



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103077990 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 01

(21) 申请号 201310010872. 1

(22) 申请日 2013. 01. 11

(71) 申请人 张万钧

地址 225127 江苏省扬州市开发西路 217 号
中国科学院扬州产业化中心

申请人 刘立涛
牛强

(72) 发明人 张万钧 刘立涛 牛强

(74) 专利代理机构 北京远大卓悦知识产权代理
事务所(普通合伙) 11369

代理人 史霞

(51) Int. Cl.

H01L 31/052(2006. 01)

H01L 31/0232(2006. 01)

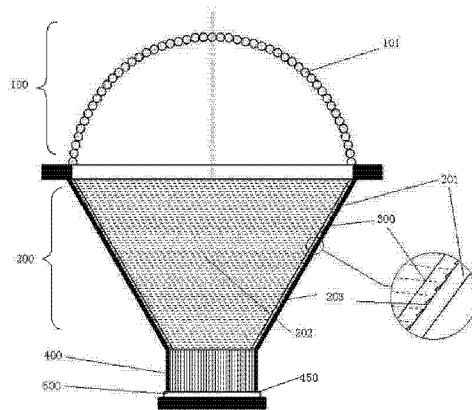
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种波长选择性广角聚光光伏发电系统及其方法

(57) 摘要

一种波长选择性广角聚光光伏发电系统及其方法,采用了曲面微透镜阵列、漏斗状光锥实现对直射光、折射光、散射光的全效采集和广角采集,并将折射光和斜射光共同准直为垂直光伏电池入射的光线,免除了跟踪追日的旋转机构。采用波长选择层,对光线进行波长选择,滤除了导致光伏电池发热升温的波长范围的光线,只保留光伏电池响应灵敏度高的波长范围的光线,降低了聚光条件下光伏电池散热的要求。系统整体实现广角、全效、免跟踪追日、免仰角调节、波长优选的聚光光伏功能,显著降低光伏发电成本至常规能源的水平。



1. 一种聚光光伏单元,其特征在于,包括:

曲面微透镜阵列(100),其中包含多个透镜单元(101),所有透镜单元(101)的焦点重合,形成主焦点;

漏斗状光锥(200),为具有中空空腔的台体(202),中空空腔(202)的上口径大于下口径,所述中空空腔(202)的内侧面(203)为高斯曲面组合,所述主焦点位于所述漏斗状光锥(200)的中心对称轴上,经过曲面微透镜阵列(100)的入射光线经内侧面(203)反射后,以比相对于中心对称轴的入射角更小的出射角从漏斗状光锥(200)的下口射出;

光伏电池(500),其受光面垂直于所述中心对称轴设置在所述漏斗状光锥(200)的下口的下方;

波长选择层(300),附着于漏斗状光锥(200)的内侧面(203),所述波长选择层(300)对该光伏电池(500)的高响应波长范围的入射光全反射,而对低响应波长范围的入射光全透射出漏斗状光锥(200)。

2. 如权利要求1所述的聚光光伏单元,其特征在于,还包括:

准直光纤束(400),其位于所述漏斗状光锥(200)的下口与所述光伏电池之间,且所述漏斗状光锥(200)的射出光线入射所述准直光纤束(400)中,光伏电池(500)的受光面接收从准直光纤束(400)中出射的光线。

3. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述准直光纤束(400)的主轴线与漏斗状光锥(200)的中心对称轴线重合。

4. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述曲面微透镜阵列(100)呈球面的空间分布,或呈椭球面的空间分布,或呈双曲面的空间分布,或呈抛物面的空间分布,或上述各面的组合形状。

5. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述多个透镜单元(101)的大小是均一的,或者是位于曲面微透镜阵列(100)的中部的透镜单元的直径较大而位于曲面微透镜阵列(100)的边缘的透镜单元(101)的直径较小。

6. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述中空空腔(202)为圆台或棱台结构。

7. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述高响应波长范围是指位于所述光伏电池(500)的光谱响应曲线的峰值波长 λ_p 的0.7~1.2倍的波长范围;所述低响应波长范围是指小于 λ_p 的0.7倍或大于 λ_p 的1.2倍的波长范围。

8. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述高响应波长范围是700-900nm的波长范围。

9. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述波长选择层(300)是滤光膜或滤光涂层。

10. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,在准直光纤束(400)与光伏电池(500)之间布置有光学滤波层(450),该光学滤波层(450)允许所述高响应波长范围的入射光透过。

11. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述曲面微透镜阵列(100)的视场角为165度。

12. 如权利要求2所述的聚光光伏单元,其特征在于,所述曲面微透镜阵列(100)的凸

面的表面积为光伏电池 (500) 的受光面的多倍。

13. 如权利要求 2 所述的聚光光伏单元,其特征在於,所述漏斗状光锥 (200) 设置在所述曲面微透镜阵列 (100) 的正下方,所述准直光纤束 (400) 位于所述漏斗状光锥 (200) 的正下方,三者之间彼此连接或留存一定的间隙,其中曲面微透镜阵列 (100)、漏斗状光锥 (200)、和准直光纤束 (400) 的中心对称轴线均保持重合。

14. 一种包括根据权利要求 1-13 中任一所述的聚光光伏单元的聚光光伏发电系统,其中,包括多个聚光光伏单元,所述多个聚光光伏单元排布在一起,其中的光伏电池彼此串联或并联。

15. 如权利要求 14 所述的聚光光伏单元组成的聚光光伏发电系统,其中,所述多个聚光光伏单元以不追踪阳光移动和不调节对日仰角的方式固定至地面或地面附属物。

16. 一种使用根据权利要求 2~13 所述的聚光光伏单元进行光伏发电的方法,其中,包括下述步骤:

1) 采集直射、散射和 / 或折射光线进入到曲面微透镜阵列 (100) 的凸面一侧;

