



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104040287 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201280066177. 0

(72) 发明人 海莫·凯雷宁 彼得里·莱赫托宁

(22) 申请日 2012. 12. 20

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

(30) 优先权数据

11240

20125014 2012. 01. 05 FI

代理人 余刚 吴孟秋

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2014. 07. 04

G01B 11/245(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/076345 2012. 12. 20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/102572 EN 2013. 07. 11

(71) 申请人 合欧米成像公司

地址 芬兰坦佩雷

权利要求书3页 说明书11页 附图5页

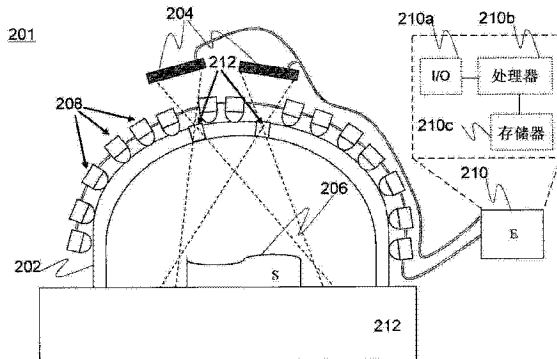
(54) 发明名称

用于光学测量的设备及相关方法

(57) 摘要

一种用于光学测量可选地光滑的目标对象(106, 206)的表面(例如, 表面形状和/或相关的表面缺陷)的设置(101, 201), 包括: 限定空心的优选弯曲的表面形状的漫射半透明照明结构(102, 202, 302), 被配置为至少部分地优选至少大致半球状地包围所述目标对象, 所述表面进一步具有至少两个优选地大致针孔状并且可选地具有透镜的光圈(212); 若干光源(208), 光学耦合至该漫射照明结构, 用于通过所述照明结构的表面照亮目标对象; 至少两个成像装置(104, 204), 每个成像装置被配置为通过所述至少两个光圈中的一个光圈对目标对象成像; 以及控制实体(210), 被配置为指示所述若干光源形成通过所述照明结构的表面照亮目标对象的一系列预定的照明图案(即, 在目标对象上投射的图像的视频序列), 指示所述至少两个成像装置获得目标对象的相对于每个照明图像的图像, 并且通过利用所利用的所述图形以及所获得的图像, 获得目标对象的预定的与表面相关的性能。还提出了一种相应的测量方法。

CN 104040287 A



1. 一种用于光学测量可选的光滑目标对象 (106, 206) 的表面的设备 (101, 201, 601), 测量例如表面形状和 / 或相关的表面缺陷, 所述设备包括:

漫射半透明照明结构 (102, 202, 302), 其限定空心表面形状, 优选弯曲表面形状, 所述漫射半透明照明结构被配置为至少部分包围所述目标对象, 优选地至少大致半球状地包围所述目标对象, 所述表面进一步配备有优选大致针孔状并且可选地配备有透镜的至少两个光圈 (212, 712),

若干光源 (208), 光学耦合至所述照明结构, 用于通过所述照明结构的所述表面照亮所述目标对象,

至少两个成像装置 (104, 204), 均被配置为通过所述至少两个光圈中的一个光圈对所述目标对象成像, 以及

控制实体 (210), 被配置为指示所述若干光源在所述照明结构的所述表面上形成预定的照明图案的图像序列, 以便使用通过所述表面投射的所述图案照亮所述目标对象, 指示所述至少两个成像装置获得所述目标对象的相对于每个照明图案的图像, 并且通过利用所利用的所述图案以及所获得的图像, 获得所述目标对象的预定的与表面相关的性能。

2. 根据权利要求 1 所述的设备, 被配置为应用多个图像的图像数据, 通过确定包括两个成像装置 (104, 204) 中的每一个的成像元素的成像元素对 (404, 405), 确定所述目标对象的表面元素 (406) 的位置和 / 或方向, 其中所述成像元素对例如为像素对, 其中, 鉴于所述照明结构的两个发射光表面位置 (408, 409) 以及从目标对象的表面元素反射的相关光线, 所述表面元素相对于这两个成像元素成镜像角。

3. 根据权利要求 2 所述的设备, 被配置为基于在所述成像元素对确定期间发现的所述镜像角来确定所述表面元素 (406) 的方向 (406a)。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的设备, 被配置为基于所述成像元素对和关于所述两个成像装置之间的不同成像元素的关系的校准信息, 确定所述目标对象的所述表面元素 (406) 的位置, 所述信息优选地指示关于所述成像装置的所述成像元素之间的诸如交叉位置的潜在光线交叉点的知识, 任选地指示关于交叉点与如同所述成像装置的多个参考点相距的距离的知识。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的设备, 被配置为

基于所获得的多个图像的图像数据, 为第一成像装置的诸如像素的第一成像元素 (404) 确定所述照明结构的匹配的第一发射光表面位置 (408), 所述匹配的第一发射光表面位置通过所述目标对象的实际的镜像表面元素 (406) 将光提供给所述第一成像元素,

通过利用所述第一成像元素和所述照明结构的相关的第一光圈确定第一线路 (410), 所述第一线路限定多个潜在的表面元素, 每个所述潜在的表面元素具有确定的方向 (406a) 并且相对于所述第一表面位置和所述第一成像元素成镜像角, 所述多个潜在的表面元素还包含所述实际的镜像表面元素 (406),

基于所获得的多个图像的图像数据, 通过所述照明结构的匹配的第二发射光表面位置 (409), 确定第二成像装置的诸如像素的第二成像元素 (405), 其中, 所述第二成像元素和所述照明结构的相关的第二光圈限定第二线路, 所述第二线路与所述第一线路在所述多个潜在的表面元素中的一个潜在的表面元素有交叉点, 所述第二线路还相对于所述第二表面位置和所述第二成像元素成镜像角, 因此, 所述多个潜在的表面元件中的所述一个潜在的表

面元素表示包括其方向的所述实际的镜像表面元素,以及

利用与所述设备有关的所述成像装置的所述第一成像元素、第二成像元素以及相关的相互校准信息,确定所述实际的镜像表面元素(406)的位置。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,至少一个成像装置包括诸如基于 CMOS(互补金属氧化物半导体)或 CCD(电荷耦合装置)技术的照相机的照相机。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,至少一个光源包括 LED(发光二极管)芯片、LED 封装或诸如 OLED(有机 LED)的其他基于 LED 的或与 LED 相关的光源。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,至少一个光源已经与所述照明结构集成为一体,可选地至少部分在所述照明结构内部模制。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述照明结构大致限定从由球形、圆顶形、半球形、圆锥形、截锥形以及圆柱形构成的组中选择的至少一个形状。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,至少一个所述光圈(712)与透镜设备(604a,604b,701,801)相关联,所述透镜设备包括多个透镜(706、708),可选地包括至少一个单或双透镜。

11. 根据权利要求 10 所述的设备,其中,所述透镜设备包括串行排列的多个透镜,并且在光路上设置在所述多个透镜中的至少一个其他透镜(708)之前的所述多个透镜中的一个透镜(706)具有比所述其他透镜(708)小的直径。

12. 根据权利要求 10 或 11 所述的设备,其中,所述透镜设备(801)包括具有斜边(716)的面向所述光圈(712)的主体部(714),用于减少所述透镜设备的相对于所述照明结构(712)的遮蔽效应。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,至少一个光源通过脉冲宽度或脉冲密度调制来控制。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述照明结构包含塑料或玻璃材料或者基本由塑料或玻璃材料组成。

15. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述设备被配置为确定目标对象的至少一个与表面相关的性能,所述至少一个与表面相关的性能选自由表面方向、在经测量的表面性能中例如在表面方向的表示中的空间断裂、表面形状、表面尺寸、对象尺寸、对象大小以及对象体积构成的组。

16. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,被配置为应用至少一个优选地周期性的照明图案,所述周期性的照明图案包括线性强度斜坡或者诸如具有正弦改变的强度的正弦条纹图案的正弦图案。

17. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,被配置为应用至少四个优选地至少六个照明图案的序列,以优选地为每个成像装置至少获得相应数量的图像,用于确定期望的表面性能。

18. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,被配置为应用光度立体照明图案和成像,用于测量目标物体的散射表面的诸如潜在地表示表面缺陷的断裂的预定表面性能。

19. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,包括作为至少一个光源的投影仪装置。

20. 一种用于光学测量目标对象的表面的方法,包括:

获得(504)限定空心表面形状优选弯曲表面形状的漫射半透明照明结构,所述漫射半

透明照明结构被配置为至少部分包围所述目标对象,优选地至少大致半球状地包围所述目标对象,所述表面进一步配备有优选大致针孔状并且可选地配备有透镜的至少两个光圈,其中,若干光源光学耦合至所述照明结构,用于通过所述照明结构的所述表面照亮所述目标对象,

获得 (504,506) 至少两个成像装置,每个所述成像装置都被配置为通过所述至少两个光圈中的光圈对所述目标对象成像,

控制 (508,510) 所述多个光源,以在所述照明结构的所述表面上形成预定的照明图案的图像序列,以便使用通过所述表面投射的所述图案照亮所述目标对象,并且指示所述至少两个成像装置获得所述目标对象的相对于每个照明图案的图像,以及

通过利用所利用的所述图案以及所获得的图像,获得 (512) 所述目标对象的诸如形状和 / 或尺寸或者至少形状和 / 或尺寸的一部分的预定的与表面相关的性能。

21. 一种包括代码装置的计算机程序,适于在计算机设备上运行时,其适合于与测量设备对目标对象的表面的分析相结合,执行根据权利要求 20 所述的控制和获得的条目,其中,限定空心表面形状优选弯曲表面形状的漫射半透明照明结构被配置为至少部分包围所述目标对象,优选地至少大致半球状地包围所述目标对象,所述表面进一步配备有至少两个大致针孔状光圈,进一步地,其中,若干光源光学耦合至该漫射照明结构,用于通过所述照明结构的表面照亮所述目标对象,并且其中,至少两个成像装置被配置为通过所述至少两个光圈中的对应光圈对所述目标对象成像。

22. 一种承载介质,例如存储卡、存储棒或光盘,被配置为包含根据权利要求 21 所述的计算机程序。

用于光学测量的设备及相关方法

技术领域

[0001] 大体上,本发明涉及光学器件。尤其地,但并非排它地,本发明涉及用于确定目标对象的地形的光学测量。

背景技术

[0002] 已经证实,在很多情况下,难以测量与各种对象相关的高曲率表面的地形。传统的光学方法限于平面。对于小型平面,例如,可使用干涉仪,但是干涉仪昂贵、速度慢并且提供的精度不可接受。

[0003] 包括与目标对象进行物理接触的不同方法通常冗长,提供较差的水平分辨率,甚至在进行分析时划伤或损坏可能精致的表面。根据通常使用的逐点扫描方法,这种缺点相当容易理解。替换的基于机器视觉的设置也运行不太好,尤其是对于光滑的表面。

[0004] 至少可以说,实际上通常需要高曲率的光滑对象的形状测量。目前,例如,在明亮的照明中使用外观检查,手动进行光滑的对象的质量控制。这种检查的结果高度取决于特定的负责检查人员的专业知识,并且还随着时间和制造工艺本身变化。使用人工检查,仅仅可获得相当模糊的定性结果;更具有特征地,或者至少更确切地说,表示缺陷或 3d 形状的数值实际上依然是秘密。然而,很多光滑的产品被视为高质量或‘高端’产品,因此,在其制造期间或者紧接在制造之后,应优选地识别甚至很小的缺陷。

[0005] 跟踪光滑表面的一种光学方法是基于使用平板数字显示器(例如,TFT 显示器)和照相机。显示器可被设置为显示条纹图案,并且照相机可观察通过测试表面反射的图案。然后,关于在原始和反射版本之间的图案的相变的分析可相当精确地并且在总体的执行时间显示表面的斜率,但是对象的最大适用曲率相当有限,即,为了获得适当精度的综合分析结果,对象依然应当比较平坦。

发明内容

[0006] 目标在于,至少缓解一个或多个上述问题并且提供一种用于测量可选地具有光滑表面的目标对象的形状的设备和相关方法。

[0007] 该目的通过用于光学测量可选地光滑目标对象的表面(例如,表面形状和/或表面缺陷)的设备的不同实施方式实现,该设备包括:

[0008] 漫射半透明照明结构,限定空心(优选地,弯曲的)表面形状,被配置为至少部分包围所述目标对象,优选地至少大致半球状地包围所述目标对象,所述表面进一步配备有至少两个优选大致针孔状并且可选地具有透镜的光圈,

[0009] 多个光源,光学耦合至所述照明结构,用于通过所述照明结构的表面照亮目标对象,

[0010] 至少两个成像装置,每个成像装置被配置为通过该至少两个光圈中的一个光圈对目标对象成像,以及

[0011] 控制实体,被配置为指示所述多个光源在照明结构的表面上形成预定照明图案的

图像序列,以便使用通过所述表面投射的图案照亮目标对象,指示至少两个成像装置获得目标对象的相对于每个照明模式的图像,并且通过利用所利用的所述图像以及所获得的图像,获得目标对象的预定表面相关性能。

[0012] 在一个实施方式中,该设备(尤其是例如控制实体)可被配置为应用多个图像的图像数据,通过确定包括两个成像装置中的每一个的成像元素的成像元素(例如,像素)对,来确定目标对象的表面元素的位置和/或方向,其中,鉴于所述照明结构的两个发射光表面位置以及从目标对象的表面元素反射的相关光线,所述表面元素相对于这两个成像元件成镜像角(mirroring angle)。

[0013] 因此,该设置可被配置为基于所发现的镜像角来推断表面元素的实际方向。

[0014] 可选地,该设置可进一步被配置为基于所述成像元件对以及关于所述两个成像装置之间的不同成像元素的关系的校准信息,确定目标对象的表面元件的位置,所述信息优选地指示关于在成像装置的成像元件之间的潜在光线交叉点(例如,交叉位置)的知识。

[0015] 在另一个补充或替换的实施方式中,该设置被配置为

[0016] 基于所获得的多个图像的图像数据,为第一成像装置的第一成像元素(例如,像素)确定所述照明结构的匹配的第一发射光表面位置,所述第一光传输表面位置通过目标对象的实际的镜像表面(mirroring surface, 镜面)元件将光提供给第一成像元件,

[0017] 利用所述第一成像元件和所述照明结构的相关的第一光圈,确定第一线路,第一线路限定了多个潜在的表面元素,每个潜在的表面元素具有确定的(certain, 某个)方向并且相对于所述第一表面位置和所述第一成像元素成镜像角,所述多个潜在的表面元素还包含所述实际的镜像表面元素,

[0018] 基于所获得的多个图像的图像数据,通过照明结构的匹配的第二发射光表面位置,确定第二成像装置的第二成像元件(例如,像素),其中,所述第二图像元件和照明结构的相关的第二光圈限定第二线路,所述第二线路与所述第一线路在所述多个潜在的表面元件中的一个潜在的表面元素有交叉点,第二线路还相对于所述第二表面位置和所述第二成像元素成镜像角,因此,所述多个潜在的表面元素中的所述一个表示包括其方向的所述实际的镜像表面元素,以及

[0019] 利用与所述设备有关的成像装置的第一成像元件、第二成像元件以及相关的相互校准信息,确定所述实际的镜像表面元件的位置。

[0020] 可选地,该设备可被配置为通过所述元素的表面法线的表示来模制和/或指示包括所述实际的镜像表面元件的潜在的表面元件的方向。

[0021] 在进一步的补充或替换的实施方式中,至少一个成像装置包括照相机,该照相机优选地包括光敏辐射传感器表面或传感器矩阵。例如,可利用基于CMOS(互补金属氧化物半导体)或CCD(电荷耦合装置)技术的解决方案。可使用特定的场景,确定测量波长,并且可相应地选择适用的光源/成像机构(gear, 齿轮)。

[0022] 在又一个补充或替换的实施方式中,至少一个光源已经在物理上连接至照明结构,与该照明结构可选地集成。可选地,至少一个光源已经至少部分嵌入照明结构内。适当的模制技术(例如,注射成型)可用于该目的。照明结构可配备有多个预定义的表面形式,例如,用于容纳所述至少一个光源的至少一部分的槽。

