



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101943797 A

(43) 申请公布日 2011.01.12

(21) 申请号 201010238457.8

(22) 申请日 2010.07.28

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 刘洪波 陈家奇 陈兰峰 王丽
高雁

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务
所 22210

代理人 刘树清

(51) Int. Cl.

G02B 27/00 (2006.01)

F21S 8/00 (2006.01)

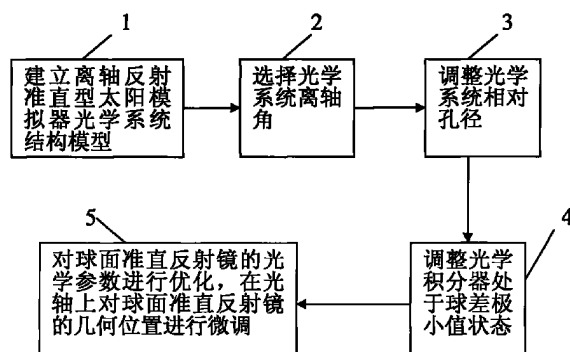
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种克服离轴准直型太阳模拟器辐照面椭圆化的方法

(57) 摘要

一种克服离轴准直型太阳模拟器辐照面椭圆化的方法,属于光学设计技术领域涉及的一种克服离轴准直型太阳模拟器有效辐照面积椭圆化的方法。要解决的技术问题是:提供一种克服离轴准直型太阳模拟器辐照面椭圆化的方法。解决的技术方案包括建立离轴反射准直型太阳模拟器光学系统结构模型、选择光学系统离轴角、调整光学系统相对孔径、调整光学积分器处于球差极小值状态、对球面准直反射镜的光学参数进行优化,在光轴上对球面准直反射镜的几何位置进行微调。该方法克服了大相对孔径大离轴角离轴准直光学系统输出辐照面椭圆化问题,满足了设计要求。



1. 一种克服离轴准直型太阳模拟器辐照面椭圆化的方法,其特征在于包括建立离轴反射准直型太阳模拟器光学系统结构模型(1),选择光学系统离轴角(2),调整光学系统相对孔径(3),调整光学积分器处于球差极小值状态(4),对球面准直反射镜的光学参数进行优化,在光轴上对球面准直反射镜的几何位置进行微调(5);具体步骤如下:

第一步,建立离轴反射准直型太阳模拟器光学系统结构模型:包括氙灯光源(6)、椭球聚光镜(7)、平面反射镜(8)、光学积分器(9)、密封窗口(10)、球面准直反射镜(11);其中光学积分器(9)包括光胶板(12)和三角元素透镜(13)、六边形元素透镜(14),三角元素透镜(13)和六边形元素透镜(14)按规则排列光胶在光胶板(12)上,构成两组透镜阵列,前组为场镜阵列,后组为投影镜阵列,两组透镜阵列同光轴对称安装,三角元素透镜(13)只排列在六边形元素透镜(14)构成的阵列边缘;氙灯光源(6)位于椭球聚光镜(7)的第一焦点处,平面反射镜(8)的法线与椭球聚光镜(7)光轴呈 $\alpha/2$ 角,同时也与光学积分器(9)光轴呈 $\alpha/2$ 角;系统主光轴与光学积分器(9)中的投影镜顶点相交,该顶点和球面准直反射镜(11)中心连线与主光轴之间夹角 α 即为离轴角;光学积分器(9)中的场镜位于椭球聚光镜(7)的第二焦点处;氙灯光源(6)发出的光辐射通量,经椭球聚光镜(7)反射放大后以给定的包容角汇聚在第二焦点处即光学积分器(9)中的场镜处,形成一个较大范围的辐照分布;这个较大范围的辐照分布再经由光学积分器(9)中的投影镜和密封窗口(10)后成像到无穷远处,形成一个较为均匀的辐照范围,再经过球面准直反射镜(11),以一定的光束准直角,投影到球面准直反射镜(11)的后焦面附近,形成一个较均匀的有效辐照面;