2) 经过曲面微透镜阵列 (100) 的透镜单元 (101) 折射,以不同入射角进入到漏斗状光锥 (200) 的中空空腔 (302),少部分光线直接通过漏斗状光锥 (200) 的中空空腔 (202),经过准直光纤束 (400) 照射到光伏电池 (500),其余大部分光束首先照射到漏斗状光锥 (200) 的内侧面 (203),高响应波长范围的光线被波长选择层 (300) 全反射,低响应波长范围的光线被波长选择层 (300) 全透射出漏斗状光锥 (200),全反射的光线经过内侧面 (203) 的高斯曲面的一次或多次反射后,光线与漏斗状光锥 (200) 的中心对称轴的夹角变小,再经过准直光纤束 (400),成为平行光或接近平行光,最终垂直或接近垂直照射到光伏电池 (500) 表面;

3) 在光伏电池 (500) 中产生光电流而发电。

17. 采用如权利要求 16 所述的聚光光伏单元进行光伏发电的方法,其中,所述步骤 2 中还包括:所述少部分光线经过准直光纤束 (400) 后,还通过光学滤波层 (450) 照射到光伏电池 (500),其中所述光学滤波层 (450) 允许所述高响应波长范围的入射光透过。

一种波长选择性广角聚光光伏发电系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种波长选择性广角聚光光伏发电系统及其方法,属于太阳能利用中的聚光光伏(CPV)发电领域。

背景技术

[0002] 太阳能光伏发电是前景广阔的新能源,但发电成本居高不下导致光伏发电难以大规模普及应用。导致光伏发电成本远高于传统能源的主要原因在于三个方面:太阳能的能源密度太低;光伏电池所采用的半导体材料成本及加工成本较高;光电转换效率低下。

[0003] 近年来,人们为降低光伏材料的制备和加工成本进行了卓有成效的努力,也不断致力于光电转换效率的提升,两方面的成就是巨大的,但即使这样,光伏发电仍然比传统能源发电成本高出许多,于是聚光光伏成为进一步降低光伏发电成本的主要途径。

[0004] 光伏太阳能发电系统的能量来源于太阳能电池表面上所获得的辐射,因此太阳能电池的发电量取决于两方面:首先,用于获得太阳辐射的太阳能电池表面积越大,太阳能电池的光电流越大;其次,在太阳能光电池所接受的辐照度饱和值以内,太阳能电池的光电流始终随辐照度的增长而线性增长。

[0005] 由于太阳能电池的半导体材料比如硅晶片的价格较高,因此如果希望降低太阳能电池系统的造价及发电成本,提高太阳能光电池所接受的辐照度就成为必然的选择,所谓的聚光太阳能技术就是这样一种方法,把大面积的太阳光聚集在一个小面积的硅晶片表面上来实现提高太阳能光电池所接受的辐照度。聚光光伏的思想就是增加太阳能电池上照射的太阳光强度,使得同样面积的半导体材料提供更多的电能,而增加的聚光装置的成本要低于所节约的光伏电池的成本,从而在整体上降低了光伏发电的成本。

[0006] 聚光光伏发电在光学上普遍采用两种光学模式;一种是反射式聚光,另一种是透射式聚光,透射式聚光通常采用菲涅尔透镜。但上述两种通常采用的光学聚光模式,均存在两个弊端:首先,聚光后,必须采用高精度的跟踪追日,一般用单轴或两轴转动来跟踪日光,增加了设备装置的复杂性,提高了系统造价和维护成本;第二,聚光后,电池表面入射光强度增加,导致光伏电池温度升高,降低电池的光电转换效果,还缩短电池使用寿命。

[0007] 现今的所有光伏太阳能系统都是把太阳能电池组件组成太阳能电池方阵,根据当地的太阳入射倾角,太阳能电池方阵倾斜安装保证太阳辐射垂直入射太阳能电池方阵。若想保证电池随时有良好的发电条件,不仅要随时调整太阳能电池方阵,保持向日跟踪以保证接受太阳辐射而且太阳能电池方阵的对地倾角要从冬到夏、从早到晚都要连续不断地调整。这样的自动跟踪太阳电池方阵需要一定的能量维持其动作,一般会使工程投资、后期维护、方阵占地都大幅度增加,达到了不经济的地步。聚光光伏需要高精度的跟踪向日,而平板型太阳能电池方阵的对地倾角也有三种固定方式:固定式(不调整的)、一年两次(春分、秋分)调整、一年四次(春分和秋分、夏至和冬至),也就是说现今的平板太阳能发电系统为了维持成本的经济性不得不牺牲发电条件,因此必然带来发电效率的下降,是两种成本权衡下的对策。

[0008] 如上所述调节太阳能电池方阵的仰角和保持太阳能电池方阵向日跟踪的目的就是为了保证太阳辐射垂直入射太阳能电池方阵,实现太阳能电池系统工作条件最优化。因此只有在免调节太阳能电池方阵的仰角和免向日跟踪的同时,仍能实现太阳能电池系统工作条件最优化,才能够在降低成本的同时提高太阳能发电系统的发电效率,其经济意义就十分重要。

[0009] 光伏太阳能系统在设计时所需依据的理论,就太阳辐射计算来说一般遵照三个基本定律:太阳辐射的直散分离原理、布格-朗伯定律(Bouguer-Lambert Law)、余弦定律。所谓太阳辐射的直散分离原理就是:太阳总辐射等于直接辐射和散射辐射之和。散射辐射是太阳辐射经空气中的水蒸气、二氧化碳、尘埃、气溶胶和云等散射的辐射。散射辐射没有方向性,即射向各个方向,这种辐射经过物体遮挡不形成明显的影子。散射辐射与直接辐射的强度大小和所处的地点(经纬度)、季节、地面海拔高度以及时间相关。在晴朗的天气下,散射辐射占总辐射的10%-20%左右;但在多云天气,散射辐射可以高达100%。一天中散射辐射占总辐射的比例也可能有较大的变化。对于当前的光伏系统而言,由于只有垂直入射的辐射和较小入射角的离轴辐射可以被太阳能电池硅晶片吸收,而大入射角的离轴辐射会被太阳能电池硅晶片反射掉而不会产生光电流,因此在这些计算中是不考虑大角度离轴辐射的。但在我国东部地区,煤炭等化石能源赋存不足,用电需求量较大,本来是光伏发电大有作为的地区,但由于一年中空气湿度较大、云量较多,散射辐射占比例较高,在传统光伏发电技术条件下,这些东部地区难以通过光伏实现对工业和居民生活的供电。

