



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110318257 A

(43)申请公布日 2019.10.11

(21)申请号 201910720951.9

D06M 13/328(2006.01)

(22)申请日 2019.08.06

D06M 101/36(2006.01)

(71)申请人 中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

D06M 101/06(2006.01)

地址 215123 江苏省苏州市苏州工业园区
独墅湖高教区若水路398号

(72)发明人 张学同 吕婧

(74)专利代理机构 南京利丰知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 32256

代理人 王茹

(51)Int.Cl.

D06M 15/53(2006.01)

D06M 13/144(2006.01)

D06M 13/188(2006.01)

D06M 13/02(2006.01)

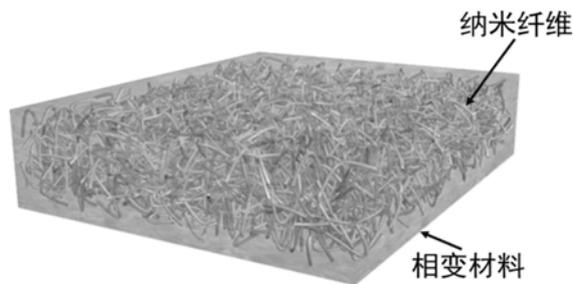
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

具有红外吸收功能的纳米复合薄膜及其制作方法和应用

(57)摘要

本发明公开了一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜及其制作方法和应用。所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜包括多孔薄膜以及红外吸收物质,所述多孔薄膜具有由纳米纤维相互搭接形成的连通的三维网络状结构,具有强毛细作用力,所述红外吸收物质至少负载于所述多孔薄膜的三维网络状结构内。本发明提供的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜具有较宽的红外吸收波段以及较高的红外吸收率,同时成本低廉,制备工艺简单,易于实现规模化生产,可直接用于滤光隔热、防红外辐射,也可以与多孔薄膜叠加成组合结构,用于热管理或者对抗红外侦察,应用前景非常广泛。



1. 一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,其特征在於包括多孔薄膜以及红外吸收物质,所述多孔薄膜具有由纳米纤维搭接形成的连通的三维网络状结构,所述红外吸收物质至少负载于所述多孔薄膜的三维网络状结构内。

2. 根据权利要求1所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,其特征在於:所述红外吸收物质分布在所述纳米纤维表面以及所述多孔薄膜的内部孔道中;和/或,所述纳米纤维包括芳纶纳米纤维、纤维素纳米纤维、聚酰亚胺纳米纤维中的任意一种或两种以上的组合;和/或,所述多孔薄膜的厚度为100-1000 μm ,密度为0.01-0.10g/cm³,孔隙率为80-99.8%,热导率为0.02-0.06W/m.K;和/或,所述多孔薄膜中纳米纤维的直径为2-100nm;和/或,所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜内的红外吸收物质含量为1-99wt%,优选为30-98wt%;和/或,所述红外吸收物质包括聚乙二醇、多元醇、脂肪胺、高级脂肪醇、高级脂肪酸中的任意一种或两种以上的组合。

3. 根据权利要求1所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,其特征在於:所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的红外吸收波段为3-15 μm ,红外吸收率为50-99.8%,优选为90%-99.8%;和/或,所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的厚度为100-250 μm 、拉伸强度为0.1-300MPa。

4. 如权利要求1-3中任一项所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的制作方法,其特征在於包括:

提供多孔薄膜,所述多孔薄膜具有由纳米纤维搭接形成的连通的三维网络状结构;

将熔融态的红外吸收物质填充至所述多孔薄膜的三维网络状结构内,获得所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,或者,

将红外吸收物质溶液填充至所述多孔薄膜的三维网络状结构内,再经干燥处理后获得所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。

5. 根据权利要求4所述的制作方法,其特征在於包括:将所述多孔薄膜置于熔融态的红外吸收物质中,静置1-24h后取出,进而获得所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。

6. 根据权利要求4所述的制作方法,其特征在於包括:将所述多孔薄膜置于红外吸收物质溶液中,静置1-24h,取出干燥处理后获得所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜;和/或,所述红外吸收物质溶液的浓度为1-90wt%;和/或,所述红外吸收物质溶液中的溶剂包括水、乙醇、叔丁醇、丙酮、氮甲基吡咯烷酮中的任意一种或两种以上的组合。

7. 如权利要求1-3中任一项所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜于滤光隔热、防红外线辐射、热管理及对抗红外侦察领域的用途。

8. 一种可对抗红外侦察的组合结构,其特征在於包括叠层设置的隔热层以及权利要求1-3中任一项所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,所述隔热层为多孔薄膜,所述多孔薄膜具有由纳米纤维搭接形成的连通的三维网络状结构。

