



(45)授權公告日 2019. 04. 05

权利要求书3页 说明书7页 附图1页

1. 一种测量系统,包括:

多个反射目标;以及

至少一个测量装置,所述测量装置包括:

光指向器和空间光调制器,其中光指向器设置为将光指向至空间光调制器,以及空间光调制器设置为接收并调制来自光指向器的光以形成一强度式样,其中空间光调制器为可编程的,从而该强度式样为可控的;

第一光学元件,配置为在第一平面处形成由接收自空间光调制器的光的强度样式;

第二光学元件,设置为接收形成该强度式样的光,并配置为将该强度式样放大至测量空间中;以及

检测器,设置为检测从测量空间反射的光;

其中,所述检测器为光电二极管形式;

其中,光指向器配置为将回射光从测量空间指向至所述检测器,所述回射光包括来自针对于每个反射目标的测量路径的光,每个反射目标的测量路径不同;

其中,光指向器配置为将来自参考路径的光指向至所述检测器,所述来自参考路径的光与来自每个测量路径的光干涉,生成一干涉信号;

其中所述测量系统配置为测量距离;

其中所述空间光调制器与所述第一光学元件之间的距离以及所述第一光学元件与所述第一平面之间的距离等于所述第一光学元件的焦距。

2. 根据权利要求1所述的测量系统,其中所述测量系统包括多个所述测量装置。

3. 根据权利要求2所述的测量系统,其中该多个测量装置围绕待测量对象设置。

4. 根据前述任一权利要求所述的测量系统,其中所述多个反射目标为多个回射目标。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,其中所述反射目标设置在一个或多个待测量对象上。

6. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,其中所述第二光学元件配置为以发散的方式将强度式样放大至测量空间中。

7. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,其中所述第二光学元件具有高于0.2的数值孔径。

8. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,其中所述第二光学元件具有高于0.4的数值孔径。

9. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,其中所述第二光学元件具有高于0.6的数值孔径。

10. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,进一步包括用于控制空间光调制器的控制单元,该控制单元配置为,当受到来自光指向器的光照射时,控制空间光调制器以形成强度式样,以在测量空间产生至少一个光束。

11. 根据权利要求10所述的测量系统,其中控制单元配置为,当受到来自光指向器的光照射时,控制空间光调制器以形成强度式样,以在测量空间产生多个光束。

12. 根据权利要求10所述的测量系统,其中控制单元可操作以将每一光束指向测量空间中的反射目标。

13. 根据权利要求12所述的测量系统,其中控制单元可操作以控制空间光调制器补偿

测量空间内的一个或多个回射目标的移动。

14. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,其中光指向器包括光分配器,其设置为将输入光的第一部分指向至空间光调制器,以及将输入光的第二部分指向至检测器作为利用反射自测量空间的光执行干涉量度的参考光。

15. 根据权利要求14所述的测量系统,其中光指向器包括光纤,其中光分配器由该光纤的端部提供;光指向器进一步包括光指向元件,其配置为将反射自该光纤端部或测量空间的光指向至检测器。

16. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,进一步包括用于提供输入光至光指向器的光源。

17. 根据权利要求16所述的测量系统,其中光源为激光器。

18. 根据权利要求1至3中任一项所述的测量系统,其中所述测量系统配置为使用频率扫描干涉量度来测量距离。

19. 一种测量目标的方法,包括:

在一测量空间中设置多个反射目标;

将光指向一空间光调制器;

操作空间光调制器对光进行调制以在测量空间产生多个光束,有至少一个光束指向反射目标中的每一个,其中空间光调制器为可编程的,从而强度式样为可控的;以及

在一检测器处检测从反射目标中的每一个反射的光,从而确定与每一反射目标相关的距离测量;

其中所述检测器为光电二极管形式;

其中操作空间光调制器对光进行调制以在测量空间中产生多个光束的步骤,包括操作空间光调制器利用光学元件在第一平面处产生一强度式样并将该强度式样放大至测量空间中,以在测量空间中产生该多个光束;

其中,光指向器配置为将回射光从测量空间指向至所述检测器,所述回射光包括来自针对于每个反射目标的测量路径的光,每个反射目标的测量路径不同;