[0023] 在又一个补充或替换的实施方式中,至少一个光源包括LED(发光二极管),例如,

LED 芯片或 LED 封装。或者 / 此外,至少一个光源可包括投影仪装置,例如,所谓的数据投影仪装置或幻灯片投影装置。

[0024] 在进一步的补充或替换的实施方式中,照明结构单独地或者与用于目标对象的载体表面一起大致限定从由球形、圆顶形、半球形、圆锥形、截锥形以及圆柱形构成的组中选择的至少一个形状。

[0025] 在进一步的补充或替换的实施方式中,至少一个光源通过驱动电压或电流控制、脉冲宽度控制或脉冲密度调制控制来控制。

[0026] 在进一步的补充或替换的实施方式中,照明结构的材料包括塑料或玻璃材料。

[0027] 在进一步的补充或替换的实施方式中,该设备被配置为确定目标对象的至少一个与表面相关的性能,所述至少一个与表面相关的性能选自由在经测量的表面性能中(例如,在表面方向或表面法线方向)的断裂、表面方向、表面形状、表面尺寸以及目标对象的尺寸、大小或体积或其一部分。例如,这种性能(例如,断裂)可指示表面缺陷。

[0028] 在进一步的补充或替换的实施方式中,该设置被配置为应用至少一个照明图案(图像),该照明图案包括线性强度斜坡或正弦图案,例如,具有正弦改变的强度的正弦条纹图案。形成在照明结构上的模式图案优选地具有周期性并且包含多个周期,周期的总数量可选地在从大约十个到大约一百个周期的范围内。

[0029] 在进一步的补充或替换的实施方式中,该设备被配置为应用由至少四个(优选地至少六个)照明图案的序列,以至少获得相应数量的图像,用于确定期望的表面性能。

[0030] 在进一步的补充或替换的实施方式中,至少一个成像装置与照明结构集成一体,例如,可选地与其活动地连接。例如,该集成可促使在实际测量之前采取所需要的校准措施。

[0031] 另一方面,一种用于光学测量目标对象的测量的方法,包括:

[0032] 获得限定空心(优选地弯曲的)表面形状的漫射半透明照明结构,所述漫射半透明照明结构被配置为至少部分包围所述目标对象,优选地至少大致半球状地包围所述目标对象,所述表面进一步具有至少两个优选地大致针孔状并且可选地具有透镜的光圈,其中,多个光源光学耦合至所述照明结构,用于通过所述照明结构的表面照亮目标对象,

[0033] 获得至少两个成像装置,每个成像装置均被配置为通过所述至少两个光圈中的一个光圈对目标对象成像,

[0034] 控制所述多个光源,以在照明结构的表面上形成预定的照明图案的图像序列,以便使用通过所述表面投射的所述图案照亮所述目标对象,并且指示所述至少两个成像装置获得目标对象的相对于每个照明图案的图像,以及

[0035] 通过利用所利用的所述图案以及所获得的图像,获得预定的与表面相关的性能,例如,目标对象的形状和 / 或尺寸或者其至少一部分。

[0036] 技术人员会理解的是,关于该设置的各种实施方式的上述考虑可灵活地应用于已做适当修改的方法的实施方式。

[0037] 根据该实施方式,由多个不同的问题引起本发明的效用。所设计的解决方案能够测量各种光滑物品和相关表面(例如,水龙头、瓷器、餐具、玻璃、镜子以及各种其他例如镀铬、喷漆或涂漆表面)的 3d 形状、方向以及尺寸。甚至可检测小的断裂 / 缺陷。

[0038] 所提供的技术设备进一步能够形成各种照明图案,用于不同目标对象的光滑(镜

面)和散射(漫射)的表面的不同测量方法中。通过利用甚至无光泽的光度成像,即,可分析高度散射的表面,例如,结合本发明检测的表面缺陷。所实现的测量精度良好并且结果通常非常可靠。

[0039] 能够制造所提供的设置,并且可与经测试的可容易获得的硬件一起使用。硬件控制和图像分析的相关程序快速,并且也不需要特别的硬件。普通的计算元件(例如,微控制器、微处理器和/或DSP(数字信号处理器))可与合适的外部存储器芯片或集成内存一起使用。例如,当代膝上型计算机或台式计算机可被配置为控制该设备和/或分析所获得的图像。

[0040] 表达式“若干(a number of)”在本文中表示从1(1)开始的任何正整数,例如,1、2或3。

[0041] 表达式“多个”在本文中表示从2(2)开始的任何正整数,例如,2、3或4。

[0042] 术语“表面元素”在本文中可表示由所提出的光学测量装置检查的目标对象的表面点或区域。因此,表面元素可表示基本单元,从该基本单元中,根据测量,目标对象被视为至少在逻辑上形成。在很多测量中,这种表面元素的位置和方向适合于测量员。表面元素的尺寸或大小总体上可随着测量设备的分辨率变化,包括所应用的成像装置的分辨率、光源的间距和性质、照明结构的配置等。

[0043] 术语“大致针孔状光圈”在本文中表示优选地大约为针孔或者略微更大的光圈。例如,该光圈可具有大约几百微米或更小。该光圈可选地由光学元件(例如,透镜)补充,即,具有小光圈的透镜可用于实现本发明的至少一个大致针孔状光圈。例如,透镜可适用于补偿由光圈提供给成像装置的传感器的不充足的曝光。提供透镜的光圈优选地具有大约几毫米或更小(在直径上)。

[0044] 在本文中使用的术语“a”和“an”限定为一个或多于一个。

[0045] 在所附权利要求中还公开了本发明的各种不同的实施方式。

附图说明

[0046] 接下来,参照附图更详细地描述本发明,其中

[0047] 图1示出了根据本发明的设备的实施方式的基本原理;

[0048] 图2示出了根据本发明的设备的实施方式的各种元件;

[0049] 图3描述了与本发明的各实施方式相结合的可行角度定义和计算的一个实例。

[0050] 图4a示出了根据本发明的表面测量的实施方式的工序;

[0051] 图4b示出了上述表面测量的实施方式的另外的方面;

[0052] 图5为根据本发明的用于测量目标对象的表面的方法的实施方式的流程图;

[0053] 图6更详细地示出了与图2的实施方式大致相似的设备的实施方式;

[0054] 图7示出了用于成像的适用的针孔光学器件的实施方式;

[0055] 图8进一步示出了与针孔光学器件相结合的适用透镜配置的一个实施方式。

具体实施方式

[0056] 在图1中,示出了照明结构,尤其是圆顶结构,102的一个实施方式,该照明结构用于朝着设置在诸如普通桌面或薄板的预定载体表面上并且由照明结构102呈大致半球形

地包围,即,位于载体表面的水平之上的基本上自由形态的目标对象或‘样品’106,投射由多个嵌入式或者至少光学耦合的光源提供的光。在一些其他实施方式中,根据照明结构的性质,对象106可悬挂在例如细绳下或者可由诸如底座的特定支撑结构支撑。

[0057] 对象106可位于照明结构102的大致中心。照明结构102可大致具有对称形状,如图中所示。在很多实施方式中,两个光敏传感器装置或‘成像装置’104(例如,数码照相机)相对于照明结构102定位,以便捕捉由光源发射并且由样品106朝结构102反射回的光线。有利地,成像装置104对准,以使相同的样品区域(或样品空间)从不同的角度成像。例如,可将称为光圈的小开口提供给结构102,以便能够通过该光圈朝成像装置104传输光。

[0058] 成像装置104均可包含通常称为‘像素’的多个成像元素的大致平面光敏矩阵。该矩阵可包括例如1000x1000个像素或更多。

[0059] 在一些其他实施方式中,从本发明的角度来看,单个外壳或单个主机设备可包含多个成像装置104,例如,多个照相机传感器。

[0060] 由结构102发射并且从样品106的表面朝结构102尤其朝相关的成像装置104反射回的各种光线已经在图中被描述为实线和虚线,用于进行说明。

[0061] 该设备通过识别和分析在照明结构102和成像装置104的光敏传感器表面之间传播的光线,可测量在大致面向照明结构102的样品106的顶部表面明确限定的基本上所有或至少大部分点,该传播包括在样品106表面上的反射现象。

[0062] 适用于形状检测的由样品106表面提供的反射率优选地为镜面反射,或者至少包括充足的镜面元素。还可包含漫射元件。在狭义上,如下文所提出的,可由该设备分析甚至高度散射的表面(无光泽表面)。

