

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01C 1/04 (2006.01)

G01C 15/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680055491.3

[43] 公开日 2009年8月5日

[11] 公开号 CN 101501445A

[22] 申请日 2006.10.11

[21] 申请号 200680055491.3

[30] 优先权

[32] 2006. 8. 1 [33] EP [31] 06016040.5

[86] 国际申请 PCT/EP2006/009823 2006.10.11

[87] 国际公布 WO2008/014813 英 2008.2.7

[85] 进入国家阶段日期 2009.2.1

[71] 申请人 特里伯耶拿有限公司

地址 德国耶拿

[72] 发明人 B·多纳特 T·马罗尔德

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 杨晓光 于 静

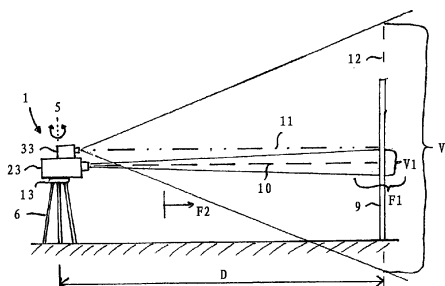
权利要求书4页 说明书22页 附图5页

## [54] 发明名称

电子找平设备和方法

## [57] 摘要

一种用于光学测量相对于水准标尺的高度差的电子找平设备，其包括望远镜、固定在望远镜上的摄像机、用于使所述望远镜和所述摄像机在水平面上关于设备的固定垂直轴线旋转的第一致动器、和控制器。该摄像机的景深至少是望远镜景深的两倍。控制器利用来自所述望远镜的第一输出信号输出代表所检测出的高度差的找平信号。控制器利用来自所述摄像机的第二输出信号识别出水准标尺的显示和基于所识别出的水准标尺的显示控制第一致动器。此外提供了一种用于光学测量电子找平设备相对于水准标尺的高度差的方法。



1. 一种用于光学测量相对于水准标尺(9)的高度差的电子找平设备(1), 所述设备(1)包括:

望远镜(2), 其包括第一光学检测器(21)和用于在第一光学检测器(21)上产生图像的第一光学系统(28);

摄像机(3), 其包括第二光学检测器(31)和用于在第二光学检测器(31)上产生图像的第二光学系统(38), 其中摄像机(3)的取向相对于望远镜(2)固定;

第一致动器(4), 其用于使所述望远镜(2)和所述摄像机(3)在水平面上关于所述设备(1)的固定垂直轴线(5)旋转; 以及

控制器(7);

其中, 所述控制器(7)被构造成从所述第一光学检测器(21)处接收第一输出信号和基于来自所述第一光学检测器(21)的第一输出信号输出代表所检测出的高度差的找平信号;

其中, 所述第二光学系统(38)的景深(F2)是所述第一光学系统(28)的景深(F1)的至少两倍; 以及

其中, 所述控制器(7)进一步构造成从所述第二光学检测器(31)处接收第二输出信号, 以识别所述水准标尺(9)在从所述第二光学检测器(31)处接收到的第二输出信号中的显示(17), 并基于所识别的水准标尺(9)的显示(17)控制所述第一致动器(4)。

2. 如权利要求1所述的电子找平设备(1), 其中所述第二光学系统(38)的景深(F2)是所述第一光学系统(28)的景深(F1)的至少四倍, 特别地, 是所述第一光学系统(28)的景深(F1)的至少十倍。

3. 如权利要求1或2所述的电子找平设备(1), 其中某物平面(12)中的第二光学系统(38)的视场(V2)在一维上是同一物平面(12)上的第一光学系统(28)的视场(V1)的至少6倍, 特别地, 是同一物平面(12)上的第一光学系统(28)的视场(V1)的至少8倍, 且更特别地, 是同一

物平面(12)上的第一光学系统(28)的视场(V1)的至少10倍。

4. 如权利要求1-3中任一项所述的电子找平设备(1),其中所述控制器(7)被构造成控制所述第一致动器(4)以使第一光学系统(28)的光轴(10)与所识别出的水准标尺(9)的显示(17)对准。

5. 如权利要求1-4中任一项所述的电子找平设备(1),其中所述控制器(7)被构造成通过将第二光学检测器(31)的第二输出信号与第一预设图形信号作比较而识别所述水准标尺(9)在第二输出信号中的显示(17)。

6. 如权利要求1-5中任一项所述的电子找平设备(1),其中所述控制器(7)被构造成通过检测所述第二光学检测器(31)的第二输出信号中的针对相应水准标尺(9)预设的特性颜色来识别水准标尺(9)的显示(17)。

7. 如权利要求1-6中任一项所述的电子找平设备(1),其中所述第一光学系统(28)包括:

多个光学透镜(22a, 22b, 22c),其用于在第一光学检测器(21)上产生图像;以及

第二致动器(24),其用于调节第一光学系统(28)与由第一光学系统(28)的光学透镜(22a, 22b, 22c)在第一光学检测器(21)上成像的物平面(12)之间的距离(D)。

8. 如权利要求7所述的电子找平设备(1),其中所述控制器(7)被构造成基于从所述第二光学检测器(31)处接收到的第二输出信号控制所述第二致动器(24)。

9. 如权利要求7或8中任一项所述的电子找平设备(1),其中所述控制器(7)被构造成基于第一光学检测器(21)的第一输出信号控制所述第二致动器(24)。

10. 如权利要求1-9中任一项所述的电子找平设备(1),其中所述控制器(7)被构造成,通过将所识别出的第二输出信号中的水准标尺(9)的显示(17)的大小与相应水准标尺(9)的预设值作比较,来基于所识别

出的水准标尺(9)的显示(17)检测电子找平设备(1)与水准标尺(9)之间的距离(D)。

11. 如权利要求1-10中任一项所述的电子找平设备(1),其包括用于保持所述第一光学系统(28)的光轴(10)水平的补偿器(25)。

12. 如权利要求1-11中任一项所述的电子找平设备(1),其包括测斜器(29),其中所述测斜器(29)适于测量所述第一光学系统(28)的光轴(10)的位置相对于地平线的偏差。

13. 如权利要求1-12中任一项所述的电子找平设备(1),其中所述第一光学检测器(21)是具有一行光敏元件的一维传感器,所述第二光学检测器(31)是具有光敏元件阵列的二维传感器。

14. 如权利要求1-13中任一项所述的电子找平设备(1),其中:  
所述水准标尺(9)具有在水准标尺(9)的伸长方向上具有交替的光反射率的图形(92);且

所述控制器(7)被构造成通过分析包含在所述第一光学检测器(21)的第一输出信号中的水准标尺(9)的相应图形(92)来产生代表所检测出的高度差的所述找平信号。

15. 如权利要求1-14中任一项所述的电子找平设备(1),其中:  
所述望远镜(2)的第一光学系统(28)的第一光轴(10)的至少部分和所述摄像机(3)的第二光学系统(38)的第二光轴(11)的至少部分重合。

16. 如权利要求15所述的电子找平设备(1),还包括分束器(50'),其用于通过将第一光轴(10)引向第一光学检测器(21)和将第二光轴(11)引向第二光学检测器(31)而使第一和第二光轴(10,11)分开。

17. 一种用于光学测量电子找平设备相对于水准标尺的高度差的方法,所述设备包括第一光学检测器和用于在第一光学检测器上产生图像的第一光学系统,以及第二光学检测器和用于在第二光学检测器上产生图像的第二光学系统,其中所述第二光学系统的取向相对于第一光学系统固定,第二光学系统的景深是第一光学系统的景深的至少两倍,所述方法包括:

从所述第二光学检测器处接收第二输出信号；

识别从所述第二光学检测器处接收的第二输出信号中的水准标尺的显示；

基于所识别出的水准标尺的显示在水平面上关于固定垂直轴线同时旋转所述第一光学检测器、所述第一光学系统、所述第二光学检测器和所述第二光学系统；

从所述第一光学检测器接收第一输出信号；以及

基于来自所述第一光学检测器的第一输出信号输出代表所检测出的高度差的找平信号。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其中所述电子找平设备是如权利要求 1-16 中任一项所述的设备。

19. 一种计算机可读的载体，其包含代表适于使电子找平设备的处理单元执行如权利要求 17 或 18 所述的过程的计算机程序的信息。

## 电子找平设备和方法

### 技术领域

本发明涉及光学测量领域，尤其涉及大地测量仪器。具体地，本发明涉及电子找平设备，和用于测量电子找平设备与水准标尺之间的高度差的方法。

### 背景技术

电子找平设备是一种特殊的大地测量仪器，其用于光学测量关于水准标尺的高度差，因此测量仪器与水准标尺之间的高度差。

一般而言，电子找平设备至少包括包括光学检测器的望远镜、用于在光学检测器上产生图像的光学系统以及控制器。控制器被构造成接收来自所述光学检测器的输出信号，和基于输出信号输出代表检测到的高度差的找平信号。