其中,光指向器配置为将来自参考路径的光指向至所述检测器,所述来自参考路径的光与来自每个测量路径的光干涉,生成一干涉信号;

其中所述空间光调制器与所述光学元件之间的距离以及所述光学元件与所述第一平面之间的距离等于所述光学元件的焦距。

20. 根据权利要求19所述的方法,包括移动测量空间内的反射目标,以及操作空间光调制器以调整一强度式样,从而以该光束中的至少一个连续照射该反射目标中的每一个。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中一控制单元响应该反射目标的移动,操作空间光调制器补偿该移动,以利用该光束中的至少一个连续照射该反射目标中的每一个。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中放大强度式样的步骤,包括以发散的方式将该强度式样放大至测量空间中,以使该光束中的每一个为测量空间中的发散的光束。

23. 根据权利要求21或22所述的方法,其中该强度式样成像于离空间光调制器基本上无限远的距离。

24. 根据权利要求19至22中任一项所述的方法,其中每一个反射目标为回射目标。

25. 根据权利要求19至22中任一项所述的方法,其中在一检测器处检测从反射目标中

的每一个反射的光从而确定与每一反射目标相关的测量的步骤,包括将参考光指向该检测器,以及利用该参考光和反射自测量空间的光执行干涉量度,以确定与每一反射元件相关的距离测量。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中将光指向空间光调制器的步骤,包括将输入光的第一部分指向空间光调制器,以及将输入光的第二部分指向检测器以提供该参考光。

27. 根据权利要求19至22中任一项所述的方法,包括在测量空间中放置多个该空间光调制器,将光指向该空间光调制器中的每一个,以及操作该空间光调制器中的每一个以调制光并在测量空间中产生多个光束,有至少一个与每一空间光调制器相关的光束指向该反射目标中的每一个;

其中在一检测器处检测的步骤,包括在至少一个检测器处检测反射自该反射目标中的每一个的光,从而确定该反射目标中的每一个的多维坐标。

测量装置、系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种测量装置、系统和方法，特别是用于测距的测量装置、系统和方法。

背景技术

[0002] 现有各种用于测量对象的方法。已知的方法包括，例如激光跟踪。

[0003] 激光跟踪器使用一组基于角度和距离的传感器。其向特定的回射 (retro-reflective) 目标，例如向球形安装的回射体 (SMR) 发射窄的照准的激光束。SMR沿与发射的光束的相同路径将光束反射回仪器。激光跟踪器中的传感器检测SMR的移动，且一机构引导激光束使其始终跟随SMR。光束导向机构上的角度编码器测量从激光跟踪器至SMR的垂直和水平角，且一激光测距系统测量至SMR的距离。两个角度和距离的该组合以球面极坐标的形式给出SMR的三维坐标。

[0004] 该技术的缺陷为，每一激光跟踪器在任一时刻只能监测单个反射体，意味着尤其是在需要许多基准点的大型结构的情况下，必须将跟踪器依次导向至每一反射体，这样的过程可能会消耗时间和需要很大的工作量，且为完成这一过程要求所有目标静止不动。

[0005] 上述技术的另一缺陷来自于，要求跟踪器的一部分移动，以检测位于不同位置的SMR。控制该动作的机构的不完备会产生测量坐标的误差。

[0006] 再一缺陷来自于使用基于角度的测量。SMR的位置在垂直于跟踪器和目标之间的直线的方向上的不确定度，与跟踪器和目标之间的距离和对目标的角度测量的不确定度的积成比例。角度测量的不确定度为角度传感器不确定度、由空气的热梯度引起的激光束弯曲，以及由空气扰动引起的对激光束方向的随机干扰的组合。当SMR离跟踪器距离较远时，这潜在地产生SMR位置的较大不确定度。当部署在典型的工业环境中时，基于角度的坐标测量系统的精确度固有地比基于距离的系统低。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种改进的测量装置、系统和方法。

[0008] 根据本发明的一方面，提供了一种测量装置，包括：

[0009] 光指向器和空间光调制器，其中光指向器设置为使光指向至空间光调制器，以及空间光调制器设置为接收并调制来自光指向器的光以形成一强度式样；

[0010] 光学元件，设置为接收形成强度式样的光，并配置为将该强度式样放大至测量空间中；以及

[0011] 检测器，设置为检测从测量空间反射的光。

[0012] 本发明的优选实施例中，使用空间光调制器将指向目标的测量光束分离为多个分量。相对于在宽广区域上发散单个光束 (其为对光效率极低的利用)，这极大地提高了反射的信号强度。因此可在大得多的目标距离下接收有用的信号强度。这比使系统不安全的增加单个光束的输出功率更好。