[0063] 图2描绘了所建议的用于进行光学测量(例如,形状和/或尺寸测量)的设备的实施方式的更详细的示图。

[0064] 潜在的高曲率样品206置于载体表面212上,例如,该载体表面可由光滑的、平板(例如,桌子上表面)提供。照明结构202包括几乎封装该照明结构与载体表面212之间的样品206的大致圆顶状形态。该形态优选地包含或者由半透明的漫射(半透明)材料构成。可选地至少在功能上被组织为LED矩阵的诸如LED208的多个光源已经被布置为光学耦合至照明结构202,使得结构202可建立期望的照明模式并且朝样品206传送,用于随后进行成像。

[0065] 可选地,诸如LED芯片或LED封装的光源已经嵌入照明结构202的材料内。例如,为了该目的,可利用适当的模制技术和/或预先雕刻容纳至少部分光源208的槽。或者/此外,数据投影仪或者例如幻灯片投影系统可用作光源。光源208还可为照明结构202的外部或/或非接触元件。

[0066] 已经在照明结构202的外部提供诸如CMOS或CCD照相机的两个成像装置204,以便通过检测从样品206中反射的光,通过各个针孔212对样品成像。每个成像装置204优选地被配置为通过专用的针孔型开口对样品成像。在一些其他实施方式中,根据各种因素,例如,相关视场的期望覆盖范围、照明结构的配置和尺寸以及目标对象的几何形状,可利用不同数量的成像装置204,例如,三个装置。

[0067] ‘E’210表示用于进行控制(例如,同步)的控制电子器件,例如,处理装置210b、

存储器 210c 以及 I/O 元件 210a (例如,数据传输或通信接口、数据可视化元件(例如,显示器、打印机或绘图机)、数据输入元件(例如,键盘、鼠标等)),这些测量程序涉及光源 208 和成像装置 204。例如,涉及光源控制的照明模式变化可相对于成像装置 204 的成像动作同步,以提高测量速度。

[0068] 控制实体 210 可构成也适合于其他用途的更通用的计算机装置或者可由更通用的计算机装置构成。例如,处理装置 210b 可包括微处理器、微控制器、DSP、可编程逻辑阵列或所期望的多个任何上述元件。存储器 210c 可包括至少一个专用存储器芯片或与处理器 210b 集成的存储器。存储器 210c 可被配置为容纳计算机程序,该计算机程序包括具有计算机可执行指令和相关的其他数据的形式的代码元件,用于控制该设备。进一步地,存储器 210c 可用于托管测量数据和相关的分析结果。计算机程序可包含在诸如存储卡或光盘的承载介质上。

[0069] 关于 LED208 或其他光源的尺寸和间距,理论上,LED 等越小并且位置越接近,可越精确地在样品 206 上产生和投射照明图案。在光源之间的最小理论距离为 0。在那种情况下,不需要额外的漫射照明结构,并且光源矩阵本身可用作例如圆顶状显示器或‘照明结构’,用于照亮样品。然而,由于所需要的光源的数量以及该设置的所需布线、复杂性以及所产生的总体价格大幅增大,所以在实际情况下,这种零幅度的间距有时不能实行。

[0070] 然而,在光源之间的间距增大时,由于其光点照明性质,所以在照明模式和拍摄的图像中可见单光源。这通常可使用在光源与样品之间的更有效地漫射的照明结构材料来解决,以使照明平滑。例如,在很多实施方式中,在例如 LED 型光源之间的适用距离可在从大约 2mm 到大约 10mm 的范围内。随着间距增大,照明结构(例如,圆顶)的漫射功率需要增大。根据要成像的对象以及期望的解决方案的其他因素,照明结构的形状可自然地变化。除了圆顶或者具体而言例如半球形以外,理论上还可利用实心球、圆柱形、圆锥形或基本上几乎任何自由形式的形状。

[0071] 鉴于不同的样品尺寸以及例如光源,照明结构的尺寸可伸缩。为了一次获得所测量的整个样品,应定位为保持在所有成像装置 204 的观察区域内,即,在照相机视图内,并且在由照明结构 202 限定的围绕形状内部。照明结构 202 的材料可包括塑料、玻璃等,优选地包括半透明的材料。

[0072] 例如,利用例如电流控制或者更精确的脉冲宽度或脉冲密度调制,可实现对光源 208 发射的光的强度的控制。通过例如根据行和列扫描光源矩阵,可灵活地实现对诸如 LED 的光源的特定控制。

[0073] 参照图 3,接下来,简要地回顾利用图像数据的 3d 计算的原理。该图尤其示出了在所公开的计算方法中利用的角度定义 α 和 ϕ 。

[0074] 在所示出的具有圆顶状照明结构 302 的场景中,X 轴表示水平轴,Y 轴表示垂直轴。下面的表 1 描述了所利用的潜在照明图案。例如,使用不同的照明图案,采用 6 个图像,可计算圆顶上的从对象表面(表面元素)向照相机像素反射的点或位置。图案 1 和 2 可用于限定高度角 α ,然而,图案 3 到 6 可用于限定旋转角度 ϕ 。

[0075] 表 1:照明图案

[0076]

模式	定义
1	LED 矩阵强度与高度角 α 线性相关, 以便在 $\alpha=0$ 时, 强度为 0%, 并且在 $\alpha=90$ 度时, 强度为 100%。强度图案围绕轴 Y 旋转对称。
2	LED 矩阵强度与高度角 α 线性相关, 以便在 $\alpha=0$ 时, 强度为 100%, 并且在 $\alpha=90$ 度时, 强度为 0%。强度图案围绕轴 Y 旋转对称。
3	LED 矩阵强度与旋转角度 φ 线性相关, 以便在 $\varphi=0$ 时, 强度为 0%, 并且在 $\varphi=180$ 度时, 强度为 100%。未照亮圆顶 (角度 φ 为 180 到 360 度) 的另一半。
4	LED 矩阵强度与旋转角度 φ 线性相关, 以便在 $\varphi=0$ 时, 强度为 100%, 并且在 $\varphi=180$ 度时, 强度为 0%。未照亮圆顶 (角度 φ 为 180 到 360 度) 的另一半。

[0077]

5	LED 矩阵强度与旋转角度 φ 线性相关, 以便在 $\varphi=180$ 时, 强度为 0%, 并且在 $\varphi=360$ 度时, 强度为 100%。未照亮圆顶 (角度 φ 为 0 到 180 度) 的另一半。
6	LED 矩阵强度与旋转角度 φ 线性相关, 以便在 $\varphi=180$ 时, 强度为 100%, 并且在 $\varphi=360$ 度时, 强度为 0%。未照亮圆顶 (角度 φ 为 0 到 180 度) 的另一半。

[0078] 可使用以下等式, 为每个图像像素限定高度角 α :[0079] $\alpha = (\text{图像 1} - \text{图像 2}) / (\text{图像 1} + \text{图像 2}) \quad (1)$ [0080] 可使用以下等式, 为每个图像像素限定在 0 到 180 度之间的旋转角度 Φ :

[0081]

$$\Phi = (\text{图像 3} - \text{图像 4}) / (\text{图像 3} + \text{图像 4}) \quad (2)$$

[0082] 可使用以下等式, 为每个图像像素限定在 180 到 360 度之间的旋转角度 Φ :

[0083]

$$\varphi = (\text{图像 5} - \text{图像 6}) / (\text{图像 5} + \text{图像 6}) \quad (3)$$

[0084] 或者可使用不同数量的图像。可使用两个图像计算旋转角度 Φ ，或者通过以例如 90 度间隔细分圆顶，通过这种方式，首先测量 0 到 90 度的部分然后测量 90 到 180 度的部分等，从而可实现可能更精确的结果。

[0085] 而且，正弦条纹照明图案可用于高度精确地计算反射点。与前一个实例一样，可首先计算高度角 α ，然后计算旋转角度 Φ 。

[0086] 为了确定高度角 α ，实际上可在圆顶上形成由几个周期的正弦条纹图案构成的照明或‘照亮’图案。例如，在圆顶上形成的正弦周期的数量取决于圆顶尺寸、照明的扇区 (sector, 部分)、LED 或更通常是光源间距以及期望精度，但是可在大约 10 到大约 100 个周期的范围内。通过目标对象的被测试的反射表面，在圆顶上成像正弦图案。通常需要具有正弦图案的不同相移的三个或多个图像，来计算反射点的相位。众所周知的相移计算方法可用于进行计算。相位与在圆顶上的位置部分地线性相关。由于相移计算方法的结果限于 $-\pi$ 与 π 之间，所以要求与线性改变的强度模式相关的结果限定相关的周期。

