(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118499955 A
(43)申请公布日 2024.08.16

(21)申请号 202410660192.2

(22)申请日 2024.05.24

(71)申请人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街29号

(72)发明人 张凯 车坤鸿

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所(普通合伙) 32204
专利代理师 王美丽

(51)Int.Cl.
F24S 23/77(2018.01)
F24S 23/00(2018.01)
H02S 40/22(2014.01)

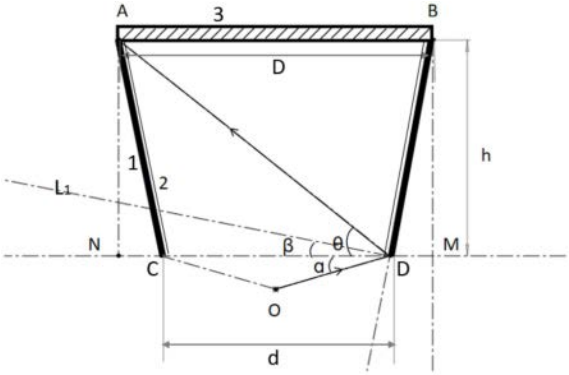
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统及设计方法

(57)摘要

本发明公开了一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统及设计方法,包括分频匀光系统和聚光器,且分频匀光系统位于聚光器上方;所述分频匀光系统包括平板型反射器和接收器,接收器底面的两端对称布设有平板型反射器,位于接收器两端的平板型反射器呈倾斜镜像布设,平板型反射器均向内倾斜设置;所述平板型反射器内表面镀有全反射膜或分光膜。光线经过聚光器聚光,进入平板型反射器匀光后,输出光斑的均匀性可到达0.92以上,极大提高了输出光斑的均匀性;光线经过分光膜分光后,能将太阳光光线中波长较短的太阳光用于光伏发电,被分光膜吸收的长波太阳光光束被集热器转化为热能,实现太阳能全波段能量的梯级利用;平板型反射器结构简单,成本低,易加工。



CN 118499955 A

1.一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,包括分频匀光系统和聚光器,且分频匀光系统位于聚光器上方;所述分频匀光系统包括平板型反射器和接收器,接收器底面的两端对称布设有平板型反射器,位于接收器两端的平板型反射器呈倾斜镜像布设,平板型反射器均向内倾斜设置。

2.根据权利要求1所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,所述平板型反射器内表面镀有全反射膜或分光膜。

3.根据权利要求1或2所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,所述平板型反射器位于聚光器的焦点上方。

4.根据权利要求3所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,所述平板型反射器内部中空,平板型反射器朝向聚光器的一端面为光线接收口;平板型反射器顶部为光线出射口;接收器贴着平板型反射器的出射口。

5.根据权利要求4所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,所述光线接收口的口径大于聚光器光斑大小。

6.根据权利要求4所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,所述光线出射口的口径大于光线入射口径。

7.根据权利要求1所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,所述聚光器聚集后的边缘光线到达平板型反射器最下端时,经反射后到达接收器另一侧的最边缘。

8.根据权利要求7所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,所述聚光器为槽式聚光器。

9.根据权利要求8所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统,其特征在于,所述槽式聚光器的镜面保持一致的粗糙度。

10.根据权利要求1～9任一项所述的一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统的设计方法,其特征在于,包括:

已知分频匀光系统的上开口AB长度为D,下开口CD长度为d;

设∠ADC＝θ,∠ODC＝α,α已知,

过点B作BM垂直于CD延长线,垂足为M;

过点A作AN垂直于CN延长线,垂足为N;

则$DM=\frac{AB-CD}{2}=\frac{D-d}{2}$, $ND=AB-DM=\frac{D+d}{2}$;

设反射器高度BM为h,

过点D作直线L_1垂直于BD,垂足为D,则L_1为∠ODA的角平分线。设L_1与CD夹角为β,则$\beta=\theta-\frac{\theta+\alpha}{2}$;