[0013] 优选地,该光学元件配置为以发散的方式将强度式样放大至测量空间中。许多现有技术的装置的目标是将照准光束指向单个目标以避免光损耗。然而,在本发明的优选实施例中,由于空间光调制器能将测量光束分离为多个分量,因此同时照射多个目标,以发散的方式放大强度式样并不会损失大量的光,这是因为测量光束的分量发散可保持较小且其具体地指向有用的目标。

[0014] 优选地,空间光调制器为可编程的,从而该强度式样为可控的。这可以意味着该装置可重新配置以用于不同的情形,例如对应不同的待测量对象来使用。其还可以意味着该装置可操作以补偿在测量空间内的移动,例如当一个或多个反射的目标在测量空间内移动时,使光束跟随它们。这可意味着,尽管仅对少量的测量空间进行照射,该测量装置可连续地照射并对测量空间内的一个或多个移动目标进行测量。

[0015] 优选地,该装置包括用于控制空间光调制器的控制单元,控制单元配置为,当受到来自光指向器的光照射时,控制空间光调制器以形成强度式样,进而在测量空间产生至少一个光束,优选地为多个光束。如上所述,每一光束优选地为发散的。

[0016] 优选地,该控制单元可操作,以将每一光束指向测量空间的回射目标,以及优选地,光指向器配置为将回射光从测量空间指向至检测器。例如,这能够执行频率扫描干涉量度,以使该装置能够确定从该装置至一个或多个反射目标的距离。

[0017] 根据本发明的另一方面,提供了一种测量系统,包括:

[0018] 至少一个如上所述的测量装置;

[0019] 至少一个置于测量空间的用于反射光至检测器的反射目标。

[0020] 优选地,每一反射目标为一回射目标,意味着该目标可被多个测量装置围绕。利用多个测量装置围绕一目标意味着可获得该目标的三维坐标,而不仅仅是从装置至该目标的距离。

[0021] 优选地,在一个或多个待测量的对象上设置多个反射目标。这可对一个或多个对象的各个不同的点进行精确的三维测量,尤其在精度和准确度均为关键的复杂产品的组装中,其可起极大的辅助作用。

[0022] 根据本发明的再一方面,提供了一种测量目标的方法,包括:

[0023] 在一测量空间中设置多个反射目标;

[0024] 将光指向一空间光调制器;

[0025] 操作空间光调制器对光进行调制以在测量空间产生多个光束,存在有至少一个指向反射目标中的每一个的光束;以及

[0026] 在一检测器处检测从反射目标中的每一个反射的光,从而确定与每一反射目标相关的测量。

[0027] 本发明的优选实施例提供了一种用于同时测量多个目标的距离和坐标的测量装置、系统和方法。优选的实施例相比其它仪器提供有下列的优点:

[0028] 对多个目标位置的同时测量,降低了总体的测量时间和提高了覆盖范围(更少的视线问题)。

[0029] 实现了仅基于距离数据的高准确度的坐标测量,而不是基于固有地低准确度的角度数据。

[0030] 自校准;直接从数据导出坐标系,而不是通过仪器的机械结构物理地限定。

附图说明

[0031] 仅通过示例,参照附图,对本发明的实施例作如下描述,其中:

[0032] 图1为根据本发明的测量系统的实施例的示意图。

具体实施方式

[0033] 参照图1,测量系统包括以可调激光器100的形式的光源。可调激光器100为具有从1530nm至1560nm的无跳模调节范围的连续波外腔二极管激光器。然而,视情况而定可使用其它频率范围。