9. 根据权利要求8所述的对抗红外侦察的组合结构,其特征在於:所述纳米纤维包括芳纶纳米纤维、纤维素纳米纤维、聚酰亚胺纳米纤维中的任意一种或两种以上的组合;和/或,所述对抗红外侦察的组合结构包括1-5层所述的隔热层;优选的,所述隔热层的厚度为100-1000 μm ,热导率为0.02-0.06W/m·K。

10. 一种可对抗红外侦察的组合结构的使用方法,其特征在於包括:将权利要求8或9所述的对抗红外侦察的组合结构覆盖在高温目标物上,其中所述的具有红外吸收功能的纳

米复合薄膜设置在远离高温目标物的一侧。

具有红外吸收功能的纳米复合薄膜及其制作方法和应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种红外吸收薄膜,特别涉及一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜及其制作方法和应用,属于纳米新材料技术领域。

背景技术

[0002] 红外吸收材料是指对红外光某一波段或某几个波段具有较强吸收的特殊功能材料。它可以是单一的化合物,也可以是由两种或者两种以上的材料复合而成。红外吸收材料可以用于吸收目标的红外辐射以对抗红外侦察,也可以屏蔽红外光区的光源照射或者防止热量散失以起到隔热保温的作用。

[0003] 传统的红外吸收材料大多为粉体,如钨青铜、氧化钒等,该类材料制备工艺复杂,并且难以加工成大尺寸器件。而红外吸收薄膜具有质量轻、厚度小、可拆卸等优点,因而应用广泛。因此,研究人员不断提高红外吸收材料的成膜性,目前,普遍采用的方法有两种,一种是将红外吸收材料粉体与易成膜的聚合物进行物理混合,例如,CN201711396606公开了一种具有红外吸收功能的热塑性聚氨酯弹性体(TPU)薄膜及其制备方法,将红外吸收物质聚苯胺、聚吡咯与聚碳酸酯、聚乙烯基吡咯烷酮、TPU颗粒、纳米二氧化硅混炼挤出,得到TPU薄膜,该薄膜具有良好的柔韧性和力学性能,但物理混合存在红外吸收物质分散不均匀问题,且红外吸收率仅为60%-75%。另外一种提高红外吸收物质成膜性的方法是化学复合法,例如,CN201811226654利用正硅酸乙酯的水解过程以及聚乙烯醇与纳米二氧化硅的溶胶-凝胶过程,制备具有红外吸收功能的柔性复合薄膜,但只在 $3\mu\text{m}$ - $3.4\mu\text{m}$ 和 $8\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$ 波段吸收率较高。

[0004] 此外,利用多孔材料的毛细作用吸附红外吸收物质,可制备特定形状的红外吸收材料。例如,CN105369380A公开了一种相变调温纤维,将多孔吸附材料、高分子相变材料和具有远红外吸收功能的物质吸附共混,再与纤维素离子液体混合制备纺丝原液,采用溶剂法制备相变调温纤维,该相变调温纤维对远红外光和可见光均有吸收,但并没有研究 $3\mu\text{m}$ - $15\mu\text{m}$ 红外波段红外吸收性能以及纺丝原液的成膜性。鉴于滤光隔热、防红外线辐射、热管理及对抗红外侦察等领域对红外吸收薄膜的需求,迫切需要研发一种工艺简单、成本低廉、 $3\mu\text{m}$ - $15\mu\text{m}$ 波段红外吸收率高的红外吸收薄膜。

发明内容

[0005] 本发明的主要目的在于提供一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜及其制作方法和应用,以克服现有技术中的不足。

[0006] 为实现前述发明目的,本发明采用的技术方案包括:

[0007] 本发明实施例一方面提供了一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,其包括多孔薄膜以及红外吸收物质,所述多孔薄膜具有由纳米纤维相互搭接形成的连通的三维网络状结构,具有强毛细作用力,所述红外吸收物质至少负载于所述多孔薄膜的三维网络状结构内。

[0008] 进一步的,所述红外吸收物质分布在所述纳米纤维表面以及所述多孔薄膜的内部孔道中。

[0009] 进一步的,所述纳米纤维包括芳纶纳米纤维、纤维素纳米纤维、聚酰亚胺纳米纤维中的任意一种或两种以上的组合,但不限于此。

[0010] 进一步的,所述多孔薄膜的厚度为100-1000 μm ,密度为0.01-0.10 g/cm^3 ,孔隙率为80-99.8%,热导率为0.02-0.06 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。

[0011] 进一步的,所述多孔薄膜中纳米纤维的直径为2-100 nm 。

[0012] 进一步的,所述红外吸收物质于所述纳米复合薄膜中的含量为1-99 $\text{wt}\%$,优选为30-98 $\text{wt}\%$ 。

[0013] 进一步的,所述红外吸收物质包括聚乙二醇、多元醇、脂肪胺、高级脂肪醇、高级脂肪酸中的任意一种或两种以上的组合,但不限于此。

[0014] 进一步的,所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜在3 μm -15 μm 红外波段的红外吸收率可调,吸收率为50%-99.8%,优选为90%-99.8%。

