



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102588892 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201110452084. 9

(22) 申请日 2011. 12. 29

(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 高雁 王丽

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王淑秋

(51) Int. Cl.

F21V 13/00 (2006. 01)

G02B 27/00 (2006. 01)

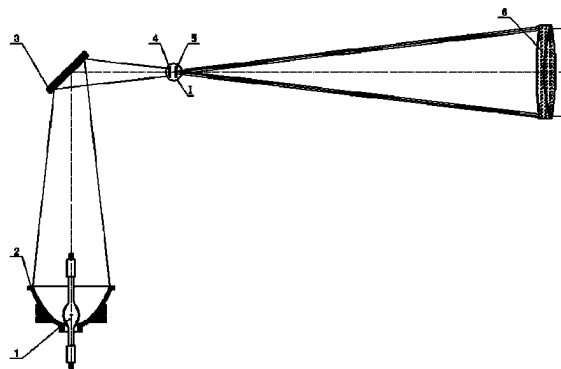
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

太阳模拟器光学系统

(57) 摘要

本发明涉及一种太阳模拟器光学系统,该系统的光学积分器组件由两组元素透镜阵列构成,每组元素透镜阵列由多个六边形元素透镜密接排列光胶在光胶板形成,两组元素透镜阵列同光轴反向安装,前组为场镜,后组为投影镜;氙灯位于椭球聚光镜的第一焦点处,光学积分器组件中的场镜位于椭球聚光镜的第二焦点处,光学积分器组件中的投影镜位于场镜与光束准直角光阑之间,光束准直角光阑位于准直物镜的前焦面处;氙灯的氙弧发出的光线经椭球面聚光镜和平面反射镜反射,汇聚投影到场镜上,经场镜和投影镜后转变为平行光;投影镜出射的平行光经准直物镜汇聚投影到辐照面。本发明能够同时满足太阳光束准直角和输出能量密度为一个太阳常数的要求。



1. 一种太阳模拟器光学系统,其特征在于:包括氙灯(1)、椭球聚光镜(2)、平面反射镜(3)、光学积分器组件(4)、光束准直角光阑(5)、准直物镜(6);所述光学积分器组件(4)由两组元素透镜阵列构成,每组元素透镜阵列由多个六边形元素透镜密接排列光胶在光胶板形成,两组元素透镜阵列同光轴反向安装,前组为场镜,后组为投影镜;氙灯(1)位于椭球聚光镜(2)的第一焦点处,光学积分器组件(4)中的场镜位于椭球聚光镜(2)的第二焦点处,光学积分器组件(4)中的投影镜位于场镜与光束准直角光阑(5)之间,光束准直角光阑(5)位于准直物镜(6)的前焦面处;氙灯(1)的氙弧发出的光线经椭球面聚光镜(1)和平面反射镜(3)反射,汇聚投影到场镜上,经场镜和投影镜后转变为平行光;投影镜出射的平行光经准直物镜(6)汇聚投影到辐照面。

2. 根据权利要求1所述的太阳模拟器光学系统,其特征在于:

氙灯(1)功率为4kW;

椭球聚光镜(2)方程为:

$$y^2 = 2rx - (1 - e^2)x^2$$

$$\text{式中: } 2r = 4 \times \frac{f_2 \times f_1}{f_2 + f_1}, e = \frac{f_2 - f_1}{f_2 + f_1};$$

$$f_2 = M_0 \times f_1;$$

f_1 ——椭球聚光镜的第一焦距;

M_0 ——近轴放大倍率;

f_2 ——椭球聚光镜的第二焦距;

$$f_1 = 30, M_0 = 25;$$

准直物镜(6)相对孔径 $D/f_{\text{准}} = 1/3.5$, 其中, D 为准直物镜入瞳, $f_{\text{准}}$ 为准直物镜焦距;

构成光学积分器组件(4)场镜的元素透镜数量为19个,构成光学积分器组件(4)投影镜的元素透镜数量为19个;元素透镜外接圆直径 $2r_{\text{外}} = 6\text{mm}$, 内切圆直径 $2r_{\text{内}} = 2r_{\text{外}} \times \cos 30^\circ$;元素透镜焦距 $f_{\text{积}}$:

$$f_{\text{积}} = 2r_{\text{内}} \times (f_{\text{准}}/D)。$$

太阳模拟器光学系统

技术领域

[0001] 本发明属于光学设计技术领域,涉及一种太阳模拟器光学系统。

背景技术

[0002] 太阳模拟器是在室内模拟在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。太阳模拟器已经成为我国空间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,是空间环境模拟设备的主要组成部分,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要求也是有区别的。