第二步. 选择光学系统的离轴角 α ,根据太阳模拟器光机结构总体布局,通过安排使其适用范围 $30^\circ < \alpha \leq 44^\circ$;

第三步. 设计调整光学系统的相对孔径,选择 $D/f' = 1/2$;

第四步. 调整光学积分器(9)处于球差极小值状态,对于平行光束,应调整使其光学积分器(9)中平凸型场镜阵列和投影镜阵列处于球差极小值状态;

第五步. 微调球面准直反射镜(11)相对于光轴夹角,优化球面准直反射镜(11)的曲率半径,使经由球面准直反射镜(11)出射的反射光束能极大限度地克服大离轴角情况下反射准直型太阳模拟器辐照面椭圆化。

一种克服离轴准直型太阳模拟器辐照面椭圆化的方法

技术领域

[0001] 本发明属于光学设计技术领域涉及的一种克服离轴准直型太阳模拟器有效辐照面积椭圆化的方法。

背景技术

[0002] 太阳模拟器是在室内模拟不同大气质量条件下太阳光辐照特性的一种试验或定标设备。太阳模拟技术领域的发展与我国空间科学的发展密切相关。太阳模拟器已成为我国空间环境科学中在地面进行空间环境模拟试验研究的重要组成部分。太阳模拟器多用于空间飞行器的地面环境模拟试验,为航天器提供与太阳光谱分布相匹配的、均匀的、准直稳定的光辐照。在航天器真空热环境试验中,太阳模拟器是最真实准确的热流模拟手段,应用太阳模拟器可以高精度的完成航天器热平衡试验,特别是对形+状复杂、热耦合关系复杂的航天器的热平衡试验,必须用太阳模拟器来完成。

[0003] 在其他应用方面,例如人造卫星飞行姿态控制用太阳角计的地面模拟试验与标定,地球资源卫星多光谱扫描仪太阳光谱辐照响应的地面定标,太阳光伏科学与工程中光电转换器件太阳电池的检测,遥感技术中室内模拟太阳光谱辐照,生物科学中研究植物发育与培育良种等等,都在应用太阳模拟器。然而,不同场所的应用对太阳光辐照的要求是不同的,因此对太阳模拟器光学系统的结构和参数要求也是有区别的。

[0004] 在进行离轴准直型太阳模拟器光学系统设计时,通常光学系统选取的离轴角 α 一般情况下不大于 30° 。但在有些场合由于诸多客观因素的影响,要求设计的光学系统离轴角 α 大于 30° ,随之出现的问题是有效辐照面呈现椭圆化。在太阳模拟器光学系统相对孔径和离轴角都很大的情况下,由于球面反射镜球差的存在,光学积分器出射的均匀光束经球面准直镜反射后,投射到辐照面上的光线向系统主光轴收敛,离主光轴越远(离轴角越大)的光线收敛越严重。这种光线收敛带来两点不利影响:一、是辐照面在离轴的子午面内被明显的“压偏”,在弧矢方向上中心对称,使得离轴准直系统情况下的辐照面面形呈椭圆化状态;二、辐照面边缘光线密度增加,辐照度增高,对整个辐照面的辐照均匀度极为不利,使模拟器设计指标达不到设计要求。

发明内容

[0005] 本发明的目的是克服在大离轴角大相对孔径情况下反射准直型太阳模拟器输出有效辐照面椭圆化问题。

[0006] 本发明要解决的技术问题是:提供一种克服离轴准直型太阳模拟器有效辐照面积椭圆化的方法。解决技术问题的技术方案如图1所示,包括建立离轴反射准直型太阳模拟器光学系统结构模型1,选择光学系统离轴角2,调整光学系统相对孔径3,调整光学积分器处于球差极小值状态4,对球面准直反射镜的光学参数进行优化,在光轴上对球面准直反射镜的几何位置进行微调5;具体步骤如下:

