的焦距比值，即出射激光凸镜和入射激光凸镜的比值可设为 3。

本实用新型数码照相机的 CCD 阵列要在 1000*1000 点以上。

本实用新型数码照相机的可电调长镜头的焦距实时调节要满足于当着陆器处于不同的高度时，其所拍摄的实时图像和激光发射器同时探测形成的相同尺寸的实时三维地形图像，它们各自实际感测到的是同一范围的地表信息。

本实用新型数码照相机的可电调长镜头的最大放大倍数要满足于当着陆器处于较高的高度时，其所拍摄的图像和激光发射器同时探测形成的相同尺寸的三维地形图像，它们各自实际感测到的是同一范围的地表信息。

复合激光着陆导航设备的控制电路要保证对在两种不同图像获得工作模式下能够协调的控制，此获取计算成像分析过程是同时进行的且独立的，而探测信息的对比分析和着陆点的判断是在最后综合完成的，此外控制系统还要发出着陆器飞行动作矢量调节信号的输出。这个控制过程只是实时控制过程中的一个周期过程。当该过程的所有程序都完成后，CPU 进入下一个工作过程，新的探测取像动作又开始了，只不过两个工作周期之间的时间间隔相对以往的激光发射器系统延长了。

数码照相机镜头前安装的可电调长镜头及其相关控制电路元件，要保证其实时拍摄的图像，和激光发射器同一时刻探测成像的图像，在相同的图像尺寸上，相同的拍摄高度，包含相同的地面信息范围是相同的，这是为了能直观的，可按 1:1 的比例进行对比分析。其最大放射倍数要保证着陆器在很高的高度时，其能够提供在同一时刻和激光发射器提供的图像具有以上要求的拍摄图片。数码照相机的轴线和激光发射器的发射头的轴线平行，且镜头轴线和着陆地面垂直。如果两者之间轴线不平行，那拍摄出来的两个图象就没有可比性了。同时如果激光发射头轴线不垂直于着陆地面，其探测发射回收信号就减弱了，有些就会发生较大折射不能回收。激光发射头要和数码照相机的镜头一起调节。

改进之前的激光发射器对地面相对粗糙程度没有探测能力，它探测的是一个近似为光点的地表，光斑是离散的，只能获得的是一个点的高度值，能得到该点和周围点的地形起伏程度。因各点之间的距离较大，这种探测计算的起

伏程度对地面的实际情况不能更真实的反映，且无法得到一个点周围的粗糙程度；而改进的激光发射器，当激光束的发射角变大后，相当于有多个小激光束同时向目标发出。对整个光束所覆盖区域的地表信息，基本都可通过回波反映出来。对激光光斑中不同高度的点，每条激光回波的到达时间是不同的，最终的激光回波是每条激光回波的总和，目标中的高层起伏最终会引起激光回波的展宽，因此对起伏程度大的目标，激光回波的展宽程度就大。由于在该技术方案中，激光的光斑扩大，能覆盖的是一个面，加入对回波方差的分析，计算回波数据的均方差就可以获得一个斑点区域内的粗糙程度。激光束发射到被测物体时，相邻的激光束之间没有间隙，一个激光束内的各个理论量化的相邻小光斑（一束激光束辐射范围内排布满一个个小光斑，即小激光束）之间也没有间隙（理论上是两个光斑之间是相切的两个近似等圆的位置关系）。那末，一束激光束所感测到的是该块连续的大区域平均方差数据，对该光斑辐到的地表感测是真实连续的。这样类比，所有的激光束所感测的区域也是连续的，于是激光感测地面一次，计算出的回波平均方差能够对被感测区域比较连续真实地探测。随着着陆器高度在不停地变化，激光发射器要不停的进行探测成像，而获取探测的地面面积范围更小，获取图像质量更准确的地形三维图像。在前面着陆器调整了着陆点的大区域后，可以在这个大区域内寻找更平坦的着陆点。这样改进的激光发射器不但可以获得被测地面（被测光斑）的平均距离，还可以获得被测地面（被测光斑）表面的起伏和相对粗糙情况，为安全着陆提供了详细的依据。

