



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105444881 B

(45)授权公告日 2019.12.13

(21)申请号 201510934378.3

G01J 3/02(2006.01)

(22)申请日 2015.12.14

G01J 3/28(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105444881 A

(56)对比文件

CN 103606260 A, 2014.02.26,

CN 101881662 A, 2010.11.10,

(43)申请公布日 2016.03.30

审查员 朱雅琛

(73)专利权人 中国科学院合肥物质科学研究院

地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号

(72)发明人 李新 郑小兵 刘恩超 张艳娜

韦玮 张运杰 翟文超 邱刚刚

张权 闫静

(74)专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理

有限公司 34112

代理人 余成俊

(51)Int.Cl.

G01J 3/00(2006.01)

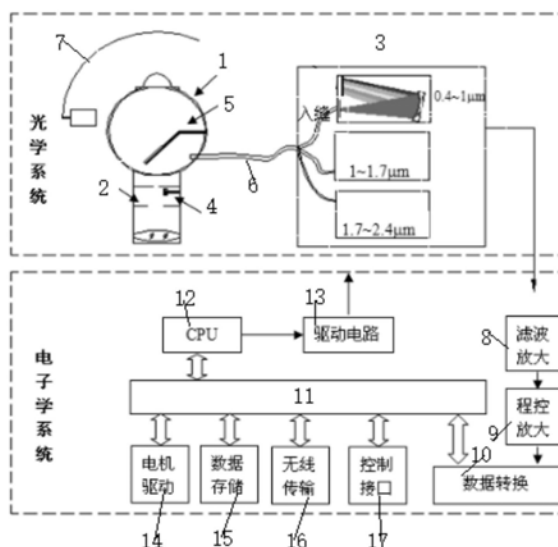
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

自校正大气-地表光学辐射特性观测仪

(57)摘要

本发明公开了一种自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,包括有光学系统、电子学系统,光学系统包括有积分球、地表反射观测镜头、三个分光探测单元、光谱定标器;积分球上入光孔用于观测天空光入射,下入光孔与地表反射观测镜头相连接用于观测地表反射;积分球的两入光孔处分别设有可切换挡光板;积分球内置遮光板;积分球的出光孔处设有光纤束;入射光进入积分球后经过内置的遮光板反射,通过出光口处的光纤束导入到三个分光探测单元;所述地表反射观测镜头内集成了光谱定标器,周期性的检测光谱、像元之间的对应关系;本发明避免了光谱匹配误差和传统测量方式的仪器间系统误差,显著提高现场的观测精度和辐射传输计算精度。



1. 自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在於:包括有光学系统,光学系统包括有积分球、地表反射观测镜头、三个分光探测单元和光谱定标器;所述积分球作为匀光器具有两个入光孔和一个出光孔,其中上入光孔用于观测天空光入射,下入光孔与地表反射观测镜头相连接用于观测地表反射;积分球的两入光孔处分别设有可切换挡光板,采用切换方式分时切入两路入射光;积分球内置遮光板;积分球的出光孔处设有光纤束;入射光进入积分球后经过内置的遮光板反射,通过出光口处的光纤束导入到三个分光探测单元;所述地表反射观测镜头内集成了光谱定标器,周期性的检测光谱、像元之间的对应关系;

所述地表反射观测镜头入瞳处及焦平面处分别放置可切换孔径光阑,其中焦平面处可切换孔径光阑具有四个位置,分别对应四种工作状态,包括关闭状态、对地观测、光谱定标、辐射定标,入瞳处可切换孔径光阑,对应三种工作状态,包括闭合、对地观测、定标;当对地观测时,积分球上入光孔闭合,地表反射观测镜头焦平面处可切换孔径光阑和入瞳处可切换孔径光阑均切换为大孔径光阑,对地观测结果与天空光总照度观测结果相比较得到地表光谱反射率;

所述光学系统整体具有二维运动功能,翻转地表反射观测镜头用于观测太阳时定标,观测太阳时地表反射观测镜头切换为小孔径光阑;

所述积分球上入光孔设计有挡光条,挡光条集成了四象限自动跟踪器;积分球对天空观测具有两种工作模式:遮挡太阳直射光观测天空漫射光,不遮挡太阳直射光测量天空入射光总照度,两者观测值相减得到太阳直射光谱辐照度;所述积分球内置的遮光板的中心位于下入光孔中心线与出光孔中心线的交点处,遮光板反射面与下入光孔面及出光孔面分别成 45° 夹角,遮光板材料采用聚四氟乙烯。

