



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112086522 A

(43) 申请公布日 2020.12.15

(21) 申请号 202010943621.9

(22) 申请日 2020.09.09

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38号

(72) 发明人 沈伟东 杨陈楹 郑婷婷 章岳光

(74) 专利代理机构 杭州知闲专利代理事务所
(特殊普通合伙) 33315

代理人 黄燕

(51) Int.Cl.

H01L 31/0216 (2014.01)

H01L 31/052 (2014.01)

H01L 31/054 (2014.01)

H01L 51/44 (2006.01)

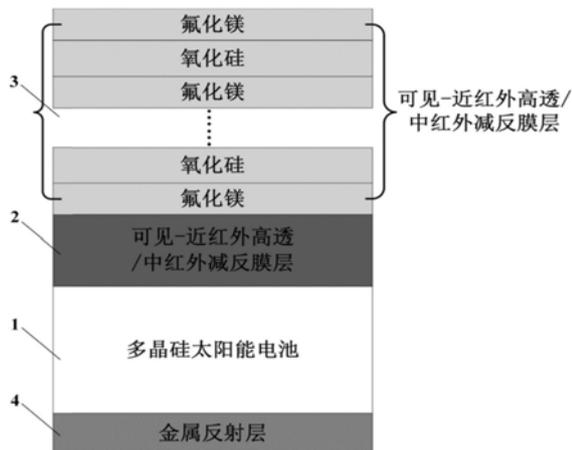
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种辐射制冷太阳能电池组件

(57) 摘要

本发明公开了一种辐射制冷太阳能电池组件,包括太阳能电池,所述太阳能电池的底面设有金属反射层;所述太阳能电池顶面设有可见-近红外高透/中红外吸收膜层和可见-近红外高透/中红外减反膜层,所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层位于太阳能电池顶面与可见-近红外高透/中红外减反膜层之间,光从可见-近红外高透/中红外减反膜层入射。因此该发明辐射制冷太阳能电池有望在光伏发电、电磁探测、能量利用、制冷等方面广泛应用,为我国国民经济、社会发展、科学技术和国防建设等领域作出贡献。



1. 一种辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,包括太阳能电池,所述太阳能电池的底面设有金属反射层;所述太阳能电池顶面设有可见-近红外高透/中红外吸收膜层和可见-近红外高透/中红外减反膜层,所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层位于太阳能电池顶面与可见-近红外高透/中红外减反膜层之间,光从可见-近红外高透/中红外减反膜层入射。

2. 根据权利要求1所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,所述太阳能电池包括全透明太阳能电池、半透明太阳能电池、不透明太阳能电池;选择不透明太阳能电池时,将金属电极层置于整体太阳能电池结构的底部,代替所述金属反射层。

3. 根据权利要求1所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,所述金属反射层材料选自银、铝、金、铜、铂及上述两种或者两种以上金属的合金;所述金属反射层的厚度为大于100nm。

4. 根据权利要求1所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层材料选自氧化硅、碳化硅、氮化硅、氧化钛、氮化钛中的一种或多种,或者选用有机玻璃、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚丙烯基二甘醇碳酸酯、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚四氟乙烯、聚二甲基硅氧烷中的一种或多种。

5. 根据权利要求1所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,所述可见-近红外高透/中红外减反膜层由可见-近红外高透、可见-近红外波段折射率相近但中红外折射率差显著的材料交替堆叠组成,至少其中一种材料为中红外波段吸收材料。

6. 根据权利要求5所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,所述可见-近红外高透/中红外减反膜层中,相邻两个膜层对中红外波段的折射率差异为0.4以上,且低中红外低折射率膜层靠近太阳能电池设置。

7. 根据权利要求5所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,低中红外低折射率膜层材料选自氟化镁、氟化钇、氟化镱、氟化镧、硫化锌、硒化锌,厚度为50-2000nm;所述高中红外低折射率膜层材料选自氧化硅、氧化钛、氧化铝、氧化锆、氧化钪、氧化钽、氧化铌、氮化硅、碳化硅中的一种或多种上述材料的混合物,厚度为50-2000nm。

8. 根据权利要求1所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层和可见-近红外高透/中红外减反膜层对可见光-近红外光波段的光透射率在95%以上;所述可见-近红外高透/中红外减反膜层和可见-近红外高透/中红外吸收膜层对中红外波段的光吸收率在95%以上;所述金属反射层对近红外-中红外波段的光的反射率在95%以上。

9. 根据权利要求1所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,可见-近红外高透/中红外减反膜层由氧化硅、氟化镁交替堆叠组成;所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层为氧化硅层。

10. 根据权利要求9所述的辐射制冷太阳能电池组件,其特征在于,所述可见-近红外高透/中红外减反膜层包括交替堆叠的氟化镁|氧化硅|氟化镁|氧化硅|氟化镁膜层,各膜层厚度依次700~750nm、750~800nm、1000~1100nm、150~200nm、100~150nm;所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层选用30~80 μ m的氧化硅层;金属反射层采用金属银或者铝。

