



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117191199 B

(45) 授权公告日 2024.01.23

(21) 申请号 202311468017.5	CN 102122062 A, 2011.07.13
(22) 申请日 2023.11.07	CN 103604509 A, 2014.02.26
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 117191199 A	CN 104316297 A, 2015.01.28
(43) 申请公布日 2023.12.08	CN 106996745 A, 2017.08.01
(73) 专利权人 四川中久大光科技有限公司 地址 621000 四川省绵阳市游仙高新技术 产业园区五里梁工业园凯越路1号	CN 107328519 A, 2017.11.07
(72) 发明人 唐选 黄帅 赵磊	CN 111750982 A, 2020.10.09
(74) 专利代理机构 成都蓉创智汇知识产权代理 有限公司 51276 专利代理师 李朝虎	CN 114361929 A, 2022.04.15
(51) Int. Cl. G01J 11/00 (2006.01) G01M 11/02 (2006.01)	CN 114397093 A, 2022.04.26
(56) 对比文件 CN 106994557 A, 2017.08.01 CN 116858504 A, 2023.10.10 CN 85205319 U, 1987.11.07 CN 101216350 A, 2008.07.09 CN 101498589 A, 2009.08.05 CN 101706312 A, 2010.05.12	CN 115801117 A, 2023.03.14
	CN 1800794 A, 2006.07.12
	CN 201166588 Y, 2008.12.17
	CN 207504867 U, 2018.06.15
	CN 211478735 U, 2020.09.11
	CN 2890864 Y, 2007.04.18
	DE 102004049646 A1, 2006.04.20
	DE 102010003157 A1, 2011.09.29
	JP 2009276571 A, 2009.11.26
	NL 1035986 A1, 2009.03.31
	US 2003044701 A1, 2003.03.06
	US 2020278295 A1, 2020.09.03
	US 2021239452 A1, 2021.08.05
	US 4268752 A, 1981.05.19

(续)

审查员 付宁

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

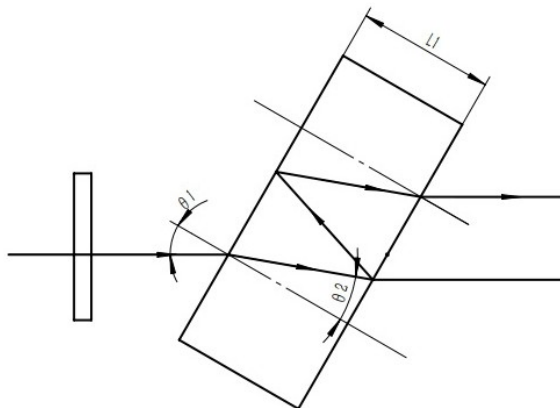
(54) 发明名称

光束指向监测系统和方法

(57) 摘要

本申请公开了一种光束指向监测系统和方法,涉及光束指向监测领域,本申请包括:用于聚焦待测光束(1)的聚焦透镜(5)、用于折叠待测光束(1)光路的一整块光学平板(2)、用于监测待测光束(1)指向变化的监测模块(4)。本申请提供了一种光束指向监测方法和系统,运用一整块光学平板实现对聚焦待测激光的光路折叠,减少装置实际占用空间,便于小型化,具有良好的环境适应性。本申请提供了指向监测时避免邻近分支光束的离焦光斑干扰的方法,并依据消除干扰后的焦点光斑质心变化实现对待测光束指向角度变

化的监控。



CN 117191199 B

[接上页]

(56) 对比文件

US 5069527 A,1991.12.03

WO 2012139873 A1,2012.10.18

陈昌博.多波长激光合束系统中光束监测装置的设计.中国优秀硕士学位论文全文数据库基础科学辑.2020,第A005-89页.

张飞 等.小体积长焦距激光指向监测装置研制.光学精密工程.2021,1251-1259.

YuBin SHI 等.Experimental Analysis of

Beam Pointing System Based on Liquid Crystal Optical Phase Array.PHOTONIC SENSORS.2016,289-294.

A.Baran.ACTIVE STABILIZATION OF THE BEAM POINTING OF A HIGH- POWER KrF LASER SYSTEM.METROLOGY AND MEASUREMENT SYSTEMS.2015,165-172.

陈昌博;韩旭东;徐新行.用于激光合束系统的光束位置监测装置设计.激光与红外.2020,(第02期),78-84.

