



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104482884 B

(45)授权公告日 2017. 10. 03

(21)申请号 201410671101.1

(22)申请日 2014.11.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104482884 A

(43)申请公布日 2015.04.01

(73)专利权人 中国工程物理研究院激光聚变研究中心

地址 621900 四川省绵阳市游仙区919信箱981分箱

(72)发明人 袁晓东 陈海平 熊召 刘长春  
易聪之 周海 曹庭分 叶海仙 罗欢

(74)专利代理机构 重庆为信知识产权代理事务所(普通合伙) 50216

代理人 龙玉洪

(51)Int.Cl.

G01B 11/26(2006.01)

(56)对比文件

CN 101339011 A, 2009.01.07,

TW I320478 B, 2010.02.11,

CN 1719192 A, 2006.01.11,

CN 203501988 U, 2014.03.26,

CN 102364300 A, 2012.02.29,

CN 103075966 A, 2013.05.01,

US 5383016 A, 1995.01.17,

邓立新等. 平面镜多次反射的二维高精度小角度偏转测量.《光学工程》.2010,第37卷(第1期),第25-29、60页.

审查员 祝慧宇

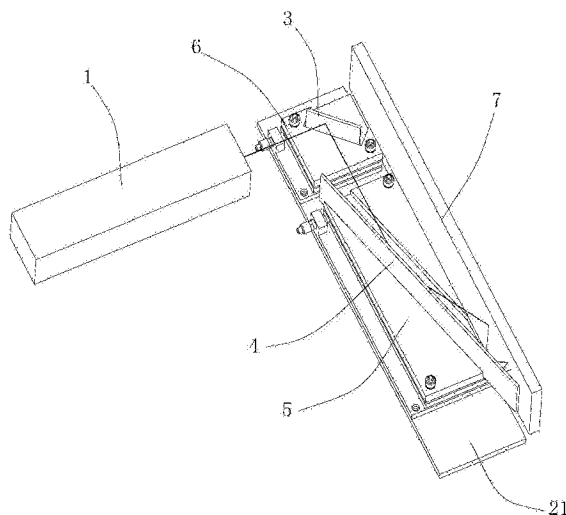
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54)发明名称

小角度测量装置及其测量方法

(57)摘要

本发明公开了一种小角度测量装置及其测量方法,包括光电自准直仪,所述光电自准直仪前端设置有测量头,该测量头包括安装平台、竖直地安装在所述安装平台上的第一反射镜和第二反射镜,其中,第一反射镜与光电自准直仪光轴呈45°倾斜设置,其镜面与该光电自准直仪相对,所述第二反射镜镜面与第一反射镜相对,该第二反射镜与光电自准直仪光轴之间的夹角θ为锐角。采用以上技术方案,能够在不改变已有光电自准直仪的情况下,提高其小角度测量的分辨率,并且不会放大光束漂移、气流扰动等因素引起的角度扰动量,测量准确、方便。



1. 一种小角度测量装置,包括光电自准直仪(1),其特征在于:所述光电自准直仪(1)前端设置有测量头(2),该测量头(2)包括安装平台(21)、竖直地安装在所述安装平台(21)上的第一反射镜(3)和第二反射镜(4),其中,第一反射镜(3)与光电自准直仪(1)光轴呈 $45^\circ$ 倾斜设置,其镜面与该光电自准直仪(1)相对,所述第二反射镜(4)镜面与第一反射镜(3)相对,所述第二反射镜(4)与光电自准直仪(1)光轴之间的夹角 $\theta$ 为锐角;

所述安装平台(21)上固设有三维调整架(5),所述第二反射镜(4)粘接固定在该三维调整架(5)上端面上;

所述三维调整架(5)包括与安装平台(21)固定的固定板(51)、安装在该固定板(51)上的活动板(52)、活动地安装在所述活动板(52)上的调整板(53)、设置在固定板(51)上的Z轴调整螺钉(51a),以及两个对称设置在调整板(53)上端面对角线连线上的X、Y轴调整螺钉(53a),调整板(53)上端面上设有凹槽(54),第二反射镜(4)下端面粘接固定在该凹槽(54)内;

所述安装平台(21)上固设有调整架(6),所述第一反射镜(3)粘接固定在调整架(6)上端面上;

所述第二反射镜(4)长度大于第一反射镜(3),安装平台(21)置于光电自准直仪(1)和待测镜(7)之间;

所述安装平台(21)上设置有挡光板(22),该挡光板(22)竖直设置,且位于光电自准直仪(1)和第一反射镜(3)之间,所述挡光板(22)上设置有激光过孔(23),该激光过孔(23)的中心轴线与第一反射镜(3)呈 $45^\circ$ 倾斜设置。

2. 根据权利要求1所述的小角度测量装置的测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,将光电自准直仪(1)安装在待测镜(7)正前方;