一种辐射制冷太阳能电池组件

技术领域

[0001] 本发明属于光伏发电、电磁探测、能量利用、制冷等领域，具体涉及一种辐射制冷太阳能电池组件。

背景技术

[0002] 太阳能电池，作为地球上最大清洁能源——太阳能的发电关键单元，在近几十年来引起科学界和产业界持续的关注。目前市面上广泛使用的太阳能电池单元主要有晶硅太阳能电池和无机薄膜太阳能电池两种。而在第三次太阳能革新热潮中，有机太阳能电池获得了迅猛发展，目前该电池已小范围进入市场阶段。这些太阳能电池，无论是晶硅类、无机薄膜类，还是有机类，它们的效率、寿命、制造方法都是这些年科学界和产业界关注研究的重点。实际使用中，由于太阳能电池模组需要承受长时间高强度的太阳光直晒，因此大量热量聚集在太阳能电池模组内部，使得模组温度急剧上升，既影响太阳能电池模组的光电转化效率，还影响太阳能电池模组的寿命。所以，太阳能电池模组的散热成为太阳能电池应用中不得不面对的棘手问题。

[0003] 公开号为CN109450375A的文献公开了一种具有自主散热功能的太阳能电池，采用该技术方案时，当太阳能电池本体表面达到一定温度时，温度传感器会把信号传输给散热器表面的控制器，然后驱动电动马达工作，带动扇叶旋转，使周围的空气流动起来，进而促进太阳能电池本体表面热量散失。

[0004] 还有一些文献，比如公开号为CN209184556U的专利文献、公开号为CN210518222U的专利文献、公开号为CN108807583A的专利文献等是采用增加散热快或者散热孔来解决太阳能电池散热的问题。

[0005] 现有技术方案中，再解决散热问题的同时，多多少少都会对太阳能电池的性能带来负面影响。同时结构本身都相对复杂很多。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种辐射制冷太阳能电池，该辐射制冷太阳能电池结构简单，在不影响其基本太阳能电池的最优光电转换效率的情况下，大幅降低太阳能电池工作温度，提高太阳能电池的性能稳定性，扩展太阳能电池的使用寿命。

[0007] 一种辐射制冷太阳能电池组件，包括太阳能电池，所述太阳能电池的底面设有金属反射层；所述太阳能电池顶面设有可见-近红外高透/中红外吸收膜层和可见-近红外高透/中红外减反膜层，所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层位于太阳能电池顶面与可见-近红外高透/中红外减反膜层之间，光从可见-近红外高透/中红外减反膜层入射。

[0008] 采用上述技术方案，金属反射层设于辐射制冷太阳能电池组件的底层；可见-近红外高透/中红外吸收膜层，可见-近红外高透/中红外减反膜层设置在太阳能电池的另一侧，光从可见-近红外高透/中红外减反层侧入射，可见-近红外高透进入太阳能电池吸收转化为电能；中红外光被可见-近红外高透/中红外减反膜层和可见-近红外高透/中红外吸收膜

层吸收实现辐射制冷;其余近/中红外光被反射,避免对太阳能电池组件增加热量的影响。

[0009] 作为优选,所述太阳能电池包括全透明太阳能电池、半透明太阳能电池、不透明太阳能电池;选择不透明太阳能电池时,将金属电极层置于整体太阳能电池结构的底部,代替所述金属反射层。

[0010] 本发明中,对太阳能电池没有限制,所述太阳能电池可以选择多晶硅太阳能电池,染料敏化太阳能电池,有机太阳能电池,钙钛矿太阳能电池等。常用的太阳能电池主要结构为电极|空穴传输层|有源层|电子传输层|电极,有源层的选择决定了太阳能电池的主要分类,如果有源层为多晶硅,则为多晶硅太阳能电池;如果有源层为有机物(聚合物),则为有机(聚合物)太阳能电池;如果有源层为钙钛矿化合物,则为钙钛矿太阳能电池。空穴传输层和电子传输层用以匹配结构中的电势。两侧电极至少一侧电极为透明电极,例如铟锡氧化物(ITO)、掺铝氧化锌(AZO)、导电银浆等,也可选用多层薄膜透明导电电极,例如氧化钛/银/氧化钛、氧化锌/银/氧化锌等。非透明电极一般为金属电极,金属材料可选用银、铝、金、铜、铂及其合金,其厚度需要达到100nm以上,保证高反特性,不透光。因此,本发明太阳能电池可选用全透明太阳能电池、半透明太阳能电池、不透明太阳能电池,其中全透明太阳能电池、半透明太阳能电池的底部需额外增加一层金属层,以完全反射1.1-4 μ m波段的能量,使得该未参加光电转换的能量不对太阳能电池的温度产生影响;而不透明太阳能电池则有一层厚厚的金属电极,只需将其置于整体结构最底层即可。

[0011] 所述的太阳能电池最底层为金属反射层,金属反射材料可选用银、铝、金、铜、铂及其合金,优选为铝。所述金属反射层的厚度为大于100nm,优选为150-1000nm,更进一步优选为180-300nm。由前可知,该金属反射层是全透明太阳能电池和半透明太阳能电池额外金属层,而对于不透明太阳能电池结构,只需将金属电极层置于整体结构的底部即可。