2. 根据权利要求1所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在於:所述分光探测单元采用平场凹面光栅分光、线阵列光电二极管探测,三个分光探测单元对应光谱波段分别为: $0.4-1\mu\text{m}$, $1-1.7\mu\text{m}$, $1.7-2.4\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在於:所述两挡光板采用步进电机驱动,挡光板为常闭状态,积分球上、下入光孔的挡光板不同时打开。

4. 根据权利要求1所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在於:在晴天野外工作过程中,两个入光孔分别观测太阳,以太阳作为稳定光源,定标进入积分球前两入射光路透过率的相对变化,消除积分球、分光光路及光电探测的衰变效应,实现仪器的辐射观测自校正。

5. 根据权利要求1所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在於:还包括有电子学系统,电子学系统包括有依次连接的滤波放大模块、程控放大模块、数据转换模块、总线、CPU、驱动电路,总线上还连接有电机驱动模块、数据存储模块、无线传输模块和控制接口模块,所述驱动电路驱动光学系统二维运动,滤波放大模块的信号输入端与分光探测单元的信号输出端连接。

自校正大气-地表光学辐射特性观测仪

技术领域

[0001] 本发明属于光辐射测量领域和遥感科学领域,具体是一种自校正大气-地表光学辐射特性观测仪。

背景技术

[0002] 大气光学辐射特性和地表反射辐射特性是气候变化研究、遥感器辐射定标、遥感应用等科学领域的重要参量。

[0003] 地表反射辐射特性采用地面反射率表征。传统的地面反射率测量采用相对漫反射参考板测量的方式,即人工手持光谱辐射计分别测量地面和参考板,两者相比得到地面反射率。该测量方法的自动化程度低,仪器及参考板受到外部环境因素影响产生变化也不能得到及时检测和校正。

[0004] 大气光学特性采用太阳直射光谱辐照度、天空光漫射辐照度/总辐照度观测结果计算表征,通常采用一台或多台光谱辐射仪器观测,由于该类型仪器缺乏光谱自定标、仪器衰减自校正功能,难以保持长期稳定性。

[0005] 以往对大气光学辐射特性和地表反射特性的测量需要采用多台光谱辐射仪器观测,测量过程复杂,自动化程度低,仪器不具有自校正功能,测量精度低。同时,利用地面观测结果进行辐射传输计算时,地面反射率观测和大气辐射特性观测采用不同的仪器导致光谱的不匹配以及仪器各自系统误差的累积,增大了计算结果的不确定度。

发明内容

[0006] 本发明的目的是克服已有技术的不足,提供一种测量精度高、全自动化控制的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪。

[0007] 本发明采用的技术方案如下:

[0008] 自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:包括有光学系统,光学系统包括有积分球、地表反射观测镜头、三个分光探测单元和光谱定标器;所述积分球作为匀光器具有两个入光孔和一个出光孔,其中上入光孔用于观测天空光入射,下入光孔与地表反射观测镜头相连接用于观测地表反射;积分球的两入光孔处分别设有可切换挡光板,采用切换方式分时切入两路入射光;积分球内置遮光板;积分球的出光孔处设有光纤束;入射光进入积分球后经过内置的遮光板反射,通过出光口处的光纤束导入到三个分光探测单元;所述地表反射观测镜头内集成了光谱定标器,周期性的检测光谱、像元之间的对应关系。

[0009] 所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:所述分光探测单元采用平场凹面光栅分光、线阵列光电二极管探测,三个分光探测单元对应光谱波段分别为:0.4-1 μm ,1-1.7 μm ,1.7-2.4 μm 。

[0010] 所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:所述两挡光板采用步进电机驱动,挡光板为常闭状态,保护积分球内壁免受太阳紫外线的长时间照射,减小积分球内部反射层的衰变;积分球上、下入光孔的挡光板不同时打开,积分球上入光口打开时测

