

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(10) 国际公布号

WO 2020/244178 A1

(43) 国际公布日

2020 年 12 月 10 日 (10.12.2020)

(51) 国际专利分类号:

C02F 1/14 (2006.01)

C08L 33/02 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(21) 国际申请号:

PCT/CN2019/122615

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(22) 国际申请日:

2019 年 12 月 3 日 (03.12.2019)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

201910489808.3 2019年6月6日 (06.06.2019) CN

(71) 申请人: 清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)

[CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园,

Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 曲良体 (QU, Liangti); 中国北京市海淀区清华园,

Beijing 100084 (CN)。 姚厚泽 (YAO,

Houze); 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084

(CN)。 程虎虎 (CHENG, Huhu); 中国北京市海淀区清华园,

Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL

PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华

大学照澜院商业楼301室, Beijing 100084 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家

保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,

JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,

US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区

保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,

AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

(54) Title: SOLAR THERMAL CONVERSION MATERIAL AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 光热转换材料以及制备光热转换材料的方法

(57) Abstract: Disclosed are a solar thermal conversion material and a manufacturing method therefor. The solar thermal conversion material comprises: an aerogel matrix comprising graphene and a moisture absorption polymer.

(57) 摘要: 公开了一种光热转换材料及其制备方法。该光热转换材料包括: 气凝胶基体, 所述气凝胶基体包括石墨烯以及吸湿聚合物。



WO 2020/244178 A1

光热转换材料以及制备光热转换材料的方法

技术领域

本申请涉及材料领域，具体地，涉及光热转换材料以及制备光热转换材料的方法。

5 背景技术

随着全球水资源的短缺，废水利用技术受到了较为广泛的关注。例如膜蒸馏、反渗透、电渗析、超过滤、太阳能水蒸发等技术，均可将不可用废水转换为可用淡水资源，以此解决水资源短缺问题。考虑到经济成本，无需耗能的太阳能水蒸发越来越受到关注。尽管随着海水淡化技术的发展，基于海水的水处理技术已经形成了丰富的体系，但多数水处理技术10 技术仍旧是基于对液态水的水质进行处理，例如，利用反渗透、电渗析、超过滤等技术，将液态的海水转换成淡化水，或是基于膜蒸馏、太阳能水蒸发等技术，将液态海水转换为蒸汽，再凝结为淡水。其中，利用太阳能蒸发海水进行海水淡化的技术中，多依靠光热转换材料，提高海水的光热转换效率。

根据海陆间的水循环图，大气中含水量较大，体量可达全球淡水总量的 10%。因此利用15 用大气中的水蒸汽获得淡水也具有较好的前景。目前利用太阳能从空气中捕获水分的技术需要依靠光热转换材料进行，且光热转换材料需要满足以下条件：能够从空气中自发地吸收大量水汽、在太阳能主要的能量集中波段（250–2500 nm）具有高的吸收率、在一定的高温下能够解吸附水气、良好的机械性能、优异的光热转换效率等。

然而，目前的光热转换材料以及其制备方法仍有待改进。

20

发明内容

本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

如前所述，利用大气中的水蒸汽获取淡化水的光热转换材料首先需要具有一定的吸湿性能。而吸湿性材料例如硅胶类、分子筛类、有机金属框架（MOF）等的适用湿度范围较25 窄，捕获的水量相对较少，循环耗能大，需要外界给予额外的能量用于水汽的脱附。如能够开发一种在较宽的湿度范围内均可使用，且无需外接能量供给即可实现水汽脱附的材料，将大幅提高利用水蒸汽获取淡水的效率。

有鉴于此，在本申请的一个方面，提出了一种获得高吸水性高分子聚合物负载在三维石墨烯气凝胶上的方法，通过简单的溶液冷冻干燥法可以大规模生产。三维的石墨烯材料不但30 具备完整的高机械性能骨架结构，也具有高比表面积，与高分子的兼容性也较好。同时，在全光谱范围内有良好的吸收，吸光度可以达到 95%以上，可以充分利用太阳能，同时，三维石墨烯气凝胶骨架可为吸水性高分子提供多孔结构，加快了水蒸汽的吸收速率和吸收

容量。

在本发明的一个方面，本发明提出了一种光热转换材料。该光热转换材料包括：气凝胶基体，所述气凝胶基体包括石墨烯以及吸湿聚合物，所述吸湿聚合物包括多羧基聚合物。该光热转换材料具有可用湿度范围较宽、水汽可自主脱附、水汽吸附量大等优点。