[0012] 所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层可选用单层氧化硅、碳化硅、氮化硅、氧化钛、氮化钛及其化合物,也可选用单层聚合物材料有机玻璃(亚克力、PMMA、聚甲基丙烯酸甲酯等)、聚对苯二甲酸乙二醇酯、CR-39(聚丙烯基二甘醇碳酸酯)、PC(聚碳酸酯)、PS(聚苯乙烯)、聚乙烯、聚四氟乙烯、聚二甲基硅氧烷等有机聚合物材料。进一步优选为k9玻璃。所述可见-近红外高透/中红外吸收层的厚度为大于1 μ m,优选为5-500 μ m,进一步优选为30-100 μ m。

[0013] 所述可见-近红外高透/中红外减反膜层由可见-近红外高透、可见-近红外波段折射率相近但中红外折射率差显著的材料交替堆叠组成,至少其中一种材料为中红外波段吸收材料。

[0014] 作为优选,所述可见-近红外高透/中红外减反膜层中,相邻两个膜层对中红外波段的折射率差异为0.4以上,且低中红外低折射率膜层靠近太阳能电池设置。

[0015] 所述,低中红外低折射率膜层材料(或者中红外透明材料)选自氟化镁、氟化钇、氟化镱、氟化镧、硫化锌、硒化锌,厚度为50-2000nm;进一步优选为100-1000nm;更进一步优选为100~800nm。所述高中红外低折射率膜层材料(或中红外波段吸收材料)选自氧化硅、氧化钛、氧化铝、氧化锆、氧化钨、氧化铌、氮化硅、碳化硅中的一种或多种上述材料的混合物。作为进一步优选,所述中红外透明材料为氧化镱或氧化硅。厚度为50-2000nm。进一步优选为100-1000nm;更进一步优选为100-800nm。

[0016] 本发明中,所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层和可见-近红外高透/中红外减

反膜层对可见光-近红外光波段的光透射率在95%以上;所述可见-近红外高透/中红外减反膜层和可见-近红外高透/中红外吸收膜层对中红外波段的光吸收率在95%以上;所述金属反射层对近红外-中红外波段的光的反射率在95%以上。

[0017] 作为一种优选的方案,可见-近红外高透/中红外减反膜层由氧化硅、氟化镁交替堆叠组成;所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层为氧化硅层。

[0018] 作为进一步优选的方案,所述可见-近红外高透/中红外减反膜层包括交替堆叠的氟化镁|氧化硅|氟化镁|氧化硅|氟化镁膜层,各膜层厚度依次700~750nm、750~800nm、1000~1100nm、150~200nm、100~150nm;所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层选用30~80 μ m的氧化硅层;金属反射层采用金属银或者铝。

[0019] 本发明一种辐射制冷太阳能电池结构按照功能可以分为以下几部分:

[0020] (1) 太阳能电池本体;

[0021] (2) 可见-近红外高透/中红外减反膜层;

[0022] (3) 可见-近红外高透/中红外吸收膜层;

[0023] (3) 红外反射层。

[0024] 显而易见,太阳能电池本体用以实现最基本的太阳能电池的功能,即太阳能(光能)转换为电能。而其余三部分则是本发明最核心的内容,既涉及了可见-近红外能量的利用,又涉及了中红外能量的重新分配。简单说,该三部分实现了可见-近红外(0.38-1.1 μ m)高透射,近红外-中红外(1.1-4 μ m)高反射,中红外(8-13 μ m)高辐射(高吸收)。具体的,为了不影响太阳能电池本身的光电转换效率,太阳能电池上部膜层不能影响太阳能电池吸收带的透过率,即可见-近红外(0.38-1.1 μ m)波段。因此,可见-近红外(0.38-1.1 μ m)高透射是太阳能电池上部膜层的基本要求。在满足可见-近红外(0.38-1.1 μ m)高透射的基础上,本发明通过结构设计,实现了中红外(8-13 μ m)的高辐射(高吸收)。事实上,单层的氧化硅、碳化硅、氮化硅、氧化钛、氮化钛及其化合物以及单层聚合物材料,例如有机玻璃(亚克力、PMMA、聚甲基丙烯酸甲酯等)、聚对苯二甲酸乙二醇酯CR-39(聚丙烯基二甘醇碳酸酯)、PC(聚碳酸酯)、PS(聚苯乙烯)等,均可实现中红外(8-13 μ m)一定程度的吸收。但是要实现中红外(8-13 μ m)高吸收(>95%),就必须结合上部的中红外减反射层。而减反射层不能影响可见-近红外(0.38-1.1 μ m)的透过率,因此可见近红外波段常用的氧化硅/氧化钛膜堆这种结构和折射率组合就不能胜任。必须要有一种全新的不影响可见-近红外透过率的而同时对中红外有效减反的膜系结构以及材料组合。因此,本发明提出了这种可见-近红外波段折射率相近但中红外折射率差显著的材料交替堆叠的膜堆来实现相应的功能。另一方面,太阳能电池无法利用剩余的近红外-中红外(1.1-4 μ m)能量,而该能量的大量吸收会大大增加结构的整体温度,从而影响器件效率和寿命,因此对于该波段,我们必须将其高反射(>95%)。而单层金属膜层即可实现该功能,因此本发明利用太阳能电池基本结构中的金属电极层或额外金属层实现相关功能。最后,太阳能电池本体结合上述光谱调制膜堆组即可实现高效光电转换以及辐射制冷,从而大幅降低太阳能电池器件工作温度,提高太阳能电池效率和寿命。