因为BD为入射面的切线,斜率设为k1,$k1=BM/DM=\frac{h}{(D-d)/2}$;$L_1$为入射光线OD的法线,斜率设为$k_2$,k2＝tan(-β)＝-tanβ;

由于BD⊥L_1,则k1·k2＝-1,即

$$\frac{h}{(D-d)/2}\cdot(-\tan\beta)=-1 \qquad (1)$$

又$\tan\theta=\frac{h}{(D+d)/2}$ (2)

由(1)(2)可以求得平板型反射器高度h。

一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统及设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种分频匀光系统及设计方法,尤其涉及一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统及设计方法。

背景技术

[0002] 太阳能具有储量丰富、使用长久、广泛存在、清洁等明显的优势,是当前最受欢迎的可再生能源之一。开发太阳能高效综合利用技术对解决能源危机、保护生态环境以及对人类社会工业和科技的高速发展具有重要意义。

[0003] 太阳能的主要利用方式有光电转换和光热转换两个方面,光电转换是将太阳能直接转变成电能,而光热转换是将太阳辐射能转换为热能。光电转换是太阳能利用的最主要的一种形式。光伏发电技术是将太阳能辐射直接转化为电能的技术。太阳能电池是光伏发电技术的重要载体,具有无噪音、安装方便、寿命长、维护要求少、重量轻、成本低等优点。太阳能光热利用是指通过集热器将太阳能辐射能转换为热能加以利用,通常采用聚光装置提高工质温度、提升能量品位、拓宽应用范围。根据工作温度不同,太阳能光热利用可分为低温利用(<100℃)、中温利用(100~250℃)和高温利用(>250℃)。光伏转换和光热转换技术各具不同的特征。光伏发电技术价格较低,但受限于太阳辐照的不稳定性和间歇性光伏发电大规模并网将会给电网带来很大冲击。光热转换技术可以大规模储热,并可以直接输出高电能质量的交流电,与电网匹配性较好,但成本较高。光伏发电和光热发电在技术层面具有很强的互补性。另外,光伏和光热技术相结合有利于降低发电成本,系统高效地利用太阳能资源。因此太阳能光伏光热一体化技术日益受到重视。

[0004] 在太阳能利用过程中,为了提高太阳能能流密度,进一步提高太阳能的利用效率,就需要聚光技术对太阳能进行高效汇聚,来满足供能温度需求。传统光伏光热技术忽视了太阳能全光谱波段品位特性,光伏的响应波段在可见光附近,长波的热能没有实现转化。利用光谱分频技术可以将太阳能光谱能量进行分离,短波光伏响应部分实现光伏发电,长波未响应部分用于集热,将光伏与光热结合起来,从而实现太阳能能量高效利用。

[0005] 聚光分频是光伏光热综合利用的最常用方式之一。但是现有聚光分频技术中分频器普遍面型结构复杂,导致加工难度大、成本高,限制聚光分频技术的规模化应用;其次,聚光分频后普遍存在光伏电池表面聚焦光斑能流分布不均问题,严重影响光伏电池性能甚至导致电池损伤。

发明内容

[0006] 发明目的:本发明目的是提供一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统及设计方法,提高输出光斑的接收率和均匀性。

[0007] 技术方案:本发明包括分频匀光系统和聚光器,且分频匀光系统位于聚光器上方;所述分频匀光系统包括平板型反射器和接收器,接收器底面的两端对称布设有平板型反射器,位于接收器两端的平板型反射器呈倾斜镜像布设,平板型反射器均向内倾斜设置。