1. 一种光束指向监测系统,其特征在于,包括:用于聚焦待测光束(1)的聚焦透镜(5)、用于折叠待测光束(1)光路的一整块光学平板(2)、用于监测待测光束(1)指向变化的监测模块(4);

待测光束(1)经过聚焦透镜(5)聚焦后进入光学平板(2),光学平板(2)的两个反射平面至少有一个平面的法线方向相对于待测光束(1)入射方向呈非零度倾角,使得待测光束(1)经光学平板(2)的两个表面多次反射后分为多路分支光束折射出光学平板(2),多路分支光束在光学平板(2)外部多个焦点位置形成多个汇聚光斑,选择其中一个焦点位置放置监测模块(4),用于获取所选分支光束的焦点光斑,即待测光束(1)的远场光斑。

2. 根据权利要求1所述的一种光束指向监测系统,其特征在于,监测模块(4)除获取所选分支光束的焦点光斑外,同时也获取到部分邻近分支光束的离焦光斑,通过设置光学平板(2)的两个反射平面的法线方向与待测光束(1)入射方向的倾角、待测光束(1)入射位置的光学平板(2)的厚度以及两个反射平面的光强反射率,使所选分支光束在焦点处的光斑与邻近分支光束的离焦光斑无重叠,或使监测模块(4)接收到的邻近分支光束的离焦光斑强度弱于所选分支光束的焦点光斑强度。

3. 根据权利要求1所述的一种光束指向监测系统,其特征在于,所述监测模块(4)的放置位置即所选分支光束的焦点的位置坐标采用光学仿真软件模拟得出,或根据几何关系计算得到。

4. 根据权利要求3所述的一种光束指向监测系统,其特征在于,对于两个反射平面相互平行的光学平板(2),聚焦透镜(5)和监测模块(4)分别位于光学平板(2)两侧的布局,监测模块(4)选择放置在经过 k 次反射后折射出射光学平板(2)的分支光束的焦点位置时,监测模块(4)放置的位置坐标 $(x, y) = (x_k, y_k)$;

其中,以聚焦透镜(5)为坐标原点,待测光束(1)入射光学平板(2)的方向为 x 轴,待测光束(1)入射光学平板(2)的入射面内垂直于 x 轴的方向为 y 轴,待测光束(1)在光学平板(2)内经过 k 次反射后折射出射光学平板(2)的分支光束的焦点位置坐标 (x_k, y_k) 为:

$$x_k = f - L_1 \frac{(k+1)n_2 \cos \theta_2 - n_1 \cos \theta_1}{n_1}, y_k = L_1 [(k+1) \tan \theta_2 - \tan \theta_1] \cos \theta_1$$

其中,

$$\theta_2 = \arcsin\left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}\right),$$

其中, θ_1 为两个反射表面的法线与待测光束(1)入射方向的倾角角度, θ_2 为待测光束(1)在光学平板(2)内的折射角角度, L_1 为光学平板(2)的厚度, n_1 为光学平板(2)外介质的折射率, n_2 为光学平板(2)折射率, f 为聚焦透镜(5)在光学平板(2)外介质中的焦距。

5. 根据权利要求1所述的一种光束指向监测系统,其特征在于,当为高能待测光束(1)时,还包括在所述光学平板(2)与监测模块(4)之间设置的衰减片(6)。

6. 一种光束指向监测方法,其特征在于,基于权利要求4所述的一种光束指向监测系统,实现监测步骤如下:

S1、利用监测模块(4)实时读取所选分支光束在焦点处的光斑分布,实时计算焦点光斑质心坐标,监测质心位置的变化;

S2、计算待测光束的指向角度变化：

$$\Delta\theta = \arctan \left(\frac{\sqrt[2]{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{f} \right) \approx \frac{\sqrt[2]{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{f}$$

其中， $\Delta\theta$ 表示指向角度变化， Δx 为光斑质心在x方向的变化量， Δy 为光斑质心在y方向的变化量。

7. 根据权利要求6所述的一种光束指向监测方法，其特征在于，

A1，当 $L_{10} > d$ 时，在监测模块(4)上所选分支光束的焦点光斑与邻近分支光束的离焦光斑无重叠，选定所选分支光束的焦点光斑区域，直接计算焦点光斑的质心；

A2，当 $L_{10} \leq d$ 时，所选分支光束的焦点光斑与邻近分支光束的离焦光斑有重叠，设置两个反射表面的法线与待测光束(1)入射方向的倾角角度、待测光束(1)入射位置的光学平板(2)的厚度以及两个反射平面的光强反射率，使得监测模块(4)接收到的邻近分支光束的离焦光斑强度弱于所选分支光束的焦点光斑强度，计算时先对强度低于 αI_{\max} 的光置零来过滤邻近分支光束的离焦光斑的干扰，再计算焦点光斑的质心；