[0034] 在本示例中,该系统还包括以计算机182形式的控制单元。激光器100配置为从计算机182接受一用于控制波长调节特征的输入。

[0035] 激光器100的输出光耦合至一单模偏振保持光纤中,并指向至光纤分离器102。

[0036] 光纤分离器102将接收的光分离为两个部分。第一部分沿光纤122指向至测量装置120且第二部分沿光纤指向至时钟方框150。

[0037] 测量装置120配置为将通过光纤122接收的输入光指向至一光指向器。光指向器包括以光纤循环器124的形式光指向元件,以及以光纤126形式的光分配器。

[0038] 测量装置120配置为将通过光纤122接收的输入光指向至光纤循环器124的第一端口。光纤循环器124配置为将进入第一端口的光通过第二端口指向至光纤126。

[0039] 光纤126包括指向空间光调制器130的平坦的抛光的光纤端部,如下所述。该平坦的抛光的光纤端部将大约4%的光反射回光纤126。该反射光形成如下所述的干涉计的参考路径。该反射光重新进入光纤循环器124的第二端口。光纤循环器配置为将进入第二端口的光指向至第三端口,第三端口耦合至以检测光电二极管142形式的检测器。

[0040] 离开光纤循环器第二端口的不从光纤126的平坦的抛光的端部反射的光,离开光纤126并往以第一和第二透镜128形式的光学元件行进。透镜128配置为照准和扩展光至预定宽度的光束。引导该光束通过空间光调制器(SLM) 130。

[0041] 在本实施例中,SLM130为800x600像素的液晶微显示器。然而,SLM可以是能够对透射穿过每一个像素的光的一小部分进行独立调制,和/或对透射穿过每一个像素的光的相位延迟进行独立调制的任何部件。计算机182对将要显示在SLM上的传输电平的式样进行编程,SLM130配置为从计算机182接受一输入。

[0042] 在穿过SLM130之后,光继续通过以第三透镜132形式的光学元件并到达平面134。为了明晰,应注意平面134上并非一定置有任何物理对象;其仅为具有特定用途的平面。

[0043] SLM130和第三透镜132之间的距离优选地等于第三透镜132的焦距。第三透镜132和平面134之间的距离也等于透镜132的焦距。众所周知,在傅里叶光学的领域中,SLM130和第三透镜132的配置将使平面134的光场等于离开SLM130的调制的光场的傅里叶变换。这允许在平面134创建任意的、由显示在SLM130上的式样所控制的强度式样。

[0044] 平面134上的强度式样通过以第四透镜136形式的光学元件成像于远端平面140。应注意图1并非按比例绘制,且远端平面140通常将比所描述的大得多和更远。优选地,远端平面140基本上距离平面134无限远。优选地,第四透镜136具有较高的数值孔径,其优选地高于0.2,更优选地高于0.4以及最优选地高于0.6,以便放大平面134上的强度式样并将其投影到较宽的角度范围。可根据所需的角范围使用其它数值孔径值。

[0045] 一个或多个目标138附接至第四透镜136外的测量空间中的一个或多个待测量的对象(未示出)。

[0046] SLM130受控于计算机182而操作,以调制穿过其的光,进而在平面134产生强度式样,该强度式样包括一组光亮的聚光点。平面134上的强度式样中的每一聚光点将在第四透镜136和该聚光点在平面140上的成像之间生成一光束。该光束射出的角度由该聚光点在平面134上的位置确定。SLM130操作,使聚光点位置(以及由此的光束角度)产生为,以致每一光束照射其中一个回射目标138,且每一回射目标138被光束照射。由于第四透镜136将平面134的强度式样放大在平面140的大区域上,从第四透镜136射出的光束将稍微发散。如果从第四透镜136观察的一较小的角度范围内有两个以上的反射目标138,由于光束直径可能大于目标直径,照射光束中的若干个可以有交叠的情况。

[0047] 回射目标138为具有近似等于2的折射率的玻璃球体。众所周知,这样的球体用作猫眼回射体(Takatsuji、Goto、Osawa、Yin和Kurosawa,1999),并因此投在每一目标上的入射光的一部分反射回往第四透镜136。反射目标138并不必须为回射体,只要它们将光指向至检测器即可,优选地通过将光反射回第四透镜136。然而,如果回射目标138回射从任何方向入射的光,则可获得优点,意味着每一目标可立即将光回射至多个测量装置。

