



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110702218 B

(45) 授权公告日 2021.07.20

(21) 申请号 201910933390.0

(22) 申请日 2019.09.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110702218 A

(43) 申请公布日 2020.01.17

(73) 专利权人 中国科学院空间应用工程与技术
中心

地址 100094 北京市海淀区邓庄南路九号

(72) 发明人 展月英 熊建 张春晖 熊蛟
石紫元 孙扬

(74) 专利代理机构 北京轻创知识产权代理有限
公司 11212

代理人 陈振玉

(51) Int. Cl.

G01J 1/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109416240 A, 2019.03.01

CN 104062858 A, 2014.09.24

CN 109358435 A, 2019.02.19

CN 101023510 A, 2007.08.22

US 2003147051 A1, 2003.08.07

审查员 彭文炫

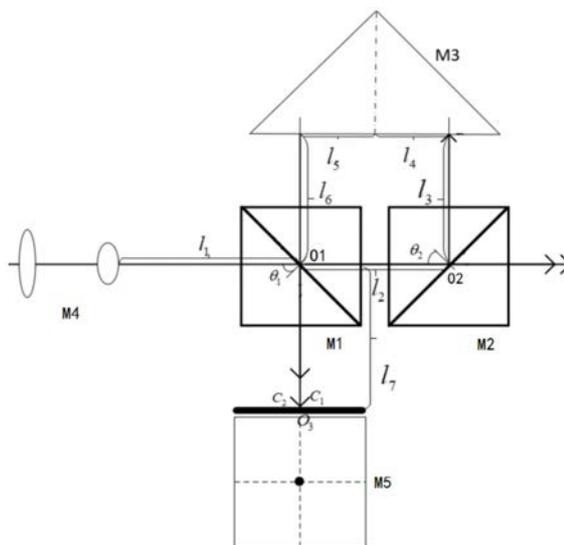
权利要求书4页 说明书16页 附图7页

(54) 发明名称

一种激光光束指向测量装置和方法

(57) 摘要

本发明涉及一种激光光束指向测量装置和方法,涉及激光光束指向测量领域。该装置包括:缩束镜组M4、第一分束镜M1、第二分束镜M2、后向反射镜M3和相机系统M5;所述缩束镜组的主光轴、所述第一分束镜M1的中心和第二分束镜M2的中心在一条直线上;通过所述装置去探测和显示入射的激光的光斑,并根据连续光斑的坐标信息,计算光束指向,能够同时计算出角漂和平漂。同时没有使用反射镜,也就避免了因反射镜调节不精确带来的误差;没有使用聚焦透镜,避免了光轴没有对齐以及相机放置位置不能准确位于焦点处带来的误差。



1. 一种激光光束指向测量装置,其特征在于,包括:缩束镜组、第一分束镜、第二分束镜、后向反射镜和相机系统;所述缩束镜组的主光轴、所述第一分束镜的中心和第二分束镜的中心在一条直线上;

所述缩束镜组,用于缩小入射激光的光束直径;

所述第一分束镜,用于根据第一预设分束比将入射激光分为两束,其中一束传播到所述相机系统,另一束传播到所述第二分束镜;

所述第二分束镜,用于根据第二预设分束比将入射的激光分为两束,其中一束传播进入所述后向反射镜;

所述后向反射镜,用于将入射的光束反射后传播到所述相机系统中,反射方向与入射方向平行,方向相反,所述入射方向的光束与所述后向反射镜的距离为 l_3 、所述反射方向的光束与所述后向反射镜的距离为 l_6 , $l_3=l_6$;

所述相机系统,用于探测和显示所述入射的激光的光斑;还用于根据连续光斑的坐标信息,计算光束指向;

其中,所述相机系统具体用于接收连续的光斑,所述光斑包括第一光斑和第二光斑,获取所述第一光斑的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ;

所述相机系统还具体用于,当入射光束仅存在入射角时,根据 x_2 和 y_2 计算入射角;还具体用于,当入射光束仅存在旋转角时,根据 x_2 和 y_2 计算旋转角;

还具体用于,当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据 y_2 计算Y轴平移量;

还具体用于,当入射光束仅存在X方向上的平移时,根据 x_2 计算X轴平移量;

还具体用于,当所述入射角和所述旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量。

2. 根据权利要求1所述的一种激光光束指向测量装置,其特征在于,所述相机系统具体用于,当入射光束仅存在入射角时,根据以下公式计算入射角 ϕ ,

$$\phi = \arctan \left[\frac{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

其中, l_1 为所述缩束镜组与所述第一分束镜的距离; l_2 为所述第一分束镜与所述第二分束镜的距离; l_6 为所述后向反射镜与所述第一分束镜的距离; l_3 为所述后向反射镜与所述第二分束镜的距离; l_7 为所述第一分束镜与所述相机系统的平面的距离;

或,当入射光束仅存在旋转角时,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$\alpha = \arctan \left[\frac{y_2}{x_2} \right].$$

3. 根据权利要求1所述的一种激光光束指向测量装置,其特征在于,所述相机系统具体用于,当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY ,

$$\Delta Y = |y_2|;$$

或,当入射光束仅存在X轴方向上的平移时,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX ,

$$\Delta X = |x_2|.$$

4. 根据权利要求2所述的一种激光光束指向测量装置,其特征在于,所述相机系统具体用于,当所述入射角和所述旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据以下公式计算入射角 ϕ :

$$\phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

其中, r_2 为所述第二光斑所在的轨迹圆的半径,根据以下公式计算得到:

$$r_2 = \frac{1}{\lambda} \Delta r,$$

其中, λ 为常数、所述第一光斑所在轨迹圆与所述第二光斑所在轨迹圆半径之差 Δr , λ 和 Δr 分别根据以下公式计算得到:

$$\lambda = \frac{\Delta r}{r_2} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

$$\Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (-y_2 - y_1)^2};$$

或,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$\alpha = \arctan \left[-\frac{-y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right];$$

或,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX :

$$\Delta X = |x_4|,$$

其中, x_4 为所述第二光斑所在轨迹圆圆心 Q_4 的横坐标,根据以下公式计算 x_4 :

$$x_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] x_1 - \frac{1}{\lambda} x_2;$$

或,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY :

$$\Delta Y = |y_4|,$$

其中 y_4 为所述第二光斑所在轨迹圆圆心 Q_4 的纵坐标,根据以下公式计算 y_4 :

$$y_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] y_1 + \frac{1}{\lambda} y_2.$$

5. 一种激光光束指向测量的方法,其特征在于,

S1, 设置缩束镜组的主光轴、第一分束镜的中心和第二分束镜的中心在一条直线上;

S2, 所述缩束镜组缩小入射激光的光束直径;

S3, 所述第一分束镜根据第一预设分束比将入射的激光分为两束,其中一束传播到相机系统,另一束传播到所述第二分束镜;

S4, 所述相机系统根据所述第一分束镜传播的光束,显示光束投射在所述相机系统的光斑,并探测连续光斑坐标信息;

S5, 所述第二分束镜根据第二预设分束比将入射的激光分为两束,其中一束传播进入

后向反射镜；

S6,后向反射镜将入射的光束反射后传播到所述相机系统中,反射方向与入射方向平行,方向相反,所述入射方向的光束与所述后向反射镜的距离为13,所述反射方向的光束与所述后向反射镜的距离为16,13=16;

S7,所述相机系统显示所述后向反射镜传播的光束的光斑,并探测所述光束的光斑的坐标信息;

S8,根据所述坐标信息计算光束指向信息;

其中,所述探测所述光束的光斑坐标信息具体包括:获取投射在所述相机系统的第一光斑和第二光斑的位置信息;根据所述位置信息计算所述第一光斑的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,计算所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ;

所述根据所述坐标信息计算光束指向信息具体包括:

当入射光束仅存在入射角时,根据 x_2 和 y_2 计算入射角;

当入射光束仅存在旋转角时,根据 x_2 和 y_2 计算旋转角;

当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据 y_2 计算Y轴平移量;

当入射光束仅存在X方向上的平移时,根据 x_2 计算X轴平移量;

当所述入射角和所述旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量。

6.根据权利要求5所述的一种激光光束指向测量的方法,其特征在于,

所述当入射光束仅存在入射角时,根据以下公式计算入射角 ϕ ,

$$\phi = \arctan \left[\frac{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

其中, l_1 为所述缩束镜组与所述第一分束镜的距离; l_2 为所述第一分束镜与所述第二分束镜的距离; l_6 为所述后向反射镜与所述第一分束镜的距离; l_3 为所述后向反射镜与所述第二分束镜的距离; l_7 为所述第一分束镜与所述相机系统的平面的距离;

或,所述当入射光束仅存在旋转角时,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$\alpha = \arctan \left[\frac{y_2}{x_2} \right].$$

7.根据权利要求5所述的一种激光光束指向测量的方法,其特征在于,所述当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY ,

$$\Delta Y = |y_2|;$$

或,所述当入射光束仅存在X轴方向上的平移时,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX ,

$$\Delta X = |x_2|.$$

8.根据权利要求6所述的一种激光光束指向测量的方法,其特征在于,所述当入射角和旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据以下公式计算入射角 ϕ :

$$\phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

其中, r_2 为所述第二光斑所在的轨迹圆的半径,根据以下公式计算得到:

$$r_2 = \frac{1}{\lambda} \Delta r,$$

λ 常数、所述第一光斑所在轨迹圆与所述第二光斑所在轨迹圆半径之差 Δr 、 λ 和 Δr 分别根据以下公式计算得到:

$$\lambda = \frac{\Delta r}{r_2} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

$$\Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (-y_2 - y_1)^2};$$

或,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$\alpha = \arctan \left[-\frac{-y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right];$$