其中，邻近分支光束的水平间隔距离 L_{10} 为：

$$L_{10} = 2L_1 \tan \theta_2 \cos \theta_1$$

所选分支光束的最邻近分支光束在监测模块(4)上光斑的直径的近似值 d 为：

$$d = \frac{D(x_{k-1} - x_k)}{f} = \frac{Dn_2 \cos \theta_2}{fn_1} L_1$$

其中， D 为入射光束的直径， α 为过滤阈值比例， I_{\max} 为监测模块(4)获得的光强峰值。

8. 根据权利要求7所述的一种光束指向监测方法，其特征在于，所选分支光束的焦点光斑与邻近分支光束的离焦光斑有重叠时，满足如下关系将邻近分支光束的离焦光斑强度降至弱于所选分支光束的焦点光斑强度的 α 倍：

$$L_1 > \frac{\beta}{\sqrt{\alpha R_1 R_2}} \frac{2.44 \lambda f^2}{D^2} \frac{n_1}{n_2 \cos \theta_2}$$

其中， β 为待测光束(1)的光束质量， α 为过滤阈值比例， R_1 和 R_2 为光学平板(2)的两个反射平面的光强反射率， λ 为待测光束(1)的中心波长。

9. 根据权利要求6所述的一种光束指向监测方法，其特征在于，包括通过调用监测模块的像素单元尺寸、所述聚焦透镜的有效焦距，计算监测系统的角度分辨率=监测模块的像素单元尺寸/所述系统的有效焦距；当监测系统的角度分辨率大于待测光束指向变化的阈值范围，通过减小监测模块的像素单元尺寸，增大聚焦透镜的有效焦距来提高监测系统的角度分辨率。

光束指向监测系统和方法

技术领域

[0001] 本申请涉及光束指向监测领域,具体涉及一种光束指向监测系统和方法。

背景技术

[0002] 高功率激光器及其相关系统在长时间的使用过程中,由于振动、冲击、温度变化可能导致内部空间光路异常,激光光束指向出现偏差,存在较大的安全隐患,而且激光系统在高功率长时间使用后,光学元件可能出现损伤,光学性能出现退化。

[0003] 激光光束指向监测是一种关键的安全措施,确保激光光路在预定且标范围内,并避免对人员和设备造成潜在的危害。一般的,为了提高监测的灵敏度,采用长焦聚焦透镜汇聚激光,存在较大的光程,为了避免指向监测系统在某个方向上长度过大,现有的方式采用多块反射镜对光路进行折叠。由于激光光束存在一定的束宽,为了避免反射镜镜架对激光光束产生遮挡,光束需要选择较大的倾斜角度入射反射镜;由于大角度入射,光束在镜面上的投影尺寸增大,导致反射镜尺寸增大,最终使整个指向检测系统设置方式较为复杂,占据体积大,而且因使用较多的反射镜会导致系统的稳定性变差,环境适应性差。

[0004] 因此,亟需一种部署便捷,光路简单、稳定性好、体积小的指向监测系统。

发明内容

[0005] 本申请一种光束指向监测系统和方法,解决现有光路复杂、稳定性差、体积大的问题。

[0006] 第一方面,本申请提供一种光束指向监测系统,包括:用于聚焦待测光束的聚焦透镜、用于折叠待测光束光路的一整块光学平板、用于监测待测光束指向变化的监测模块。

[0007] 进一步的,待测光束经过聚焦透镜聚焦后进入光学平板,光学平板的两个反射平面至少有一个平面的法线方向相对于待测光束入射方向呈非零度倾角,使得待测光束经光学平板的两个表面多次反射后分为多路分支光束折射出光学平板,多路分支光束在光学平板外部多个焦点位置形成多个汇聚光斑,选择其中一个焦点位置放置监测模块,用于获取所选分支光束的焦点光斑,即待测光束的远场光斑。

[0008] 进一步的,监测模块除获取所选分支光束的焦点光斑,同时也获取到部分邻近分支光束的离焦光斑,通过设置优选的光学平板的两个反射平面的法线方向与待测光束入射方向的倾角、待测光束入射位置的光学平板的厚度、以及两个反射平面的光强反射率、或使所选分支光束在焦点处的光斑与邻近分支光束的离焦光斑无重叠、或因监测模块显著远离邻近分支光束的焦点位置使得使监测模块接收到的邻近分支光束的离焦光斑强度显著弱于所选分支光的焦点光斑强度,此处的显著是指需要达到一个量级以上的差异,以避免计算质心时被邻近分支光束的离焦光斑干扰。