量大气光学特性,积分球下入光孔打开时测量地表反射光学特性,两个入光孔的挡光板闭合状态时,测量仪器的本底信号。

[0011] 所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:所述积分球内置的遮光板的中心位于下入光孔中心线与出光孔中心线的交点处,遮光板反射面与下入光孔面及出光孔面分别成 45° 夹角,遮光板材料采用聚四氟乙烯。当测量大气光学特性时,遮光板的作用为:太阳直射光线至少经过积分球内部三次以上的反射后才能进入分光探测单元;天空漫射光至少经过两次以上的反射后才能进入分光探测单元;保证了积分球的匀光效果和余弦特性。当测量地表反射光学特性时,遮光板的作用为:直接反射地表入射光信号进入分光探测单元,同时,地表入射信号经过积分球的匀光后通过遮光板反射也可以进入分光探测单元,提高了仪器对地观测的入射光通量,保证了仪器的信噪比;遮光板位于地表反射观测镜头焦平面后一定距离处,不同视场的弥散斑重合以及遮光板的朗伯反射特性保证了对地观测的匀光效果。

[0012] 所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:所述地表反射观测镜头入瞳处及焦平面处分别放置可切换孔径光阑,其中焦平面处可切换孔径光阑具有四个位置,分别对应四种工作状态,包括关闭状态、对地观测、光谱定标、辐射定标,入瞳处可切换孔径光阑,对应三种工作状态,包括闭合、对地观测、定标;当对地观测时,积分球上入光孔闭合,地表反射观测镜头焦平面处可切换孔径光阑和入瞳处可切换孔径光阑均切换为大孔径光阑,对地观测结果与天空光总照度观测结果相比较得到地表光谱反射率。

[0013] 所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:所述光学系统整体具有二维运动功能,翻转地表反射观测镜头用于观测太阳时定标,观测太阳时地表反射观测镜头切换为小孔径光阑,保证仪器探测不饱和。

[0014] 所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:所述积分球上入光孔设计有挡光条,挡光条集成了四象限自动跟踪器,保证了对太阳直射光的遮挡。当积分球上入光孔打开时,通过自动遮挡/不遮挡太阳观测天空入射光,实现大气光学厚度、天空光漫射辐照度/总辐照度比的自动测量,该观测模式全面的反映了大气光学特性,准确表征大气类型,有效提高辐射传输计算的精度。积分球对天空观测具有两种工作模式:遮挡太阳直射光观测天空漫射光,不遮挡太阳直射光测量天空入射光总照度,两者观测值相减得到太阳直射光谱辐照度。

[0015] 所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:在晴天野外工作过程中,两个入光孔分别观测太阳,以太阳作为稳定光源,定标进入积分球前两入射光路透过率的相对变化,消除积分球、分光光路及光电探测的衰变效应,实现仪器的辐射观测自校正。

[0016] 具体地,自校正大气-地表光学辐射特性观测仪辐射自校正过程为:在晴天野外工作过程中,以太阳作为稳定光源,上入光孔首先观测太阳直射,然后对地观测镜头的焦平面可切换孔径光阑和入瞳处可切换孔径光阑均切换到定标状态观测太阳,保证仪器探测不饱和。该两种观测状态的仪器输出比值与实验室定标值相比较,定标进入积分球前两入射光路透过率的相对变化,并消除积分球、分光光路及光电探测的衰变效应,实现仪器的辐射观测自校正。

[0017] 自校正大气-地表光学辐射特性观测仪光谱定标过程为:地表反射观测镜头光阑切换为定标工作状态,光谱定标器切入光路,采用特征光谱定标仪器的光谱、像元之间的对

应关系。

[0018] 所述的自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,其特征在于:还包括有电子学系统,电子学系统包括有依次连接的滤波放大模块、程控放大模块、数据转换模块、总线、CPU、驱动电路,总线上还连接有电机驱动模块、数据存储模块、无线传输模块和控制接口模块,所述驱动电路驱动光学系统二维运动,滤波放大模块的信号输入端与分光探测单元的信号输出端连接。

[0019] 本发明的优点是:

[0020] 本发明为一套观测设备,分别自动测量天空入射光和地面反射光,两者的比值即为地面光谱反射率,不需要引入参考板的测量,减少了不确定度因素的来源;本发明集成了光谱/辐射自定标功能,保持了观测结果的长期稳定性,准同步测量保证了地面反射率测量和大气特性观测的光谱完全一致,避免了光谱匹配误差和传统测量方式的仪器间系统误差,显著提高现场的观测精度和辐射传输计算精度。