5 根据本发明的实施例，所述吸湿聚合物包括聚丙烯酸及其盐、海藻酸、聚苯乙烯磺酸及其盐。由此，可进一步提高该光热转换材料的水汽吸附量。

根据本发明的实施例，所述气凝胶基体中，所述吸湿聚合物的质量以及所述石墨烯的质量之比为 0.1-1.5。

根据本发明的实施例，所述气凝胶基体可在全湿度范围内吸收空气中的水分。

10 根据本发明的实施例，所述气凝胶基体具有多孔结构，所述多孔结构的孔径为 25~60 微米。

根据本发明的实施例，所述光热转换材料的饱和吸水量可达到 5.05g/g。

根据本发明的实施例，所述光热转换材料在全光谱范围内的吸光度可高于 95%。

15 根据本发明的实施例，在 1kW/m² 的光强照射下，所述光热转换材料的表面温度可大于 85 摄氏度。

在本发明的另一方面，本发明提出了一种制备前面描述的光热转换材料的方法。该方法包括：将氧化石墨烯以及吸湿聚合物混合并冻干形成气凝胶基体前驱体；对所述气凝胶基体进行还原处理，以形成气凝胶基体，并获得所述光热转换材料。该方法操作简单，便于扩大生产规模，且获得的光热转换材料至少具有以下优点的至少之一：可用湿度范围较宽、水汽可自主脱附、水汽吸附量大等。

20 根据本发明的实施例，将氧化石墨烯溶液以及含有所述吸湿聚合物的溶液进行混合，混合溶液中所述氧化石墨烯的浓度为 3~7mg/ml，所述混合溶液中所述吸湿聚合物的质量和所述氧化石墨烯质量的比为 0.05~0.8。由此，便于利用冻干形成气凝胶前驱体。

25 根据本发明的实施例，在进行所述冻干之前，对所述混合溶液进行震荡混合以及超声混合处理。

根据本发明的实施例，所述冻干处理是在 -30~-60 摄氏度下冻干 30~50 小时。

根据本发明的实施例，所述还原处理包括：将所述气凝胶前驱体以及水合肼溶液置于密闭容器中，加热 70~100 摄氏度，加热时间为 4~16 小时。

30 根据本发明的实施例，将所述氧化石墨烯以及所述吸湿聚合物进行混合之后，进行冻干之前，预先在混合溶液中加入乙醇溶液，所述乙醇溶液和所述混合溶液的体积比为 1: 25~1: 35。由此，可进一步提高混合溶液冻干后的成型性能。

附图说明

图 1 显示了根据本申请一个示例的制备光热转换方法的流程示意图；
图 2 显示了根据本申请实施例 1 的光热转换材料的扫描电子显微镜图；
图 3 显示了根据本申请实施例 1 的光热转换材料的扫描电子显微镜图；
图 4 显示了根据本申请实施例 1 的光热转换材料的全光谱光线吸收率曲线；
图 5 显示了根据本申请实施例 1 的光热转换材料在不同湿度下的吸水量；
图 6 显示了根据本申请实施例 1 的光热转换材料在全湿度范围下的吸水量测试结果；
图 7 显示了根据本申请一些实施例以及对比例的饱和吸水量的柱状图；
图 8 显示了根据本申请对比例 4 的光热转换材料的数码照片图。

具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

在本发明的一个方面，本发明提出了一种光热转换材料。该光热转换材料包括气凝胶基体，该气凝胶基体包括石墨烯以及吸湿聚合物。该光热转换材料具有可用湿度范围较宽、水汽可自主脱附、水汽吸附量大等优点。

为了便于理解，下面首先对根据本发明实施例的光热转换材料可实现上述有益效果的原理进行简单说明：

目前的一些光热转换材料，存在水蒸汽吸收性能较差，或是难以独立成型需要额外负载在机械性能较好的基体上等问题。具体地，针对基于碳纳米材料的光热转换材料而言，虽然石墨烯等碳纳米材料具有较好的导热性，且在全光谱范围内均具有较好的吸光性能，机械性能较强，适于制备光热转换材料，但其吸水性能并不够理想，从空气中吸收水蒸汽的效率不高。而常用的吸湿性高分子材料，例如硅胶类、分子筛类、有机金属框架（MOF）等材料，虽然具有较好的吸湿性能但不具有光热转换性能因此需要外部供给能量实现水汽的脱附。或者上述吸湿性高分子材料存在材料机械强度较差，难以形成可靠的自支撑的块体结构，需要负载在其他基体上成型的问题。因此，如能够提供一种凝胶，兼具石墨烯材料以及吸湿高分子的优点，则可大幅提高光热转换材料的产水量以及产水效率。

有鉴于此，本发明提出了一种包括石墨烯以及吸湿聚合物的气凝胶。该气凝胶基体由于具有石墨烯以及吸湿聚合物，因此兼具碳纳米材料较为优良的光热转换性能，以及吸湿聚合物的吸收水汽的能力。并且，根据本发明实施例的光热转换材料中，气凝胶基体具有较好的机械性能，可自支撑成块，无需负载在其它基体上即可形成体积较大的块体，可直

接用于海水淡化或是基于水蒸汽的净水技术中。

根据本发明的实施例，气凝胶基体中的吸湿聚合物的具体材料不受特别限制，只要具有较好的吸湿性能，且与石墨烯之间具有一定的兼容性即可。例如，可利用多亲水基聚合物形成气凝胶基体中的吸湿聚合物。在本发明中，术语“多亲水基聚合物”特指聚合物单
5 体中包括亲水基的材料，例如单体中可以包括羧基、羟基、以及磺酸基的至少之一。例如具体地，吸湿聚合物可以包括聚丙烯酸及其盐、海藻酸及其盐、聚苯乙烯磺酸及其盐。例如，聚丙烯酸钠（Sodium polyacrylate，以下简称 PAAS）自身吸水性能较好，且可以与石墨烯气凝胶的骨架结构可以较好的融合，从而可进一步提高该光热转换材料的水汽吸附量，同时保证气凝胶基体可维持完整的块体结构。

