



# (12)发明专利



(10)授权公告号 CN 104792259 B

(45)授权公告日 2019.04.12

(21)申请号 201410748982.2

(22)申请日 2014.12.09

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104792259 A

(43)申请公布日 2015.07.22

(30)优先权数据

14/156,789 2014.01.16 US

(73)专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 J·M·圣克莱尔 M·D·沃斯

W·D·舍曼 D·C·索瑞德

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 赵蓉民

(51)Int.Cl.

G01B 11/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2002/0154287 A1,2002.10.24,

CN 103311256 A,2013.09.18,

CN 101995577 A,2011.03.30,

CN 103477188 A,2013.12.25,

US 2012/0044493 A1,2012.02.23,

US 2006/0227317 A1,2006.10.12,

US 2008/0239281 A1,2008.10.02,

US 2002/0135774 A1,2002.09.26,

审查员 陈良泽

权利要求书3页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

激光器测量系统和方法

(57)摘要

本发明涉及激光器测量系统和方法。一种激光器测量系统10可以包括调制的测量光束26;分束器42,其用于将测量光束26分离为本地震荡器光束44和发射光束46;光学组件50,其用于将发射光束46投射到目标结构38的表面的测量区域34并用于接收来自测量区域34的反射光束52;光束组合器24,其用于将反射光束52和本地震荡器光束44组合为检测光束68;检测器48,其用于处理检测光束68,检测器48包括用于投射检测光束68的微透镜72,光电检测器76,其用于执行检测光束68的相干检测,和与光电检测器76通信的检测器电子装置84,其用于根据检测光束68生成信息数据;以及范围处理器,其用于根据信息数据计算关于测量区域34的维度数据。

1. 一种激光器测量系统(10),其包含:

测量光束(26),其中该测量光束被调制;

分束器(42),其用于将所述测量光束分离为本地振荡器光束(44)和发射光束(46);

光学组件(50),其用于将所述发射光束(46)扩展并且投射以覆盖目标结构(38)的表面(36)上的测量区域(34),并用于接收并且聚焦多个反射光束(52),所述多个反射光束(52)是来自所述测量区域(34)内的所述目标结构的表面上的多个测量点的所述发射光束的单个投射的返回;

光束组合器(24),其用于将所述多个反射光束(52)和所述本地振荡器光束(44)组合为检测光束(68);

检测器(48),其用于处理所述检测光束(68),所述检测器(48)包含形成微透镜阵列的多个微透镜;形成光电检测器阵列的多个光电检测器(76),其中所述微透镜阵列的所述多个微透镜中的每个同时将表示所述测量区域内的所述多个测量点中的每个的所述检测光束的一部分投射到所述光电检测器阵列的所述多个光电检测器中的相关一个光电检测器,并且其中所述光电检测器阵列的所述多个光电检测器中的每个执行所述检测光束(68)的所述部分的每个部分的相干检测;以及

与所述光电检测器阵列的所述多个光电检测器(76)通信的检测器电子装置(84),其中所述检测器电子装置根据针对所述多个测量点的所述检测光束(68)的所述部分生成信息数据;和

与所述检测器电子装置通信的范围处理器(86),其中所述范围处理器根据所述信息数据,基于所述目标结构的表面上的所述测量区域的所述多个反射光束的反射以及所述目标结构的表面上的所述测量区域上的所述发射光束的单个投射,计算所述测量区域(34)内的所述多个测量点的维度数据,为所述多个测量点中的每个计算范围值,并且向控制器报告所述多个测量点中的每个的所述范围值用于显示,并且其中所述多个测量点的多个范围值被显示为所述目标结构的二维表示。

2. 根据权利要求1所述的系统,进一步包含:

信号光束投射器(12),所述信号光束投射器(12)包含用于发射信号光束(18)的激光器(16,20);

导向光束投射器(14),所述导向光束投射器(14)包含用于发射导向光束(22)的激光器(16、20);和

光束组合器(24),其用于将所述信号光束(18)和所述导向光束(22)组合成所述测量光束(26)。

3. 根据权利要求2所述的系统,其中所述信号光束投射器(12)包含用于调制所述信号光束(18)的激光调制器(30)。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光学组件(50)包含发射光束(46)光学装置,其用于将所述发射光束(46)整形到所述测量区域(34)。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光学组件(50)包含反射光束(52)光学装置,其用于收集来自所述测量区域(34)的所述反射光束(52)。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述检测器电子装置(84)包含:

多个模数转换器(82),其用于将来自所述多个光电检测器(76)的电信号转换为数字信

号;

多个缓存器 (86、88), 其用于临时存储所述数字信号; 以及

多个快速傅里叶变换处理器 (90), 其用于根据所述数字信号计算所述信息数据的频谱。

7. 根据权利要求1所述的系统, 其中至少一个模数转换器、至少一个缓存器以及至少一个快速傅里叶变换处理器与所述光电检测器阵列 (78) 的所述多个光电检测器 (76) 中的每个关联。

8. 根据权利要求1所述的系统, 进一步包含成像系统 (62), 其用于提供所述目标结构 (38) 的图像 (66), 其中所述控制器通过所述范围处理器在特定时间点处理来自所述检测器电子装置的所述数字信号, 并且将所述范围值与在相同时间点的所述目标结构的所述图像关联。

9. 根据权利要求8所述的系统, 进一步包含显示器 (64), 其中显示为所述目标结构的所述二维表示的所述范围值和所述图像 (66) 由所述控制器 (40) 集成并显示在所述显示器 (64) 上。

10. 一种激光器测量系统 (10), 其包含:

信号光束投射器 (12), 其包含用于发射信号光束 (18) 的激光器 (16、20), 其中所述信号光束被调制;

导向光束投射器 (14), 其包含用于发射导向光束 (22) 的激光器 (16、20);

光束组合器 (42), 其用于将所述信号光束 (18) 和所述导向光束 (22) 组合为测量光束 (26), 其中所述测量光束被调制;

分束器 (42), 其用于将所述测量光束 (26) 分离为本地振荡器光束 (44) 和发射光束 (46);

发射光束光学装置 (58), 其用于将所述发射光束 (46) 扩展以覆盖目标结构 (38) 的表面 (36) 上的测量区域 (34);

反射光束光学装置 (60), 其用于聚焦多个反射光束 (52), 所述多个反射光束 (52) 是来自在所述测量区域 (34) 内的所述目标结构的所述表面 (36) 上的多个测量点 (92) 的所述发射光束的单个投射的返回;

本地振荡器光束 (44) 光学装置, 其用于控制所述本地振荡器光束 (44) 的光量;

光束组合器 (42), 其用于将所述多个反射光束 (52) 和所述本地振荡器光束 (44) 组合为检测光束 (68);

检测器 (48), 其用于处理所述检测光束 (68), 所述检测器 (48) 包含: 多个微透镜 (72), 其形成微透镜阵列 (74); 多个光电检测器 (76), 其形成光电检测器阵列 (78), 其中所述微透镜阵列的所述多个微透镜中的每个同时将表示所述测量区域内的所述多个测量点中的每个的所述检测光束的一部分投射到所述光电检测器阵列的所述多个光电检测器的相关一个光电检测器, 并且其中所述光电检测器阵列的所述多个光电检测器中的每个执行所述检测光束 (68) 的所述部分中的每个部分的相干检测; 以及与所述多个光电检测器 (76) 通信的检测器电子装置 (84), 其中所述检测器电子装置根据所述检测光束 (68) 的所述部分生成信息数据;