[0025] 本发明的辐射制冷太阳能电池,相比于传统的非制冷太阳能电池,它能大幅提高太阳能电池的工作性能和生存能力且不产生其他额外的能量消耗,只需自发辐射即可实现。因此本发明的辐射制冷太阳能电池的性能和寿命则可超越传统的非制冷太阳能电池。由于其紧凑的多层薄膜结构或有机聚合物结构,本发明的辐射制冷太阳能电池避免了复杂

的纳米加工技术,例如电子束加工技术、聚焦离子束刻蚀技术、反应离子刻蚀技术、光刻技术等等,有利于大规模、批量化生产。

[0026] 本发明利用简单薄膜的光谱调制作用结合太阳能电池的波段利用条件,构建了三波段(0.38-1.1 μm ,1.1-4 μm ,8-13 μm)高透射(只对太阳能电池上的膜层而言)/高反射/高吸收的独特光谱响应特性,从而实现了高效率的光电转换性能以及辐射制冷性能。本发明的辐射制冷太阳能电池结构简单,制备方便,成本低,适于大面积批量化地生产,从而使得辐射制冷太阳能电池的制备成本在可控范围内。因此该发明辐射制冷太阳能电池有望在光伏发电、电磁探测、能量利用、制冷等方面广泛应用,为我国国民经济、社会发展、科学技术和国防建设等领域作出贡献。

附图说明

[0027] 图1为本发明辐射制冷太阳能电池的结构示意图,太阳能电池采用多晶硅太阳能电池;

[0028] 图2为本发明辐射制冷太阳能电池的结构示意图,太阳能电池采用有机太阳能电池;

[0029] 图3为本发明可见-近红外高透/中红外减反膜层结合可见-近红外高透/中红外吸收膜层0.38-25 μm 波段反射光谱图,其中可见-近红外高透/中红外减反膜层采用氧化硅、氟化镁材料,可见-近红外高透/中红外吸收膜层采用50 μm 氧化硅层,太阳能电池采用理想太阳能电池(0.38-1.1 μm 实现100%量子效率,其余波段反射或透射),金属反射层采用金属银;

[0030] 图4为本发明可见-近红外高透/中红外减反膜层结合可见-近红外高透/中红外吸收膜层0.38-25 μm 波段吸收光谱图,其中可见-近红外高透/中红外减反膜层采用氧化硅、氟化镁材料,可见-近红外高透/中红外吸收膜层采用50 μm 氧化硅层,太阳能电池采用理想太阳能电池(0.38-1.1 μm 实现100%量子效率,其余波段反射或透射),金属反射层采用金属银;

[0031] 图5为本发明可见-近红外高透/中红外减反膜层结合可见-近红外高透/中红外吸收膜层0.38-25 μm 波段透射光谱图,其中可见-近红外高透/中红外减反膜层采用氧化硅、氟化镁材料,可见-近红外高透/中红外吸收膜层采用50 μm 氧化硅层,太阳能电池采用理想太阳能电池(0.38-1.1 μm 实现100%量子效率,其余波段反射或透射),金属反射层采用金属银;

[0032] 图6为本发明辐射制冷太阳能电池的吸收光谱图,其中可见-近红外高透/中红外减反膜层采用氧化硅、氟化镁材料,可见-近红外高透/中红外吸收膜层采用50 μm 氧化硅层,太阳能电池为有机太阳能电池,结构为ITO/ZnO/PBDB-T:ITIC/MoO₃/Al。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图对本发明进行详细说明。

[0034] 如图1所示,一种辐射制冷太阳能电池组件,包括太阳能电池1,所述太阳能电池的底层为金属反射层4,所述太阳能电池的另一侧设有可见-近红外高透/中红外吸收膜层2,可见-近红外高透/中红外吸收膜层上部设有可见-近红外高透/中红外减反膜层3,光从可