10 在本发明提出的光热转换材料中，气凝胶基体中吸湿聚合物的质量以及石墨烯的质量不受特别限制，只要不影响气凝胶基体的成型，并可在吸收水蒸汽之后保持块体的完整性即可。例如，根据本发明一些具体的实施例，气凝胶基体中聚合物的质量和石墨烯的质量之比可以为 0.1-1.5。更具体地，该气凝胶基体可以是由吸湿聚合物与氧化石墨烯溶液混合，后经过成型处理以及还原处理而形成的。在吸湿聚合物与氧化石墨烯的混合溶液中，吸湿
15 聚合物的质量与氧化石墨烯的质量之比可以为 0.01~0.8，例如，可以为 10%、15%、20%、25%、40%、60%等。氧化石墨烯经过还原处理，还原为石墨烯，且该过程不影响氧化石墨烯以及吸湿聚合物气凝胶块体的成型，含氧化石墨烯的气凝胶在经过还原处理之后，气凝胶基体仍旧可以保持良好的块体结构，且具有一定的机械性能，在经过多次水汽的吸收和脱附之后，块体并无显著的碎裂、掉渣等情况出现。例如具体地，光热转换材料中聚丙烯
20 酸盐的质量以及石墨烯的质量之比可以为 0.25~0.65。

根据本发明的实施例，由于气凝胶基体兼具了石墨烯良好的光热转换性能，以及吸湿聚合物（如 PAAS，聚丙烯酸钠）的吸湿性能，因此该光热转换材料可在全湿度范围内吸收空气中的水分。并且，气凝胶基体具有多孔结构，多孔结构的孔径为 25~60 微米。孔径范围在上述范围内的气凝胶一方面可以保证具有较大的比较面积，从而提高该光热转换材料
25 的吸水量，另一方面也可以保证该气凝胶基体的机械性能。根据本发明实施例的光热转换材料的饱和吸水量可达到 5.05g/g。

为了进一步提高该光热转换材料的光热转换性能，该光热转换材料中还可以进一步包括金属催化剂颗粒，例如，可包括金属或是金属氧化物催化剂颗粒。该气凝胶基体的多孔结构可以为催化剂颗粒提供良好的负载基体，且石墨烯气凝胶也可以通过诸如在水热成型
30 过程中加入金属盐等方式，简便地将金属催化剂颗粒整合在气凝胶基体上。

根据本发明的实施例，上述光热转换材料在全光谱范围内的吸光度可高于 95%。该光热转换材料具有良好的光热转换效率，可将太阳光中的绝大多数光能转换为热能。并且，

该光热转换材料在 1kW/m^2 的光强照射下，光热转换材料的表面温度可大于 85 摄氏度。也就是说，由于该光热转换材料具有良好的光热转换效率，因此自发吸附在该光热转换材料内部的水蒸汽（凝结为液态水）可在材料表面自发地蒸发脱离，发生自主脱附，从而无需额外供能，即可实现净水（水蒸汽）的回收。

上述光热转换材料的组分简单，制备方法也不受特别限制，并可以简单的扩大生产规模。较为理想的石墨烯以及吸湿聚合物配比不仅可保证该光热转换材料可具有较好的光热转换效率以及产水量，并且该组分在扩大生产（即扩大单次制备的气凝胶基体的体积）时，也可以保证大块的气凝胶基体也能够较好的成型，从而免去了需要额外提供基体以及将光热转换材料进行负载的操作。

在本发明的另一方面，本发明提出了一种制备前面描述的光热转换材料的方法。具体地，参考图 1，该方法包括：

S100：形成气凝胶前驱体

根据本发明的实施例，在该步骤中，首先将氧化石墨烯以及吸湿聚合物混合并冻干形成气凝胶基体前驱体。

具体地，可以将氧化石墨烯溶液以及含有吸湿聚合物的溶液进行混合。以采用聚丙烯酸钠为吸湿聚合物为例，混合溶液可以为氧化石墨烯溶液以及聚丙烯酸钠的水溶液。更具体地，混合可以是利用涡旋振荡器剧烈震荡而实现的，以令氧化石墨烯以及聚丙烯酸钠在混合溶液中混合均匀，并可以辅以超声处理，例如，可在进行涡旋振荡之后进行 10 min 左右的超声处理。

如前所述，混合溶液中氧化石墨烯以及聚丙烯酸钠的具体含量不受特别限制，只要在后续经过还原之后，可令气凝胶基体中的聚合物的质量和石墨烯的质量之比在 0.05~0.8 的范围内即可。例如，具体地，可以选用 10~20 mg/ml 的氧化石墨烯溶液，混以聚丙烯酸钠水溶液，并加入适量去离子水，令混合溶液中氧化石墨烯的最终浓度为 3~7mg/ml，混合溶液中 PAAS 的质量与为氧化石墨烯质量的比为 0.01~0.35 即可，例如，可以为 10%、15%、20%、25%、40%、60% 等。由此，便于利用冻干形成气凝胶前驱体。

