



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104048759 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201410284248. 5

US 2004/0136006 A1, 2004. 07. 15,

(22) 申请日 2014. 06. 23

CN 201331381 Y, 2009. 10. 21,

(73) 专利权人 中国科学院光电研究院

审查员 王大伟

地址 100080 北京市海淀区中关村东路 95 号

(72) 发明人 相里斌 谭政 方煜 张文喜

吕群波 周志盛 杜述松 张金刚

(74) 专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有限公司 11260

代理人 郑立明 郑哲

(51) Int. Cl.

G01J 3/45(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1060722 A, 1992. 04. 29,

CN 1541330 A, 2004. 10. 27,

CN 102759402 A, 2012. 10. 31,

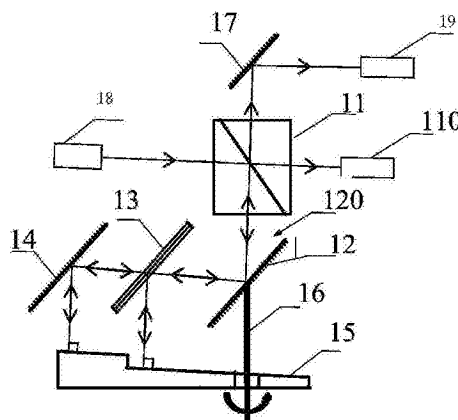
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

高稳定性转镜干涉仪

(57) 摘要

本发明公开了一种高稳定性转镜干涉仪,包括第一分束器、第一平面反射镜、第二分束器、第二平面反射镜、倾斜反射镜以及能量收集镜,所述第一平面反射镜与所述第二平面反射镜平行设置构成平行反射镜组,所述平行反射镜组固定连接转轴;所述第二分束器的分束膜与所述平行反射镜组平行,所述第二分束器固定设置在所述第一平面反射镜与所述第二平面反射镜之间;所述倾斜反射镜具有倾角。采用一对平行平面镜保证了入射光线和出射光线平行,平面镜组的旋转保证了系统自稳定性和减少了探测时间,系统结构简单,降低了加工装调难度和生产成本的。



1. 一种高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,包括第一分束器、第一平面反射镜、第二分束器、第二平面反射镜、倾斜反射镜以及能量收集镜:

所述第一平面反射镜与所述第二平面反射镜平行设置构成平行反射镜组,所述平行反射镜组固定连接转轴,转轴匀速转动,带动平行反射镜组与第二分束器匀速旋转;

所述第二分束器的分束膜与所述平行反射镜组平行,所述第二分束器固定设置在所述第一平面反射镜与所述第二平面反射镜之间;

所述倾斜反射镜具有倾角;

进入所述第一分束器的光束经分光后到达所述第一平面反射镜;

进入所述第一平面反射镜的光束经所述第二分束器反射后垂直入射所述倾斜反射镜,以及经所述第二分束器透射后到达所述第二平面反射镜,进入所述第二平面反射镜的光束反射后垂直入射所述倾斜反射镜;

进入所述倾斜反射镜的光束按原光路返回所述第一分束器,经所述第一分束器透射到达能量收集镜会聚后在探测器互相干涉。

2. 根据权利要求1所述的高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,所述倾斜反射镜为阶梯形,所述倾斜反射镜包括2个平行设置且具有垂直距离 h' 的反射平面,所述反射平面与水平面之间的夹角为所述倾斜反射镜的倾角 θ 。

3. 根据权利要求2所述的高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,转轴转速为 ω ,一个转动周期内任意时刻 t ,光程差为:

$$OPD=2(L'-L-h'/\cos\theta)$$

$$\text{其中},L=2h[\cos\alpha\cos\theta+\sin\alpha\sin\theta\cos(\omega t)]$$

$$L'=2kh[\cos\alpha\cos\theta+\sin\alpha\sin\theta\cos(\omega t)]$$

k 表示所述第一平面反射镜与所述第二分束器之间的中心距离除以所述第一平面反射镜与所述第二平面反射镜之间的中心距离, h 表示第一平面反射镜与第二分束器之间的垂直距离, α 表示平行反射镜组的法线与转轴的夹角。