[0009] 进一步的,所述监测模块的放置位置即所选分支光束的焦点的位置坐标采用光学仿真软件模拟得出,或根据几何关系计算得到。

[0010] 进一步的,对于两个反射平面相互平行的光学平板,聚焦透镜和监测模块分别位

于光学平板两侧的布局,监测模块选择放置在经过 k 次反射后折射出射光学平板的分支光束的焦点位置时,监测模块放置的位置坐标 $(x,y)=(x_k,y_k)$ 。

[0011] 其中,以聚焦透镜为坐标原点,待测光束入射光学平板的方向为 x 轴,待测光束入射光学平板的入射面内垂直于 x 轴的方向为 y 轴,待测光束在光学平板内经过 k 次反射后折射出射光学平板的分支光束的焦点位置坐标 (x_k,y_k) 为:

$$[0012] \quad x_k = L_5 + L_6 + L_7 + L_8 = f - L_1 \frac{(k+1)n_2 \cos \theta_2 - n_1 \cos \theta_1}{n_1},$$

$$[0013] \quad y_k = L_9 = (L_4 - L_1 \tan \theta_1) \cos \theta_1 = L_1 [(k+1) \tan \theta_2 - \tan \theta_1] \cos \theta_1,$$

$$x_k = f - L_1 \frac{(k+1)n_2 \cos \theta_2 - n_1 \cos \theta_1}{n_1}, y_k = L_1 [(k+1) \tan \theta_2 - \tan \theta_1] \cos \theta_1,$$

[0014] 其中,

$$[0015] \quad \theta_2 = \arcsin\left(\frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2}\right), L_2 = \frac{L_1}{\cos \theta_2}, L_3 = \frac{n_2 L_2}{n_1}, L_4 = (k+1) L_1 \tan \theta_2,$$

$$[0016] \quad L_5 + L_6 = f - (k+1) L_3, L_7 = \frac{L_1}{\cos \theta_1}, L_8 = (L_4 - L_1 \tan \theta_1) \sin \theta_1$$

[0017] 其中, θ_1 为两个反射表面的法线与待测光束入射方向的倾角角度, θ_2 为待测光束在光学平板内的折射角角度, L_1 为光学平板的厚度, n_1 为光学平板外介质的折射率, n_2 为光学平板折射率, f 为聚焦透镜在光学平板外介质中的焦距。

[0018] 进一步的,当为高能待测光束时,还包括在所述光学平板与监测模块之间设置的衰减片。

[0019] 第二方面,本申请提供一种光束指向监测系统,基于第一方面任一所述的一种光束指向监测系统,实现监测步骤如下:

[0020] S1、利用监测模块实时读取所选分支光束在焦点处的光斑分布,实时计算焦点光斑质心坐标,监测质心位置的变化;

[0021] S2、计算待测光束的指向角度变化:

$$[0022] \quad \Delta\theta = \arctan\left(\frac{\sqrt[2]{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{f}\right) \approx \frac{\sqrt[2]{\Delta x^2 + \Delta y^2}}{f}$$

[0023] 其中, $\Delta\theta$ 表示指向角度变化, Δx 为光斑质心在 x 方向的变化量, Δy 为光斑质心在 y 方向的变化量。

[0024] 进一步的,当 $L_{10} > d$ 时,在监测模块上所选分支光束的焦点光斑与邻近分支光束的离焦光斑几乎无重叠,可选定所选分支光束的焦点光斑区域,直接计算焦点光斑的质心;当 $L_{10} \leq d$ 时,所选分支光束的焦点光斑与邻近分支光束的离焦光斑有重叠,设置优选两个反射表面的法线与待测光束入射方向的倾角角度,待测光束入射位置的光学平板的厚度,以及两个反射平面的光强反射率,使得监测模块接收到的邻近分支光束的离焦光斑强度弱于所

选分支光的焦点光斑强度,计算时先对强度低于 αI_{\max} 的光置零来过滤邻近分支光束的离焦光斑的干扰,再计算焦点光斑的质心;