[0087] 例如，如果在高度角 α 从 0 度变成 90 度时，在圆顶表面上具有 20 个正弦周期，那么相位从 $-\pi$ 到 π 改变 20 次，并且每个周期与 4.5 度扇区对应。由线性改变强度图像得到的角度可用于确定正弦图案结果属于哪个 4.5 度扇区。

[0088] 可通过相似的方式大致计算旋转角度 Φ 。

[0089] 根据该实施方式，可使用不同数量的正弦条纹图案 / 图像；相移计算可与三个或多个模式 / 图像相结合使用，并且基于傅里叶变换的计算可与一个条纹图案 / 图像相结合使用。

[0090] 在一些实施方式中，角度计算结果可用于进行缺陷检测。在例如光滑的表面具有缺陷时，所监视的表面角会显示明显的变化。这可从角度图 (angle map) 中检测到。例如，可跟踪超过相邻的或附近的表面元素之间的有效角度方差的预定阈值的变化。

[0091] 通过利用以上和 / 或其他替换的照明图案，可分配在不同成像装置的诸如像素的成像元素和照明结构的内表面中的表面位置或点之间的对应性。成像装置的像素和照明结构的匹配位置 (即，相应的光传输点) 为目标对象的表面元素限定多个理论角度 (方向) / 高度 (距离) 组合，利用由至少一个其他成像装置提供的信息，可从这些组合中推断出一个正确的组合，在后文中进一步详细进行描述。结果，可确定构成整个测量表面的表面元素的位置和方向。

[0092] 图 4a 和图 4b 更详细地示出了位于根据本发明的表面测量的实施方式的程序之后的逻辑。这些图还包含了几个解释性文本评论，这些评论有助于理解所利用的基本几何原理。

[0093] 图 5 为用于执行测量和相关任务的相应方法的实施方式的流程图。在 502 中，最初基于要从目标对象测量的表面性能以及目标对象本身的性质 (光泽、粗糙、形状、尺寸等) 确定测量设置。因此，例如，在 504 中，通过获得第三方组件和 / 或基于内部制造获得必要的机构 (gear, 装置)，例如，照明结构 (例如，半球形圆顶或全球形结构)、相关的光源 (例如，LED)、成像装置 (例如，至少两个数码照相机装置) 以及控制 / 分析设备 (例如，具有合

适的 I/O 电子设备的计算机)。

[0094] 通常,利用两个或多个成像装置(例如,照相机),可数字测量目标对象的目标表面的 3d 形状。然而,首先,需要校准照相机的相关几何形状、方向以及相应的像素。这可以在方法条目 506 利用例如常见的立体照相机校准方法通过在不同位置以已知尺寸对棋盘或其他图案成像并且为照相机的每个像素对计算照相机参数和交叉线而实现。这些交叉线限定每个像素对组合的距离。

[0095] 在 508 和 510 中,多个照明图案(即,序列(sequence,连续镜头))分别由光源和照明结构形成,并且由照相机捕捉相应的反射图案。光源和照相机(或其他成像装置)应优选地同步,以便所有期望的照相机获得关于每个预定的照明图案的至少一个图像。如在本文中所述,照明图案的数量和性质取决于所利用的照明结构和光源、照相机、要测量的对象以及进行的测量的类型。在图中由虚线环回箭头示出条目 508、510 的重复性质(即,照亮图案、对图案成像、切换成下一个图案等)。

[0096] 尤其关于图 4a 和图 4b 的方法的分析条目 512 和相关逻辑,为了简单起见,成像装置(例如,照相机)在此处被视为理想的点光圈照相机。

[0097] 照相机 C1 像素 C1(a, b) 404 的角度信息 $p = \alpha(a, b)$ 和 $q = \varphi(a, b)$ 与圆顶表面上的通过表面点 S(x, y) 或平面‘表面元素’ 406 向 C1(a, b) 404 反射的点 D(p, q) 408 对应,其中 x, y 表示在由目标对象的平面载体表面(例如,桌面)限定的平面或者至少与该平面载体表面平行的平面上的坐标。

[0098] 点 C1(a, b) 404(以及照明结构的相关光圈)限定线路 C1-S410, S(x, y) 406 必须位于该线路中。因此,线路 C1-S410 和点 D(p, q) 408 为将 D(p, q) 408 发射的光以镜像角(mirror angle, 镜面角)反射给 C1(a, b) 404 的表面元素 S(x, y) 406 创建不同的潜在距离-方向对。每个潜在距离-方向对具有不同的表面法向量 $S_n(j, k, l)$ 406a, 即,反射表面的特征方向。

[0099] 每个距离-方向对(或在线路 C1-S410 中的‘点’)还通过作为 C2(c, d) 405 的相关的光圈在逻辑上与照相机 C2 中的一个像素对应,并且这种对建立线路组 C2-S411(图 4b)。

[0100] 对于传感器矩阵 C2 上的这些像素中的每个,已经通过测量提供了圆顶 D(r, s) 409 上的镜面反射(源)点以及角度信息 $r = \alpha(c, d)$ 和 $s = \varphi(c, d)$ 。所测量的反射点给出在线路 C2-S411 和 C1-S410 的交叉点的相应的表面方向。正确的像素 C2(c, d) 405(即,实际上从所测量的目标对象的表面元素中反射由圆顶位置 409 传输的光的像素)是基于测量在线路 C2-S411 和 C1-S410 的交叉点处提供相同的表面方向的像素,而非基于 C1(a, b) 404 计算的像素。即,关于这两个分析的光路 D(p, q)-S(x, y)-C1(a, b) 和 D(r, s)-S(x, y)-C2(c, d), 实际的物理表面元素 S(x, y) 406 具有相同的计算的表面法向量 $S_n(j, k, l)$, 即,表面方向。

[0101] 在解决了 C1(a, b) 404 和 C2(c, d) 405 时,还可应用可利用的校准信息,来唯一地确定目标对象的相关表面元件的距离以及位置。

[0102] 由于可以为所有照相机像素执行相似的程序,所以通过上述方式,可最终确定目标对象的每个表面元素的位置和方向,并且可以模拟和分析由表面元素构成的整个表面。

[0103] 技术人员会进一步认识到,由于照明结构的材料在某种程度上优选地漫射材料,所以能够利用光度立体测量。与圆顶状照明结构相结合,应用均匀的强度,首先可照亮圆顶

的前半部分,然后使测试表面成像。然后,可照亮圆顶的另外半部分,并且可再次使测试表面成像。这两个图像的差异有利地表示测试对象和相关表面的潜在的缺陷和拓扑(高度)结构。而且,可使用两个以上的照明方向。光度立体方法尤其可用于目标对象的高度散射的或‘无光泽的’表面。

[0104] 在条目 514 中,执行方法结束。例如,可进一步继续进行分析,或者可储存、向前传输和/或提供目前获得的测量结果,用于在显示装置上浏览,或者在纸上打印。

[0105] 图 6 在 601 中更详细地示出了与图 2 的实施方式大致相似的实施方式。而且,在此处,照明图案(即,图像)依次(视频序列)形成在照明结构(例如,球面 202)上并且从该结构向目标对象 206 的表面投射。因此,照明结构(例如,球面 202)被用作用图像图案照亮样品而不是用例如暂时最大恒定的并且在空间上均匀的漫射照明照亮样品的显示元件。然后,对象表面的相应(然而,失真的)图像由成像装置 204 捕捉,优选地与照明图案的形成同步。通过分析所捕捉的图像,包括例如分析引入其中的失真(与朝目标对象的表面投射的原始图案形成对比),可检测表面性能,例如,缺陷。

[0106] 成像装置 204 通过配备有透镜设备 604a、604b 的相应光圈 212(优选地,针孔光圈)光学耦合至目标对象 206。每个透镜设备 604a、604b 可包括多个透镜,例如,两个或三个透镜,这些透镜被配置为能够使用照明结构 202 的位于透镜前面的针孔状光圈 212 来成像。光圈尺寸的大小可遵循在上文中提供的示图,例如,几毫米的直径,例如,1-2mm 或者甚至更小。使用小尺寸的光圈,通常在成像时减小死区(阴影区域)。