4. 根据权利要求1或2所述的高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,所述第一平面反射镜与所述第二平面反射镜通过第一连接杆固定连接,所述第一平面反射镜与所述转轴固定连接;

或者,所述第二平面反射镜通过第二连接杆与所述转轴固定连接,所述第一平面反射镜与所述转轴固定连接。

5. 根据权利要求1或2所述的高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,所述第二分束器通过第三连接杆与所述第一平面反射镜和所述第二平面反射镜固定连接。

6. 根据权利要求1或2所述的高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,所述转轴竖直设置,所述转轴一端穿过倾斜反射镜,所述转轴的另一端连接电机,所述电机输出匀速转速。

7. 根据权利要求1或2的高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,所述第一分束器为分束镜或分光棱镜,所述第二分束器为分束镜或分光棱镜。

8. 根据权利要求1或2所述的高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,所述能量收集镜为球面反射镜或透镜,或者所述能量收集镜为非球面反射镜或透镜。

9. 根据权利要求1或2所述的高稳定性转镜干涉仪,其特征在于,所述的高稳定性转镜干涉仪还包括第一探测器和第二探测器:

进入所述第一分束器的光束经分光后得到的透射光到达所述第一探测器；

进入所述倾斜反射镜的光束按原光路返回所述第一分束器，经所述第一分束器透射到达能量收集镜会聚后在所述第二探测器互相干涉。

高稳定性转镜干涉仪

技术领域

[0001] 本发明涉及光谱探测与成像技术领域,尤其涉及一种高稳定性时间调制型双光束干涉仪。

背景技术

[0002] 傅里叶变换红外光谱仪(Fourier Transform Infrared Spectrometer,FTIR)是利用光的干涉实现对目标的光谱进行测量的仪器,具有多通道、高通量、高信噪比、高精度等一系列优点,在工农业生产、科学研究、环境监测、食品安全、航空航天遥感等领域有着广泛的应用。

[0003] 干涉仪是FTIR的核心部件,干涉仪的性能决定了仪器测量结果的优劣。目前FTIR的干涉仪通常都是基于迈克尔逊干涉仪及其变形结构,其结构通常由分束器、动镜和定镜三部分构成,动镜和定镜通常采用平面镜或立方体反射镜,通过动镜运动探测不同光程差的干涉数据。动镜的运动方式主要有两种,一种是直线运动,一种是转动运动。

[0004] 对于动镜直线运动的干涉仪,最直接和简洁的方案是采用平面动镜,至今仍是一些国际著名厂商的核心专利技术,如美国Nicolet公司的Vectra专利。但其对动镜的运动精度要求非常严格,对材料、设计都有很高的要求。运动过程需要设置辅助光路,利用激光对动镜运动的方向准直性、速度均匀性、位移量等进行实时精确监测和修正;另外,因为动镜的倾斜晃动对测量精度影响很大,就需要一套高精度的控制系统使动镜匀速平稳运动,但是这在实际中实现起来仍然比较困难且成本较高;再次,动镜直线往复运动对运动轨道的加工工艺依赖性较强,且易受抖动或震动等外界环境的干扰。这些原因都导致干涉仪结构复杂,系统稳定性差,抗干扰能力低。

[0005] 为了克服平面动镜运动精度要求太高的困难,出现了不少采用角反射体动镜直线运动的干涉仪方案,大大降低了对动镜轴承和运动检测系统的要求,但由于动镜直线运动的往复特点,导致光谱探测速率较低。

[0006] 在此基础上,人们提出采用转动或摆动形式的干涉仪方案,并形成了诸多专利技术,其中德国Bruker公司引以为荣的基于两个角反射体摆动的Rocksolid专利,已经产品化;美国Perkin Elmer公司的基于双平行反射镜摆动的Dynascan专利,克服了干涉仪动镜运动过程中的高精度要求,实现了很高的稳定性。但由于摆动依然是往复运动,探测速度还是比较低。

