



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110901182 A

(43)申请公布日 2020.03.24

(21)申请号 201911199872.4

(22)申请日 2019.11.29

(71)申请人 哈尔滨工业大学(威海)

地址 264209 山东省威海市文化西路2号

(72)发明人 王富强 张鑫平

(74)专利代理机构 哈尔滨市伟晨专利代理事务
所(普通合伙) 23209

代理人 李晓敏

(51)Int.Cl.

B32B 9/00(2006.01)

B32B 9/04(2006.01)

B32B 3/08(2006.01)

B32B 33/00(2006.01)

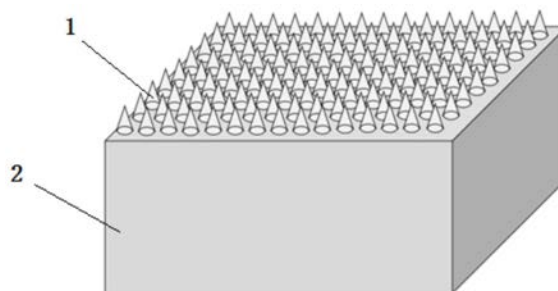
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃

(57)摘要

基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃,属于光学及纳米材料技术领域。解决了现有节能玻璃不具备对太阳辐射能量的选择透过性。技术要点:包括为仿生蛾眼微纳结构层和复合材料结构层,其中,复合材料结构层采用了 SiO_2 、 Al_2O_3 和Ag三种材料制成多层膜结构,一共分为七层,按从上到下排列,第一层 SiO_2 膜、第二层 Al_2O_3 膜、第三层Ag膜、第四层 Al_2O_3 膜、第五层 SiO_2 膜、第六层Ag膜和第七层 Al_2O_3 膜,在复合材料结构层的第一层 SiO_2 膜之上覆盖仿生蛾眼微纳结构层。所制得的节能玻璃拥有很好的近红外反射性和很高的可见光透光性,该玻璃对室内制冷节能的贡献率达34%。



1. 基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃, 其特征在于, 包括仿生蛾眼微纳结构层(1)和复合材料结构层(2), 其中, 复合材料结构层(2)采用了 SiO_2 、 Al_2O_3 和Ag三种材料制成多层膜结构, 一共分为七层, 由上至下依次排列, 第一层 SiO_2 膜(2-1)、第二层 Al_2O_3 膜(2-2)、第三层Ag膜(2-3)、第四层 Al_2O_3 膜(2-4)、第五层 SiO_2 膜(2-5)、第六层Ag膜(2-6)和第七层 Al_2O_3 膜(2-7), 在复合材料结构层(2)的第一层 SiO_2 膜(2-1)之上覆盖仿生蛾眼微纳结构层(1), 仿生蛾眼微纳结构层(1)由若干个圆锥状蛾眼微纳结构均匀排布构成, 圆锥状蛾眼微纳结构的高度为 $0.15\sim 0.35\mu\text{m}$, 材料为 SiO_2 。

2. 根据权利要求1所述的基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃, 其特征在于: 所述圆锥状蛾眼微纳结构的几何方程为 $z = \sqrt{x^2 + y^2}$, 是空间解析几何中圆锥方程的一般式, 母线与底面夹角为 45° 。

3. 根据权利要求1或2所述的基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃, 其特征在于: 所述第一层 SiO_2 膜的厚度为 $1\sim 2\mu\text{m}$, 第二层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.03\sim 0.07\mu\text{m}$, 第三层Ag膜的厚度为 $0.008\sim 0.013\mu\text{m}$, 第四层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.008\sim 0.013\mu\text{m}$, 第五层 SiO_2 膜的厚度为 $0.07\sim 0.13\mu\text{m}$, 第六层Ag膜的厚度为 $0.008\sim 0.013\mu\text{m}$, 第七层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.03\sim 0.07\mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃, 其特征在于: 所述第一层 SiO_2 膜的厚度为 $1\mu\text{m}$, 第二层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.03\mu\text{m}$, 第三层Ag膜的厚度为 $0.008\mu\text{m}$, 第四层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.008\mu\text{m}$, 第五层 SiO_2 膜的厚度为 $0.07\mu\text{m}$, 第六层Ag膜的厚度为 $0.008\mu\text{m}$, 第七层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.03\mu\text{m}$; 圆锥状蛾眼微纳结构的高度为 $0.15\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1或2所述的基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃, 其特征在于: 所述第一层 SiO_2 膜的厚度为 $2\mu\text{m}$, 第二层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.07\mu\text{m}$, 第三层Ag膜的厚度为 $0.013\mu\text{m}$, 第四层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.013\mu\text{m}$, 第五层 SiO_2 膜的厚度为 $0.13\mu\text{m}$, 第六层Ag膜的厚度为 $0.013\mu\text{m}$, 第七层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.07\mu\text{m}$; 圆锥状蛾眼微纳结构的高度为 $0.35\mu\text{m}$ 。