在这方面，必须用与该设备分离的水准标尺来实施利用电子找平设备的测量。沿水准标尺的伸长方向在水准标尺的表面上设有指示关于地面的相对高度的刻度（测量值）（例如以编码图形的形式）。

在测量过程中，水准标尺与该设备的光学系统的光轴在一条直线上。在这个阶段，光学系统的光轴必须被设置在水平面上。在对准之后，光学系统在光学检测器上产生设在测量标尺上的刻度的至少一部分的图像。该图像受到分析以读出在图像中央的水准标尺的刻度。相应的数值输出为设备与水准标尺之间的高度差。

在 1995 年四月出版的期刊 “VR Vermessungswesen und Raumordnung” 第 57 卷第 2 期的由 Wieland Feist, Klaus Gürtler, Thomas Marold 和 Holger Rosenkranz 发表的论文 “Die neuen Digitalnivelliere

DiNi 10 und DiNi20”中对上述方法和设备进行了更为详细的解释。该期刊由 Hanns J.Meckenstock, Domagkweg 90, D-42109 Wuppertal, Germany 发行。该论文的内容在此引用作为参考。

在 EP 1 037 014 A2 中公开了现有技术中的另一种电子找平设备。

在文献 DE 197 06 790 A1 和 US 5 572 009 中公开了测量标尺和分析将这些测量标尺成像的图像的方法。这些文献的内容在此引用作为参考，从而成为本发明的一部分。

在上述电子找平设备中，手动使水准标尺与光学系统的光轴在一条直线上非常费时。

在这点上，US 5 537 200 提出进一步给找平设备配备用于在水平面上使其转向的转向驱动装置、用于发出光束的发光装置、用于接收发出光束的反射光的光接收装置、和用于响应所接收到的信号控制转向驱动装置的信号处理器。在操作过程中，用于反射由发光装置发出的光束的反射器被设置在水准标尺旁边。通过驱动转向驱动装置并且一旦光接收装置接收到被反射器反射的光束就停止转向驱动装置，确定该设备的望远镜系统的光轴与水准标尺对准。

在 US 5 537 200 描述的上述找平设备中，被反射器反射的光束不仅被光接收装置接收到，而且还被该设备的望远镜系统接收到。因此，反射光束重叠在望远镜系统所接收到的图像上。结果常常难以正确分析该图像从而读出位于图像中央的水准标尺的刻度。因此，常常不能以足够的精度获得设备与水准标尺之间的高度差。此外，光束会被反射表面而不是反射器反射。在这种情况下，不可能将望远镜系统的光轴与水准标尺正确对准。

已发现：仍然要对常规的电子找平设备进行改进以获得更可靠、更精确和更舒适的测量结果。

## 发明内容

本发明是在考虑到上述问题的情况下完成的。

本发明的实施例提供了一种电子找平设备，其具有高度自动化且能够

以相对较高的精度检测该设备与水准标尺之间的高度差。

此外，本发明的实施例提供了一种用于光学测量电子找平设备相对于水准标尺的高度差的方法，其具有高度自动化且能够以相对较高的精度检查该设备与水准标尺之间的高度差。

根据本发明的实施例，用于光学测量相对于水准标尺的高度差的电子找平设备包括：望远镜，其包括第一光学检测器和用于在第一光学检测器上产生图像的第一光学系统；摄像机，其包括第二光学检测器和用于在第二光学检测器上产生图像的第二光学系统，其中摄像机的取向相对于望远镜固定；第一致动器，其用于使所述望远镜和所述摄像机在水平面上关于该设备的固定垂直轴线旋转；以及控制器。该控制器被构造成从所述第一光学检测器处接收第一输出信号和基于来自第一光学检测器的第一输出信号输出代表所检测到的高度差的找平信号。第二光学系统的景深至少是第一光学系统的景深的两倍。此外，控制器被进一步构造成从所述第二光学检测器处接收第二输出信号，以识别水准标尺在从第二光学检测器处接收到的第二输出信号中的显示（representation），和基于所识别的水准标尺的显示控制第一致动器。

在这个方面，所述望远镜和所述摄像机在水平面上关于该设备的固定垂直轴线的旋转包括其中该设备不包括任何用于使所述望远镜和所述摄像机中的至少一个在垂直面上关于水平轴线旋转的装置的情形。此外，摄像机可以在所述设备关于水准标尺之间的高度差的至少一个测量以及所述望远镜和所述摄像机在水平面上旋转的过程中固定在望远镜上。因此，由望远镜的第一光学系统定义的第一光轴与由摄像机的第二光学系统定义的第二光轴之间的关系可保持不变。显然，具有所述固定垂直平面的电子找平设备的位置可被改变。

根据此实施例，控制器识别水准标尺在第二输出信号中的显示。在这个方面，术语“水准标尺的显示”指由整个水准标尺和水准标尺的一部分（例如水准标尺的支柱或刻度或边界的整体或一部分）中的至少一个在第二输出信号中产生的显示。根据另一实施例，控制器自动执行（且因此无



需用户界面)这种识别,或者在经由用户界面接收到相应命令之后执行这种识别。

由于第二光学系统的景深至少是第一光学系统的景深的两倍,因此显著增大了在第二输出信号中识别出水准标尺的可能性。其原因是与具有较低景深的光学系统相比,具有增大景深的光学系统更有可能能够聚焦在与该光学系统相隔未知距离的水准标尺上。

在这个方面,景深可通过以下公式来计算: $F=\lambda/A^2$ ,其中 $\lambda$ 是接收光的波长, $A$ 是用于接收光的光学系统的数值孔径。该数值孔径是光学系统的直径的一半除以焦距 $f$ 。

因此,通过用在第二光学系统(其具有增大的景深)中识别出的显示来控制用于使所述望远镜和所述摄像机旋转的第一致动器,望远镜的第一光学系统可轻松且高度可靠地被定向成朝向水准标尺。此外,第一光学检测器所接收的图像的恶化被避免,以通过用望远镜观测所述水准标尺的操作保证所述设备和所述水准标尺之间的高度差测量的相对较高的精度。

在本专利申请中,如果该设备所测出的所述设备和所述水准标尺之间的高度差与真实高度差的差异不超过5mm/km或者3mm/km或者更好(诸如不超过0.5mm/km),则认为精度相对较高。

根据示例性实施例,第二光学系统的景深可以是第一光学系统的景深的至少四倍和第一光学系统的景深的十倍之一。因此,第一和第二光学系统的相应景深甚至可以相差不止一个指数(one exponential)。第二光学系统的景深甚至可以是无穷大。

根据另一实施例,与一维有关的某物平面中的第二光学系统的视场是同一物平面上的第一光学系统的视场的至少6倍、同一物平面上的第一光学系统的视场的至少8倍和同一物平面上的第一光学系统的视场的至少10倍之一。

相应的视场可以例如通过将物体设置在物平面上、识别同一物体在第一和第二输出信号中的显示、和分别将该物体在第一和第二输出信号中的显示的大小相互作用比较而轻松地检测出。因此,如果例如物体在第一输出

信号中的显示具有2cm的长度而以相同距离设置的同一物体在第二输出信号中的显示具有0.2cm的长度，则可以推断就一维而言，第二光学系统的视场是第一光学系统的视场的十倍（就二维而言，对应为 $10^2 = 100$ 倍）。

在这个方面，物体和物平面均可任意选择。

第二光学系统的视场越大，则水准标尺被设置在第二光学系统的视场中的可能性越高。然而，水准标尺在第二输出信号中的显示的大小通常随着第二光学系统的视场增大而减小。因此，随着第二光学系统的视场的增大，变得更难以可靠地识别出第二输出信号中的水准标尺显示。因此，根据示例性实施例，就一维而言，第二光学系统的视场不会超过第一光学系统的视场的30倍，特别地不会超过第一光学系统的视场的15倍。

根据本发明的示例性实施例，控制器可被构造成控制所述第一致动器以使第一光学系统的光轴对准所识别出的水准标尺的显示。因此，可以通过控制所述第一致动器旋转所述望远镜和所述摄像机之后立即测量电子找平设备与水准标尺之间的高度差。

根据实施例，控制器被构造成通过将第二光学检测器的第二输出信号与第一预设图形信号作比较识别水准标尺在第二输出信号中的显示。

所述第一预设图形信号可以是通常因水准标尺的存在而在第二输出信号中产生的信号图形。这种第一预设图形信号可以例如通过在不同环境下将同一水准标尺设置在摄像机的第二光学系统的视场中并且在摄像机的第二光学检测器的相应的第二输出信号中形成公共的信号图形来以实验的方式确定。可选的是，所述第一预设图形信号可以通过解析方式针对已知水准标尺计算出。