与所述检测器电子装置通信的范围处理器 (86), 其中所述范围处理器根据所述信息数

据,基于所述目标结构的表面上的所述测量区域的所述多个反射光束的反射以及所述目标结构的表面上的所述测量区域上的所述发射光束的单个投射,计算所述多个测量点(92)的维度数据,为所述多个测量点中的每个计算范围值,并且向控制器报告所述多个测量点中的每个的所述范围值用于显示,并且其中所述多个测量点的多个范围值被显示为所述目标结构的二维表示;和

成像系统(62),其用于提供所述目标结构(38)的所述表面(36)的图像(66)。

## 激光器测量系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明总体涉及测量系统,并且更具体地,涉及用于目标结构的表面上测量区域的相干视频测量的激光器测量系统和方法。

### 背景技术

[0002] 在制造和装配过程中零件的定位和定向要求严格的公差。在生产、测试和评估过程中,关于零件的信息(例如关于零件表面的信息)必须非常精确,以满足对高性能产品(例如在航空航天工业中)日益提高的要求。所要求的公差会挑战可用测量组件和系统的能力。

[0003] 目前的相干激光器测量系统使用光波(例如,激光束)执行多种定位和测量功能。激光器测量能够执行高分辨率测量并提供关于零件的精确几何尺寸数据/维度数据。遗憾的是,高生产率可能难以满足现有激光器测量系统,原因是这些系统一次仅测量零件表面的一个点。因此,这些系统要求大量时间来实现高精度度。

[0004] 由于受单点测量限制,现有方案不是支持高生产率的设计,因此生产率受到了限制。解决这种限制的一个方案是建立额外的工作单元。然而,以这种方式获得更高的生产流速率要付出很大代价。

[0005] 因此,本领域技术人员在激光器测量领域继续努力研究和开发。

### 发明内容

[0006] 在一个实施例中,所公开的激光器测量系统可以包含:调制的测量光束;分束器,其用于将所述测量光束分离为本地振荡器光束和发射光束;光学组件,其用于将所述发射光束投射到目标结构的表面上的测量区域以及用于接收来自测量区域的反射光束;光束组合器,其用于将反射光束和本地振荡器光束组合为检测光束;检测器,其用于处理检测光束,所述检测器包括用于投射检测光束的微透镜,光电检测器,其用于执行检测光束的相干检测,和与光电检测器通信的检测器电子装置,其用于根据检测光束生成信息数据;和范围处理器,其用于根据信息数据计算关于测量区域的维度数据。

[0007] 优选地,检测器电子装置84包含:多个模数转换器82,其用于将来自多个光电检测器76的电信号转换为数字信号;多个缓存器86、88,其用于临时存储数字信号;以及多个快速傅里叶变换处理器90,其用于根据所述数字信号计算所述信息数据。更优选地,至少一个模数转换器82,至少一个缓存器86、88和至少一个快速傅里叶变换处理器90与光电检测器阵列78的每个光电检测器76关联。检测器电子装置84可以同时处理来自整个光电检测器阵列78的数字信号,或者检测器电子装置84可以单独处理来自所述光电检测器阵列78的每个光电检测器76的数字信号,其中检测器电子装置84连续处理来自光电检测器阵列78的每个光电检测器76的数字信号。系统优选包含激光跟踪器104、激光雷达106、视频测量系统108和摄影测量系统110中的至少一个。

[0008] 根据另一个方面,所公开的激光器测量系统10包含:信号光束投射器12,其包含用于发射调制的信号光束18的激光器16、20;导向光束投射器14,其包含用于发射导向光束22

的激光器16、20;光束组合器42,其用于将所述信号光束18和所述导向光束22组合为调制的测量光束26;分束器42,其用于将所述测量光束26分离为本地振荡器光束44和发射光束46。所述激光器测量系统进一步包含发射光束光学装置58,其用于将所述发射光束46整形到目标结构38的表面36上的测量区域34;反射光束光学装置60,其用于在所述测量区域34内收集从所述表面36上的多个测量点92返回的反射光束52;本地振荡器光束44光学装置,其用于控制所述本地振荡器光束44的光量;以及光束组合器42,其用于将所述反射光束52和所述本地振荡器光束44组合为检测光束68。检测器48被包含以用于处理所述检测光束68,所述检测器48包含:多个微透镜72,其形成用于投射所述检测光束68的至少一部分80的微透镜阵列74;多个光电检测器76,其形成用于执行所述检测光束68的所述部分80的相干检测的光电检测器阵列78;以及与光电检测器76通信的检测器电子装置84,其根据所述检测光束68的所述部分80生成信息数据。系统进一步包含范围处理器86,其用于根据所述信息数据计算关于所述多个测量点92的维度数据;以及成像系统62,其用于提供所述目标结构38的所述表面36的图像66。优选地,检测器电子装置84包含:多个模数转换器82,其用于将来自所述多个光电检测器76的电信号转换为数字信号;多个缓存器86、88,其用于临时存储所述数字信号;以及多个快速傅里叶变换处理器90,其用于根据所述数字信号计算所述信息数据,其中至少一个模数转换器82、至少一个缓存器86、88和至少一个快速傅里叶变换处理器90与所述光电检测器阵列78的每个光电检测器76关联。

[0009] 在另一个实施例中,所公开的激光器测量系统可以包括:信号光束投射器,其包括用于发射调制的信号光束的激光器;导向光束投射器,其包括用于发射导向光束的激光器;组合器,其用于将信号光束和导向光束组合为调制的测量光束;分束器,其用于将测量光束分离为本地振荡器光束和发射光束;发射光束光学装置,其用于将发射光束整形到目标结构的表面上的测量区域;反射光束光学装置,其用于在测量区域内收集从所述表面上的多个测量点返回的反射光束;本地振荡器光束光学装置,其用于控制本地振荡器光束的光量;光束组合器,其用于将反射光束和本地振荡器光束组合为检测光束;检测器,其用于处理检测光束,所述检测器包括:多个微透镜,其形成用于投射检测光束的至少一部分的微透镜阵列,多个光电检测器,其形成用于执行检测光束的所述部分的相干检测的光电检测器阵列,以及与光电检测器通信的检测器电子装置,其用于根据所述检测光束的所述部分生成信息数据;范围处理器,其用于根据所述信息数据计算关于多个测量点的维度数据;以及成像系统,其用于提供所述目标结构的表面的图像。

[0010] 在又一个实施例中,也公开了一种激光器测量方法,所述方法可以包含以下步骤:(1)发射调制的信号光束,(2)发射导向光束,(3)将信号光束和导向光束组合为测量光束,(4)将测量光束分离为本地振荡器光束和发射光束,(5)调节发射光束以实现目标结构的表面的测量区域的最佳测量,(6)将发射光束投射到所述表面的所述测量区域上,(7)在测量区域内收集来自所述表面上的至少一个测量点的反射光束,(8)将所述反射光束和本地振荡器光束组合为检测光束,(9)将所述检测光束投射到检测器,所述检测器包括多个微透镜、多个光电检测器和检测器电子装置,(10)处理所述检测光束,所述处理包括执行所述检测光束的相干检测以及根据检测光束生成信息数据,以及(11)根据所述信息数据计算测量点的范围值。

[0011] 根据下面的详细描述、附图和所附权利要求,所公开的激光器测量系统和方法的

其他实施例将变得明显。

## 附图说明

- [0012] 图1是示出所公开的激光器测量系统的一个实施例的框图；
- [0013] 图2是所公开的激光器测量系统的分束器/组合器以及光学组件的配置框图；
- [0014] 图3是所公开的激光器测量系统的检测器配置框图；
- [0015] 图4是所公开的激光器测量系统的另一个实施例的框图；
- [0016] 图5是所公开的激光器测量方法的一个实施例的流程图；
- [0017] 图6是一种飞行器生产和使用方法流程图；以及
- [0018] 图7是一种飞行器的框图。