[0007] 另一方面,从航天遥感角度看,无论是直线往复运动还是摆动,都无法避免加速减速的过程,其对卫星平台的扰动难以克服。

[0008] 国际上也有人提出基于匀速旋转反射镜的干涉仪,克服了往复运动的不足。但是这种干涉仪一般需要转镜和多个定镜组成,结构较为复杂,增大了设计研制难度,对便携性也有一定影响。

发明内容

[0009] 本发明实施例的目的是提供一种高稳定性转镜干涉仪,提高稳定性、简化结构,同时,克服往复运动的加速减速过程,使之能够适应高速探测、航天遥感等更广阔的应用领域。

[0010] 本发明实施例的目的是通过以下技术方案实现的:

[0011] 一种高稳定性转镜干涉仪,包括第一分束器、第一平面反射镜、第二分束器、第二平面反射镜、倾斜反射镜以及能量收集镜:

[0012] 所述第一平面反射镜与所述第二平面反射镜平行设置构成平行反射镜组,所述平行反射镜组固定连接转轴;

[0013] 所述第二分束器的分束膜与所述平行反射镜组平行,所述第二分束器固定设置在所述第一平面反射镜与所述第二平面反射镜之间;

[0014] 所述倾斜反射镜具有倾角;

[0015] 进入所述第一分束器的光束经分光后到达所述第一平面反射镜;

[0016] 进入所述第一平面反射镜的光束经所述第二分束器反射后垂直入射所述倾斜反射镜,以及经所述第二分束器透射后到达所述第二平面反射镜,进入所述第二平面反射镜的光束反射后垂直入射所述倾斜反射镜;

[0017] 进入所述倾斜反射镜的光束按原光路返回所述第一分束器,经所述第一分束器透射到达能量收集镜会聚后在探测器互相干涉。

[0018] 由上述本发明实施例提供的技术方案可以看出,采用平行反射镜组,以及分束膜与平行反射镜组相平行的分束器,保证了垂直入射到倾斜射镜的光束沿原光路返回;倾斜反射镜设计成阶梯状是为了使系统具有零光程差位置,提高测量精度;转轴带动平行反射镜组、分束器旋转引起系统光程周期性改变,同时也保证了系统的自稳定性和减少了测量时间。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域的普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他附图。

[0020] 图1为本发明实施例高稳定性转镜干涉仪构成示意图。

[0021] 图2为本发明实施例高稳定性转镜干涉仪中倾斜反射镜结构示意图。

[0022] 图3为本发明实施例高稳定性转镜干涉仪转动机构示意图。

[0023] 图4为本发明实施例高稳定性转镜干涉仪中反射镜组法线与入射光线转动示意图。

[0024] 图5为本发明实施例高稳定性转镜干涉仪的应用流程示意图。

具体实施方式

[0025] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施

例,都属于本发明的保护范围。

[0026] 如图1所示,本发明实施例提供一种高稳定性转镜干涉仪包括第一分束器11、第一平面反射镜12、第二分束器13、第二平面反射镜14、倾斜反射镜15以及能量收集镜17:

[0027] 第一平面反射镜12与第二平面反射镜14平行设置构成平行反射镜组120,平行反射镜组120固定连接转轴16;

[0028] 第二分束器13的分束膜与平行反射镜组120平行,第二分束器13固定设置在第一平面反射镜12与第二平面反射镜14之间;

[0029] 倾斜反射镜16具有倾角;

[0030] 进入第一分束器11的光束经分光后到达第一平面反射镜12;

[0031] 进入第一平面反射镜12的光束经第二分束器13反射后垂直入射倾斜反射镜15,以及经第二分束器13透射后到达第二平面反射镜14,进入第二平面反射镜14的光束反射后垂直入射倾斜反射镜15;