[0004] 通常情况下,实验室内用于模拟空间太阳光辐照特性的太阳模拟器的光学系统,由于光学系统设计参数相互制约,不能同时满足模拟太阳光辐照特性中太阳光准直角和输出能量密度大于一个太阳常数这两项指标。而对空间航天器的地面空间环境试验或标定,要求太阳模拟器应能完全模拟空间太阳光特性。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种能够同时满足模拟太阳光辐照特性中太阳光准直角和输出能量密度大于一个太阳常数这两项指标,并且辐照均匀度高的太阳模拟器光学系统。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明的太阳模拟器光学系统包括氙灯、椭球聚光镜、平面反射镜、光学积分器组件、光束准直角光阑、准直物镜;所述光学积分器组件由两组元素透镜阵列构成,每组元素透镜阵列由多个六边形元素透镜密接排列光胶在光胶板形成,两组元素透镜阵列同光轴反向安装,前组为场镜,后组为投影镜;氙灯位于椭球聚光镜的第一焦点处,光学积分器组件中的场镜位于椭球聚光镜的第二焦点处,光学积分器组件中的投影镜位于场镜与光束准直角光阑之间,光束准直角光阑位于准直物镜的前焦面处;氙灯的氙弧发出的光线经椭球面聚光镜和平面反射镜反射,汇聚投影到场镜上,经场镜和投影镜后转变为平行光;投影镜出射的平行光经准直物镜汇聚投影到辐照面。

[0007] 工作原理说明:

[0008] 氙灯氙弧发出的辐射光,经椭球聚光镜反射并以给定的包容角汇聚,再通过平面

反射镜改变光轴方向投影到椭球聚光镜的第二焦面上,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椭球聚光镜第二焦面上的元素透镜阵列对称分割成多个小的辐照范围,然后被构成投影镜的元素透镜阵列迭加成像到无穷远,由投影镜出射平行光束,形成一个较均匀的辐照范围。投影镜出射的平行光束经准直物镜组件以一定的照明孔径角(即准直角),投影到准直物镜的后焦面附近,形成一个较均匀的辐照面。

[0009] 经过大量的实验确定,本发明的太阳模拟器光学系统在下列设计参数条件下,得到的有效辐照面直径 $\geq \phi 250\text{mm}$,光束准直角为 $32' \pm 2'$,辐照度 ≥ 1.0 个太阳常数,辐照不均匀度 $\leq \pm 6\%$ 。

[0010] 氙灯功率为 4kW;

[0011] 椭球聚光镜方程为:

$$[0012] \quad y^2 = 2rx - (1 - e^2)x^2$$

$$[0013] \quad \text{式中: } 2r = 4 \times \frac{f_2 \times f_1}{f_2 + f_1}, e = \frac{f_2 - f_1}{f_2 + f_1};$$

$$[0014] \quad f_2 = M_0 \times f_1;$$

[0015] f_1 ——椭球聚光镜的第一焦距;

[0016] M_0 ——近轴放大倍率;

[0017] f_2 ——椭球聚光镜的第二焦距;

$$[0018] \quad f_1 = 30, M_0 = 25;$$

[0019] 准直物镜相对孔径 $D/f_{\text{准}} = 1/3.5$, 其中, D 为准直物镜入瞳, $f_{\text{准}}$ 为准直物镜焦距;

[0020] 构成光学积分器组件场镜的元素透镜数量为 19 个, 构成光学积分器组件投影镜的元素透镜数量为 19 个; 元素透镜外接圆直径 $2r_{\text{外}} = 6\text{mm}$, 内切圆直径 $2r_{\text{内}} = 2r_{\text{外}} \times \cos 30^\circ$; 元素透镜焦距 $f_{\text{积}}$:

$$[0021] \quad f_{\text{积}} = 2r_{\text{内}} \times (f_{\text{准}}/D)。$$

[0022] 本发明与以往设计的高准直太阳模拟器光学系统相比较, 能够同时满足太阳光束准直角($\pm 32'$)和输出能量密度为一个太阳常数($1367/\text{m}^2$)的要求。

附图说明

[0023] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0024] 图 1 是本发明的太阳模拟器光学系统结构示意图。