见-近红外高透/中红外减反膜层侧入射。此处太阳能电池为多晶硅太阳能电池。金属反射层4位于多晶硅太阳能电池下方,用以反射不利用的太阳光能量以及近红外能量。而金属反射材料可选用银、铝、金、铜、铂及其合金,优选为银、铝。所述金属反射层的厚度为大于100nm,优选为150-1000nm,更进一步优选为180-300nm。可见-近红外高透/中红外吸收膜层2可选用单层氧化硅、碳化硅、氮化硅、氧化钛、氮化钛及其化合物,也可选用单层聚合物材料有机玻璃(亚克力、PMMA、聚甲基丙烯酸甲酯等)、聚对苯二甲酸乙二醇酯、CR-39(聚丙烯基二甘醇碳酸酯)、PC(聚碳酸酯)、PS(聚苯乙烯)、聚乙烯、聚四氟乙烯、聚二甲基硅氧烷等有机聚合物材料。进一步优选为单层氧化硅或k9玻璃。所述可见-近红外高透/中红外吸收膜层的厚度为大于1 μm ,优选为5-500 μm ,进一步优选为30-100 μm 。可见-近红外高透/中红外减反膜层3由可见-近红外波段折射率相近、但中红外折射率差显著(一般为0.4~0.5以上)的材料交替堆叠组成(一般低红外折射率材料在底面,即靠近太阳能电池设置),至少其中一种材料为中红外波段吸收材料,其中中红外波段吸收材料(或者高中红外折射率材料)选自氧化硅、氧化钛、氧化铝、氧化锆、氧化钪、氧化钽、氧化铌、氮化硅、碳化硅及其混合物。作为进一步优选,所述中红外吸收材料(或者高中红外折射率材料)为氧化硅。所述可见-近红外高透/中红外吸收层的厚度为50-2000nm;进一步优选为100-1000nm;更进一步优选为100-800nm。中红外透明材料(或低中红外折射率材料)选自氟化镁、氟化钇、氟化镱、氟化镧、硫化锌、硒化锌。作为进一步优选,所述中红外透明材料(或低中红外折射率材料)为氟化镁、氧化镱。所述中红外透明层(或低中红外折射率材料)的厚度为50-2000nm;进一步优选为100-1000nm;更进一步优选为100-800nm。

[0035] 如图2所示,一种辐射制冷太阳能电池,包括太阳能电池11,所述太阳能电池的底层为金属反射层44,所述太阳能电池的另一侧设有可见-近红外高透/中红外吸收膜层22,可见-近红外高透/中红外吸收膜层上部设有可见-近红外高透/中红外减反膜层33,光从可见-近红外高透/中红外减反膜层侧入射。此处太阳能电池为有机太阳能电池。由于有机太阳能电池结构包含一层厚厚的金属电极,因此只需将其置于整体结构最底层即可,金属反射层44即为此金属电极,该结构不需要单独设置金属反射层。金属反射层材料及厚度同上所述。可见-近红外高透/中红外吸收膜层22组成同上所述。可见-近红外高透/中红外减反膜层33组成同上所述。

[0036] 本发明一种辐射制冷太阳能电池结构按照功能可以分为以下几部分:(1)太阳能电池本体;(2)可见-近红外高透/中红外减反膜层;(3)可见-近红外高透/中红外吸收膜层;(4)红外反射层。显而易见,太阳能电池本体用以实现最基本的太阳能电池的功能,即太阳能(光能)转换为电能。而其余三部分实现了可见-近红外(0.38-1.1 μm)高透射(只对太阳能电池上部的膜层而言),近红外-中红外(1.1-4 μm)高反射,中红外(8-13 μm)高辐射(高吸收)。太阳能电池本体结合上述光谱调制膜堆组即可实现高效光电转换以及辐射制冷,从而大幅降低太阳能电池器件工作温度,提高太阳能电池效率和寿命。

[0037] 图3显示了银|理想太阳能电池|可见-近红外高透/中红外吸收膜层|可见-近红外高透/中红外减反膜层的反射光谱图,理想太阳能电池可将入射光全部转化为电能,即在0.3-1.1 μm 实现100%的量子效率,而其他波段反射或吸收。银层厚度为200nm可见-近红外高透/中红外吸收膜层选用50 μm 氧化硅层。可见-近红外高透/中红外减反膜层为:氟化镁|氧化硅|氟化镁|氧化硅|氟化镁,各膜层厚度依次730nm、770nm、1050nm、180nm、140nm。可

见-近红外高透/中红外吸收膜层与可见-近红外高透/中红外减反膜层结合后,中红外波段由于基底材料与空气界面折射率不匹配引起的明显反射损耗大幅降低,中红外波段3-25 μm 波段平均反射可降低至5%以内;同时由于在可见-近红外波段,膜层交替材料折射率相近且与基底材料折射率相近,则在可见-近红外波段无明显反射。而足够厚($\geq 50\mu\text{m}$)的可见-近红外高透/中红外吸收膜层即可保证无中红外入射光穿透结构,因此,该波段反射率越低,吸收率就越高。另外,由于两膜层可见-近红外波段折射率相近,因此本发明辐射制冷太阳能电池对可见-近红外波段太阳光能量无阻挡,可实现太阳能电池的高效光电转化效率。

[0038] 图4显示了银|理想太阳能电池|可见-近红外高透/中红外吸收膜层|可见-近红外高透/中红外减反膜层的透射光谱图,结构同图3。可以看到,足够厚($\geq 200\text{nm}$)的金属反射层,整个辐射制冷太阳能电池在可见-近红外-中红外波段均无透过。