根据另一实施例，控制器可被构造成通过检测由第二输出信号表示的二维图像中的边缘来识别第二输出信号中的水准标尺显示。这些边缘可以被用来定位二维图像中的矩形元素，其宽高比符合关于相应水准标尺的预设值。

因此，该方法基于以下发现，即：使用标准图像计算程序可以执行图像中的边缘检测。由于水准标尺通常具有略显长的特性形状且因此具有在

自然环境中不常见的特性宽高比，所以该比值可被用来识别水准标尺而无需复杂的画面分析。

根据进一步实施例，控制器可以被构造成通过检测第二光学检测器的第二输出信号中的针对相应水准标尺预设的特性颜色来识别水准标尺显示。

因此，该方法基于以下发现，即：水准标尺常常使用正常环境下并不存在的信号颜色。该特性颜色可以例如在水准标尺的支柱或者刻度或者边界上发现。然而，该特性颜色不是必须成为水准标尺本身的一部分，而是可以存在于例如与水准标尺附连的单独的标记元件上。单独标记元件的使用允许轻易地使特性颜色与电子找平设备的环境相匹配。在本申请中，术语“特性颜色”并不限于单独一种颜色，而是甚至覆盖不同颜色的预设组合或图形。

控制器可以直接或者在由第二输出信号表示的二维图像中识别出第二输出信号中的水准标尺显示。

根据示例性实施例，第一光学系统包括用于在第一光学检测器上产生图像的多个光学透镜，和用于调节第一光学系统与由第一光学系统的光学透镜在第一光学检测器上成像的物平面之间的距离的第二致动器。

在这一方面，所述第二致动器可以例如通过调节第一光学系统的至少两个光学透镜之间的间隔来调节第一光学系统和物平面之间的距离。可选的是，所述第二致动器可以例如通过控制设在第一光学系统的光路上的具有可变折射率的光学透镜（这种透镜被描述为 US 6,369,954 B1、CA 2,368,553 和 US 4,783,155 中的液体透镜或者 US 4,795,248 和 US 5,815,233 中的液晶透镜，这些文献在此引用作为参考）来调节该距离。

在此实施例中，控制器可以被进一步构造成基于从所述第二光学检测器处接收的第二输出信号控制所述第二致动器。

例如，可以执行控制以使由第一光学系统在第一光学检测器上产生的整个水准标尺或者水准标尺的一部分（尤其水准标尺的刻度的至少一部分）的图像得到聚焦。基于第二输出信号对第二致动器的控制不排除基于第一

输出信号的附加或替换控制。因此，基于第二输出信号的聚焦不必是理想的。近似聚焦就足够了。

此外，在此实施例中，控制器可以进一步构造成基于第一光学检测器的第一输出信号控制所述第二致动器。

这种控制可以使得由第一光学系统在第一光学检测器上产生的水准标尺或者水准标尺的一部分（尤其水准标尺的刻度或部分刻度）的图像得到聚焦。使用公知技术（例如搜索包括具有最大清晰度的图像的输出信号）可以实现这种聚焦。在 WO 02/05005 A1 中描述了根据现有技术的示例性聚焦方法。该方法在此引用作为参考。例如，根据非限制性的实例，控制可以使得第一光学检测器的第一输出信号对应第二预设图形信号，所述第二预设图形信号对应水准标尺上的典型图形。

根据进一步实施例，控制器进一步构造成通过将所识别出的第二输出信号中的水准标尺显示的大小与相应水准标尺的预设值作比较来基于所识别出的水准标尺显示近似检测电子找平设备与水准标尺之间的距离。

所检测出的距离可以被用来控制所述第二致动器以使例如第一光学系统的焦点近似与所检测出的电子找平设备和水准标尺之间的距离相适应。在这个方面，使焦点与所检测出的距离相适应意味着第一光学系统的景深覆盖了所检测出的电子找平设备与水准标尺之间的距离。水准标尺的任何特性物理尺寸（诸如长度或宽度）均可用作所识别出的水准标尺显示的大小。

根据进一步实施例，电子找平设备包括补偿器，其用于保持第一光学系统的光轴水平对准。

该补偿器适于以光学或机械或者光学-机械的方式解决第一光学系统的光轴与水平面的微小偏差。该补偿器可以包含在第一光学系统中，且可以例如直接校正第一光学系统的光轴。

根据进一步实施例，电子找平设备包括测斜器，其中测斜器适于测量所述第一光学系统的光轴位置相对于地平线的偏差。

在 US 6,237,235 中公开了使用这种测斜器的电子找平设备，所述文献

在此全文引入作为参考。

因此，测斜器可以被用来控制由电子找平设备输出的找平信号的补偿，或者例如在找平设备与水准标尺之间的距离已经确定的情况下执行第一输出信号的数字校正。

在这一方面，例如，测斜器所考虑的光轴可以由第一光学检测器的中心像素形成。

根据示例性实施例，所述第一光学检测器是具有一行光敏元件的一维传感器，所述第二光学检测器是具有光敏元件阵列的二维传感器。

在这一方面，一维传感器在行向上包括超过 100、特别地超过 500 且特别地超过 1500 个光敏元件，且在交叉行向上包括小于 50、特别地小于 10 且特别地小于 5 个光敏元件。合适的一维传感器的典型实例可以在行向上包括 2048 个元件，且在交叉行向上包括 2 个元件。

二维传感器的光敏元件阵列在行向上包括超过 100、特别地超过 200 且特别地超过 400 个光敏元件，且在交叉行向上包括超过 100、特别地超过 200 且特别地超过 400 个光敏元件。合适的二维传感器的典型实例可以在行向上包括 640 个元件，且在交叉行向上包括 480 个元件。

根据示例性实施例，所述光学检测器中的至少一个是电荷耦合装置 (CCD) 或者 CMOS 图像检测器。

根据进一步实施例，水准标尺具有其在水准标尺伸长方向上具有交替的光反射率的图形，且控制器被构造成通过分析包含在第一光学检测器的第一输出信号中的水准标尺的相应图形来产生代表所检测出的高度差的所述找平信号。

该图形可以以编码形式直接表达高度信息。因此，水准标尺而非找平设备体现了用于测量的实物量具。包含在第一输出信号中的图形可以得到分析以测量设备与水准标尺之间的相对高度差。

根据示例性实施例，望远镜的第一光学系统的第一光轴和摄像机的第二光学系统的第二光轴至少部分重合。因此，第一和第二光轴至少有一部分被设置成同轴。

在这一方面，根据示例性实施例，电子找平设备进一步包括分束器。该分束器适于通过将第一光轴引向第一光学检测器和将第二光轴引向第二光学检测器而使第一光学系统的第一光轴和第二光学系统的第二光轴分开。

根据本发明的实施例，公开了一种用于光学测量电子找平设备相对于水准标尺的高度差的方法。该设备包括第一光学检测器和用于在第一光学检测器上产生图像的第一光学系统，以及第二光学检测器和用于在第二光学检测器上产生图像的第二光学系统，其中第二光学系统的取向相对于第一光学系统固定，第二光学系统的景深至少是第一光学系统的景深的两倍。该方法包括：从所述第二光学检测器处接收第二输出信号；识别从第二光学检测器处接收的第二输出信号中的水准标尺显示；基于所识别出的水准标尺的显示在水平面上关于固定垂直轴线同时旋转所述第一光学检测器、所述第一光学系统、所述第二光学检测器和所述第二光学系统；从所述第一光学检测器接收第一输出信号；以及基于来自第一光学检测器的第一输出信号输出代表所检测出的高度差的找平信号。

根据上述方法的实施例，电子找平设备是如上所述的设备。

进一步提供了一种计算机可读的载体，其包含代表适于使处理单元执行在本文中描述过的方法的计算机程序的信息。该计算机可读的载体可以是任何一种合适类型的载体，诸如固态存储器、磁存储器、光学存储器、其它类型的存储器、或者适于通过任何合适网络（诸如因特网）传递的调制波/信号（例如射频、音频或者光频的调制波/信号）。

该处理单元可以是上述电子找平设备的控制器的一部分。

上述实施例和方面不必单独考虑，而是可以相互结合。

## 附图说明

本发明的上述以及其它有利特征将从参考附图的本发明示例性实施例的下列详细描述中变得更加明显。注意：不是本发明的所有可能的实施例都必须表现出在本文中识别出的优点中每一个或任意一个。

