



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105231523 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201510643870. 5

(22) 申请日 2015. 10. 08

(71) 申请人 天津理工大学

地址 300384 天津市西青区宾水西道 391 号
天津理工大学主校区

(72) 发明人 陈民芳 刘国旭 王淇

(74) 专利代理机构 天津佳盟知识产权代理有限公司 12002

代理人 侯力

(51) Int. Cl.

A41D 13/11(2006. 01)

H02N 1/04(2006. 01)

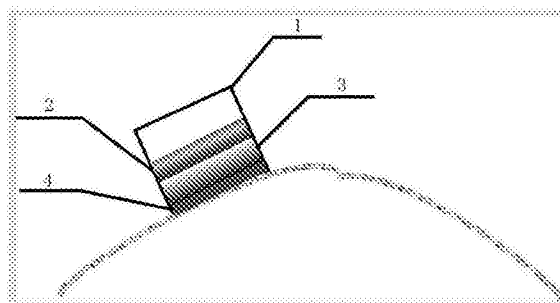
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩

(57) 摘要

一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩,由在防护口罩换气罩内设置摩擦电纳米发电机组成,所述摩擦电纳米发电机由上摩擦极板和下摩擦极板组成,上摩擦极板为在无纺织的一面生长了 ZnO 纳米阵列作为得电子的摩擦层,无纺织的另一面涂覆纳米 Ag 导电油墨作为输出电极,下摩擦极板为在 200 目的铜网的一面磁控溅射金属 Al 作为失电子的摩擦层,铜网的另一面作为输出电极,摩擦电纳米发电机的下摩擦极板与防护口罩换气罩的底部换气板固定。本发明的优点是:将无纺布进行表面处理,在保持其物理吸附效率的同时,增加静电吸附效果且透气性不会改变;表面产生的电荷及摩擦极板间的高电压具有杀菌抑菌作用,技术效果显著。



1. 一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩,其特征在於:由在防护口罩换气罩内设置摩擦电纳米发电机组成,所述摩擦电纳米发电机由上摩擦极板和下摩擦极板组成,上摩擦极板为在无纺织的一面生长了 ZnO 纳米阵列作为得电子的摩擦层,无纺织的另一面涂覆纳米 Ag 导电油墨作为输出电极,无纺织的内径为 2-4cm、外径为 10-14cm,厚度为 1-4mm,涂覆纳米 Ag 导电油墨的厚度为 2-6 μm ;下摩擦极板为在 200 目的铜网的一面磁控溅射金属 Al 作为失电子的摩擦层,铜网的另一面作为输出电极,铜网目数 ≥ 200 目,尺寸为内径 2-4cm、外径 10-14cm,磁控溅射金属 Al 层的厚度为 40-80 μm ,摩擦电纳米发电机的下摩擦极板与防护口罩换气罩的底部换气板固定。

2. 一种如权利要求 1 所述以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩的制备方法,其特征在於步骤如下:

(一) 上摩擦极板的制备

1) 将市售厚度为 1-4mm 的无纺布裁剪成内径 2-4cm、外径 10-14cm 的圆环形状,放入去离子水中完全浸透并超声清洗 20-40min,每次清洗前都要更换去离子水,将无纺布反复清洗 2-4 次后,再用质量百分比浓度 $\geq 99.75\%$ 的酒精超声处理 30-50min,然后在 100-120 $^{\circ}\text{C}$, $\leq 1\text{Pa}$ 气压的真空干燥箱中干燥 2-4h,得到清洗好的无纺布;

2) 将醋酸锌粉末加入无水乙醇中得到混合溶液,置于 90-100 $^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴中保温 30-60min,然后向混合溶液中加入 $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$,超声震荡 1-3h 使氢氧化锂完全溶解,抽滤后向混合溶液中再加入无水乙醇将该溶液稀释至原来混合溶液体积的 3-5 倍,然后搅拌加热到沸腾状态并持续 1-10min,此时溶液中出现明显混浊物,冷却至室温后置于冰箱中静置 $\geq 24\text{h}$,得到溶胶,所述醋酸锌粉末、无水乙醇与 $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的用量比为 3-5g : 100-300mL : 1-3g;