[0039] 图5显示了银|理想太阳能电池|可见-近红外高透/中红外吸收膜层|可见-近红外高透/中红外减反膜层的吸收光谱图,结构同图3。可以看到,可见-近红外波段(0.38-1.1 μm)能量主要被太阳能电池有源层吸收,实现高效光电转换特性,中红外波段(8-13 μm)能量则被可见-近红外高透/中红外吸收膜层和可见-近红外高透/中红外减反膜层吸收,从而实现高效辐射制冷。因此,本发明辐射制冷太阳能电池可以实现较低温度下较高的光伏转换效率,大大提高性能和寿命。

[0040] 将图3-图5辐射制冷太阳能电池结构中的理想太阳能电池替换为实际有机太阳能电池,结构为ITO/ZnO/PBDB-T:ITIC/MoO₃/Al,各膜层厚度依次130nm、30nm、200nm、50nm、200nm,其中ITO和Al为导电电极,ZnO和MoO₃分别为电子传输层和空穴传输层,PBDB-T:ITIC为有源层(也叫功能层),Al层作为最底部金属反射。本发明辐射制冷太阳能电池结构为:铝|有机太阳能电池|可见-近红外高透/中红外吸收膜层|可见-近红外高透/中红外减反膜层的吸收光谱图,如图6所示。有机太阳能电池的吸收波段为0.38-1.1 μm ,因此,该波段的高吸收可以保证有机太阳能电池的高效光电转换特性。中红外波段(8-13 μm)能量的高辐射则保证了该太阳能电池的高效辐射制冷特性。因此,本发明一种辐射制冷太阳能电池只需若干层薄膜即可实现较低温度条件下稳定地光伏转换,可有效提高太阳能电池的光电转换性能,大幅提高太阳能电池的寿命。