图 1 是根据本发明示例性实施例的电子找平设备 1 的透视图；

图 2A 是在测量操作过程中，电子找平设备 1 和水准标尺 9 的示意性侧视图；

图 2B 是图 2A 的俯视图；

图 3 是示出图 1 的电子找平设备的基本部件的配置的方框图；

图 4 示出了可以和根据本发明实施例的电子找平设备一同使用的水准标尺 9 的截面；

图 5A 示意性地示出了可以与电子找平设备一同使用的线性光学检测器的结构；

图 5B 示意性地示出了可以与电子找平设备一同使用的阵列光学检测器；

图 6 示意性地示出了可由找平设备产生的二维图像；

图 7 是示出了根据示例性实施例的电子找平设备的基本部件的配置的方框图；

图 8 是示出了根据另一示例性实施例的电子找平设备的基本部件的配置的方框图；以及

图 9 是示出了根据另一示例性实施例的电子找平设备的基本部件的配置的方框图。

## 具体实施方式

在下面描述的示例性实施例中，功能和结构相似的部件尽量标注相似的参考数字。因此，为了理解特定实施例的单独部件的特征，应参考其它实施例和发明内容的描述。

下面参考附图 1、2A、2B 和 3 描述电子找平设备、和用于光学测量电子找平设备相对于水准标尺的高度差的方法的实施例。

如图 3 中最佳示出的那样，示例性实施例的电子找平设备 1 基本包括望远镜 2、摄像机、枢转步进电动机 4、控制器和辅助装置 19。在本实施例中，摄像机是广角摄像机 3，控制器是微型计算机 7。

望远镜 2 基本包括：第一光学系统 28、构成第一光学检测器的线性 CCD 检测器 21、分束器 26、目镜 27 和聚焦步进电动机 24。第一光学系统 28 包括多个光学透镜 22a、22b 和 22c、标线 20（未在图 1 中示出）和补偿器 25，所述补偿器 25 限定第一光学系统 28 的光轴 10。补偿器 25 是用于保持光轴 10 水平的自动机构，且被设置在第一光学系统 28 的光路中。补偿器 25 连接微型计算机 7，以在望远镜 2 的倾斜致使补偿器 25 不再能够对光轴 10 进行自动补偿的情况下输出报警信号。

除补偿器 25 之外，图 3 还示出了测斜器 29。测斜器 29 适于测量望远镜 2 的光轴 10 的位置与地平线的偏差。在本例中，光轴 10 由线性 CCD 检测器 21 的中心像素形成。基于测斜器 29 的输出信号，微型计算机 7 适于执行线性 CCD 检测器 21 的输出信号的数字校正。为执行这种校正，电子找平设备 1 与水准标尺 9 之间的距离必须加以考虑。所述距离的检测将在本发明的后面的段落中进行解释。

要强调的是，提供的不论是测斜器 29 还是补偿器 25 都能满足大多数应用的要求。

光学透镜 22a、22b 和 22c 将第一光学系统 28 的像平面（未在这些图中示出）复制在标线 20 上的中间画面中。

通过使用分束器 26，光学透镜 22a、22b 和 22c 适于在线性 CCD 检测器 21 和标线 20 上产生图像。观察目镜 27 的用户可以观察在标线 20 上产生的中间图像。聚焦步进电动机 24 适于通过调节第一光学系统 28 的透镜 22b 和 22c 之间的间隔 G 来调节第一光学系统 28 与由光学透镜 22a、22b 和 22c 在线性 CCD 检测器 21 上成像的物平面 12 之间的距离 D。距离 D 在图 2A 和 2B 中示出。

如在图 5A 中最佳示出的那样，线性 CCD 检测器 21 基本是一维传感器，其具有平行的两行像素（光敏元件）P01 - P1y。在本实施例中，这两行中的每一行均包括超过 1500 个像素 P01-P0y、P11-P1y。在本实施例中，各行在行向 R 上的像素 P01-P0y、P11-P1y 的数量为 2048。因此，通配符“y”是 2048。



目镜 27 可以被用来控制或校正电子找平设备 1 的望远镜 2 的光轴 10 关于水准标尺 9 的对准。

枢转步进电动机 4 和望远镜 2 的大多数部件（光学透镜 22a、22b 和 22c、补偿器 25、标线 20、测斜器 29、分束器 26、线性 CCD 检测器 21、聚焦步进电动机 24 和目镜 27 的一部分）被设置在望远镜 2 的外壳 23 内。

望远镜 2 的外壳 23 通过枢轴 42 和三角台 43 附连在基板 13 上。如在图 2A 和 2B 中示出的那样，基板 13 是三角台 42 的可安装在三角架上的部分。

广角摄像机 3 包括形成第二光学系统 38 的多个光学透镜 32a、32b 和 32c、以及阵列 CCD 检测器 31。光学透镜 32a、32b 和 32c 限定第二光学系统 38 的光轴 11，且适于在阵列 CCD 检测器 31 上产生二维图像。

如在图 5B 中最佳示出的那样，阵列 CCD 检测器 31 是二维传感器，其在行向 R 和交叉行向上包括超过 400 个光敏元件（像素）。在本实施例中，在行向 R 上的每行的像素 P01-P0y、P11-P1y、...、P0(x-1)-P(x-1)y、Px1-Pxy 的数量为 640。因此，通配符“y”是 640。在交叉行向上的像素 P01-Px1、P02-Px2、...、P0(y-1)-Px(y-1)、P0y-Pxy 的数量为 480。因此，通配符“x”是 480。

阵列 CCD 检测器 31 和光学透镜 32a、32b 和 32c 安装在壳体 33 中。广角摄像机 3 的壳体 33 通过托架 8 安装在望远镜 2 的壳体 23 上。托架 8 允许壳体 23 和 33（且因此望远镜 2 的壳体和广角摄像机 3 的壳体）相对对方作一些调节。在操作过程中，广角摄像机 3 的光轴 11 的取向相对于望远镜 2 的光轴 10 保持不变。

望远镜 2 和广角摄像机 3 可以通过环绕固定垂直轴线 5 使用枢转步进电动机 4 和齿轮系统 41（其也包含在望远镜 2 的壳体 23 中）而关于枢轴 42 旋转。结果，望远镜 2 的光轴 10 和广角摄像机 3 的光轴 11 可以在相应的水平面（未示出）中旋转。

在本实施例中，微型计算机 7 也被设置在望远镜 2 的壳体 23 中。可选的是，例如也可以将微型计算机设置在基板 13 中。

微型计算机 7 连接线性 CCD 检测器 21、聚焦步进电动机 24、补偿器 25、和/或望远镜 2 的测斜器 29、广角摄像机 3 的阵列 CCD 检测器 31、枢转步进电动机 4、辅助装置 19 的显示器 14、用户界面 15 和存储器 16。微型计算机 7 和补偿器 25 的连接仅仅是可选的，因为补偿器 25 可以是机械装置。

下面将简要描述找平设备 1 的功能。

在测量操作（其由用户通过用户界面 5 来触发）的开始，微型计算机 7 控制枢转步进电动机 4 以使望远镜 2 和广角摄像机 3 关于垂直轴线 5 旋转。在此期间，微型计算机 7 从阵列 CCD 检测器 31 处接收代表二维图像 18 的画面信号（第二输出信号）。望远镜 2 和广角摄像机 3 的旋转持续进行，直至微型计算机 7 识别出水准标尺 9 在该画面信号中的显示 17。在二维图像 18 中的这种显示 17 在图 6 中示出。

基于识别出的水准标尺 9 的显示 17，微型计算机 7 控制枢转步进电动机 4，以通过旋转望远镜 2 和广角摄像机 3 使望远镜 2 的第一光学系统 28 的光轴 10 自动对准识别出的水准标尺 9 的显示 17。

更具体地，微型计算机 7 确定识别出的显示 17 在由从广角摄像机 3 中接收到的画面信号来表示的二维图像 18 中的位置。通过考虑望远镜 2 和广角摄像机 3 的光轴 10 和 11 之间的相关性，能够确定二维图像 18 的哪个区域近似对应望远镜 2 的光轴 10。当望远镜 2 和广角摄像机 3 的光轴 10 和 11 并非设置在一个公共垂直面中时（图 1 中的情形），要额外考虑与电子找平设备 1 与水准标尺 9 之间的距离有关的距离信息。下面更详细地描述所述距离的检测。当望远镜 2 和广角摄像机 3 的光轴 10 和 11 近似设置在一个公共的垂直面中时，所述距离信息不是确定二维图像 18 中的近似对应望远镜 2 的光轴 10 的区域所必需的。因此，由微型计算机 7 启动枢转步进电动机 4，直至识别出的水准标尺 9 的显示 17 被设置在这个区域中。

望远镜 2 和广角摄像机 3 的光轴 10 和 11 之间的相关性可以进行预设，或者通过简单的校准过程来确定。如果望远镜 2 和广角摄像机 3 的光轴 10 和 11 相互平行且横跨一个公共的垂直面，则该区域通常是二维图像 18 的