[0008] 所述平板型反射器内表面镀有全反射膜或分光膜,镀全反射膜可对聚集后的太阳光进行二次反射,镀分光膜可对太阳光进行分光。

[0009] 所述平板型反射器位于聚光器的焦点上方。

[0010] 所述平板型反射器内部中空,平板型反射器朝向聚光器的一端面为光线接收口;平板型反射器顶部为光线出射口;接收器贴着平板型反射器的出射口。

[0011] 所述光线接收口的口径大于聚光器光斑大小,以保证接收率。

[0012] 所述光线出射口的口径大于光线入射口径。

[0013] 所述聚光器聚集后的边缘光线到达平板型反射器最下端时,经反射后到达接收器另一侧的最边缘,即可最大程度提高接收器表面光斑的均匀性。

[0014] 所述聚光器为槽式聚光器。

[0015] 所述槽式聚光器的镜面保持一致的粗糙度,使得太阳光线反射角度相同,聚焦在同一位置。

[0016] 一种适用于槽式聚光器的分频匀光系统的设计方法,包括:

[0017] 已知分频匀光系统的上开口AB长度为D,下开口CD长度为d;

[0018] 设∠ADC=θ,∠ODC=α,α已知,

[0019] 过点B作BM垂直于CD延长线,垂足为M;

[0020] 过点A作AN垂直于CN延长线,垂足为N;

[0021] 则$DM=\frac{AB-CD}{2}=\frac{D-d}{2}$, $ND=AB-DM=\frac{D+d}{2}$;

[0022] 设反射器高度BM为h,

[0023] 过点D作直线L_1垂直于BD,垂足为D,则L_1为∠ODA的角平分线。

[0024] 设L_1与CD夹角为β,则$\beta=\theta-\frac{\theta+\alpha}{2}$;

[0025] 因为BD为入射面的切线,斜率设为k1,$k1=BM/DM=\frac{h}{(D-d)/2}$;

[0026] L_1为入射光线OD的法线,斜率设为k_2,$k2=\tan(-\beta)=-\tan\beta$;

[0027] 由于$BD\perp L_1$,则$k1\cdot k2=-1$,即

[0028] $$\frac{h}{(D-d)/2}\cdot(-\tan\beta)=-1 \qquad (1)$$

[0029] 又$$\tan\theta=\frac{h}{(D+d)/2} \qquad (2)$$

[0030] 由(1)(2)可以求得平板型反射器高度h。

[0031] 有益效果:光线经过聚光器聚光,进入平板型反射器匀光后,输出光斑的均匀性可到达0.92以上,极大提高了输出光斑的均匀性;光线经过分光膜分光后,能将太阳光光线中波长较短的太阳光用于光伏发电,被分光膜吸收的长波太阳光光束被集热器转化为热能,实现太阳能全波段能量的梯级利用;平板型反射器结构简单,成本低,易加工。

附图说明

[0032] 图1为本发明的分频匀光系统示意图;

[0033] 图2为本发明的分频匀光系统应用于槽式聚光器的光线模拟光路图;

[0034] 图3为反射器光线入射口径为80mm、出射口径为110mm时,接收器表面的辐照图;

[0035] 图4为反射器光线入射口径为60mm、出射口径为110mm时,接收器表面的辐照图;

[0036] 图5为反射器光线入射口径在60～100mm变化时、出射口径为110mm时,接收器表面光斑均匀度趋势图。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0038] 如图1和图2所示,本发明的适用于槽式聚光器的分频匀光系统包括分频匀光系统和聚光器4,且分频匀光系统位于聚光器4上方。分频匀光系统包括平板型反射器1和接收器3,接收器3底面的两端对称布设有平板型反射器1,位于接收器3两端的平板型反射器1呈倾斜镜像布设,平板型反射器1均向内倾斜设置,平板型反射器1位于聚光器4的焦点上方。

[0039] 平板型反射器1内部中空,平板型反射器1朝向聚光器4的一端面为光线接收口;平板型反射器1的光线接收口径远大于聚光器光斑大小。平板型反射器1顶部为光线出射口;接收器3紧贴着平板型反射器1的出射口,保证反射光线全部照到接收器3表面。聚光太阳能经过分光、反射到达接收器3表面,当聚集后的边缘光线到达平板型反射器1最下端时,经反射后到达接收器3另一侧的最边缘。