或,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX :

$$\Delta X = |x_4|,$$

其中, x_4 为所述第二光斑所在轨迹圆圆心 Q_4 的横坐标,根据以下公式计算 x_4 :

$$x_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] x_1 - \frac{1}{\lambda} x_2;$$

或,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY :

$$\Delta Y = |y_4|,$$

其中 y_4 为所述第二光斑所在轨迹圆圆心 Q_4 的纵坐标,根据以下公式计算 y_4 :

$$y_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] y_1 + \frac{1}{\lambda} y_2.$$

一种激光光束指向测量装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光光束指向测量领域,尤其涉及一种激光光束指向测量装置和方法。

背景技术

[0002] 在专利2017110934170.0《一种激光器光束指向稳定性测量装置》提出了一种测量光束指向角度信息的装置。通过被测光束经过f-theta场镜1和光强调节器2后入射在图像采集单元3的探测面中心附近,图像采集单元3的探测面位于f-theta场镜1的后焦平面上,获得被测激光器发射的激光光斑。然后上位机根据图像采集单元3采集到的图像信息计算激光光束指向稳定性的角度信息。二维平移台5是用来调整相机位置使得相机中心位于和场镜1光轴对齐。入射光束的指向包含了上/下平移、左/右平移、入射角和旋转角等四个维度信息,该专利方案只能测量角漂,不能测量平漂。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是针对现有技术中测量光束指向角度信息的装置的不足,提供一种激光光束指向测量装置和方法。

[0004] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:

[0005] 一种激光光束指向测量装置,包括:缩束镜组、第一分束镜、第二分束镜、后向反射镜和相机系统;所述缩束镜组的主光轴、所述第一分束镜的中心和第二分束镜的中心在一条直线上;

[0006] 所述缩束镜组,用于缩小入射激光的光束直径;

[0007] 所述第一分束镜,用于根据第一预设分束比将入射激光分为两束,其中一束传播到所述相机系统,另一束传播到所述第二分束镜;

[0008] 所述第二分束镜,用于根据第二预设分束比将入射的激光分为两束,其中一束传播进入所述后向反射镜;

[0009] 所述后向反射镜,用于将入射的光束反射后传播到所述相机系统中,反射方向与入射方向平行,方向相反,所述入射方向的光束与所述后向反射镜的距离为13、所述反射方向的光束与所述后向反射镜的距离为16,13=16;

[0010] 所述相机系统,用于探测和显示所述入射的激光的光斑;还用于根据连续光斑的坐标信息,计算光束指向。

[0011] 本发明的有益效果是:通过缩束镜组、第一分束镜、第二分束镜、后向反射镜、相机系统在一起的装置,探测和显示所述入射的激光的光斑,并根据连续光斑的坐标信息,计算光束指向,能够同时计算出角漂和平漂。同时没有使用反射镜,也就避免了因反射镜调节不精确带来的误差;没有使用聚焦透镜,避免了光轴没有对齐以及相机放置位置不能准确位于焦点处带来的误差,也降低了该测量系统的构造难度,使用较少的光学元件,使得该光束指向测量系统的实现难度和测量误差大大降低,只采用一个探测器就能实现四个维度信息

的测量,不需要再加图像采集卡,直接连接电脑即可,降低了测量成本。

[0012] 在上述技术方案的基础上,本发明还可以做如下改进。

[0013] 进一步地,所述相机系统具体用于接收连续的光斑,所述光斑包括第一光斑和第二光斑,获取所述第一光斑的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ;还具体用于,当入射光束仅存在入射角时,根据 x_2 和 y_2 计算入射角;还具体用于,当入射光束仅存在旋转角时,根据 x_2 和 y_2 计算旋转角;

[0014] 还具体用于,当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据 y_2 计算Y轴平移量;

[0015] 还具体用于,当入射光束仅存在X方向上的平移时,根据 x_2 计算X轴平移量;

[0016] 还具体用于,当所述入射角和所述旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量。

[0017] 采用上述进一步方案的有益效果是:通过相机系统获取第一光斑的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ;并根据入射光束的漂移情况划分出入射光束可能发生的漂移状态,借助光斑的具体坐标信息计算角度漂移量和平移量,相比现有技术中根据光强度计算角漂,本方案的方法通过光斑坐标信息不仅能够计算出角漂,还能计算出平漂,能够更全面的获取到光束指向信息。

[0018] 进一步地,所述相机系统具体用于,当入射光束仅存在入射角时,根据以下公式计算入射角 ϕ ,

$$[0019] \quad \phi = \arctan \left[\frac{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}{l1 + l2 + l3 + l6 + l7} \right],$$

[0020] 其中, $l1$ 为所述缩束镜组与所述第一分束镜的距离; $l2$ 为所述第一分束镜与所述第二分束镜的距离; $l6$ 为所述后向反射镜与所述第一分束镜的距离; $l3$ 为所述后向反射镜与所述第二分束镜的距离; $l7$ 为所述第一分束镜与所述相机系统的平面的距离;

[0021] 或,当入射光束仅存在旋转角时,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$[0022] \quad \alpha = \arctan \left[\frac{y_2}{x_2} \right].$$

[0023] 采用上述进一步方案的有益效果是:根据所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,结合几何关系,通过入射光束仅存在入射角时的公式计算旋转角,入射光束仅存在旋转角时的公式计算入射角,以获得入射光束的角漂,通过优化后测量装置构造难度降低,再通过简单的公式计算就可获得入射光束的角漂信息,使得整个光束指向测量过程简单易操作,同时结构简单使得稳定性更强。

[0024] 进一步地,所述相机系统具体用于,当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY ,

$$[0025] \quad \Delta Y = |y_2|;$$

[0026] 或,当入射光束仅存在X轴方向上的平移时,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX ,

$$[0027] \quad \Delta X = |x_2|。$$

[0028] 采用上述进一步方案的有益效果是:根据所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,结合实际光束发生平移时,光斑的移动轨迹,通公式计算光斑X、Y轴平移量,以获得入射光束

的在X、Y轴的平移量,通过优化后测量装置构造难度降低,再通过简单的公式计算就可获得入射光束的平漂信息,使得整个光束指向测量过程简单易操作,同时结构简单使得稳定性更强。

[0029] 进一步地,所述相机系统具体用于,当所述入射角和所述旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据以下公式计算入射角 ϕ :

$$[0030] \quad \phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

[0031] 其中, r_2 为所述第二光斑所在的轨迹圆的半径,根据以下公式计算得到:

$$[0032] \quad r_2 = \frac{1}{\lambda} \Delta r,$$

[0033] 其中, λ 为常数、所述第一光斑所在轨迹圆与所述第二光斑所在轨迹圆半径之差 Δr , λ 和 Δr 分别根据以下公式计算得到:

$$[0034] \quad \lambda = \frac{\Delta r}{r_2} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

$$[0035] \quad \Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (-y_2 - y_1)^2};$$

[0036] 或,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$[0037] \quad \alpha = \arctan \left[-\frac{-y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right];$$

[0038] 或,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX :

$$[0039] \quad \Delta X = |x_4|,$$

[0040] 其中, x_4 为所述第二光斑所在轨迹圆圆心 O_4 的横坐标,根据以下公式计算 x_4 :

$$[0041] \quad x_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] x_1 - \frac{1}{\lambda} x_2;$$

[0042] 或,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY :

$$[0043] \quad \Delta Y = |y_4|,$$

[0044] 其中 y_4 为所述第二光斑所在轨迹圆圆心 O_4 的纵坐标,根据以下公式计算 y_4 :

$$[0045] \quad y_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] y_1 + \frac{1}{\lambda} y_2。$$

[0046] 采用上述进一步方案的有益效果是:根据上述方案的定性分析,当角漂和平漂同时存在时,根据所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,所述第一光斑的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,做出辅助对称点,根据几何关系,结合实际公式,以获得入射光束的入射角、旋转角和在X、Y轴的平移量,通过优化后测量装置,只用一个相机,减少了探测器的数量,减少了因对焦点带来的误差,也降低了成本,并且在入射光束漂浮情况复杂时,即当角漂和平漂同时存在,本方案不需要多次反复探测光斑,在获取到准确的第一光斑和第二光斑的坐标信息就可以一次计算出入射光束的角漂和平漂,降低了测量的难度,减轻了测量工作量。

[0047] 本发明解决上述技术问题的另一种技术方案如下：

[0048] 一种激光光束指向测量的方法，包括以下步骤：

[0049] S1, 设置缩束镜组的主光轴、第一分束镜的中心和第二分束镜的中心在一条直线上；

[0050] S2, 所述缩束镜组缩小入射激光的光束直径；

[0051] S3, 所述第一分束镜根据第一预设分束比将入射的激光分为两束，其中一束传播到相机系统，另一束传播到所述第二分束镜；

[0052] S4, 所述相机系统根据所述第一分束镜传播的光束，显示光束投射在所述相机系统的光斑，并探测连续光斑坐标信息；

[0053] S5, 所述第二分束镜根据第二预设分束比将入射的激光分为两束，其中一束传播进入后向反射镜；

[0054] S6, 后向反射镜将入射的光束反射后传播到所述相机系统中，反射方向与入射方向平行，方向相反，所述入射方向的光束与所述后向反射镜的距离为13, 所述反射方向的光束与所述后向反射镜的距离为16, $13=16$ ；