6. 根据权利要求1或2所述的基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃, 其特征在于: 所述第一层 SiO_2 膜的厚度为 $1.5\mu\text{m}$, 第二层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.05\mu\text{m}$, 第三层Ag膜的厚度为 $0.01\mu\text{m}$, 第四层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.01\mu\text{m}$, 第五层 SiO_2 膜的厚度为 $0.1\mu\text{m}$, 第六层Ag膜的厚度为 $0.01\mu\text{m}$, 第七层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.05\mu\text{m}$; 圆锥状蛾眼微纳结构的高度为 $0.25\mu\text{m}$ 。

基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃

技术领域

[0001] 本发明涉及一种节能玻璃,具体涉及一种基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃,属于光学及纳米材料技术领域。

背景技术

[0002] 当今,全球气候变暖和能源危机成为制约人类发展的重要问题,其中节能减排是解决以上问题的重要途径。人们在居住建筑中消耗的能源占据了约全球总能源的一半,其中用于建筑制冷的能源占比约为50%。所以,如何有效减少制冷能耗成为了节能减排的重要课题。

[0003] 众所周知,地球上的绝大部分能源均来自于太阳辐射,而建筑内温度增高的主要原因也是太阳辐射。太阳辐射的能量主要集中在0.2~3 μm 的波长范围,具体细分为三个区域:可见光区(0.38~0.76 μm)、近红外区(0.76~3 μm)和紫外区(0.2~0.38 μm)。三个区域的能量占比分别为50%、43%和7%。太阳辐射能量通过采光玻璃进入室内,引起室温升高。现代普通玻璃通常不具备对太阳辐射能量的选择透过性,其对0.2~3 μm 波长范围内的太阳辐射均有90%左右的透过率。一些大型建筑,如鸟巢、水立方、北京大兴机场等,大量采用透光玻璃进行采光,用来减少白天用于照明的能源消耗,但是也带来了室内温度升高过快的隐患。为此,不少专家学者对近红外反射材料展开了大量的研究。

[0004] 蛾为了生存,其眼睛构造能够让光线透过而不反射光线。这是因为如果在黑夜里眼睛反光,就有可能让其他动物发现自己。研究发现,蛾的眼睛表面覆盖了一层拥有多个高约200nm、间隔200nm的凸起物,就是这层凹凸不平的薄膜使得光线能够散射开来,避免向某个方向集中反射,光波无法辨认出该微纳凸起结构,所以眼角膜对可见光具有很低的反射系数。从光学折射率调制的观点来看,这种微纳结构可等效看作是材料表面的折射率沿深度方向呈连续变化,减小了折射率急剧变化所带来的反射效应。

[0005] 在以往的研究中,已经将仿生蛾眼微纳结构应用到了手机屏幕中,用于减少对可见光的反射,提升强光下使用手机的体验感。也有很多人对近红外反射材料展开了研究,但是主要集中在金属材料,而且对近红外区的反射率只有80%左右,且牺牲了对可见光的透光性。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃,其是一种利用蛾眼微纳结构的抗反射性和多种材料复合时的综合光学性能的能对太阳辐射能量选择性透过的节能玻璃,其用以解决现有节能玻璃不具备对太阳辐射能量的选择透过性,以及现有的仿生蛾眼微纳结构应用中对近红外区的反射率只有80%左右,牺牲了对可见光的透光性的问题。本发明减少了建筑对太阳辐射能量的摄入,达到节能减排的目的,具体体现在本发明对太阳辐射能量的选择透过性:对近红外区透过率很低,对可见光透过率很高。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0008] 基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃,包括为仿生蛾眼微纳结构层和复合材料结构层,其中,复合材料结构层采用了SiO₂、Al₂O₃和Ag三种材料制成多层膜结构,一共分为七层,由上至下依次排列,第一层SiO₂膜、第二层Al₂O₃膜、第三层Ag膜、第四层Al₂O₃膜、第五层SiO₂膜、第六层Ag膜和第七层Al₂O₃膜,在复合材料结构层的第一层SiO₂膜之上覆盖仿生蛾眼微纳结构层,仿生蛾眼微纳结构层由若干个圆锥状蛾眼微纳结构均匀排布构成,圆锥状蛾眼微纳结构的高度为0.15~0.35μm,材料为SiO₂。