附图说明:

[0021] 图1为自校正大气-地表光学辐射特性观测仪构成图。

[0022] 图2为总辐照度观测图。

[0023] 图3为漫射照度观测图。

[0024] 图4为对地观测图。

[0025] 图5为比值辐射观测自校正定标模式示意图。

[0026] 图6为光谱自定标模式示意图。

具体实施方式:

[0027] 如图1所示,自校正大气-地表光学辐射特性观测仪,包括有光学系统、电子学系统,光学系统包括有积分球1、地表反射观测镜头2、三个分光探测单元3和光谱定标器4;积分球1作为匀光器具有两个入光孔和一个出光孔,其中上入光孔用于观测天空光入射,下入光孔与地表反射观测镜头2相连接用于观测地表反射;积分球1的两入光孔处分别设有可切换挡光板,采用切换方式分时切入两路入射光;积分球1内置遮光板5;积分球1的出光孔处设有光纤束6;入射光进入积分球1后经过内置的遮光板5反射,通过出光口处的光纤束6导入到三个分光探测单元3;地表反射观测镜头2内集成了光谱定标器4,周期性的检测光谱、像元之间的对应关系;电子学系统包括有依次连接的滤波放大模块8、程控放大模块9、数据转换模块10、总线11、CPU12、驱动电路13,总线11上还连接有电机驱动模块14、数据存储模块15、无线传输模块16和控制接口模块17,驱动电路13驱动光学系统二维运动,滤波放大模块8的信号输入端与分光探测单元3的信号输出端连接。

[0028] 分光探测单元3采用平场凹面光栅分光、线阵列光电二极管探测,三个分光探测单元对应光谱波段分别为:0.4-1 μm ,1-1.7 μm ,1.7-2.4 μm 。

[0029] 两挡光板采用步进电机驱动,挡光板为常闭状态,保护积分球内壁免受太阳紫外线的长时间照射,减小积分球内部反射层的衰变;积分球上、下入光孔的挡光板不同时打开,积分球上入光口打开时测量大气光学特性,积分球下入光口打开时测量地表反射光学特性,两个入光孔的挡光板闭合状态时,测量仪器的本底信号。

[0030] 积分球3内置的遮光板5的中心位于下入光孔中心线与出光孔中心线的交点处,遮光板反射面与下入光孔面及出光孔面分别成 45° 夹角,遮光板材料采用聚四氟乙烯。当测量大气光学特性时,遮光板的作用为:太阳直射光线至少经过积分球内部三次以上的反射后才能进入分光探测单元;天空漫射光至少经过两次以上的反射后才能进入分光探测单元;保证了积分球的匀光效果和余弦特性。当测量地表反射光学特性时,遮光板的作用为:直接反射地表入射光信号进入分光探测单元,同时,地表入射信号经过积分球的匀光后通过遮光板反射也可以进入分光探测单元,提高了仪器对地观测的入射光通量,保证了仪器的信噪比;遮光板位于地表反射观测镜头焦平面后一定距离处,不同视场的弥散斑重合以及遮光板的朗伯反射特性保证了对地观测的匀光效果。

[0031] 地表反射观测镜头2入瞳处及焦平面处分别放置可切换孔径光阑,其中焦平面处可切换孔径光阑具有四个位置,分别对应四种工作状态,包括关闭状态、对地观测、光谱定标、辐射定标,入瞳处可切换孔径光阑,对应三种工作状态,包括闭合、对地观测、定标;当对地观测时,积分球上入光孔闭合,地表反射观测镜头焦平面处可切换孔径光阑和入瞳处可切换孔径光阑均切换为大孔径光阑,对地观测结果与天空光总照度观测结果相比较得到地表光谱反射率。

[0032] 光学系统整体具有二维运动功能,翻转地表反射观测镜头用于观测太阳时定标,观测太阳时地表反射观测镜头切换为小孔径光阑,保证仪器探测不饱和。

[0033] 积分球1上入光孔设计有挡光条7,挡光条7集成了四象限自动跟踪器,保证了对太阳直射光的遮挡。当积分球上入光孔打开时,通过自动遮挡/不遮挡太阳观测天空入射光,实现大气光学厚度、天空光漫射辐照度/总辐照度比的自动测量,该观测模式全面的反映了大气光学特性,准确表征大气类型,有效提高辐射传输计算的精度。积分球对天空观测具有两种工作模式:遮挡太阳直射光观测天空漫射光,不遮挡太阳直射光测量天空入射光总照度,两者观测值相减得到太阳直射光谱辐照度。