[0055] S7, 所述相机系统显示所述后向反射镜传播的光束的光斑，并探测所述光束的光斑的坐标信息；

[0056] S8, 根据所述坐标信息计算光束指向信息。

[0057] 本发明的有益效果是：通过缩束镜组、第一分束镜、第二分束镜、后向反射镜、相机系统在一起的装置，探测和显示所述入射的激光的光斑，并根据连续光斑的坐标信息，计算光束指向，能够同时计算出角漂和平漂。同时没有使用反射镜，也就避免了因反射镜调节不精确带来的误差；没有使用聚焦透镜，避免了光轴没有对齐以及相机放置位置不能准确位于焦点处带来的误差，也降低了该测量系统的构造难度，使用较少的光学元件，使得该光束指向测量系统的实现难度和测量误差大大降低，只采用一个探测器就能实现四个维度信息的测量，不需要再加图像采集卡，直接连接电脑即可，降低了测量成本。

[0058] 在上述技术方案的基础上，本发明还可以做如下改进。

[0059] 进一步地，所述探测所述光束的光斑坐标信息具体包括：获取投射在所述相机系统的第一光斑和第二光斑的位置信息；根据所述位置信息计算所述第一光斑的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ，计算所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ；

[0060] 所述根据所述坐标信息计算光束指向信息具体包括：

[0061] 当入射光束仅存在入射角时，根据 x_2 和 y_2 计算入射角；

[0062] 当入射光束仅存在旋转角时，根据 x_2 和 y_2 计算旋转角；

[0063] 当入射光束仅存在Y方向上的平移时，根据 y_2 计算Y轴平移量；

[0064] 当入射光束仅存在X方向上的平移时，根据 x_2 计算X轴平移量；

[0065] 当所述入射角和所述旋转角均不为零，且X轴和Y轴发生平移时，根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量计算旋转角，根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算旋转角，根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量。

[0066] 采用上述进一步方案的有益效果是：通过相机系统获取第一光斑的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ，所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ；并根据入射光束的漂移情况划分出入射光束可能发生的漂移状态，借助光斑的具体坐标信息计算角度漂移量和平移量，相比现有技术中根据光强度计算角漂，本方案的方法通过光斑坐标信息不仅能够计算出角漂，还能计算

出平漂,能够更全面的获取到光束指向信息。

[0067] 进一步地,所述当入射光束仅存在入射角时,根据以下公式计算入射角 ϕ ,

$$[0068] \quad \phi = \arctan \left[\frac{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

[0069] 其中, l_1 为所述缩束镜组与所述第一分束镜的距离; l_2 为所述第一分束镜与所述第二分束镜的距离; l_6 为所述后向反射镜与所述第一分束镜的距离; l_3 为所述后向反射镜与所述第二分束镜的距离; l_7 为所述第一分束镜与所述相机系统的平面的距离;

[0070] 或,所述当入射光束仅存在旋转角时,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$[0071] \quad \alpha = \arctan \left[\frac{y_2}{x_2} \right].$$

[0072] 采用上述进一步方案的有益效果是:根据所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,结合几何关系,通过入射光束仅存在入射角时的公式计算旋转角,入射光束仅存在旋转角时的公式计算入射角,以获得入射光束的角漂,通过优化后测量装置构造难度降低,再通过简单的公式计算就可获得入射光束的角漂信息,使得整个光束指向测量过程简单易操作,同时结构简单使得稳定性更强。

[0073] 进一步地,所述当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY ,

$$[0074] \quad \Delta Y = |y_2|;$$

[0075] 或,所述当入射光束仅存在X轴方向上的平移时,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX ,

$$[0076] \quad \Delta X = |x_2|.$$

[0077] 采用上述进一步方案的有益效果是:根据所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,结合实际光束发生平移时,光斑的移动轨迹,通公式计算光斑X、Y轴平移量,以获得入射光束的在X、Y轴的平移量,通过优化后测量装置构造难度降低,再通过简单的公式计算就可获得入射光束的平漂信息,使得整个光束指向测量过程简单易操作,同时结构简单使得稳定性更强。

[0078] 进一步地,所述当入射角和旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据以下公式计算入射角 ϕ :

$$[0079] \quad \phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

[0080] 其中, r_2 为所述第二光斑所在的轨迹圆的半径,根据以下公式计算得到:

$$[0081] \quad r_2 = \frac{1}{\lambda} \Delta r,$$

[0082] λ 常数、所述第一光斑所在轨迹圆与所述第二光斑所在轨迹圆半径之差 Δr , λ 和 Δr 分别根据以下公式计算得到:

$$[0083] \quad \lambda = \frac{\Delta r}{r_2} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

$$[0084] \quad \Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (-y_2 - y_1)^2};$$

[0085] 或,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$[0086] \quad \alpha = \arctan \left[-\frac{-y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right];$$

[0087] 或,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX :

$$[0088] \quad \Delta X = |x_4|,$$

[0089] 其中, x_4 为所述第二光斑所在轨迹圆圆心 O_4 的横坐标,根据以下公式计算 x_4 :

$$[0090] \quad x_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] x_1 - \frac{1}{\lambda} x_2;$$

[0091] 或,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY :

$$[0092] \quad \Delta Y = |y_4|,$$

[0093] 其中 y_4 为所述第二光斑所在轨迹圆圆心 O_4 的纵坐标,根据以下公式计算 y_4 :

$$[0094] \quad y_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] y_1 + \frac{1}{\lambda} y_2。$$

[0095] 采用上述进一步方案的有益效果是:根据上述方案的定性分析,当角漂和平漂同时存在时,根据所述第二光斑的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,所述第一光斑的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,做出辅助对称点,根据几何关系,结合实际公式,以获得入射光束的入射角、旋转角和在X、Y轴的平移量,通过优化后测量装置,只用一个相机,减少了探测器的数量,减少了因对焦点带来的误差,也降低了成本,并且在入射光束漂浮情况复杂时,即当角漂和平漂同时存在,本方案不需要多次反复探测光斑,在获取到准确的第一光斑和第二光斑的坐标信息就可以一次计算出入射光束的角漂和平漂,降低了测量的难度,减轻了测量工作量。

[0096] 本发明附加的方面的优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明实践了解到。

附图说明

[0097] 图1为本发明的实施例提供的激光光束指向测量装置的结构框架图;

[0098] 图2为本发明的实施例提供的激光光束指向测量方法的流程示意图;

[0099] 图3为本发明的实施例提供的入射光束有角漂时的示意图;

[0100] 图4为本发明的实施例提供的入射光束有角漂时光斑运动轨迹的示意图;

[0101] 图5为本发明的实施例提供的入射光束在X轴有平移时的光束运动示意图;

[0102] 图6为本发明的实施例提供的入射光束在Y轴有平移时的在相机平面的光斑示意图;

[0103] 图7为本发明的实施例提供的入射光束有平漂和角漂时在相机平面的光斑示意图;

[0104] 图8为本发明的实施例提供的入射光束在不同漂移时的光斑示意图。

具体实施方式

[0105] 以下结合附图对本发明的原理和特征进行描述,所举实施例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。

[0106] 如图1所示,为本发明实施例提供的一种激光光束指向测量装置,该装置包括:缩束镜组M4、第一分束镜M1、第二分束镜M2、后向反射镜M3和相机系统M5;缩束镜组M4的主光轴、第一分束镜M1的中心和第二分束镜M2的中心在一条直线上;

[0107] 缩束镜组M4出射面与第一分束镜M1的中心的距离为 l_1 ;第一分束镜M1的中心与第二分束镜M2的中心在一条直线上,之间距离为 l_2 ;后向反射镜M3的出射面与第一分束镜M1的中心的距离分别为 l_6 ,后向反射镜M3的出射面与第二分束镜M2的中心的距离为 l_3 ;相机模块的传感器平面与第一分束镜M1的中心的距离为 l_7 ;其中 $l_1=l_3=l_6=l_7$;

[0108] 缩束镜组M4,用于缩小入射激光的光束直径;

[0109] 缩束镜组M4,可以包含两个缩束镜;缩束镜组M4缩小入射光束直径,最好缩束到1mm以下。

[0110] 第一分束镜M1,用于根据第一预设分束比将入射激光分为两束,其中一束传播到相机系统M5,另一束传播到第二分束镜M2;

[0111] 第一分束镜M1,根据第一预设分束比将入射激光分为两束,其中一束可以以90度反射进入相机系统M5,另一束沿原方向继续传播到第二分束镜M2;

[0112] 第一分束镜M1的预设分束比为 $T:R$, T 表示透射率, R 表示反射率, T 取值范围可以为80-95, R 取值范围可以为5-20, $T+R=100$;入射光束的 $T\%$ 反射进入相机系统M5,入射光束的 $R\%$ 沿原方向继续传播到第二分束镜M2;

[0113] 第二分束镜M2,用于根据第二预设分束比将入射的激光分为两束,其中一束传播进入后向反射镜M3;

[0114] 第二分束镜M2根据第二预设分束比将入射的激光分为两束,其中一束可以以90度反射进入后向反射镜M3,另一束沿原方向继续传播;

[0115] 第二分束镜M2的预设分束比为 $T:R$, T 表示透射率, R 表示反射率, T 取值范围可以与 R 取值范围相近, $T+R=100$;入射光束的 $T\%$ 反射进入后向反射镜M3,入射光束的 $R\%$ 沿原方向继续传播;