[0025] 其中,邻近分支光束的水平间隔距离 L_{10} 为:

$$[0026] \quad L_{10} = 2L_1 \tan \theta_2 \cos \theta_1$$

[0027] 所选分支光束的最邻近分支光束在监测模块上光斑的直径的近似值 d 为:

$$[0028] \quad d = \frac{D(x_{k-1} - x_k)}{f} = \frac{Dn_2 \cos \theta_2}{fn_1} L_1$$

[0029] 其中, D 为入射光束的直径, α 为过滤阈值比例, I_{\max} 为监测模块获得的光强峰值。

[0030] 进一步的,所选分支光束的焦点光斑与邻近分支光束的离焦光斑有重叠时,需将邻近分支光束的离焦光斑强度降至显著弱于所选分支光的焦点光斑强度。若要使得监测模块接收到的邻近分支光束光强与所选分支光束光强之比小于过滤阈值比例 α 倍:

$$[0031] \quad d > \frac{d_0}{\sqrt{\alpha R_1 R_2}}$$

[0032] 其中, R_1 和 R_2 为光学平板的两个反射平面的光强反射率, d_0 为焦点处光斑直径, d 为所选分支光束的最邻近分支光束在监测模块上光斑的直径的近似值。 d_0 和 d 可由如下公式计算得到:

$$[0033] \quad d_0 = \frac{2.44\lambda f}{D} \beta$$

$$[0034] \quad d = \frac{D(x_k - x_{k-1})}{f} = \frac{Dn_2 \cos \theta_2}{fn_1} L_1$$

[0035] 其中, x_k 为经过 k 次反射后折射出射光学平板的分支光束的焦点位置的横坐标, x_{k-1} 为经过 $(k-1)$ 次反射后折射出射光学平板的分支光束的焦点位置的横坐标, D 为入射光束的直径, β 为待测光束的光束质量, λ 为待测光束的中心波长, θ_2 为待测光束在光学平板内的折射角角度, L_1 为光学平板的厚度, n_1 为光学平板外介质的折射率, n_2 为光学平板折射率, f 为聚焦透镜在光学平板外介质中的焦距。

[0036] 由此可以得到,所选分支光束的焦点光斑与邻近分支光束的离焦光斑有重叠时,需满足如下关系将邻近分支光束的离焦光斑强度降至显著弱于所选分支光的焦点光斑强度的 α 倍:

$$[0037] \quad L_1 > \frac{\beta}{\sqrt{\alpha R_1 R_2}} \frac{2.44\lambda f^2}{D^2} \frac{n_1}{n_2 \cos \theta_2}$$

[0038] 其中, β 为待测光束的光束质量, α 为过滤阈值比例, R_1 和 R_2 为光学平板的两个反射平面的光强反射率, λ 为待测光束的中心波长。

[0039] 进一步的,包括通过调用监测模块的像素单元尺寸、所述聚焦透镜的有效焦距,计算监测系统的角度分辨率=监测模块的像素单元尺寸/所述系统的有效焦距;如监测系统的角度分辨率大于待测光束指向变化的阈值范围,则通过减小监测模块的像素单元尺寸,增

大聚焦透镜的有效焦距来提高监测系统的角度分辨率。

[0040] 本申请提供了一种光束指向监测系统和方法,运用一整块光学平板实现对聚焦待测激光的光路折叠,减少装置实际占用空间,便于小型化,具有良好的环境适应性。本申请提供了指向监测时避免邻近分支光束的离焦光斑对所选分支光束的焦点光斑质心计算产生干扰的方法,并依据消除邻近分支光束干扰后的焦点光斑质心变化实现对待测光束指向角度变化的监控。

附图说明

[0041] 此处所说明的附图用来提供对本申请实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本申请实施例的限定。在附图中:

[0042] 图1为本申请一示例性实施例提供的一种光束指向监测系统的光路局部示意图。

[0043] 图2为本申请一示例性实施例提供的又一种光束指向监测系统的光路局部示意图。

[0044] 图3为本申请一示例性实施例提供的另一种光束指向监测系统的光路示意图。

[0045] 图4为本申请一示例性实施例提供的另一种光束指向监测系统的光路示意图。

[0046] 图5为本申请一示例性实施例提供的另一种光束指向监测系统的光路局部示意图。

[0047] 图中:

[0048] 1、待测光束;2、光学平板;4、监测模块;5、聚焦透镜;6、衰减片。

具体实施方式

[0049] 这里将详细地对示例性实施例进行说明,其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时,除非另有表示,不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本申请相一致的所有实施方式。相反,它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本申请的一些方面相一致的系统和方法的例子。