[0107] 图 7 示出了用于成像的适用针孔光学器件的实施方式 701。可利用这种解决方法,例如,与本发明的上述实施方式相结合。照明结构 102、202 包括光圈 712,通过该光圈,进行成像。目标对象的光线 702 到达优选地串联对准的多个透镜 706、708,例如,单透镜或双透镜,进一步优选地以便具有一个共同的光轴。

[0108] 首先在位于目标对象与成像装置之间的光路中的透镜 706 可具有更小的直径,例如,几毫米,例如,大约 3mm,然而,第二透镜具有更大的直径。因此,在第一透镜 706 周围的机械结构可较小(更小)。照明结构 102、202 的直径取决于目标对象的实施方式以及性能(尺寸等),但是可大约为例如 45 厘米。然后,根据例如要成像的区域的优选的尺寸,适用焦距的一个实例可为几毫米,例如,大约 4-7 毫米。

[0109] 图 8 在 801 中表示与针孔光学器件相结合的适用透镜配置(为了清晰起见,在图中相对于光圈 712 放大)的进一步剖视图以及例如根据本发明的设置和方法的上述实施方式。

[0110] 该图示出了容纳透镜的透镜设备主体 714 或“壳结构”的倾斜的外表面部分 716。优选地,如在图中所示,斜边限定与透镜 706、708 的主体的侧面或光轴构成的预定角度,例如,大约 45 度的角度,但是根据实施方式,还能够具有其他配置。由于尽可能减少透镜设备的阻挡效应,所以倾斜给朝着目标的图像图案投影(并且给所产生的成像)造成更少的阴影。

[0111] 技术人员可根据本公开和常识应用所提供的教导内容,以便通过必要的修改、删除以及添加(如果有的话),在每个特定的使用情况下,实现由所附权利要求限定的本发明的范围。

[0112] 例如,在一些实施方式中,仅仅需要在总体上或者在某时分析目标对象的某些部

件或部分,由于这个原因,照明结构、相关的光源、光圈以及成像装置可被配置为仅仅在测量或测量循环方面覆盖相关部分。然后,在随后的测量期间,首先通过相对于彼此旋转对象和 / 或设备,以对着照明和成像元件露出新的部件 / 部分,从而可测量目标对象的剩余部件 / 部分。

[0113] 在一些使用情况下,应一口气测量潜在地高曲率 3d 对象的大致整个外表面,这需要利用完全包围的测量设备,例如,球形照明结构以及相关的所有角度 - 捕捉成像设置。

[0114] 然而,在一些实施方式,所利用的照明结构可由几个部件构成,这些部件依然被配置为在功能上形成整个照明结构,而在测量期间,在物理上保持分离。

[0115] 而且,在一些实施方式中,优选的针孔状光圈可由更大的光圈代替,以便通过充分的曝光来设置成像装置的传感器,如上文中所述。如果利用基于透镜的光圈,那么照明结构的表面首先需要钻孔或雕刻,以在其内提供直径更大的孔,用于容纳依然优选地具有几毫米(例如,两或三毫米)或更小的短小光圈的透镜。

[0116] 而且,在一些实施方式中,所提出的设备和方法可用于测量组合对象 / 表面,即,具有光滑的和无光泽的部分的表面。例如,可从组合表面跟踪缺陷。不同的照明方式(包括模式)可用于测量,并且可根据所获得的按照预定标准最佳的结果,最终确定每个表面元素。