步骤2,调整光电自准直仪(1)的偏摆调整螺钉,使光电自准直仪出射的光经待测镜(7)反射后返回到图像中心位置,即光电自准直仪(1)的光轴与待测镜(7)垂直;

步骤3,将预调好的测量头(2)插入到光电自准直仪(1)与待测镜(7)之间;

步骤4,调整测量头(2)位姿,使测量光斑返回视场范围中心位置;

步骤5,将光电自准直仪(1)归零;

步骤6,待测镜(7)旋转一个小角度,返回光斑不超出光电自准直仪(1)有效测量范围,记录光电自准直仪(1)的读数A,此时,待测镜(7)旋转角度为 $A/N$ ,其中,N为测量头(2)固有放大倍数。

## 小角度测量装置及其测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于几何量测量技术领域,具体涉及一种小角度测量装置及其测量方法。

### 背景技术

[0002] 现有小角度高精度检测方法主要通过双频激光干涉仪通过搭建光路实现,检测过程操作复杂,且需要专业人员完成。

[0003] 光电自准直仪操作简单方便,是角度测量中常用的检测设备,在机械加工质量检测(包括平行度检测、垂直度检测等)以及光学元件测试安装过程中具有重要作用。然而,由于受到仪器体积、CCD传感器、特征点定位算法、环境扰动等因素的影响,国内现有的光电自准直仪精度通常为 $\pm 20''$ 范围内误差不超过 $\pm 0.2''$ ,能满足一般精度检测的需求,但难以满足高精度的小角度检测。

[0004] 为提高光电自准直仪小角度测量的分辨率,目前采用的主要方式有增加成像透镜焦距、扩大光电自准直仪口径等,但这些放大都不可避免地增大了光电自准直仪的体积,间接增加了光电自准直仪的制造复杂度和成本,另外,在增加成像透镜焦距或扩大光电自准直仪口径的同时,光束漂移及气流扰动等因素引起的角度扰动量也会增加,现有设备无法有效地减小光束漂移、气流扰动等因素对小角度测量的影响。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供一种小角度测量装置及其测量方法,操作简单,可以在不改变已有光电自准直仪的情况下,提高其小角度测量的分辨率,并且能够有效避免光束漂移、气流扰动等因素对小角度测量的影响。

[0006] 其技术方案如下:

[0007] 一种小角度测量装置,包括光电自准直仪,其要点在于:所述光电自准直仪前端设置有测量头,该测量头包括安装平台、竖直地安装在所述安装平台上的第一反射镜和第二反射镜,其中,第一反射镜与光电自准直仪光轴呈 $45^\circ$ 倾斜设置,其镜面与该光电自准直仪相对,所述第二反射镜镜面与第一反射镜相对,该第二反射镜与光电自准直仪光轴之间的夹角 $\theta$ 为锐角。

[0008] 采用以上结构,通过在光电自准直仪与待测镜之间设置测量头,使测量光速在第二反射镜与待测镜之间经多次反射后,经原光路返回,将待测镜微小旋转角度放大,同时,该结构不会增大光束漂移及气流扰动等因素引起的角度扰动量,因此大大提高了光电自准直仪小角度测量分辨率。

[0009] 作为优选,所述安装平台上固设有三维调整架,所述第二反射镜粘接固定在该三维调整架上端面上。采用该结构,能够方便地调整第二反射镜与光电自准直仪光轴间的夹角 $\theta$ ,并保持镜面竖直,确保在加工、装配存在误差情况下,该角度 $\theta$ 满足对应的放大倍数要求,调整过程可以通过使用高精度的测量设备(如激光跟踪仪、三坐标测量机等)辅助完成。

[0010] 作为优选,所述安装平台上固设有调整架,所述第一反射镜粘接固定在调整架上

端面上,该结构便于调整第一反射镜位姿,确保其与第二反射镜间夹角符合设计要求。

[0011] 作为优选,所述安装平台上设置有挡光板,该挡光板竖直设置,且位于光电自准直仪和第一反射镜之间,所述挡光板上设置有激光过孔,该激光过孔的中心轴线与第一反射镜呈 $45^\circ$ 倾斜设置。采用以上结构,在测量时,能够方便地对测量头进行定位,测量光束由激光过孔穿过后,经多次反射并返回图像中心位置时,即可确定第一反射镜与光电自准直仪光轴间夹角为 $45^\circ$ 。

[0012] 本发明还公开了上述小角度测量装置的测量方法,包括以下步骤:

[0013] 步骤1,将光电自准直仪安装在待测镜正前方;

[0014] 步骤2,调整光电自准直仪的偏摆调整螺钉,使光电自准直仪出射的光经待测镜反射后返回到图像中心位置,即光电自准直仪的光轴与待测镜垂直;

