

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01C 1/02 (2006.01)

G01C 25/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480022078.8

[43] 公开日 2006年9月6日

[11] 公开号 CN 1829899A

[22] 申请日 2004.7.23

[21] 申请号 200480022078.8

[30] 优先权

[32] 2003.7.28 [33] EP [31] 03017032.8

[86] 国际申请 PCT/EP2004/008263 2004.7.23

[87] 国际公布 WO2005/012833 德 2005.2.10

[85] 进入国家阶段日期 2006.1.28

[71] 申请人 莱卡地球系统公开股份有限公司

地址 瑞士海尔博瑞格

[72] 发明人 海因茨·利普纳

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司
代理人 陈 坚

权利要求书 4 页 说明书 23 页 附图 8 页

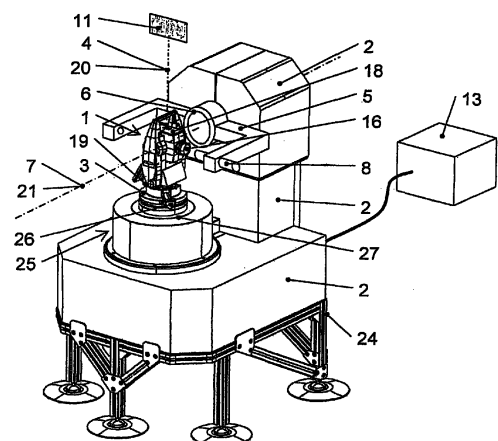
[54] 发明名称

用于检查或校准高精度试件的角相关对准的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种用于检查或校准高精度试件(1)上的基准结构的角相关对准的方法。在将试件(1)设在保持件(3)上之后,进行光学单元(8、8a、8b、8c)和/或试件(1)的基准结构的预对准,使得试件光束(10、10a、10b、10c、10d)至少部分入射到检测器(9)上,并在那里产生至少一个点(12)。通过控制/管理单元(13)对检测器(9)上的至少一个点(12)的位置进行评估。在通过控制/管理单元(13)根据检测器(9)上的至少一个点(12)的位置进行光学单元(8、8a、8b、8c)相对基准结构的相对精细调整,使得至少一个点(12)具有在检测器(9)上的给定位置之后,至少对保持件的转动角和/或测量件的转动角进行记录,由此光束(30、35a、35b、35c、35d)由试件(1)的基准结构产生或关于光束参

数修正,具体通过反射、阻挡、过滤或成形,并且所产生或修正的光束(30、35a、35b、35c、35d)形成试件光束(10、10a、10b、10c、10d)。



1. 一种用于检查或校准高精度试件（1）的基准结构的角相关对准的方法，其使用一种设备，该设备包括：

- 5 • 可调整或固定的保持部分（3），用于保持所述试件（1），
- 可调整的测量部分（5、5a、5b、5c、5d），该测量部分（5、5a、5b、5c、5d）和保持部分（3）可相对彼此围绕保持部分轴线（4）和与
10 所述保持部分轴线（4）成直角相交的测量部分轴线（7）转动，并且可以测量在测量部分（5、5a、5b、5c、5d）与所述保持部分（3）之间的
保持部分围绕保持部分轴线（4）的转动角以及所述测量部分围绕所述测量部分轴线（7）的转动角，

- 光学单元（8、8a、8b、8c），其设在所述测量部分（5、5a、5b、5c、5d）上并具有光学检测器（9），该光学检测器（9）用于接收至少一个与
15 所述试件（1）相互作用的试件光束（10、10a、10b、10c、10d），该光束大致在测量平面（11）中行进，所述测量部分轴线（7）垂直通过
所述测量平面且所述保持部分轴线（4）位于该测量平面内，该光束在所述检测器（9）上产生至少一个点（12），以及

- 控制/管理单元（13），其至少用于通过所述保持部分和所述测量部分的转动轴线的电机动力调整使所述光学单元（8、8a、8b、8c）相对
20 于所述试件（1）的基准结构进行电机动力对准，作为在所述检测器（9）上的所述至少一个点（12）的位置函数，

所述方法包括以下方法步骤

- 将试件（1）设在保持部分（3）上，
- 进行光学单元（8、8a、8b、8c）和/或试件（1）的基准结构的预
25 对准，使得试件光束（10、10a、10b、10c、10d）至少部分投射到检测器（9）上，并在那里产生至少一个点（12），
- 由控制/管理单元（13）对检测器（9）上的至少一个点（12）的位置进行评估，
- 通过控制/管理单元（13）进行光学单元（8、8a、8b、8c）相对

于基准结构的相对精细调整，作为检测器（9）上的至少一个点（12）的位置函数，使得该至少一个点（12）到达检测器（9）上的某一基准位置，以及

- 至少对保持部分的转动角和/或测量部分的转动角进行确定，
- 5 辐射（30、35a、35b、35c、35d）由试件（1）的基准结构产生或关于辐射参数进行修正，具体通过反射、阻挡、过滤或成形，并且所产生或修正的光束（30、35a、35b、35c、35d）形成试件光束（10、10a、10b、10c、10d）。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，具体为经纬仪、水平
10 或大地扫描仪的试件（1）具有光学观测单元（18），该光学观测单元

- 可围绕垂直轴线（20）调整，并可任选地围绕倾斜轴线（21）调整，
 - 确定观测轴线，并且
 - 具有可任选检测的标记，例如分度线（14）或光出口，
- 15 可以确定垂直轴线的转动角，并可任选地确定倾斜轴线的转动角，并且
- 试件下部（19）设在保持部分（3）上，使得保持部分轴线（4）大致与垂直轴线（20）共线，并任选地测量部分轴线（7）大致与倾斜轴线（21）共线，
- 20 • 在光学单元（8、8a、8b、8c）的预对准之前或期间实现光学观测单元（18）的预对准，并且
- 确定垂直轴线的转动角，并且/或者任选地确定倾斜轴线的转动角。

3. 根据权利要求1或2所述的方法，其特征在于，试件（1）具有
25 激光测距仪，该激光测距仪具有形成基准结构并旨在产生形成试件光束的激光测量光束的测量光束发射体，所述方法包括由激光测距仪发射激光测量光束的附加方法步骤。

4. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，

- 由设在光学单元（8、8a、8b、8c）中的发射体（31a、31b、31c）发射辐射（35a、35b、35c、35d）并使之成形，

• 然后由试件 (1) 的基准结构反射辐射 (35a、35b、35c、35d)，
从而形成试件光束 (10a、10b、10c、10d)，并且

• 将试件光束 (10a、10b、10c、10d) 聚焦到检测器 (9) 上以投射
到光学单元 (8a、8b、8c) 的一部分上，并且在光学单元 (8a、8b、8c)
5 相对于基准结构精确对准的情况下，该试件光束在检测器 (9) 上产生至
少一个点 (12)。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，基准结构由观测单元
(18) 的透镜 (39) 形成。

6. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，基准结构由观测单元
10 (18) 的分光体形成。

7. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，基准结构由观测单元
(18) 的图像记录表面，尤其是 CCD 芯片形成。

8. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，

• 基准结构由可任选检测的标记形成，该标记至少在微调期间被主
15 动或被动地照亮，并且

• 辐射 (30、35c) 由标记产生或关于辐射参数修正。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，标记呈分度线 (14)
的形式，该分度线 (14) 至少在微调期间自身照亮或被设在光学观测单
元 (18) 中的发射体照亮，由此形成的试件光束 (10、10c) 通过观测单
20 元 (18) 的物镜 (16) 至少部分地被直接或间接聚焦到检测器 (9) 上，
从而在检测器 (9) 上产生至少一个点 (12)。

10. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，标记呈分度线 (14)
的形式并至少在微调期间被设在观测单元 (18) 的物镜 (16) 一侧上的
发射体 (31b) 照亮，该分度线 (14) 通过观测单元 (18) 的物镜 (16)
25 至少部分地被直接或间接聚焦到检测器 (9) 上，从而在检测器 (9) 上
产生至少一个点 (12)。

11. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，标记呈分度线 (14)
的形式并至少在微调期间被设在观测单元 (18) 的目镜 (23) 一侧上的
附加发射体、具体为附加光学单元 (15) 照亮，该分度线 (14) 通过观

测单元(18)的物镜(16)至少部分地被直接或间接聚焦到检测器(9)上,从而在检测器(9)上产生至少一个点(12)。

12. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,

• 由设在观测单元(18)的目镜(23)一侧或物镜(16)一侧上的附加光学单元(15)沿目镜(23)方向发射辐射,该辐射具有三维构造,特别地为图案的形式,

• 辐射通过观测单元(18),由观测单元(18)中的至少一个基准结构关于辐射参数修正,从而形成试件光束(10a、10b、10c、10d),并且

• 试件光束(10a、10b、10c、10d)在从观测单元的物镜(16)或目镜(23)发出后被聚焦到检测器(9)上以投射到光学单元(8a、8b、8c)的一部分上,从而在检测器(9)上产生多重点(12),并且

• 可通过对多重点的评估检测到的光学误差,尤其是像差和扭曲,通过控制/管理单元(13)由检测器(9)检测。

13. 根据权利要求2至12中任一项所述的方法,其特征在于,观测单元(18)的至少一部分的结构(40)被聚焦到检测器(9)上。

14. 根据权利要求1至13中任一项所述的方法,其特征在于,通过热发射体至少从一侧加热试件(1),以确定热性能。

用于检查或校准高精度试件的角相关对准的方法

5 技术领域

本发明涉及一种用于检查或校准高精度试件的角相关对准 (angle-dependent alignment) 的方法。

背景技术

10 需要精度很高的检查或校准设备来检查或校准高精度部件，该高精度部件或者用于高精度测量，以低至小于 0.5" 或 0.15mgon 的精度检查或规定角度，或者通常需要高精度的角度定向，所述检查或校准设备的精度必须高于待检查或待校准的高精度试件的精度。

在现有技术中公开了不同的设备和方法，特别是用于检查或校准经纬仪，在该经纬仪中通过（例如静态或动态）分度来确定水平角和垂直角。

在已知时间相对较长的传统经纬仪分度测试方法中，将关于测量点周围分布的多个固定准直仪与自固定点的经纬仪望远镜手动瞄准。将在围绕试件圆周的不同点处测量的角度差的不变性用作角度测量的水平精度的量度标准。为了得到测量的垂直精度，将准直仪角度差与基准值比较。执行这种分度圆测试方法的分度圆检查仪是已知的（例如来自 F. W. Breithaupt&Sohn 的 PRUTE 和 PRUFO 设备）。这种方法大致符合根据 ISO 标准 17123-3（光学和光学仪器. 大地测量现场测量程序及测绘仪器）的测试方法，但是其中观测的是固定目标而不是准直仪。其中这些经纬仪分度测试方法的缺点在于，测量过程的完全自动化可能仅仅是有限的程度，可能的不同测量的数量也限于可见的准直仪的数量，并且测量结果非常依赖观测者。

上述方法的一种替代方法是 Maurer 的干涉测量法 (Maurer, W: Eininterferometrisches Verfahren zur Bestimmung von

Strichverbesserungen an eingebauten Theodolitenkreisen (用于确定内置经纬仪度盘上的线性改进的干涉测量法); 学位论文, 慕尼黑, 1983; Deumlich, F. & Staiger, R.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik (测量技术的仪器理论)。在该方法中, 从激光束到干涉仪反射器的路径差推导出待测试的经纬仪转动过的角度。最大可干涉测量角为 $\pm 8.5\text{gon}$, 分辨率宣称为 0.01mgon 。用干涉测量法仅可以检查水平角。因为该方法需要棱镜框可转动地与经纬仪的倾斜轴线连接, 使得由于棱镜框的附加重量而不能消除对垂直分度和倾斜轴线的影