[0116] 后向反射镜M3,用于将入射的光束反射后传播到相机系统M5中,反射方向与入射方向平行,方向相反,入射方向的光束与后向反射镜M3的距离为 l_3 、反射方向的光束与后向反射镜M3的距离为 l_6 , $l_3=l_6$;

[0117] 相机系统M5,用于探测和显示入射的激光的光斑;还用于根据连续光斑的坐标信息,计算光束指向。

[0118] 相机系统M5,可以包括相机和计算机系统,相机可以采用CMOS相机也可以采用CCD相机;相机探测到入射的光斑,并获取光斑信息,计算机系统根据光斑信息计算光斑在相机的传感器平面的坐标,根据计算到的光斑坐标信息以及个组件的位置距离信息,计算入射光束的入射角、旋转角和在X、Y轴的平移量。

[0119] 通过缩束镜组M4、第一分束镜M1、第二分束镜M2、后向反射镜M3、相机系统M5结合

在一起的装置,去探测和显示入射的激光的光斑,并根据连续光斑的坐标信息,计算光束指向,能够同时计算出角漂和平漂。同时没有使用反射镜,也就避免了因反射镜调节不精确带来的误差;没有使用聚焦透镜,避免了光轴没有对齐以及相机放置位置不能准确位于焦点处带来的误差,也降低了该测量系统的构造难度,使用较少的光学元件,使得该光束指向测量系统的实现难度和测量误差大大降低,只采用一个探测器就能实现四个维度信息的测量,不需要再加图像采集卡,直接连接电脑即可,降低了测量成本。

[0120] 优选地,在上述任意实施例中,相机系统M5具体用于接收连续的光斑,光斑包括第一光斑C1和第二光斑C2,获取第一光斑C1的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,第二光斑C2的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ;还具体用于,当入射光束仅存在入射角时,根据 x_2 和 y_2 计算入射角;还具体用于,当入射光束仅存在旋转角时,根据 x_2 和 y_2 计算旋转角;

[0121] 还具体用于,当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据 y_2 计算Y轴平移量;

[0122] 还具体用于,当入射光束仅存在X方向上的平移时,根据 x_2 计算X轴平移量;

[0123] 还具体用于,当入射角和旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量。

[0124] 通过相机系统M5获取第一光斑C1的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,第二光斑C2的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ;并根据入射光束的漂移情况划分出入射光束可能发生的漂移状态,借助光斑的具体坐标信息计算角度漂移量和平移量,相比现有技术中根据光强度计算角漂,本方案的方法通过光斑坐标信息不仅能够计算出角漂,还能计算出平漂,能够更全面的获取到光束指向信息。

[0125] 优选地,在上述任意实施例中,如图3所示

[0126] 相机系统M5具体用于,当入射光束仅存在入射角时,根据以下公式计算入射角 ϕ ,

$$[0127] \quad \phi = \arctan \left[\frac{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

[0128] 其中, l_1 为缩束镜组M4与第一分束镜M1的距离; l_2 为第一分束镜M1与第二分束镜M2的距离; l_3 为后向反射镜M3与第一分束镜M1的距离; l_6 为后向反射镜M3与第二分束镜M2的距离; l_7 为第一分束镜M1与相机系统M5的平面的距离;

[0129] 或,当入射光束仅存在旋转角时,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$[0130] \quad \alpha = \arctan \left[\frac{y_2}{x_2} \right].$$

[0131] S'_1 是 S_1 的等效点,也即从 S_1 出发的光线经过M1、M2、M3等效于从直接 S'_1 发出到达相机CA。其中,由几何知识可得, S'_1O_4 的长度为 $l_1+l_2+l_3+l_6+l_7$,三角形 $S'_1C_2O_4$ 的顶角就是入射角, l_8 为第一光斑C2的轨迹圆的半径,得到公式:

$$[0132] \quad \tan \phi = \frac{l_8}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

$$[0133] \quad \phi = \arctan \left[\frac{l_8}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right];$$

[0134] 相机上的第一光斑C1和第二光斑C2的转动方向相反,但是二者转动的角度相同,

以相机中心为原点建立坐标系, C1的坐标为 (x_1, y_1) , C2的坐标为 (x_2, y_2) 。当没有平移发生时, 轨迹圆的圆心的坐标在坐标原点处, 设两个轨迹圆的半径分别为 r_1 和 r_2 , 根据上述几何关系可得,

$$[0135] \quad \phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right] = \arctan \left[\frac{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

$$[0136] \quad \alpha = \arctan \left[\frac{y_2}{x_2} \right].$$

[0137] 在入射角一定的情况下, 入射光线可以有无数个路径入射进平面, 这些光线形成了一个圆锥面, 所有的在入射面上的入射点构成了一个圆, 任何一条入射光线可以由两个角——入射角 ϕ 和旋转角 α 表示; 虽然这些入射光线与平面的夹角不变, 但是入射方向变化了, 这将会导致相机上C1、C2在以 r_1 、 r_2 为半径的圆周上, 把这种圆称之为轨迹圆, 如图4所示。

[0138] 根据第二光斑C2的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 , 结合几何关系, 通过入射光束仅存在入射角时的公式计算旋转角, 入射光束仅存在旋转角时的公式计算入射角, 以获得入射光束的角漂, 通过优化后测量装置构造难度降低, 再通过简单的公式计算就可获得入射光束的角漂信息, 使得整个光束指向测量过程简单易操作, 同时简单的结构使得稳定性更强。

[0139] 优选地, 在上述任意实施例, 相机系统M5具体用于, 当入射光束仅存在Y方向上的平移时, 根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY , 如图6所示

$$[0140] \quad \Delta Y = |y_2|;$$

[0141] 或, 当入射光束仅存在X轴方向上的平移时, 根据以下公式计算X轴平移量 ΔX , 如图5所示

$$[0142] \quad \Delta X = |x_2|。$$

[0143] 当入射光束仅存在X轴方向上的平移时, 两条光线形成的光斑是重合的, 即第一光斑C1与第二光斑C2重合, 但是不位于相机平面的中心 O_3 处, 即第一光斑C1和第二光斑C2的轨迹圆的半径为零, 圆心重合, 但是圆心不在相机的中心上。那么就很容易的判断此时入射光线相对于参考光线产生了平移, 而没有发生入射角变化。第一光斑C1或第二光斑C2也就是轨迹圆的圆心离相机画面中心的距离就等于入射光线相对于参考光线平移的平移距离, 得出计算公式:

$$[0144] \quad \Delta X = |x_2|,$$

[0145] 或

$$[0146] \quad \Delta X = |x_1|;$$

[0147] 当入射光束仅存在Y方向上的平移时, 第一光斑C1和第二光斑C2沿着与Y轴平行的方向相背移动, 移动距离相同, 第一光斑C1和第二光斑C2的X坐标保持不变。两个光斑的所在圆心也是沿着Y轴相背移动, 而且移动的距离相同。此时在Y轴方向上的平移距离就是第一光斑C1或第二光斑C2的纵坐标绝对值, 得出计算公式:

$$[0148] \quad \Delta Y = |y_2|,$$

[0149] 或

$$[0150] \quad \Delta Y = |y_1|。$$

[0151] 根据第二光斑C1的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,结合实际光束发生平移时,光斑的移动轨迹,通公式计算光斑X、Y轴平移量,以获得入射光束的在X、Y轴的平移量,通过优化后测量装置构造难度降低,再通过简单的公式计算就可获得入射光束的平漂信息,使得整个光束指向测量过程简单易操作,同时结构简单使得稳定性更强。

[0152] 优选地,在上述任意实施例中,如图7所示

[0153] 相机系统M5具体用于,当入射角和旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据以下公式计算入射角 ϕ :

$$[0154] \quad \phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

[0155] 其中, r_2 为第二光斑C2所在的轨迹圆的半径,根据以下公式计算得到:

$$[0156] \quad r_2 = \frac{1}{\lambda} \Delta r,$$

[0157] 其中, λ 为常数、第一光斑C1所在轨迹圆与第二光斑C2所在轨迹圆半径之差 Δr , λ 和 Δr 分别根据以下公式计算得到:

$$[0158] \quad \lambda = \frac{\Delta r}{r_2} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

$$[0159] \quad \Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (-y_2 - y_1)^2};$$

[0160] 或,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$[0161] \quad \alpha = \arctan \left[-\frac{-y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right];$$

[0162] 或,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX :

$$[0163] \quad \Delta X = |x_4|,$$

[0164] 其中, x_4 为第二光斑C2所在轨迹圆圆心 Q_4 的横坐标,根据以下公式计算 x_4 :

$$[0165] \quad x_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] x_1 - \frac{1}{\lambda} x_2;$$

[0166] 或,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY :

$$[0167] \quad \Delta Y = |y_4|,$$

[0168] 其中 y_4 为第二光斑C2所在轨迹圆圆心 Q_4 的纵坐标,根据以下公式计算 y_4 :

$$[0169] \quad y_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] y_1 + \frac{1}{\lambda} y_2。$$

[0170] 当入射角和旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,过X轴做第二光斑C2的对称点 $C2'$,有上述分析可得, $C2'$ 所在的轨迹圆圆心与第一光斑C1所在的轨迹圆圆心重合,两个圆的半径之差随平移而变化,只跟入射角有关系。如图7所示,

[0171] $C2'$ 的坐标为 $(x_2, -y_2)$ 。那么两个圆的半径之差为,

$$[0172] \quad \Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (-y_2 - y_1)^2};$$