[0010] 由于太阳能发电系统能够利用的散射辐射只能是较小入射角(一般小于5度)的离轴辐射,因此光伏系统设计计算时,通常不考虑大入射角的离轴辐射,由此计算出总辐射中,直接辐射大约是小入射角散射辐射的5倍。由于一般散射辐射是均匀分布的,空间180度范围内的总散射辐射实际上大约是小入射角(一般小于5度)光束散射辐射的18倍,也就是说总散射辐射是直接辐射的2-3倍。已有光学科技工作者根据理论模型计算得到:太阳的直接辐射大约占太阳总辐射32%、散射辐射大约占太阳总辐射68%。

[0011] 因此如果能设计一种把全部散射辐射都利用的光伏太阳能发电系统,而不是像现在仅仅接受垂直入射的辐射和较小入射角的离轴辐射的光伏太阳能发电系统,那么在不改变其它元器件的条件下光电流也就是发电能力就可以提高3倍,这样可以降低发电成本。

[0012] 一般的光伏太阳能发电系统电池光电转换率仅仅在20%,其余80%的入射能量大部分转化为热。如果设计一种利用全部散射辐射的光伏太阳能发电系统,由于入射辐射总量增加3倍,那么产生的热也会增加3倍,没有有效的散热器件,太阳能电池晶片的工作温度将急剧升高。现有的太阳能电池,温度每升高1摄氏度,功率减少0.35%,功率的减少实际上就是光电转换效率的降低,也就是提高了成本。如果采用散热器件,也将提高成本,一般是在两种成本间进行权衡。更有效的方法是提高光电转换效率,减少热的产生。图1所示为硅太阳能电池相对光谱响应曲线,一般说来硅太阳能电池对于波长小于250nm的紫外光和波长大于1150nm的红外光没有反应,响应峰值在800-900nm范围内,响应峰值由太阳能电池制造工艺和材料电阻率决定。如果对太阳能电池的入射辐射光谱进行过滤或者用电子技术的术语“选频”,只保留700-900nm的近红外光,从硅太阳能电池相对光谱响应曲线可以看到理论上太阳能电池的光电转换效率将远高于全频谱的20%左右,那么入射辐射能量最多也只有少量转化为热。与普通的80%的入射能量大部分转化为热的现有太阳能电

池系统相比,波长选择是革命性的进步。更为重要的是只使用 700-900nm 的红外光,需要用到光学滤波的器件或材料,可以将对电池 PN 结有害的射线粒子完全过滤掉,这也将延长太阳能电池的寿命。

[0013] 所有采用聚光技术的系统由于对入射光的聚集,投射在焦面时光束是汇聚的,如果太阳能电池晶片就放在焦面上,那么除了垂直入射的光束和较小入射角的离轴光束可以使太阳能电池晶片产生光电转换外,大入射角的离轴光束就会被晶片反射而不会产生光电转换。因此,如果聚光系统不对聚焦的光束进行光路准直校正,即使有较大的聚光比例,大多数汇聚的光线也不会参与光电转换过程。对汇聚的光束进行光路准直校正一般是采用反射或折射的方法,在光束反射或折射时如果配合采用光学选通滤波膜就可以优选某些波长范围内的光而把其它波长范围的光消去,从而实现优选光电转换效率高范围内的光线来参与光电转换,提高太阳能电池的光电转换效率。光线波长选择利用的是调整光学增透膜、增反膜的材料、层数、厚度等参数,有选择地使某些波长的光在光学增透膜、增反膜界面产生相消干涉或相长干涉,即可实现波长选择,光学术语为“滤波”或“选频”。

发明内容

[0014] 本发明目的在于提供一种波长选择性广角聚光光伏发电系统及其方法,可以有效增加光伏电池表面入射光强度,同时避免光伏电池的显著升温,大幅度降低光伏发电成本。

[0015] 本发明提供一种聚光光伏单元,包括:

[0016] 曲面微透镜阵列 100,其中包含多个透镜单元 101,所有透镜单元 101 的焦点重合,形成主焦点;

[0017] 漏斗状光锥 200,为具有中空空腔的台体 202,中空空腔 202 的上口径大于下口径,中空空腔 202 的内侧面 203 为高斯曲面组合,主焦点位于漏斗状光锥 200 的中心对称轴上,经过曲面微透镜阵列 100 的入射光线经内侧面 203 反射后,以比相对于中心对称轴的入射角更小的出射角从漏斗状光锥 200 的下口射出;

[0018] 光伏电池 500,其受光面垂直于中心对称轴设置在漏斗状光锥 200 的下口的下方;

[0019] 波长选择层 300,附着于漏斗状光锥 200 的内侧面 203,波长选择层 300 对该光伏电池 500 的高响应波长范围的入射光全反射,而对低响应波长范围的入射光全透射出漏斗状光锥 200。

[0020] 聚光光伏单元,还包括准直光纤束 400,位于漏斗状光锥 200 的下口与光伏电池之间,且漏斗状光锥 200 的射出光线入射准直光纤束 400 中,光伏电池 500 的受光面接收从准直光纤束 400 中出射的光线。

[0021] 聚光光伏单元的准直光纤束 400 的主轴线与漏斗状光锥 200 的中心对称轴线重合。

[0022] 聚光光伏单元的曲面微透镜阵列 100 呈球面的空间分布,或呈椭球面的空间分布,或呈双曲面的空间分布,或呈抛物面的空间分布,或上述各面的组合形状。

[0023] 聚光光伏单元的多个透镜单元 101 的大小是均一的,或者是位于曲面微透镜阵列 100 的中部的透镜单元的直径较大而位于曲面微透镜阵列 100 的边缘的透镜单元 101 的直径较小。