5 响, 所以该方法不适于检查垂直角。

10 从现有技术中已知用于检查移除的分度圆(例如经纬仪上的)的测试方法。这些方法主要是比较方法, 其中例如通过干涉测量或者通过精度分度圆将分度圆上待检查的分度与相应的精度角法线比较。现有技术公开了例如在物理技术联邦研究所(Prowe, B.: Untersuchungen an einem neuen Teilkreisprüfgerät; Feinwerktechnik & Messtechnik (对新的分度圆测试仪的勘测; 精密技术和测量技术), 第5期, 1985, 213—217

15 页)或者地球物理中心学会(Weise, H. & Quart, W.: Eine vollautomatische Messanlage zur Prüfung von Kreisteilungen; feingerätetechnik (用于检查度盘刻度的全自动测量单元; 精密仪器技术), 第4期, 1975, 155—160 页)中所使用的这种类型的不同设备, 或者例如 CH372847 或

20 CH372471 中的其它用于检查分度圆分度的设备。然而在这些方法和设备中, 不能进行安装好的经纬仪的分度测试, 而只能检查移除的分度圆。另外, 可以参照 ISO 标准 17123-3 (光学和光学仪器. 大地测量现场测量程序及测绘仪器) 或 DIN18723, 部分 3 (Feldverfahren zur Genauigkeitsuntersuchung geodätischer Instrumente (用于调查测地

25 仪器精度的现场方法))。

现有技术中公开了用于准距仪的经纬仪或总站的经纬仪(以下用术语“经纬仪”概括)的完全自动检查和校准的设备和方法。这种所谓的“经纬仪测试机”例如在1988年9月12至17日在慕尼黑技术大学举行的第十届工程测量国际会议期间 Hilmar Ingensand 所著的文章“TPM -

Ein neues Gerät zur vollautomatischen Prüfung von Teilkreisen in elektronischen Theodoliten (TPM——一种用于完全检查电子经纬仪中的分度圆的新设备)”中，以及 Andreas Rützler 在 1991 年 10 月格拉茨技术大学的通用电子技术和电子测量技术学会完成的学位论文

5 “Kalibriereinrichtung für Theodoliten (用于经纬仪的校准设备)”中得到详细说明。经纬仪测试机具有大约 0.1mgon 的精度并例如用于检查带有编码分度圆标定系统的电子经纬仪，该系统立即输出角度而不进行在递增方法中必需的初始化，但是仅具有单一的角度标定来代替分度圆的直径扫描。这里，由分度圆的机械离心率产生的误差对于各经纬仪

10 是特定的，并且在使用经纬仪测试机测量之后，误差可存储在电子经纬仪中并自动校正。经纬仪测试机允许完全自动的测试顺序，用于在安装状态下的使用位置中检查水平和垂直的角度标定，检查经纬仪的可用测量范围的主要部分，在测试过程中确定的系统误差的分析和对存储在经纬仪中的校正函数的自动确定。该经纬仪测试机适用于各种经纬仪系列。

15 下面借助附图更加详细地描述现有技术中公开的经纬仪测试机。

图 1 表示现有技术中公开的经纬仪测试机的比较器原理；

图 2 表示现有技术中公开的经纬仪测试机的设备布置。

基于图 1 中示出的比较器原理的已知的经纬仪测试机遵循“经纬仪中的经纬仪”的思想。因此经纬仪测试机的轴线系统在几何结构上与待

20 测试的经纬仪的轴线系统对应，产生具有垂直轴线 101 和水平轴线 102 的基本公共的轴线系统。以照准仪 103 和望远镜 105 的形式示意性地表示经纬仪，该照准仪 103 可相对经纬仪的下部 104 围绕垂直轴线 101 转动，望远镜 105 可围绕水平轴线 102 倾斜并具有观测轴线 106。由于消除了待检查的经纬仪和经纬仪测试机的轴线系统的绝对定心，所以通过可

25 围绕水平轴线 102 枢转的自动准直仪 107 将角度测量系统、经纬仪测试机的法线和经纬仪的分度耦合。通过准直束 113 经由固定在望远镜 105 上的平面镜附件 108 实现耦合。由于经纬仪测试机和经纬仪满足轴线（101、102、106）的正交条件，所以所有的轴线系统在自动准直设置中共线。根据经纬仪的设计，水平和垂直检查的顺序不同。在水平检查中，

待检查的经纬仪的照准仪 103 大致保持固定并且机械连接到角度法线的下部 104 围绕垂直轴线 101 转动。在通过使经纬仪的下部 104 相对基本固定的照准仪 103 转动对测试角进行粗略设置之后，通过高精度地同时转动下部 104 和照准仪 103 并且随意地轻微枢转自动准直仪 107 而进行自动准直，由此定位经纬仪和法线，从而对测试角进行微调。水平位置由经纬仪测试机的精度很高的水平分度 109 和经纬仪的水平分度 110 确定并且进行比较。通过在公共垂直面内围绕水平轴线 102 并因此围绕待检查的经纬仪枢转自动准直仪 107 而实现垂直检查。经纬仪的望远镜 105 也近似转动通过特定角。在随后的自动准直调整之后，自动准直仪 107 的垂直位置由经纬仪测试机的精度很高的垂直分度 111 确定，望远镜 105 的垂直位置由经纬仪的垂直分度 112 确定，并将所述位置进行比较。

图 2 表示已知的具有垂直轴线 121 和水平轴线 122 的经纬仪测试机的设备设计。该设计在 μ 范围内的稳定性需求方面与 3D 坐标测量机等同，这就是将花岗岩框架 123 用作轴线系统保持器的原因。整个机器搁在混凝土底座（未示出）上并且直立在装有空调的室内。在底座 123' 上固定有水平测量部分 124，其类似于精度转盘，通过滚珠轴承 125 安装，并可通过水平驱动器 126 围绕垂直轴线 121 转动。水平测量部分 124 还具有水平角度传感器 127。用于保持待检查的经纬仪 130 的三角架 129 安装在水平测量部分 124 上。通过滑环系统（未示出）建立附属经纬仪 130 的电连接。垂直测量部分 131 具有测量电桥 134，其可围绕水平轴线 122 枢转并可通过垂直驱动器 132 驱动，垂直测量部分 131 具有垂直角度传感器 133 并承载电子自动准直仪 135。叉状驱动器 136 也设在测量电桥 134 上，其用于停止经纬仪 130 的望远镜 137。因此，望远镜 137 的垂直位置大致符合自动准直仪 135 的垂直位置。然而，由于驱动器 136 相对于望远镜 137 具有游隙，所以驱动器 136 和望远镜 137 在测量电桥 134 的微调期间分离。同样地，驱动器 136 在通过水平测量部分 124 进行水平调整的情况下用作止动件。由于（特别是在水平位置中）可能歪曲测量的高弯曲运动作用在测量电桥 134 的结构上，所以较重的测量电桥 134 的稳定性是很关键的。U 形测量电桥 134 通过呈预张紧的球轴承/套筒轴承

形式的倾斜轴线轴承 138 安装在花岗岩框架 123 的两侧，从而可围绕水平轴线 122 转动。为了减轻测量电桥 134 和电子自动准直仪 135 自身超过 12kg 的重量施加在这些倾斜轴线轴承 138 上的径向力，机器具有附加的重量补偿系统。整个测量电桥 134 在重心处由外轴承架 139 支承，该

5 外轴承架 139 还承载配重 140 并承受驱动力。该轴承架 139 在其自身单独的轴承架轴承 141 上转动。自动准直调整由经纬仪测试机的自动准直仪 135 实现，该自动准直仪 135 将准直光束投射到平面镜附件 142 上，该平面镜附件安装在经纬仪 130 的望远镜 137 上并与望远镜 137 的观测轴线方向垂直。镜附件 142 通过套筒（未示出）固定在望远镜 137 上。

10 因此，可以将镜附件 142 安装成大致垂直于望远镜 137 的光轴并因此垂直于观测轴线。镜附件 142 将准直光束反射入经纬仪测试机的自动准直仪 135 中。光束在自动准直仪 135 的焦点处投射到呈四分仪二极管形式的位置检测器（未示出）上并在那里产生光点。自动准直仪 135 的分辨率大约为 0.01mgon。具有经纬仪 130 的水平测量部分 124 和具有自动准

15 直仪 135 的测量电桥 134 分别由水平驱动器 126 和垂直驱动器 132 精确移动，直到光点出现在自动准直仪 135 的位置检测器的中央，其中所述驱动器具有可用脉冲宽度调制进行触发的 15V 直流电机。另外，比例为 1:9 的粗略/精细缩小（未示出）可以获得所需的控制回路的高精度定位，该控制回路包括电子自动准直仪 135、含有控制软件的计算机（未示出）

20 和机械驱动器 126 和 132。因此在自动准直调整之后，经纬仪 130 和经纬仪测试机的轴线系统大致共线。计算机执行测量顺序的控制、目标调整的管理和测量结果的评估。

下面描述垂直测量过程和水平测量过程的顺序。在安装待检查的经纬仪 130 之前，将测量电桥 134 置于近似水平的位置，从而自动准直仪

25 135 近似位于从顶点测量的垂直位置 100gon 处，垂直轴线 121 指向顶点。经纬仪 130 固定在水平测量部分 124 的三角架 129 上，且垂直轴线指向垂直方向，因此经纬仪 130 的垂直轴线和经纬仪测试机的垂直轴线 121 最大可能地重合并至少共线。平面镜附件 142 由套筒固定在经纬仪 130 的望远镜 137 的物镜上。望远镜 137 枢转进入测量电桥 134 的叉状驱动

器 136 内。在测量开始时,测量电桥 134 向从顶点测量的垂直位置 260gon (垂直测量范围的起点)运动。驱动器 136 在该运动中承载经纬仪 130 的望远镜 137 与其一起。通过随后的自动准直调整,自动准直仪 135 通过对测量电桥 134 和水平测量部分 124 的精度调整与固定在望远镜 137 上的镜附件 142 对准。由于驱动器 136 和望远镜 137 之间的游隙,望远镜 137 在自动准直调整期间并未被驱动器 136 置于调整之外。在该自动准直调整之后,经纬仪 130 和经纬仪测试机的角度值由计算机登记并存储。在 260gon 情况下,垂直角度之间的差是用于各垂直位置的经纬仪的误差。由此完成第一测量点的测量。针对下一个测量点的测量,经纬仪测试机的垂直驱动器 132 移动测量电桥 134,并且通过驱动器 136 还使经纬仪 130 的望远镜 137 移动经过 15gon 至垂直位置 275gon。下面根据上述方案开始对第二测量点的测量。这样,完成直到垂直位置 140gon 的垂直测量,忽略了在顶点附近 380 至 20gon 的范围,这是因为在该范围内试件和经纬仪测试机轴线可能的偏移几乎不能校正或者不能由经纬仪测试机的水平驱动器 126 校正。这是因为在自动准直仪 135 的位置检测器上的光点相对转动垂直角的水平运动与测量电桥 134 的水平位置 and 实际位置之间的角度切线相连。在垂直检查结束后,将测量电桥 134 移动至垂直位置 100gon 并且开始对经纬仪 130 水平分度的探查。通过水平测量部分 124、经纬仪 130 的下部 143 和照准仪 144 一起移动直到经纬仪 130 的望远镜 137 碰到叉状驱动器 136 的止动件并被阻止,使得照准仪 144 停止并只有下部 143 向前移动,从而使经纬仪 130 沿一个方向转动。一旦经纬仪 130 到达所需的水平角度位置,水平测量部分 124 就沿相反方向轻微转动,使得望远镜 137 远离驱动器 136 转动,并且因此在自动准直调整期间没有机械制动妨碍调整过程。在自动准直调整之后,与垂直测量类似地记录测量值。在水平探查中,测量沿周向均匀分布的大约 35 个点。在整个水平和垂直检查过程完成之后,对存储的角度对进行评估。