改进的激光发射器可不遗漏的获取地面的三维信息，而引进的数码照相机为的是获得更高分辨率的地面全色图像和地面纹理情况。对数字图像的每一个像元与周围像元之间进行方差模糊计算，代表每个像元和周围像元之间的阴影变化。对地形的起伏作出的判断是通过图像中的阴影和纹理分析得到的，这种图像与激光发射器处理得到的可安全着陆点的图像有一定的相似，但较激光

可以提前作出粗略判断，且能对着陆点可作更准确的判断，为着陆器争取到较早的动作矢量调整时间。

一般着陆点需要 $2.5*2.5$ 大小的面积就足够了，着陆坡度一般小于 15 度，越小越好，地面最大起伏程度要小于 0.3 米，这块地形的平均起伏程度越小越好，即回波方差值越小越好的一块地方。以上都是判断着陆点最基本的依据。

本实用新型的有益效果是：改进的激光发射器可以减少激光发射次数，降低能耗，减少对激光器的要求和控制电路系统的工作要求，结合数码照相机的高分辨率的数字图像能对着陆点作出更可信更快的更迅速的作出判断。

附图说明

图 1 是本实用新型的结构示意图；

图 2 是本实用新型所述激光扩束器的结构示意图；

图 3 是本实用新型的激光束发射形态和数码照相机拍照示意图；

图 4 是本实用新型的激光不同回波几何关系示意图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本实用新型进行详细说明：

在图 1 所示的复合激光着陆导航设备，包括安装在着陆器上的激光发射器 1、激光回波接收传感器、激光测距仪，和对激光回波数据进行处理数字控制电路；激光发射器 1 的发射头垂直于着陆地面，在发射头前安装有激光扩束器，激光回波接收传感器和激光测距仪面向着陆地面方向；控制电路包括 CPU、和 CPU 相连的有内存、指令集存储器、激光回波数据缓冲存储器、图像分析程序存储器、三维地形成像软件存储器、飞行矢量控制指令存储器及其控制指令输出线和接口，在着陆器垂直面向着陆地面的位置添加高分辨率的数码照相机 2，及其相关摄像和数据处理控制电路；激光扩束器采用两个合适焦距的凸镜（参

看图 2)，使激光束 3 发散角变大。

数码照相机 2 的镜头前安装有可电控调节焦距的光学长焦距镜头及其相关控制电路元件。

激光发射器 1 的发射头和数码照相机 2 镜头固连在一起，其共同探测方向可电控调节。

在控制电路中添加数码照相机图像信号输入线和接口，这个接口和数码照相机图像数据缓冲器相连，其最后连入 CPU；指令集中添加摄像控制和数据处理指令存储地址；添加数码三维地形成像软件存储器，数码图像综合分析程序存储器；CPU 增加的输出接口为电控调节焦距输出接口，其和数码照相机的数据输入线相连。

数码照相机 2 的镜头轴线和着陆地面垂直，其轴线和激光发射器 1 的发射头的轴线平行，两者相邻。

激光束 3 发射到被测物体时，相邻的激光束之间没有间隙。

激光扩束器两个凸镜的焦距比值，即出射激光凸镜和入射激光凸镜的比值可设为 3。

数码照相机 2 的 CCD 阵列要在 1000*1000 点以上。

数码照相机 2 的可电调长镜头的焦距实时调节要满足于当着陆器处于不同的高度时，其所拍摄的实时图像和激光发射器 1 同时探测形成的相同尺寸的实时三维地形图像，它们各自实际感测到的是同一范围的地表信息。

数码照相机 2 的可电调长镜头的最大放大倍数要满足于当着陆器处于较高的高度时，其所拍摄的图像和激光发射器 1 同时探测形成的相同尺寸的三维地形图像，它们各自实际感测到的是同一范围的地表信息。

参看图 3 和图 4，改进的激光发射器 1 发射头，和数码照相机 2 的长焦镜头固定在一起，激光发射器 1 发射轴线和镜头轴线平行，当着陆器处在一定高度时，两种探测方式在同一时刻，其探测取像的地表范围是完全一致的，其成