[0015] 进一步的,所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的厚度为100-250 μm 、拉伸强度为0.1-300 MPa 。

[0016] 本发明实施例另一方面还提供了前述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的制作方法,其包括:

[0017] 提供多孔薄膜,所述多孔薄膜具有由纳米纤维搭接形成连通的三维网络状结构;

[0018] 将熔融态的红外吸收物质填充至所述多孔薄膜的三维网络状结构内,获得所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,或者,

[0019] 将红外吸收物质溶液填充至所述多孔薄膜的三维网络状结构内,再经干燥处理后获得所述具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。

[0020] 在一些较为具体的实施方案中,所述的制作方法可以包括:将红外吸收物质置于真空烘箱中加热至红外物质的熔化温度以上,将多孔薄膜浸没到熔融态的红外吸收物质中,并将浸没到熔融态的红外吸收物质中的多孔薄膜置于真空烘箱中静置1-24h,通过毛细作用,红外吸收物质负载到多孔薄膜的三维网络状结构内,取出并除去表面多余的红外吸收物质,进而获得所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。

[0021] 在一些较为具体的实施方案中,所述的制作方法还可以包括:先将红外吸收物质溶于溶剂中形成红外吸收物质溶液,将所述多孔薄膜浸没在红外吸收物质溶液中,静置1-24h,通过毛细作用,红外吸收物质负载到多孔薄膜的三维网络状结构内,取出并除去表面多余的红外吸收物质,经冷冻干燥处理或常压干燥处理后获得所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。

[0022] 其中,所述红外吸收物质溶液的浓度为1-90 $\text{wt}\%$,所述红外吸收物质溶液中的溶剂包括水、乙醇、叔丁醇、丙酮、氮甲基吡咯烷酮中的任意一种或两种以上的组合,但不限于此。

[0023] 本发明提供的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的制备工艺简单,条件温和、可控,易于实现规模化生产,且红外吸收率高。

[0024] 本发明实施例还提供了所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜于滤光隔热、防红外线辐射、热管理及对抗红外侦察等领域的用途。

[0025] 例如,利用所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜红外吸收率高的特点,直接用于滤光隔热和防红外辐射。

[0026] 本发明实施例还提供了一种可对抗红外侦查的组合结构,其包括叠层设置的隔热层以及所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,所述隔热层为多孔薄膜。

[0027] 进一步的,所述多孔薄膜具有由复数条纳米纤维相互搭接形成连通的三维网络状结构,所述纳米纤维包括芳纶纳米纤维、纤维素纳米纤维、聚酰亚胺纳米纤维中的任意一种或两种以上的组合,但不限于此。

[0028] 进一步的,所述可对抗红外侦查的组合结构包括1-5层所述的隔热层,所述隔热层的厚度为100-1000 μm ,热导率为0.02-0.06W/m \cdot K。

[0029] 本发明实施例还提供了一种可对抗红外侦查的组合结构的使用方法,其包括:将所述的可对抗红外侦查的组合结构覆盖在高温目标物上,其中所述的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜设置在远离高温目标物的一侧。

[0030] 本发明中的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜还可根据不同目标物的尺寸进行裁剪,且可以包覆在不规则表面。

[0031] 其中,多孔薄膜为隔热层,可将高温目标物体的温度降低至与环境温度匹配;具有红外吸收功能的纳米复合薄膜具有高红外吸收率,高温目标发射的红外光无法透过,因而覆盖这种组合结构的高温目标在红外照片中与背景融合,可对抗红外侦察。

[0032] 藉由上述技术方案,本发明提供的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜由多孔薄膜负载红外吸收物质组成,所述多孔薄膜由纳米纤维相互搭接形成,具有连通的三维网络状结构,具有可调的密度、孔隙率、热导率等,且毛细作用力强。所述红外吸收物质吸附在多孔薄膜的纳米纤维表面及孔道内。所述红外吸收功能纳米复合薄膜的红外吸收波段宽、红外吸收率高,应用前景非常广泛。

[0033] 与现有技术相比,本发明提供的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜具有较宽的红外吸收波段以及较高的红外吸收率,同时成本低廉,制备工艺简单,易于实现规模化生产,可直接用于滤光隔热、防红外辐射,也可以与多孔薄膜叠加成组合结构,用于热管理或者对抗红外侦察,应用前景非常广泛。

附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0035] 图1是本发明一典型实施方案中一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的结构示意图;

[0036] 图2a-图2c分别是本发明实施例1、实施例2、实施例3中所获得的一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的扫描电镜图;

[0037] 图3是本发明实施例4中所获得的一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的TG曲线;