[0032] 进入倾斜反射镜15的光束按原光路返回第一分束器11,经第一分束器11透射到达能量收集镜17会聚后在第二探测器19互相干涉。

[0033] 如图1所示,为了便于理解,示意出光源18。

[0034] 由上述本发明实施例提供的技术方案可以看出,本发明实施例高稳定性转镜干涉仪是一种高稳定性时间调制型双光束干涉仪,其采用平行反射镜组,以及分束膜与平行反射镜组相平行的分束器,保证了垂直入射到倾斜射镜的光束沿原光路返回;倾斜反射镜设计成阶梯状是为了使系统具有零光程差位置,提高测量精度;转轴带动平行反射镜组、分束器旋转引起系统光程周期性改变,同时也保证了系统的自稳定性和减少了测量时间。

[0035] 本发明实施例高稳定性转镜干涉仪,随着转轴的匀速转动,第二探测器19接收到不同光程差时的干涉强度,形成时间序列排列的干涉图。

[0036] 如图1所示,本发明实施例高稳定性转镜干涉仪,还可以包括第一探测器110,进入第一分束器11的光束经分光后得到的透射光到达第一探测器110,用以标定光源的稳定性,用以标定光源强度的稳定性,当光源强度不稳定时可以对干涉结果进行修正,提高测量精度。

[0037] 本领域技术人员可以参考现有技术理解探测器,在此不作赘述。

[0038] 具体而言,倾斜反射镜为阶梯形,倾斜反射镜包括2个平行设置且具有垂直距离 h' 的反射平面,反射平面与水平面之间的夹角为倾斜反射镜的倾角 θ 。

[0039] 如图2所示,平面AE和平面BF平行,平面EF和平面AD均垂直于平面CD, $EF=h'$ 。倾斜反射镜采用这种“台阶状”结构是为了实现干涉测量时的零光程差位置。

[0040] 具体而言,平行反射镜组固定连接转轴的方式,可以为:

[0041] 第二平面反射镜与第三平面反射镜通过第一连接杆固定连接,第二平面反射镜与转轴固定连接。

[0042] 连接杆可以为1条或多条。

[0043] 或者,第三平面反射镜通过第二连接杆与转轴固定连接,第二平面反射镜与转轴固定连接。

[0044] 可见,在转轴转动过程中,第二平面反射镜和第三平面反射镜式始终保持平行。本领域技术人员可以理解,旋转反射镜组固定连接转轴的方式不受上述示例性限制,任何其

他可实现方式具在保护范围内。

[0045] 具体而言,第二分束器与第一平面反射镜和第二平面反射镜固定连接,可以为:

[0046] 第二分束器通过第三连接杆与第一平面反射镜和第二平面反射镜固定连接。连接杆可以为1条或多条。

[0047] 具体而言,仍如图1所示,转轴竖直设置,转轴一端穿过倾斜反射镜,如根据第二平面反射镜与其法线的交点位置,转轴一端在位置与第三平面反射镜固定连接。转轴的另一端连接电机,电机输出匀速转速。

[0048] 可见,第二分束器、平行反射镜组固连在一起,且与转轴固连,这样,转轴通过电机驱动进行匀速转动时,第二分束器、平行反射镜组也匀速转动,转轴转动时要保证经过平行反射镜组和第二分束器向倾斜反射镜的两条光束均垂直射向倾斜平面。

[0049] 本发明实施例高稳定性转镜干涉仪,第一分束器可以为分束镜或分光棱镜,第二分束器可以为分束镜或分光棱镜,本领域技术人员可以参考现有技术理解分束镜和分光棱镜,在此不作赘述。

[0050] 本发明实施例高稳定性转镜干涉仪,能量收集镜为球面反射镜或透镜,或者能量收集镜为非球面反射镜或透镜。

[0051] 如图3、4所示,首先考虑经过平行反射镜组的光束:

[0052] (1)首先考虑经过第二分束器透射至平行反射镜组光束:

[0053] 如图3所示,设倾斜反射镜倾斜面BF和平面CD的夹角为 θ ,转轴转速为 ω ,一个转动周期内任意时刻 t 时,第一平面反射镜法线与转轴的夹角为 α ,反射角为 β 。