[0050] 为了提高指向监测的灵敏度,需要采用长焦聚焦透镜汇聚激光。由于存在较大的光程,为了避免指向监测系统在某个方向上长度过大,现有的方式采用多块反射镜对光路进行折叠。由于激光光束存在一定的束宽,为了避免反射镜镜架对激光光束产生遮挡,光束需要选择较大的倾斜角度入射反射镜;由于大角度入射,光束在镜面上的投影尺寸增大,导致反射镜尺寸增大,最终使整个指向检测系统设置方式较为复杂,占据体积大,而且因使用较多的反射镜会导致系统的稳定性变差,环境适应性差。

[0051] 本申请提供了一种光束指向监测方法和系统,旨在解决现有技术的如上技术问题。本申请优选的应用场景是对使用长焦透镜的激光光束的指向监测系统,以小角度入射用于光路折叠的光学平板。小角度入射更能体现本申请在局域空间内反复折叠光程,实现指向监测的方式。为提高该技术的精度,在长焦、小角度入射的前提下,采用双面镀有高反膜的一整块光学平板替代多片反射镜,大大减小了指向检测系统的体积、提高了系统的稳定性和环境适应性。

[0052] 下面以具体地实施例对本申请的技术方案以及本申请的技术方案进行详细说明。下面这几个具体的实施例可以相互结合,对于相同或相似的概念或过程可能在某些实施例

中不再赘述。下面将结合附图,对本申请的实施例进行描述。

[0053] 实施例1:

[0054] 本申请提供一种光束指向监测系统,如图1-5所示,包括待测光束1、聚焦透镜5、光学平板2和监测模块4;待测光束1经过聚焦透镜5聚焦后在沿光路方向进出光学平板2的两个端面至监测模块4。其中,所述光学平板2沿入射光路方向的投影覆盖待测光束1,即保证光学平板2接收完整的待测光束1的光斑,避免遗漏,防止监测指向效果因数据缺少而不精确。光学平板2的两个反射平面至少有一个平面的法线方向相对于待测光束1入射方向呈非零度倾角,优选倾角均为 4° 。

[0055] 当待测光束1为高能激光时,可能会导致监测模块中的传感单元因光强过大而出现饱和,影响对焦点光斑质心的计算,需要降低入射至监测模块的光强,这时可以在所述光学平板2与监测模块4之间单独设置的衰减片6。

[0056] 多路分支光束在光学平板2外部多个焦点位置形成多个汇聚光斑,选择其中一个焦点位置放置监测模块4,用于获取所选分支光束的焦点光斑,即待测光束1的远场光斑。焦点位置的选择需要根据监测模块4以及的衰减片6实际空间占据大小进行合理设计。

[0057] 监测模块可以选择CMOS传感器(CMOS为Complementary Metal Oxide Semiconductor互补金属氧化物半导体的缩写),也可以选择CCD传感器(CCD为Charge Coupled Device电荷耦合器件的缩写)。所选择的CMOS传感器或者CCD传感器需对待测光束的波段有较好的响应度,以获得高信噪比的信号,保证获取的所选分支光束的焦点光斑强度分布的准确性,进而保证在指向监测时焦点质心变化的计算结果的准确性。

[0058] 对比现有技术,本实施例1通过更为简单系统整体设置方式,能够实现紧凑化、轻量化、小型化。

[0059] 实施例2:

[0060] 通过调用监测模块4的像素单元尺寸、所述聚焦透镜5的有效焦距,计算监测系统的角度分辨率=监测模块4的像素单元尺寸/所述系统的有效焦距。例如,监测模块水平方向上和垂直方向上的像素单元尺寸均为 $3.45\mu\text{m}$,聚焦透镜5焦距 f 为1m,监测系统在水平方向上和垂直方向上的角度分辨率则为 $3.45\mu\text{rad}$ 。

[0061] 实施例3:

[0062] 在一个具体的测试例中,聚焦透镜5和监测模块4分别位于光学平板2两侧的布局,光学平板2材料选用熔石英,对应折射率 n_2 为1.45,取空气折射率 $n_1=1$,光学平板2的两个反射表面平行,其法线与待测光束1入射方向的倾角角度 $\theta_1=4^\circ$,光学平板2厚度 L_1 为10mm,聚焦透镜5焦距 f 为1000mm,根据本发明提供的公式可以得到待测光束1在光学平板2内经过 k 次反射后折射出射光学平板2的分支光束的焦点位置坐标 x_k, y_k ,如表1所示。

$$[0063] \quad x_k = f - L_1 \frac{(k+1)n_2 \cos\theta_2 - n_1 \cos\theta_1}{n_1}, y_k = L_1 [(k+1)\tan\theta_2 - \tan\theta_1] \cos\theta_1, \theta_2 = \arcsin\left(\frac{n_1 \sin\theta_1}{n_2}\right)$$