[0040] 平板型反射器1内表面镀有全反射膜或分光膜2,镀全反射膜可对聚集后的太阳光进行二次反射,镀分光膜可对太阳光进行分光。分光膜2可将入射的太阳光按照光谱波长范围分为两部分,被分光膜反射的短波太阳光光束用于光伏发电,长波部分的太阳光被集热装置转化成热能。

[0041] 本发明的适用于槽式聚光器的分频匀光系统的设计方法,包括:

[0042] 已知上开口AB长度为D,下开口CD长度为d;

[0043] 设∠ADC＝θ,∠ODC＝α,α已知,

[0044] 过点B作BM垂直于CD延长线,垂足为M;

[0045] 过点A作AN垂直于CN延长线,垂足为N;

[0046] 则$DM=\frac{AB-CD}{2}=\frac{D-d}{2}$, $ND=AB-DM=\frac{D+d}{2}$;

[0047] 设反射器高度BM为h,

[0048] 过点D作直线L_1垂直于BD,垂足为D,则L_1为∠ODA的角平分线。

[0049] 设L_1与CD夹角为β,则$\beta=\theta-\frac{\theta+\alpha}{2}$;

[0050] 因为BD为入射面的切线,斜率设为k1,$k1=BM/DM=\frac{h}{(D-d)/2}$;

[0051] L_1为入射光线OD的法线,斜率设为k_2,$k2=\tan(-\beta)=-\tan\beta$;

[0052] 由于$BD\perp L_1$,则$k1\cdot k2=-1$,即

[0053] $$\frac{h}{(D-d)/2}\cdot(-\tan\beta)=-1 \qquad (1)$$

[0054] 又$$\tan\theta=\frac{h}{(D+d)/2} \qquad (2)$$

[0055] 由(1)(2)可以求得反射器高度h。

[0056] 实施例

[0057] 如图2所示,聚光器4为槽式聚光器,平板型反射器1位于槽式聚光器上方,光线入射口径大于光斑直径,以收集所有经过聚光器聚集的光线,光线出射口径大于光线入射口径,聚集过的光线经过平板型反射器1内部反射后,输出均匀光斑。

[0058] 平板型反射器1外形轮廓为平板型,其内表面为镀分光膜反射镜面,聚焦后的太阳光线在平板型反射器1内部经过分频、反射,到达平板型反射器1上方的接收器3。平板型反射器1的高度为上下底垂直高度,当接收器3的宽度确定时,上开口宽度即确定,通过光斑以及实际需求确定下开口后,根据几何光学原理,即可确定反射器的高度。平板型反射器1位于槽式聚光器焦点上方,光斑直径小于平板型反射器的入射口径,以保证接收率。

[0059] 确定平板型反射器高度后,由于槽式聚光器尺寸确定,因此平板型反射器的光线接收角确定,根据边缘光线原理,即从光学元件边缘入射的光线将会从器件的边缘出射,因此在设计时保证两端最边缘的入射光线经过反射分别到达接收器两端最边缘,即可最大程度提高接收器表面光斑的均匀性。

[0060] 本实施例的槽式聚光器的抛物面焦点高度为850mm,表面为镀银表面,反射率为0.9。槽式聚光器的镜面保持一致的粗糙度,使得太阳光线反射角度相同,聚焦在同一位置。在实际情况下,太阳的圆角张角的半角为16',计算得此槽式聚光器光斑直径大小为12.4mm。实验用到长度为110mm的接收器。结合图1,分别计算下端开口为60mm、80mm(均大于光斑直径12.4mm)时候的高度。

[0061] 本实施例的适用于槽式聚光器的分频匀光系统的设计方法,包括:

[0062] 点O为槽式聚光器焦点,OD为边缘入射光线,DA为边缘出射光线;

[0063] 上开口长度AB为110mm,下开口长度CD为80mm;

[0064] 设∠ADC=θ,∠ODC=α,α=16.24°

[0065] 过点B作BM为M;

[0066] 过点A作AN⊥CN,垂足为N;