[0048] 到达第四透镜136的反射光以与上述顺序相反的顺序返回通过测量装置120的元件,直到其到达和进入光纤126。

[0049] 沿光纤126往光纤循环器124返回的光,包括来自光纤端部的4%反射的光,此处称为参考路径。沿光纤126返回的光,还包括从回射目标138反射之后的返回的光。从回射目标反射之后返回的光包括多个不同的路径。对应从每一回射体返回的光,有一个不同的路径。此处,这些称为测量路径。参考路径的光与测量路径中的每一个的光干涉,生成一干涉信号。应注意,任意两个测量路径的光也产生干涉,但是测量路径的强度通常比参考路径低得多,因此测量路径上的这些干涉信号的幅度可以忽略。

[0050] 沿光纤126返回的光进入光纤循环器124的第二端口。如上所述,进入光纤循环器124第二端口的光通过第三端口转引至检测光电二极管142,检测光电二极管142将接收的包括所有干涉信号的光强度转换为由模拟数字转换器(ADC)180记录的电压信号,ADC180联接到检测光电二极管142和计算机182。

[0051] 时钟方框150接收来自光纤分离器102的光的第二部分,作为输入光。时钟方框150将其输入光引导通过一不平衡光纤马赫曾德耳干涉仪,其包括光纤分离器152,该不平衡光纤马赫曾德耳干涉仪的输出由长度不相等的光纤154和156耦合至下一个光纤分离器158的输入端。该干涉仪的输出为进一步的光纤分离器158的输出,进一步的光纤分离器158连接至光电二极管160和162。光电二极管160和162的差值由差分放大器164放大并提供至模拟数字转换器180,作为采样的触发信号。

[0052] 如上所述,计算机182控制测量过程,包括接收来自ADC180的数字化信号、控制激光器100的调节,以及控制投影在SLM130上的式样。

[0053] 计算机182还可操作,以控制空间光调制器补偿回射目标138中任何一个的移动。这可通过多种方式实现。在一些实施例中,可提供一种系统,在该系统中,围绕测量空间设置有多个测量装置120。如下所述,这可用于计算每一目标的三维位置。在计算机182从该三维位置确定一目标移出测量装置120的光束时,其可调整投影在各自的装置120的SLM130上

的式样,以使从第四透镜136射出的光束连续照射回射目标138中的每一个。

[0054] 使用如图1描述的系统的测量方法如下执行。

[0055] 首先,定位目标138。这可以各种不同的方式实现。例如,可用相机系统来获得一近似的位置,或测量装置可操作以扫描测量空间,并可将检测器从测量空间检测到反射的点记录为目标位置。

[0056] Gerchberg-Saxton算法(Gerchberg和Saxton于1971年发明)用于设计显示在SLM130上的式样,SLM130将在平面134上的正确位置生成具有明亮强度的聚光点,以生成照射回射目标138中的每一个的光束。该算法可在计算机182实现。计算机182发送结果式样至SLM130并操作SLM显示该式样。

[0057] 然后计算机182发送命令至可调激光器100,以启动对激光进行大致线性的从1530nm至1560nm的波长扫描,并同时命令ADC180开始记录数据。

[0058] 可调激光器100的输出光的一部分进入时钟方框150,并穿过包括光纤分离器152的不平衡光纤马赫曾德耳干涉仪、长度不相等的光纤154和156,以及进一步的光纤分离器158。干涉仪的该两个输出为随激光器光学频率变化的正弦信号,每经过一个周期该激光器频率提高一预定的量。该两个干涉仪输出为180度的反相,因此使用差分放大器164放大光电二极管160和162的光电流的差值将保持来自干涉仪的正弦信号,并抑制例如像激光强度变动这样的共模噪声。因此差分放大器164的输出电压信号的过零点出现在激光光学频率的规则间隔处。

[0059] 每当差分放大器164的输出在正方向上跨过零伏特时,ADC180从检测光电二极管142处采样。以此方式,ADC按由时钟方框150的输出所控制的时间,对检测光电二极管142输出的电压信号进行采样。

[0060] ADC180以所述方式,在激光波长扫描期间,记录来自检测光电二极管142的电压,并将该数据提供至计算机182用于分析。

[0061] 计算机182对从检测光电二极管142获取的电压值进行傅里叶变换计算。分析该傅里叶变换的幅度以查找顶点。每一顶点对应其中一个回射目标138,且该顶点的频率与到各个目标138的距离成比例。