[0038] 图4是本发明实施例5-实施例8中所获得的一种具有红外吸收功能的纳米复合薄

膜的FT-IR谱图；

[0039] 图5是本发明实施例9中所获得的一种具有红外吸收功能的纳米复合薄膜覆盖于加热板上的红外照片；

[0040] 图6是本发明实施例10中所获得的一种多孔薄膜与具有红外吸收功能的纳米复合薄膜组合结构覆盖于加热板上的红外照片。

具体实施方式

[0041] 鉴于现有技术中的不足，本案发明人经长期研究和大量实践，得以提出本发明的技术方案。如下将对该技术方案、其实施过程及原理等作进一步的解释说明。

[0042] 以下通过若干实施例并结合附图进一步详细说明本发明的技术方案。然而，所选的实施例仅用于说明本发明，而不限本发明的范围，本领域技术人员可根据实际情况进行调整。

[0043] 实施例1

[0044] 配制质量分数为30%的聚乙二醇水溶液，将厚度为200 μm 、孔隙率为95%、密度为29 mg/cm^3 、热导率为0.036 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的芳纶纳米纤维多孔薄膜置于聚乙二醇水溶液中，静置12h后取出，去除表面多余聚乙二醇水溶液，常压干燥，获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。图2a示出了本实施例所得的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的SEM照片，其他参数请参见表1。

[0045] 实施例2

[0046] 配制质量分数为50%的十六醇水溶液，将厚度为500 μm 、孔隙率为95%、密度为29 mg/cm^3 、热导率为0.036 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的芳纶纳米纤维多孔薄膜置于十六醇水溶液中，静置12h后取出，去除表面多余十六醇水溶液，常压干燥，获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。图2b示出了本实施例所得的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的SEM照片，其他参数请参见表1。

[0047] 实施例3

[0048] 在烘箱中加热硬脂酸至完全融化，将厚度为1000 μm 、孔隙率为95%、密度为29 mg/cm^3 、热导率为0.036 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的芳纶纳米纤维多孔薄膜浸没到熔融态的硬脂酸中，并于80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中静置12h后取出，放置于滤纸上，再放回80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中，滤纸吸收薄膜表面多余的硬脂酸，6h后从烘箱中取出，室温冷却后获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。图2c示出了本实施例所得的具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的SEM照片，其他参数请参见表1。

[0049] 实施例4

[0050] 在烘箱中加热聚乙二醇至完全融化，将厚度为500 μm 、孔隙率为95%、密度为29 mg/cm^3 、热导率为0.036 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的芳纶纳米纤维多孔薄膜浸没到熔融态的聚乙二醇中，并于80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中静置12h后取出，放置于滤纸上，再放回80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中，滤纸吸收薄膜表面多余的聚乙二醇，6h后从烘箱中取出，室温冷却获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。图3示出了本实施例所得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的TG曲线，其他参数请参见表1。

[0051] 实施例5

[0052] 将厚度为100 μm 、孔隙率为90%、密度为42 mg/cm^3 、热导率为0.038 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的纤维素纳米纤维多孔薄膜浸没到熔融态的聚乙二醇中,并于80 $^{\circ}\text{C}$ 真空烘箱中静置12h后取出,放置于滤纸上,再放回80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中,滤纸吸收薄膜表面多余的聚乙二醇,6h后从烘箱中取出,室温冷却获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。图4示出了本实施例所得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的红外透过率,其他参数请参见表1。

[0053] 实施例6

[0054] 将厚度为150 μm 、孔隙率为90%、密度为42 mg/cm^3 、热导率为0.038 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的纤维素纳米纤维多孔薄膜浸没到熔融态的聚乙二醇中,并于80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中静置12h后取出,放置于滤纸上,再放回80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中,滤纸吸收薄膜表面多余的聚乙二醇,6h后从烘箱中取出,室温冷却获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。图4示出了本实施例所得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的红外透过率,其他参数请参见表1。

[0055] 实施例7

[0056] 将厚度为200 μm 、孔隙率为90%、密度为42 mg/cm^3 、热导率为0.038 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的纤维素纳米纤维多孔薄膜浸没到熔融态的聚乙二醇中,80 $^{\circ}\text{C}$ 真空烘箱中静置12h后取出,放置于滤纸上,再放回80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中,滤纸吸收薄膜表面多余的聚乙二醇,6h后从烘箱中取出,室温冷却获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。图4示出了本实施例所得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的红外透过率,其他参数请参见表1。

[0057] 实施例8

[0058] 将厚度为250 μm 、孔隙率为90%、密度为42 mg/cm^3 、热导率为0.038 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的纤维素纳米纤维多孔薄膜浸没到熔融态的聚乙二醇中,80 $^{\circ}\text{C}$ 真空烘箱中静置12h后取出,再放置到滤纸上,再放回80 $^{\circ}\text{C}$ 的真空烘箱中,滤纸吸收薄膜表面多余的聚乙二醇,6h后从烘箱中取出,室温冷却获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。图4示出了本实施例所得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的红外透过率,其他参数请参见表1。