[0067] 则$DM=\frac{AB-CD}{2}=\frac{D-d}{2}=15mm$,$ND=AB-DM=\frac{D+d}{2}=95mm$;

[0068] 设反射器高度BM为hmm,

[0069] 过点D作L_1垂直于BD,垂足为D,则L_1为∠ODA的角平分线。

[0070] 设L_1与CD夹角为β,则$\beta=\theta-\frac{\theta+\alpha}{2}$;

[0071] 因为BD为入射面的切线,斜率设为k1,$k1=BM/DM=\frac{h}{(D-d)/2}=h/15$

[0072] L_1为入射光线OD的法线,斜率设为k_2,$k2=\tan(-\beta)=-\tan\beta$;

[0073] 由于BD⊥L_1,则$k1\cdot k2=-1$,即$\frac{h}{15}\cdot(-\tan\beta)=-1$ (1)

[0074] 又$\tan\theta=\frac{h}{(D+d)/2}=h/95$ (2)

[0075] 联立(1)(2)得,h=75.9mm,θ=38.5°

[0076] 点O为槽式聚光器焦点,OD为边缘入射光线,DA为边缘出射光线;

[0077] 上开口长度AB为110mm,下开口长度CD为60mm;

[0078] 设∠ADC=θ,∠ODC=α,α=16.24°

[0079] 过点B作BM为M;

[0080] 过点A作AN⊥CN,垂足为N;

[0081] 则$DM=\frac{AB-CD}{2}=\frac{D-d}{2}=25mm$，$ND=AB-DM=\frac{D+d}{2}=85mm$;

[0082] 设反射器高度BM为hmm,

[0083] 过点D作直线L_1垂直于BD,垂足为D,则L_1为∠ODA的角平分线。

[0084] 设L_1与CD夹角为β,则$\beta=\theta-\frac{\theta+\alpha}{2}$;

[0085] 因为BD为入射面的切线,斜率设为k1,$k1=BM/DM=\frac{h}{(D-d)/2}=h/25$

[0086] L_1为入射光线OD的法线,斜率设为k_2,$k2=\tan(-\beta)=-\tan\beta$;

[0087] 由于BD⊥L_1,则$k1\cdot k2=-1$,即$\frac{h}{25}\cdot(-\tan\beta)=-1$ （1）

[0088] 又$\tan\theta=\frac{h}{(D+d)/2}=h/85$ （2）

[0089] 联立(1)(2)得,$h=91.02mm$,$\theta=46.95°$

[0090] 如图3、图4所示,此时接收器的光照均匀性可以达到0.92,实际运用中,均匀性达到0.7以上即可认为光照均匀。如图5,对平板型反射器入射口径长度60～100mm进行光学性能分析,均匀性均在0.90以上。所以本发明可以形成高均匀性的聚焦光斑。

[0091] 本发明基于反射补偿思路,运用边缘光线理论,确定平板型反射器的几何构型,经反射器反射后到达接收器表面能流均匀性超过0.90,进一步以表面镀分光膜的玻璃平板作为反射器,可同步实现分频匀光,将短波光子用于光伏发电,长波光子转化为集热器内工质热能,实现光伏光热综合高效利用。