[0009] 进一步地:所述圆锥状蛾眼微纳结构的几何方程为 $z = \sqrt{x^2 + y^2}$,是空间解析几何中圆锥方程的一般式,母线与底面夹角为45°。

[0010] 进一步地:所述第一层SiO₂膜的厚度为1~2μm,第二层Al₂O₃膜的厚度为0.03~0.07μm,第三层Ag膜的厚度为0.008~0.013μm,第四层Al₂O₃膜的厚度为0.008~0.013μm,第五层SiO₂膜的厚度为0.07~0.13μm,第六层Ag膜的厚度为0.008~0.013μm,第七层Al₂O₃膜的厚度为0.03~0.07μm。

[0011] 进一步地:所述第一层SiO₂膜的厚度为1μm,第二层Al₂O₃膜的厚度为0.03μm,第三层Ag膜的厚度为0.008μm,第四层Al₂O₃膜的厚度为0.008μm,第五层SiO₂膜的厚度为0.07μm,第六层Ag膜的厚度为0.008μm,第七层Al₂O₃膜的厚度为0.03μm;圆锥状蛾眼微纳结构的高度为0.15μm。

[0012] 进一步地:所述第一层SiO₂膜的厚度为2μm,第二层Al₂O₃膜的厚度为0.07μm,第三层Ag膜的厚度为0.013μm,第四层Al₂O₃膜的厚度为0.013μm,第五层SiO₂膜的厚度为0.13μm,第六层Ag膜的厚度为0.013μm,第七层Al₂O₃膜的厚度为0.07μm;圆锥状蛾眼微纳结构的高度为0.35μm。

[0013] 进一步地:所述第一层SiO₂膜的厚度为1.5μm,第二层Al₂O₃膜的厚度为0.05μm,第三层Ag膜的厚度为0.01μm,第四层Al₂O₃膜的厚度为0.01μm,第五层SiO₂膜的厚度为0.1μm,第六层Ag膜的厚度为0.01μm,第七层Al₂O₃膜的厚度为0.05μm;圆锥状蛾眼微纳结构的高度为0.25μm。

[0014] 本发明所达到的效果为:

[0015] 本发明利用蛾眼微纳结构的抗反射性和多种材料复合时的综合光学性能,实现了玻璃对太阳辐射能量选择性透过。仿生蛾眼微纳结构降低了玻璃对可见光的反射率,进而提高了对可见光的透过率。本发明将仿生蛾眼微纳结构应用于节能玻璃中,同时采用了SiO₂、Al₂O₃、Ag这三种材料,制成了以SiO₂层为主体,附加Al₂O₃、Ag涂层的玻璃结构。通过FDTD计算得出,该节能玻璃对近红外波段光线的透过率仅为3%,相比于普通玻璃降低了约88%,同时对可见光的透过率与普通玻璃相差无几。使用该玻璃能够使相应的制冷能耗降低34%。对于大量采用透光玻璃采光的建筑,如水立方、北京大兴机场等,采用该节能玻璃可以减少大量的能源消耗。

附图说明

[0016] 图1为本发明的仿生蛾眼微纳结构模型图;

[0017] 图2为本发明的复合材料结构层示意图;

[0018] 图3为本发明的实施例1的节能玻璃模拟效果图;