这种已知的经纬仪测试机存在很多至今未能充分解决的缺点和问题。由于支承自动准直仪的测量电桥在水平位置受到来自其自身重量和自动准直仪重量的高弯曲力矩,所以测量电桥必须具有稳定的设计从而

尽可能避免任何歪曲测量的测量电桥的变形。然而，测量电桥的重量不应太高，因为在特定公差内，在花岗岩框架上支承测量电桥的高精度倾斜轴线轴承的承载能力是非常有限的。由于静力的原因，特别是为了避免变形且尽可能少地在倾斜轴线轴承上加载，倾斜轴线轴承在两侧上呈 U 形形状看起来是有利的，而这又需要一对支柱花岗岩框架。由于呈预张紧的球轴承/套筒轴承形式的倾斜轴线轴承的承载能力有限，所以测量电桥的高重量也需要复杂的重量补偿系统，这会进一步增加经纬仪测试机的总重量。由于在两侧上的倾斜轴线轴承并包围测量电桥所需的实心花岗岩框架、测量电桥的 U 形形状和重量补偿系统严重限制了待检查的经纬仪的可接近性，这在调整工作期间和试件较大的情况下尤其是一个障碍。首先因为超过了标准工业楼板的负载容限，其次因为经纬仪测试机不能通过标准的实验室门进行运输，所以已知的经纬仪测试机的实心结构和重量妨碍了广泛的潜在使用。由于将倾斜轴线轴承设置在两侧上，且倾斜轴线轴承的误调总是作用在相对的倾斜轴线轴承上，导致只有在付出很大的努力进行调整时才能满足高精度要求，所以各倾斜轴线轴承的无应力和精确调整由于测定上的静力的原因而存在很大问题。由于应尽可能避免镜平面相对于目标轴线的偏差，所以镜附件在望远镜上的稳定安装也很关键，并且需要付出很大的努力才能将镜附件精确对准。不同的望远镜的几何结构和经纬仪的模型范围需要不同的镜附件套筒。由于通过镜附件形成用于整个测量顺序的基准结构，所以只能检查角度传感器和经纬仪的轴线。因此不能考虑到望远镜光学系统中的误差。通过所用的自动准直仪仅能检测镜附件的对准，而不能检测望远镜光学系统的各结构的位置和品质，例如图像记录区或管线的分光体的各镜头的品质或对准。由于镜附件使望远镜光学系统不清楚，所以不能检查任何结合在经纬仪中的激光测距仪。另外，不能使用已知的经纬仪测试机校准经纬仪中的测斜仪。新式的且更精确的经纬仪的发展还需要更高精度的经纬仪测试机。

SU 763682 A 公开了一种用于检查测地设备的手动操作装置，其特别地具有可在垂直面内围绕转动轴线倾斜的观测装置。具有目镜测微计

的焦距较长的固定校准准直仪位于工作台上的框架上，这样准直仪轴线与待勘测设备的观测装置的转动轴线（倾斜轴线）重合，该待勘测设备同样安装在工作台上。待勘测设备可通过不能转动的提升装置而倾斜并水平对准。在校准准直仪和待勘测设备之间设有转动块，其安装在一侧

5 上，作为用于垂直角检查的测量框架，并且其转动轴线与准直仪轴线（因此特别地与待勘测设备的倾斜轴线）重合，并且其具有允许准直光束通过的通道。配备有多个配重的较重的转动块包括光学系统，该光学系统通过最初以一定偏移量平行移位的方式使光束偏转，并且不小于待检查的最大设备的外形尺寸，然后该光学系统使已经在平行偏移面中平行偏

10 移 90° 的光束偏转，通过在偏移光束轴线与待勘测设备可倾斜观测装置的垂直平面相交的位置处的五棱镜实现该偏转。在转动块光学系统的第一反射面上设有小的开口，部分准直光束可通过该开口而不发生反射或偏转。转动块配备有高精度的缘和角度读取装置。如果待勘测设备是经纬仪，则可以通过旋转转动块来通过该装置检查经纬仪的垂直角测量装

15 置并生成数学误差校正函数。由于经纬仪固定，所以仅通过经纬仪望远镜的透视力可进行不超过四个水平角的水平角度校正，因此不可能获得连续的水平角度校正函数。通过使用者用眼睛观察经纬仪望远镜中的准直仪网（collimator net）或准直仪望远镜中的经纬仪网（theodolite net）并手动调整轴线，从而执行经纬仪望远镜与转动块的对准，反之亦然。

20 通过设置工作台上的校准棱镜或多角镜，并测量在转动块的不同位置处装置的光轴的位置不变性，来借助准直仪的自动准直仪目镜进行整个装置的校准。由于该装置具有用于经纬仪的不可转动的保持器装置，所以不可能在一个测量过程中检查多个水平角。因此，不可能确定由多重水平角测量获得的校正函数，并将所述校正函数存储在电子经纬仪中

25 用于自动误差校正。因为仅仅是准直仪网或经纬仪网用作检查的基准，所以不可能在对准和位置方面检查或校准各个结构，例如镜头表面、分光体、图像记录区或激光测距仪。因为在该装置中校准准直仪以准直仪轴线与设备转动轴线或倾斜轴线重合的方式远离待勘测设备设置，所以必须在转动块中设置对误差敏感并包括多个镜子的复杂光束引导系统。

这降低了转动块的扭转刚度和抗挠强度，并且由于需要较重的配重而增加了转动块的和整个装置的重量。因此，由于该系统自身的原因，所以不可能用所公开的设备满足低至小于 0.5" 或 0.15mgon 的很高的精度要求。然而，由于可从三个侧面接近设备，所以该装置的显著特征在于待检查设备的易接近性。用所公开的装置不可能实现完全自动的校准过程。

发明内容

本发明的目的在于提供一种通用的测试方法，通过该方法能够以可靠且高精度的方式自动检查并校准不同的高精度试件（优选为大地测量仪器）的各基准结构的角度对准和品质，并且本发明目的在于克服一般类型测试方法的缺点。

通过实现独立权利要求的特征来实现该目的。从属权利要求中描述了以替代或有利形式进一步发展本发明的特征。

本发明基于这样的概念，即，通过在试件基准结构上的直接测量能够实现与现有技术相比的实质改进。

下面部分借助于对设备的说明而概括描述根据本发明的方法。在附图和附图描述后描述可能的具体示例性实施例。

用于检查或校准高精度试件基准结构的角相关对准的可能设备具有底座，其作为用于检查或校准过程的稳定基座。该底座呈石头座身或金属座身的形式或由至少一种其它的合适材料制成或由例如用作基座的支柱构成的座身的形式。该底座具有例如 L 状的基本结构。用于保持试件的保持部分安装成可通过高精度轴承相对底座围绕保持部分轴线（沿垂直方向延伸）转动。保持部分可以呈例如具有支架的精密转盘的形式，该支架可通过三角架任意调整并用于保持试件。可例如通过带有动态或静态分度的角度编码器来高精度地测量保持部分相对于底座围绕保持部分轴线的转动角（下面称为保持部分的转动角）。如果需要保持部分或支架的精确绝对垂直对准以用于检查或校准，那么还可以在保持部分中结合倾斜传感器。另外，可以使用用于使保持部分或整个底座倾斜的装置。这些用于倾斜的装置可用于精确的垂直对准，特别是保持部分或试件的

垂直对准，或者用于检查试件的倾斜传感器。在需要电压供应或传输测定值的电子试件的情况中，可转动安装的保持部分还可任选地配备用于电连接的装置，例如滑环或滚环系统，从而允许底座和试件之间的电连接。当然，也可以改为使用例如蓝牙、红外系统或类似系统的无线电发射系统。

该设备还包括测量部分，其安装为能够相对底座围绕与保持部分轴线垂直相交的测量部分轴线转动。可以例如通过带有动态或静态分度的角度编码器来高精度地测量测量部分围绕测量部分轴线的转动角。测量部分的基本形状形成为使得测量部分能够通过关于测量部分轴线大致镜面对称或轴向对称（例如套筒状）的构造从至少两侧夹持试件周围，或者通过大致旋转对称的结构完全包围所述试件。测量部分至少可在某一角度范围内独立于试件转动。测量部分这种环绕或包围、至少部分对称的构造具有几个优点。由于测量部分的重心接近测量部分轴线或位于该轴线上，所以可省去附加的重量补偿。因此，减轻了测量部分的驱动，并大大降低了弯曲载荷和扭转载荷，从而由于较小的容差而显著增加了测量的精度。测量部分的这种设计的另一优点是可以在测量部分的测量平面内，尤其是在相对于试件的相对侧上设置多个测量元件。这使得能够实现许多新颖的测量方法，通过这些方法可以进一步增加测量的精度。

至少一个具有光学检测器的光学单元设置在测量部分上。该光学单元用于接收至少一个试件光束，该试件光束与试件的基准结构相互作用并大致处于测量平面内，测量部分轴线垂直通过该平面且保持部分轴线位于该测量平面内。所以，试件光束在检测器上产生至少一个点。试件光束能够由透镜系统成形而直接投射到检测器上，或者由光学偏转元件（例如反射单元或光纤）沿光学单元和检测器的方向偏转或引导，从而能够间接投射到检测器上。通过使用这种光学偏转元件，可以将光学单元设在测量平面外部，可能设在测量部分的子元件上。与试件基准结构相互作用的试件光束通常理解成直接或间接与至少一个试件的基准结构相互作用、并且/或者从该部分发出的光束（例如一束光线）。例如通过反射、散射、折射、光束成形、阻挡、过滤或光束生成而发生试件光束

与基准结构之间的相互作用。

术语“试件”表示待检查或调整的作为整体的元件，例如大地测量仪器、多角镜单元或机械高精度部分，该元件未安装有用于完成测量过程的辅助元件，例如镜附件。基准结构表示待特定检查角度对准或其品
5 质的试件结构。它可以是例如体、面、边或点。在试件具有待精确对准或相对于基面精确对准的镜面的情况下，基准结构例如由该镜面形成。在试件呈经纬仪形式的情况下，试件的基准结构例如表现为可水平和垂直转动或可倾斜的望远镜的一部分。

保持部分和测量部分优选为都可由电机驱动。因此，光学单元的接
10 收区基于试件通过保持部分和测量部分围绕保持部分轴线或测量部分轴线的调整形成至少部分包围试件的球状表面。如果保持部分轴线指向垂直方向且因此测量部分轴线位于水平面内，则可通过保持部分调整水平角并通过测量部分调整垂直角。

测量部分相对于底座的可转动安装通过优选呈空气轴承形式的测量
15 部分轴承单元实现，该轴承单元设在测量平面的单侧上或测量平面内。由于只使用一个轴承单元，所以可高精度调整该轴承单元而不会导致安装在测量平面另一侧上或测量平面外的第二轴承单元由于静力超定而弯曲。这使得能够实现精度特别高的测量。因为轴承单元设在测量平面的一侧并位于测量平面单侧上或者设在测量平面中央并位于测量平面内，
20 所以可以实现整个测量设备更加紧凑、尤其更窄的设计，并充分提供更好的试件可接近性，整个设备的测量精度也由于空气轴承的特性而进一步提高。现有技术中同时公开了径向、轴向空气轴承和柱形、U形、角形或平面空气轴承的不同改进。空气轴承必须设计成使得能够：考虑到设备在施加在轴承上的力的作用下所需的容差，确保测量部分围绕测量部
25 分轴线的高精度安装，并且刚度和衰减都符合要求。现有技术中还公开了空气轴承的设计标准。空气轴承形式的轴承单元应理解成可以表示单一轴承的结构，也可以表示呈轴承单元形式的多个（尤其是夹紧的）轴承的结构。当然，可以使用传统的滑动轴承或滚动轴承或可以用磁性轴承代替空气轴承。然而在某些情况下，不可能实现在空气轴承情况下那