中心。

在本实施例中，广角摄像机3的第二光学系统28具有接近无穷大的景深F2。与此相比，望远镜2的第一光学系统28的景深F1只有10米。因此，广角摄像机3的景深F2比望远镜2的景深F1大十倍以上。此外，就一维而言，第二光学系统28在由水准标尺9限定的物平面12中的视场V2是望远镜2的第一光学系统28在同一物平面12中的视场V1的十倍。

由于广角摄像机3的高景深F2和高视场V2，微型计算机7能够高度可靠地识别水准标尺9的显示17。

本发明并不限于广角摄像机3的第二光学系统38的景深F2和/或视场V2与望远镜2的第一光学系统28的景深F1和/或视场V1之间的上述相关性。

实际上，如果广角摄像机3的景深F2是望远镜2的景深F1的至少2倍、尤其至少4倍和尤其至少10倍，通常就足够了。类似，就一维而言，如果广角摄像机3在物平面12中的视场F2是望远镜2在相同物平面12中的视场F1的至少6倍、尤其至少8倍和尤其至少10倍，通常就足够了。

在这一点上，必须考虑第二光学系统38的景深F2不会变得对于阵列CCD检测器31的一定分辨率而言过大。为了保证水准标尺9的显示17能够在阵列CCD检测器31的画面信号中轻易识别出，应满足以下公式：

$f = (D_{\max} * OV * P) / g$ ，其中：f是焦距，OV是为可靠检测线性元件g而预设的过采样，p是阵列CCD检测器31的光敏元件（像素）的尺寸。

阵列CCD检测器31不必能够对设在水准标尺9上的刻度或图形92成像，而通常只需对水准标尺9成像。

在上述实施例中，微型计算机7通过在由画面信号表示的二维图像18中进行画面分析而在阵列CCD检测器31的画面信号中识别水准标尺9的显示17。

另外或可选的是，微型计算机7可以通过将画面信号和存储在与微型计算机7相连的存储器16中的第一预设图形信号作比较而直接在画面信号中识别出水准标尺9的显示17。另外，作为补充或替换，微型计算机7可

以通过在画面信号中检测为相应的水准标尺 9 预设的特征颜色而识别出水准标尺 9 的显示 17。在存储器 16 中可以储存多个为特定水准标尺 9 预设的特征颜色。为了方便水准标尺 9 的识别，用户可以从存在存储器 16 中的多个水准标尺特征中选择真实水准标尺的特征。

此外，如果水准标尺 9 在广角摄像机 3 的第二光学系统 38 的视场 F2 中，水准标尺 9 的轴 91 的边界区域 93、94 对于阵列 CCD 检测器 31 而言被示出为垂直线。因此，根据另一实施例，通过使用“Hough 变换”在画面信号中检测水准标尺 9。在找平情况下，该算法期望垂直的几何形状。

从图 2 中可以明显看出，望远镜 2 和广角摄像机 3 的光轴 10 和 11 不必在同一垂直面上。因此，在将望远镜 2 的光轴 10 与水准标尺 9 对准时，微型计算机 7 会自动考虑广角摄像机 3 的光轴 11 相对于由望远镜 2 的光轴 10 限定的垂直面的偏移。在这种情况下，与电子找平设备 1 和水准标尺 9 之间的距离相关的距离信息可以额外加以考虑以实现完全对准。

进一步，为了使望远镜 2 的第一光学系统 28 的光轴 10 与水准标尺 9 对准，上述电子找平设备 1 的微型计算机 7 适于控制设在望远镜 2 中的聚焦步进电动机 24。

在这一点上，电子找平设备 1 通过将在广角摄像机 3 的画面信号中识别的水准标尺 9 的显示 17 的长度或宽度与存储在存储器 16 中的相应水准标尺 9 的预设长度或宽度值作比较自动检测电子找平设备 1 与水准标尺 9 之间的近似距离。要强调的是，在一点上可以使用水准标尺 9 的任何合适的维度（例如表面、长度和/或宽度）。基于检测出的距离，微型计算机 7 控制聚焦步进电动机 24，以便第一光学系统 28 和物平面 12 之间的距离 D 自动调节成电子找平设备 1 与水准标尺 9 之间的检测近似距离。因此，聚焦步进电动机 24 的控制由微型计算机 7 基于在从广角摄像机 3 的阵列 CCD 检测器 31 中接收到的画面信号中识别出的水准标尺 9 的显示 17 来执行。

通过基于广角摄像机 3 的画面信号控制聚焦步进电动机 24，第一光学系统 28 的焦距可以自动预调节成近似期望水准标尺 9 所处的距离。此外，在本实施例中，当望远镜 2 和广角摄像机 3 的光轴 10 和 11 并未设在一个

公共的垂直面中时，微型计算机 7 在启动枢转步进电动机 4 以使望远镜 2 的光轴 10 与水准标尺 9 对准时自动考虑所检测到的距离。

另外，微型计算机 7 还通过自动检测由光学透镜 22a、22b 和 22c 在线性 CCD 检测器 21 上成像的图像的最大清晰度的状态而基于线性 CCD 检测器 21 的第一输出信号控制聚焦步进电动机 24。最大清晰度的这种状态可以通过用聚焦步进电动机 24 改变两个透镜 22b 和 22c 之间的间隔 G 直至获得最佳清晰度来进行检测。在图 3 所示的实施例中，用于第一光学系统 28 的聚焦的光学透镜 22b 具有正的折射率。

在获得最佳清晰度（图像的清晰分辨率）之后，微型计算机 7 基于在最佳清晰度下再现的望远镜 2 的第一光学系统 28 的刻度为电子找平设备 1 与水准标尺 9 之间的距离 D 计算改善的距离值。这种计算在上述论文“Die neuen Digitalnivelliere DiNi 10 und DiNi20”中得到更详细地描述。例如，再现的刻度可以通过测量两个透镜 22b 和 22c 之间的距离或者根据聚焦步进电动机 24 的输出来计算。

如果测斜器 29 测量望远镜 2 的光轴 10 的位置相对于地平面的偏差，微型计算机 7 利用该改善的距离值和测斜器 29 的输出信号来执行线性 CCD 检测器 21 的输出信号的上述数字校正。

基于从望远镜 2 的线性 CCD 检测器 21 接收到的第一输出信号，微型计算机 7 进一步输出找平信号，其代表检测出的电子找平设备 1 与水准标尺 9 之间的高度差。

如图 4 所示，水准标尺 9 包括其上设有刻度 92 的支柱 91，其中刻度 92 为具有交替的光反射率的图形的形式。刻度 92 沿水准标尺 9 的伸长方向被设置在支柱 91 上。在刻度 92 的左侧和右侧，设有边界部分 93、94。在本实施例中，图 4 中的阴影区域和尤其边界部分 93 和 94 为亮黄色(lurid yellow)，这可被称为“信号色”。在自然环境下通常找不到具有高反射率的这种颜色。因此，这种颜色可以被微型计算机 7 用来识别上述广角摄像机 3 的第二光学系统 38 的画面信号中的水准标尺 9。

如果水准标尺 9 位于望远镜 2 的第一光学系统 28 的视场 F1 中，微型

计算机7通过分析包含在第一光学检测器21的第一输出信号中的具有交替光反射率的图形来产生找平信号，其代表了所检测出的水准标尺9和电子找平设备1之间的高度差。水准标尺9的刻度92的空白区域对于线性CCD检测器21而言被示出为水平线。从在本申请的引言页中引用的现有技术的文献中可以很好地了解如何基于包含在第一输出信号中的图形具体生成找平信号以输出电子找平设备1相对于水准标尺9的高度。

图7示出了根据另一示例性实施例的电子找平设备1'。根据此实施例，基本上使用与图3相同的元件，但是这些元件的配置发生了变化。在图7中，广角摄像机包括光学（入射）透镜22a、棱镜50、光学透镜32和阵列CCD检测器31（第二光学检测器）。阵列CCD检测器31位于光学透镜22a和32的组合的焦点上。光学透镜32被选择成相比于望远镜，其大大缩短了广角摄像机的焦距。图7中的望远镜结构与图3中的望远镜结构一致。

与图3的实施例的基本差别在于，望远镜和广角摄像机被设置在一个公共外壳中，且使用一个公共的光学入射透镜22a。因此，光学透镜22a既是望远镜的第一光学系统的一部分，又是摄像机的第二光学系统的一部分。结果，利用望远镜的线性CCD检测器21进行的距离测量和利用广角摄像机的阵列CCD检测器31进行的二维图像18的捕获都通过使用同一光学透镜22a沿一个公共光轴10、11执行。因此，望远镜和广角摄像机的光学配置是同轴的。这方便了望远镜的光轴10与在由从广角摄像机中接收到的画面信号表示的二维图像18中识别出的水准标尺9的显示17的位置的对准。其原因是没有必要考虑望远镜和广角摄像机的光轴10、11的偏移。