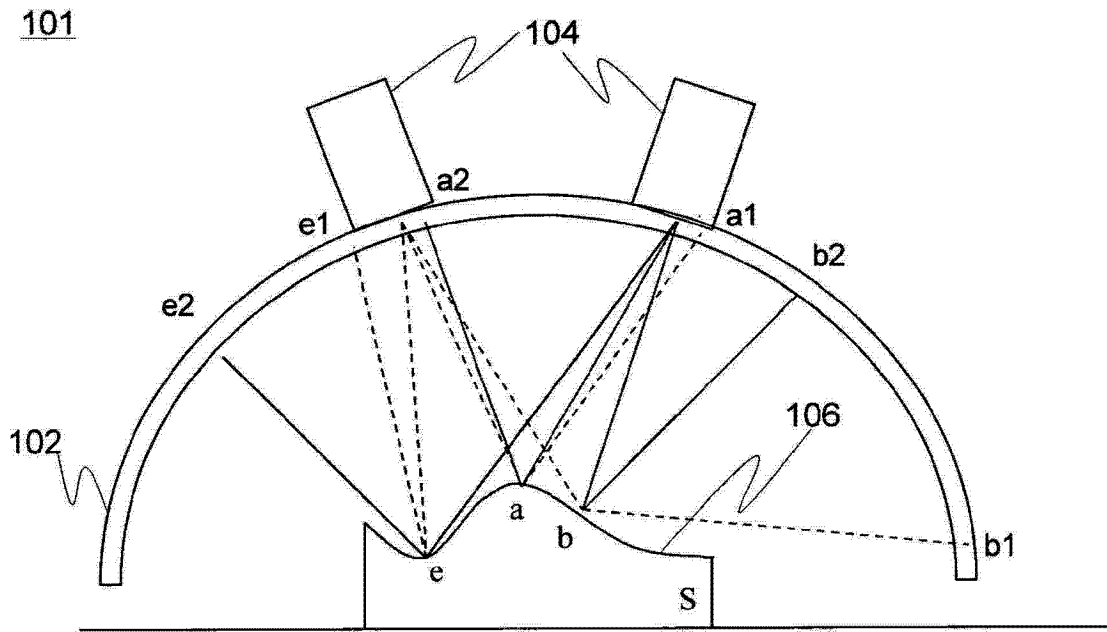


图 1

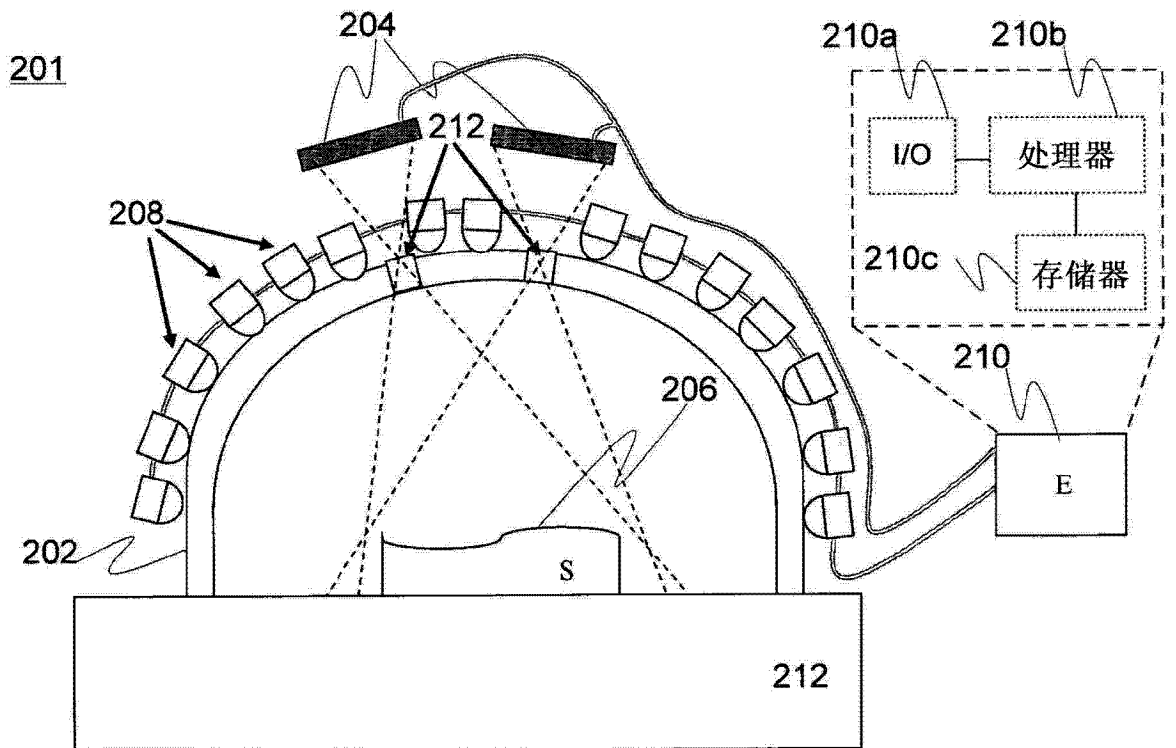


图 2

301

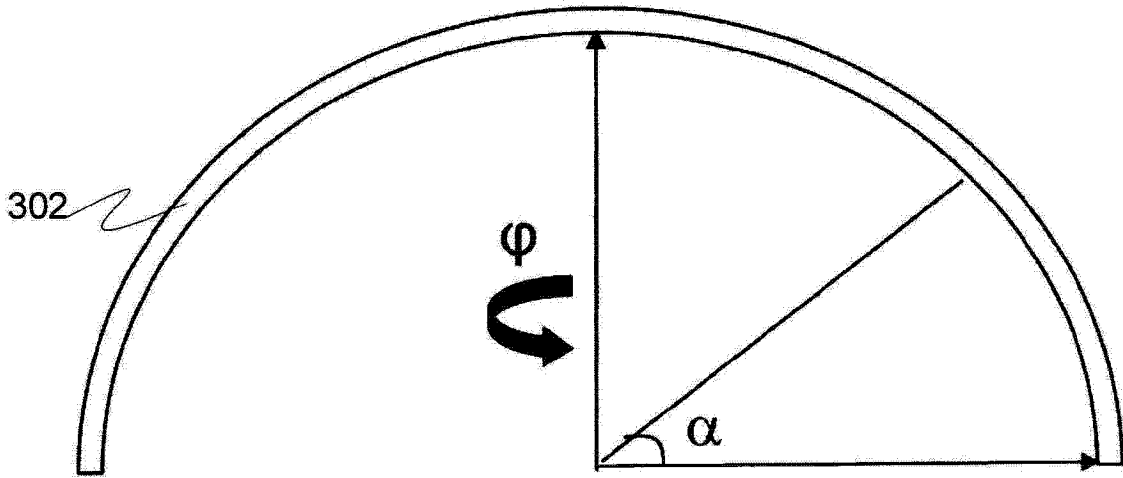


图 3

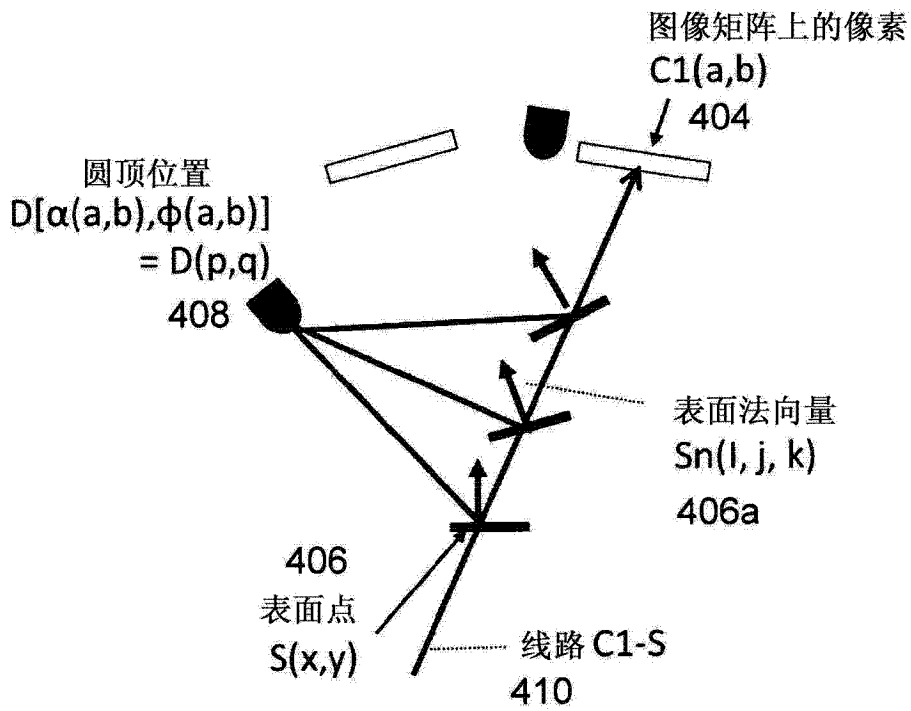


图 4a