[0015] 步骤3,将预调好的测量头插入到光电自准直仪与待测镜之间,并确保第二反射镜4下端与待测镜之间间距在10mm以内;

[0016] 步骤4,调整测量头位姿,使测量光斑返回视场范围中心位置;

[0017] 步骤5,将光电自准直仪归零;

[0018] 步骤6,待测镜旋转一个小角度,返回光斑不超出光电自准直仪有效测量范围,记录光电自准直仪的读数A,此时,待测镜旋转角度为 $A/N$ ,其中,N为测量头固有放大倍数。

[0019] 有益效果:采用以上技术方案的小角度测量装置及其测量方法,能够在不改变已有光电自准直仪的情况下,提高其小角度测量的分辨率,并且不会放大光束漂移、气流扰动等因素引起的角度扰动量,测量准确、方便。

## 附图说明

[0020] 图1为本发明的原理图;

[0021] 图2为本发明中小角度测量装置的立体结构示意图;

[0022] 图3为本发明中第二反射镜与三维调整架安装的立体结构示意图;

[0023] 图4为本发明中第一反射镜与调整架安装的立体结构示意图;

[0024] 图5为本发明中挡光板的结构示意图;

[0025] 图6为本发明中光束漂移影响示意图;

[0026] 图7为常用光电自准直仪测量方法中光束漂移影响示意图。

## 具体实施方式

[0027] 本发明的核心在于利用与光电自准直仪1光轴呈 $45^\circ$ 的第一反射镜3和与光轴呈 $\theta$ 角的第二反射镜4,构成固定放大倍率的测量头2,使测量光束在待测镜7与第二反射镜4之间多次反射,最后沿原光路返回,提高光电自准直仪1对待测镜7微小旋转角度的测量精度。

[0028] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下通过实施例,并结合附图,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0029] 如图1所示,一种小角度测量装置,包括光电自准直仪1,所述光电自准直仪1前端设置有测量头2,该测量头2包括安装平台21、安装在所述安装平台21上的第一反射镜3和第二反射镜4,其中,第一反射镜3与光电自准直仪1光轴呈 $45^\circ$ 倾斜设置,其镜面与该光电自准

直仪1相对,所述第二反射镜4镜面与第一反射镜3相对,该第二反射镜4与光电自准直仪1光轴之间的夹角 $\theta$ 为锐角,第一反射镜3与第二反射镜4之间夹角为 $\alpha$ 。

[0030] 请参照图2,所述安装平台21为平板结构,第一反射镜3和第二反射镜4分别竖直地设置在安装平台21上的两侧,所述第二反射镜4长度大于第一反射镜3,安装平台21置于光电自准直仪1和待测镜7之间,该安装平台21上设置有三维调整架5,三维调整架5通过螺栓或螺钉或铆钉与安装平台21固定,所述第二反射镜4粘接固定在该三维调整架5上端面上,第一反射镜3与安装平台21之间设有调整架6,第一反射镜3粘接固定在该调整架6上。

[0031] 由图3可以看出,所述三维调整架5包括与安装平台21固定的固定板51、安装在该固定板51上的活动板52、活动地安装在所述活动板52上的调整板53、设置在固定板51上的Z轴调整螺钉51a,以及两个对称设置在调整板53上端面对角线连线上的X、Y轴调整螺钉53a,调整板53上端面上设有凹槽54,第二反射镜4下端面上粘接固定在该凹槽54内,图中,调节X、Y轴调整螺钉53a,使第二反射镜4绕X、Y轴旋转,可以调整第二反射镜4姿态,确保镜面竖直,调节Z轴调整螺钉51a,第二反射镜4绕Z轴旋转,可以微调镜面与光电自准直仪1光轴间夹角 $\theta$ ,在现有技术中,三维调整架的结构已相当成熟,在此不做赘述,只需要保证第二反射镜4的三维角度调整即可。

[0032] 如图4所示,所述调整架6结构与三维调整架5大致相同,尺寸与第一反射镜3相适配,第一反射镜3与调整架6的安装结构和上述第二反射镜4与三维调整架5的安装相同,具有沿X、Y、Z轴调整的自由度。

[0033] 在加工和安装测量头2时,可以通过调整三维调整架5及调整架6上相应的调整螺钉使得第一反射镜3和第二角反射镜4之间的夹角 $\alpha$ 满足设计时对应的角度要求,以满足放大倍数的要求,该部分安装调试可以通过使用高精度的测量设备(如激光跟踪仪、三坐标测量机等)辅助完成。