3) 将步骤 1) 清洗好的无纺布在上述溶胶中进行提拉,以在无纺布表面形成均匀的晶种层,然后将提拉后的无纺布悬空放置在 60-80 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥处理 5-10min,重复上述过程三次,然后将无纺布在烘箱中干燥 15-30min,得到涂覆有 ZnO 晶种层的无纺布;

4) 将 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和六次甲基四胺分别溶解在 100-400mL 的去离子水中,待 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和六次甲基四胺完全溶解后,将两种溶液混合并超声 10-30min 得到混合溶液,然后将经步骤 3) 处理得到的无纺布垂直浸入装有混合溶液的开口容器中,用保鲜膜密封容器开口后,将上述装有混合溶液的容器置于 $\geq 95^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴中 3-5h,在悬挂于容器中的无纺布生长 ZnO,生长完成后用去离子水正反面反复冲洗 3-6 次,然后置于真空干燥箱 60-80 $^{\circ}\text{C}$ 下干燥 12-24h,得到生长 ZnO 纳米阵列的无纺布,所述 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 与去离子水的用量比为 1-3g : 100-400mL,六次甲基四胺与去离子水的用量比为 1-4g : 100-400mL;

5) 将银导电油墨预热至 $\geq 40^{\circ}\text{C}$,用毛刷均匀的涂覆到上述生长 ZnO 后的无纺布的另一面,每次涂覆厚度为 1-3 μm ,然后在温度 50-80 $^{\circ}\text{C}$ 下真空干燥 $\geq 12\text{h}$,此涂覆-干燥过程重复 4-6 次,制得上摩擦极板;

(二) 下摩擦极板的制备

1) 将铜网裁剪成与上摩擦极板大小一致后,放入去离子水中超声震荡清洗 20-60min,更换去离子水重复清洗 2-4 次,然后用质量百分比浓度 $\geq 99.75\%$ 的酒精超声震荡 30-60min,并于 $\leq 1\text{Pa}$ 气压的真空干燥箱中干燥 2-4h;

2) 将上述得到的铜网利用磁控溅射金属 Al 层, 选用铝靶的纯度 $\geq 99.99\%$, 磁控溅射的参数为溅射功率 30-45w、溅射时间 30-50min、工作电流 0.089-1A、工作电压 320-400V、本底真空度 $\geq 4.0 \times 10^{-4}$ pa、工作真空度 ≤ 1.7 pa、氩气流量 30-50cm³/s, 得到溅射金属 Al 层的铜网作为下摩擦极板, 铜网下层与溅射靶紧密接触, 对另一表面起到良好的保护作用;

(三) 摩擦电纳米发电机的组装及植入口罩

将上摩擦极板的 ZnO 纳米阵列面与下摩擦极板的 Al 涂层面相对置入换气罩中, 作为下摩擦极板的铜网固定于换气罩的底部换气板上, 上摩擦极板置于下摩擦极板并可自由运动, 制得以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩。

一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩

技术领域

[0001] 本发明属于高效过滤技术,特别是一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩。

背景技术

[0002] 摩擦纳米发电机的制备技术已经日趋成熟,其开路电压和短路电流从最初的几伏特(V)和几纳安(nA),发展至现在已经达到开路电压上万V,短路电流几mA,甚至到A的水平。其应用领域,也从最初的驱动便携式电子设备、传感器、收集转换环境中的声能、低频震动机械能、潮汐能、风能等拓展到生物相容摩擦纳米发电机的研究及可能的生物学应用,并显示了广阔的应用前景。

[0003] 我国作为发展中的大国,化石能源(如煤、石油、天然气)燃烧效率低下,一直是城市发展的诟病,随着我国国力的增强,人民生活水平日渐提高,通用性汽车已经走进了千家万户,但是随之而来的雾霾对人们生命和生活质量的影响越来越大。从一些大、中城市环境监测数据可以看出,严重雾霾天气的时间比率达到66.6%。这样的天气严重威胁着人们的身体健康,尤其是空气中粒径小于 $0.3\mu\text{m}$ 的颗粒,一旦吸入肺中更有可能穿透血氧屏障,产生病变。同样,对于常年在粉尘环境中工作的工人更是饱受“矽肺”的困扰。因此,基于身体健康的考虑,越来越多的人选择了戴口罩。传统工艺生产的口罩,其防尘的途径主要依靠直接捕获、惯性沉积、重力沉积和扩散沉积等机制,能够过滤尺寸较大的粉尘颗粒,而对于粒径在 $0.3\text{--}1.0\mu\text{m}$ 尺寸的颗粒,其过滤效率不够理想。所以,人类迫切需要探寻一种新型的过滤机制,并制备过滤性能优良的防护口罩,满足特种工业和民用的需求。