[0059] 实施例9

[0060] 将厚度为200 μm 、孔隙率为85%、密度为48 mg/cm^3 、热导率为0.042 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的纤维素纳米纤维多孔薄膜置于熔融态二十烷混合物中,80 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中静置12h后取出,再放置到滤纸上,80 $^{\circ}\text{C}$ 真空烘箱中放置6h以去除表面多余的二十烷,室温冷却获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。将具有红外吸收功能的纳米复合薄膜包覆于电加热板上,施加3V电压,加热板温度逐渐升高,使用红外相机对其进行拍摄,图5示出了本实施例所得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜覆盖于加热板上的红外照片,其他参数请参见表1。

[0061] 实施例10

[0062] 将厚度为200 μm 、孔隙率为90%、密度为43 mg/cm^3 、热导率为0.04 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的聚酰胺纳米纤维多孔薄膜置于熔融态的十六胺混合物中,80 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中静置12h后取出,80 $^{\circ}\text{C}$ 条件下去除表面多余的十六胺,获得具有红外吸收功能的纳米复合薄膜。将前述聚酰胺纳米纤维多孔薄膜覆盖于电加热板上,再包覆一层具有红外吸收功能的纳米复合薄膜,施加3V电压,加热板温度逐渐升高,使用红外相机对其进行拍摄,图6示出了本实施例所得多孔薄膜与具有红外吸收功能的纳米复合薄膜覆组合结构盖于加热板上的红外照片,其他参数请参见表1。

[0063] 表1. 实施例1-10中所获具有红外吸收功能的纳米复合薄膜的结构与性能参数

[0064]

实施例	多孔骨架	纳米纤维直径 (nm)	红外吸收物质	拉伸应力 (MPa)	厚度 (μm)	红外吸收率 (%)
1	芳纶纳米纤维	15	聚乙二醇	2.25	200	91.8
2	芳纶纳米纤维	15	十六醇	2.61	200	93.0
3	芳纶纳米纤维	15	硬脂酸	2.86	200	97.7
4	芳纶纳米纤维	15	聚乙二醇	2.93	500	98.2
5	纤维素纳米纤维	20	聚乙二醇	1.32	100	95.0
6	纤维素纳米纤维	20	聚乙二醇	1.59	150	97.1
7	纤维素纳米纤维	20	聚乙二醇	1.88	200	97.5
8	纤维素纳米纤维	20	聚乙二醇	2.17	250	98.3
9	纤维素纳米纤维	20	二十烷	1.96	200	96.4
10	聚酰胺纳米纤维	15	十六胺	2.74	200	96.9

[0065] 通过实施例1-10,可以发现,藉由本发明的上述技术方案获得的红外吸收薄膜具有良好的形状稳定性、高红外吸收物质负载量、高红外吸收率等优异性能;且制备工艺简单,易于实现大规模生产。

[0066] 此外,本案发明人还参照实施例1-10的方式,以本说明书中列出的其他原料和条件进行了实验,并同样制得了具有良好的形状稳定性、高红外吸收物质负载量、高红外吸收率等优异性能的红外吸收薄膜。