样小的容差。

另外，还可以将保持部分的高精度轴承形成为空气轴承。

测量部分任选形成为：使得除了光学单元之外，在测量部分相对于测量部分轴线与光学单元相对的一侧上设置附加光学单元。该附加光学单元可以呈例如附加发射体、附加镜、附加自动准直仪或附加照相机的形式。在附图说明中将发现测量部分的可能实施例。

控制/管理单元控制该设备，具体地，通过保持部分和测量部分的电机操作调节而进行光学单元相对于试件基准结构的电机操作对准作为由检测器上的试件光束产生的至少一个点位置的函数，具体地，并且或另选地作为附加光学单元的信号函数。所需的测量数据，尤其是角度编码器的数据可以存储和/或评估。控制/管理单元可以是例如具有合适端口的个人电脑、控制器或智能传感器和致动器的组合、与数据网络相连的PLC（可编程逻辑控制器）或计算机系统的形式。

特别在试件的待关于其角度对准进行检查或校准的基准结构可相对余下的试件调整的情况下，例如在经纬仪的角度编码器待检查的情况下，设在例如底座上的操作机械手用于调整基准结构，例如经纬仪望远镜的基准结构。因此可以在短的测试时间内同时调整测试部分的光学单元和基准结构，并确定角度偏差（尤其是试件的角度编码器的角度偏差）。

为了检查试件的热性能，可以使用热发射体，该发射体设置成使得可至少从一侧加热试件，从而能够模拟例如日光和相关的热变形的影响。

在根据本发明的方法中，辐射由试件基准结构产生或关于辐射参数被修正，具体地通过反射、过滤或成形。该产生或修正的辐射形成上述试件光束。

为了执行根据本发明的方法，可以基本使用上述设备，或者通常使用以下的设备：该设备包括用于保持试件的可调整或固定的保持部分，以及可调整的测量部分，所述测量部分和保持部分可相对彼此围绕保持部分轴线和与保持部分轴线成直角相交的测量部分轴线转动。可在测量部分与保持部分之间测量保持部分围绕保持部分轴线的转动角和测量部分围绕测量部分轴线的转动角。该设备还具有光学单元，其设在测量部

分上并具有用于接收至少一个试件光束的光学检测器，所述光束与试件相互作用，并大致位于测量平面内，并在检测器上产生至少一个点，测量部分轴线垂直通过所述测量平面并且保持部分轴线位于该测量平面内。当然带有检测器的光学单元可以不直接设在测量部分上而是设在另一部分上，且用于将试件光束偏转至设在测量部分上的检测器。另外，该设备包括控制/管理单元，其至少用于通过对保持部分的转动角和测量部分的转动角进行电机动力调整作为检测器上至少一个点的位置函数，而使光学单元相对于试件基准结构进行电机动力调整。为了更加精确地说明该设备的各元件，将参照已知的经纬仪测试机和上述设备的说明。当然，也可以通过具有不同设计但实质相同的设备来使用上述方法。

在根据本发明的该方法中，首先将试件设置在保持部分上。跟着进行光学单元和/或试件基准结构的预对准，使得试件光束至少部分投射到检测器上并在那里产生至少一个点。在对检测器上的至少一个所述点的位置具体通过控制/管理单元进行评估之后，通过控制/管理单元进行光学单元相对基准结构的微调，作为检测器上至少一个点位置的函数，使得至少一个点到达某一基准位置。然后至少确定保持部分的转动角和/或测量部分的转动角。所述试件光束由试件基准结构产生或由所述基准结构关于辐射参数进行修正（例如通过反射、散射、折射、阻挡、过滤或成形）的辐射形成。通过发射体产生辐射，该发射体例如呈热发射体、发光体的形式或呈化学发射体或放射发射体的形式。由于投射到检测器上的试件光束直接或间接从试件的基准结构形成并且不从辅助元件，例如辅助镜产生，所以可非常精确地将基准结构相对光学单元对准，反之亦然，这是因为避免了由于辅助元件相对于基准结构的对准较差而引起的误差。另外，可以选择难以仅机械连接的基准结构（例如呈被照亮或自身照亮的标记形式），尤其是以可光学检测的方式设置在透镜系统中的元件。这些元件例如是透镜系统中的透镜、分度线、分光体或图像记录表面。

该方法尤其适于用来检查或校准配备有光学观测单元的试件，特别是望远镜，优选为经纬仪、水平或大地扫描仪，该光学观测单元可围绕

垂直轴线并且任选地围绕倾斜轴线进行调整。由此可确定围绕垂直轴线的转动角，并且也可任选地确定围绕倾斜轴线的转动角。光学观测单元确定观测轴线并具有可光学检测的标记，例如分度线或光出口。试件的下部设在保持部分上，因此保持部分轴线大致与垂直轴线共线并且任选地测量部分轴线大致与倾斜轴线共线。在上述光学单元的预先对准之前、之中或之后，进行试件的观测单元的预先对准。通过确定围绕垂直轴线的转动角和/或任选地围绕倾斜轴线的试件的转动角，可以通过分别比较设备保持部分的转动角和测量部分的转动角来进行试件的检查或校准。

在可能的一般实施例中，由设在光学单元内的发射体产生辐射。这里，光学单元除了发射体之外具有检测器和透镜系统，该透镜系统用于使发射体发出的辐射成形并将试件光束聚焦到检测器上。透镜系统优选具有可变的焦距。成形的辐射投射到待测试对准的反射面上并由所述面反射，该反射面由试件的基准结构形成。由基准结构反射的辐射形成试件光束，其由基准机构相对于光学单元适当对准的透镜系统成形，从而至少部分地投射到检测器上，并且在精确对准时在检测器上的某一基准位置产生至少一个点。如果需要，反射基准结构可能涂覆有增强反射的涂层或薄膜。所使用的发射体例如是LED，其辐射通过光纤进入透镜系统的焦平面中。根据应用，可将现有技术中公开的四分仪二极管、CCD图像传感器或其它检测器用作检测器。如果用作反射面的基准结构是平面，则由发射体发射的辐射优选由光学单元的透镜系统准直，从而将试件光束同样地准直。在例如由试件的透镜表面形成的凸或凹的基准结构的情况下，辐射另一方面根据曲率（特别是半径）由光学单元的透镜系统成形，具体是聚焦或散射。如果将具有抗反射涂层的透镜用作基准结构，则在辐射光束路径中使用附加滤光器是有利的。如果基准结构是透镜系统中的透镜，例如在观测单元中的某一透镜，则使用滤光器可能同样有利。

基准结构也可以由在试件上或试件内的可光学检测的标记形成，例如在试件观测单元的光学系统中的分度线，辐射关于辐射参数进行修正。具体地，这可以通过由发射体从试件光学观测单元的物镜或目镜一侧可

任选地使用滤光器、至少在设备微调期间照亮分度线来实现，该照明形成辐射。这里，通过观测单元的物镜将分度线聚焦到光学单元的检测器上，从而在检测器上产生至少一个点。这里，发射体可以同样设在光学单元中，或者可以单独容置，例如容置在附加光学单元中，该附加光学单元设在测量部分与光学单元相对于测量部分轴线相对的一侧上。

另外，可以在试件的光学观测单元外部省去发射体。这可以在分度线自身照明从而分度线本身产生辐射，或者如果分度线由设在光学观测单元中的发射体照亮的情况下实现。优选通过物镜或目镜将分度线聚焦到检测器上。现有技术中公开了例如呈发光体形式而自身照明的分度线。

如果试件是视频经纬仪，基准机构可以由经纬仪的图像记录表面，尤其是 CCD 芯片形成，从而可以测量图像记录表面的定向和可能的错误对准。另外，可以检查检定焦距 (camera constant)。

在经纬仪望远镜中的分光体也可用作基准结构，从而也可以通过该方法检查分光体的正确角度对准。

如果在试件中设置激光测距仪，则试件光束可由试件发出的激光测量光束形成。从而基准结构由激光二极管形成。在这种情况下，可以将试件光轴的对准与激光测量光束轴的对准进行比较以检测可能的偏差。

另外，可以通过利用设在试件观测单元目镜或物镜一侧上的发射体，将至少一部分观测单元的结构聚焦到检测器上，来确定观测单元光学系统内的误差。在可聚焦光学系统的情况下，也可以通过所述方法研究会聚透镜的光路。

使用设在目镜一侧上的附加光学单元导致其它的可能性。像光学单元一样，附加光学单元可能呈自动准直仪或照相机的形式，用于检测相对于基准结构的对准，该基准结构由目镜本身或可从目镜一侧检测的结构形成。或者，附加光学单元可以呈附加发射体的形式，该发射体发射具有一定光学特性的光束，尤其是呈一定图案形式的三维构成。在与试件的至少一个基准结构相互作用之后，该光束以试件光束的形式由相对的光学单元检测。通过将由附加光学单元发射光束的光学特性（尤其是构造）与光学单元接收到的试件光束的光学特性进行比较，可以检测任

何在试件光学系统中的光学误差，例如不够好的光学望远镜品质、任何的透镜误差、像差或扭曲和聚焦误差。

附图说明

5 下面部分参照设备并借助附图仅通过具体实施例形式的示例更加详细地描述根据本发明的方法。在附图的描述中，在某些情况下参照之前已经描述的附图的附图标记。具体地，

图 3 表示用于检查或校准高精度试件基准结构的角相关对准的设备实施例的视图，该设备具有安装在一侧上作为测量部分的测量摇臂；

10 图 4 表示具有安装在一侧上的作为测量部分的测量摇臂和操作机械手的设备的第一替代实施例的简化局部视图；

图 5 表示具有安装在一侧上的作为测量部分的测量摇臂和操作机械手的设备的第二替代实施例的简化局部视图；

15 图 6 表示具有安装在一侧上的作为测量部分的测量轮和操作机械手的设备的第三替代实施例的简化局部视图；

图 7 表示具有安装在测量平面中央的作为测量部分的测量环的设备的第四替代实施例的简化局部视图；

图 8 表示光束路径的示意图，其中一反射平面作为试件的基准结构；

图 9 表示光束路径的示意图，其中一凸透镜作为试件的基准结构；

20 图 10 表示光束路径的示意图，其中一分度线作为试件的基准结构；

图 11 表示光束路径的示意图，其中将光学观测单元中的结构聚焦至检测器上。

具体实施方式

25 图 3 表示用于执行根据本发明的方法的设备的可能实施例。该设备包括搁在框架 24 上的花岗岩底座 2。底座 2 由近似共同形成 L 形的多个部件构成。具有保持部分 3 的水平测量单元 5 设在底座 2 上，该保持部分 3 可在电机动力作用下围绕指向垂直方向的保持部分轴线 4 高精度转动。可通过调整框架 24 而使整个设备倾斜，从而通过测斜仪（未示出）

监控倾斜度，因此保持部分轴线 4 精确指向垂直方向。通过呈空气轴承形式的保持部分轴承单元 27 实现保持部分 3 的可转动安装。通过第一角度编码器（未示出）可测量在保持部分 3 与底座 2 之间保持部分围绕保持部分轴线 4 的转动角。呈经纬仪形式的试件 1 具有呈望远镜形式的光学观测单元 18，该光学观测单元 18 可通过电机围绕垂直轴线 20 转动，并可