像后的图像尺寸也要相同。激光发射器 1 的激光束 3 的发射角调整变大后，相当于有多个小激光束同时向目标发出。激光束 3 发射到被测物体时，相邻的激光束之间没有间隙，一个激光束 3 内的各个理论量化的相邻小光斑 5（一束激光束辐射范围内排布满一个个小光斑，即小激光束）之间也没有间隙（理论上是两个光斑之间是相切的两个近似等圆的位置关系）。这样，对整个激光束 3 所覆盖区域的地表信息，基本都可通过回波反映出来。对激光光斑中不同高度的点，每条激光回波的到达时间是不同的，最终的激光回波是每条激光回波的总和。目标中的高层起伏最终会引起激光回波的展宽，因此对起伏程度大的目标，激光回波的展宽程度就大。对于 A 点和 B 点，其回波路线分别是 L1 和 L2，其返回时间分别是 T1 和 T2，其回波展宽分别是 H1 和 H2，显然 L1 比 L2 长度长，T1 比 T2 时间长，展宽 H1 比 H2 数值大。加入对回波方差的分析，计算回波数据的均方差就可以获得一个斑点区域内的粗糙程度。随着着陆器高度在不停地变化，激光发射器 1 要不停的进行探测成像，获取图像质量更准确的地形三维图像。

在实际应用中，采用的激光发射器 1 的技术参数满足于分辨率在 100 点，脉冲频率为 10KHZ，激光波长为 1047NM，脉冲宽度优于 5NS，脉冲功率优于 50 微焦耳，激光发射角 5 毫弧度（100 点的分辨率发散角为 0.1 度即 1.74 毫弧度），工作高度为 1KM 以上，成像的总视场为 10 度。前后两块凸镜 41、42 的焦距之比为激光束的扩大倍数， $K=F2/F1$ （F1 和 F2 分别是入射激光和出射激光凸镜的焦距。激光扩束系统满足于 $K=3$ 。这样成像分辨率为 0.02M，激光像元数为 100*100。当成像高度为 500M 时，成像分辨率为 0.87M，激光发射器成像后变成了 100*100 的三维图像，每个像元的分辨率为 0.87M，计算每个回波的方差，方差情况反应于 100*100 点的三维图中，方差也越小，地面起伏就越小。在彩图中色阶中的绿色光斑所代表的地表区域为适宜登陆的位置。