[0024] 聚光光伏单元的中空空腔 202 为圆台或棱台结构。

[0025] 聚光光伏单元所定义的高响应波长范围是指位于光伏电池 500 的光谱响应曲线的峰值波长 λ_p 的 0.7 ~ 1.2 倍的波长范围;低响应波长范围是指小于 λ_p 的 0.7 倍或大于 λ_p 的 1.2 倍的波长范围。

[0026] 聚光光伏单元的高响应波长范围是 700-900nm 的波长范围。

[0027] 聚光光伏单元的波长选择层 300 是滤光膜或滤光涂层。

[0028] 聚光光伏单元的在准直光纤束 400 与光伏电池 500 之间布置有光学滤波层 450,该光学滤波层 450 允许高响应波长范围的入射光透过。

[0029] 聚光光伏单元的曲面微透镜阵列 100 的视场角为 165 度。

[0030] 聚光光伏单元的曲面微透镜阵列 100 的凸面的表面积为光伏电池 500 的受光面的多倍,实现聚光效果。

[0031] 聚光光伏单元的漏斗状光锥 200 设置在曲面微透镜阵列 100 的正下方,准直光纤束 400 位于漏斗状光锥 200 的正下方,三者之间彼此连接或留存一定的间隙,其中曲面微透镜阵列 100、漏斗状光锥 200、和准直光纤束 400 的中心对称轴线均保持重合。

[0032] 本发明还提供由聚光光伏单元组成的聚光光伏发电系统,一般包括多个聚光光伏单元,并且排布在一起,其中的光伏电池彼此串联或并联。

[0033] 聚光光伏单元的聚光光伏发电系统,其中,多个聚光光伏单元以不追踪阳光移动和不调节对日仰角的方式固定至地面或地面附属物。

[0034] 本发明还提供了一种根据上述装置,进行聚光光伏单元的光伏发电的方法,其中,包括下述步骤:

[0035] 1) 采集直射、散射和 / 或折射光线进入到曲面微透镜阵列 100 的凸面一侧;

[0036] 2) 经过曲面微透镜阵列 100 的透镜单元 101 折射,以不同入射角进入到漏斗状光锥 200 的中空空腔 302,少部分光线直接通过漏斗状光锥 200 的中空空腔 202,经过准直光纤束 400 照射到光伏电池 500,其余大部分光束首先照射到漏斗状光锥 200 的内侧面 203,高响应波长范围的光线被波长选择层 300 全反射,低响应波长范围的光线被波长选择层 300 全透射出漏斗状光锥 200,全反射的光线经过内侧面 203 的高斯曲面的一次或多次反射后,光线与漏斗状光锥 200 的中心对称轴的夹角变小,再经过准直光纤束 400,成为平行光或接近平行光,最终垂直或接近垂直照射到光伏电池 500 表面;

[0037] 3) 在光伏电池 500 中产生光电流而发电。

[0038] 采用上述聚光光伏单元进行光伏发电的方法,其中,步骤 2 中还包括:少部分光线经过准直光纤束 400 后,还通过光学滤波层 450 照射到光伏电池 500,其中光学滤波层 450 允许高响应波长范围的入射光透过。

[0039] 本发明针对现有技术弊端,所提出的单元中包含了曲面微透镜阵列,可以在免跟踪的静态安装条件下不仅对直射光而且同时对折射光和散射光进行广角采集,包含了波长选择层,只截取对光伏电池光电转换最有利的优势波长光线照射光伏电池,另外漏斗状光锥配合准直光纤束对各种入射角度的光线进行准直校正,成为均匀分布的垂直光线,入射到光伏电池。整个系统输入的光辐射的面积远大于光伏电池的表面积,实现聚光功能。

[0040] 由于上述技术方案的使用,本发明具有一系列的优点。下面阐述本发明所依据的基本理论、现实条件以及带来的进步效果:

[0041] 1、包含折射光、散射光的全效采集和光束大角度采集:曲面微透镜阵列采用了球

面外轮廓的微透镜阵列,宏观上球面形状的外形和微观上球面形状的微透镜可以采集大角度的入射光线,具有全辐射采集光线的功能,从仿生学角度看,类似昆虫的复眼结构,能够接受大视场角的光辐射,可以达到 165 度的视场角,甚至更大。这是本发明可以实现免向日跟踪的技术基础。一般光伏电池只有在直射光的照射下,才会产生光电流。本发明由于采用了曲面微透镜阵列,可以将折射光、散射光等斜射光都采集进来,配合漏斗状光锥的内侧面反射,再通过准直光纤束进一步准直校正,将斜射光准直为垂直光伏电池的光束,实现了直射光、折射光、散射光的全效采集,而普通平板光伏电池只能接受垂直入射光线,普通聚光光伏装置也只能采集对于第一聚光器垂直入射的光线。在不同的气象条件、地理条件下,直射光只占总的阳光辐射能量的一部分,其余的折射光、散射光携带了相当比例的辐射能量,因而本发明提高了光伏电池可用的辐射能量。通常观点认为日照条件较差的地区,云雾水汽对日光散射较大,散射辐射占据了阳光辐射能的很大比例,本发明可以有效地将散射辐射收集进而光伏转化,因此对日照等气象条件有更高的适应性。

[0042] 2、免跟踪:一般聚光光伏发电系统需要高精度的跟踪日光的装置,通常是双轴系统。每天从上午到中午到下午,发电系统随着转动机构水平旋转,同时调整仰角。即使单轴跟踪系统,除了每天不同时刻进行水平转动,也需要随着季节调整系统对日的仰角。本发明中,上述效果使得能够实现 165 度大视角光采集,因此该装置可以无需跟踪阳光就可以获得比较好的太阳光输入,省去了复杂的跟踪机构以及运行期间的维护。