[0054] 穿过第一平面反射镜31和第二分束器32的光束为 OO' ,过点O做平行于BF的辅助线1与光束 $O'G$ 交于H点,令:

[0055] $L_1=OO'$; $L_2=O'H$;

[0056] 第二分束器32和第一平面反射镜31之间的垂直距离为 h 。

[0057] 由三角关系可得:

[0058] $L_1=h/\cos\beta$ 公式(1)

[0059] $L_2=L_1\cos(2\beta)$ 公式(2)

[0060] 所以:

[0061] $L \triangleq L_1 + L_2 = 2L_1 \cos^2 \beta = 2h \cos \beta$ 公式(3)

[0062] 推导公式(1)中 $\cos\beta$ 的表达式

[0063] 第一平面反射镜31的法线绕转轴34旋转,其几何关系如图4所示, OI 相当于转轴, NO 为第一平面反射镜的法线, MO 当于穿过第一分束器和第一平面反射镜之间的光束, $\angle MIN = \omega t$ 。令: $IM=R_1$, $IN=R_2$, $NO=a$, $MO=b$, $MN=c$ 。为方便推导,再令 $OI=1$ 。则由三角关系,有:

[0064] $a=1/\cos\alpha$ 公式(4)

[0065] $b=1/\cos\theta$ 公式(5)

[0066] $R_1=\tan\alpha$ 公式(6)

[0067] $R_2=\tan\theta$ 公式(7)

[0068] $c^2=R_1^2+R_2^2-2R_1R_2\cos(\omega t)$ 公式(8)

[0069] $c^2=a^2+b^2-2abc\cos\beta$ 公式(9)

[0070] 联立公式(4)–(9),可得:

$$[0071] \quad \cos\beta = \cos\alpha\cos\theta + \sin\alpha\sin\theta\cos(\omega t) \quad \text{公式(10)}$$

[0072] 推导出L的表达式

[0073] 由公式(3)和(10),可得

$$[0074] \quad L = 2h[\cos\alpha\cos\theta + \sin\alpha\sin\theta\cos(\omega t)] \quad \text{公式(11)}$$

[0075] (2)考虑经过第二平面反射镜33的光束:

[0076] 由于第一平面反射镜31、第二平面反射镜33和第二分束器32的分束膜两两相互平行,令 $OP/00' = k$ (表示第一平面反射镜与第二分束器之间的中心距离除以第一平面反射镜与第二平面反射镜之间的中心距离),因此,可以根据以上推导得到:

$$[0077] \quad L' = OP + PQ = 2kh[\cos\alpha\cos\theta + \sin\alpha\sin\theta\cos(\omega t)] \quad \text{公式(12)}$$

[0078] 令 $EF = h'$,所以,整个系统的光程差为:

$$[0079] \quad OPD = 2(L' - L - h' / \cos\theta) \quad \text{公式(13)}$$

[0080] 其中,h表示第一平面反射镜与第二分束器之间的垂直距离, α 表示平行反射镜组的法线与转轴的夹角。

[0081] 由公式(11)(12)(13)可知,系统光程差与转轴转速和第二分束器的装配位置有关,只要能够准确测得转轴的转速,就可达到精确测量的目的。

[0082] 转轴转速 ω 的大小可以根据使用需求设计,其主要取决于探测器采样速率、入射辐射特性和灵敏度,在此不做赘述。获得相位 ωt 的方式,可以为通过激光标定实现,具体可以参考现有技术得以理解,在此不做赘述。

[0083] 另外,还可以通过改变h和 h' ,即第二分束器的位置和EF的长度来改变干涉仪的分辨率。

[0084] 如图5所示,本发明干涉仪实现干涉的具体实施步骤为:

[0085] 51、光源辐射光经过准直后转变为平行光,经第一分束器分得的透射光由探测器接收,用以标定光源的稳定性,同时电机驱动转轴带动平行反射镜组和第二分束器匀速转动;