在图7中，棱镜50胶粘在可具有平面的透镜22a的后表面上，以在壳体内部将广角摄像机和望远镜的轴线10、11分开。根据替换实施例，在光学透镜22a和光学透镜22b之间设有以在 $30^{\circ}$ - $60^{\circ}$ 之间的、尤其 $45^{\circ}$ 的角度安装的反射镜，以替代棱镜50。此外，可以分别使用半透明的棱镜或反射镜、或者小棱镜或反射镜。

在图8中示出了根据本发明的电子找平设备1''的另一示例性实施例。

根据该实施例，广角摄像机与望远镜同轴对准，且包括光学（入射）透镜 22a、光学透镜 32'和阵列 CCD 检测器 31（第二光学检测器）。光学透镜 32'直接胶粘在光学透镜 22a 的后侧上。阵列 CCD 检测器 31 位于望远镜光轴 10 上的光学透镜 22a 和 32'的组合的焦点上，从而将透镜 32'设置在阵列 CCD 检测器 31 和光学透镜 22a 之间。阵列 CCD 检测器 31 挡住望远镜的光轴 10 的中心。因此使用相对较小的阵列 CCD 检测器 31。如果没有相对较小的阵列 CCD 检测器 31 可用，则优选图 7 的配置，因为棱镜或者反射镜通常能够作得比阵列 CCD 检测器还小。

因此，图 7 和 8 的实施例之间的主要差别在于：图 7 的阵列 CCD 检测器 31 位于望远镜的光轴 10 外面，而图 8 的阵列 CCD 检测器 31 位于望远镜的光轴 10 中。因此在图 8 中省去了棱镜 50。

此外，在图 8 中只使用了测斜器 29（斜度检测器），而没有使用补偿器 25。相对于望远镜的壳体且尤其望远镜的光轴 10，将测斜器 29 刚性地安装在该设备中。测斜器 29 随着望远镜关于固定的垂直轴线 5 旋转，且适于测量望远镜的光轴 10 与水平面的偏差。基于测斜器 29 的输出信号和测量出的水准标尺 9 的距离，线性 CCD 检测器 21 的输出信号或者测量出的电子找平设备 1''与水准标尺 9 之间的高度差得到数字校正。最后使得图 8 所示的望远镜 1''的第一光学系统更加容易，因为它只包括光学透镜 22a 和 22b。

在图 9 中示出了根据本发明的电子找平设备 1'''的另一示例性实施例。在此实施例中，望远镜的第一光学系统包括光学（入射）透镜 22a、分束器 50'和光学（聚焦）透镜 22b。因此，分束器 50'被设置在透镜 22a 和 22b 之间。摄像机的第二光学系统包括透镜 22a、分束器 50'、缝隙 51 和光学（聚焦）透镜 32，与第一光学系统相比，所述透镜 32 缩短了第二光学系统的焦距。缝隙 51 提高了广角摄像机的第二光学系统的景深。因此，透镜 22a 和分束器 50'由望远镜和广角摄像机共用。

在图 8 和 9 中示出的示例性实施例都不具有目镜。其原因是没有必要通过目镜来手动将望远镜的光轴 10 对准水准标尺 9，因为该设备基于广角摄像

机的阵列 CCD 检测器 31 的输出信号自动执行这种对准。而且，用户可以检查二维图像 18 中的水准标尺的位置，其中所述图像 18 通过使用阵列 CCD 检测器 31 由摄像机捕获。如果水准标尺 9 未对准望远镜的光轴 10，该设备则不输出测量信号，因为线性 CCD 检测器 21 不能检测到沿水准标尺 9 的伸长方向设置的具有交替的光反射率的图形 92。

根据另一示例性实施例，望远镜的检测器是二维（阵列）传感器。因此，水准标尺的位置可以在望远镜的二维传感器的输出信号中求出，以允许用户检查水准标尺 9 是否与望远镜的光轴 10 正确对准。因此，摄像机和望远镜的相应检测器的输出信号可以例如在显示屏幕上输出给用户。因此，不需要目镜。

要强调的是，图 7-9 仅示出了相应的电子找平设备 1'、1''、1''' 的主要元件。类似于图 1 和 3 所示的实施例，可以提供控制器（诸如微型处理器）、用户界面（诸如触摸屏、显示器和键盘）、储存器等。此外，该设备包括用于使所述望远镜和所述摄像机关于垂直轴线旋转的致动器。可以进一步提供一个或多个附加的致动器，用于致动望远镜和/或摄像机的光学元件。

该电子找平设备不必包括上述实施例的所有元件。而且可以设置额外的元件，例如电源（例如电池）或者远程控制元件。显示器 14 可以集成在望远镜 2 的壳体 23 或者广角摄像机 3 的壳体 33 中。可选的，甚至可以使用类似 PDA（个人数字助理）或 PC（个人计算机）这样的独立显示装置。

虽然在这些图中示出了摄像机和望远镜的光轴的平行和同轴配置的不同示例性实施例，但是本发明并不限于这些示例性实施例。因此，这些实施例的组合或变型是可能的。

显然，本发明并不限于步进电动机的上述使用。可选的是，可以使用适于使望远镜 2 和广角摄像机 3 绕固定的垂直轴线 5 旋转、或改变第一光学系统 28 与物平面 12 之间的距离 D 的任何其它已知的致动器。例如，具有可变折射率的光学透镜可被用于替代聚焦步进电动机和第一光学系统 28 的光学透镜之一。



而且显然，分别用作阵列 CCD 检测器 31 和线性 CCD 检测器 21 的光学检测器的尺寸和种类可以发生变化。此外，检测器可以是彩色、或者黑色和白色的检测器。在上述实施例中，阵列 CCD 检测器 31 是彩色检测器，线性 CCD 检测器 21 是黑/白检测器。

用于光学测量相对于水准标尺的高度差的电子找平设备的实施例包括望远镜、固定在望远镜上的摄像机、用于使所述望远镜和所述摄像机在水平面上关于该设备的固定垂直轴线旋转的第一致动器、和控制器。摄像机的景深至少是望远镜的景深的两倍。控制器利用从所述望远镜中接收到的第一输出信号输出代表所检测到的高度差的找平信号。控制器利用从所述摄像机中接收到的第二输出信号识别水准标尺的显示和基于识别出的水准标尺的显示控制第一致动器。

虽然已通过参考本发明的某些示例性实施例对本发明进行了描述，但显然，多种改变、修改和变型对于本领域技术人员而言将是显而易见的。因此，在此提出的本发明的示例性实施例期望是说明性的，而不期望以任何一种方式形成限制。可以在不脱离由下列权利要求限定的本发明的精神和范围内进行各种变化。

#### 参考符号列表

- 1、1'、1''、1''' 电子找平设备
- 2 望远镜
- 20 标线
- 21 第一光学检测器（线性 CCD 检测器）
- 22a、22b、22c 第一光学系统的光学透镜
- 23 望远镜的壳体
- 24 第二致动器（聚焦步进电动机）
- 25 补偿器
- 26 分束器

- 
- 27 目镜
  - 28 第一光学系统
  - 29 测斜器
  - 3 摄像机 (广角摄像机)
  - 31 第二光学检测器 (阵列 CCD 检测器)
  - 32、32a、32b、32c 第二光学系统的光学透镜
  - 33 摄像机 (广角摄像机) 的壳体
  - 38 第二光学系统
  - 4 第一致动器 (第一步进电动机)
  - 41 齿轮系统
  - 42 枢轴
  - 43 三角台
  - 5 固定的垂直轴线
  - 6 三角架
  - 7 控制器 (微型计算机)
  - 8 安装件
  - 9 水准标尺
  - 91 支柱
  - 92 刻度 (图形)
  - 93、94 边界
  - 10 第一光学系统的光轴
  - 11 第二光学系统的光轴
  - 12 物平面
  - 13 基板
  - 14 显示器
  - 15 用户界面
  - 16 存储器
  - 17 水准标尺的显示

18 由第二输出信号表示的二维图像

19 辅助装置

50 棱镜

50' 分束器

51 狭缝

F1/F2 第一/第二光学系统的景深

V1/V2 第一/第二光学系统的视场

D 第一光学系统与物平面之间的距离

R 行向

G 第一光学系统的光学透镜之间的间隔

Pxy 光敏元件(像素)