[0034] 结合图1和图2可以看出,光电自准直仪1发出的测量光束经第一反射镜3反射后投射到第二反射镜4镜面上,在第二反射镜4与待测镜7之间形成多次反射后,最终沿原光路返回,由几何原理可知,光电自准直仪1光轴与第二反射镜4之间的夹角 $\theta$ 和测量光束经待测镜7的反射次数 $n$ 之间的关系如下:

$$[0035] \quad \theta = 90^\circ - \frac{90^\circ}{n+1}, \quad \text{即 } n = \frac{90^\circ}{90^\circ - \theta} - 1;$$

[0036] 由几何关系可知,夹角 $\alpha$ 和夹角 $\theta$ 之间的关系为:

$$[0037] \quad \alpha = \theta - 45^\circ$$

[0038] 与现有光电自准直仪相比,测量头2的放大倍数为 $N$ 为:

$$[0039] \quad N = 2^{n-1}$$

[0040] 经计算得到比较常用的放大倍数 $N$ 与夹角 $\theta$ 和 $\alpha$ 之间的关系如下表所示:

[0041]

$\theta$	$60^\circ$	$67.5^\circ$	$72^\circ$	$75^\circ$	$80^\circ$
$N$	2	4	8	16	128
$\alpha$	$15^\circ$	$22.5^\circ$	$27^\circ$	$30^\circ$	$35^\circ$

[0042] 上述小角度测量装置的测量方法如下:

[0043] 步骤1,将光电自准直仪1安装在待测镜7正前方;

[0044] 步骤2,调整光电自准直仪1的偏摆调整螺钉,使光电自准直仪出射的光经待测镜7反射后返回到图像中心位置,即光电自准直仪1的光轴与待测镜7垂直;

[0045] 步骤3,将预调好的测量头2插入到光电自准直仪1与待测镜7之间,并确保第二反射镜4下端与待测镜7之间间距在10mm以内;

[0046] 步骤4,调整测量头位姿,使测量光斑返回视场范围中心位置,对准后,即可确保光电自准直仪1光轴与第一反射镜3之间夹角为 $45^{\circ}$ ;

[0047] 步骤5,将光电自准直仪1归零;

[0048] 步骤6,待测镜7旋转一个小角度,返回光斑不超出光电自准直仪1有效测量范围,记录光电自准直仪1的读数A,此时,待测镜7旋转角度为 $A/N$ ,其中,N为测量头2固有放大倍数。

[0049] 步骤4中,为方便调整测量头位姿,确保光电自准直仪1光轴与第一反射镜3之间呈 $45^{\circ}$ 夹角,本发明还可以设置如图5中所示的挡光板22,将该挡光板22设置在第一反射镜3与光电自准直仪1之间,并与安装平台21固定,挡光板22竖直设置,中部设有激光过孔23,激光过孔23中心轴线与第一反射镜3呈 $45^{\circ}$ 夹角,当光电自准直仪1发射的测量光束由激光过孔23穿过,经多次反射并返回图像中心位置时,即可确定第一反射镜3与光电自准直仪1光轴之间夹角为 $45^{\circ}$ 。

[0050] 请参照图6,图中 $\theta=60^{\circ}$ (放大倍数N为2),如图所示,当激光光源发生漂移时,通过几何光学分析计算可以得到返回光束与光轴夹角 $\theta_0$ 。与角度漂移量 $\theta_i$ 满足 $\theta_0=-\theta_i$ ,与图7中常用的光电自准直仪测量方法一致,由此可知,返回光束与光轴夹角 $\theta_0$ 。与测量头放大倍数N无关,本发明的测量装置及测量方法不会放大光束漂移引起的角度扰动量,同理可以分析得到由于空气扰动带来的光束角度漂移与光源角度漂移的情况一致。

[0051] 需要说明的是,以上实施例仅用以说明本发明技术方案而非限制技术方案,尽管申请人参照较佳实施例对本发明作了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,那些对本发明技术方案进行的修改或者等同替换,不能脱离本技术方案的宗旨和范围,均应涵盖在本发明权利要求范围当中。