[0064] 表1 经过 k 次反射后折射出射光学平板的分支光束的焦点位置坐标 x_k, y_k

[0065]

反射次数 k	1	2	3	4	5	6
x_k (mm)	905	833	760	688	615	543
y_k (mm)	1.3	3.7	6.1	8.5	10.9	13.3
反射次数 k	7	8	9	10	11	12

x_k (mm)	471	398	326	253	181	108
y_k (mm)	15.7	18.1	20.5	22.9	25.3	27.7

[0066] 从表1可以看出,通过12次的反射,将焦点x方向的距离聚焦透镜的距离由传统方法的1000mm,缩减到108mm,基于本发明的指向监控系统大幅度减小了在x方向的系统尺寸。

[0067] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的系统实施例仅仅是示意性的,例如,所述模块的划分,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,例如多个模块或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。

[0068] 所述作为分离部件说明的模块可以是或者也可以不是物理上分开的,作为模块显示的部件可以是或者也可以不是物理模块,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络模块上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。

[0069] 另外,在本申请各个实施例中的各功能模块可以集成在一个处理模块中,也可以是各个模块单独物理存在,也可以两个或两个以上模块集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现,也可以采用硬件加软件功能模块的形式实现。

[0070] 应当理解的是,本申请并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本申请的范围仅由所附的权利要求书来限制。

[0071] 本领域内的技术人员应明白,本发明的实施例可提供为方法或系统。因此,本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。

[0072] 还需要说明的是,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0073] 以上仅为本申请的实施例而已,并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的权利要求范围之内。

[0074] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本申请的其它实施方案。本申请旨在涵盖本申请的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本申请的一般性原理并包括本申请未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本申请的真正范围和精神由上面的权利要求书指出。

[0075] 应当理解的是,本申请并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本申请的范围仅由所附的权利要求书来限制。