5 可通过电机围绕倾斜轴线 21 倾斜，该试件 1 与其试件下部 19 一起通过快速作用（fast-action）连接器 26 固定在保持部分 3 上，试件 1 的垂直轴线 20 与保持部分轴线 4 重合。另外呈 U 形测量轭形式的测量部分 5 可附加转动地设在底座 2 上，该测量部分 5 在示出的起始位置以钳形包围保持部分轴线 4。该测量部分 5 由呈空气轴承形式的测量部分轴承单元 6 轴向和径向支承。测量部分 5 可在电机动力作用下相对于底座 2 围绕测量部分轴线 7 高精度转动，通过第二角度编码器（未示出）可测量围绕测量部分轴线 7 的测量部分在测量部分 5 与底座 2 之间的转动角。测量部分轴线 7 和倾斜轴线 21 位于公共平面中，保持部分轴线 4 和垂直轴线 20 垂直穿过该平面，穿过点形成试件 1 的倾斜轴线 21 和测量部分轴线 7 之间的交点。依赖于试件 1 相对保持部分 4 的对准，测量部分轴线 7 和倾斜轴线 21 可一个位于另一个上面地放置，这种情况在图 3 中示出。因此，可以围绕公共轴线枢转观测单元 18 和测量部分 5。测量部分轴承单元 6 是高精度空气轴承，其允许测量部分 5 围绕测量部分轴线 7 平缓而稳定的枢转同时保持很小的容差。由于测量部分轴承单元 6 设在测量平面 11（测量部分轴线 7 垂直穿过该平面并且保持部分轴线 4 位于该平面中）单侧上的底座 2 上，所以可以精确调整测量部分轴承单元 6 而不会引起由于静力超定造成的轴承单元在测量平面 11 另一侧上的扭曲。图 3 示意性地表示测量平面 11 的较小部分。由于测量部分 5 关于测量部分轴线 7 大致轴向对称的设计，测量部分 5 的重心落在测量部分轴线 7 后。因此，基本避免了弯曲载荷和扭曲载荷，并且减轻了测量部分 5 的驱动，从而保持较低的容差并实现精度很高的测量。具有光学检测器（图 3 中未示出，见下）的光学单元 8 设在测量部分 5 上，光学单元 8 设在测量部分 5 上使得可通过检测器接收从试件 1（图 3 中未示出，见下）方向到

10
15
20
25

达的试件光束，该试件光束大致位于测量平面 11 中，测量部分轴线 7 垂直穿过该测量平面 11 并且保持部分轴线 4 位于测量平面 11 中。在图 3 中，试件光束由设在观测单元 18（图 3 中未示出）中的被照亮的分度线生成。在这种情况下，分度线是基准结构，其角度对准有待检查。这里，
5 通过观测单元 18 的物镜 16 将被照亮的分度线聚焦在光学单元 8 的检测器上，从而在检测器上产生多重点。该图像在检测器上的位置随着保持部分 3 围绕保持部分轴线 4 的轻微转动，以及试件 1 围绕垂直轴线 20 的轻微转动或者测量部分 5 围绕测量部分轴线 7 的轻微转动，以及观测单元 18 围绕倾斜轴线 21 的轻微转动而改变。因此，在设备和试件 1 围绕
10 相应轴线的电机动力调整、随后进行由检测器上的图像位置控制的微调，并且比较相应的测量角度值的情况中，可以高精度地实现角度的检查。这里，控制/管理单元 13 执行对光学单元 8 的检测器的评估，以及通过保持部分 3 和测量部分 5 的电机动力调整进行光学单元 8 相对于试件 1 的基准结构的电机动力对准，作为在检测器上的图像的位置函数。另外，
15 控制/管理单元 13 执行通过电机对试件 1 的观测单元 18 的对准，以及设备和试件 1 的测量角度值的确定和评估，通过设在保持部分 3 中的滑环系统（未示出）或者通过经由蓝牙的无线电链路实现与试件 1 的通信。如图 3 中可见，不可能在所示的实施例中以这样的方式调整测量部分 5，即，光学单元 8 靠近顶点定位。超越顶点调整测量部分 5 也是不可能的，
20 因为那样的话测量部分 5 与光学单元 8 相对的部分就会与水平测量单元 25 碰撞，从而因为这个原因需要试件 1 的观测单元 18 的透视力或者水平角度调整来校准相对的角度范围。然而，这样的限制在实际中通常不是缺点。因为不可能将试件 1 的定位与水平测量单元 25 上的垂直轴线精确对准，所以靠近顶点的测量将导致错误结果，如同上面在对已知经纬仪
25 测试机的描述中所说的那样。另外，使用者通常不可能直接进行靠近顶点的测量，因为在该区域中不能接近观测单元 18 的目镜。然而，下面将进一步描述其中也可以进行靠近顶点测量的实施例。

图 4 表示图 3 的设备的第一替代实施例的简化局部视图。与图 3 中一样，用于检查试件 1 的设备具有带有测量部分轴承单元 6 的多部分的

底座 2 和水平测量单元 25，水平测量单元 25 包括保持部分轴承单元 27 和可围绕保持部分轴线 4 转动的保持部分 3。由呈空气轴承形式的测量部分轴承单元 6 安装在测量平面 11 单侧上的测量部分呈测量摇臂 5a 的形式，其具有彼此垂直设置的臂 5a'、5a''。光学单元 8 设在这些臂 5a'、5a'' 的其中之一上。该设备还具有操作机械手 22，其包括机械手底座 29 和可通过电机围绕测量部分轴线 7 枢转的机械爪 28。在机械爪 28 和试件 1 的观测单元 18，特别是物镜 16 之间可产生机械连接，因此可通过操作机械手 22 来枢转观测单元 18。因此可以通过使用该设备检查其观测单元未经电机调整的试件，特别是可机械调整的经纬仪，这是因为试件 1 的调整由操作机械手 22 执行。由于机械爪 28 的几何结构可变，所以可检查不同几何结构的试件。

图 5 以切除的简化形式表示图 3 的设备的第二替代实施例。测量部分呈测量摇臂 5b 的形式，该测量摇臂 5b 的基本部分关于测量部分轴线 7 轴向对称。除了底座 2 之外，测量部分轴承单元 6 设在测量平面 11 的单侧上并呈空气轴承的形式，水平测量单元 25 包括：保持部分轴承单元 27 和可围绕保持部分轴线 4 转动的保持部分 3，操作机械手 22 具有机械手基座 29，且与光学观测单元 18 一起示出的试件 1 包括目镜 23。除了光学单元 8 之外，附加光学单元 15 设在测量摇臂 5b 上的、关于测量部分轴线 7 与光学单元 8 相对的一侧上。该附加光学单元 15 呈附加发射体的形式，其产生照亮在目镜 23 一侧上的观测单元 18 中的分度线（未示出）的辐射 30。分度线通过阻挡而关于辐射参数修正辐射 30，经修正的辐射形成经由物镜 16 离开观测单元 18 的试件光束 10，该辐射由光学单元 8 接收并在检测器（图 5 中未示出）上产生至少一个点。或者可以形成附加光学单元 15 作为附加镜。在这种情况下，辐射例如由光学单元 8 发射，由附加镜反射并由分度线关于辐射参数修正，该修正发生在附加镜的反射之前、之后或前后，然后投射到检测器上。另外，附加光学单元 15 还可以发射具有构造（例如图案）的辐射 30。特别地，通过图像处理而比较发射出的辐射 30 的构造和接收到的试件光束 10 的构造，可以检测出具体为镜头故障、像差、扭曲、管中聚焦误差等等观测单元 18 的光学系

统的错误。

图 6 表示设备的第三替代实施例的简化局部视图，该设备具有呈测量轮 5c 形式的测量部分。测量轮 5c 安装在设在测量平面 11 单侧上并呈空气轴承形式的测量部分轴承单元 6 上，从而可围绕测量部分轴线 7 转动。如在上述设计中那样，设备具有水平测量单元 25，其具有用于安装保持部分 3 从而可围绕保持部分轴线 4 转动的保持部分轴承单元 27。另外可以看到位于保持部分 3 上的带有其观测单元 18 和物镜 16 的试件 1，以及带有机械手底座 29 的操作机械手 22。由于测量轮 5c 的几何结构，设备另一方面具有底座 2a，其形成为使得测量轮 5c 包围试件 1 和水平测量单元 25。光学单元 8 和另一相对侧上的附加光学单元 15 设在测量轮 5c 上。测量轮 5c 的转动对称形状具有这样的优点，即，可基本避免作为光学单元 8 和附加光学单元 15 的位置函数而产生的弹性变形。在本实施例中，由于测量轮可以基本自由地转动，所以通过光学单元 8 的适当定位可以实现靠近顶点的测量（特别在省略附加光学单元 15 时）。

然而，在前述示例性实施例中，测量部分轴承单元设在测量平面 11 的单侧上，图 7 表示一实施例，其中测量部分轴承单元设在测量平面 11 内。固定在底座 2b 上并具有保持部分轴承单元 27 的水平测量单元 25 与前述说明对应，该轴承单元 27 用于保持部分 3 围绕保持部分轴线 4 的可转动安装。位于保持部分 3 上的试件 1 具有其观测单元 18、目镜 23 和物镜 16，并具有被照亮的分度线（图 7 中未示出），分度线发出的辐射在由物镜 16 成形后形成试件光束 10。试件 1 和水平测量单元 25 由呈测量环 5d 形式的环形测量部分包围。基本形式为转动对称的测量环 5d 安装成可围绕测量部分轴线 7 转动，该安装通过测量部分轴承单元 6a 实现，该轴承单元 6a 呈空气轴承的形式并设在多部分底座 2b 上，局部设在底座 2b 中。这里测量环 5d 的外表面及可选地还有内表面是空气轴承的轴承面。安装在测量环 5d 上并具有光学检测器（图 7 中未示出）的光学单元 8 如上所述用于接收试件光束 10，通过该试件光束将分度线聚焦到光学单元 8 的检测器上，从而在该处产生多重点。类似于图 5 和图 6，也可以给测量环 5d 装配附加光学单元 15，特别是附加发射体或附加镜。因为测量部

分轴承单元 6a 设在中央，并位于测量平面 11 中，在试件 1 和水平测量单元 25 的下方，所以可以容易地从两侧接近试件 1，这在试件 1 的安装期间和试件 1 的校准工作中尤其有利。由于测量环 5d 和测量部分轴承单元 6a 靠近或沿测量环 5d 的重心垂线转动对称的基本形状，可基本避免测量部分上的弯矩和扭矩，从而能够实现精度很高的测量。

图 8 表示可能实施例的光束路径，在该实施例中光学单元具有已知自动准直仪的设计，并且试件的基准结构由反射平面形成。呈自动准直仪形式的光学单元 8a 包括发射体 31a、呈分度线形式的光学单元标记 32、用于物理分光的分光体 33、光学单元物镜 34a 和光学检测器 9。光学单元 8a 发射呈准直发射光束 35a 形式的辐射，该辐射被试件 1 上的反射平面 36 反射，该反射平面形成基准结构。因此经过辐射参数修正的反射光束形成同样经过准直的试件光束 10a。如果准直发射光束 35a 大致垂直地投射到反射平面 36 上，则试件光束 10a 由光学单元物镜 34a 接收并聚焦到检测器 9 上，从而在该检测器 9 上产生光学单元标记 32 的图像并且在检测器 9 上产生至少一个点 12 或一系列这样的点 12。该图像以及该系列点 12 的位置取决于光学单元 8a 相对于反射平面 36 或试件 1 的基准结构的角对准。该反射平面 36 直接由作为试件 1 上的基准结构的反射平面形成。因此还可以关于其镜面对准方面研究多角镜（例如用于系列法（rosette method）的基准镜）。

然而，许多待研究其角对准的试件的基准结构通常如上所述不由平面形成而由弯曲结构（例如设在观测单元 18 的物镜 16 中的透镜）形成。图 9 表示光学单元 8a，与图 8 一样。然而，在光学单元物镜 34a 前设置位置可变并呈散射透镜形式的附加辅助透镜 37a，因此发射光束 35b 发散。发散的发射光束 35b 投射到试件 1 的光学观测单元 18 的物镜 16 的第一和第二会聚透镜 38a' 和 38a'' 上，并由这些会聚透镜 38a' 和 38a'' 聚焦，投射到凸透镜 39 上，并由该凸透镜 39 反射，导致辐射参数发生改变，这里凸透镜 39 形成试件 1 的基准结构。反射光束形成试件光束 10b，该试件光束 10b 如上所述聚焦到光学单元 8a 的检测器 9 上。为了在凸透镜 39 处（不在前面的透镜处）发生传输光束 35b 的主反射，可以