根据本发明的具体实施例，冻干处理可以是在 -30~ -60 摄氏度下进行的，冻干时间可以为 30~50 小时。具体地，可以将上述溶液倒入任意模具中，在液氮表面冷冻，即利用液氮进行表面冷冻，随后用冷冻干燥机在 -50 °C 下干燥 48 h。

为了进一步提高冻干之后获得的气凝胶前驱体的成型性能，可以在混合溶液进行冻干之前，预先在混合溶液中加入乙醇溶液。例如，乙醇溶液和混合溶液的体积比可以为 (1: 25) ~ (1: 35)，例如，可以为 1: 30。由此，可进一步提高混合溶液冻干后的成型性能。发明人发现，加入乙醇可以降低混合溶液的表面张力，并防止冷冻过程中不均匀形成冰晶

造成样品碎裂。

为了进一步提高该光热转换材料的光热转换性能，该光热转换材料中还可以进一步包括金属催化剂颗粒，例如，可包括金属或是金属氧化物催化剂颗粒。该气凝胶基体的多孔结构可以为催化剂颗粒提供良好的负载基体。具体地，可以在冻干之前的混合溶液中，加入包括但不限于金属盐溶液或是金属颗粒并混合，即可在冻干成型的过程中将金属颗粒复合在气凝胶基体上。或者，也可以通过包括但不限于溶剂热的过程，将金属盐溶液转换为金属氧化物等具有光热转换或是提升导热性能的颗粒，从而充当金属催化剂，负载在气凝胶基体上。

S200：对气凝胶前驱体进行还原处理

在该步骤中，对气凝胶前驱体进行还原处理，以形成气凝胶基体，并获得所述光热转换材料。该方法操作简单，便于扩大生产规模，且获得的光热转换材料至少具有以下优点的至少之一：可用湿度范围较宽、水汽可自主脱附、水汽吸附量大等。

根据本发明的实施例，还原处理可以包括：将气凝胶前驱体以及水合肼溶液置于密闭容器中以将气凝胶前驱体中的氧化石墨烯还原为石墨烯。具体地，还原处理可以是加热 70—100 摄氏度，加热时间为 4—16 小时。由此，可简便地将气凝胶前驱体中的氧化石墨烯还原为石墨烯。

下面将结合实施例对本发明的方案进行解释。本领域技术人员将会理解，下面的实施例仅用于说明本发明，而不应视为限定本发明的范围。实施例中未注明具体技术或条件的，按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。

实施例 1：

1.通过 Hummers 法制备氧化石墨烯溶液，通过离心将其浓度调至 15mg mL^{-1} 。

2.取上述溶液 10 mL，加入聚丙烯酸钠溶液 ($2.7\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) 13.9mL，去离子水 6.1mL，得到 PAAS/GO(氧化石墨烯)质量比为 1/4 的溶液。加入乙醇 1mL，超声处理 15min。

3.将上述混合溶液倒入模具中，在液氮表面进行冷冻，随后使用冷冻干燥机在-50 摄氏度冷冻干燥 48h，得到 GO/PAAS 气凝胶。

4.将上述气凝胶放置于密闭容器内，加入 1mL 水合肼 (80%) 溶液，于 80 摄氏度烘箱内还原 12h，得到气凝胶基体。气凝胶基体中 PAAS 的质量以及石墨烯的质量之比为 0.5。

实施例 2：

其余步骤同实施例 1，所不同的是，在形成冻干的混合溶液时，配置得到 PAAS/GO 质量比为 1:10 的溶液。气凝胶基体中 PAAS 的质量以及石墨烯的质量之比为 0.2。

实施例 3:

其余步骤同实施例 1，所不同的是，在形成冻干的混合溶液时，配置得到 PAAS/GO 质量比为 1:7 的溶液。气凝胶基体中 PAAS 的质量以及石墨烯的质量之比为 0.28。

实施例 4:

- 5 其余步骤同实施例 1，所不同的是，在形成冻干的混合溶液时，配置得到 PAAS/GO 质量比为 1:5 的溶液。气凝胶基体中 PAAS 的质量以及石墨烯的质量之比为 0.4。

实施例 5:

其余步骤同实施例 1，所不同的是，在形成冻干的混合溶液时，配置得到 PAAS/GO 质量比为 1:3 的溶液。气凝胶基体中 PAAS 的质量以及石墨烯的质量之比为 0.67。

10 **实施例 6:**

其余步骤同实施例 1，所不同的是，采用海藻酸钠为吸湿聚合物，在形成冻干的混合溶液时，配置得到海藻酸: GO 质量比为 1: 4 的溶液。气凝胶基体中海藻酸的质量以及石墨烯的质量之比为 0.5。

实施例 7:

- 15 其余步骤同实施例 1，所不同的是，采用海藻酸钠为吸湿聚合物，在形成冻干的混合溶液时，配置得到海藻酸钠: GO 质量比为 1: 7 的溶液。气凝胶基体中海藻酸的质量以及石墨烯的质量之比为 0.28。