## 具体实施方式

[0019] 下面的详细描述参考附图示出了本发明的具体实施例。具有不同结构和操作的其它实施例不脱离本发明的范围。相同的附图标记可以指代不同附图中的相同元件或组件。

[0020] 参考图1,所公开的用于相干视频测量的激光器测量系统(通常标记为10)的一个实施例,该系统可以包括信号光束投射器12和导向光束投射器14。信号光束投射器12可以包括至少一个激光器16。激光器16可以是连续波(“CW”)激光器(其发射单一频率连续激光束)或是脉冲激光器(其发射单一频率脉冲激光束)。例如,激光器16可以包括二极管泵浦固态激光器。激光器16能够投射信号光束18(例如,激光束)作为输出。信号光束18可以包括各种特性。例如,信号光束18可以包括不可见光频谱中的波长。

[0021] 电源32可以被配置为向信号光束投射器12(例如,一个或更多个激光器16)提供电流。激光调制器30可以定位在激光器16和电源32之间并连接到激光器16和电源32。在一个示例实施例中,激光调制器30可以通过控制电源32调制激光器16的信号光束18(例如,激光器输出)。在另一个示例实施例中,从多个激光器16发射的多个信号光束18的频率可以被调制,其中每个信号光束18的频率具有较小差异。

[0022] 激光调制器30可以被配置为根据任何希望的功率输出或参数(包括,例如,幅度、频率、相位和/或极性)调制信号光束18。例如,信号光束18可以被调制以获得用于具体测量应用的最佳范围精度。要求的调制程度可以基于任何合适的变量,例如,目标结构38(图2)的表面36上将被扫描的测量区域34。例如,查找表可以包括测量区域34和给定激光器输出下目标结构38的表面36上的给定坐标集处对应的激光束功率密度。

[0023] 导向光束投射器14可以包括至少一个激光器20。激光器20可以是连续波(“CW”)激光器(其发射单一频率连续激光束)或脉冲激光器(其发射单一频率脉冲激光束)。例如,激光器20可以包括二极管泵浦固态激光器。激光器20能够投射导向光束22(例如,激光束)作为输出。导向光束22可以包括各种特性。例如,导向光束22可以是具有可见光频谱中的波长的激光束。附加地,导向光束22可以包括脉冲频率,这能够允许其以脉冲形式发射而非连续地发射。电源94可以被配置为向导向光束投射器14(例如,一个或更多个激光器20)提供电流。

[0024] 控制器40可以连接到信号光束投射器12和导向光束投射器14。控制器40可以被配置为将来自电源32的期望电流信号引导到信号光束投射器12(例如,一个或更多个激光器

16) 以及将来自电源94的期望电流信号引导到导向光束投射器14(一个或更多个激光器20)。例如,控制器可以被配置为指定电源32和/或电源34可以提供的电流量并可以被进一步配置为切断电流输出。控制器40可以被配置为初始化调制序列并且可以确定激光调制器30调制来自电源32的电流的方式。例如,控制器40可以被配置为基于信号光束18的期望功率存储值确定合适的调制。

[0025] 控制器40可以包括中央处理单元(“CPU”)96(例如,微型处理器、计算机、计算机网络或中央服务器)。控制器40可以包括用户界面98以允许用户管理所公开系统10的各种方面,包括,例如,电源32和电源94输出的电流的值和持续时间以及信号光束18的调制的持续时间和类型。控制器40可以包括电耦合电源(未示出)。

[0026] 信号光束18和导向光束22可以通过光束组合器投射(例如,被引导)。光束组合器24可以是任何适于将信号光束18和导向光束22对齐并组合为测量光束26的光学光束组合器。参考图1和图2,测量光束26可以通过分束器/光束组合器42投射。分束器/光束组合器42可以包括任何适于将测量光束26分离为本地振荡器光束44和发射光束46并重新引导本地振荡器光束44和发射光束46(图2)的光学分束器54。

[0027] 本领域技术人员将理解,需要本地振荡器光束44用于相干检测。本地振荡器光束44可以包括没有离开仪器(例如,没有被引导朝向目标结构38)并被引导以将来自目标结构38的测量区域34的反射激光器能量(例如,反射光束52)优化重叠在接收器检测器(例如,检测器48)上的激光器输出(例如,测量光束26)的部分。例如,分束器54可以分离激光器输出(例如,测量光束26)、发送激光能量的很大部分(例如,发射光束46)到目的测量区域(例如,目标结构38的测量区域34)以及发送激光能量的很小部分(例如,本地振荡器光束44)到检测器(例如,检测器48)。

[0028] 来自分束器54的发射光束46可以通过光学组件50投射。来自光学组件50的发射光束46可以投射在目标结构38的表面36上以限定测量区域34。目标结构38可以是具有将由所公开的系统10测量的随机粗糙表面36的任何物体(例如制造物品)。光可以以至少一个反射光束52的形式从目标结构38的表面36反射回来。反射光束52可以通过光学组件50返回(例如,被引导)。

[0029] 反射光束52可以通过分束器/光束组合器42被投射并与本地振荡器光束44组合为检测光束68。本地振荡器光束44可以提供对于检测光束68的测量的高灵敏度。分束器/光束组合器42可以包括任何适于将本地振荡器(光束)44和反射光束52组合为检测光束68(图2)的光学光束组合器56。检测光束68可以从光束组合器56投射到检测器48用于处理。

[0030] 本领域技术人员将理解,分束器54和光束组合器56可以是单一组件(例如,分束器/光束组合器42)或可以是分立元件。分束器54可以包括用于将激光束(例如输入光)分离为两个单独部分的光学元件。例如,分束器54可以包括板、立方体、薄膜、波尔卡点或专业棱镜分束器。可选地,分束器54可以包括各种防反射涂层或衬底。作为一个具体但非限制性例子,标准分束器可以以独立于波长或极化状态的规定比率分离入射光。作为另一个具体但非限制性例子,二色性分束器可以根据波长分离光。作为另一个具体但非限制性例子,非极化分束器可以根据总强度分离光。作为又一个具体非限制性例子,极化分束器可以根据极化状态分离光。

[0031] 光束组合器24、56可以包括用于组合,例如一定入射角(例如,45°)下的多个激光



束(例如,输入光)的光学元件。例如,光束组合器24、56可以包括板、立方体、薄膜、波尔卡圆点或专业棱镜光束组合器。

[0032] 光学组件50可以包括一个或更多个光束整形元件,例如一个或更多个常规光学透镜和光束整形透镜。光学组件50可以在光学透镜之间以及光束整形透镜和激光器输出(例如,发射光束46)之间提供可调间距。光学组件50可以包括光学功能参数(例如,焦距),其被选择以使结合间距改变可以引起输出光束(例如,发射光束)根据具体应用的需要发散或收敛。

[0033] 例如,光学组件50可以调节发射光束46的形状以实现目标结构38的表面36上的测量区域34的优化测量。发射光束46可以被整形和供电以优化来自目标结构38的表面36上的单一测量点92或目标结构38的表面36上的测量区域34的多个测量点92的反射光束52的返回。