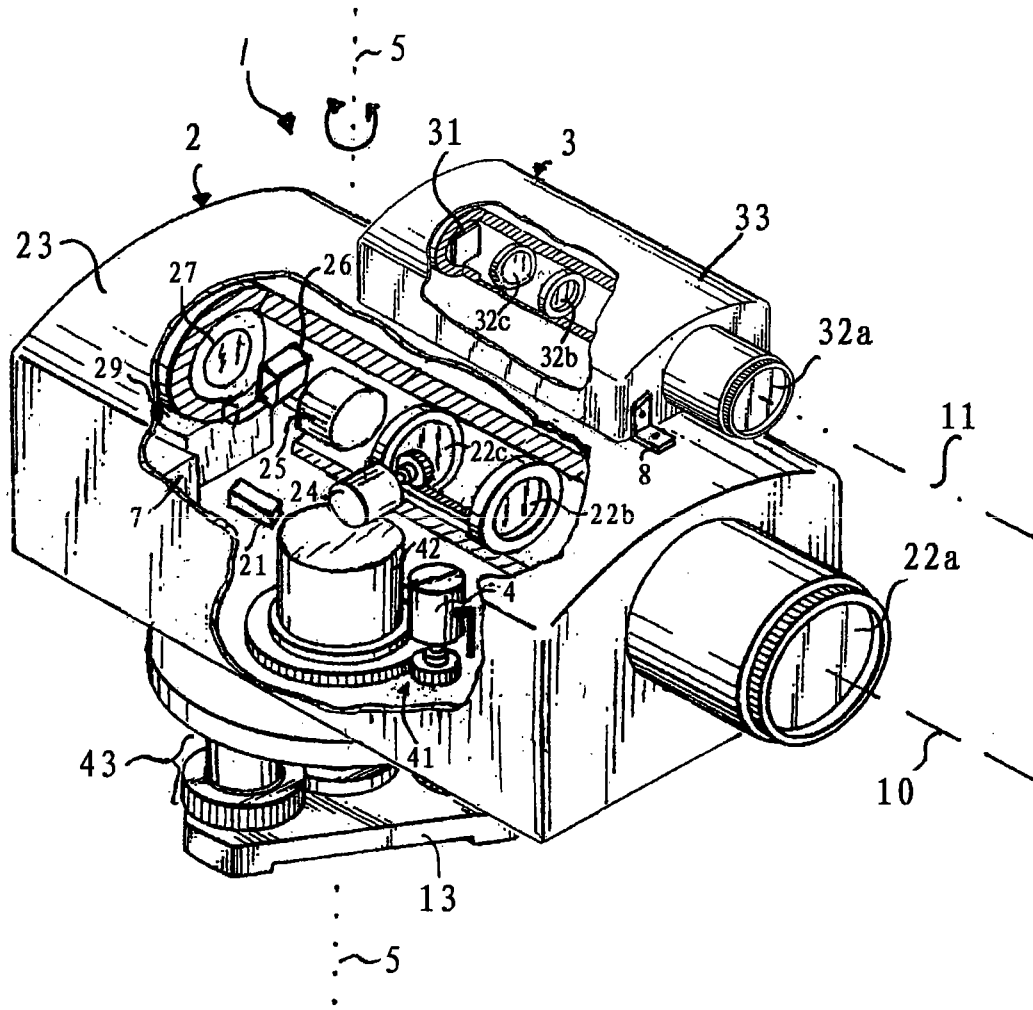


图 1

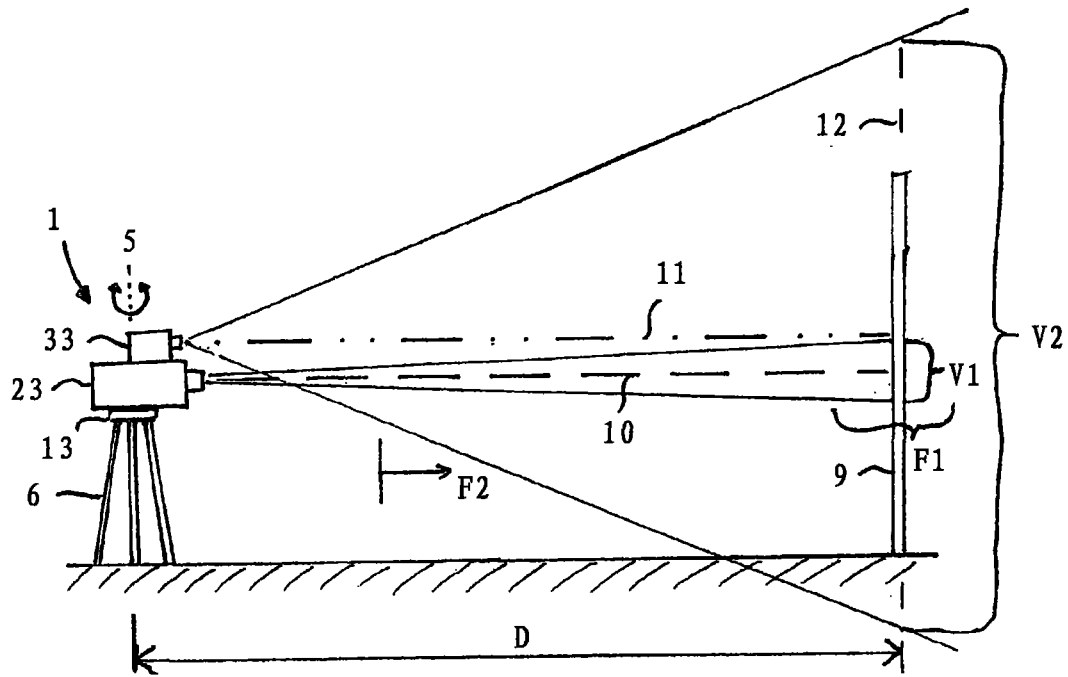


图 2A

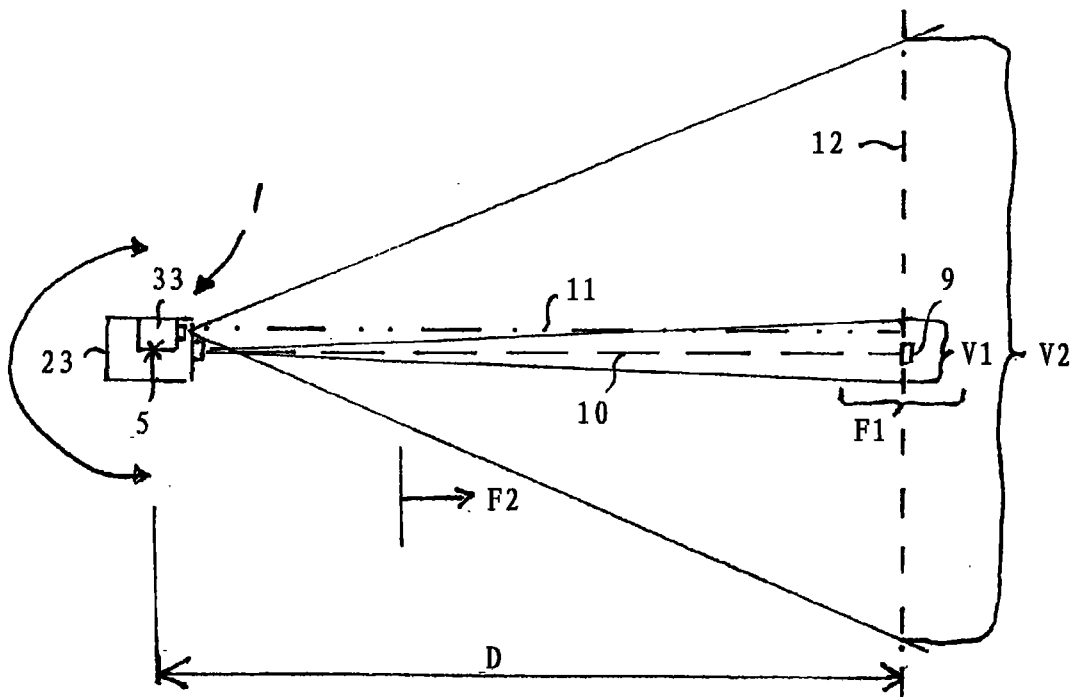


图 2B

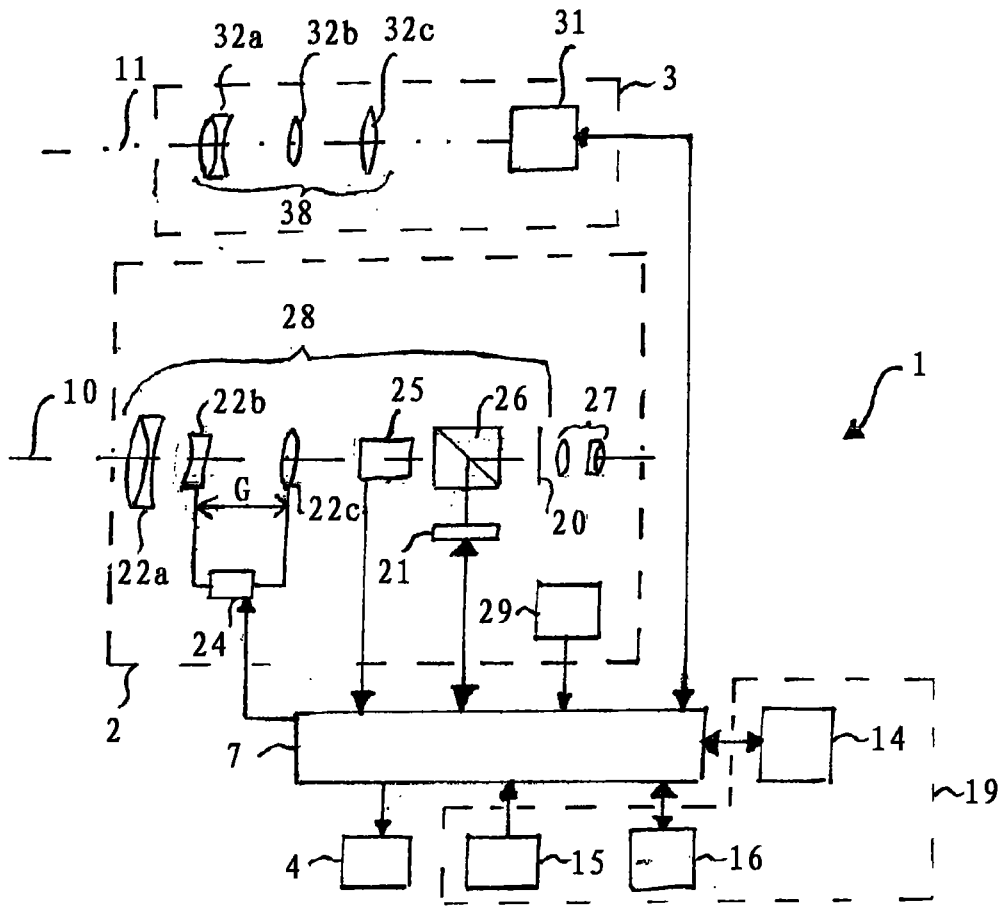


图 3

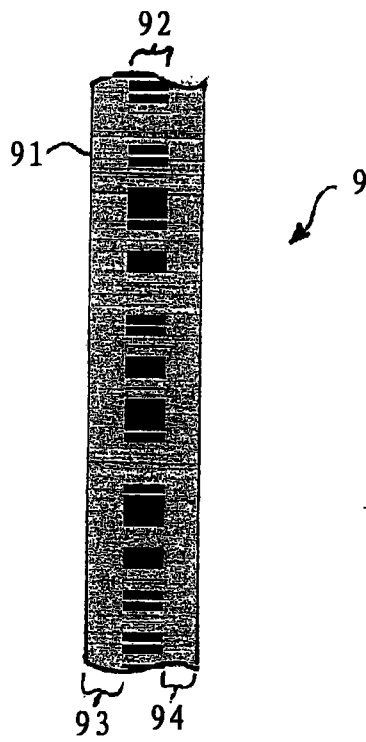


图 4