[0034] 实施例

[0035] 自校正大气-地表光学辐射特性观测仪固定在二维转动机构上方,具有如下四种观测模式,各观测模式的具体实施方式如下。

[0036] (1) 大气特性观测模式。

[0037] 自校正大气-地表光学辐射特性观测仪处于水平位置,与镜头相连接的下入光口关闭,积分球匀光器的天空光入口打开,并且积分球口上方无遮挡,测量天空光入射总照度 $E_t(\lambda)$ (图2);然后,挡光条自动跟踪太阳,遮挡太阳直射光,测量天空漫射光照度 $E_{dif}(\lambda)$ (图3)。

[0038] 漫射照度与总照度之比为漫总比式(1)。

$$[0039] \quad R(\lambda) = \frac{E_{dif}(\lambda)}{E_t(\lambda)} \quad (1)$$

[0040] 总照度测量与漫射照度值之差为太阳光透过大气层到达地面的直射照度(式2)。

$$[0041] \quad E_{dir}(\lambda) = E_t(\lambda) - E_{dif}(\lambda) \quad (2)$$

[0042] 全照度、漫射照度、直射照度及漫总比的现场测量直接反应了场地的气溶胶类型,辐射传输计算时不需要假定溶胶模式参数,减小了辐射传输计算的不确定度。

[0043] (2) 地表反射率观测模式。

[0044] 仪器处于水平位置,先测量天空光入射总照度 $E_t(\lambda)$;然后,上入光孔关闭,与镜头相连接的下入光孔打开,测量地面反射亮度 $L(\lambda)$ (图4),总照度测量值之比即为地表反射率(式3)。

$$[0045] \quad \rho(\lambda) = \frac{\pi L(\lambda)}{E_t(\lambda)} \quad (3)$$

[0046] (3) 反射率观测自校正定标模式。

[0047] 在中午天气晴朗且大气稳定时,按照模式1观测太阳光直射照度,得到仪器的输出值为 $DN_{dir}(\lambda)$,并计算此时太阳的天顶角 θ ;地面镜头观测光路采用四象限跟踪太阳,并切换小孔径光阑衰减太阳光(图5),得到仪器输出值为 $DN_s(\lambda)$ 。两光路的相对光谱透过率比值 $T(\lambda)$ (式4)。

$$[0048] \quad T(\lambda) = \frac{DN_s(\lambda) * \cos(\theta)}{DN_{dir}(\lambda)} \quad (4)$$

[0049] 仪器在室外使用前,按照上述类似模式在实验室观测同一光源,获得两光路的初始相对透过率 $T_0(\lambda)$,该值与室外测量 $T(\lambda)$ 相比,得到上下两个入射光路的相对透过率变化 $C(\lambda)$ 。该相对透过率变化定标值的应用,将消除两个光路的透过率变化的差异,同时也消除分光光路及光电探测器的衰变效应。

$$[0050] \quad C(\lambda) = \frac{T_0(\lambda)}{T(\lambda)} \quad (5)$$

[0051] (4) 光谱定标模式。

[0052] 利用四象限跟踪,观测镜头对准太阳,镜头内的光谱定标器切入光路(图6)。光谱定标器为掺杂氧化钬的透射漫射板,利用氧化钬的多个特征吸收谱线周期性地检测、校准仪器的波长-像元对应关系,进行光谱定标。