[0034] 在一个示例实施例中,光学组件50可以包括一个或更多个发射光束光学装置58,该装置用于将发射光束46投射到目标结构38。例如,发射光束光学装置58可以被配置为安排(例如,扩展)发射光束46并控制投射到目标结构38的表面36上的光量(例如,以具有足以覆盖目标结构38的表面36上的测量区域34的分布)。发射光束光学装置58可以包括一个或更多个透镜、反射镜、棱镜和/或任何合适组合的光纤,其能够聚焦、扩展、准直、引导、重引导、反射、过滤,或以其他任何合适方式变换发射光束46。

[0035] 光学组件50可以接收从目标结构38的表面36反射的光。从目标结构38返回的反射光束52(例如,分散的反射光)可以沿着和发射光束46的光学路径相似的光学路径反向行进并通过光学组件50。在一个示例实施例中,光学组件50可以包括一个或更多个反射光束光学装置60,该装置用于接收来自目标结构38的表面36上的一个或更多个测量点92(例如,测量区域34内)的反射光束52。例如,反射光束光学装置60可以被配置为聚焦反射光束52并优化地集中和收集反射光束52(例如,反射光)。反射光束光学装置60可以包括一个或更多个透镜、反射镜、棱镜和/或任何合适组合的光纤,其能够聚焦、扩展、准直、引导、重新引导、反射、过滤,或以其他任何合适方式变换发射光束52。

[0036] 光学组件50可以包括成像系统62,以将目标结构38的图像66提供给,例如,显示器64(图1)。图像66可以视觉地显示测量中的目标结构38以及测量中的点92和/或区域34的状态。例如,成像系统62可以是电子光学系统,例如视频照相机(例如,电荷耦合器件(“CCD”)照相机)。成像系统62可以包括自动聚焦114并在(例如,相对于目标结构38的)不同距离处操作。成像系统62可以居中并聚焦在发射光束46的可视部分(例如,导向光束22)上。显示器64也可以向用户(例如,操作员)指示与测量操作、测量要求和/或通知或警示相关的其他信息。包括成像系统62的光学组件50可以包括电耦合电源(未示出)。

[0037] 在一个示例实施例中,本地振荡器光束44在穿过光束组合器56之前可以通过一个或更多个本地振荡器光束光学装置70投射以将本地振荡器光束44投射到检测器48。例如,本地振荡器光束光学装置70可以被配置为调节本地振荡器光束44并控制投射到检测器48上的光量。本地振荡器光束光学装置70可以包括一个或更多个透镜、反射镜、棱镜和/或任何合适组合的光纤,其能够聚焦、扩展、准直、引导、重新引导、反射、过滤,或以其他任何合适方式变换本地振荡器光束44。

[0038] 在这点上,本领域技术人员将理解,本地振荡器光束光学装置70、发射光束光学装

置58和/或反射光束光学装置60可以整体集成在分束器/光束组合器42内、整体集成在光学组件50内、部分集成在分束器/光束组合器42内和部分集成在光学组件50内或者可以是所公开系统10的分立元件。

[0039] 信号光束18、导向光束22、测量光束26、反射光束52和/或检测光束68可以被引导通过任何合适的光学通道28(图1)。光学通道28可以包括自由空间、光纤和/或任何合适组合和配置的光纤阵列。

[0040] 参考图1,检测器48可以接收检测光束68并将光子转换为电子用于处理。检测器48可以包括至少一个微透镜72。所述微透镜72可以被配置为集中(例如,收集)目标结构38的表面36上的具体区域(例如,测量区域34)的检测光束68(例如,光)。所述微透镜72可以将检测光束68投射到光电检测器76,及因此可以增加光电检测器76收集的光能。

[0041] 光电检测器76可以检测从微透镜72投射的检测光束68(例如,光输出)并生成电信号。因此,光电检测器76可以执行检测光束68的相干检测(例如,光外差检测)。光电检测器阵列78可以将入射光能(例如,来自检测器光束68的光输出)转换为光子,这些光子被收集在检测器电子装置84中并在检测器电子装置84中处理。参考图3,检测器电子装置84可以采样来自光电检测器76的电信号,并且可以提供数据给范围处理器86。检测器电子装置84可以包括至少一个模数(“A/D”)转换器82、至少一个缓存器86和至少一个快速傅里叶变换处理器(“FFTP”)90。检测器电子装置84可以包括电耦合电源(未示出)。

[0042] 光电检测器76检测和生成的电信号可以被发射到A/D转换器82。所述A/D转换器82可以将所述电信号转换为数字信号。缓存器88可以是临时存储器单元(例如,物理存储装置),当数字信号正在从A/D转换器82传输到FFTP 90时,该临时存储器单元用于临时存储所述数字信号。FFTP 90可以根据从缓存器88抽取的数字信号计算信息数据的频谱。FFTP 90生成的数据可以被传输到范围处理器86。

[0043] 如图3所示,在一个示例实施例中,多个微透镜72可以形成微透镜阵列74,并且多个光电检测器76可以形成光电检测器阵列78。微透镜阵列78可以增加光电检测器阵列78收集的光能。每个微透镜72可以投射表示目标结构38的表面36的一部分(例如,至少一个测量点92)的光。每个光电检测器76可以限定表示目标结构38的表面36的所述部分的像素阵列。例如,每个微透镜72可以将检测光束68的一部分80投射到相关的(例如,光耦合的)光电检测器76。形成微透镜阵列74的多个微透镜72可以控制检测光束68(例如,检测光束68的所述部分80)分布在光电检测器阵列78上的方式,因此控制目标结构38的表面36的映射(图2)。

[0044] 每个光电检测器76可以生成电信号,以响应于从相关微透镜72接收的检测光束68的所述部分80。检测器电子装置84可以从光电检测器76采样电信号,并且可以将采样数据提供给范围处理器86。检测器电子装置84可以包括多个模数(“A/D”)转换器82、多个缓存器86以及多个快速傅里叶变换(“FFTPs”)90。

[0045] 如图2所示,发射光束46可以被配置为照射测量区域34,以便目标结构38的表面36上的一个或更多个测量点92(例如,测量区域34内)在反射光束52中表示。如图3所示,检测光束68(例如,组合的反射光束52和本地振荡器光束44)可以由微透镜阵列74配置以照射光电检测器阵列78,以便一个或更多个不同测量点92被成像到不同的光电检测器76。

[0046] 在一个示例实施方案中,检测器电子装置84可以处理光电检测器阵列78的每个单独的光电检测器76(例如,分开地)。在另一个示例实施中,检测器电子装置84可以连续地

(例如,按顺序)处理光电检测器阵列78的每个光电检测器76。在另一个示例实施中,检测器电子装置84可以同时(例如,并行)处理光电检测器阵列78的每个光电检测器76。

[0047] 例如,A/D转换器82可以被控制以测量光电检测器阵列78生成的所有像素(例如,来自多个光电检测器76的每个)。作为另一个例子,A/D转换器82可以被控制以测量光电检测器阵列78生成的像素子集合(例如,来自光电检测器76的子集合)。作为又一个例子,相关的A/D转换器82可以被控制以测量光电检测器阵列78的每个光电检测器76生成的像素子集合。

[0048] 在一个示例实施中,单个A/D转换器82可以电耦合至光电检测器阵列78的全部多个光电检测器76。在另一个示例实施中,光电检测器阵列78的光电检测器76的每个子集合(例如,两个或更多个光电检测器76)可以电耦合至相关的A/D转换器82。在又一个示例实施中,光电检测器阵列78的每个光电检测器76可以电耦合至相关的A/D转换器82。