[0086] 52、经第一分束器分得的反射光经第一平面反射镜,反射到第二分束器;

[0087] 53、入射到第二分束器的光束通过第二分束器分光,一路反射到达倾斜反射镜称为第一反射光束,另一路透射到第二平面反射镜称为第一透射光束;

[0088] 54、第一透射光束经过第二平面反射镜反射后,垂直入射到倾斜反射镜斜面上;

[0089] 55、入射到倾斜反射镜倾斜平面上的光束经反射后沿原光路返回,再次先后分别通过第二分束器和第一分束器透射后得到第二透射光束;

[0090] 56、第一反射光束经第二分束器反射后垂直入射到倾斜反射镜的倾斜平面上;

[0091] 57、入射到倾斜反射镜倾斜平面上的光束经反射后沿原光路返回,再次通过第二分束器反射和第一分束器透射后得到第二反射光束;

[0092] 58、第二透射光束和第二反射光束经能量收集镜会聚至探测器,得到最终干涉信号。

[0093] 本发明实施例的高稳定性转镜干涉仪:

[0094] 将平行反射镜组、第二分束器固连在一起旋转,克服了动镜直线运动式干涉仪受运动误差影响大缺点,提高了光谱仪的测量精度,具有较强的抗干扰能力;

[0095] 只要使平行反射镜组和第二分束器射向倾斜反射镜的两条光束均垂直射向倾斜平面,即可使由光源发出经分束器分得的两光束原路返回,与动镜直线运动式干涉仪相比,不再需要设置辅助光路对动镜运动的方向准确性、速度均匀性、位移量等进行实时精确监测和修正,精简了系统结构的同时也提高了系统的稳定性;

[0096] 通过准确测得转轴的转速,即可实现高精度的测量,且由于相对动镜直线运动式干涉仪的平动来说,转动速度较快,能够实现更快速的测量,减少了测量时间;

[0097] 与动镜直线运动式干涉仪通过精密导轨控制动镜运动相比,使用匀速电机对干涉仪进行转动控制相对容易,降低了系统的加工难度;

[0098] 采用探测器对光源的稳定性进行标定,修正干涉数据的误差,提高了测量精度;

[0099] 仅通过平行反射镜组、分束器、倾斜反射镜以及一个匀速电机就实现了高精度的干涉,与目前的动镜转动式干涉仪相比,稳定性更高,系统结构简单,降低了加工装调难度和生产成本。

[0100] 以上,仅为本发明较佳的具体实施方式,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披露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,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该以权利要求书的保护范围为准。