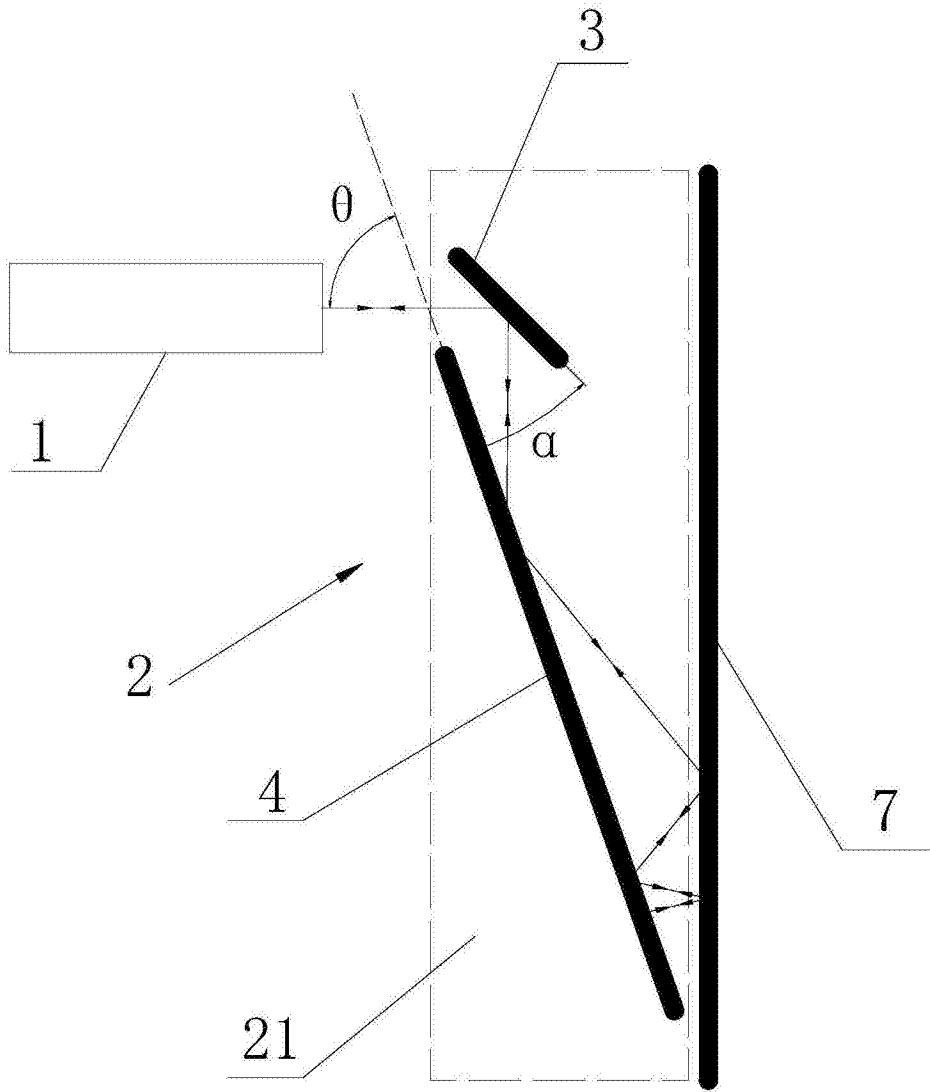


图1

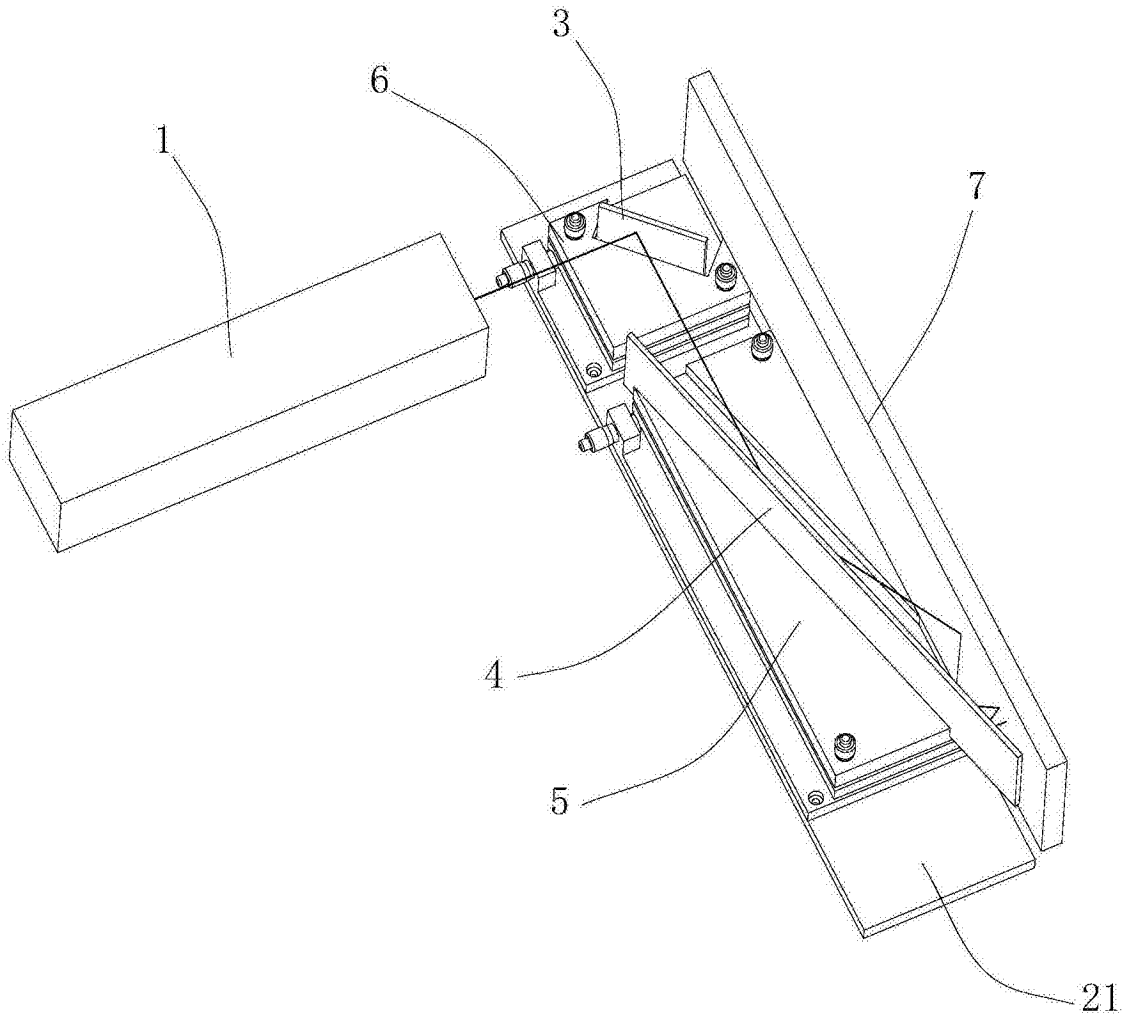