使用设置在发射体 31a 后面的滤光器（图 9 中未示出）。以如上所述的方式实现由光学单元 8a 进行的角对准检查。可以通过灵活使用辅助透镜 37a，将设备从平面转化成凸面或者任选的凹面基准结构，而在设备中基本不发生干涉。辅助透镜的设计具体取决于用作基准结构的透镜形式和前面的透镜系统。

在另一实施例中，如图 10 所示，基准结构由试件的观测单元中的分度线形成。光学单元 8b 具有发射体 31b、用于物理分光的分光体 33、光学单元物镜 34b 和光学检测器 9。光学单元 8b 发射呈传输光束 35c 形式的辐射，该辐射由试件 1 的观测单元 18 的物镜 16 接收，投射到观测单元 18 的分度线 14 上并照亮分度线 14。分度线 14 位于观测单元 18 的物镜 16 的焦点处。在由所述物镜 16 准直以后，由该分度线 14 的照明产生的反射形成作为试件光束 10c 的光束。该试件光束 10c 由光学单元物镜 34b 聚焦到检测器 9 上，从而在该检测器 9 上产生试件 1 的观测单元 18 的分度线 14 的图像并且在该处产生一系列点 12。该图像或这些系列点 12 在检测器 9 上的位置取决于观测单元 18 或者作为试件 1 的基准结构的分度线 14 相对于设备光学单元 8b 的角对准。或者，可以例如不通过光学单元 8b 内的发射体 31b 经由物镜 16 照亮分度线 14，而是在观测单元 18 的目镜 23 一侧（参见图 5 和图 7）上的分度线的另一侧上，例如通过呈附加发射体形式的附加光学单元 15（参见图 5 和图 6）进行照明。在自身照明分度线或者由观测单元 18 中的照明照亮分度线的情况下，可完全省去外部发射体。其它用于照亮分度线 14 的可行方法也是可以的，其中还将照明的含意理解为暴露在不可见的辐射中。图像记录表面或者测距激光二极管的观测单元的分光体的表面也可以代替分度线 14 用作反射表面。

如果打算勘测观测单元 18 内的结构或物体，例如分度线或孔，可以通过图 11 中所示的方式实现。光学单元 8c 具有发射体 31c、用于物理分光的分光体 33、光学单元物镜 34c 和光学检测器 9。呈传输光束 35d 形式的辐射通过辅助透镜 37b 散射并照亮试件 1 的光学观测单元 18 内的结构 40。被照亮的结构 40 借助光束 10d 通过会聚透镜 38b' 和 38b''、辅

助透镜 37b 和光学单元物镜 34c 聚焦到检测器 9 上，从而可用图像表示并得到检查。该结构例如由图像记录表面（例如 CCD 芯片或测距仪的激光二极管）形成。如上所述，这里还可以实现其它的照明变型例。