[0062] 当检测器的传感器检测到回射目标138的移动并向计算机182报告时,计算机再次应用Gerchberg-Saxton算法调整用于在SLM130上显示的式样,并发送结果式样至SLM130,以使从第四透镜136射出的光束连续照射,且系统可连续测量回射目标138中的每一个。

[0063] 上述的实施例可作修改。可调激光器可包含光放大器,例如铒掺杂的光纤放大器,以便提高输出功率,当测量目标在较远距离时这是有益的。

[0064] 第三透镜132可置于透镜128和SLM130之间。本领域技术人员将明白,当透镜128和透镜132以此方式并排设置时,可通过使用不同数量的透镜来实现所有三个透镜的功能(假设为规定的大小和规定的SLM上入射光束的会聚角),例如两个透镜。

[0065] 以上描述的实施例使用单频率扫描的激光来进行距离测量。可替代使用两个激光器例如(Schneider、Thurmel和Stockmann,2001年)所述的配置进行测量。这更有利于防止由激光扫描期间的目标动作多引起的测量误差。

[0066] 光指向器不需要包括光纤指向元件和光分配器。光指向器可为任何能够将光指向至空间光调制器的光学元件。然而,光指向器优选地还将回射光指向至检测器。

[0067] 光分配器不必是光纤,而可以是配置为将输入光的第一部分指向至空间光调制器、及将输入光的第二部分指向至检测器的任何光学元件。

[0068] 光纤126的端部可施加一部分反射涂层,例如33%反射的涂层。这可提高在光电二极管142上观测的干涉信号的幅度。

[0069] 尽管上述的许多光学元件为透镜,但还可使用其它光学元件,只要它们提供适当的放大和/或成像等级即可。例如,可用弯曲的镜子代替透镜。此外,可使用若干透镜的组合来代替任何单一透镜。

[0070] 以上描述的实施例使用透光的SLM。众所周知,可使用反射的SLM获得相同的效果。存在有多种众所周知的光学机构,在其中可使用这样的部件。在一个配置中,以较小的角度将光指向在反射SLM上。在另一配置中,利用双折射元件,例如SLM和分光棱镜之间的半波板,使光通过一偏振分光棱镜(polarising beam splitter cube)指向至反射SLM上。

[0071] 可使用除了Gerchberg-Saxton算法外的算法来设计显示在SLM上的式样。

[0072] 根据本发明系统的进一步实施例,回射目标138被多个测量装置120围绕,每一测量装置120按如上所述配置。

[0073] 每一测量装置可设置有其自己的光源100,或来自单一光源的光可在多个测量装置120中分配。

[0074] 每一测量装置120可设置有其自己的时钟方框150和ADC180,或可使用用于多个测量装置120的具有多个输入通道的单一的时钟方框150和ADC。然而,将通过ADC180获取的用于所有测量装置120的数据提供至计算机182。

[0075] 在本实施例中,计算机182从测量装置中的每一个获取回射目标138中的每一个的距离的明细。如果测量装置120的相关配置为已知的,可由计算机使用该数据来产生对应回射目标138中的每一个的三维坐标。在追踪需要装配至一起的大型部件在三维空间中的位置时,例如飞机机身的部件,这是尤其有利的。

[0076] 在一种方式中,可获得测量装置120和回射目标138的相关配置,以执行最小二乘法拟合处理,其调整对未知参数的估算(测量装置和回射目标位置),从而查找到与测量距离一致的估算值。这是类似于众所周知的照相测量法中的“光束平差法(bundle adjustment)”处理。该处理要求有比未知参数更多的已测量距离,对应每一个测量装置120和回射目标138有三个(对应笛卡尔坐标系中的x、y和z位置)。例如,这可利用4个测量装置获得,每一测量装置观测相同的6个以上的回射目标。

[0077] 目标138可设置在测量装置本身上。这向上述的最小二乘法拟合处理提供了进一步的信息,其可提高测量的坐标的准确度。

[0078] 目标138可设置为附接至稳定的位置,例如墙壁或地板。这可用于限定固定的参考系,利用该参考系比较对象位置或对象动作。

[0079] 本发明实施例的应用包括一般的坐标计量法,类似于由激光器跟踪器和照相测量法、误差映射CMMs、机械工具和动作段,以及监控结构形变来服务的应用。这些应用可以是特别有用的,例如在航空产业用于监控抖动、形变,或当组装机翼或机身时。它们还可以用于空间技术,例如用于监控人造卫星部件的形变,例如在进行热真空试验时。它们能用在汽车工业或可再生能源中,例如用于测量风力涡轮刀片的形变,或用在科学研究中,例如用于粒子加速器中关键部件的对准,以及用于准确度和精度为必要的大型望远镜和其它仪器