[0043] 3、波长选择、减少光伏电池升温:每一种光伏电池都有其光谱响应特征,即光伏电池对不同波长的入射光线的光子会产生不同的光电流,据此绘出该光伏电池的光谱相应曲线,为该光伏电池的商品特征之一。如图 1 所示,为硅电池的光谱响应曲线,峰值波长为 $0.9\ \mu\text{m}$,即 900nm。光学选通膜或者说滤波材料,已经普遍应用于录像设备、望远镜、激光测距仪、夜视仪等,成为商品化的光学材料,可以很容易实现对某一波长或波长范围的光束实现全透过,而对于另外某一波长或波长范围的光束实现全反射,通过材料组合可以实现对波长的选择性透过或选择性反射。例如波长选择层对于 700nm 至 900nm 的光束实现全反射,这一波长范围的光束最终通过漏斗状光锥准直后,垂直入射到硅电池表面,实际光电转换效率要大于硅电池在全光谱范围内的 20%左右的光电转换效率,在光辐射转化成电能的比例升高的同时,光辐射转化成热能的比例相应下降,使得光伏电池温度没有明显升高,降低了聚光后需要加强电池散热的要求。同时,波长选择还可以滤除对光伏电池产生损伤的射线粒子,延长电池服役寿命。

[0044] 4、光束准直:入射到漏斗状光锥中空空腔的光线,其中符合波长选择范围的光线,被内侧面表面专门设计的高斯曲面进行一次或多次反射,光线与漏斗状光锥的中心轴线的夹角逐渐变小,再经过准直光纤束的进一步校正准直,最终以垂直或接近垂直的平行光入射到光伏电池表面,实现了对入射到漏斗状光锥中空空腔的入射光线的准直效果。漏斗状光锥内侧面的高斯曲面的设计基于非球面光学专业知识,通常使用光学软件来协助完成设计,例如 ZEMAX 软件、CodeV 软件等。

[0045] 5、聚光效应:曲面微透镜阵列的采光表面积,远大于光伏电池面积,形成聚光效应。

附图说明

- [0046] 图 1 为硅电池相对光谱响应曲线；
- [0047] 图 2a 为一种曲面微透镜阵列示意图；
- [0048] 图 2b 为六角形透镜单元呈六角对称分布的曲面微透镜阵列；
- [0049] 图 3 为系统静态示意图；
- [0050] 图 4 为漏斗状光锥内侧面局部放大示意图；
- [0051] 图 5 为大范围入射角光路示意图。
- [0052] 图中部件编号
- [0053] 100——曲面微透镜阵列
- [0054] 101——透镜单元
- [0055] 200——漏斗状光锥
- [0056] 201——漏斗状光锥体
- [0057] 202——中空空腔
- [0058] 203——内侧面
- [0059] 230——高斯曲面组合的痕迹线
- [0060] 300——波长选择层
- [0061] 400——准直光纤束
- [0062] 450——光学滤波材料
- [0063] 500——光伏电池

具体实施方式

[0064] 本发明具体系统装置如图 3 系统静态示意图所示。

[0065] 由图 2a 和 2b 可以看到整个曲面微透镜阵列 100 的透镜单元 101 的形状可以是六边形,也可以是四边形、圆形、矩形或其它形状,空间分布也可以多种变化。根据整个曲面微透镜阵列的口径和透镜单元数目很容易计算出透镜单元口径。本发明设计、计算了曲面微透镜阵列的曲面曲率,使得整个曲面微透镜阵列的全部透镜单元组合本质上等同于一个大凸透镜,这样就使得所有的透镜单元的焦点重合在一起,这就可以保证来自不同透镜单元的入射辐射聚焦在一起。

[0066] 太阳每日早晨从东方升起晚上在两方落下,因此不但太阳直射辐射的方位角时时刻刻在变化,太阳直射辐射的入射角也在变化。根据中午时分的太阳直射辐射的入射角和方位角(一般取春分日或秋分日的数据),本发明的曲面微透镜阵列中心垂直于入射太阳直射辐射安装,那么每日从早到晚不同时刻太阳直射辐射投射在曲面微透镜阵列上的轨迹是一条双曲抛物线。在中午太阳直射辐射垂直投射在曲面微透镜阵列中心的透镜单元上,但在其它的透镜单元上太阳直射辐射却是倾斜投射;而其它时刻太阳直射辐射则是随机地垂直投射在某一垂直于太阳直射辐射的透镜单元上,同时倾斜投射在其它透镜单元上。这样在每一时刻都能接受太阳直射辐射,再加上微透镜阵列可以采集大角度的散射辐射,因此就不再需要随时调节微透镜阵列相对于太阳的方位角和对日仰角,可以在全天实现免跟踪接受太阳辐射。至于一年中由于每日太阳对地倾角的变化,相对于春分、秋分的对地倾角也只是更高或更低,具体到本发明中的曲面微透镜阵列所变化的只是代表太阳直射辐射投射轨迹的双曲抛物线向更高或更低方向移动而已,具体说就是垂直于太阳直射辐射的透镜

单元不同而已,没有本质的不同。因此这一曲面微透镜阵列并不需要每日调整对地倾角,也就是说不仅不需要向日跟踪,也不需要调整仰俯角,真正实现任何时刻免跟踪接受太阳直射辐射。

[0067] 如图 5 所示的整个单元的光路,曲面微透镜阵列安装完成后,不仅能接受到太阳直接辐射而且也接受空中的散射、折射辐射,这些散射、折射辐射或垂直入射或倾斜入射地投射在微透镜阵列的不同透镜单元上。无论是太阳直接辐射还是散射、折射辐射经由不同的透镜单元的聚焦最后聚焦在微透镜阵列的主焦点上,投射在微透镜阵列上的辐射几乎全部被接受。

[0068] 入射的太阳光照射在整个曲面微透镜阵列 100 表面,部分垂直入射到曲面微透镜阵列对称中心处透镜单元的入射光经透镜单元折射后,沿曲面微透镜阵列 100 对称轴进入漏斗状光锥 200 中空空腔 202,通过准直光纤束 400,照射在位于在准直光纤束 400 与光伏电池 500 之间的光学滤波材料 450。光学滤波材料 450 能使波长介于相应峰值波长 λ_p 的 0.7 倍至 1.2 倍波长的光束完全透过而照射到光伏电池 500,同时使波长小 0.7 倍 λ_p 和波长大于 1.2 倍 λ_p 的光束全反射,不照射到光伏电池 500 表面。具体到硅光电池,取高响应波长范围 700-900nm,使该波长范围内的光照射到光伏电池 500 表面。波长小于 700nm 和波长大于 900nm 的光被滤掉。