[0004] 目前,对于静电吸附过滤口罩的研究仅仅局限在防护层中加入单层驻极体材料,然而,由于驻极体本身的静电吸附能力会随温度升高而衰减,且由于驻极体上的电量分布有限,当吸附的带电粒子达到一定的电量,驻极体的吸附效果就大大下降,从而使口罩的除尘效果不够理想。因此,结合当前摩擦电发电机的发展契机,对原口罩过滤材料-无纺布进行表面纳米改性,并加入另一纳米铝改性铜网作为摩擦层极板,设计和开发一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防尘过滤口罩,并提高其耐受性。这种新型口罩的设计思路和制备方法目前国内外未见相关报道。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对目前防护口罩过滤效率低、使用寿命短的问题,提供一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩,该防护口罩不仅显著提升静电过滤性能,而且对于静电抑菌也有显著效果。

[0006] 本发明的技术方案:

[0007] 一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩,由在防护口罩换气罩内设置摩擦电纳米发电机组成,所述摩擦电纳米发电机由上摩擦极板和下摩擦极板组成,上摩擦极板为在无纺织物的一面生长了ZnO纳米阵列作为得电子的摩擦层,无纺织物的另一面涂覆纳

米 Ag 导电油墨作为输出电极,无纺布的内径为 2-4cm、外径为 10-14cm,厚度为 1-4mm,涂覆纳米 Ag 导电油墨的厚度为 2-6 μm ;下摩擦极板为在 200 目的铜网的一面磁控溅射金属 Al 作为失电子的摩擦层,铜网的另一面作为输出电极,铜网目数 ≥ 200 目,尺寸为内径 2-4cm、外径 10-14cm,磁控溅射金属 Al 层的厚度为 40-80 μm ,摩擦电纳米发电机的下摩擦极板与防护口罩换气罩的底部换气板固定。

[0008] 一种所述以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩的制备方法,步骤如下:

[0009] (一) 上摩擦极板的制备

[0010] 1) 将市售厚度为 1-4mm 的无纺布裁剪成内径 2-4cm、外径 10-14cm 的圆环形状,放入去离子水中完全浸透并超声清洗 20-40min,每次清洗前都要更换去离子水,将无纺布反复清洗 2-4 次后,再用质量百分比浓度 $\geq 99.75\%$ 的酒精超声处理 30-50min,然后在 100-120 $^{\circ}\text{C}$, $\leq 1\text{Pa}$ 气压的真空干燥箱中干燥 2-4h,得到清洗好的无纺布;

[0011] 2) 将醋酸锌粉末加入无水乙醇中得到混合溶液,置于 90-100 $^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴中保温 30-60min,然后向混合溶液中加入 $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$,超声震荡 1-3h 使氢氧化锂完全溶解,抽滤后向混合溶液中再加入无水乙醇将该溶液稀释至原来混合溶液体积的 3-5 倍,然后搅拌加热到沸腾状态并持续 1-10min,此时溶液中出现明显混浊物,冷却至室温后置于冰箱中静置 $\geq 24\text{h}$,得到溶胶,所述醋酸锌粉末、无水乙醇与 $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的用量比为 3-5g : 100-300mL : 1-3g;

[0012] 3) 将步骤 1) 清洗好的无纺布在上述溶胶中进行提拉,以在无纺布表面形成均匀的晶种层,然后将提拉后的无纺布悬空放置在 60-80 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中干燥处理 5-10min,重复上述过程三次,然后将无纺布在烘箱中干燥 15-30min,得到涂覆有 ZnO 晶种层的无纺布;

[0013] 4) 将 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和六次甲基四胺分别溶解在 100-400mL 的去离子水中,待 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 和六次甲基四胺完全溶解后,将两种溶液混合并超声 10-30min 得到混合溶液,然后将经步骤 3) 处理得到的无纺布垂直浸入装有混合溶液的开口容器中,用保鲜膜密封容器开口后,将上述装有混合溶液的容器置于 $\geq 95^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴中 3-5h,在悬挂于容器中的无纺布生长 ZnO,生长完成后用去离子水正反面反复冲洗 3-6 次,然后置于真空干燥箱 60-80 $^{\circ}\text{C}$ 下干燥 12-24h,得到生长 ZnO 纳米阵列的无纺布,所述 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 与去离子水的用量比为 1-3g : 100-400mL,六次甲基四胺与去离子水的用量比为 1-4g : 100-400mL;