[0019] 图4为本发明的实施例2的节能玻璃模拟效果图；

[0020] 图5为本发明的实施例3的节能玻璃模拟效果图。

具体实施方式

[0021] 下面根据附图详细阐述本发明优选的实施方式。

[0022] 实施例1:如图1-图3所示,本实施方式所述基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃,包括为仿生蛾眼微纳结构层1和复合材料结构层2,其中,复合材料结构层2采用了SiO₂、Al₂O₃和Ag三种材料制成多层膜结构,一共分为七层,按从上到下排列,第一层SiO₂膜的厚度为1μm,第二层Al₂O₃膜的厚度为0.03μm,第三层Ag膜的厚度为0.008μm,第四层Al₂O₃膜的厚度为0.008μm,第五层SiO₂膜的厚度为0.07μm,第六层Ag膜的厚度为0.008μm,第七层Al₂O₃膜的厚度为0.03μm;圆锥状蛾眼微纳结构的高度为0.15μm,在复合材料结构层2的第一层SiO₂膜2-1之上覆盖仿生蛾眼微纳结构层1,仿生蛾眼微纳结构层1由若干个圆锥状蛾眼微纳结构均匀排布构成,圆锥状蛾眼微纳结构的材料为SiO₂;圆锥状蛾眼微纳结构的母线与底面夹角为45°。

[0023] 为了检验本实施例所述节能玻璃的光学性能,采用时域有限差分方法(FDTD),利用计算机软件模拟了整个光学过程。得到了如图3所示的模拟结果。结果显示,该节能玻璃对近红外波段光线的透过率仅为3%,相比于普通玻璃降低了约88.02%,同时对可见光的透过率与普通玻璃相差无几。另外,节能玻璃在紫外区的透过率相比于普通玻璃也略有下降,进一步增加了节能效果。该玻璃预计能使用于消除太阳辐射对室温影响的能耗降低约33.98%。

[0024] 实施例2:如图1、图2和图4所示,本实施方式所述基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃,包括为仿生蛾眼微纳结构层1和复合材料结构层2,其中,复合材料结构层2采用了SiO₂、Al₂O₃和Ag三种材料制成多层膜结构,一共分为七层,按从上到下排列,第一层SiO₂膜的厚度为2μm,第二层Al₂O₃膜的厚度为0.07μm,第三层Ag膜的厚度为0.013μm,第四层Al₂O₃膜的厚度为0.013μm,第五层SiO₂膜的厚度为0.13μm,第六层Ag膜的厚度为0.013μm,第七层Al₂O₃膜的厚度为0.07μm;圆锥状蛾眼微纳结构的高度为0.35μm,在复合材料结构层2的第一层SiO₂膜2-1之上覆盖仿生蛾眼微纳结构层1,仿生蛾眼微纳结构层1由若干个圆锥状蛾眼微纳结构均匀排布构成,圆锥状蛾眼微纳结构的材料为SiO₂;圆锥状蛾眼微纳结构的母线与底面夹角为45°。

[0025] 为了检验本实施例所述节能玻璃的光学性能,采用时域有限差分方法(FDTD),利用计算机软件模拟了整个光学过程。得到了如图3所示的模拟结果。结果显示,该节能玻璃对近红外波段光线的透过率仅为3%,相比于普通玻璃降低了约88.07%,同时对可见光的透过率与普通玻璃相差无几。另外,节能玻璃在紫外区的透过率相比于普通玻璃也略有下降,进一步增加了节能效果。该玻璃预计能使用于消除太阳辐射对室温影响的能耗降低约33.89%。

[0026] 实施例3如图1、图2和图5所示,本实施方式所述基于仿生蛾眼微纳结构的近红外过滤性节能玻璃,包括为仿生蛾眼微纳结构层1和复合材料结构层2,其中,复合材料结构层2采用了SiO₂、Al₂O₃和Ag三种材料制成多层膜结构,一共分为七层,按从上到下排列,第一层SiO₂膜的厚度为1.5μm,第二层Al₂O₃膜的厚度为0.05μm,第三层Ag膜的厚度为0.01μm,第四

层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.01\mu\text{m}$,第五层 SiO_2 膜的厚度为 $0.1\mu\text{m}$,第六层Ag膜的厚度为 $0.01\mu\text{m}$,第七层 Al_2O_3 膜的厚度为 $0.05\mu\text{m}$;圆锥状蛾眼微纳结构的高度为 $0.25\mu\text{m}$,在复合材料结构层2的第一层 SiO_2 膜2-1之上覆盖仿生蛾眼微纳结构层1,仿生蛾眼微纳结构层1由若干个圆锥状蛾眼微纳结构均匀排布构成,圆锥状蛾眼微纳结构的材料为 SiO_2 ;圆锥状蛾眼微纳结构的母线与底面夹角为 45° 。