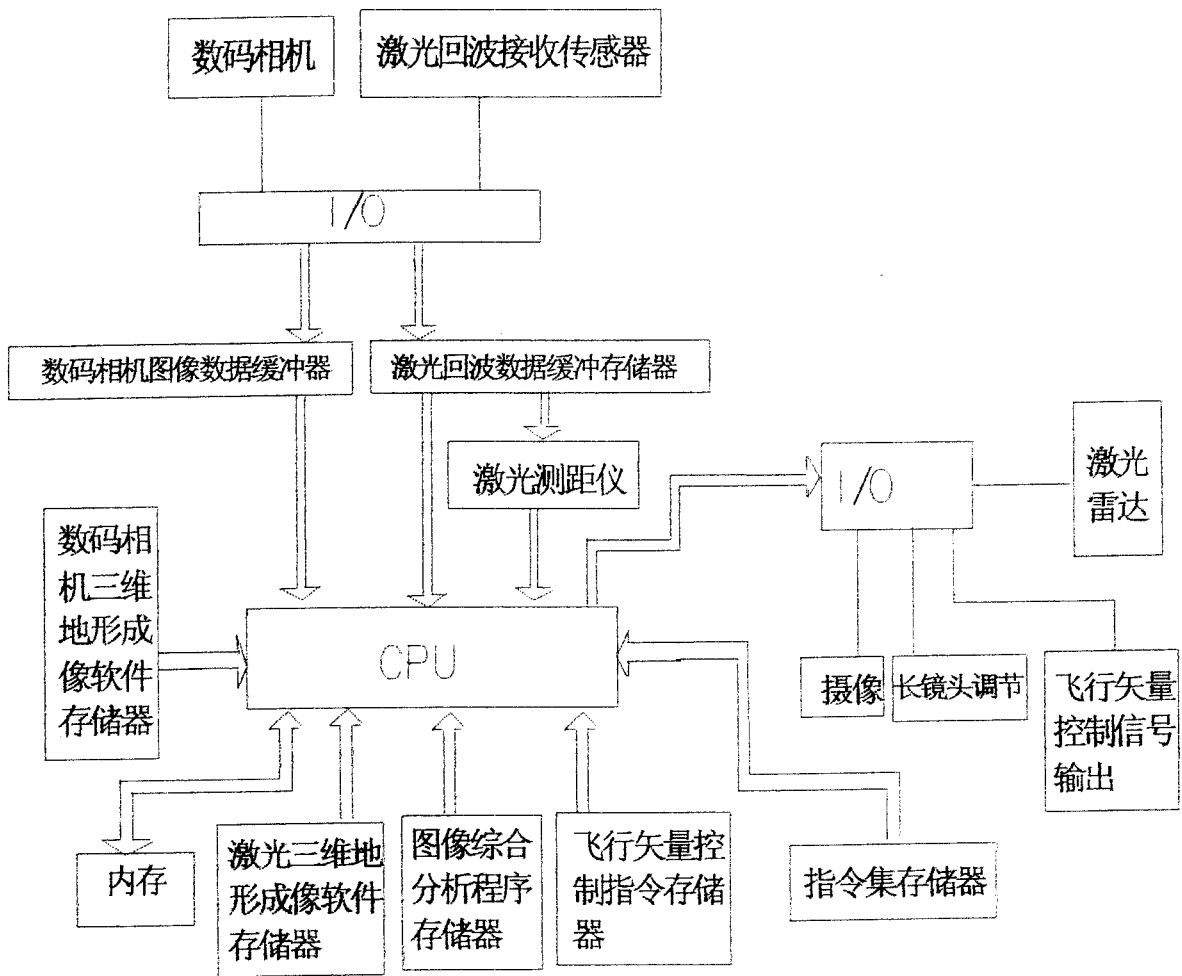


图1

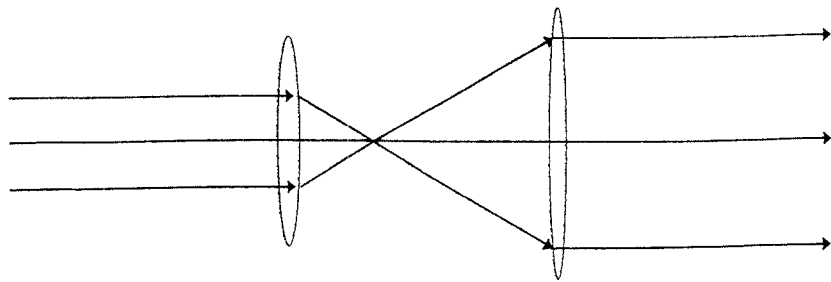


图2