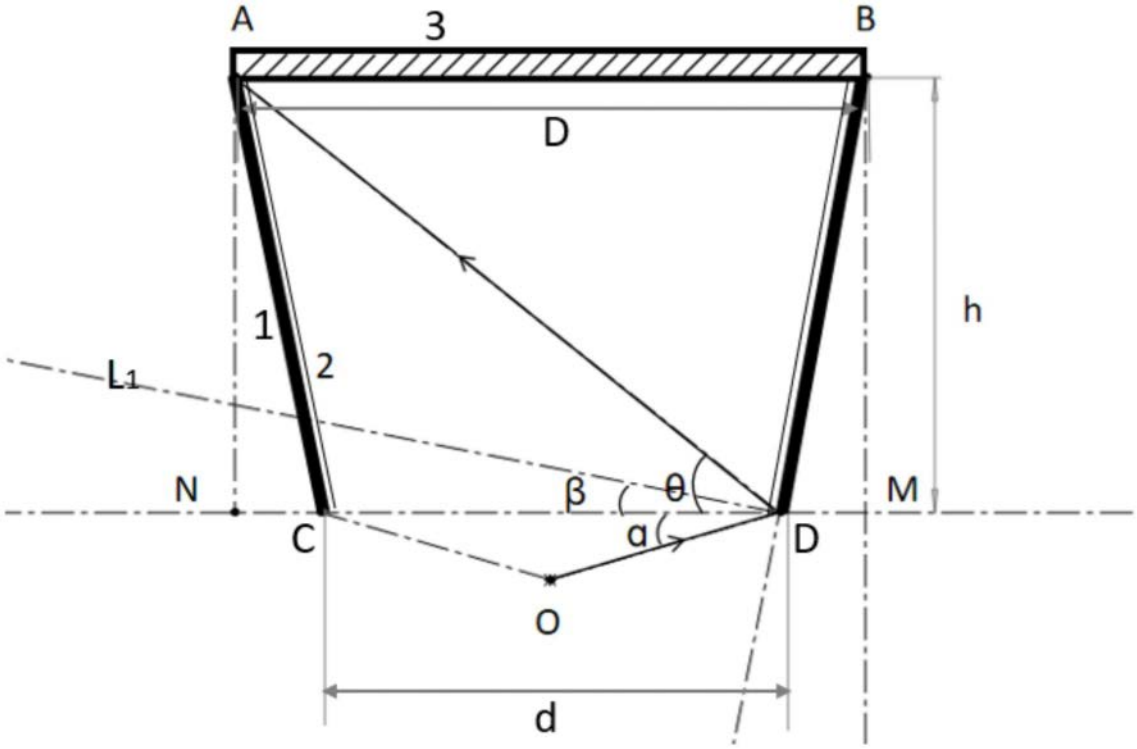


图1

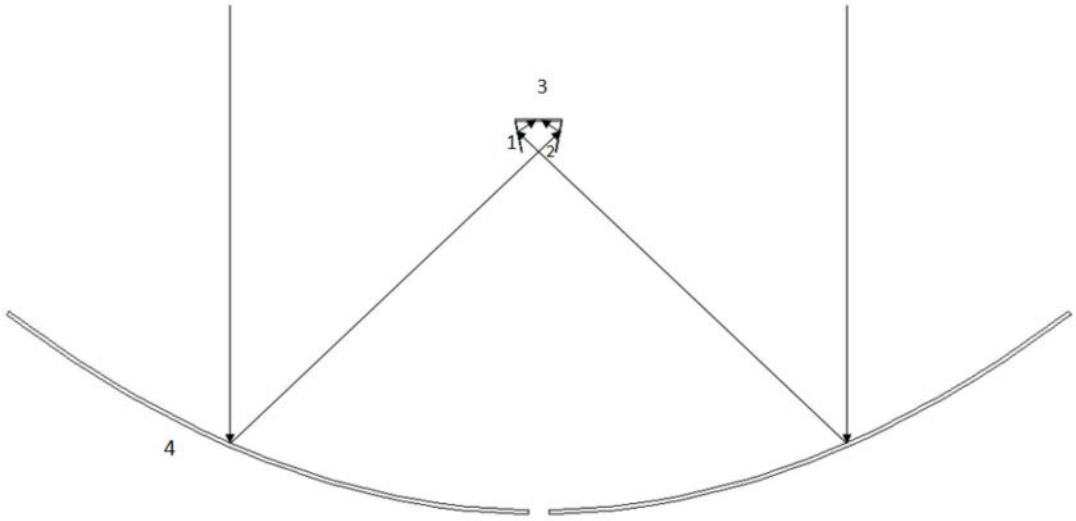


图2

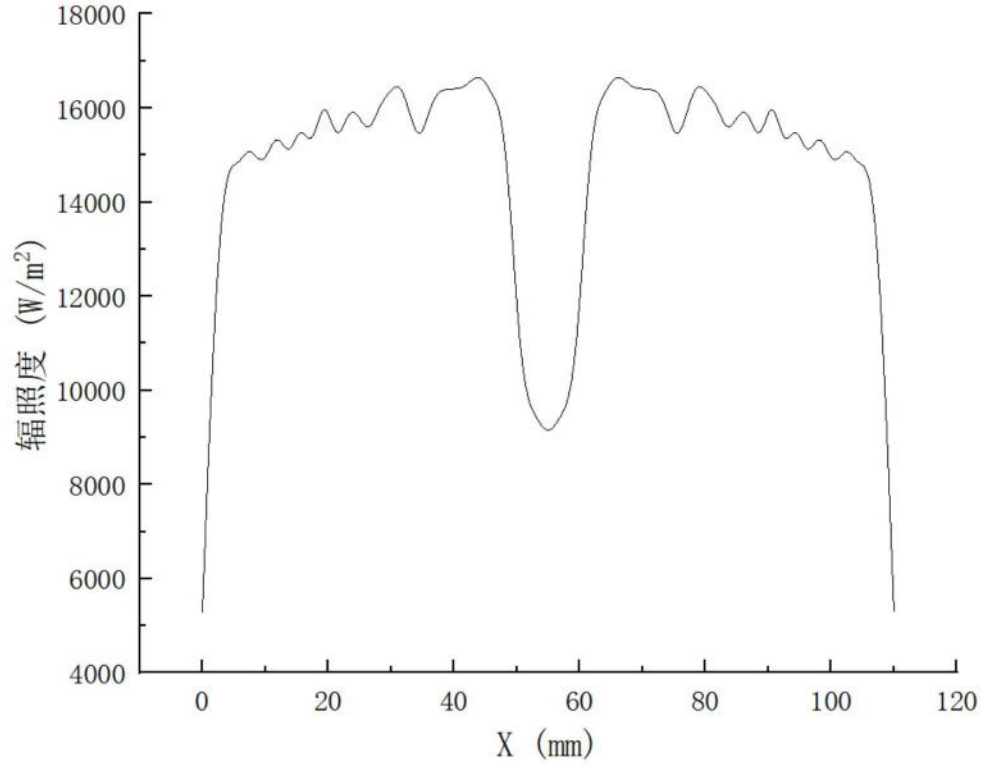

18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
辐照度 (W/m²)
0
20
40
60
80
100
120
X (mm)