图2



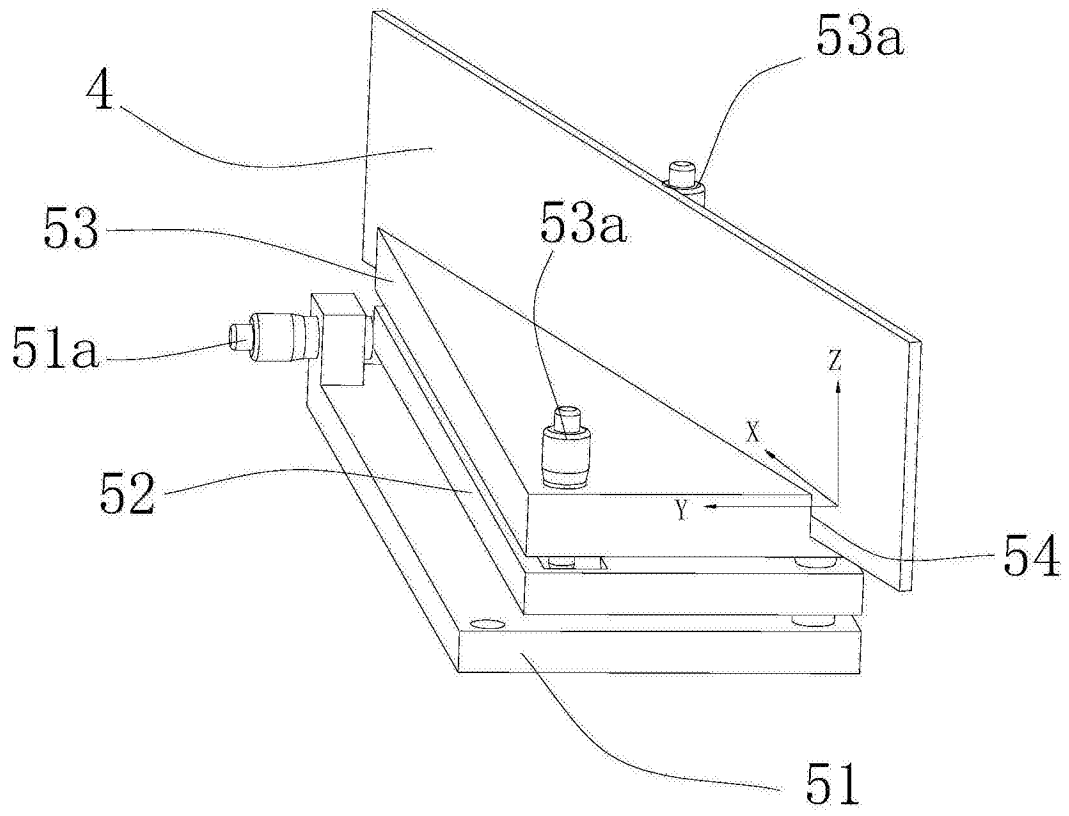


图3

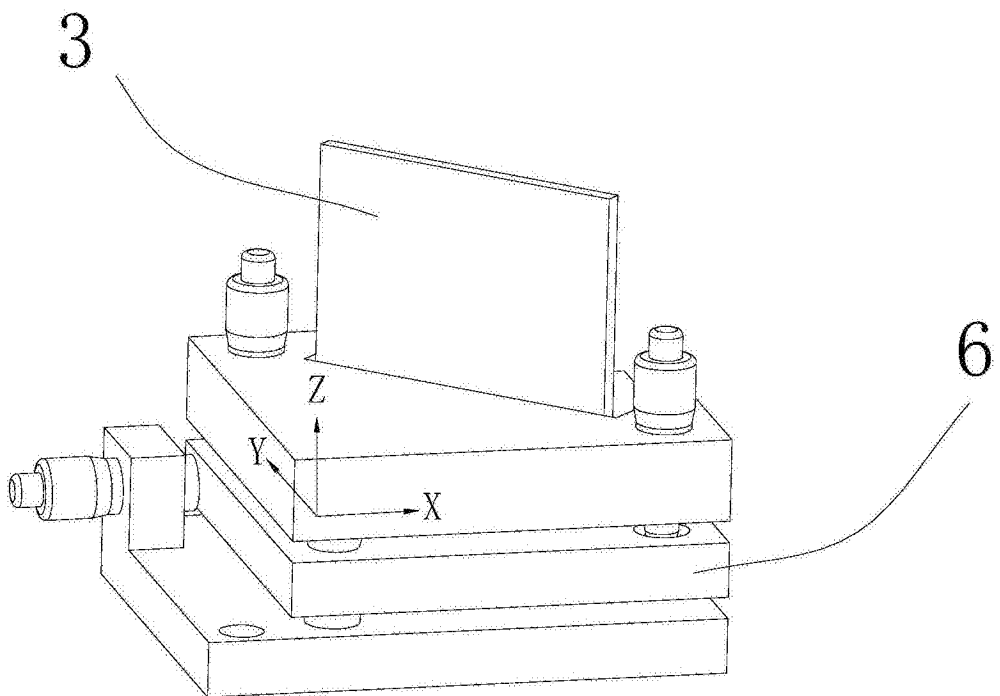