[0069] 斜射到其它透镜单元的入射光经透镜单元折射后大部分光束并不平行曲面微透镜阵列 100 的对称轴,只有某些特定入射角的光束被折射成平行于曲面微透镜阵列 100 的对称轴的离轴光束,这些光束一样最后直接通过漏斗状光锥 200 中空空腔 202、准直光纤束 400、光学滤波材料 450 照射到光伏电池 500 表面。

[0070] 一般不平行于曲面微透镜阵列 100 的对称轴的光束倾斜出射到曲面微透镜阵列 100 的下方,也就是射入漏斗状光锥 200 中空空腔 202。由于各个透镜单元的出射光束的角度各不相同,这样接受的太阳光的光束方向并不相同,如果光伏电池就安放在曲面微透镜阵列的焦点上,聚焦在焦面上大多数光将是倾斜投射到太阳能电池晶片表面而不是垂直照射在太阳能电池晶片上,这些光将被反射回去而不会参与光电转换过程。因此如果希望入射的太阳辐射全部参与光电转换过程,就必须对这些光进行光路准直校正。如果这些光束的角度在 43 度范围内采用光纤即可,但现在光束的角度差远远超过 43 度,仅仅使用光纤是不能实现光束准直的。考虑到本发明对于市场占有率很高的晶硅电池而言,希望使用 700-900nm 范围内的近红外光进行太阳能光电转换,这必然要对太阳入射光谱进行滤波处理,那么把光路准直校正和入射光谱滤波组合在一起完成就更有成本上的优势。于是本发明选择使用漏斗状光锥。

[0071] 如图 3 系统示意图所示,漏斗状光锥 200 位于曲面微透镜阵列 100 下面,来自曲面微透镜阵列 100 的光直接进入光锥,其中来自曲面微透镜阵列 100 平行于对称轴的光束,已如上文所述不再提及。倾斜射入漏斗状光锥 200 的光束,各自倾角不同。根据曲面微透镜阵列 100 的接受光的范围范围和透镜的焦距的参数,可以很容易地计算出不同光束射入漏斗状光锥 200 的位置和入射倾角。根据计算结果,在漏斗状光锥 200 内侧面 203 的不同位置加工出不同参数的高斯曲面结构,使得倾斜入射的光线经过在漏斗状光锥 200 内侧面 203 的若干次反射后,准直校正为小角度入射光,近似平行于漏斗状光锥 200 对称轴的平行光束,并且在垂直于漏斗状光锥 200 对称轴的平面内光束基本均匀分布。

[0072] 如图 4 所示,本发明优选的漏斗状光锥 200 内侧面 203 高斯曲面结构在每一局域为曲面微棱镜。倾斜射入漏斗状光锥 200 内侧面 203 某一点的光束的入射角各不相同,在漏斗状光锥 200 内侧面 203 该点加工出曲面微棱镜,由于漏斗状光锥 200 优选地是圆台体,在漏斗状光锥 200 内侧面 203 上这一曲面微棱镜的曲面表面是一个环面,在内侧面 203 形成高斯曲面组合的痕迹线 230。光束入射在曲面微棱镜上,入射角大于 45 度的光束直接被全反射;入射角小于 45 度的光束折射进入曲面微棱镜内部,再被棱镜底面反射出来。根据光学理论比如使用光学软件 ZEMAX 软件、CodeV 软件计算,入射角大于 45 度的光束经过 3-4 次反射即可校正成为偏离漏斗状光锥 200 对称轴不超过 20 度的近似平行光束;而入射角小于 45 度的光束则需要至少 5-6 次反射才能校正成为偏离漏斗状光锥 200 对称轴不超过 20 度的近似平行光束。这一近似平行光束可以采用准直光纤束 400 进一步校正为几乎完全平行的光束。

[0073] 曲面微棱镜 230 的表面是曲面,根据拉格朗日理论,用于光路校正补偿的曲面必须是偶次曲面,本发明具体实施即是偶次曲面,曲面的具体曲率数值采用光学软件 ZEMAX 软件、CodeV 软件计算获得。利用漏斗状光锥 200 内侧面 203 实现光路准直校正,其原理与通常光纤对光束的准直校正过程原理相同。弯曲的光纤可将入射角各不相同的入射光线最终准直为近似平行光线,从光纤中射出。

[0074] 关于漏斗状光锥 200 及准直光纤束 400 对光线的汇聚并进行准直的原理,在光学的著作中有详细论述。例如美国作者 W. T. Welford 和 R. Winston 合著的光学专著《The Optics of Nonimaging Concentrators: Light and Solar Energy》,由 Academic Press 于 1978 年出版,中译本《非成像聚光器光学:光和太阳能》(原著者 W. T. 威尔福德、R. 维恩斯頓,王国强译)由中国北京的科学出版社 1987 年出版发行。

[0075] 由于光路准直校正是借助于在漏斗状光锥 200 内侧面 203 的反射实现的,可以在漏斗状光锥 200 内侧面 203 镀或贴光学选通膜作为波长选择层,这样在完成光路校正补偿的同时就可以完成波长选择。通过计算设计出所用光学波长选择层材料、层数、厚度,例如选择波长在 700-900nm 范围的光被全反射,而其他波长范围的光则从漏斗状光锥 200 内侧面 203 透过,穿过漏斗状光锥体 201 逸出到漏斗状光锥 200 外面,这样通过漏斗状光锥 200 内侧面 203 的反射既实现了光路的准直校正,也实现了光的波长选择。光学波长选择层的计算、设计已经是成熟的常规方法,可以很容易实现。