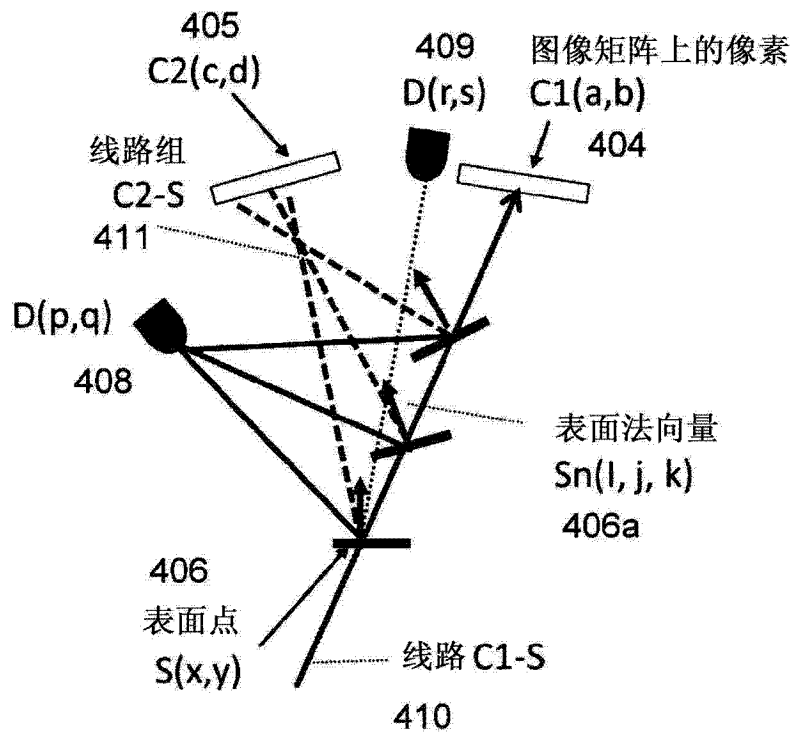


图 4b

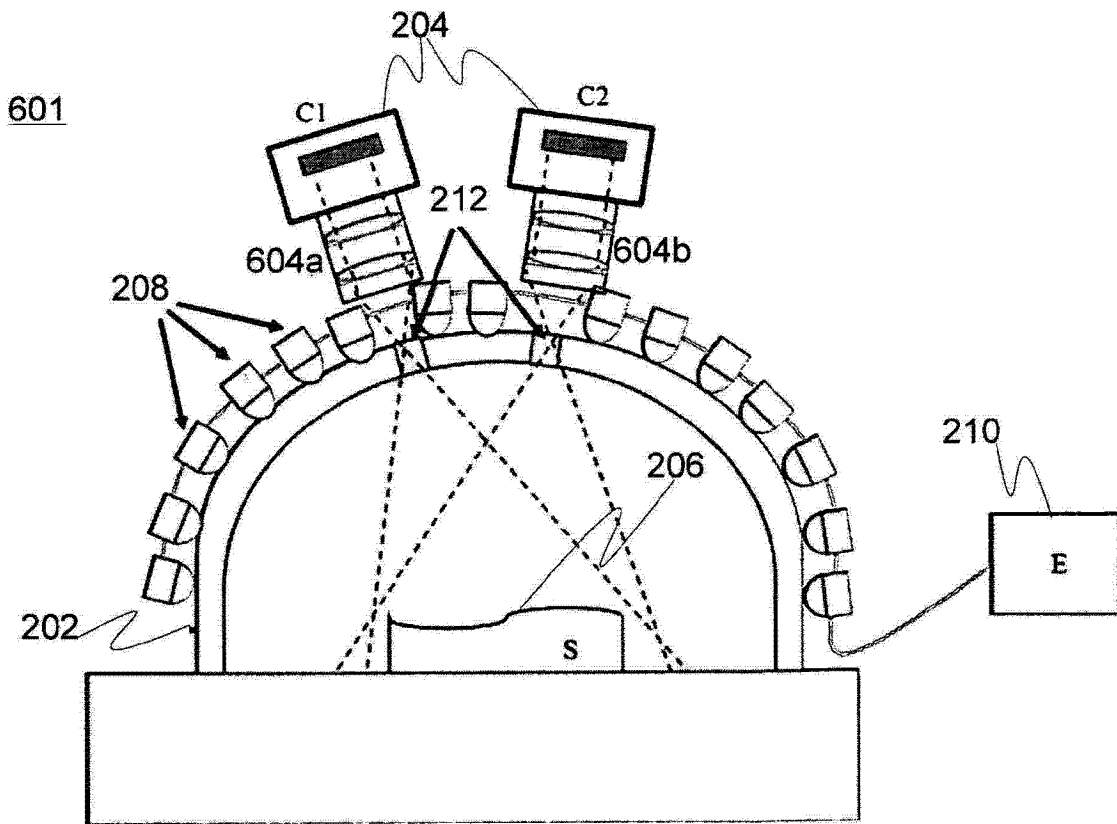


图 6

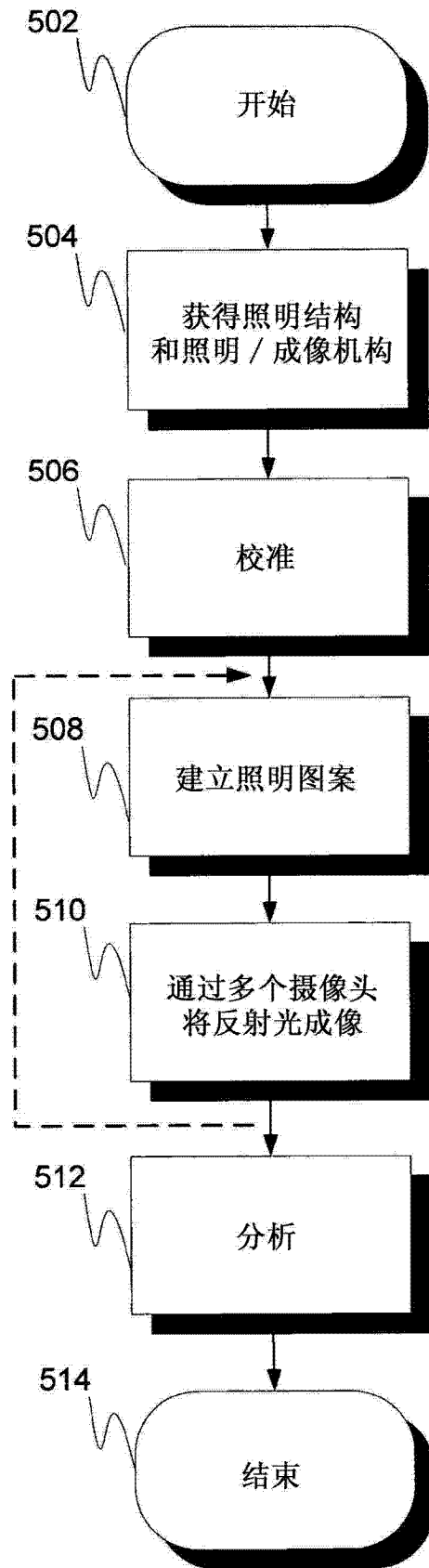


图 5

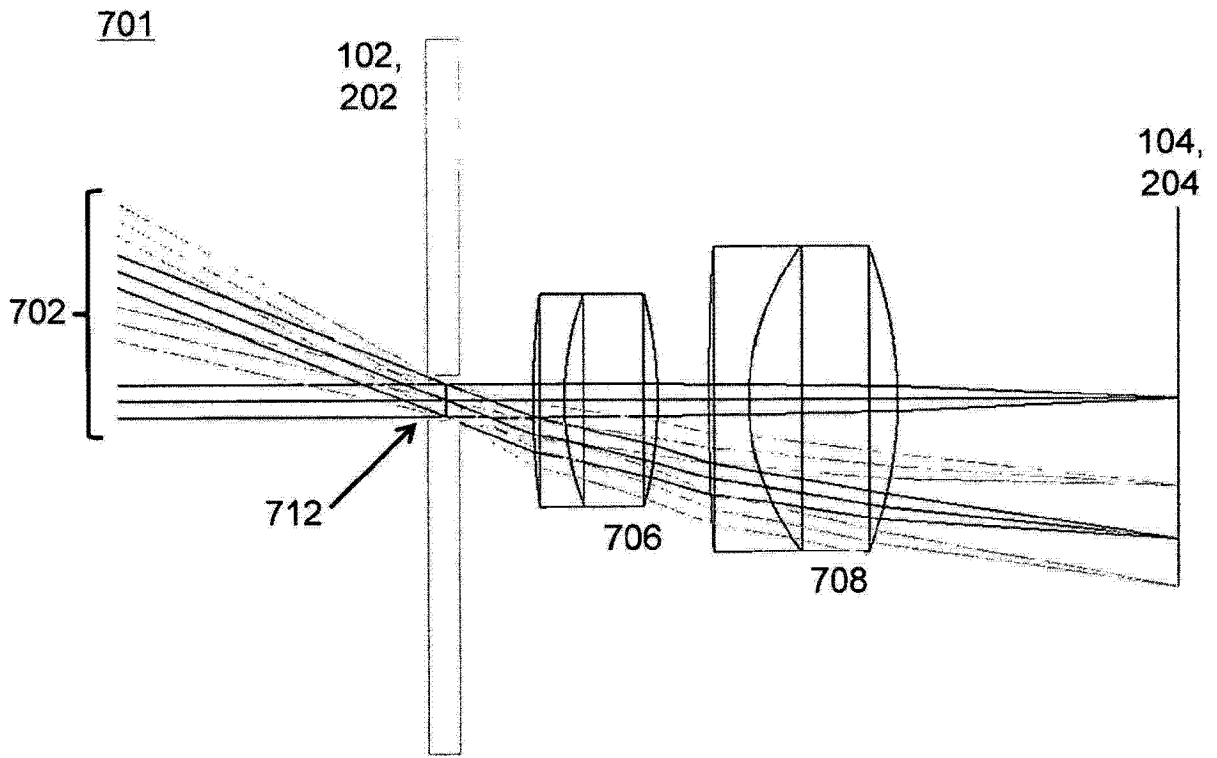


图 7

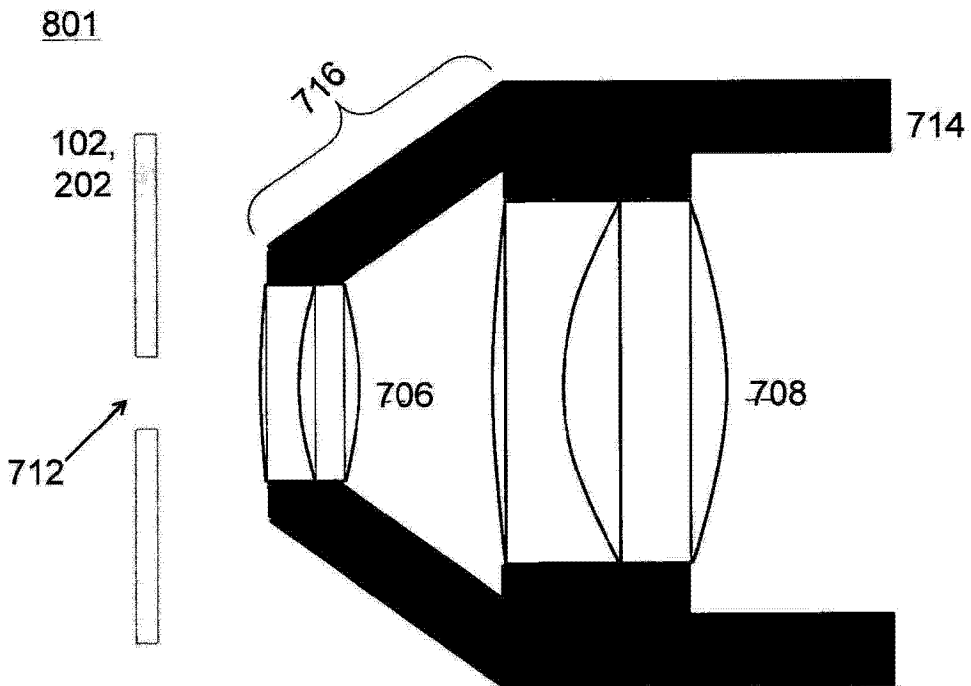


图 8