[0049] 类似地,在另一个示例实施中,单个缓存器88可以电耦合至多个A/D转换器82的全体。在另一个示例实施中,多个A/D转换器82的每个子集合(例如,两个或更多个A/D转换器82)可以电耦合至单个缓存器88。在又一个示例实施中,每个A/D转换器82可以电耦合至相关的缓存器88。

[0050] 类似地,在另一个示例实施中,单个FFTP 90可以电耦合至多个缓存器88的全体。在另一个示例实施中,多个缓存器88的每个子集合(例如,两个或更多个缓存器88)可以电耦合至单个FFTP 90。在又一个示例实施中,每个缓存器88可以电耦合至相关的FFTP 90。

[0051] 微透镜阵列74可以包括大量(例如,数百个)微透镜72。光电检测器阵列78可以包括大量(例如,数百个)光电检测器76。根据上述示例实施例,检测器电子装置84可以包括大量A/D转换器82、缓存器86和FFTP 90。

[0052] 范围处理器86可以根据检测器电子装置84提供的数字信号计算与目标结构38的表面36相关的尺寸信息。例如,范围处理器86可以计算到每个单独的光电检测器76成像的目标结构38的表面36的范围。范围处理器86可以向控制器40(图1)报告一个或更多个测量点92和/或测量区域34的范围值102用于显示。范围值102可以显示为目标结构38的两维或三维表示,例如,显示在显示器64上。

[0053] 控制器40可以使用任何合适的电气连接件(包括,例如,任何合适的有线、无线和/或硬连接通信)连接到信号光束投射器12、导向光束投射器14、检测器48、光学组件50、范围处理器86和/或显示器64。例如,控制器40可以在所公开系统10的各种元件之间传递电力信号、控制信号、数据信号和状态信号。

[0054] 控制器40可以执行各种命令,例如,通过用户界面98,并且可以控制系统10的所有元件的操作。例如,控制器40可以执行(例如,触发)范围处理器86在指定时间对从检测器电子装置84提供的数字信号的处理,并将所计算的范围值102和相同时间点获得的目标结构38的图像66关联。参考图4,所公开的系统10可以与其他独立的外部测量系统112集成。例如,系统10可以互连至和/或与激光跟踪器104、激光雷达106、视频测量系统108和/或摄影测量系统110中的一个或更多个连用。控制器40(图1)可以在外部测量系统112之间通信并调整维度数据(例如,范围值102)。

[0055] 参考图5,所公开的激光器测量方法的一个实施例,通常被标记为200,所述方法可

以通过在块202处提供目标结构开始。目标结构可以包括至少一个表面。

[0056] 如块204所示,可以发射调制的信号光束。例如,信号光束可以从激光器发射并由激光调制器调制。信号光束的调制可以包括幅度、频率、相位和/或极性调制。

[0057] 如块206所示,可以传输导向光束。例如,导向光束可以由激光器发射。

[0058] 如块208所示,调制的信号光束和导向光束可以被组合为调制的测量光束。

[0059] 如块210所示,测量光束可以被分离为包括本地振荡器光束和发射光束的两个部分。本地振荡器光束和发射光束两者都包括调制的信号光束和导向光束。

[0060] 如块212中所示,发射光束可以通过光学组件被投射。如在块214所示,发射光束可以由发射光束光学装置调节以用于目标结构的表面上的测量区域的优化测量。

[0061] 如块216所示,发射光束可以投射到目标结构的表面上,限定所述表面上的测量区域。

[0062] 如块218中所示,本地振荡器光束可以由本地振荡器光学装置调节,以控制本地振荡器光束的光量。

[0063] 如块220中所示,反射光束可以从目标结构的表面上的至少一个测量点返回并由光学组件沿着与发射光束的光学通道相似的光学(通道)收集。如在块222中所示,反射光束可以由反射光束光学装置调节以聚焦反射光束。

[0064] 如块224中所示,反射光束和本地振荡器光束可以被组合为检测光束。

[0065] 如块226中所示,检测光束可以投射到检测器。检测器可以将光子转换为电子并处理电子生成的数字信号。检测器可以包括形成微透镜阵列的多个微透镜、形成光电检测器阵列的多个光电检测器和检测器电子装置。例如,检测光束可以被投射到微透镜阵列。微透镜阵列中的每个微透镜可以将一部分检测光束投射到光电检测器阵列的相关光电检测器。每个光电检测器可以在目标结构的表面上的测量区域内限定至少一个测量点。

[0066] 如块228中所示,可以通过执行所述检测光束的相干检测以及根据检测光束生成信息数据来处理检测光束(例如,检测光束的每个部分)。

[0067] 如块230中所示,测量点的范围值可以根据信息数据计算。如块233中所示,可以报告所述范围值。例如,可以向操作员和/或用户显示所述范围值。

[0068] 如块234中所示,成像系统可以获得目标物体的表面的图像。例如,图像可以在与检测光束的相干检测相同的时间点拍摄。

[0069] 如块236中所示,范围值和图像能够集成为所述结构的表面的二维或三维表示。

[0070] 如块238中所示,所述范围值可以被传递到外部测量系统,例如,激光跟踪器、激光雷达、视频测量系统和摄影测量系统。

[0071] 如块240中所示,所述范围值、图像和/或所述范围值和图像的集成可以用于在目标结构制造期间和/或目标结构检查期间的质量控制。

[0072] 相应地,所公开的系统和方法可以使用大量光电检测器,通过投射的调制激光的相干检测生成结构的高精确度维度数据。发射光(例如,发射光束)可以照射结构的表面上的区域并且反射光(例如,反射光束)可以由光电检测器阵列使用本地振荡器(例如,本地振荡器光束)接收,以提供针对测量的高灵敏度。可视光(例如,导向光束)可以协助用户将系统定向到测量的结构区域。单独成像系统(例如,视频摄像机)可以提供特征参考以帮助解释相干图像。因此,对于大区域测量来说,所公开的系统和方法可以大量减少测量时间。进

一步地,所公开的系统和方法可以向单点测量系统补充更大的区域测量。

[0073] 本发明的例子可以在图6示出的飞行器制造和使用方法300以及图7示出的飞行器302的背景下描述。在预生产期间,飞行器制造和使用方法300可以包括飞行器302的规格和设计304以及材料采购306。在生产期间,进行飞行器302的元件/子组件制造308和系统集成310。其后,飞行器302可以通过认证和交付312以投入使用314。当由客户使用时,定期进行飞行器302的日常维修和维护316,其也可以包括修改、翻新、整修等。

[0074] 可以由系统集成商、第三方和/或操作员(例如,客户)执行或实施方法300的每个处理。出于说明目的,系统集成商可以包括,但不限于,任意数量的飞行器制造商和大系统分包商;第三方可以包括,但不限于,任何数量的商户、分包商和供应商;并且操作员可以是航空公司、租赁公司、军事实体、服务组织等。

[0075] 如图7所示,示例方法300生产的飞行器302可以包括具有多个系统320的机身318和内部322。多个系统320的例子可以包括推进系统324、电气系统326、液压系统328和环境系统330中的一个或更多个。也可以包括任意数量的其他系统。虽然示出了航空航天的例子,所公开的系统10和方法100的原理可以应用于其他行业,如汽车行业。

[0076] 在生产和使用方法300的任意一个或更多个阶段期间,可以采用本文体现的装置和方法。例如,对应元件/子组件制造308、系统集成310和或维修和维护316的元件或子组件可以使用所公开的系统10(图1)和方法100(图5)制作或制造。此外,在元件/子组件制造308和/或系统集成310期间,可以采用一个或更多个装置例子、方法例子或其组合,例如,通过大幅加快组装或降低飞行器302的成本,如机身318和/或内部322。类似地,当飞行器302投入使用(例如,但不限于,从而维修和维护316时),可采用一个或更多个所述装置例子、方法例子或其组合。