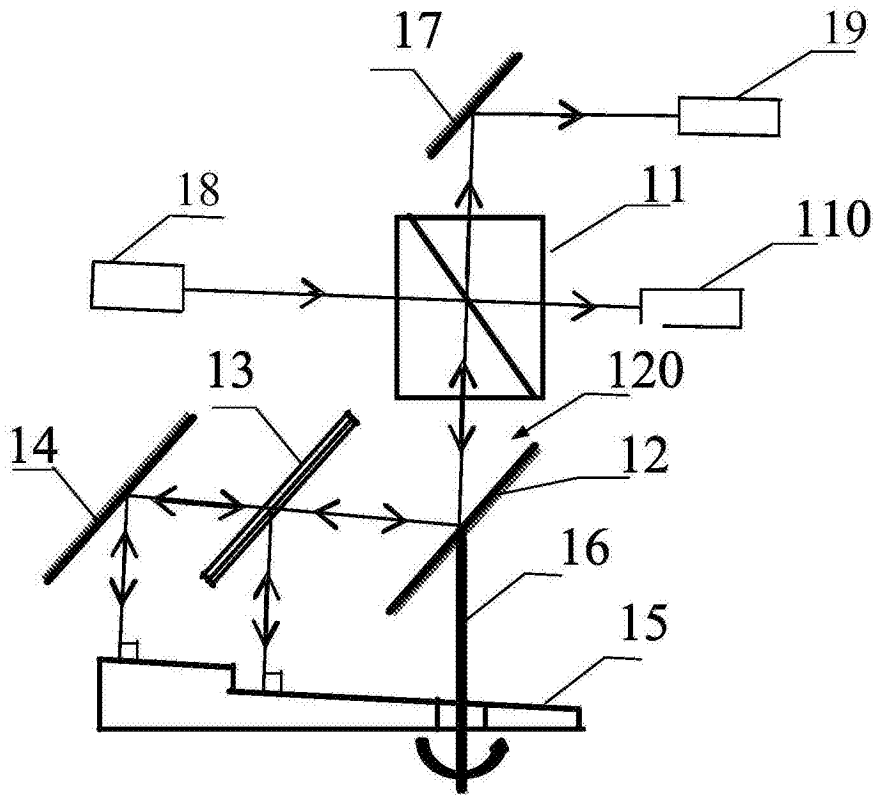


图1

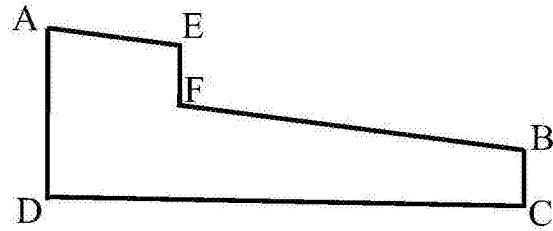


图2

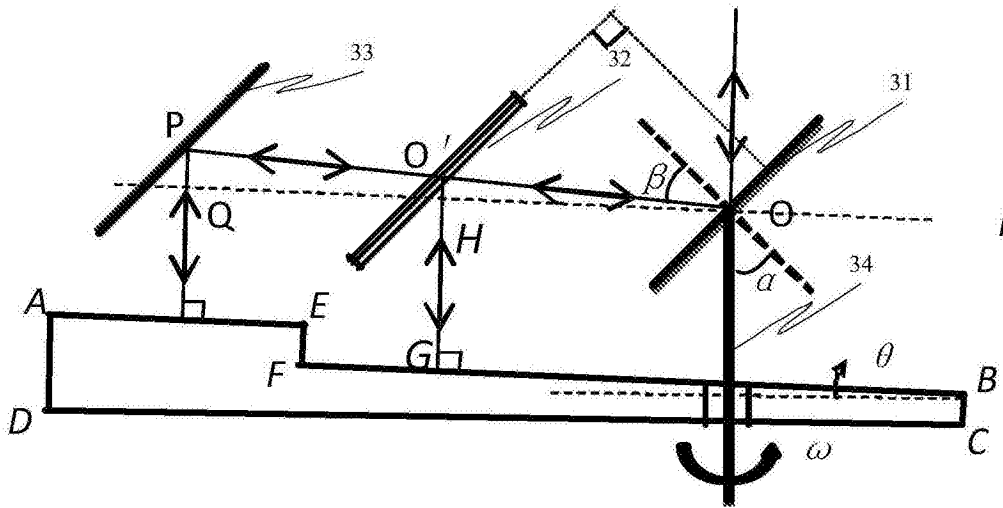