图3

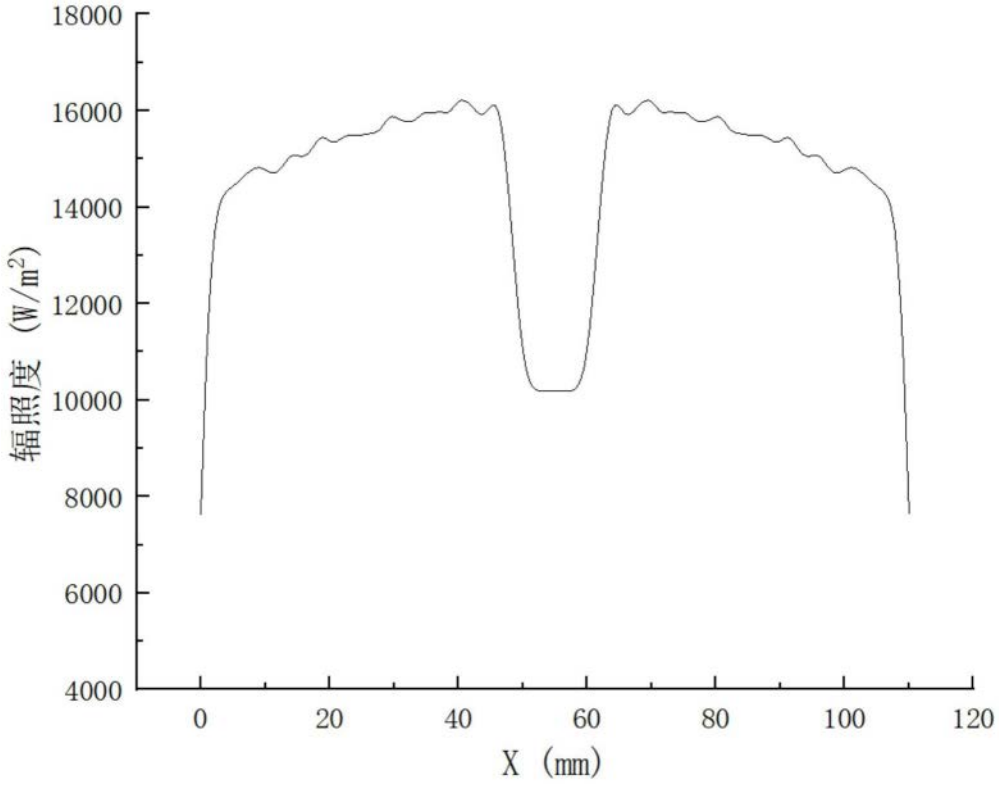

18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
辐照度 (W/m²)
0
20
40
60
80
100
120
X (mm)

图4

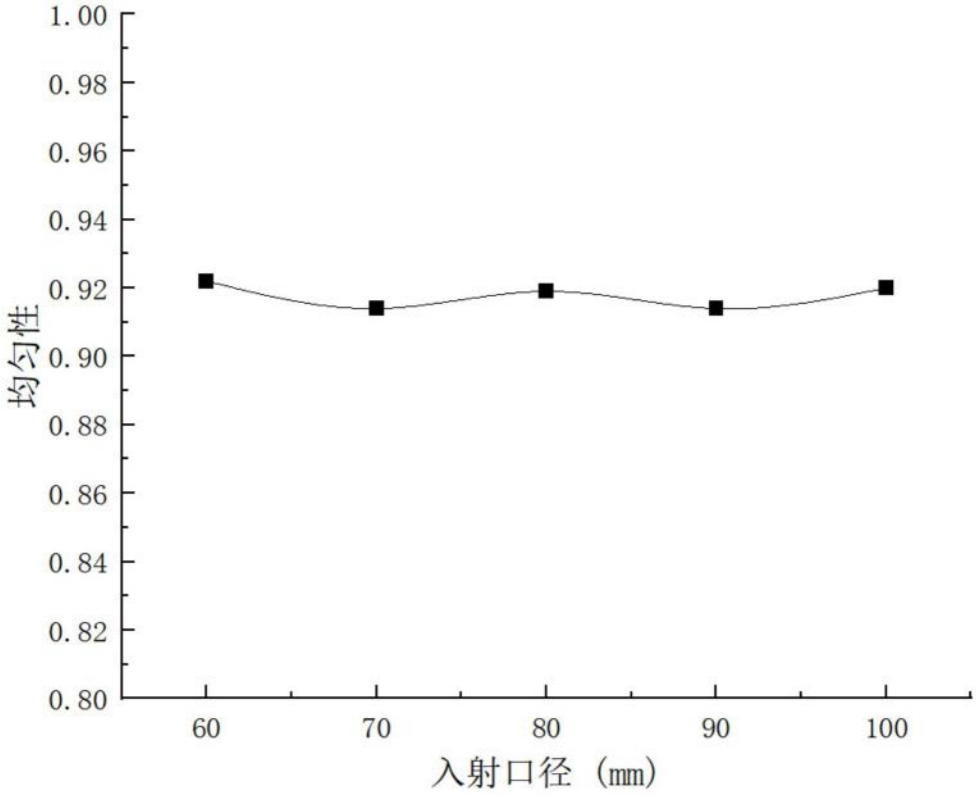

1.00
0.98
0.96
0.94
0.92
0.90
0.88
0.86
0.84
0.82
0.80
均匀性
60
70
80
90
100
入射口径（mm）

图5