[0067] 应当理解,上述实施例仅为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

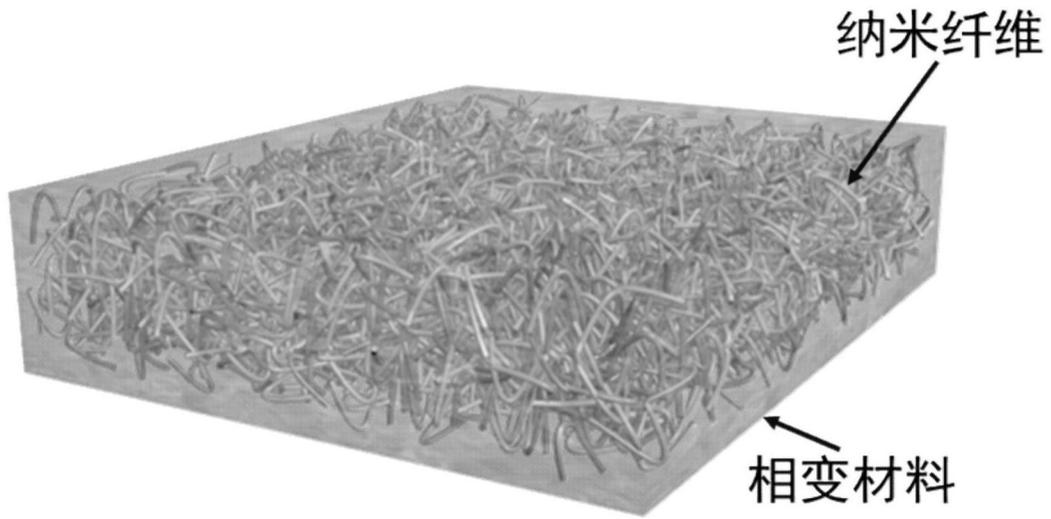


图1

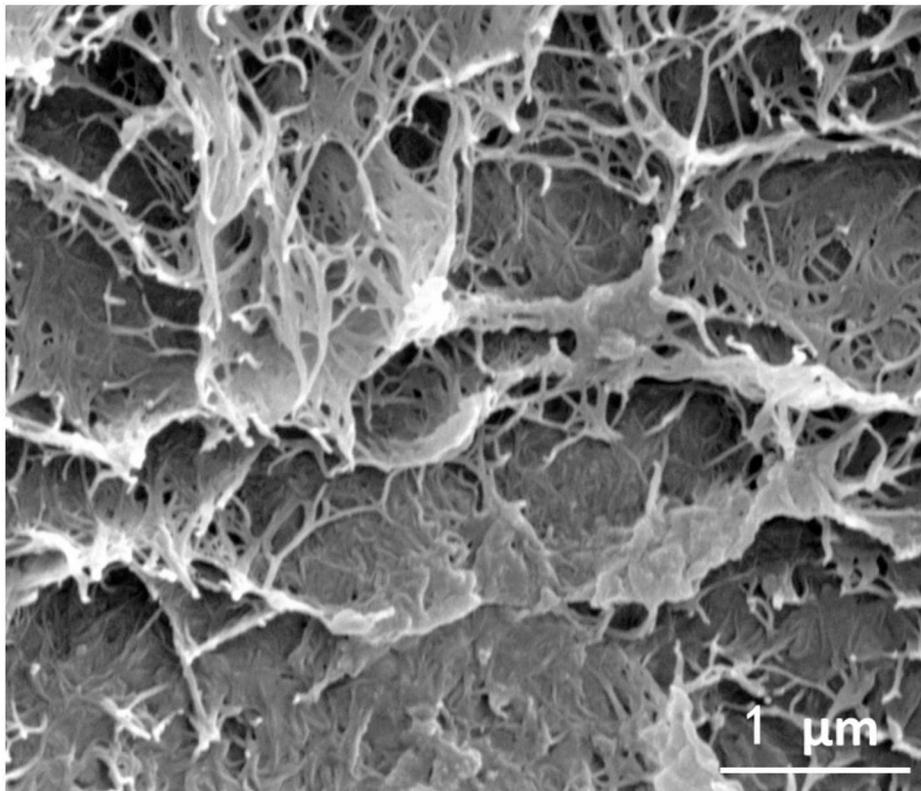