[0027] 为了检验本实施例所述节能玻璃的光学性能,采用时域有限差分方法(FDTD),利用计算机软件模拟了整个光学过程。得到了如图3所示的模拟结果。结果显示,该节能玻璃对近红外波段光线的透过率仅为3%,相比于普通玻璃降低了约88.03%,同时对可见光的透过率与普通玻璃相差无几。另外,节能玻璃在紫外区的透过率相比于普通玻璃也略有下降,进一步增加了节能效果。该玻璃预计能使用于消除太阳辐射对室温影响的能耗降低约34.02%。

[0028] 实施例1-3中,对于光学过程的模拟,在多种可用的数值方法中,时域有限差分法(FDTD)是一种新近发展起来的可选方法。FDTD法是解决复杂问题的有效方法之一,是一种直接基于时域电磁场微分方程的数值算法,它直接在时域将Maxwell旋度方程用二阶精度的中心差分近似,从而将时域微分方程的求解转换为差分方程的迭代求解。是电磁场和电磁波运动规律和运动过程的计算机模拟。

[0029] 实施例1-3中,仿生蛾眼微纳结构的制备,现有方法有湿法刻蚀技术和纳米压印技术等,而复合材料层可采用溶胶凝胶法。

[0030] 纳米压印技术是通过光刻胶辅助,将模板上的微纳结构转移到待加工材料上的技术。

[0031] 分为三个步骤:

[0032] 第一步是模板的加工。一般使用电子束刻蚀等手段,在硅或其他衬底上加工出所需要的结构作为模板。由于电子的衍射极限远小于光子,因此可以达到远高于光刻的分辨率。

[0033] 第二步是图样的转移。在待加工的材料表面涂上光刻胶,然后将模板压在其表面,采用加压的方式使图案转移到光刻胶上。注意光刻胶不能被全部去除,防止模板与材料直接接触,损坏模板。

[0034] 第三步是衬底的加工。用紫外光使光刻胶固化,移开模板后,用刻蚀液将上一步未完全去除的光刻胶刻蚀掉,露出待加工材料表面,然后使用化学刻蚀的方法进行加工,完成后去除全部光刻胶,最终得到高精度加工的材料。

[0035] 溶胶凝胶法是用含高化学活性组分的化合物作前驱体,在液相下将这些原料均匀混合,并进行水解、缩合化学反应,在溶液中形成稳定的透明溶胶体系,溶胶经陈化胶粒间缓慢聚合,形成三维网络结构的凝胶,凝胶网络间充满了失去流动性的溶剂,形成凝胶。凝胶经过干燥、烧结固化制备出分子乃至纳米亚结构的材料。

[0036] 以上实施例仅用于说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照上述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的范围。