中。另一潜在的应用领域为平板电视的组装,其要求在真空装配时的精确的零件对准。

[0080] 所述实施例的所有可选的和优选的特征和修改,以及从属权利要求,在本发明于本文教导的所有方面中均为可用的。此外,从属权利要求的各个特征,以及所述实施例的所有可选的和优选的特征和修改可以彼此组合和互换。

[0081] 参考

[0082] Gerchberg,R.,&Saxton,W. (1971).Phase determination for image and diffraction plane pictures in the electron microscope.Optik.Retrieved from http://scholar.google.co.uk/scholar?hl=en&q=gerchberg+saxton&btnG=&as_sdt=1%2C5&as_sdt=7

[0083] Takatsuji,T.,Goto,M.,Osawa,S.,Yin,R.,&Kurosawa,T. (1999).Whole-viewing-angle cat's-eye retroreflector as a target of laser trackers.Measurement Science and Technology,10 (7),N87-N90.doi:10.1088/0957-0233/10/7/403

[0084] Schneider,R.,Thurmel,P.,&Stockmann,M. (2001).Distance measurement of moving objects by frequency modulated laser radar.Optical Engineering,40 (1), 33.doi:10.1117/1.1332772

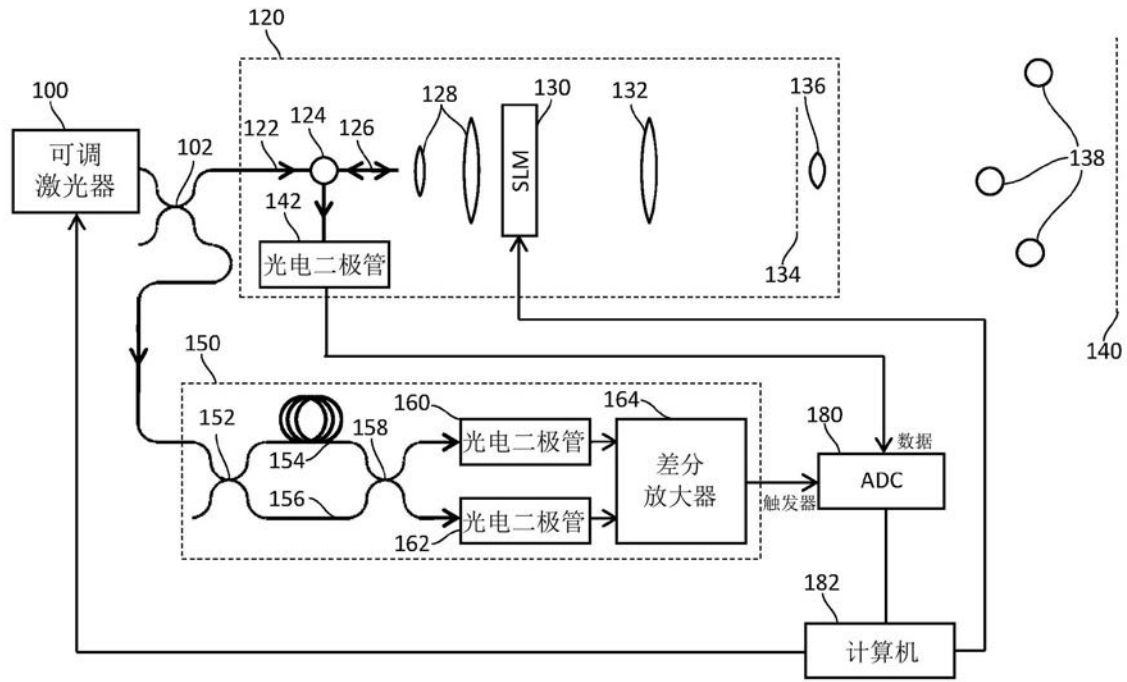


图1