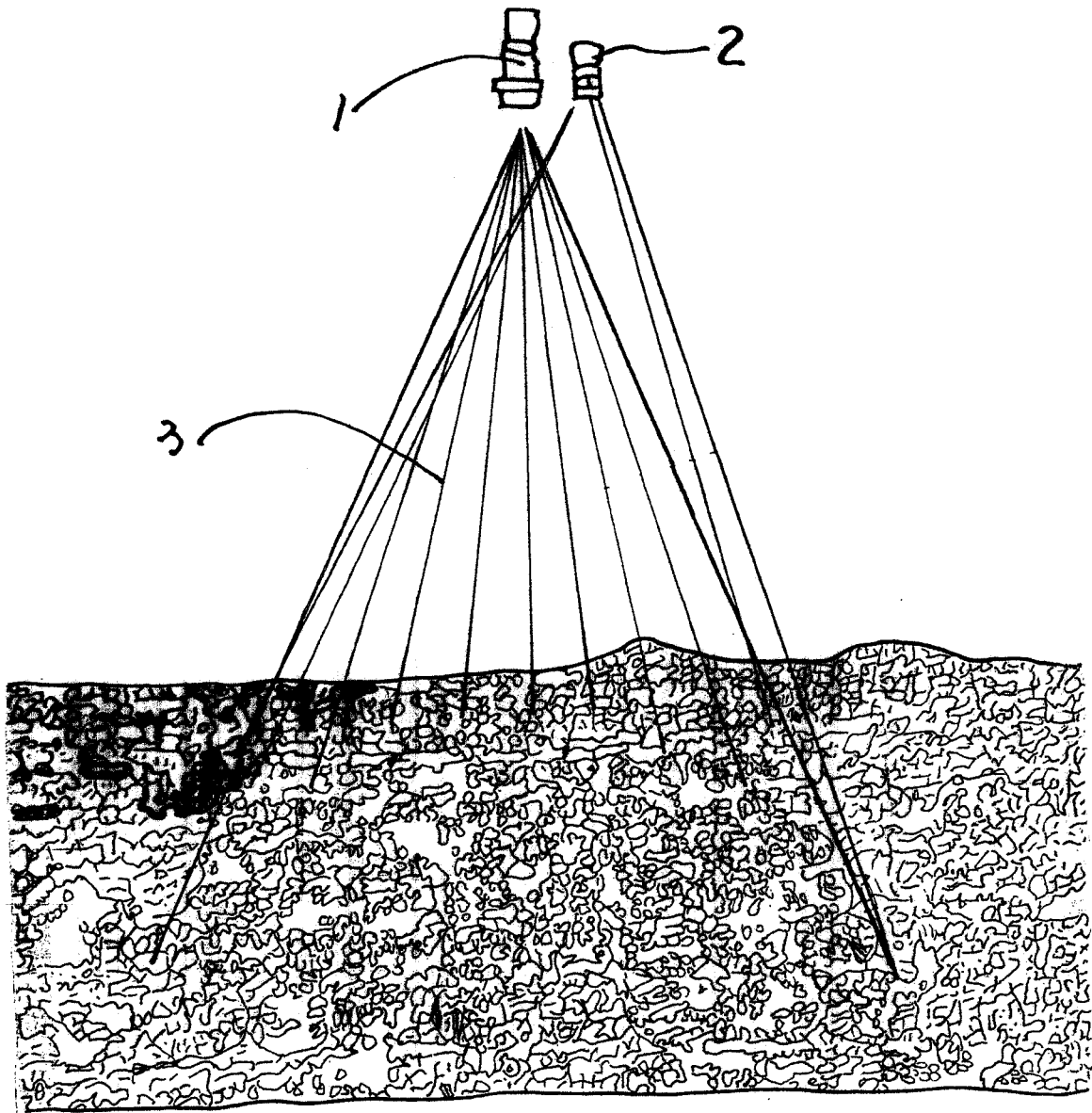


图 3

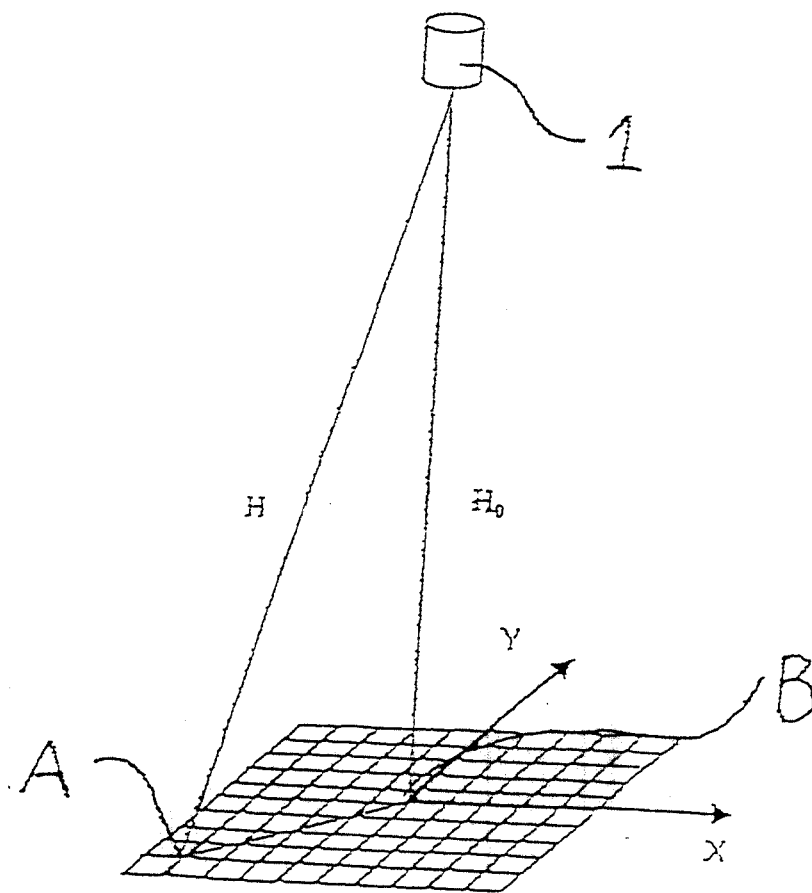


图 4