[0076] 如上文所述由漏斗状光锥 200 中空空腔 202 出射的光束并不是理想的平行光束而是离轴角 20 度以内的近似平行光束,由于太阳能电池要求垂直入射,因此还需进一步准直校正。在漏斗状光锥 200 下面设置准直光纤束 400,可以把漏斗状光锥 200 中空空腔 202 出射的光束进一步校正为几乎完全平行的光束,最终照射到光伏电池 500 表面。

[0077] 这样入射的太阳光照射在整个曲面微透镜阵列 100 表面,经透镜单元折射后进入漏斗状光锥 200 中空空腔 202,或直接投射到准直光纤束 400 或经漏斗状光锥 200 内侧面 203 的反射校正光路和波段优选再投射到准直光纤束 400,经过光学滤波材料 450 最终照射到光伏电池 500 表面实现波长选择广角聚光光伏发电。

[0078] 尽管本发明的实施方案已公开如上,但其并不仅仅限于说明书和实施方式中所列运用,它完全可以被适用于各种适合本发明的领域,对于熟悉本领域的人员而言,可容易地实现另外的修改,因此在不背离权利要求及等同范围所限定的一般概念下,本发明并不限

于特定的细节和这里示出与描述的图例。

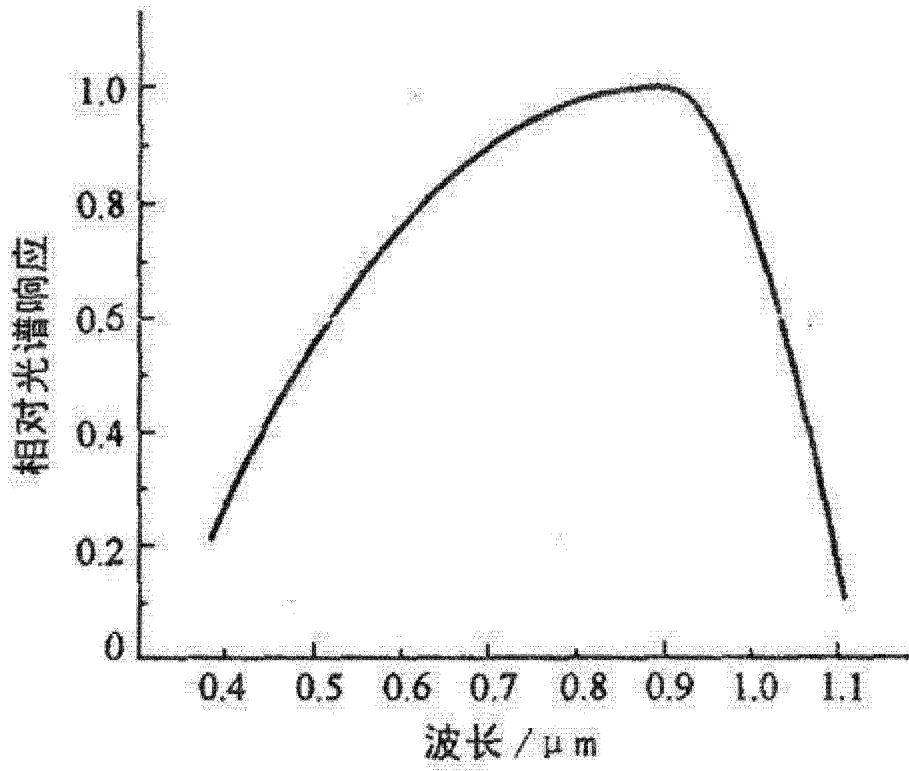


图 1

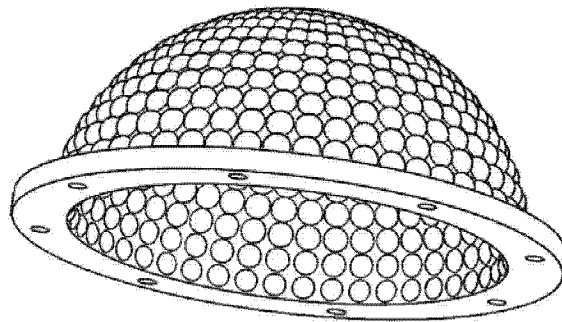


图 2a

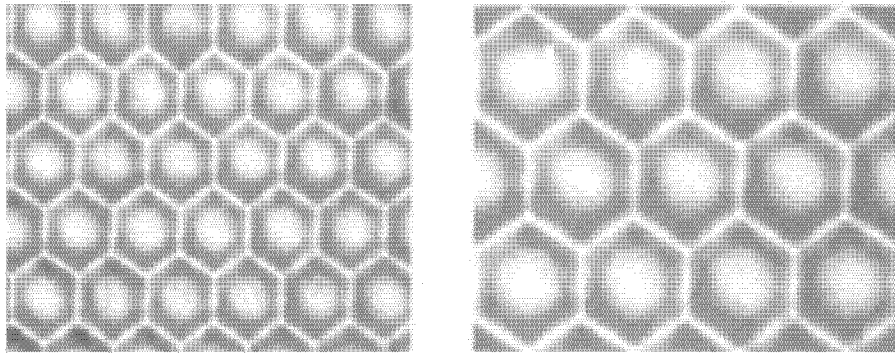


图 2b

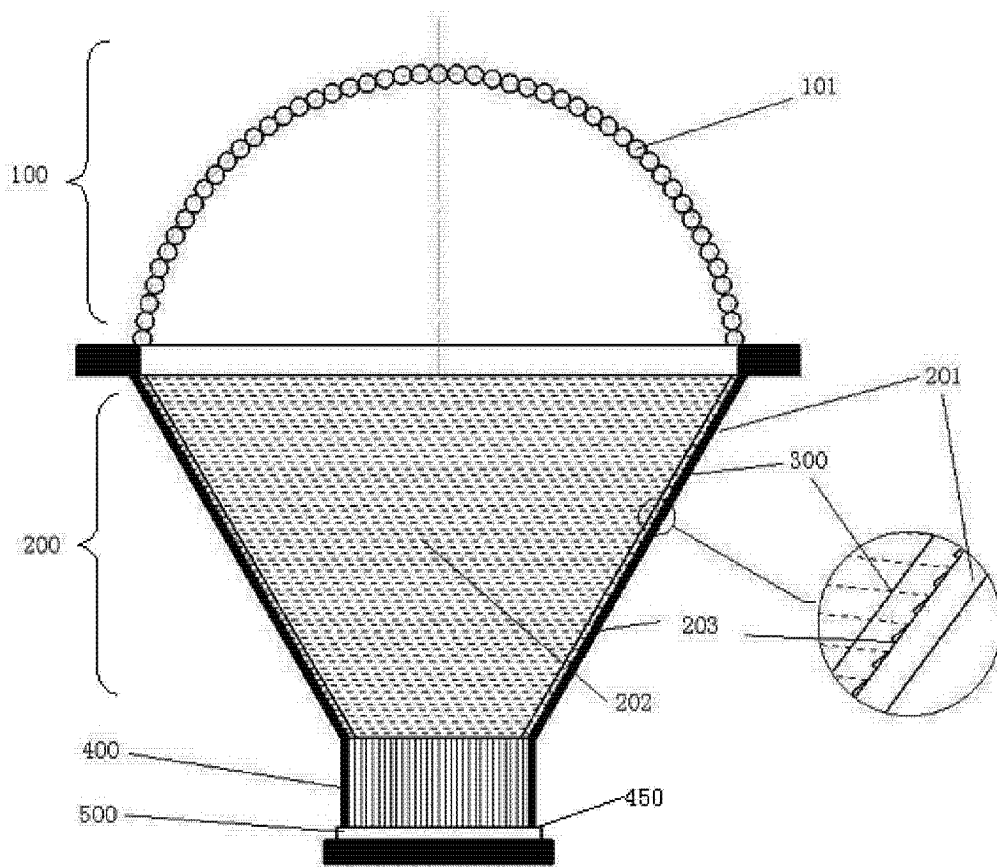


图 3

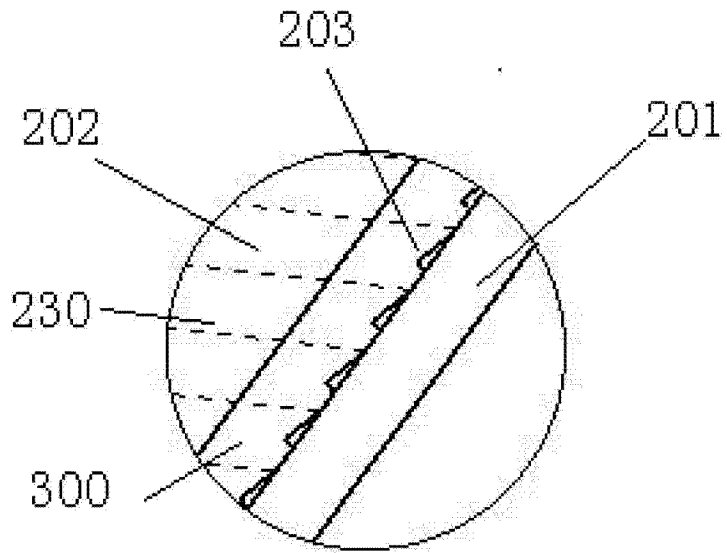


图 4

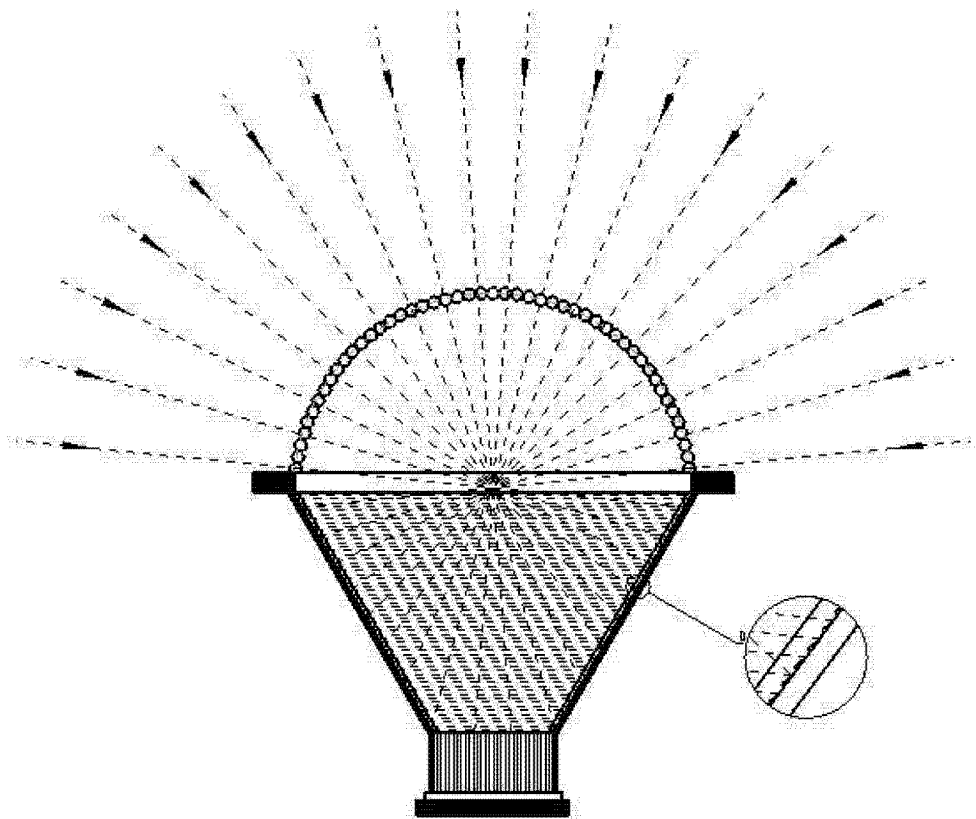


图 5