[0025] 图 2 是图 1 中 I 的放大结构示意图。

[0026] 图 3 是光学积分器的正视图。

[0027] 图 4 是准直物镜不拦光口径计算的示意图。

具体实施方式

[0028] 如图 1 所示, 本发明的太阳模拟器光学系统包括氙灯 1、椭球聚光镜 2、平面反射镜 3、光学积分器组件 4、光束准直角光阑 5、准直物镜 6。所述光学积分器组件 4 如图 2 和图 3 所示, 由两组元素透镜阵列构成, 前组为场镜, 后组为投影镜; 场镜由一定数量的六边形元素透镜 42 密接排列光胶在光胶板 41 上构成; 投影镜由一定数量的六边形元素透镜 44 密接排列光胶在光胶板 43 上构成; 两组元素透镜阵列同光轴反向安装。氙灯 1 位于椭球聚光镜

2 的第一焦点处,平面反射镜 3 与椭球聚光镜 2 的光轴成 45 度角,光学积分器组件 4 中的场镜位于椭球聚光镜 2 的第二焦点处;投影镜位于准直物镜 6 的前焦面附近;光束准直角光阑 5 位于准直物镜的前焦面处。

[0029] 椭球聚光镜 2 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 3 的材料采用锻铝,与椭球聚光镜 2 采用一样的工艺;光学积分器组件 4 材料均采用 JGS3 玻璃;准直物镜 6 采用双分离组合透镜,各表面镀增透膜,凸透镜的材料采用 K9,凹透镜的材料采用 KF2,该组合可以消除色差。

[0030] 氙灯 1 功率为 4kW;

[0031] 光学积分器组件 4 中场镜由 19 个元素透镜 42 光胶在光胶板 41 上构成元素透镜阵列;投影镜由 19 个元素透镜 44 光胶在光胶板 43 上构成元素透镜阵列。

[0032] 准直物镜相对孔径 $D/f_{\text{准}} = 1/3.5$

[0033] 式中: D —准直物镜入瞳;

[0034] $f_{\text{准}}$ —准直物镜焦距。

[0035] 准直物镜不拦光口径 (ϕ),如图 4 所示。

[0036] $\phi = D + 2 \times f_{\text{准}} \times \tan \alpha$

[0037] 式中: α —光束准直角。

[0038] 光学积分器组件 4:

[0039] 光学积分器组件 4 形式为对称式结构,优化设计球差极小值排列。元素透镜为正六边形,选取元素透镜外接圆直径 $2r_{\text{外}} = 6\text{mm}$,内切圆直径 $2r_{\text{内}} = 2r_{\text{外}} \times \cos 30^\circ$ 。元素透镜焦距 $f_{\text{积}}$:

[0040] $f_{\text{积}} = 2r_{\text{内}} \times (f_{\text{准}}/D)$

[0041] 椭球聚光镜方程为:

[0042] $y^2 = 2rx - (1 - e^2)x^2$

[0043] 式中: $2r = 4 \times \frac{f_2 \times f_1}{f_2 + f_1}$, $e = \frac{f_2 - f_1}{f_2 + f_1}$ 。

[0044] f_1 ——椭球聚光镜的第一焦距;

[0045] M_0 ——近轴放大倍率;

[0046] f_2 ——椭球聚光镜的第一焦距, $f_2 = M_0 \times f_1$;

[0047] 取 $f_1 = 30$, $M_0 = 25$, $f_2 = M_0 \times f_1$ 。

[0048] 本发明能够同时满足空间太阳光束准直角 ($\pm 32'$) 和辐照度 (大于 1367W/m^2) 且辐照均匀的高准直光束高能量太阳模拟器。

[0049] 本发明能够达到下列指标:

[0050] a) 有效辐照面直径: $\geq \phi 250\text{mm}$;

[0051] b) 光束准直角和辐照度:

[0052] 光束准直角 $32' \pm 2'$ 时: ≥ 1.0 个太阳常数;

[0053] c) 辐照不均匀度: $\leq \pm 6\%$;

[0054] d) 辐照不稳定性: $\leq \pm 2\% / \text{h}$;