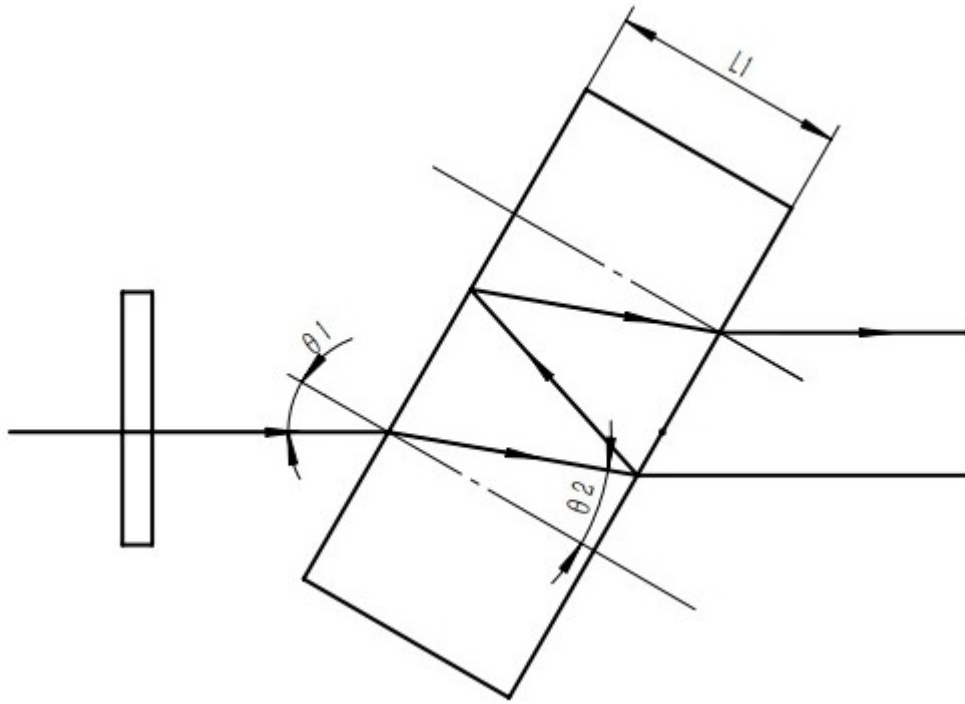


图1

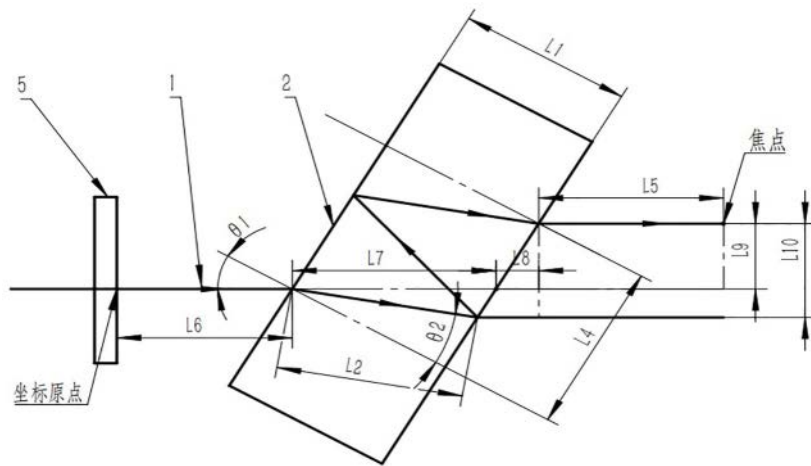


图2

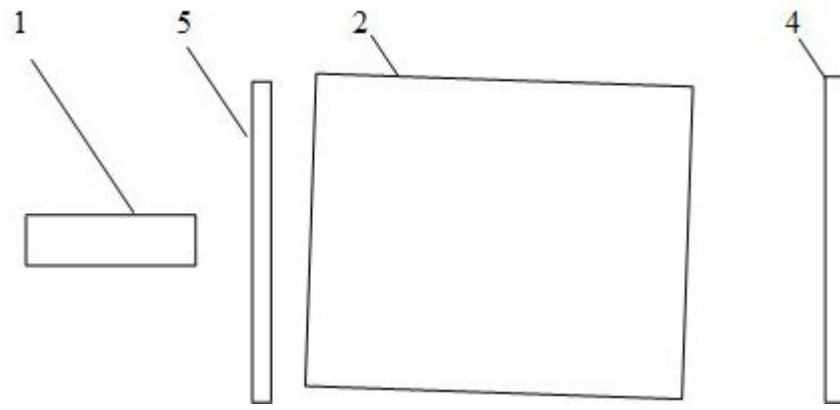


图3

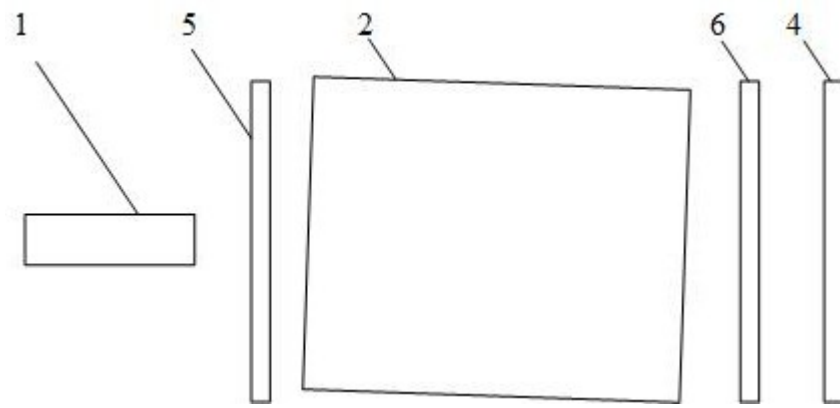


图4

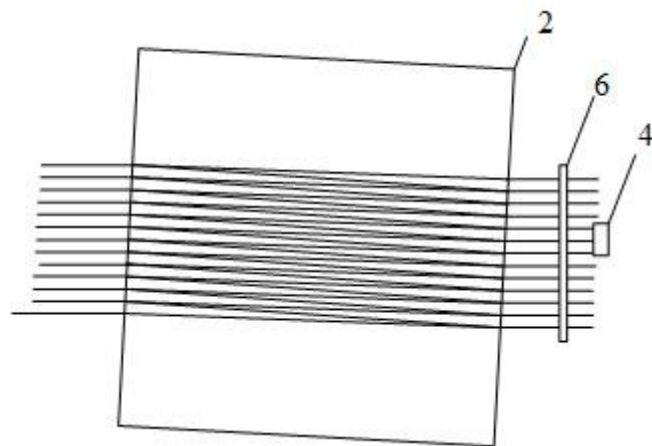


图5