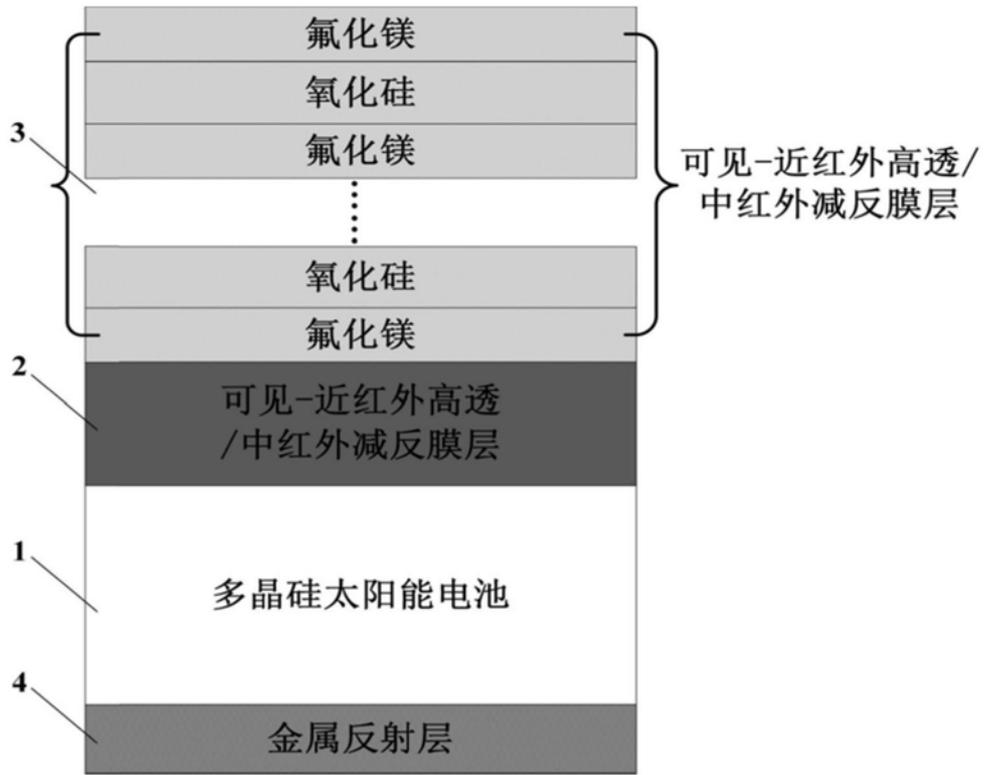


图1

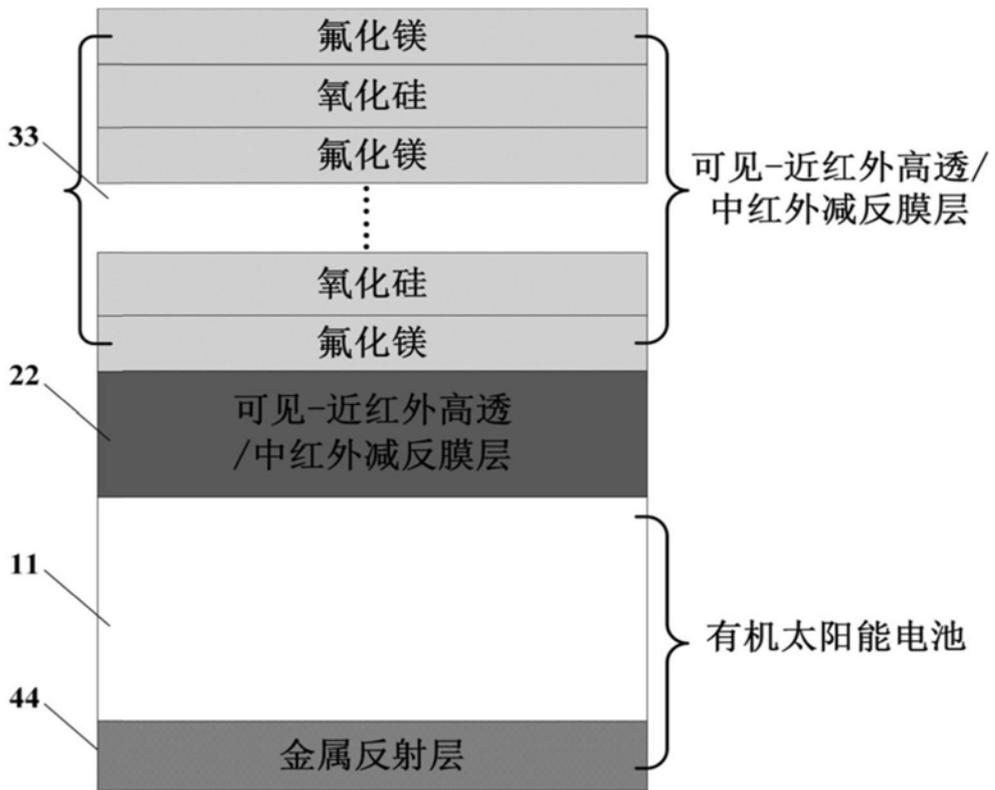


图2

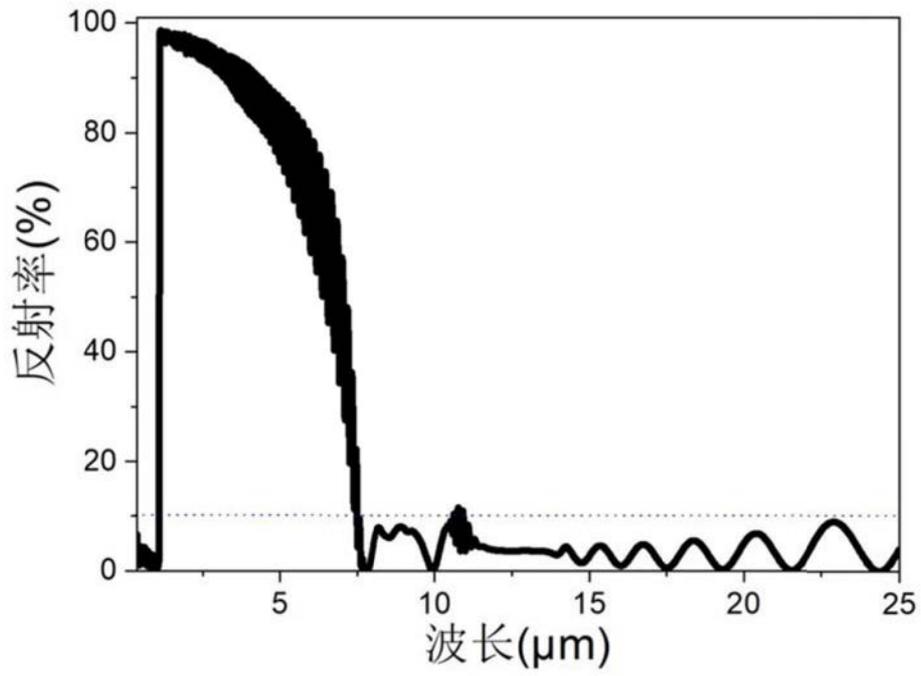


图3