[0037] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包

含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

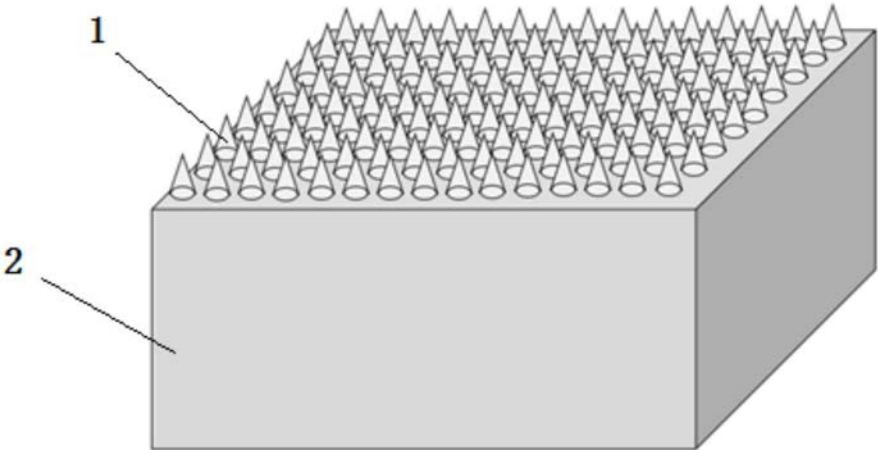


图1