图3

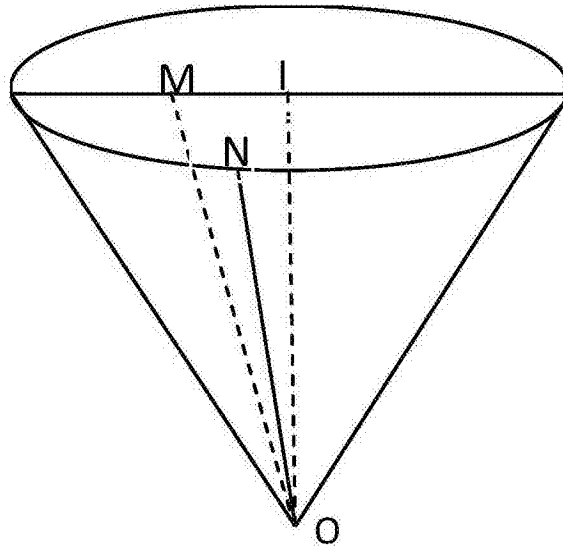


图4

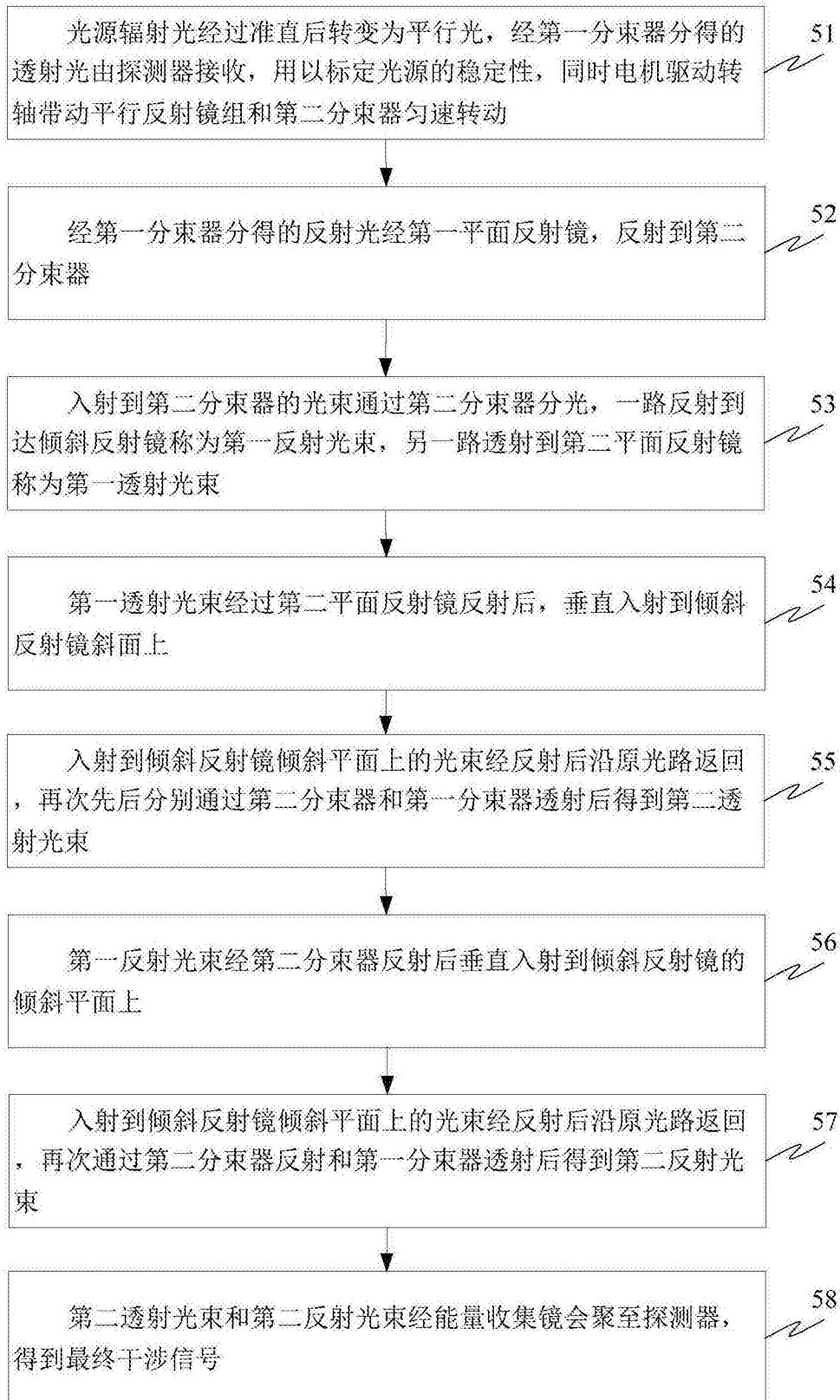


图5