[0077] 虽然示出和描述了所公开的激光器测量系统和方法的各种实施例,通过阅读此说明书本领域技术人员可以进行修改。本申请包括这些修改且仅受权利要求的范围限制。

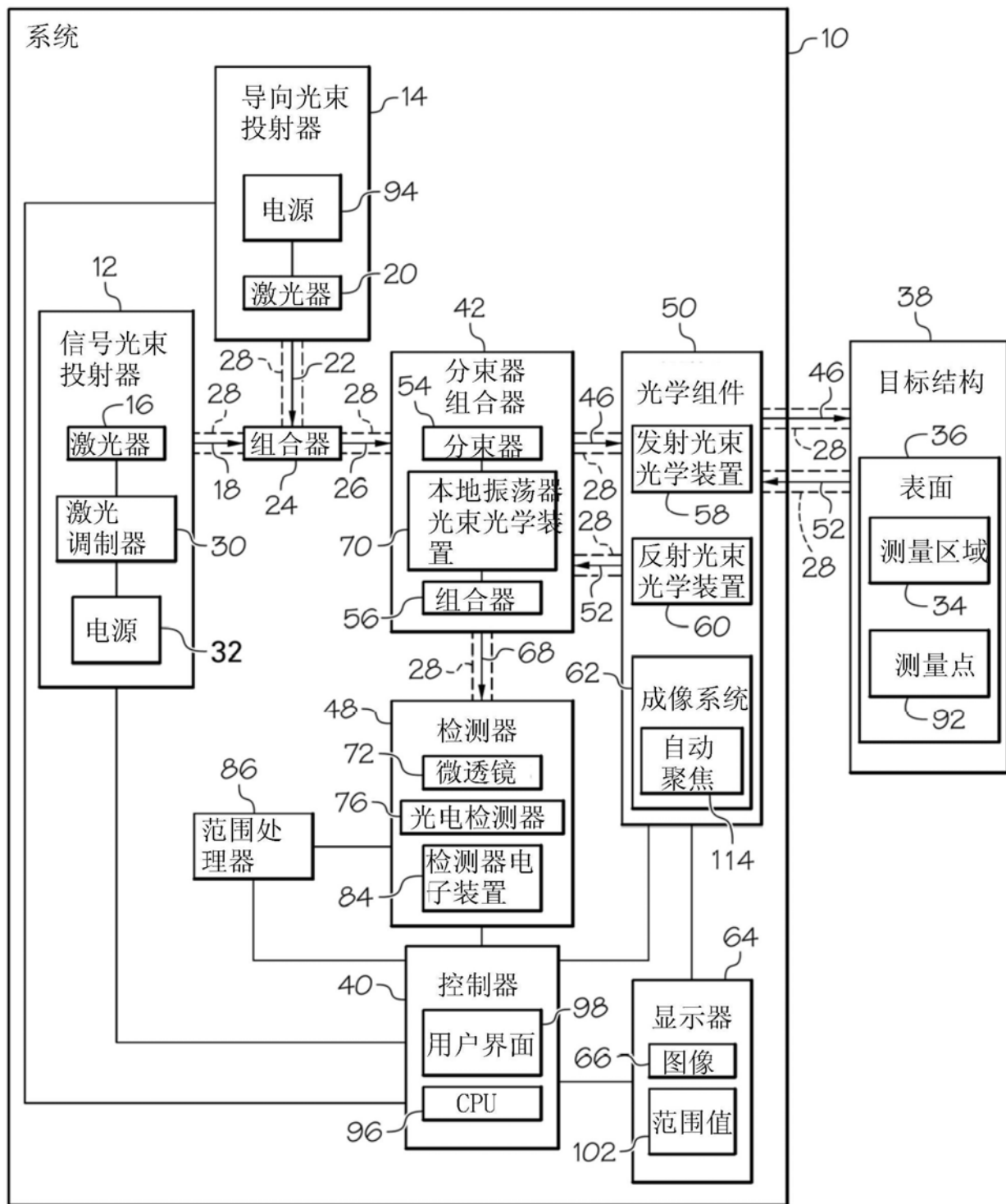


图1