[0007] 第一步,建立离轴反射准直型太阳模拟器光学系统结构模型。如图2所示,包括氙

灯光源 6、椭球聚光镜 7、平面反射镜 8、光学积分器 9、密封窗口 10、球面准直反射镜 11。其中光学积分器 9 包括光胶板 12 和三角元素透镜 13、六边形元素透镜 14, 如图 3 和图 4 所示, 一定数量的三角元素透镜 13 和六边形元素透镜 14 按规则排列光胶在光胶板 12 上构成两组透镜阵列, 前组为场镜阵列, 后组为投影镜阵列, 如图 3 所示, 两组透镜阵列同光轴对称安装, 三角元素透镜 (13) 只排列在六边形元素透镜 (14) 构成的阵列边缘。氙灯光源 6 位于椭球聚光镜 7 的第一焦点处, 平面反射镜 8 的法线与椭球聚光镜 7 光轴呈 $\alpha/2$ 角, 同时也与光学积分器 9 光轴呈 $\alpha/2$ 角; 系统主光轴与光学积分器 9 中的投影镜顶点相交, 该顶点和球面准直反射镜 11 中心连线与主光轴之间夹角 α 即为离轴角; 光学积分器 9 中的场镜位于椭球聚光镜 7 的第二焦点处; 氙灯光源 6 发出的光辐射通量, 经椭球聚光镜 7 反射放大后以给定的包容角汇聚在第二焦点处即光学积分器 9 中的场镜处, 形成一个较大范围的辐照分布。这个较大范围的辐照分布再经由光学积分器 9 中的投影镜和密封窗口 10 后成像到无穷远处, 形成一个较为均匀的辐照范围, 再经过球面准直反射镜 11, 以一定的光束准直角, 投影到球面准直反射镜 11 的后焦面附近, 形成一个较均匀的有效辐照面;

[0008] 第二步. 选择光学系统的离轴角 α , 根据太阳模拟器光机结构总体布局, 通过安排使其适用范围 $30^\circ < \alpha \leq 44^\circ$;

[0009] 第三步. 设计调整光学系统的相对孔径, 选择 $D/f' = 1/2$;

[0010] 第四步. 调整光学积分器 9 处于球差极小值状态, 对于平行光束, 应调整使其光学积分器 9 中平凸型场镜阵列和投影镜阵列处于球差极小值状态;

[0011] 第五步. 微调球面准直反射镜 11 相对于光轴夹角, 优化球面准直反射镜 11 的曲率半径光学参数, 使经由球面准直反射镜 11 出射的反射光束能最大限度地克服大离轴角情况下反射准直型太阳模拟器辐照面椭圆化。

[0012] 工作原理说明:

[0013] 位于椭球聚光镜 7 第一焦点附近氙灯光源 6 发出的光辐射通量, 经椭球聚光镜 7 反射并以给定的包容角汇聚投影到椭球镜第二焦面上, 形成一个较大范围的辐照分布。这个较大范围的辐照分布, 被位于第二焦面上的光学积分器 9 中的场镜阵列对称分割成 N 个小范围的辐照范围, 并经光学积分器 9 中的投影镜阵列中对应的元素透镜成像到无穷远, 叠加成一个较均匀的辐照分布, 再经球面准直反射镜 11 以一定的照明孔径角 (即准直角) 投影到准直镜的后焦面附近, 形成一个较均匀的有效辐照面。

[0014] 对大相对孔径大离轴角准直型太阳模拟器来说, 由于其相对孔径和离轴角较大 ($D/f' = 1/2, 30^\circ < \alpha \leq 44^\circ$), 高斯光学计算给出的光学系统设计参数与实际光线光路追迹偏差很大, 造成子午面内光束严重变形。这与系统选用球面镜作为光束准直反射镜密切相关, 微调球面准直反射镜相对于轴线转角, 以及按照实际光路走向优化其曲率半径, 使得子午面内光线得到修正。对光学积分器的外形尺寸安排, 使其处于球差极小值状态, 这样的优化设计得到的结果可修正辐照面椭圆化现象。