图2a

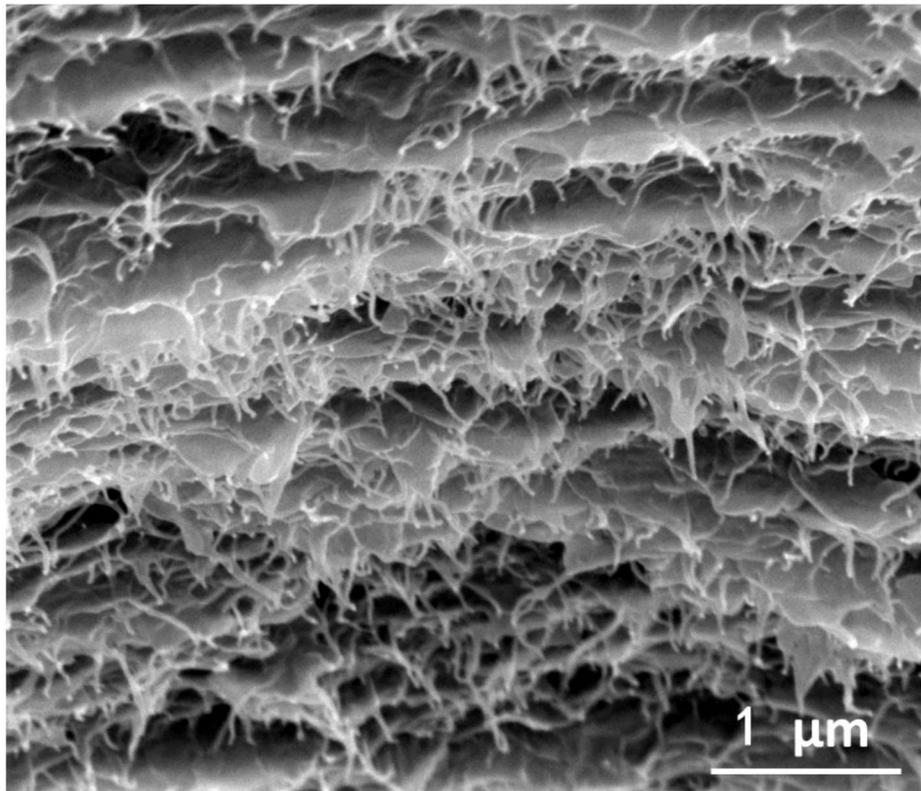


图2b

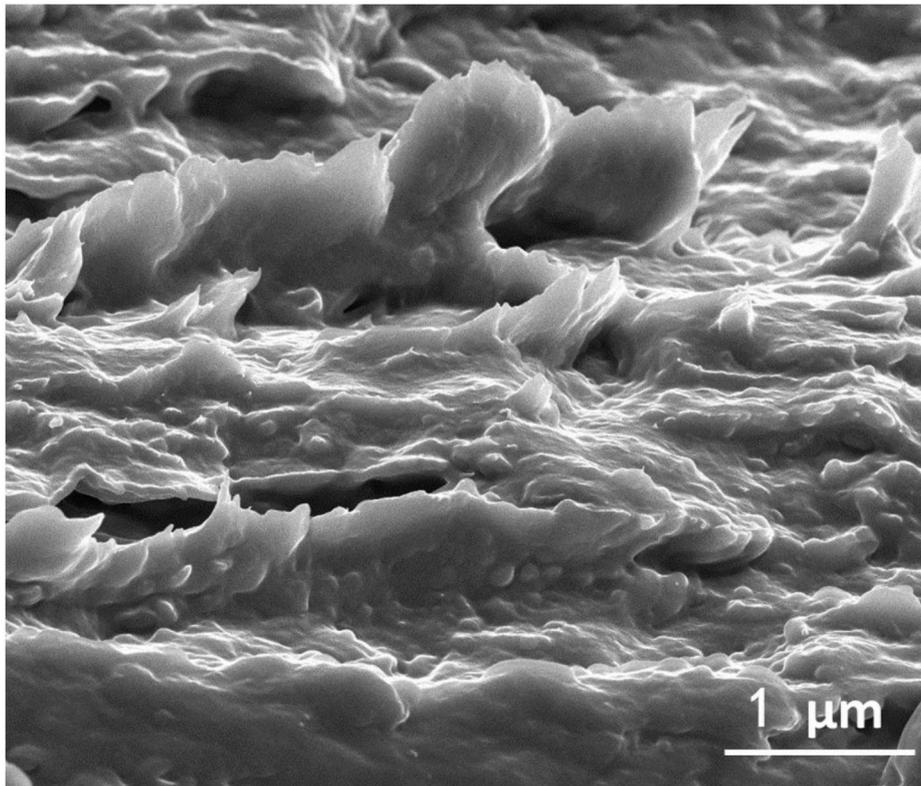


图2c

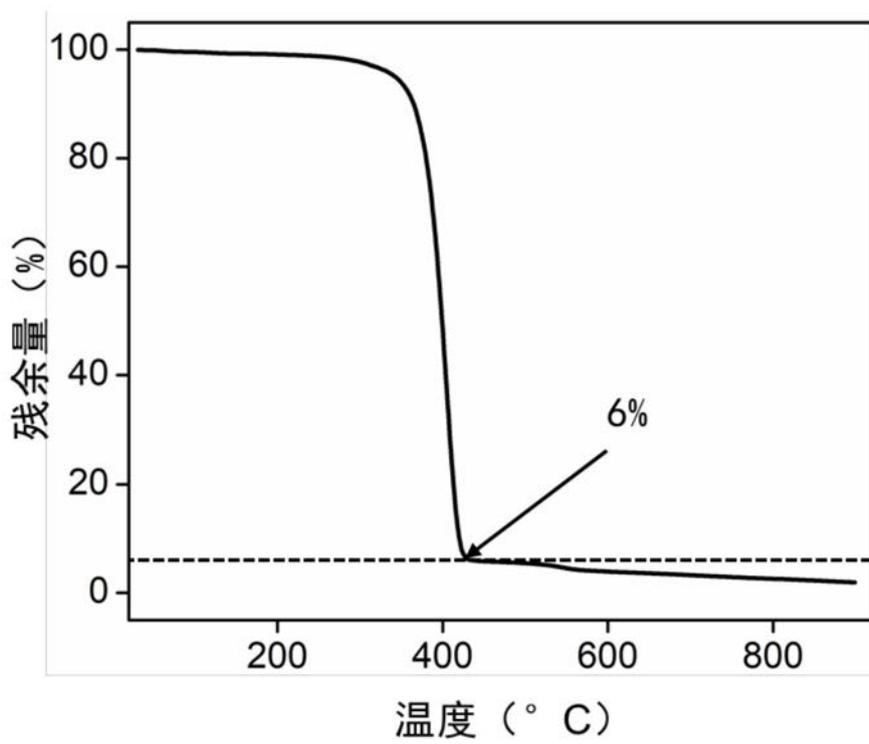