[0173] 得到半径之差 Δr 后需要进一步求出轨迹圆半径, 求解轨迹圆半径需要在另一个三角形中求解, 这个三角形不在相机所在的平面上, 参考图3, 因为 C_2 和 C_1 的间距 $C_2C_1 = C_2C_4 - C_1C_4 = \Delta r$, 与平移无关。 C_2 和 C_1 所在轨迹圆的半径分别为 r_2 和 r_1 , 圆心为 O_3' , 圆心坐标为 (x_3, y_3) , 那么根据几何知识可得:

$$[0174] \quad \lambda = \frac{\Delta r}{r_2} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

[0175] 得出入射角计算公式:

$$[0176] \quad \phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right];$$

[0177] 根据 C_2' 坐标和圆心坐标得出旋转角计算公式:

$$[0178] \quad \alpha = \arctan \left[-\frac{-y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right];$$

[0179] 根据上述公式, 计算第二光斑 C_2 所在轨迹圆圆心 O_4 的横坐标 x_4 和纵坐标 y_4 :

$$[0180] \quad x_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] x_1 - \frac{1}{\lambda} x_2;$$

$$[0181] \quad y_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] y_1 + \frac{1}{\lambda} y_2。$$

[0182] C_2 所在的轨迹圆的圆心坐标值即是光束的沿 X 轴和 Y 轴的平移量, 得出计算公式:

$$[0183] \quad \Delta X = |x_4|,$$

$$[0184] \quad \Delta Y = |y_4|。$$

[0185] 类似也可以根据 O_3' , 坐标为 (x_3, y_3) , 计算平移量。

[0186] 如图8所示, 图8(a) 激光光束垂直入射第一分束镜 M_1 时的光斑图; 图8(b) 激光光束以入射角 ϕ 和旋转角 α 为零时的光斑图; 图8(c) 激光光束以入射角 ϕ 和旋转角 α 时的光斑图, 其中箭头表示光斑移动的方向; 图8(d) 激光光束以入射角 ϕ 、旋转角 α 和 X 轴有平移时的光斑图, 其中箭头表示光斑移动的方向; 图8(d) 激光光束以入射角 ϕ 、旋转角 α 、X 轴有平移和 Y 轴也有平移时的光斑图, 其中箭头表示光斑移动的方向;

[0187] 当角漂和平漂同时存在时, 根据第二光斑 C_2 的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 , 第一光斑 C_1 的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 , 做出辅助对称点, 根据几何关系, 结合实际公式, 以获得入射光束的入射角、旋转角和在 X、Y 轴的平移量, 通过优化后测量装置, 只用一个相机, 减少了探测器的数量, 减少了因对焦点带来的误差, 也降低了成本, 并且在入射光束漂浮情况复杂时, 即当角漂和平漂同时存在, 本方案不需要多次反复探测光斑, 在获取到准确的第一光斑 C_1 和第二光斑 C_2 的坐标信息就可以一次计算出射光束的角漂和平漂, 降低了测量的难度, 减轻了测量工作量。

[0188] 在某一实施例中, 给出了一种激光光束指向测量的方法, 如图2所示, 该方法包括:

[0189] S1, 设置缩束镜组M4的主光轴、第一分束镜M1的中心和第二分束镜M2的中心在一条直线上;

[0190] 缩束镜组M4出射面与第一分束镜M1的中心的距离为 l_1 ; 第一分束镜M1的中心与第二分束镜M2的中心在一条直线上, 之间距离为 l_2 ; 后向反射镜M3的出射面与第一分束镜M1的中心的距离分别为 l_6 , 后向反射镜M3的出射面与第二分束镜M2的中心的距离为 l_3 ; 相机模块的传感器平面与第一分束镜M1的中心的距离为 l_7 ; 其中 $l_1=l_3=l_6=l_7$;

[0191] S2, 缩束镜组M4缩小入射激光的光束直径;

[0192] 缩束镜组M4, 可以包含两个缩束镜; 缩束镜组M4缩小入射光束直径, 最好缩束到1mm以下。

[0193] S3, 第一分束镜M1根据第一预设分束比将入射的激光分为两束, 其中一束传播到相机系统M5, 另一束传播到第二分束镜M2;

[0194] 第一分束镜M1, 根据第一预设分束比将入射激光分为两束, 其中一束可以以90度反射进入相机系统M5, 另一束沿原方向继续传播到第二分束镜M2;

[0195] 第一分束镜M1的预设分束比为T:R, T表示透射率, R表示反射率, T取值范围可以为80-95, R取值范围可以为5-20, $T+R=100$; 入射光束的T%反射进入相机系统M5, 入射光束的R%沿原方向继续传播到第二分束镜M2;

[0196] S4, 相机系统M5根据第一分束镜M1传播的光束, 显示光束投射在相机系统M5的光斑, 并探测连续光斑坐标信息;

[0197] S5, 第二分束镜M2根据第二预设分束比将入射的激光分为两束, 其中一束传播进入后向反射镜M3;

[0198] 第二分束镜M2根据第二预设分束比将入射的激光分为两束, 其中一束可以以90度反射进入后向反射镜M3, 另一束沿原方向继续传播;

[0199] 第二分束镜M2的预设分束比为T:R, T表示透射率, R表示反射率, T取值范围可以与R取值范围相近, $T+R=100$; 入射光束的T%反射进入后向反射镜M3, 入射光束的R%沿原方向继续传播;

[0200] S6, 后向反射镜M3将入射的光束反射后传播到相机系统M5中, 反射方向与入射方向平行, 方向相反, 入射方向的光束与后向反射镜M3的距离为 l_3 , 反射方向的光束与后向反射镜M3的距离为 l_6 , $l_3=l_6$;

[0201] S7, 相机系统M5显示后向反射镜M3传播的光束的光斑, 并探测光束的光斑的坐标信息;

[0202] S8, 根据坐标信息计算光束指向信息。

[0203] 相机系统M5, 可以包括相机和计算机系统, 相机可以采用CMOS相机也可以采用CCD相机; 相机探测到入射的光斑, 并获取光斑信息, 计算机系统根据光斑信息计算光斑在相机的传感器平面的坐标, 根据计算到的光斑坐标信息以及个组件的位置距离信息, 计算入射光束的入射角、旋转角和在X、Y轴的平移量。

[0204] 通过缩束镜组M4、第一分束镜M1、第二分束镜M2、后向反射镜M3、相机系统M5结合在一起的装置, 去探测和显示入射的激光的光斑, 并根据连续光斑的坐标信息, 计算光束指向, 能够同时计算出角漂和平漂。同时没有使用反射镜, 也就避免了因反射镜调节不精确带来的误差; 没有使用聚焦透镜, 避免了光轴没有对齐以及相机放置位置不能准确位于焦点

处带来的误差,也降低了该测量系统的构造难度,使用较少的光学元件,使得该光束指向测量系统的实现难度和测量误差大大降低,只采用一个探测器就能实现四个维度信息的测量,不需要再加图像采集卡,直接连接电脑即可,降低了测量成本。

[0205] 优选地,在上述任意实施例,探测光束的光斑坐标信息具体包括:获取投射在相机系统M5的第一光斑C1和第二光斑C2的位置信息;根据位置信息计算第一光斑C1的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,计算第二光斑C2的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ;

[0206] 根据坐标信息计算光束指向信息具体包括:

[0207] 当入射光束仅存在入射角时,根据 x_2 和 y_2 计算入射角;

[0208] 当入射光束仅存在旋转角时,根据 x_2 和 y_2 计算旋转角;

[0209] 当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据 y_2 计算Y轴平移量;

[0210] 当入射光束仅存在X方向上的平移时,根据 x_2 计算X轴平移量;

[0211] 当入射角和旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算旋转角,根据 x_1 、 y_1 、 x_2 和 y_2 计算平移量。

[0212] 通过相机系统M5获取第一光斑C1的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,第二光斑C2的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ;并根据入射光束的漂移情况划分出入射光束可能发生的漂移状态,借助光斑的具体坐标信息计算角度漂移量和平移量,相比现有技术中根据光强度计算角漂,本方案的方法通过光斑坐标信息不仅能够计算出角漂,还能计算出平漂,能够更全面的获取到光束指向信息。

[0213] 优选地,在上述任意实施例,当入射光束仅存在入射角时,根据以下公式计算入射角 ϕ ,

$$[0214] \quad \phi = \arctan \left[\frac{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

[0215] 其中, l_1 为缩束镜组M4与第一分束镜M1的距离; l_2 为第一分束镜M1与第二分束镜M2的距离; l_6 为后向反射镜M3与第一分束镜M1的距离; l_3 为后向反射镜M3与第二分束镜M2的距离; l_7 为第一分束镜M1与相机系统M5的平面的距离;

[0216] 或,当入射光束仅存在旋转角时,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$[0217] \quad \alpha = \arctan \left[\frac{y_2}{x_2} \right].$$

[0218] 相机上的第一光斑C1和第二光斑C2的转动方向相反,但是二者转动的角度相同,以相机中心为原点建立坐标系,C1的坐标为 (x_1, y_1) ,C2的坐标为 (x_2, y_2) 。当没有平移发生时,轨迹圆的圆心的坐标在坐标原点处,设两个轨迹圆的半径分别为 r_1 和 r_2 ,根据几何关系可得,

$$[0219] \quad \phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right] = \arctan \left[\frac{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

$$[0220] \quad \alpha = \arctan \left[\frac{y_2}{x_2} \right].$$

[0221] 根据第二光斑C2的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,结合几何关系,通过入射光束仅存在入射