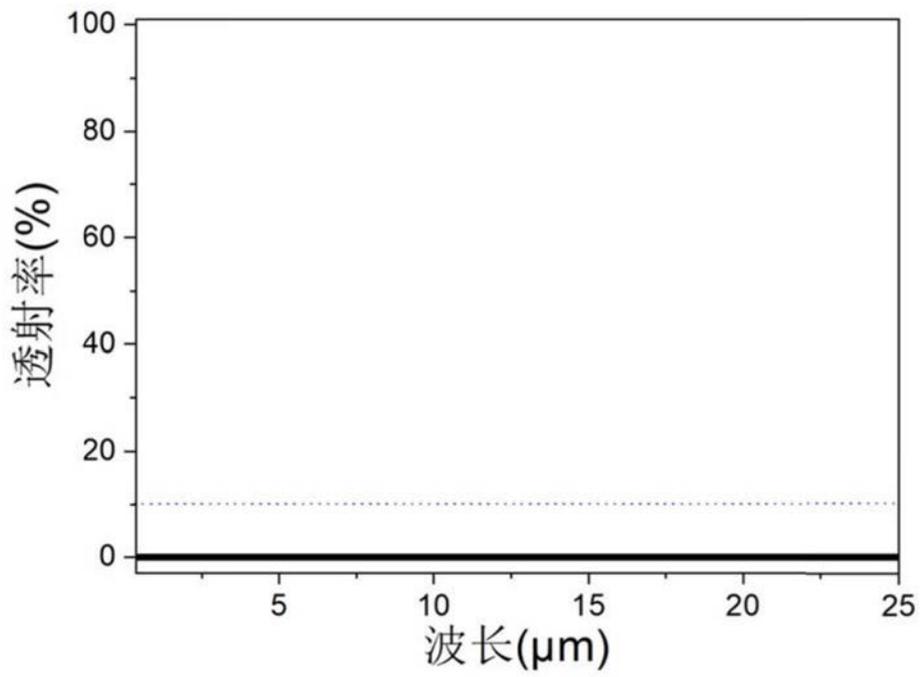


图4

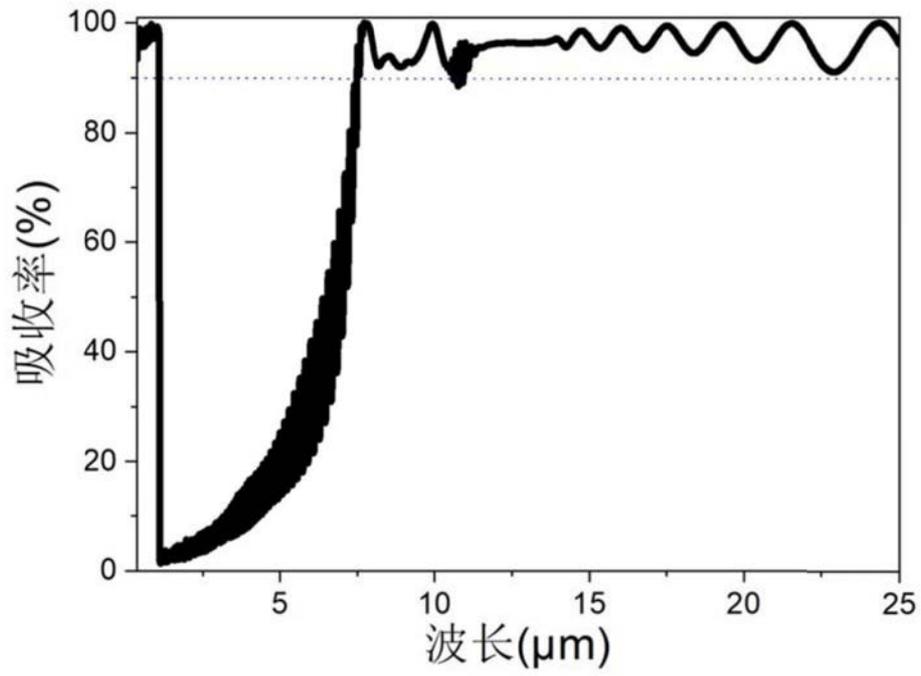


图5

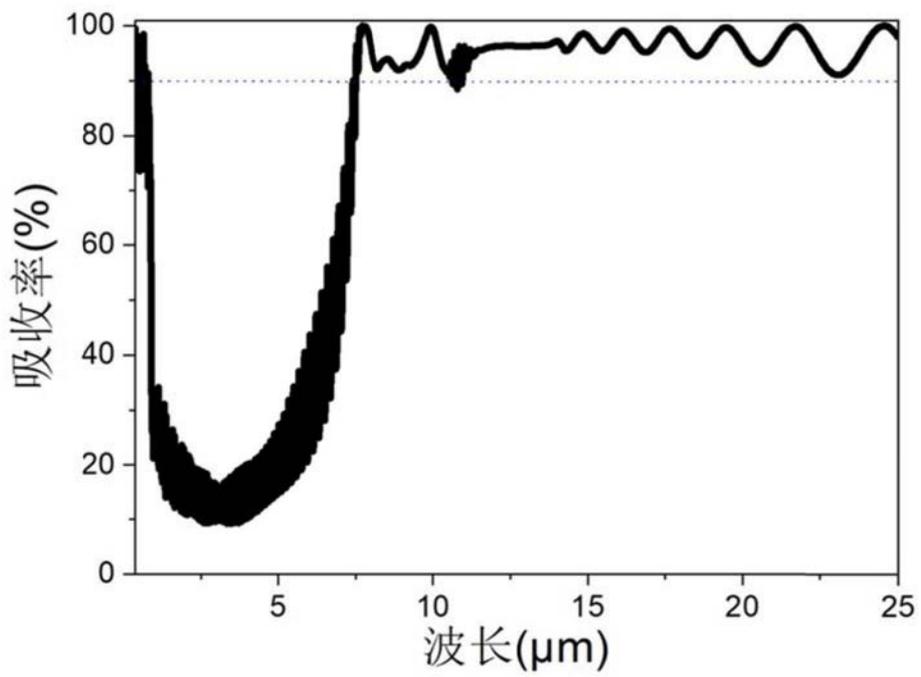


图6