[0055] e) 光谱匹配:近太阳光谱。

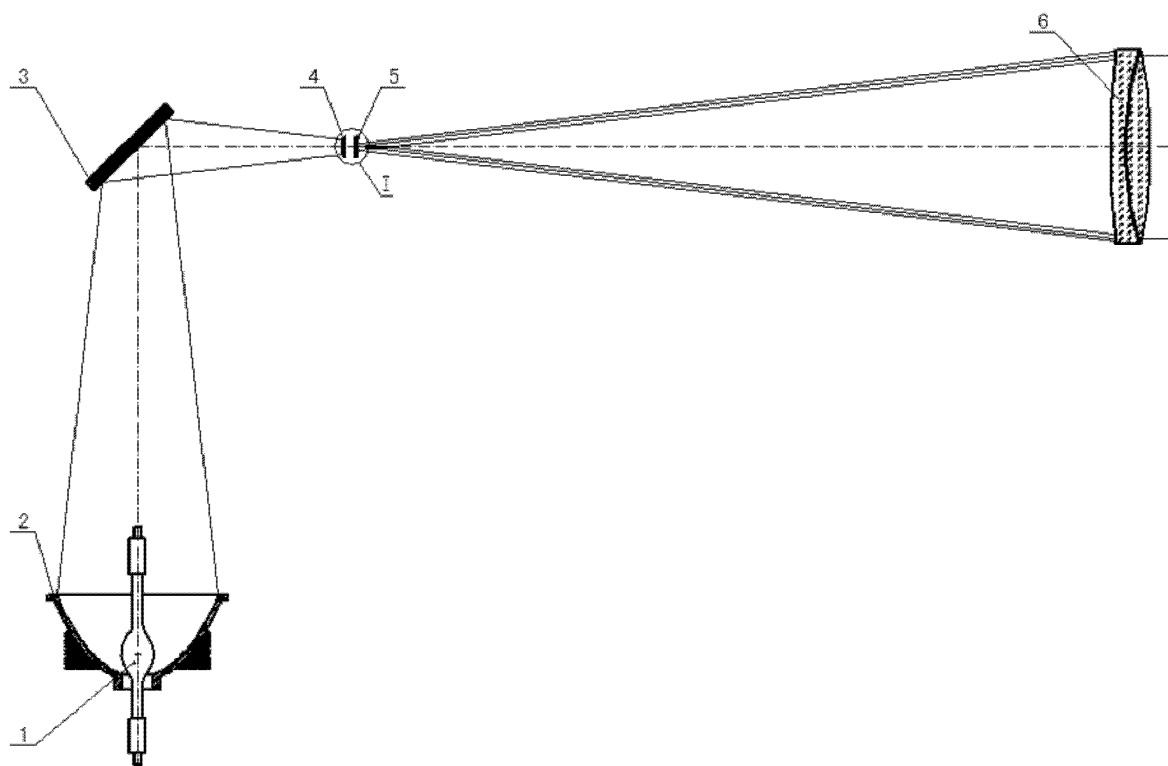


图 1

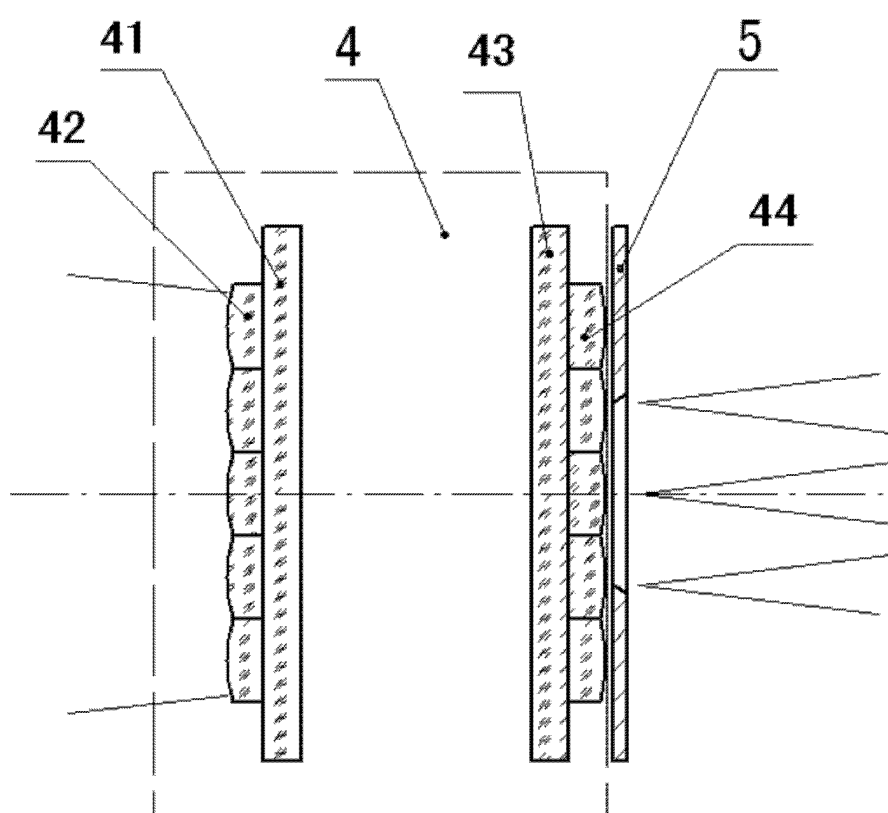