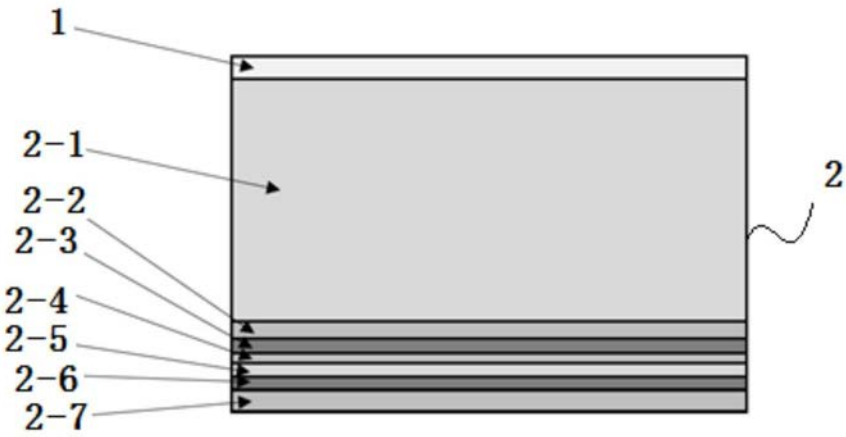


图2

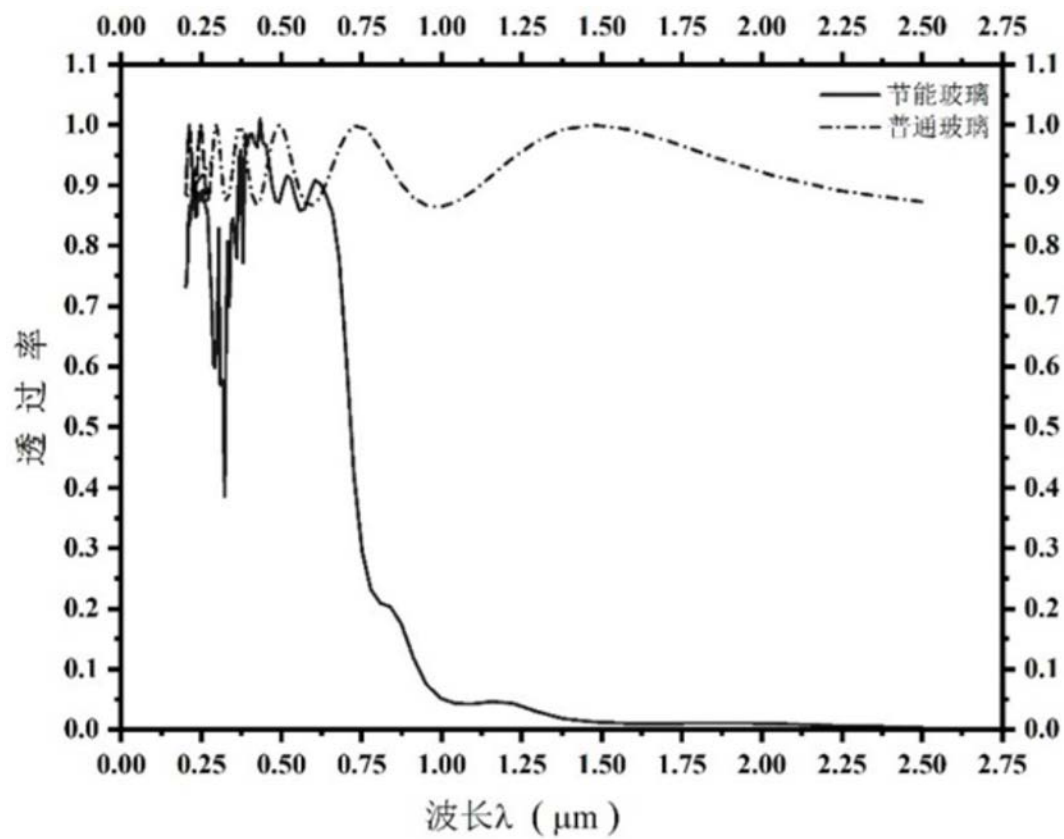


图3

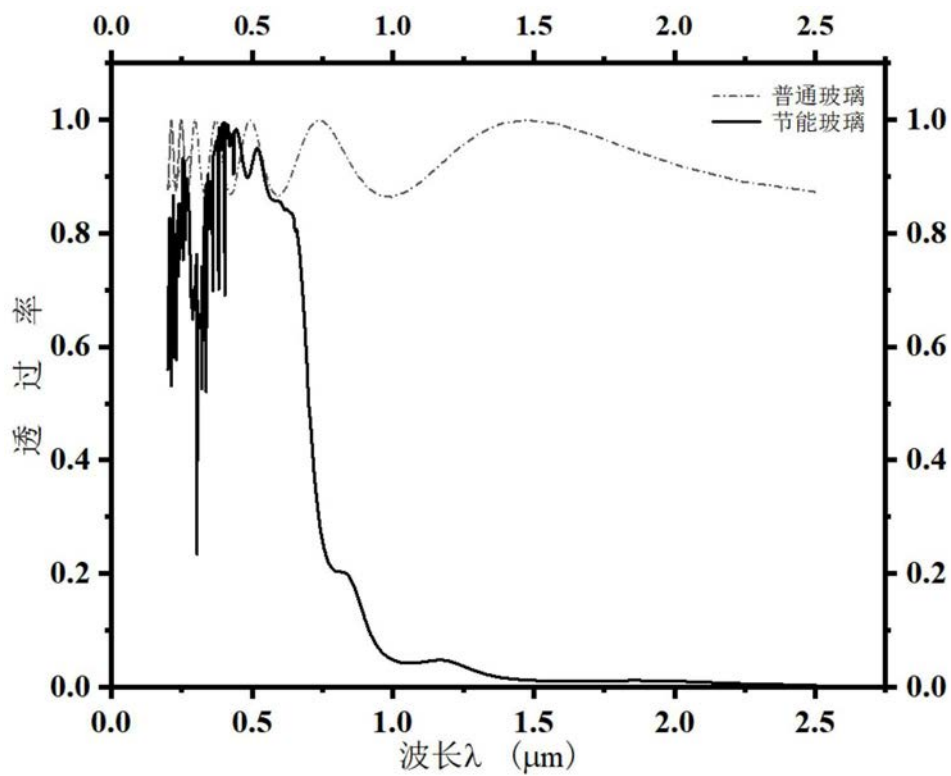


图4

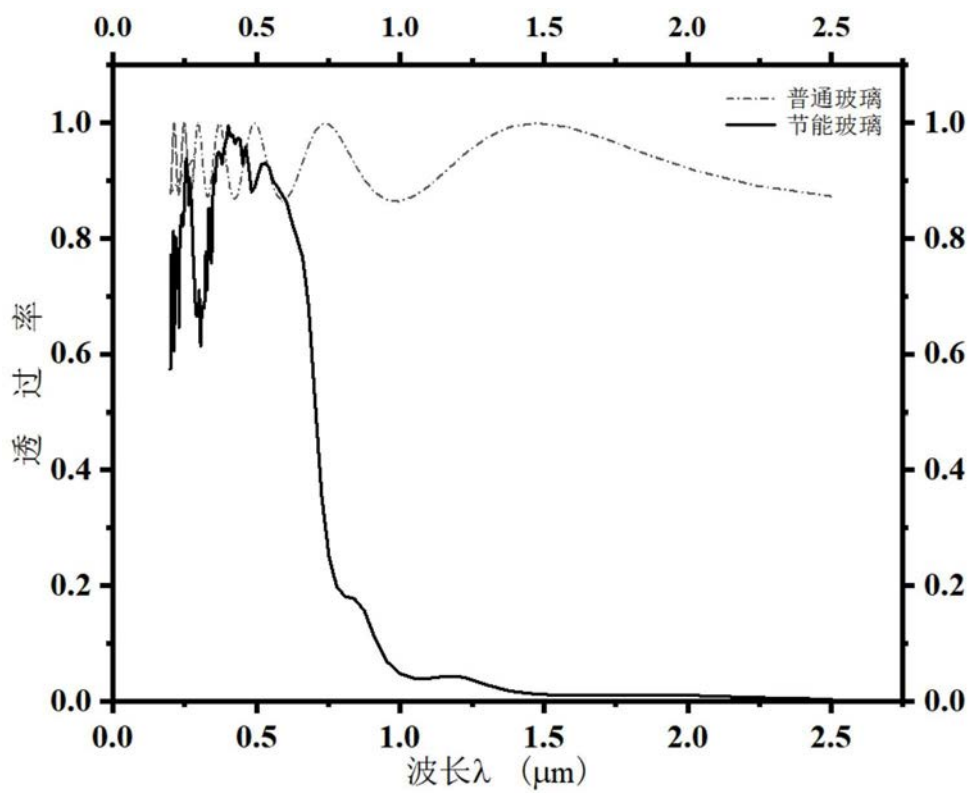


图5