[0015] 图 5 和图 6 是离轴准直型太阳模拟器光学系统优化前后有效辐照面积模拟仿真图示。

[0016] 本发明的积极效果: 通过本发明扩展了原来离轴准直型太阳模拟器光学系统的适用范围, 通过优化球面准直反射镜光学参数, 使原来系统离轴角 α 不大于 30 度拓展至 44 度, 克服了大相对孔径大离轴角离轴准直光学系统输出辐照面椭圆化问题, 满足了设计要

求。

附图说明

- [0017] 图 1 是本发明方法的步骤流程框图；
- [0018] 图 2 是建立的离轴角准直型太阳模拟器光学系统的结构模型示意图；
- [0019] 图 3 是图 2 中光学积分器 9 的正视结构示意图；
- [0020] 图 4 是图 3 的侧视结构示意图；
- [0021] 图 5 为离轴准直型太阳模拟器光学系统参数优化前有效辐照面仿真示意图；
- [0022] 图 6 为离轴准直型太阳模拟器光学系统参数优化后有效辐照面仿真示意图。

具体实施方式

[0023] 本发明按技术方案指定的五步实施,其中第一步按图 2 所示的结构实施,建立光学系统结构模型。椭球聚光镜 7 材料采用锻铝,光学表面细磨抛光镀镍层之后,镀铝反射膜和二氧化硅保护膜;平面反射镜 8 和金属准直反射镜 11 的材料采用锻铝,与椭球聚光镜 7 采用一样的工艺;制作光学积分器 9 和密封窗口 10 的材料均采用 JGS3 石英玻璃。

[0024] 在建立起离轴反射准直型太阳模拟器光学系统结构模型的基础上,进一步有序的开展实施第二步、第三步、第四步和第五步的工作,来达到克服大离轴角大相对孔径准直型太阳模拟器辐照面椭圆化问题。