角时的公式计算旋转角,入射光束仅存在旋转角时的公式计算入射角,以获得入射光束的角漂,通过优化后测量装置构造难度降低,再通过简单的公式计算就可获得入射光束的角漂信息,使得整个光束指向测量过程简单易操作,同时结构简单使得稳定性更强。

[0222] 优选地,在上述任意实施例中,当入射光束仅存在Y方向上的平移时,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY ,

$$[0223] \quad \Delta Y = |y_2|;$$

[0224] 或,当入射光束仅存在X轴方向上的平移时,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX ,

$$[0225] \quad \Delta X = |x_2|。$$

[0226] 当入射光束仅存在X轴方向上的平移时,两条光线形成的光斑是重合的,即第一光斑C1与第二光斑C2重合,但是不位于相机平面的中心 O_3 处,即第一光斑C1和第二光斑C2的轨迹圆的半径为零,圆心重合,但是圆心不在相机的中心上。那么就很容易的判断此时入射光线相对于参考光线产生了平移,而没有发生入射角变化。第一光斑C1或第二C2也就是轨迹圆的圆心离相机画面中心的距离就等于入射光线相对于参考光线平移的平移距离,得出计算公式:

$$[0227] \quad \Delta X = |x_2|,$$

[0228] 或

$$[0229] \quad \Delta X = |x_1|;$$

[0230] 当入射光束仅存在Y方向上的平移时,第一光斑C1和第二光斑C2沿着与Y轴平行的方向相背移动,移动距离相同,第一光斑C1和第二光斑C2的X坐标保持不变。两个光斑的所在圆心也是沿着Y轴相背移动,而且移动的距离相同。此时在Y轴方向上的平移距离就是第一光斑C1或第二光斑C2的纵坐标绝对值,得出计算公式:

$$[0231] \quad \Delta Y = |y_2|,$$

[0232] 或

$$[0233] \quad \Delta Y = |y_1|。$$

[0234] 根据第二光斑C2的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,结合实际光束发生平移时,光斑的移动轨迹,通公式计算光斑X、Y轴平移量,以获得入射光束的在X、Y轴的平移量,通过优化后测量装置构造难度降低,再通过简单的公式计算就可获得入射光束的平漂信息,使得整个光束指向测量过程简单易操作,同时结构简单使得稳定性更强。

[0235] 优选地,在上述任意实施例中,当入射角和旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,根据以下公式计算入射角 ϕ :

$$[0236] \quad \phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right],$$

[0237] 其中, r_2 为第二光斑C2所在的轨迹圆的半径,根据以下公式计算得到:

$$[0238] \quad r_2 = \frac{1}{\lambda} \Delta r,$$

[0239] λ 常数、第一光斑C1所在轨迹圆与第二光斑C2所在轨迹圆半径之差 Δr , λ 和 Δr 分别根据以下公式计算得到:

$$[0240] \quad \lambda = \frac{\Delta r}{r_2} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

$$[0241] \quad \Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (-y_2 - y_1)^2};$$

[0242] 或,根据以下公式计算旋转角 α ,

$$[0243] \quad \alpha = \arctan \left[-\frac{-y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right];$$

[0244] 或,根据以下公式计算X轴平移量 ΔX :

$$[0245] \quad \Delta X = |x_4|,$$

[0246] 其中, x_4 为第二光斑C2所在轨迹圆圆心 O_4 的横坐标,根据以下公式计算 x_4 :

$$[0247] \quad x_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] x_1 - \frac{1}{\lambda} x_2;$$

[0248] 或,根据以下公式计算Y轴平移量 ΔY :

$$[0249] \quad \Delta Y = |y_4|,$$

[0250] 其中 y_4 为第二光斑C2所在轨迹圆圆心 O_4 的纵坐标,根据以下公式计算 y_4 :

$$[0251] \quad y_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] y_1 + \frac{1}{\lambda} y_2.$$

[0252] 当入射角和旋转角均不为零,且X轴和Y轴发生平移时,过X轴做第二光斑C2的对称点 C_2' ,有上述分析可得, C_2' 所在的轨迹圆圆心与第一光斑C1所在的轨迹圆圆心重合,两个圆的半径之差不随平移而变化,只跟入射角有关系。如图7所示,

[0253] C_2' 的坐标为 $(x_2, -y_2)$ 。那么两个圆的半径之差为1,

$$[0254] \quad \Delta r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (-y_2 - y_1)^2};$$

[0255] 得到半径之差 Δr 后需要进一步求出轨迹圆半径,求解轨迹圆半径需要在另一个三角形中求解,这个三角形不在相机所在的平面上,参考图3,因为 C_2 和 C_1 的间距 $C_2C_1 = C_2C_4 - C_1C_4 = \Delta r$,与平移无关。 C_2 和 C_1 所在轨迹圆的半径分别为 r_2 和 r_1 ,圆心为 O_3' ,圆心坐标为 (x_3, y_3) ,那么根据几何知识可得:

$$[0256] \quad \lambda = \frac{\Delta r}{r_2} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_6}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7},$$

[0257] 得出入射角计算公式:

$$[0258] \quad \phi = \arctan \left[\frac{r_2}{l_1 + l_2 + l_3 + l_6 + l_7} \right];$$

[0259] 根据 C_2' 坐标和圆心坐标得出旋转角计算公式:

$$[0260] \quad \alpha = \arctan \left[-\frac{-y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right];$$

[0261] 根据上述公式,计算第二光斑C2所在轨迹圆圆心 O_4 的横坐标 x_4 和纵坐标 y_4 :

$$[0262] \quad x_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] x_1 - \frac{1}{\lambda} x_2 ;$$

$$[0263] \quad y_4 = \left[1 + \frac{1}{\lambda} \right] y_1 + \frac{1}{\lambda} y_2 。$$

[0264] C2所在的轨迹圆的圆心坐标值即是光束的沿X轴和Y轴的平移量,得出计算公式:

$$[0265] \quad \Delta X = |x_4| ,$$

$$[0266] \quad \Delta Y = |y_4| 。$$

[0267] 类似也可以根据 O_3' ,坐标为 (x_3, y_3) ,计算平移量。

[0268] 根据上述方案的定性分析,当角漂和平漂同时存在时,根据第二光斑C2的横坐标 x_2 和纵坐标 y_2 ,第一光斑C1的横坐标 x_1 和纵坐标 y_1 ,做出辅助对称点,根据几何关系,结合实际公式,以获得入射光束的入射角、旋转角和在X、Y轴的平移量,通过优化后测量装置,只用一个相机,减少了探测器的数量,减少了因对焦点带来的误差,也降低了成本,并且在入射光束漂浮情况复杂时,即当角漂和平漂同时存在,本方案不需要多次反复探测光斑,在获取到准确的第一光斑C1和第二光斑C2的坐标信息就可以一次计算出射光束的角漂和平漂,降低了测量的难度,减轻了测量工作量。

[0269] 读者应理解,在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0270] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的方法实施例仅仅是示意性的,例如,步骤的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个步骤可以结合或者可以集成到另一个步骤,或一些特征可以忽略,或不执行。

[0271] 上述方法如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分,或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0272] 以上,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到各种等效的修改或替换,这些修改或替换都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