可以用单一光学单元执行图 8 至图 11 中所述的测试方法，任选地可以使用不同的物镜或辅助透镜，从而将不需复杂转换的单一设备用于不同的试件或测试方法。

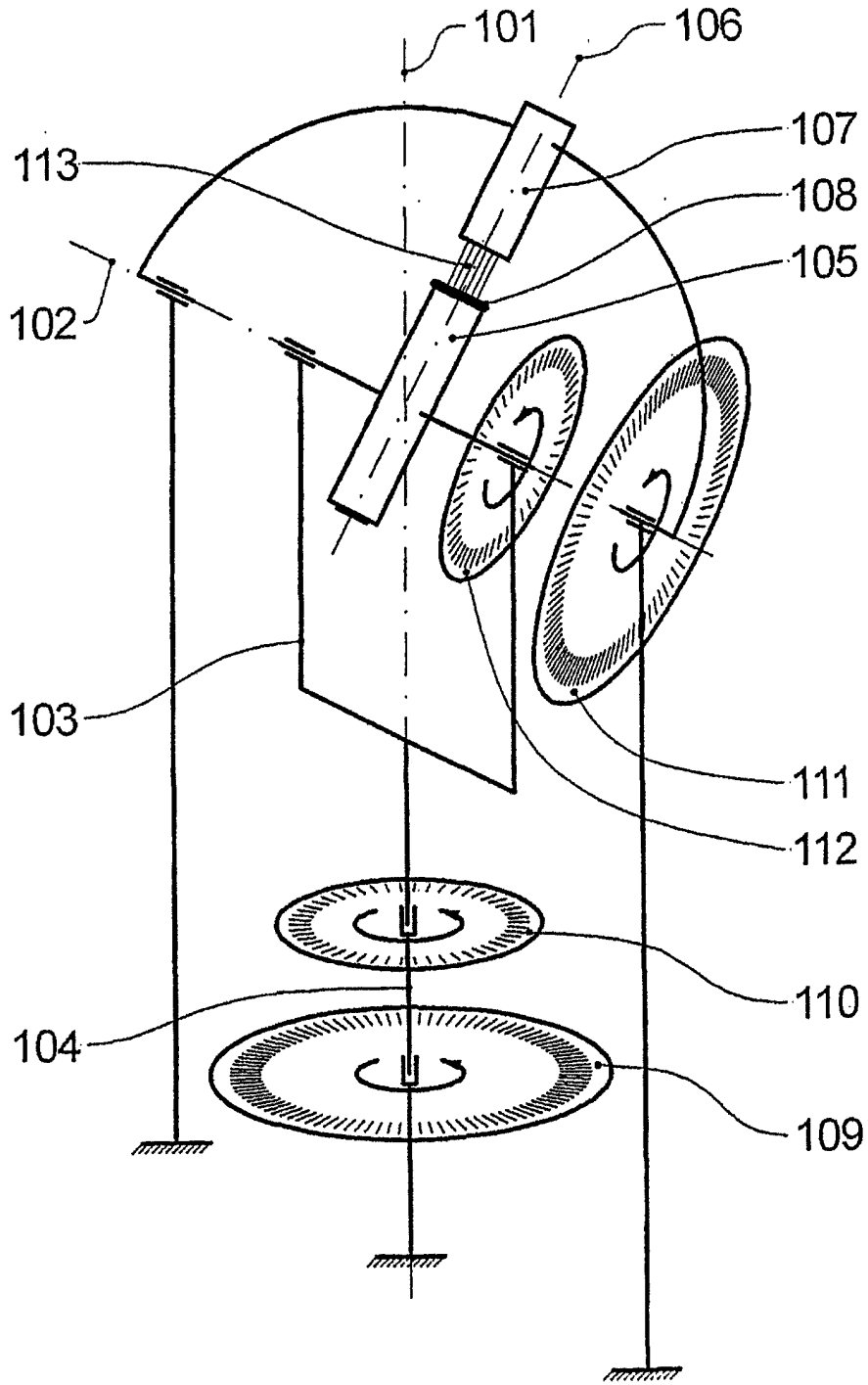


图 1

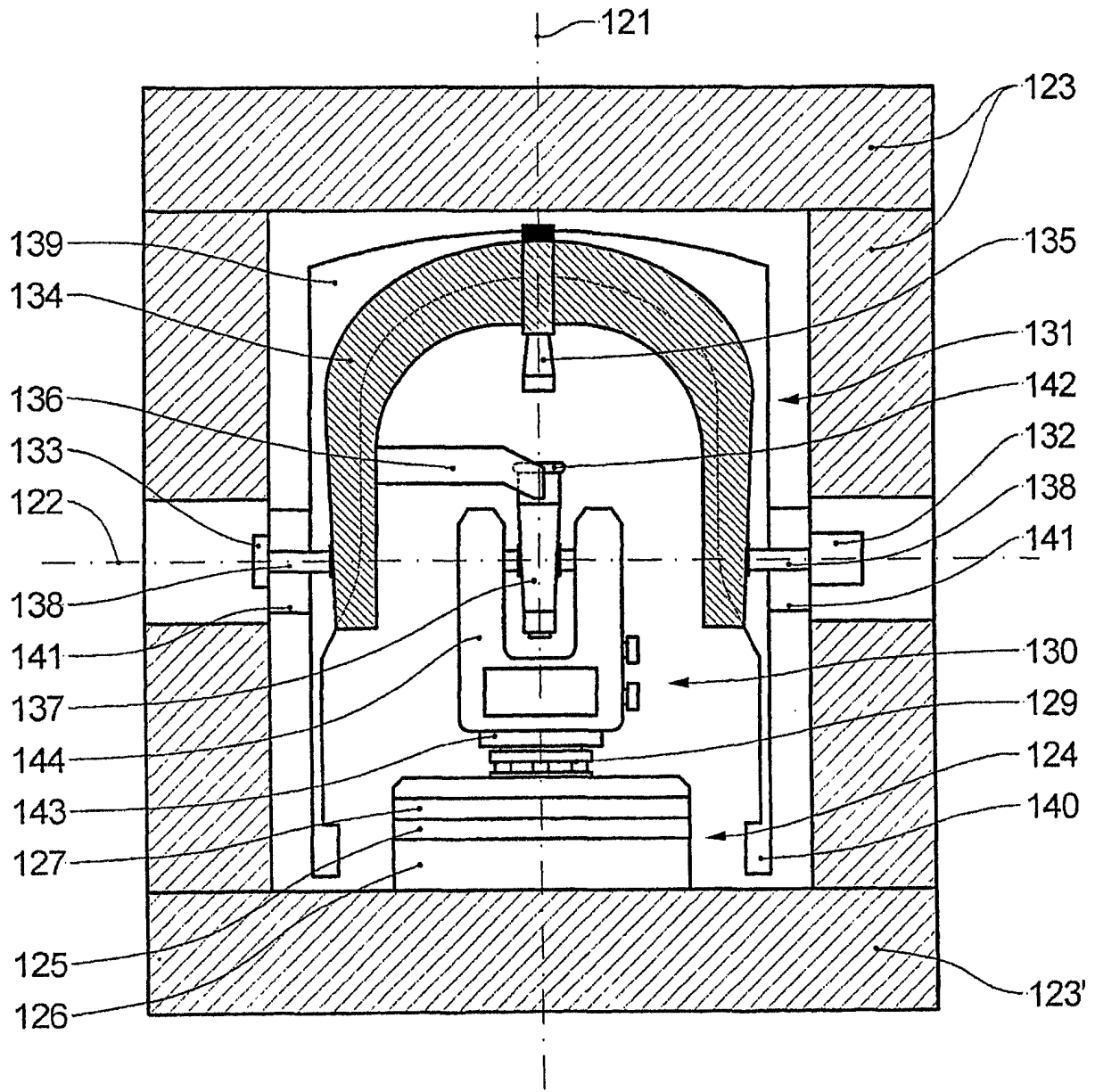


图 2

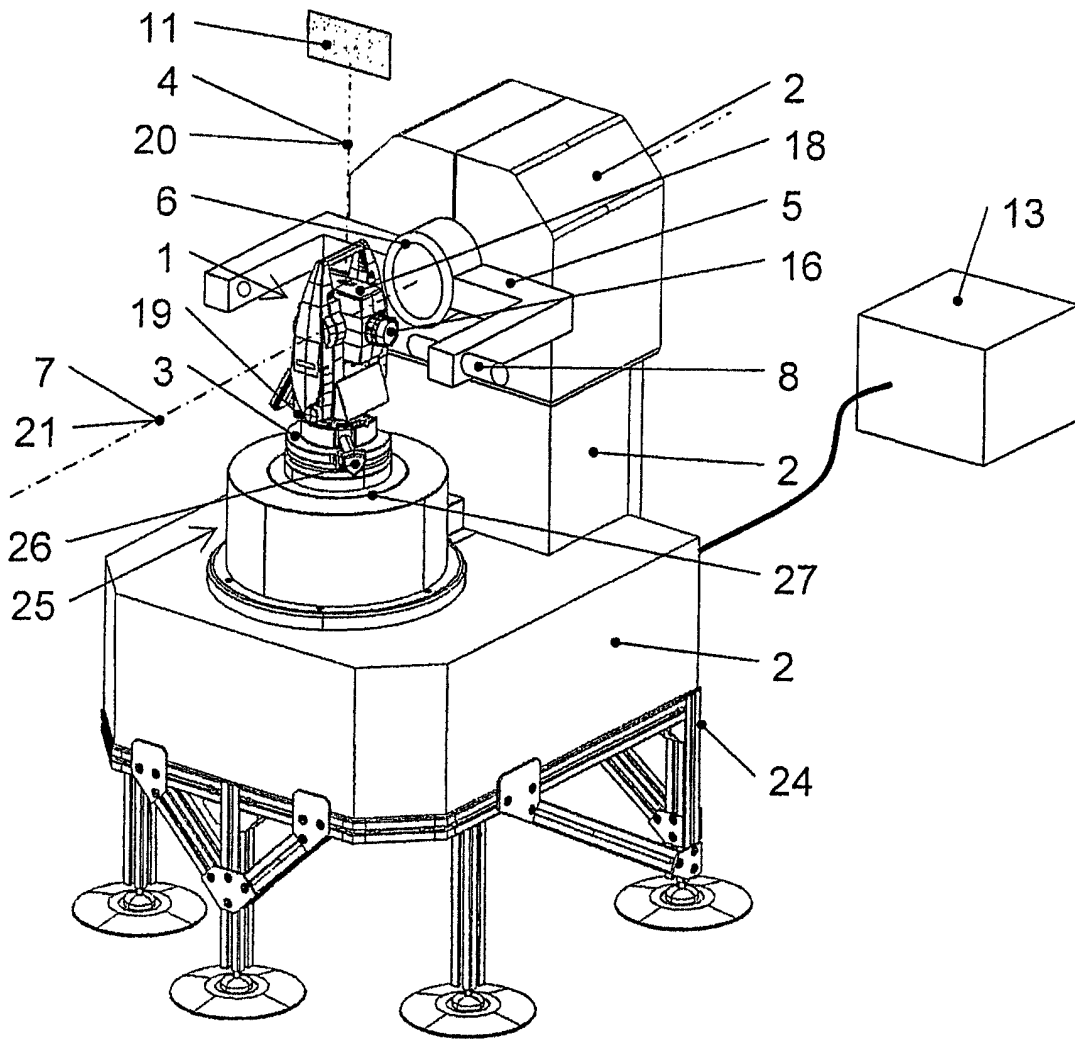


图 3

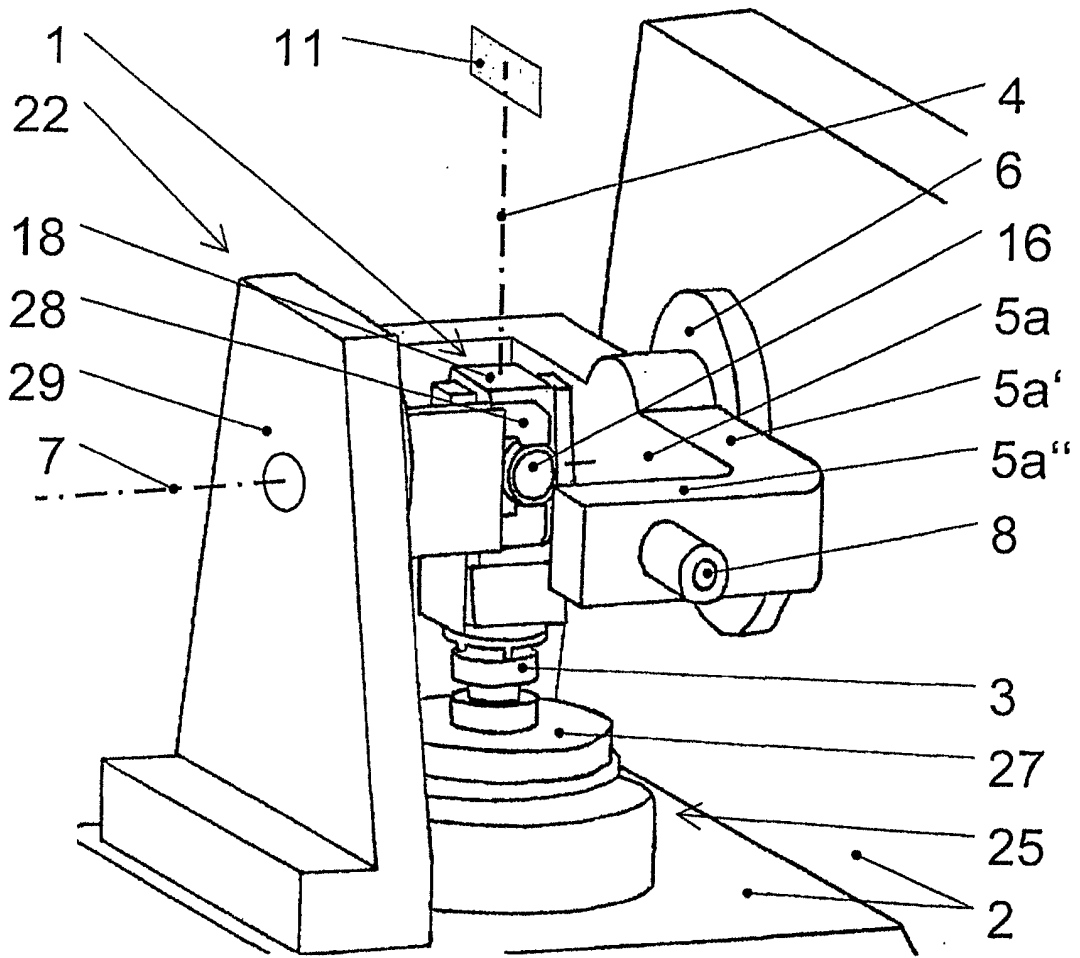


图 4

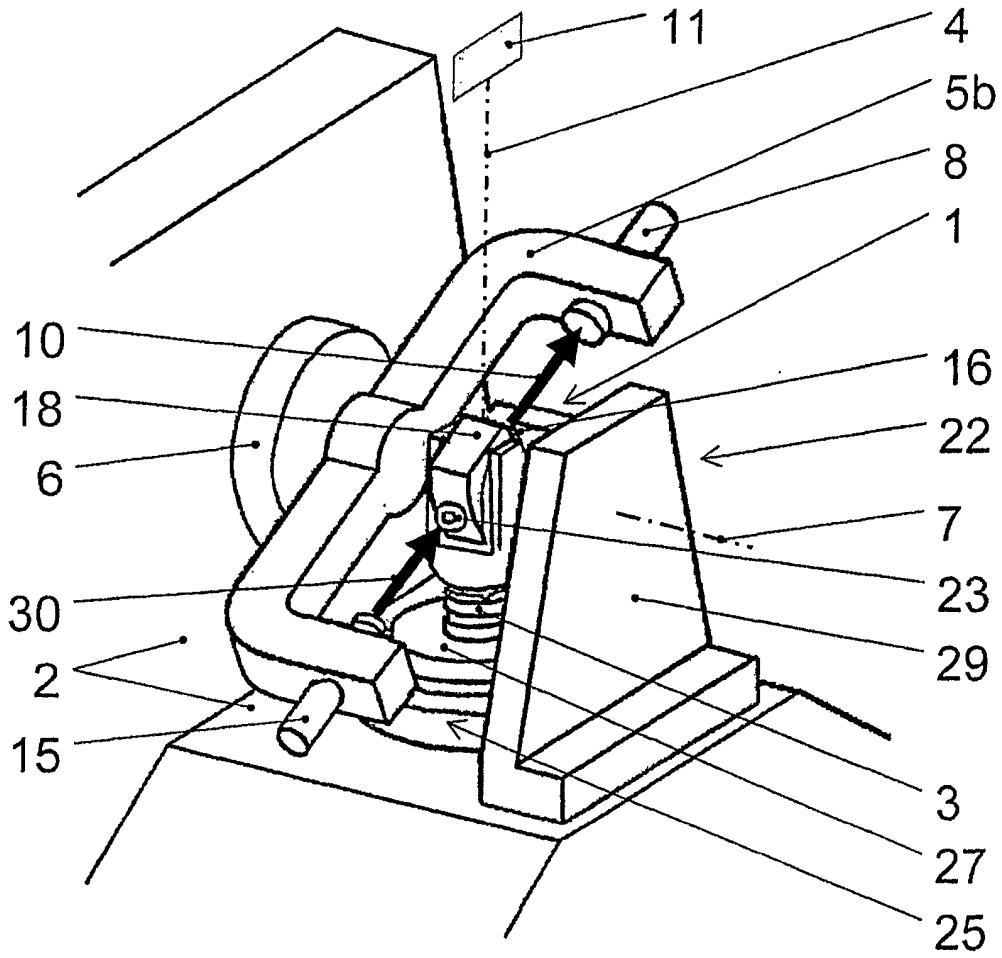