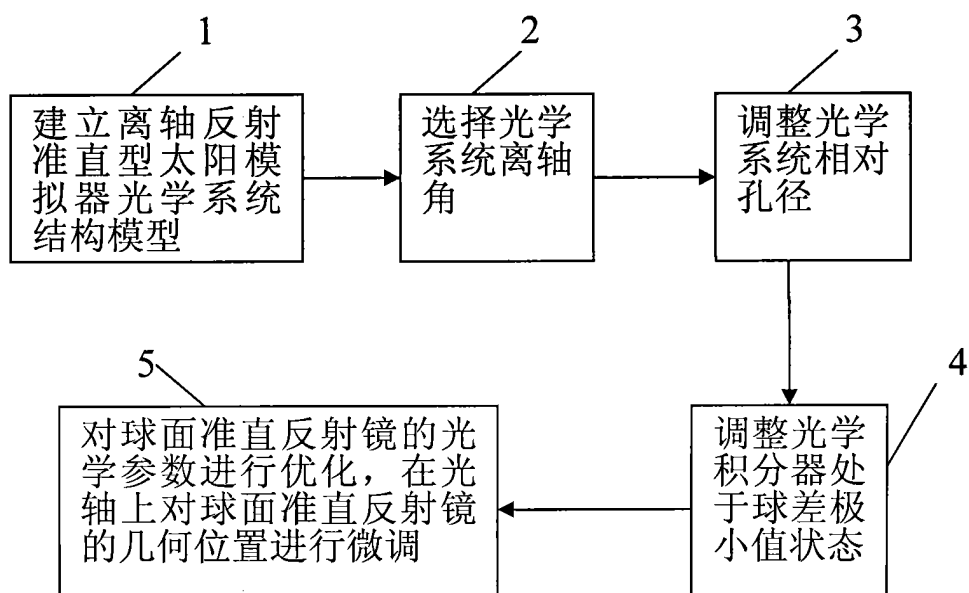


图 1

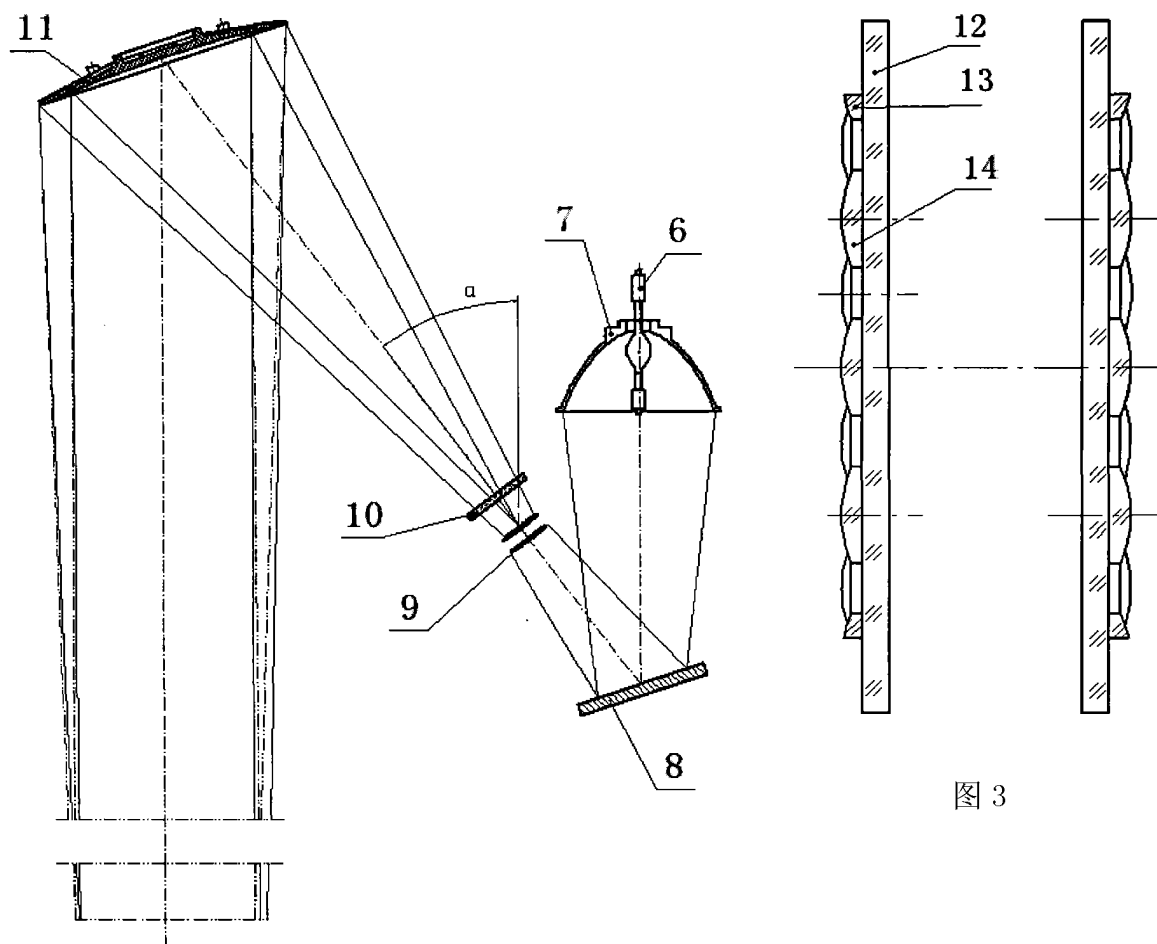


图 3

图 2

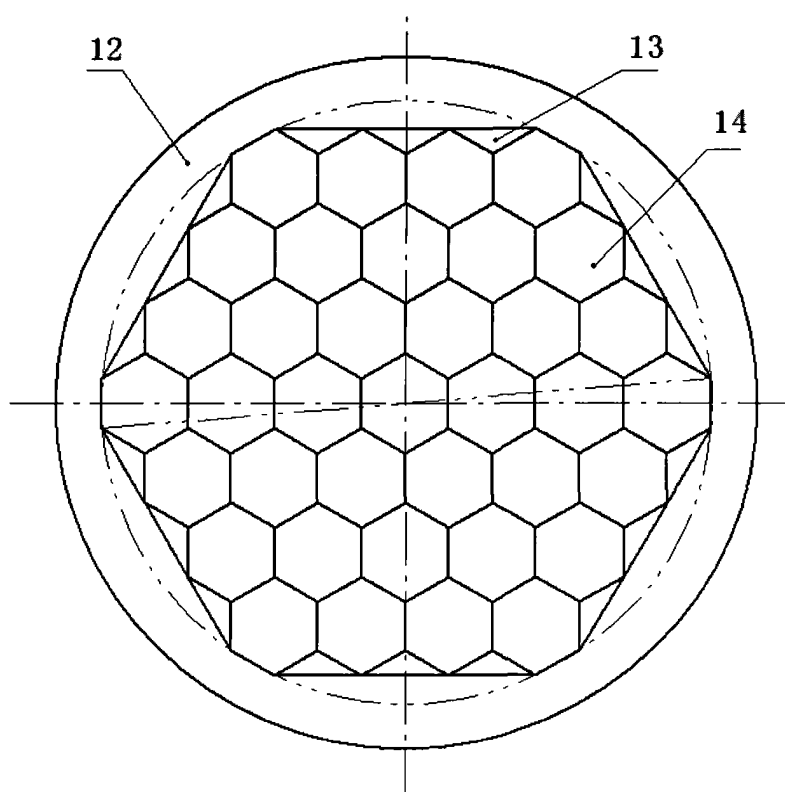