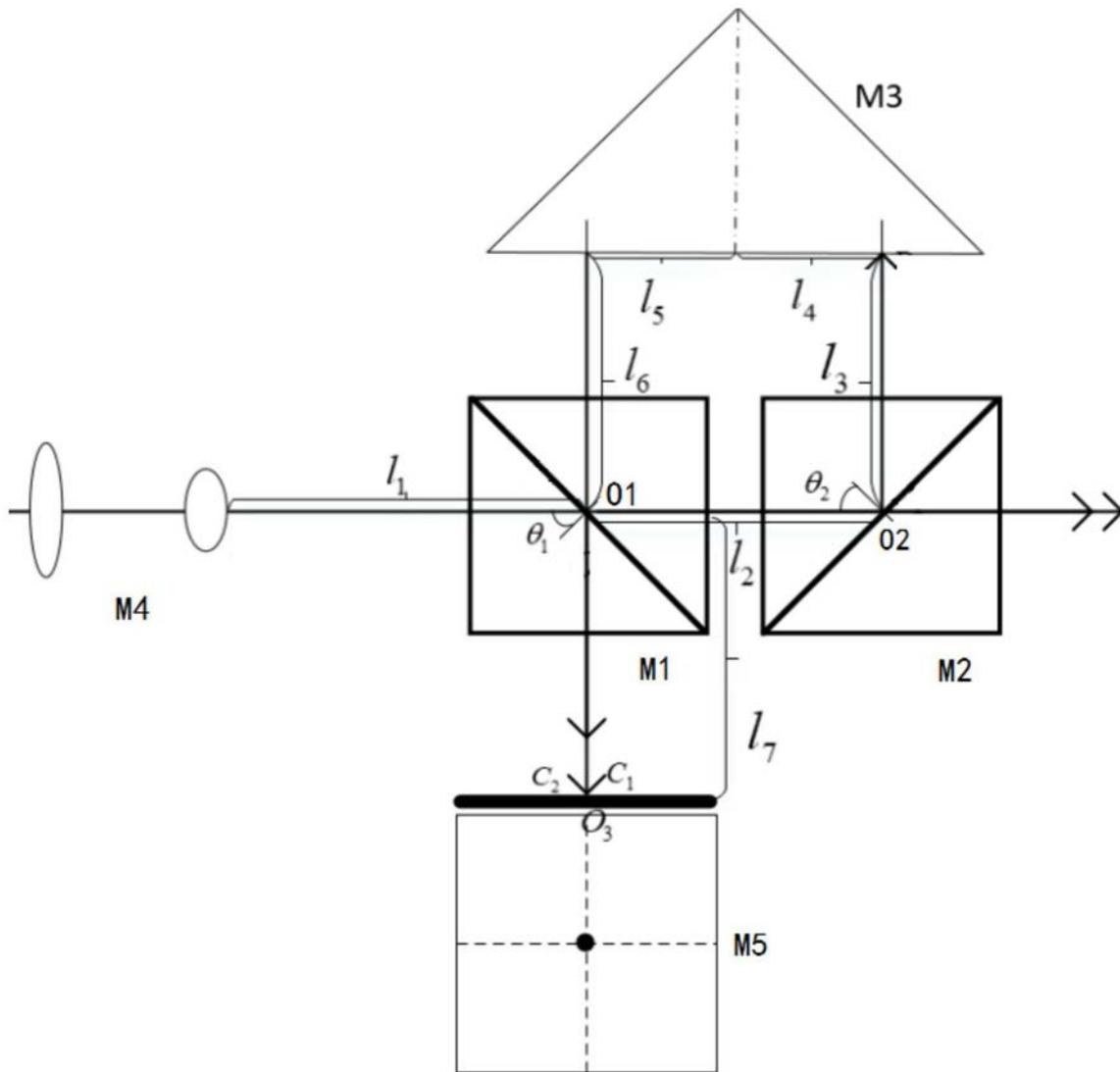


图1

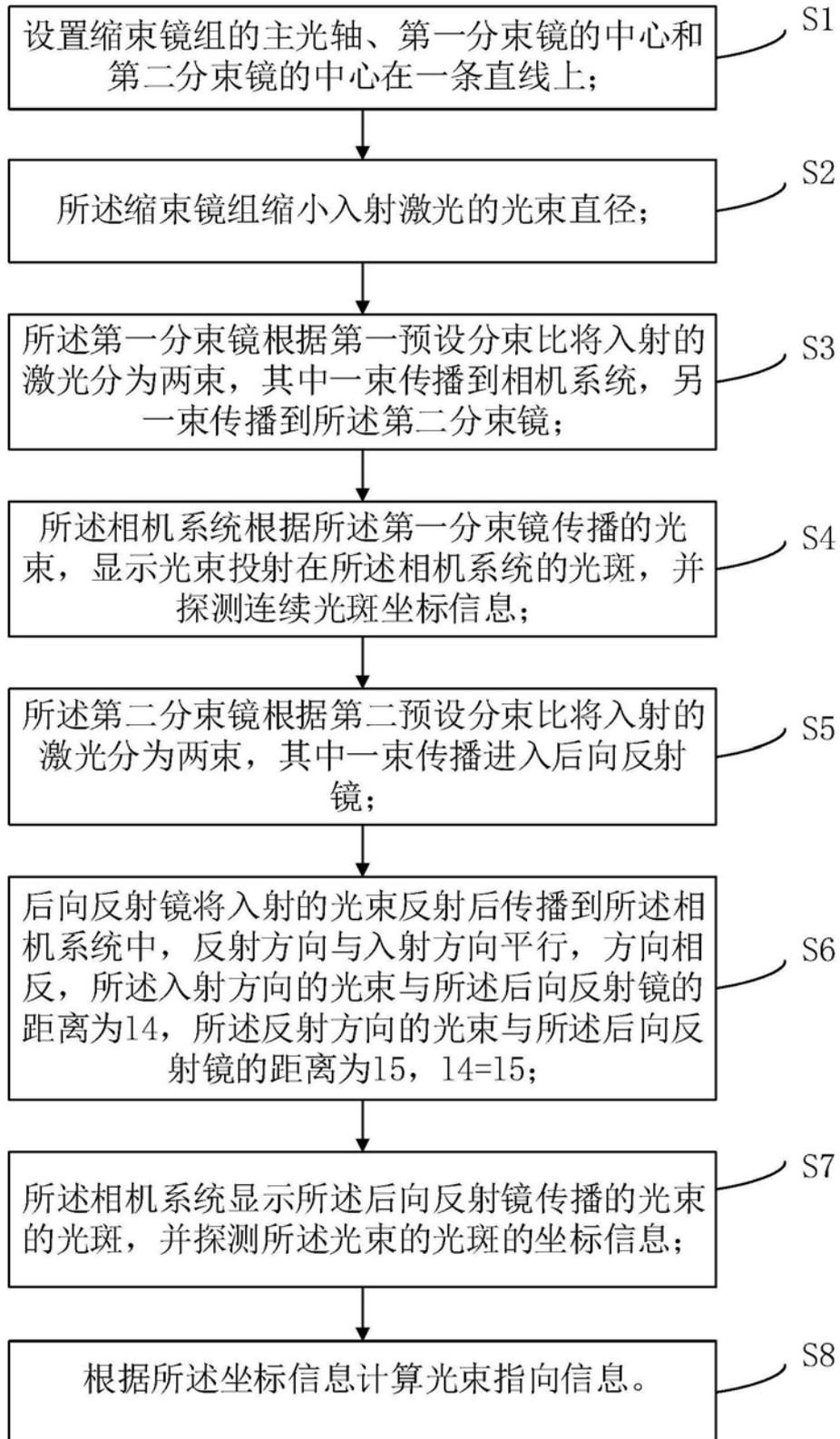


图2

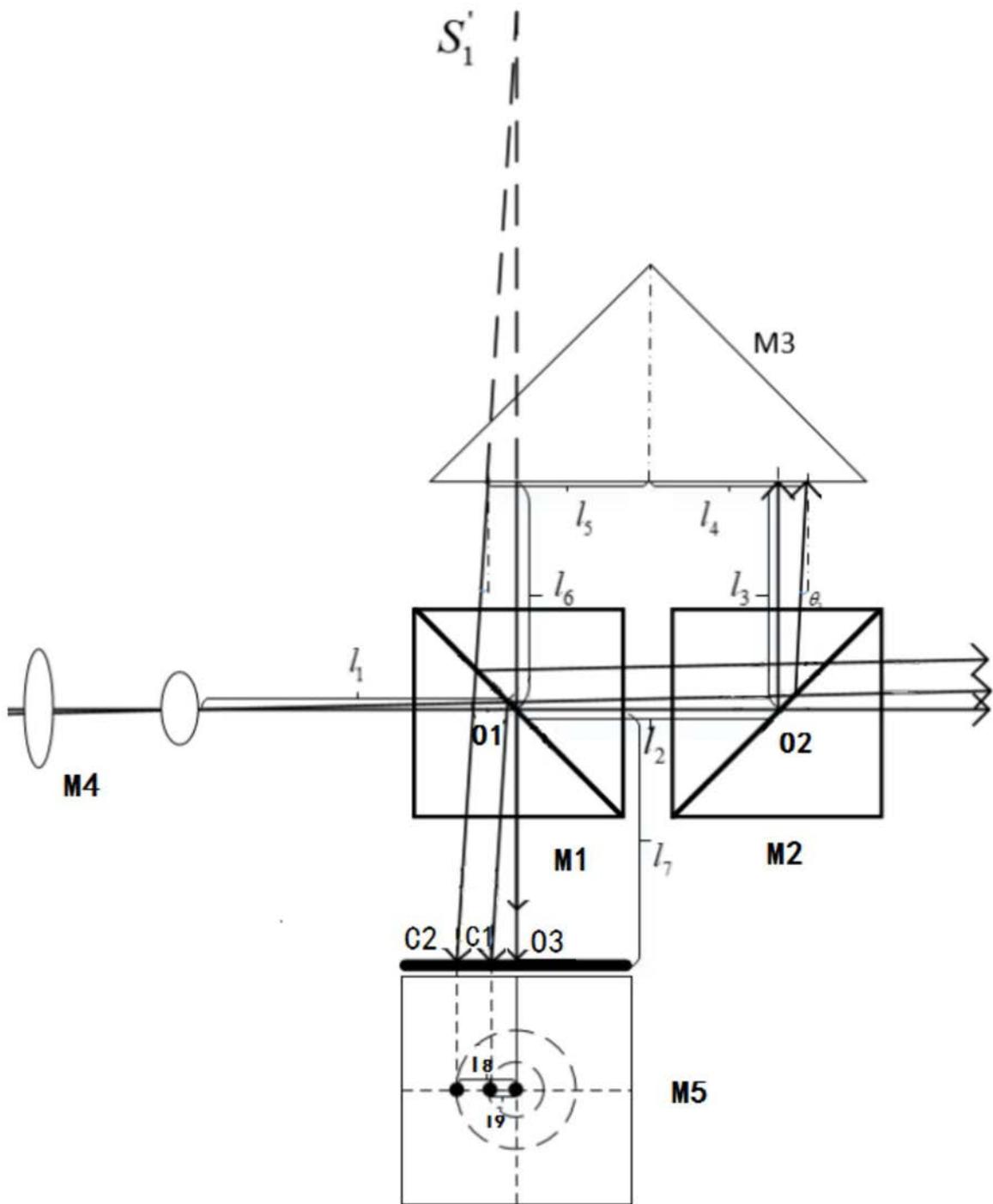


图3

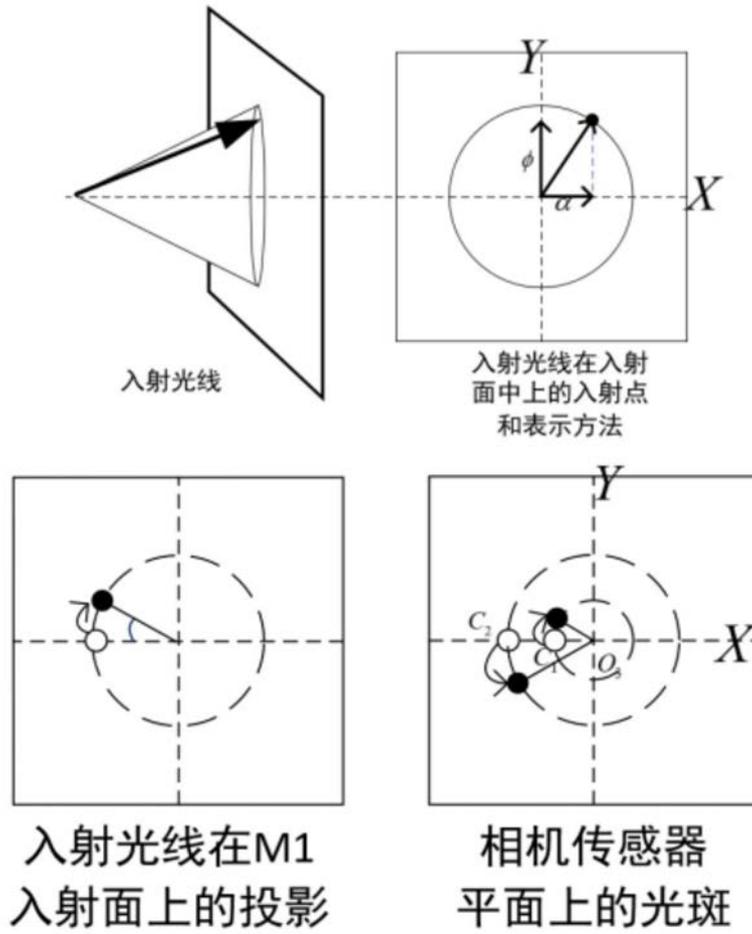


图4