图 2

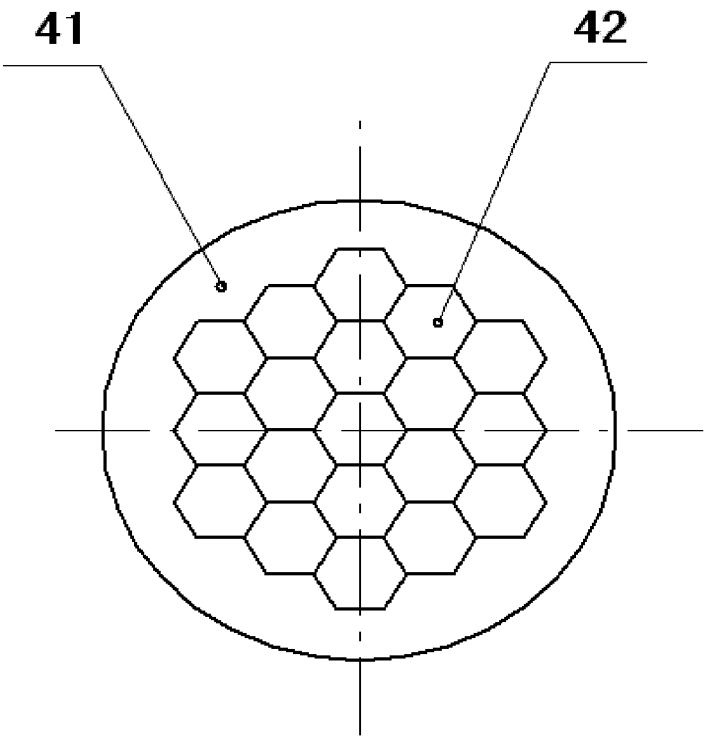


图 3

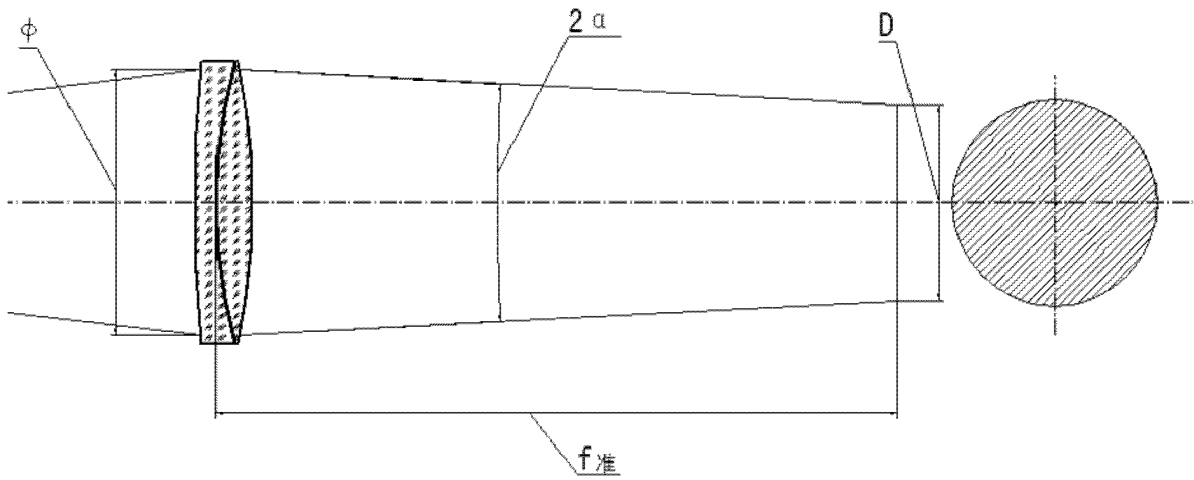


图 4