图 4

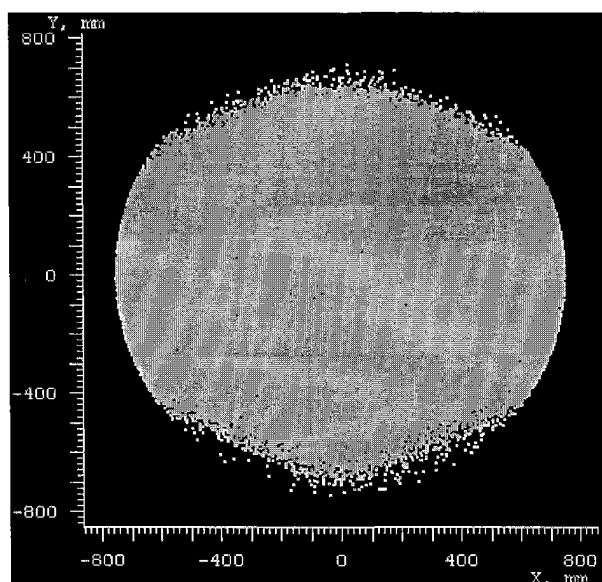


图 5

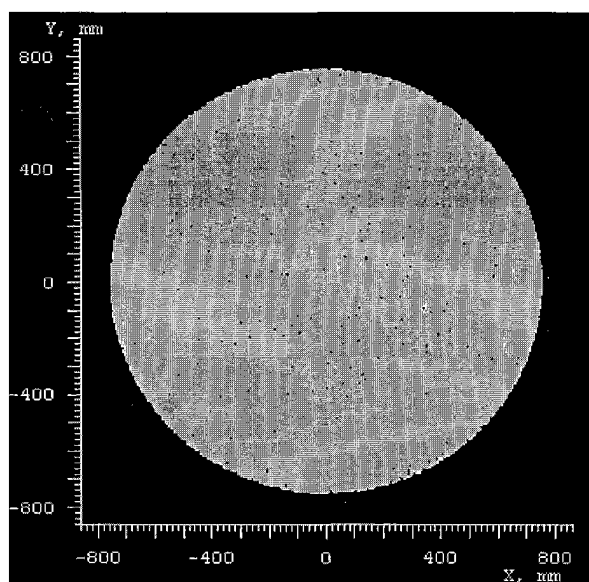


图 6