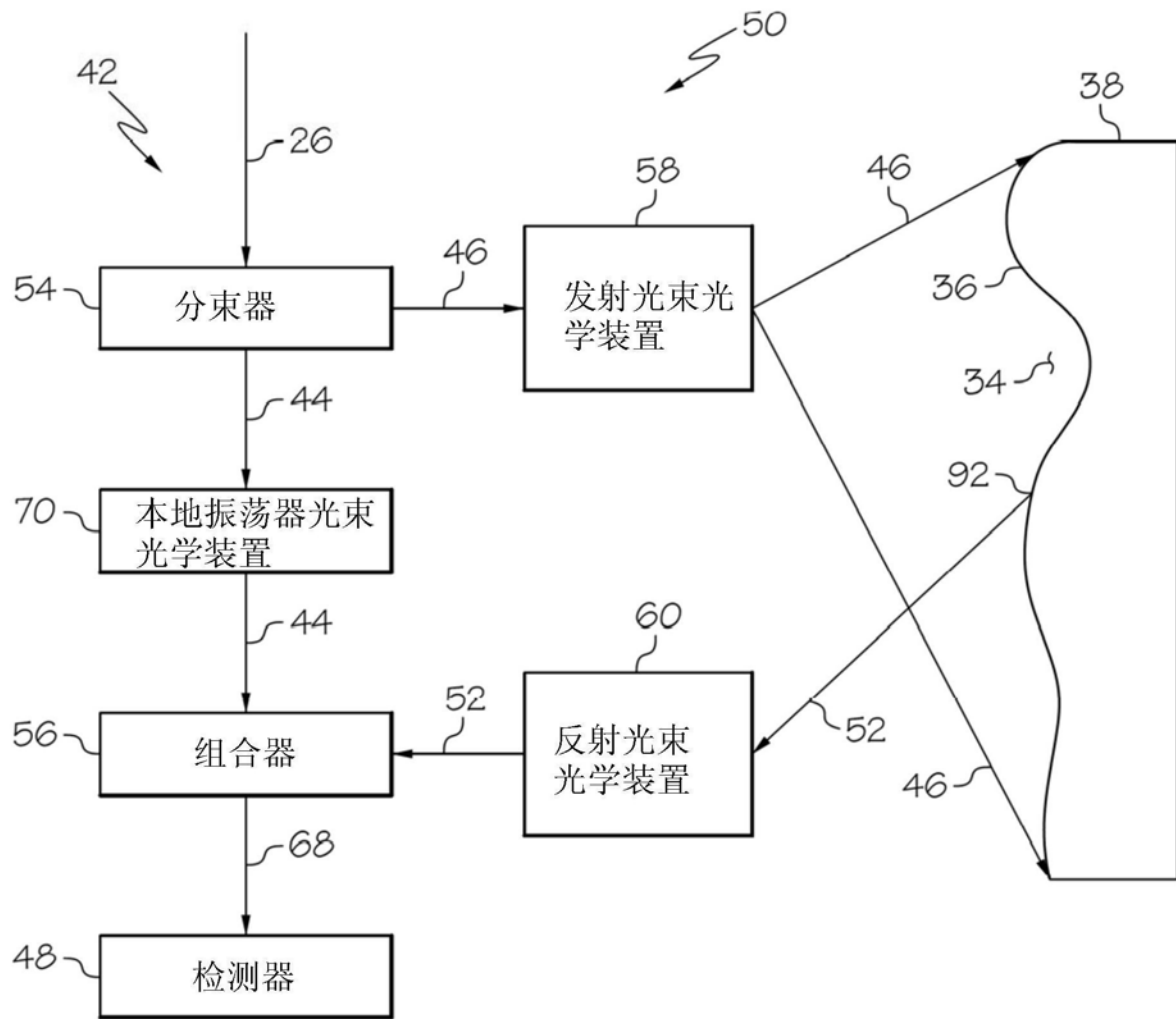


图2

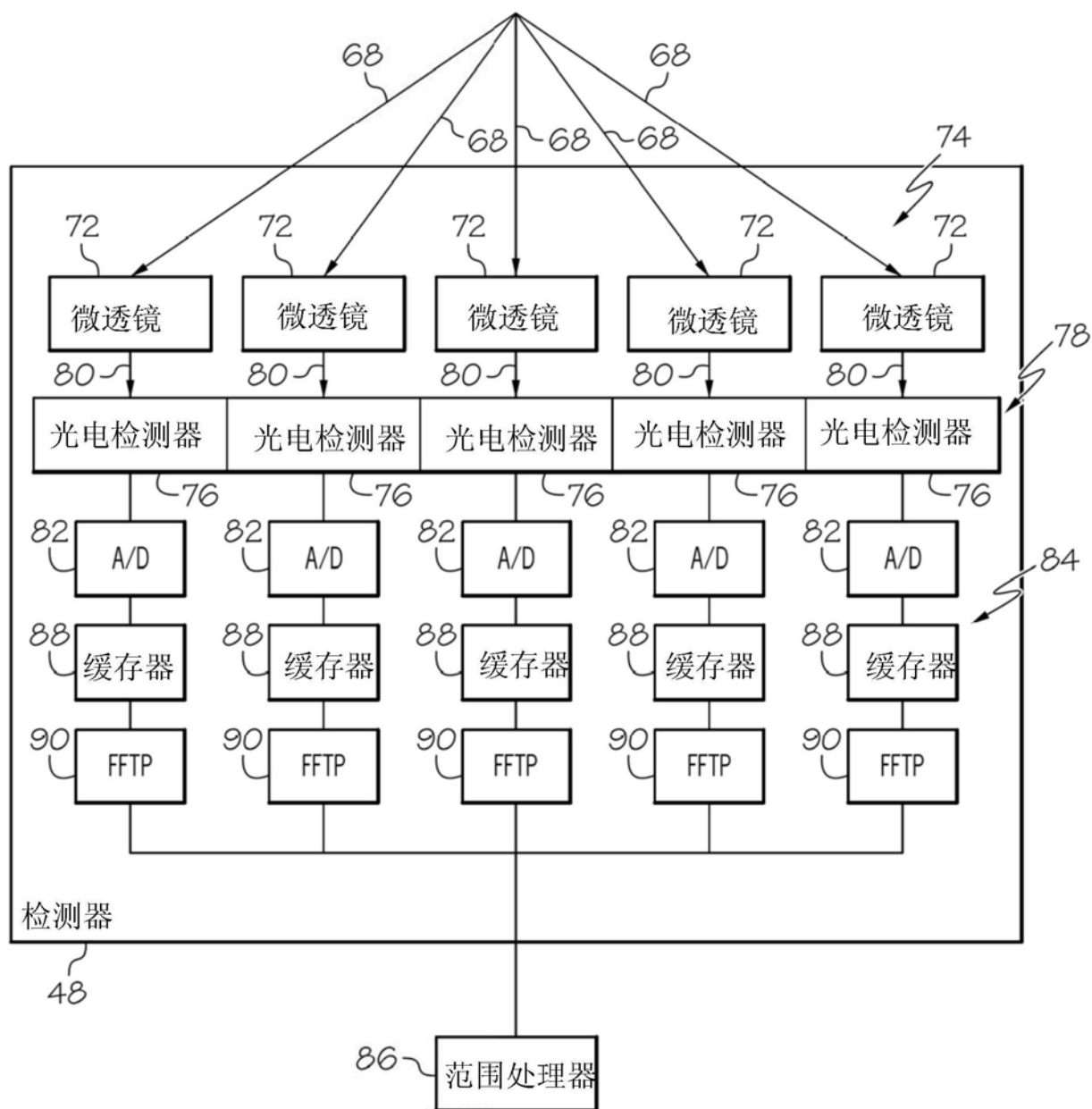


图3



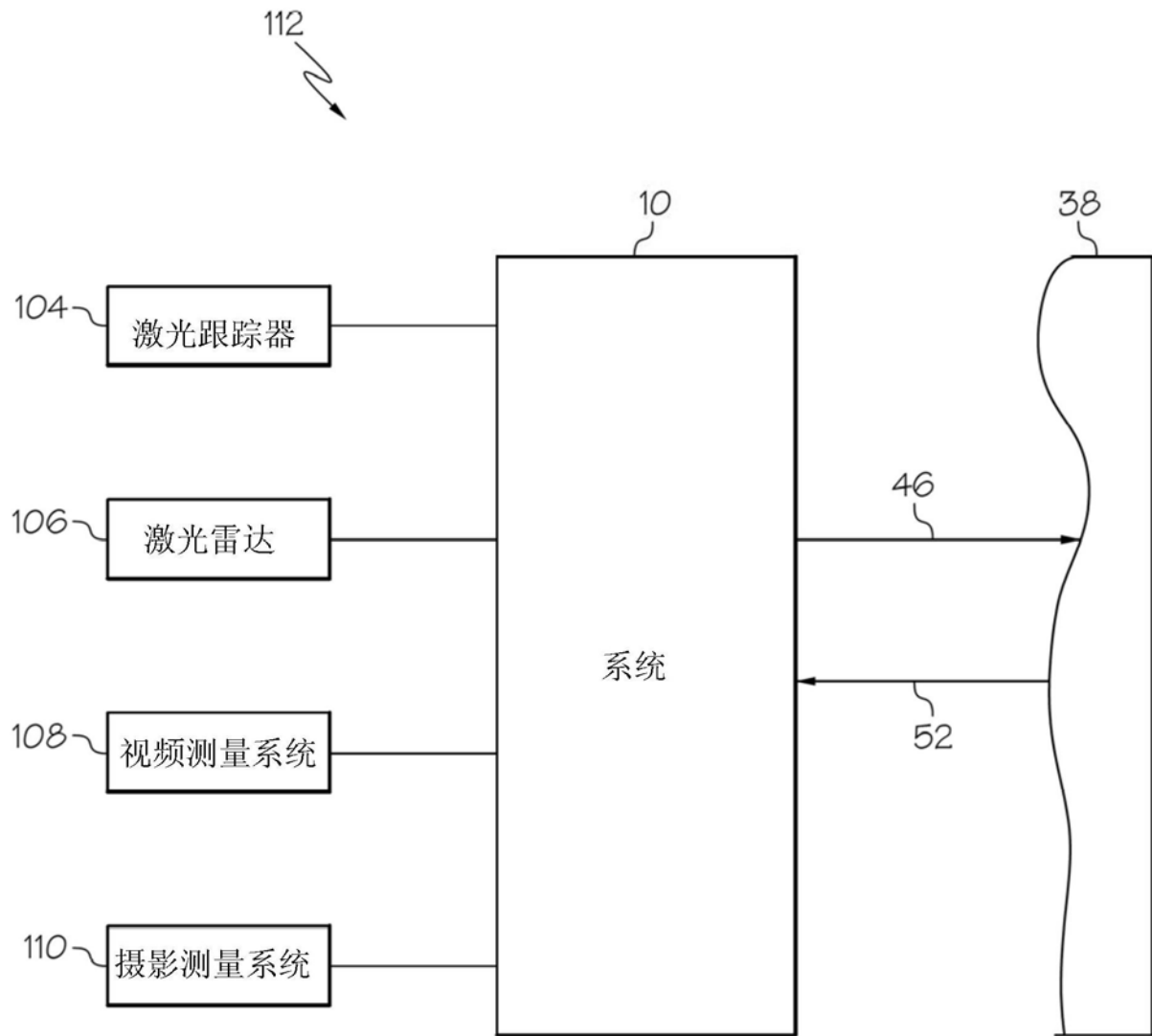


图4