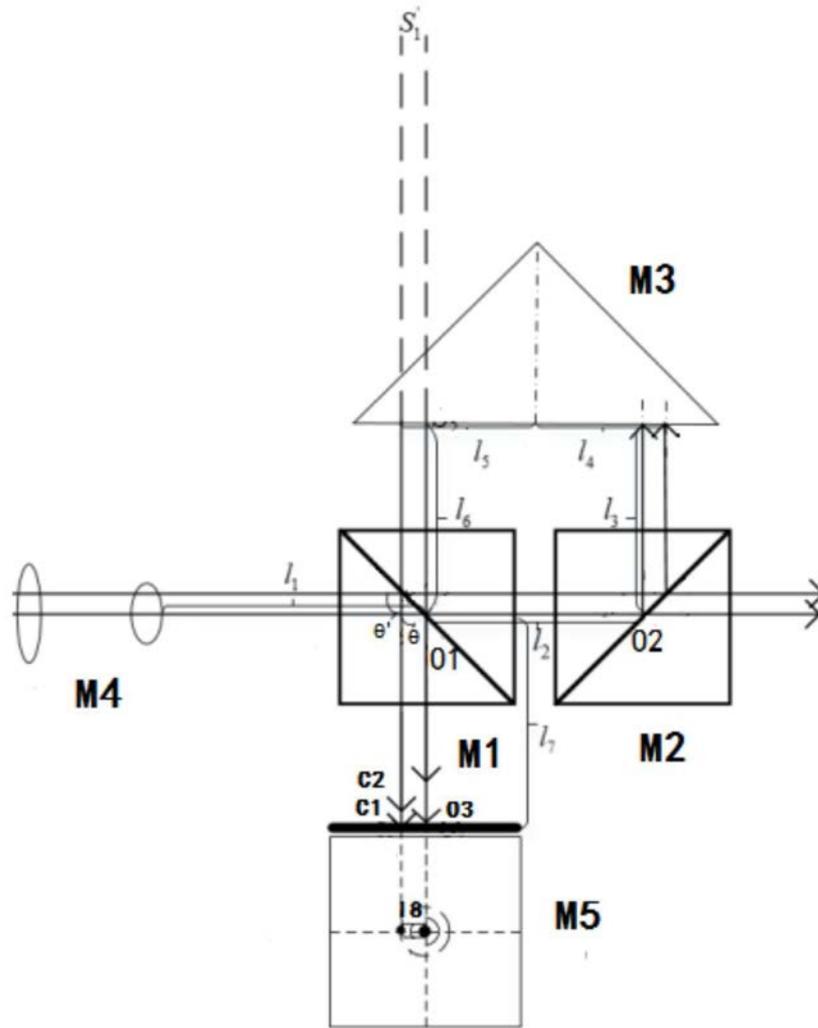


图5

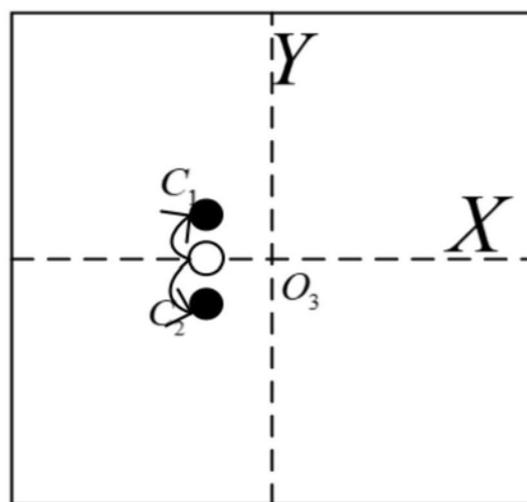


图6

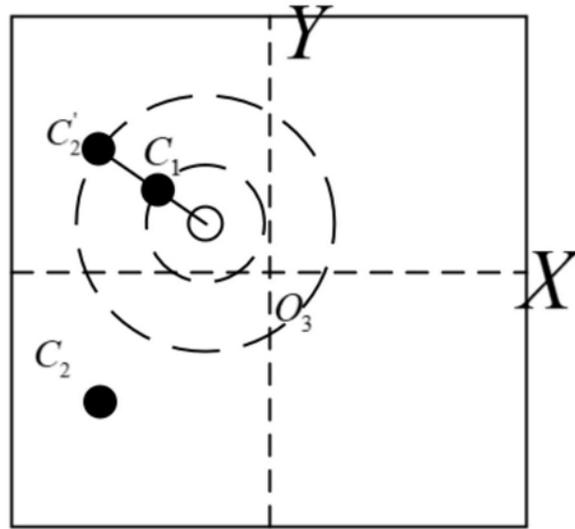


图7

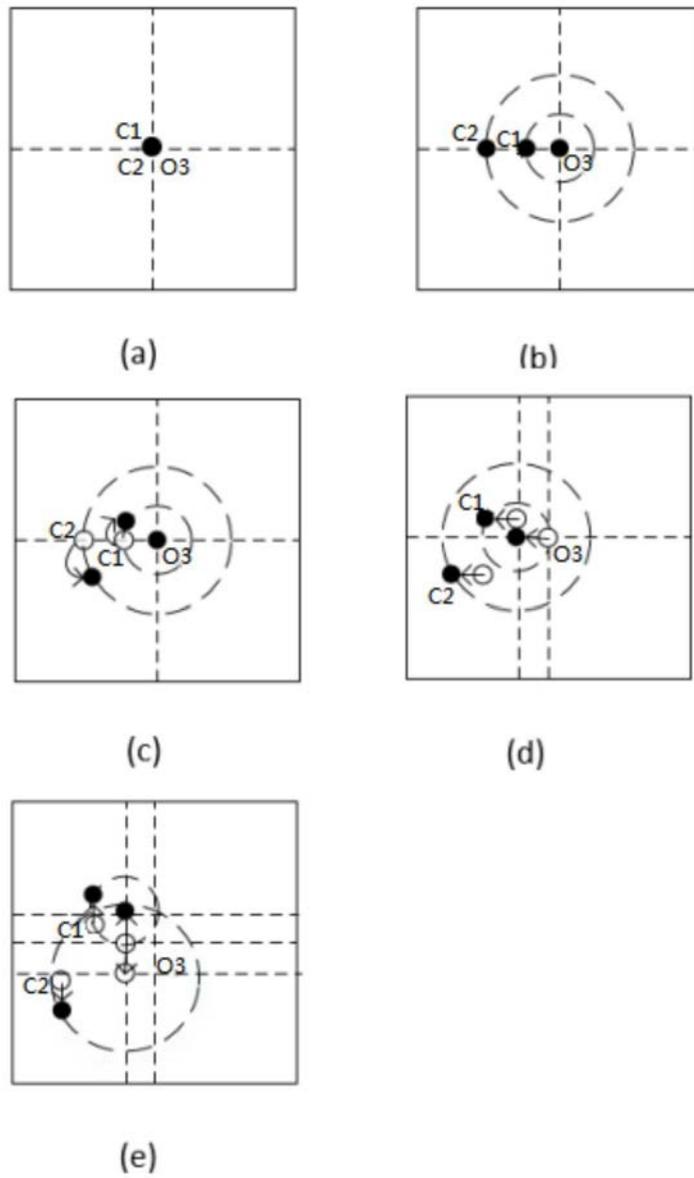


图8