实施例 8:

- 20 其余步骤同实施例 1，所不同的是，采用聚苯乙烯磺酸为吸湿聚合物，在形成冻干的混合溶液时，配置得到聚苯乙烯磺酸: GO 质量比为 1: 5 的溶液。气凝胶基体中聚苯乙烯磺酸的质量以及石墨烯的质量之比为 0.4。

实施例 9:

- 25 其余步骤同实施例 1，所不同的是，采用聚苯乙烯磺酸钠为吸湿聚合物，在形成冻干的混合溶液时，配置得到聚苯乙烯磺酸钠: GO 质量比为 1: 5 的溶液。气凝胶基体中聚苯乙烯磺酸钠的质量以及石墨烯的质量之比为 0.4。

对比例 1:

- 1.通过 Hummers 法制备氧化石墨烯溶液，通过离心将其浓度调至 15mg mL^{-1} 。
- 2.取上述溶液 30mL。加入乙醇 1mL，超声处理 15min 式溶液混合均匀。
- 3.将上述混合溶液倒入模具中，在液氮表面进行冷冻，随后使用冷冻干燥机在-50 摄氏度冷冻干燥 48h，得到 GO 气凝胶。
- 4.将上述气凝胶放置于密闭容器内，加入 1mL 水合肼（80%）溶液，于 80 摄氏度烘箱内还原 12h，得到所述 PGF 气凝胶（Sodium polyacrylate/graphene framework）。

对比例 2:

其余步骤同实施例 1，所不同的是，在形成冻干的混合溶液时，配置得到 PAAS/GO 质量比为 0.35/1 的溶液。气凝胶基体中 PAAS 的质量以及石墨烯的质量之比为 0.7。

对比例 3:

- 5 其余步骤同实施例 1，所不同的是，在形成冻干的混合溶液时，配置得到 PAAS/GO 质量比为 1:20 的溶液。气凝胶基体中 PAAS 的质量以及石墨烯的质量之比为 0.1。

对比例 4:

其余步骤同实施例 1，所不同的是，在冻干之前不加入乙醇溶液。

10 性能表征:

将气凝胶材料进行扫描电镜 (SEM) 表征，实施例 1-9 均具有类似的形貌。以实施例 1 为例，参考图 2 以及图 3，从样品上表面的 SEM，可以看出该光热转换材料具有孔径分布在 30-50 微米的多孔结构。

- 15 对实施例 1-9 进行太阳光全光谱范围 (250~2500 nm) 的吸收率以及全湿度范围内对水汽吸收效果的测试，实施例 1-9 均具有较好的吸光能力以及水吸收率。以实施例 1 的测试结果为例，参考图 4，光热转换材料的光吸收率为 95%，对太阳光具有很好的吸收，而纯 PAAS 制备的体积相同的块体材料，基本不具有吸光能力。

- 20 参考图 5，实施例 1 获得的光热转换材料，在全湿度范围内对水汽吸收效果良好，速率较快，且参考图 6，该光热转换材料可以具有高达 5.05g/g 的吸水量，即：1g 光热转换材料可吸收质量在其 5 倍以上的水量。

对实施例 1-5 以及对比例 1-3 在饱和湿度下吸收水汽 24h，以测试上述实施例和对比例的饱和吸水量。测试时间为 24h (图 7)。饱和吸水量在 PAAS/GO 质量比为 1/4 时效果最好，当 PAAS/GO 质量比为 0.35:1 时，饱和吸水量有明显下降。这可能是由于 PAAS 负载过多造成的结构坍塌而导致的。

- 25 参考图 8，不加入乙醇，难以得到较为完整的大块状光热转换材料，但并不影响已成型部分的材料的光热转换性能。

- 30 以上详细描述了本发明的实施方式，但是，本发明并不限于上述实施方式中的具体细节，在本发明的技术构思范围内，可以对本发明的技术方案进行多种简单变型，这些简单变型均属于本发明的保护范围。另外需要说明的是，在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征，在不矛盾的情况下，可以通过任何合适的方式进行组合。

在本发明的描述中，需要理解的是，术语“上”、“下”、“外”、“内”、“顶”、“底”等指示

的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、
5 或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和
10 组合。

尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本发明的限制，本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种光热转换材料，包括：

气凝胶基体，所述气凝胶基体包括石墨烯以及吸湿聚合物。

2、根据权利要求 1 所述的光热转换材料，所述吸湿聚合物包括多亲水基聚合物。

5 3、根据权利要求 2 所述的光热转换材料，形成所述多亲水基聚合物的单体包括羧基化合物、羟基化合物、以及磺酸基化合物的至少之一。

4、根据权利要求 1-3 任一项所述的光热转换材料，所述吸湿聚合物包括聚丙烯酸化合物以及聚丙烯酸盐、海藻酸化合物以及海藻酸盐、聚苯乙烯磺酸化合物以及聚苯乙烯磺酸盐。