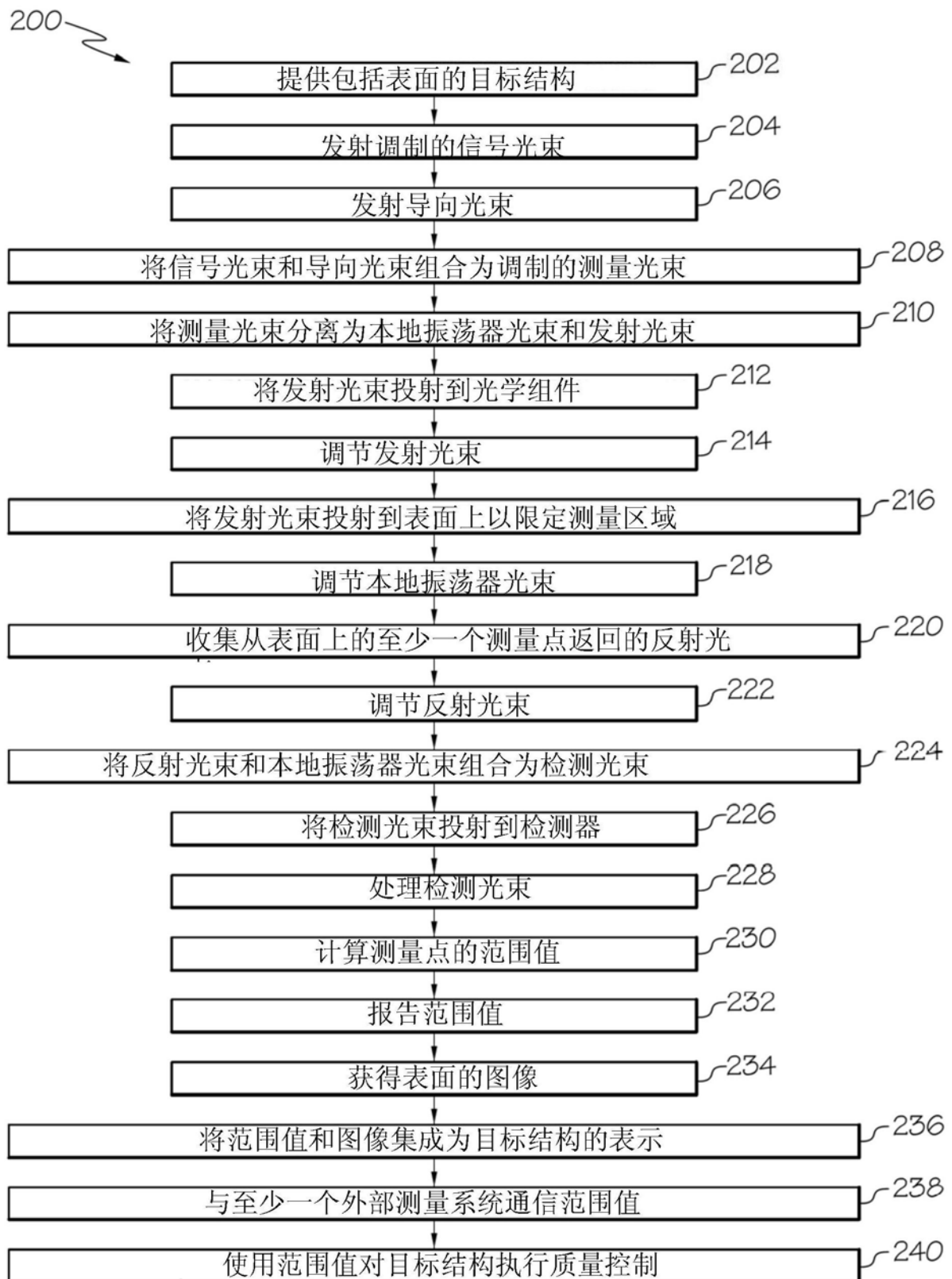


图5

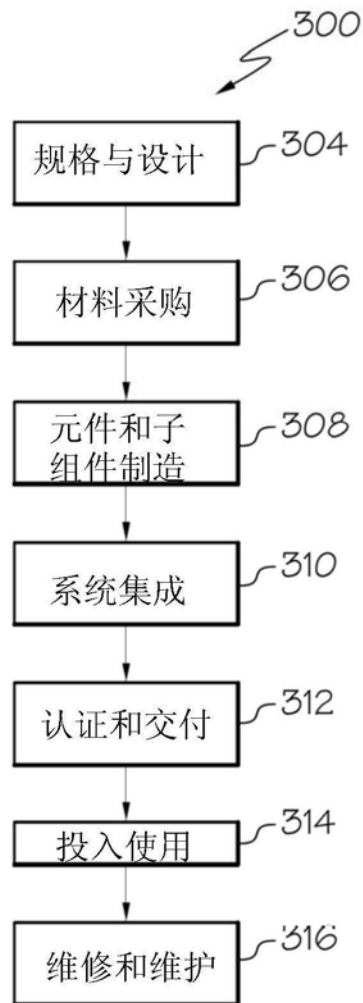


图6

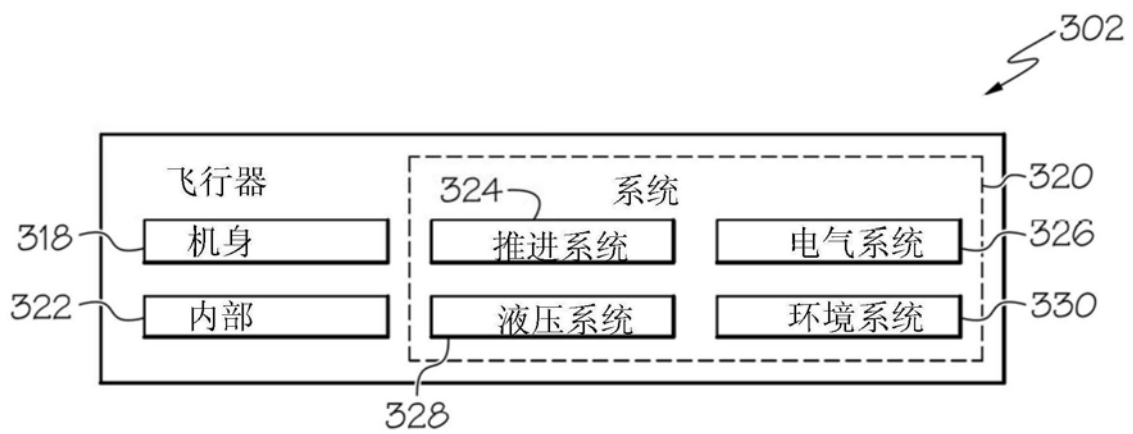


图7