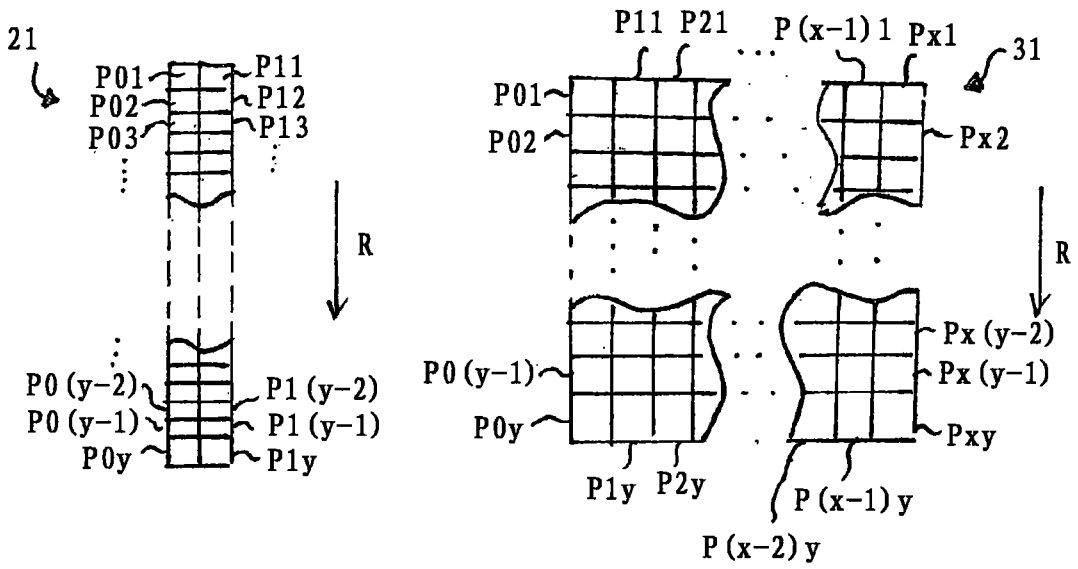


图 5A

图 5B

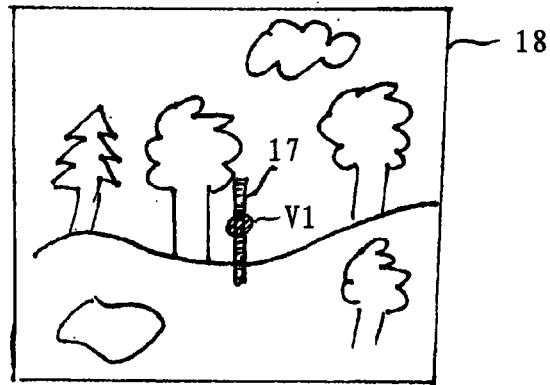


图 6

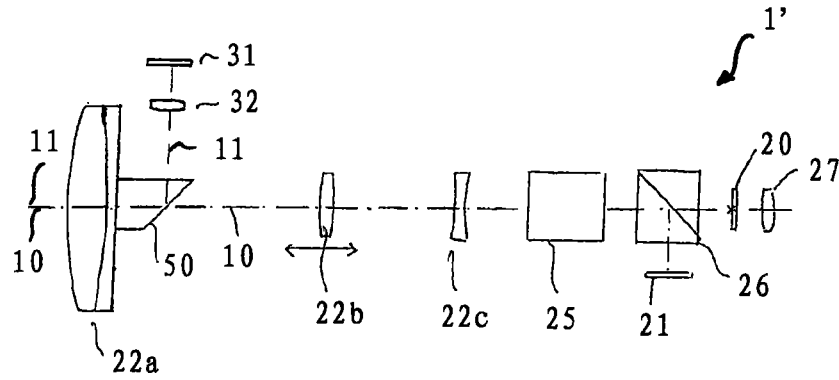


图 7

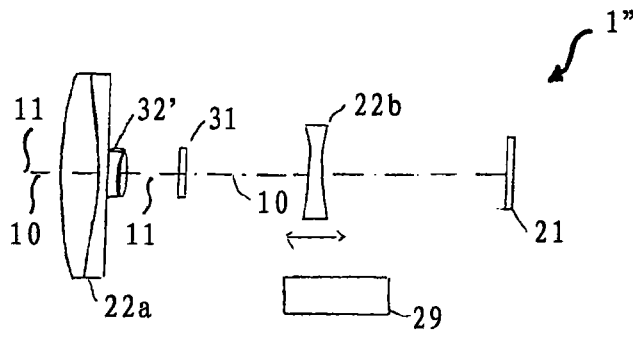


图 8

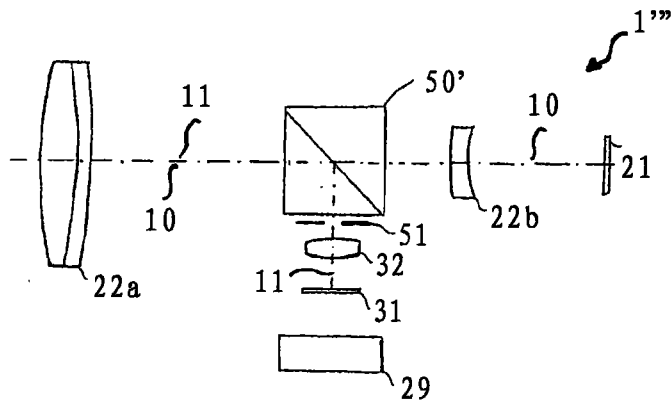


图 9