10 5、根据权利要求 1-4 任一项所述的光热转换材料，所述气凝胶基体中，所述吸湿聚合物的质量以及所述石墨烯的质量之比为 0.1~1.5。

6、根据权利要求 5 所述的光热转换材料，所述气凝胶基体中，所述吸湿聚合物为聚丙烯酸盐，所述聚丙烯酸盐的质量以及所述石墨烯的质量之比为 0.25~0.65。

15 7、根据权利要求 1-6 任一项所述的光热转换材料，所述气凝胶基体可在全湿度范围内吸收空气中的水分。

8、根据权利要求 1-7 任一项所述的光热转换材料，所述气凝胶基体具有多孔结构。

9、根据权利要求 8 所述的光热转换材料，所述多孔结构的孔径为 25~60 微米。

10、根据权利要求 1-9 任一项所述的光热转换材料，所述光热转换材料的饱和吸水量可达到 5.05g/g。

20 11、根据权利要求 1-10 任一项所述的光热转换材料，所述光热转换材料在全光谱范围内的吸光度可高于 95%。

12、根据权利要求 1-11 任一项所述的光热转换材料，在 1kW/m^2 的光强照射下，所述光热转换材料的表面温度可大于 85 摄氏度。

13、一种制备权利要求 1-12 任一项所述的光热转换材料的方法，所述方法包括：

25 将氧化石墨烯以及吸湿聚合物混合并形成气凝胶基体前驱体；

对所述气凝胶基体进行还原处理，以形成气凝胶基体，并获得所述光热转换材料。

14、根据权利要求 13 所述的方法，将氧化石墨烯溶液以及含有所述吸湿聚合物的溶液进行混合，混合溶液中所述氧化石墨烯的浓度为 3~7mg/ml，所述混合溶液中所述吸湿聚合物的质量和所述氧化石墨烯质量的比为 0.05~0.8。

30 15、根据权利要求 13 或 14 所述的方法，所述气凝胶基体前驱体是通过所述氧化石墨烯以及吸湿聚合物的混合物进行冻干处理而获得的。

16、根据权利要求 15 所述的方法，在进行所述冻干之前，对所述混合溶液进行震荡混

合以及超声混合处理。

17、根据权利要求 15 或 16 所述的方法，所述冻干处理是在-30~-60 摄氏度下冻干 30~50 小时。

18、根据权利要求 15-17 任一项所述的方法，将所述氧化石墨烯以及所述吸湿聚合物进
5 行混合之后，进行冻干之前，预先在混合溶液中加入乙醇溶液。

19、根据权利要求 18 所述的方法，所述乙醇溶液和所述混合溶液的体积比为(1: 25)~
(1: 35)。

20、根据权利要求 13-19 任一项所述的方法，所述还原处理包括：将所述气凝胶前驱体
以及水合肼溶液置于密闭容器中，加热 70-100 摄氏度，加热时间为 4-16 小时。