图4

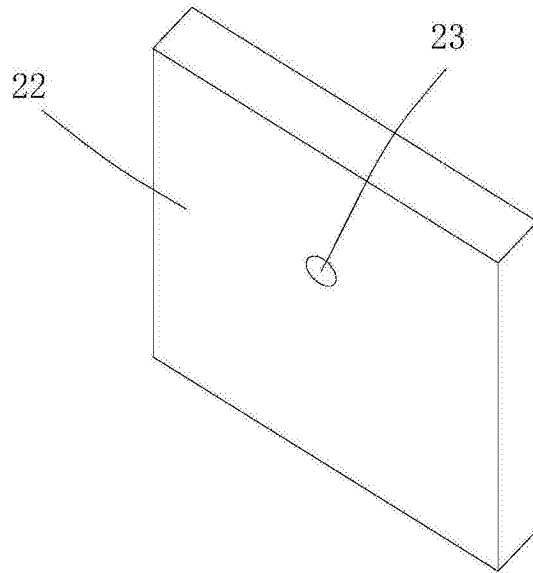


图5

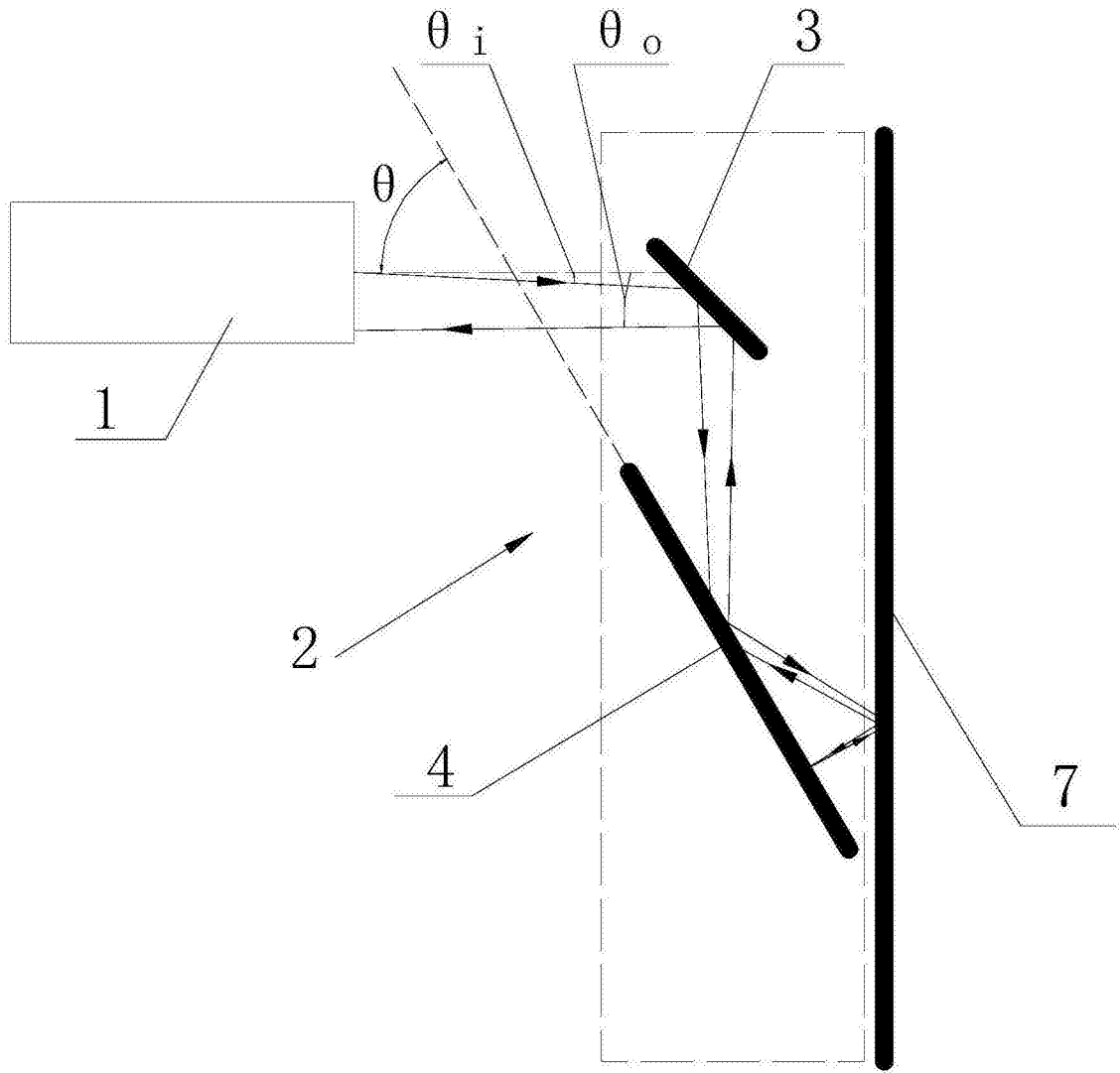


图6

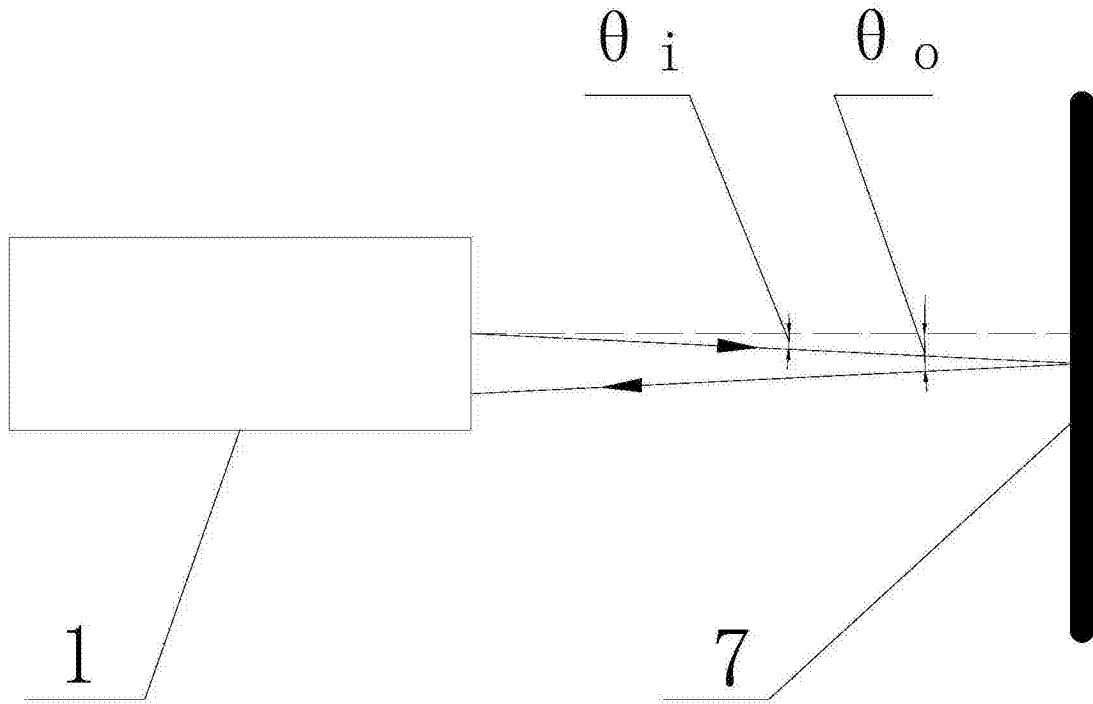


图7