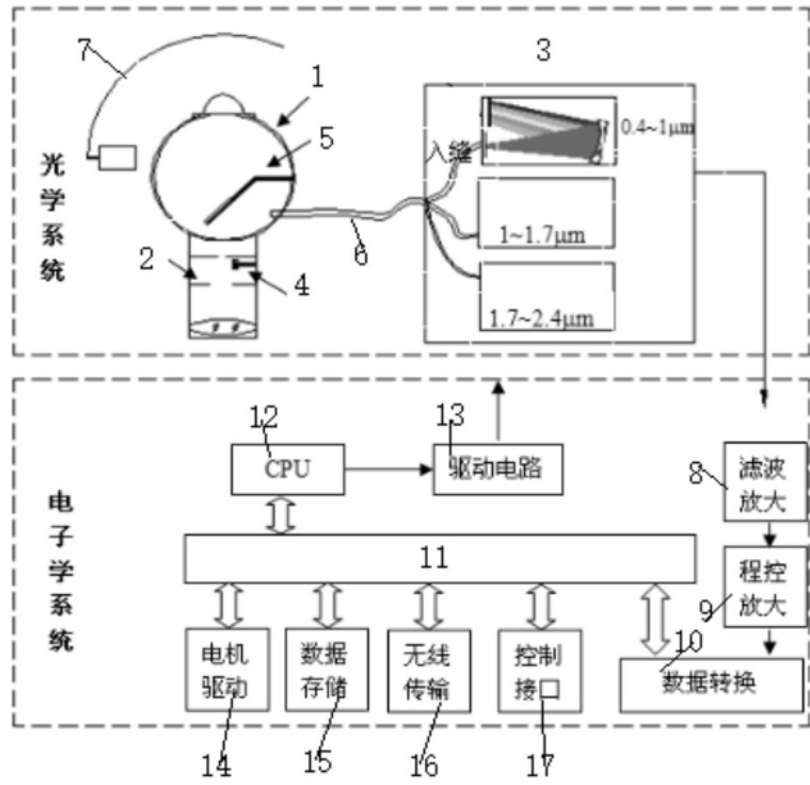


图1

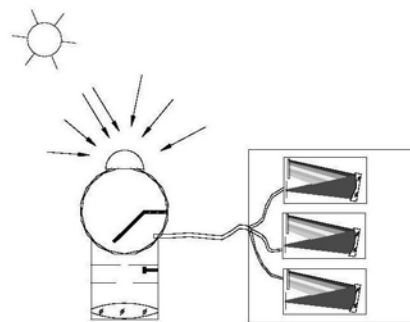


图2

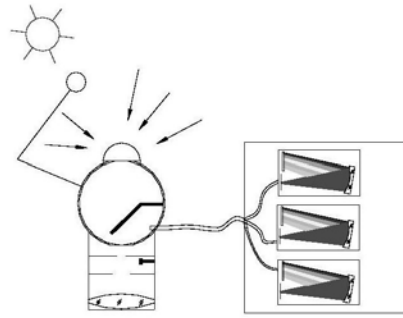


图3

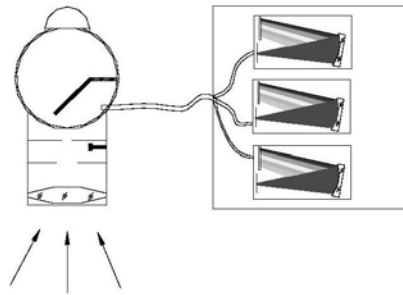


图4

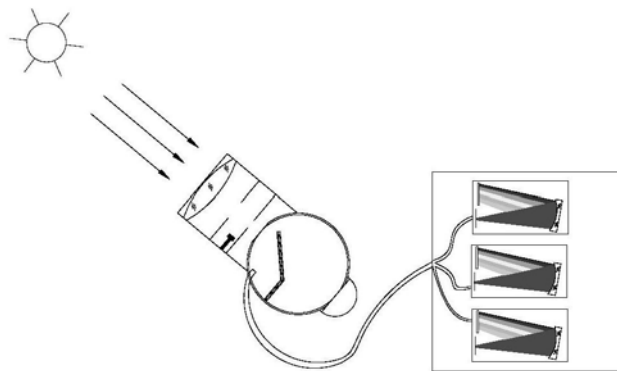


图5

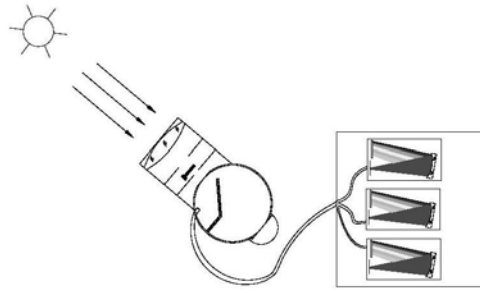


图6