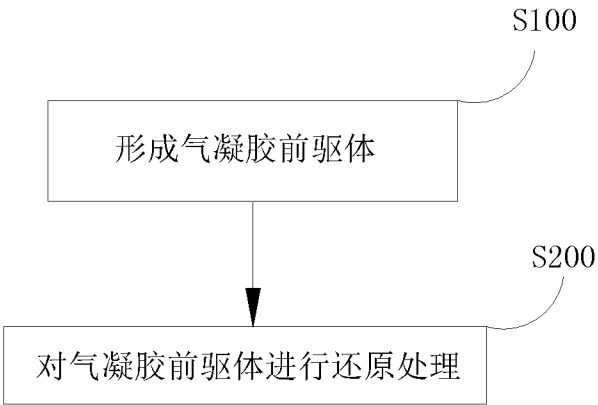


图 1

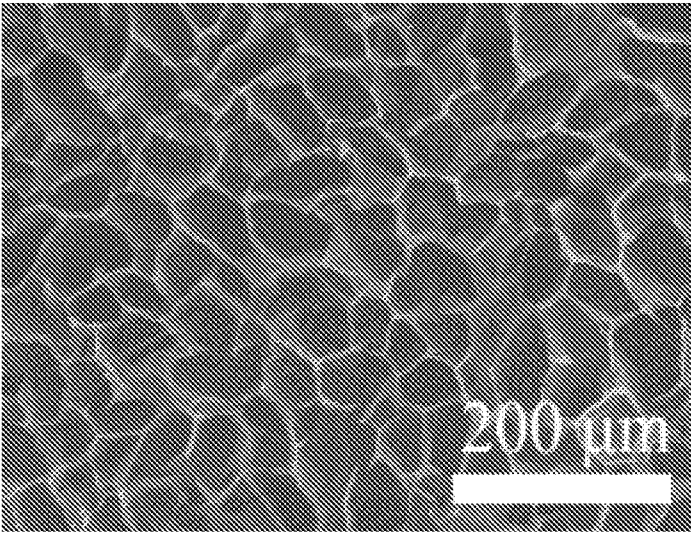


图 2

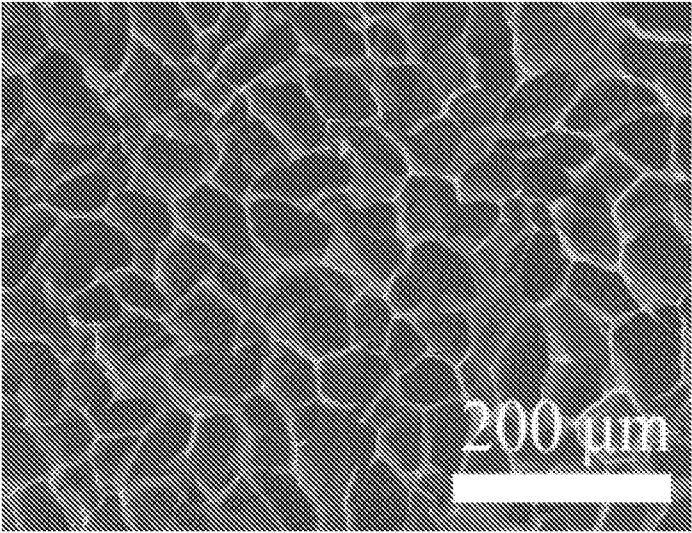


图 3

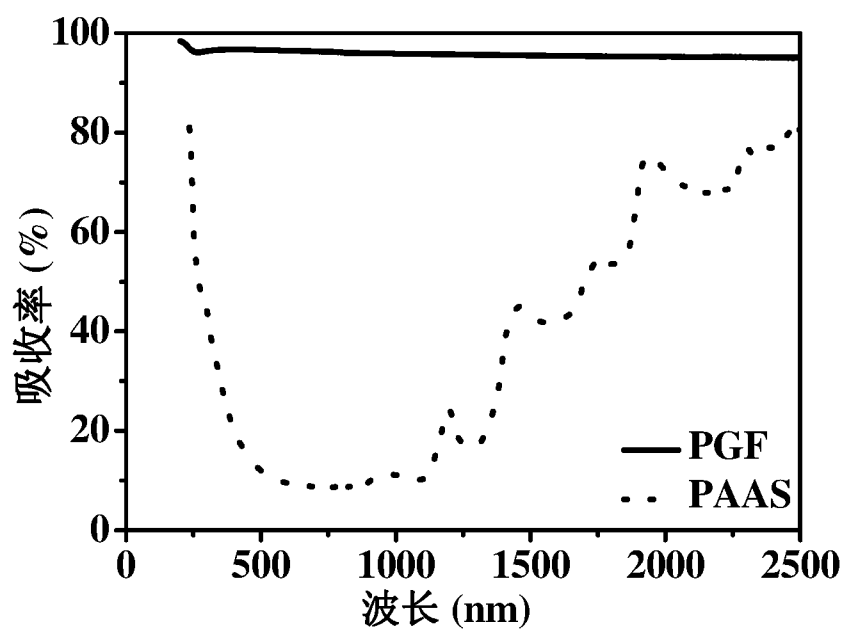


图 4

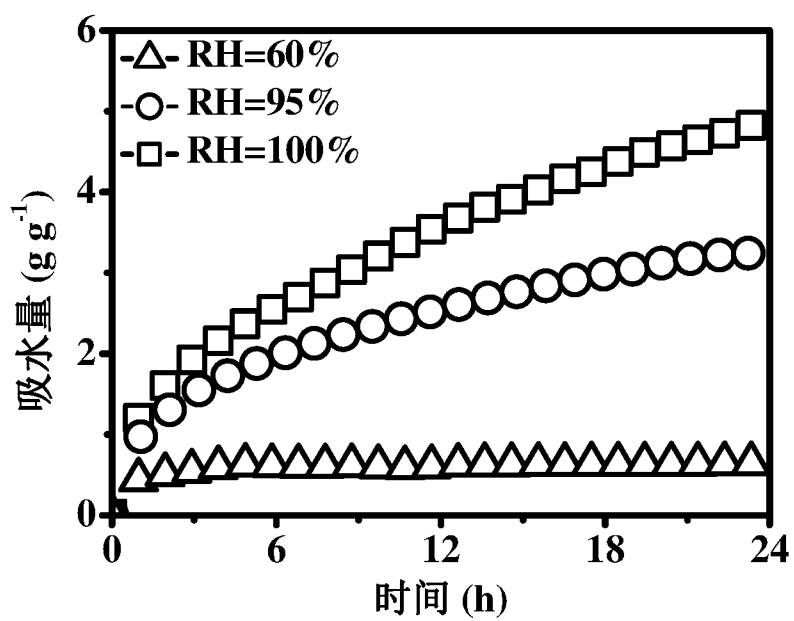


图 5

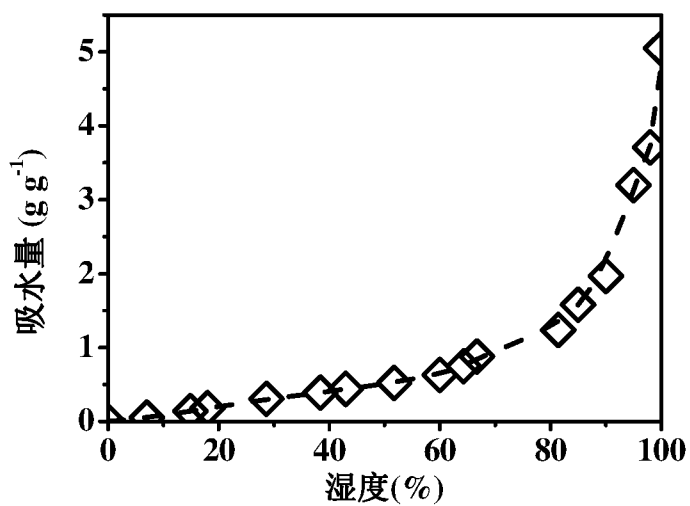


图 6

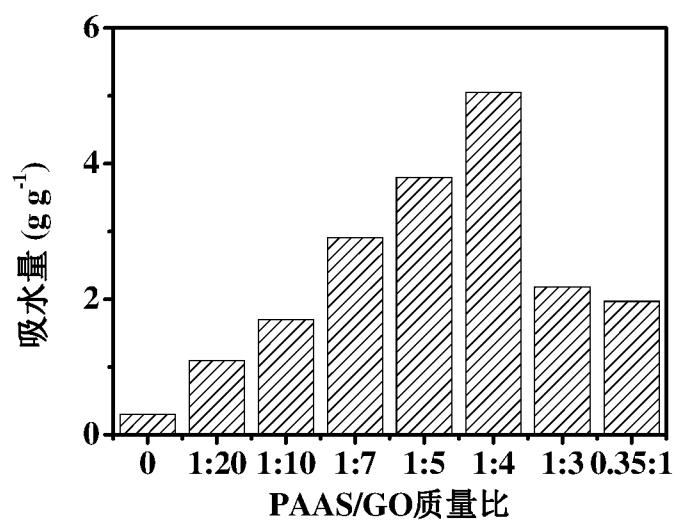


图 7

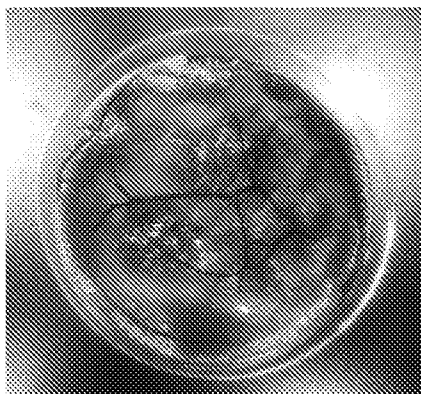


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/122615

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F 1/14(2006.01)i; C02F 103/08(2006.01)i; C08L 33/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C02F 1, C02F 103, C08L 33

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, 气凝胶, 石墨烯, 氧化石墨, 光热, 丙烯酸, 海藻酸, 磺酸, 亲水, graphene, graphite, photothermal, aerogel, hydrophilic, acrylic, alginic d acid, sulfonic d acid

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 109336093 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 15 February 2019 (2019-02-15) description, paragraphs [0009], [0012], [0014], [0019]-[0022] and [0037]	1-20
PX	CN 110330749 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 15 October 2019 (2019-10-15) claims 1-10, and description, paragraphs [0006]-[0021]	1-20
A	CN 108862444 A (BINYUAN MATERIALS TECHNOLOGY (SHANGHAI) CO., LTD.) 23 November 2018 (2018-11-23) claims 1-11	1-20
A	US 2018043278 A1 (SINGAMANENI, Srikanth et al.) 15 February 2018 (2018-02-15) description, paragraphs [0103]-[0107]	1-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 February 2020

Date of mailing of the international search report