图 5

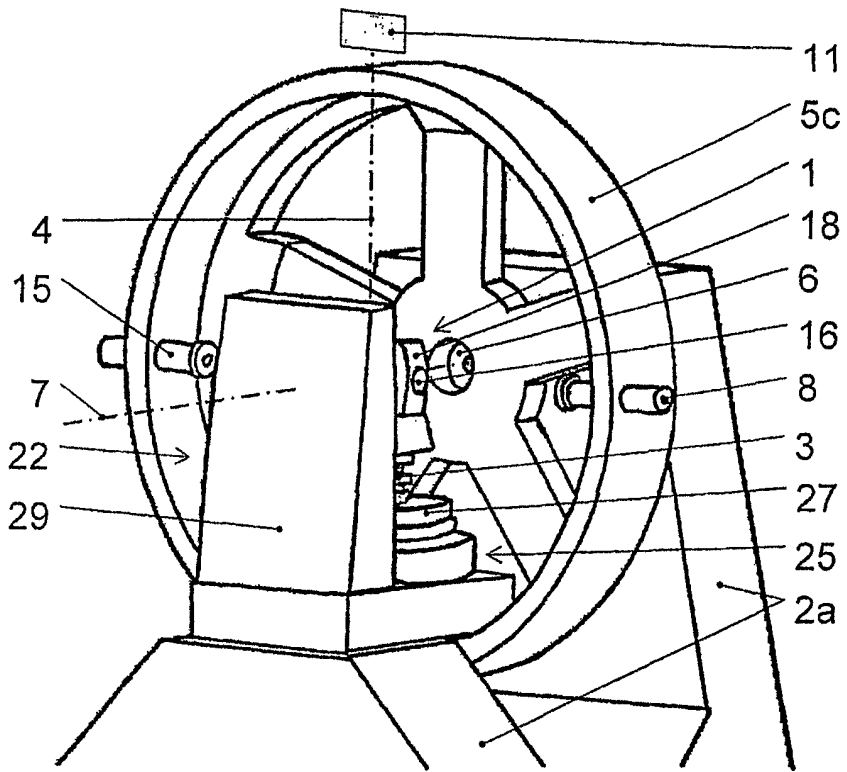


图 6

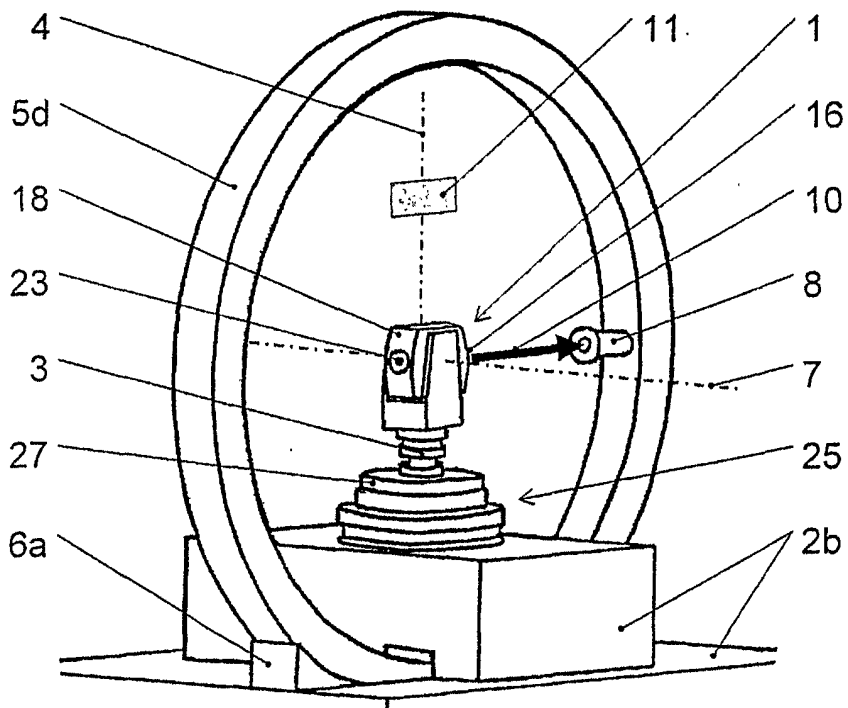


图 7

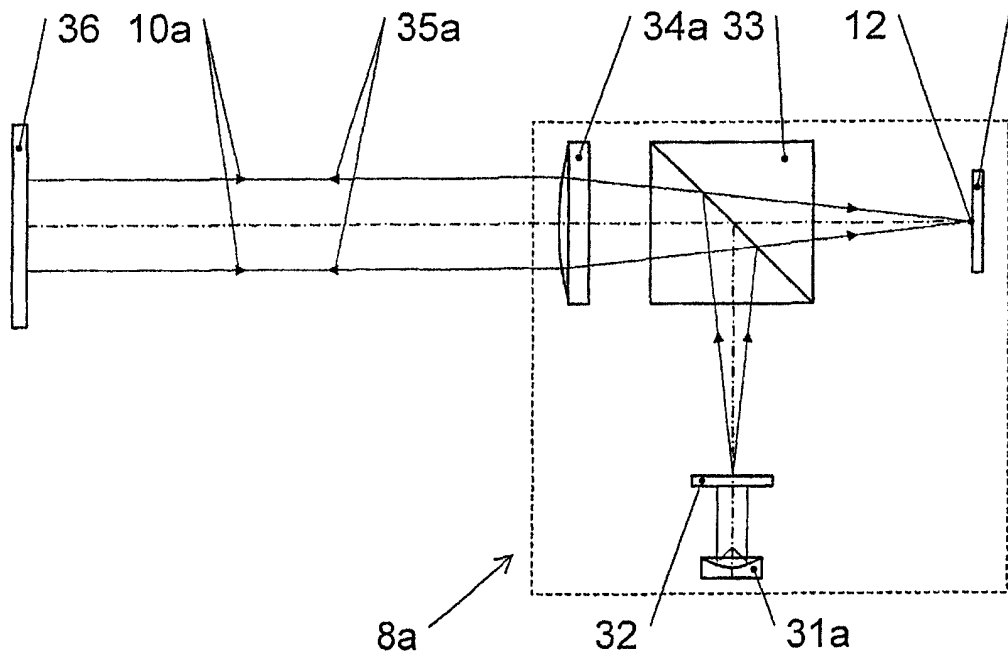


图 8

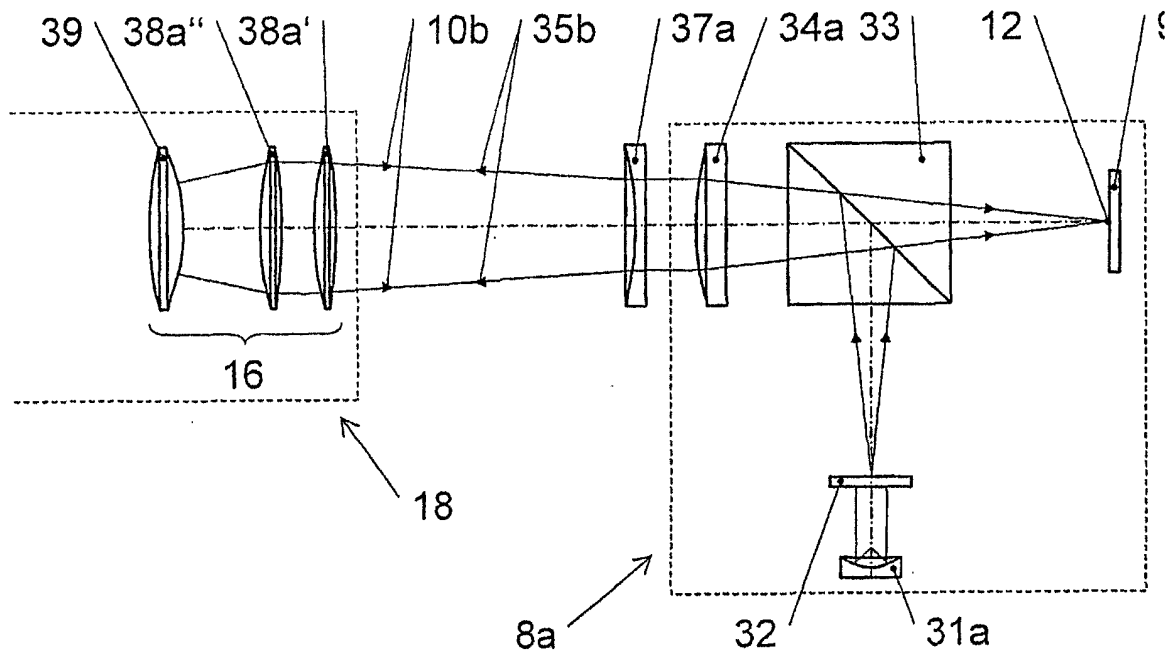


图 9

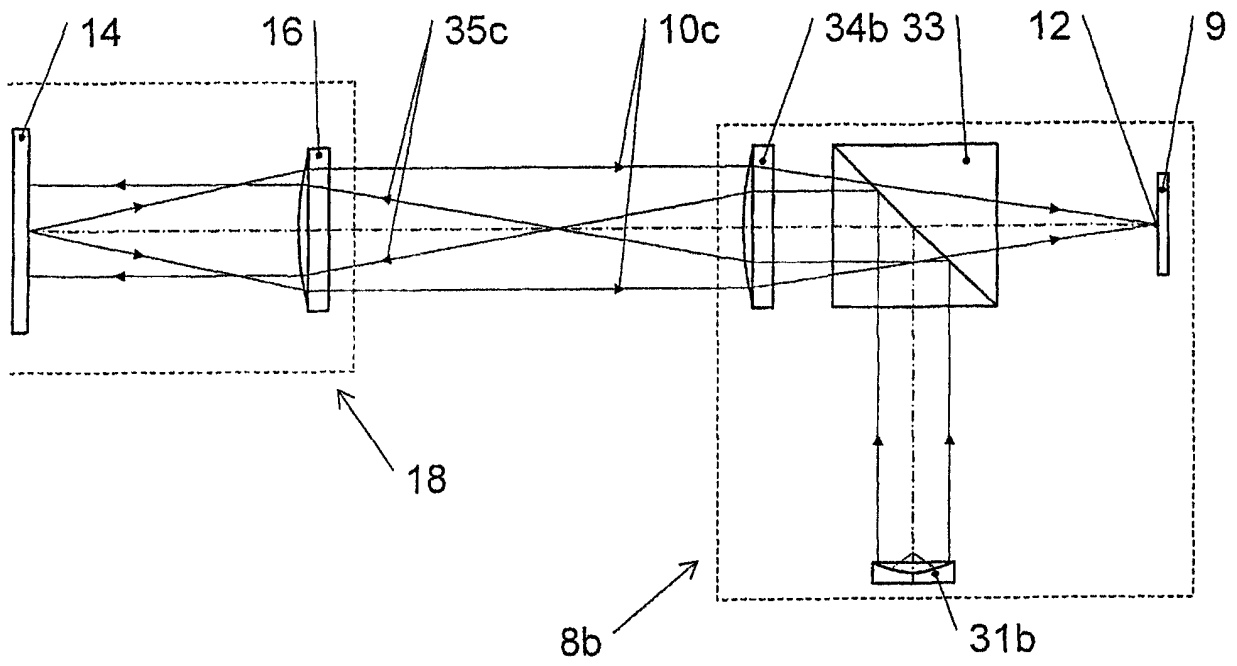


图 10

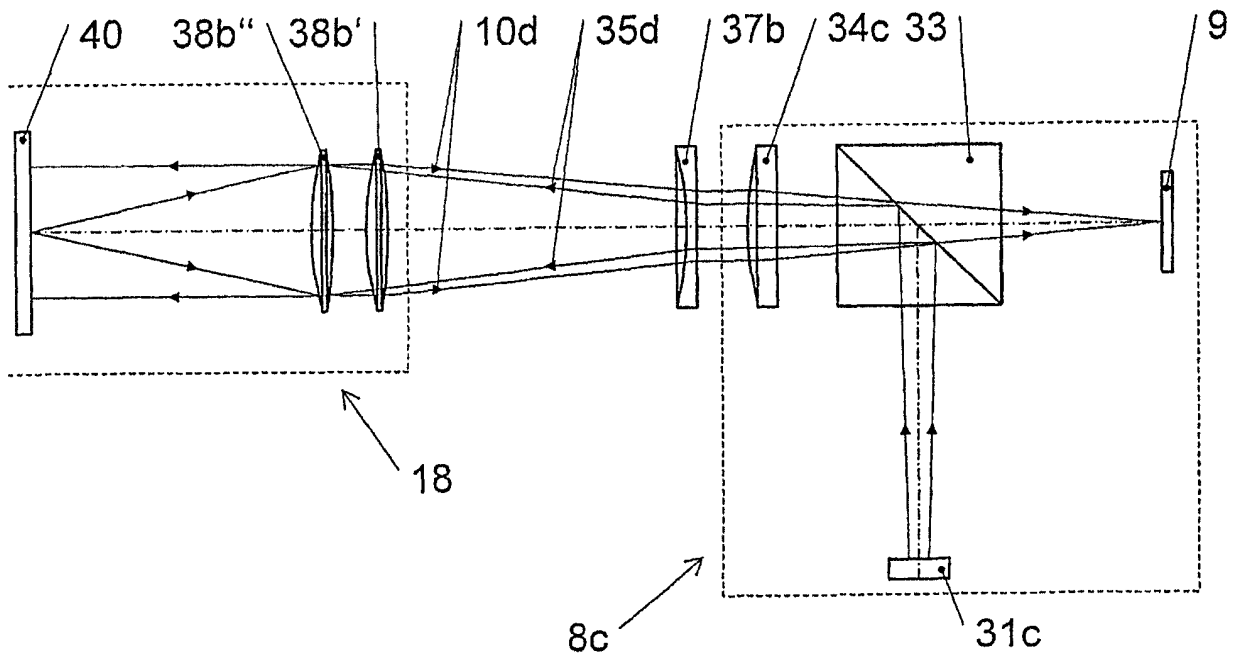


图 11