图3

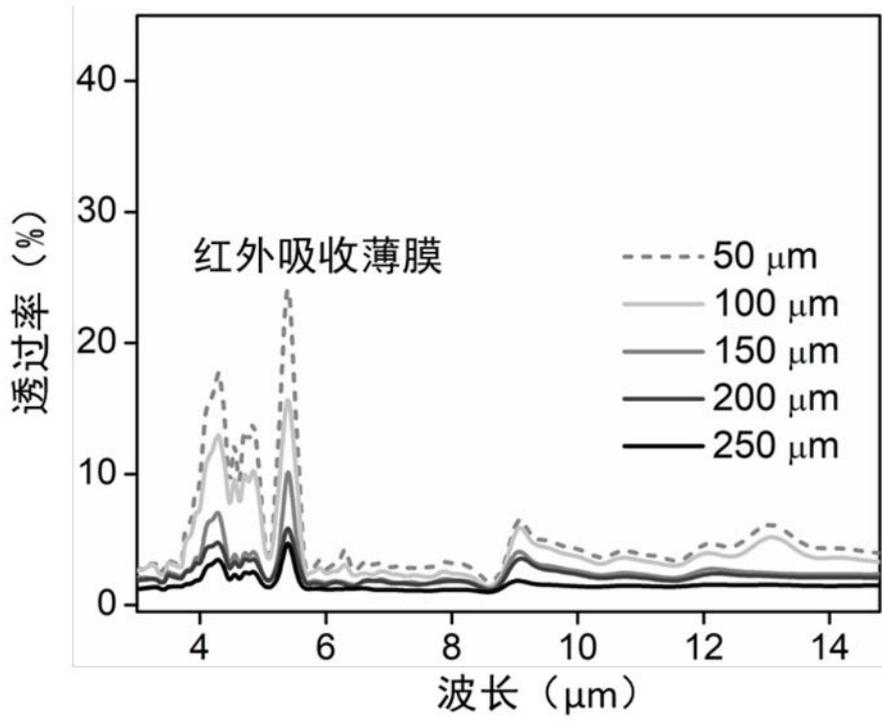


图4

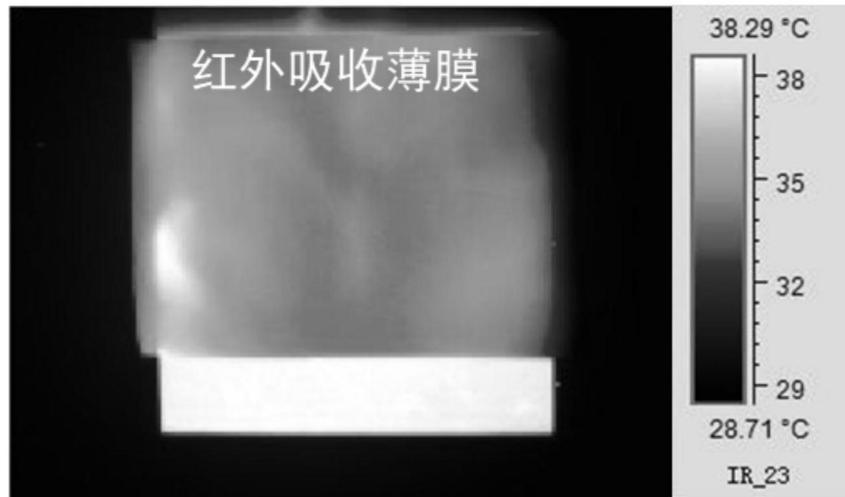


图5

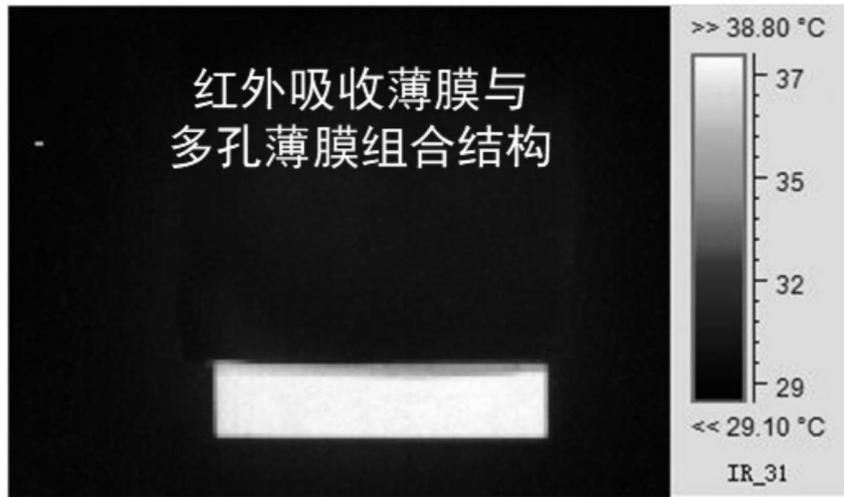


图6