04 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/122615

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109336093	A	15 February 2019	None	
CN	110330749	A	15 October 2019	None	
CN	108862444	A	23 November 2018	None	
US	2018043278	A1	15 February 2018	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/122615

A. 主题的分类

C02F 1/14(2006.01)i; C02F 103/08(2006.01)i; C08L 33/02(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

C02F 1, C02F 103, C08L 33

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC, 气凝胶, 石墨烯, 氧化石墨, 光热, 丙烯酸, 海藻酸, 磺酸, 亲水, graphene, graphite, photothermal, aerogel, hydrophilic, acrylic, alginic d acid, sulfonic d acid

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 109336093 A (上海交通大学) 2019年 2月 15日 (2019 - 02 - 15) 说明书0009, 0012, 0014, 0019-0022, 0037段	1-20
PX	CN 110330749 A (清华大学) 2019年 10月 15日 (2019 - 10 - 15) 权利要求1-10, 说明书0006-0021段	1-20
A	CN 108862444 A (赋源材料科技上海有限公司) 2018年 11月 23日 (2018 - 11 - 23) 权利要求1-11	1-20
A	US 2018043278 A1 (SINGAMANENI, Srikanth et al.) 2018年 2月 15日 (2018 - 02 - 15) 说明书0103-0107段	1-20

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 2月 18日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 4日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

胡新亮

电话号码 86-(10)-53962174

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/122615

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109336093	A	2019年 2月 15日	无	
CN	110330749	A	2019年 10月 15日	无	
CN	108862444	A	2018年 11月 23日	无	
US	2018043278	A1	2018年 2月 15日	无	