[0014] 5) 将银导电油墨预热至 $\geq 40^{\circ}\text{C}$,用毛刷均匀的涂覆到上述生长 ZnO 后的无纺布的另一面,每次涂覆厚度为 1-3 μm ,然后在温度 50-80 $^{\circ}\text{C}$ 下真空干燥 $\geq 12\text{h}$,此涂覆-干燥过程重复 4-6 次,制得上摩擦极板;

[0015] (二) 下摩擦极板的制备

[0016] 1) 将铜网裁剪成与上摩擦极板大小一致后,放入去离子水中超声震荡清洗 20-60min,更换去离子水重复清洗 2-4 次,然后用质量百分比浓度 $\geq 99.75\%$ 的酒精超声震荡 30-60min,并于 $\leq 1\text{Pa}$ 气压的真空干燥箱中干燥 2-4h;

[0017] 2) 将上述得到的铜网利用磁控溅射金属 Al 层,选用铝靶的纯度 $\geq 99.99\%$,磁控溅射的参数为溅射功率 30-45w、溅射时间 30-50min、工作电流 0.089-1A、工作电压 320-400V、本底真空度 $\geq 4.0 \times 10^4\text{pa}$ 、工作真空度 $\leq 1.7\text{pa}$ 、氩气流量 30-50 cm^3/s ,得到溅射金属 Al 层的铜网作为下摩擦极板,铜网下层与溅射靶紧密接触,对另一表面起到良好的保护作用;

[0018] (三) 摩擦电纳米发电机的组装及植入口罩

[0019] 将上摩擦极板的 ZnO 纳米阵列面与下摩擦极板的 Al 涂层面相对置入换气罩中, 作为下摩擦极板的铜网固定于换气罩的底部换气板上, 上摩擦极板置于下摩擦极板并可自由运动, 制得以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩。

[0020] 本发明的优点是:

[0021] 本发明将制造普通的口罩的原材料无纺布进行表面处理, 在保持其物理吸附效率的同时, 增加静电吸附效果; 此外, 表面产生的电荷及摩擦极板间的高电压还起到杀菌抑菌的作用; 本发明制备的口罩在兼具上述优点的同时, 其透气性不会改变, 技术效果显著。

附图说明

[0022] 图 1. 为以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩的结构示意图。

[0023] 图 2 为摩擦电纳米发电机过滤层结构示意图。

[0024] 图 3 为发电机过滤层植入口罩中仿真示意图。

[0025] 图 4 为摩擦电纳米发电机过滤层原理图。

[0026] 图 5 为摩擦电纳米发电机上下摩擦极板的表面处理效果图, 图中 :a、b 为无纺布上生长 ZnO ;c、b 为在铜网上磁控溅射 Al。

[0027] 图中 :1. 换气罩, 2. 上摩擦极板, 3. 下摩擦极板, 4. 底部换气板。

具体实施方式

[0028] 以下所说明的具体实例旨在详细解读本发明的客观用途和为了使读者有直观的理解。此外应理解, 在阅读了本发明讲授的内容之后, 本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改, 这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0029] 实施例:

[0030] 一种以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩, 如图 1-3 所示, 由在市售防护口罩换气罩 1 内设置摩擦电纳米发电机组成, 所述摩擦电纳米发电机由上摩擦极板 2 和下摩擦极板 3 组成, 上摩擦极板 2 为在无纺布的一面生长了 ZnO 纳米阵列作为得电子的摩擦层, 无纺布的另一面涂覆纳米 Ag 导电油墨作为输出电极, 无纺布的内径为 3cm、外径为 11cm, 厚度为 2mm, 涂覆纳米 Ag 导电油墨的厚度为 5 μm ; 下摩擦极板 3 为在 200 目的铜网的一面磁控溅射金属 Al 作为失电子的摩擦层, 铜网的另一面作为输出电极, 铜网目数为 200 目, 尺寸为内径 3cm、外径 11cm, 磁控溅射金属 Al 层的厚度为 50 μm , 摩擦电纳米发电机的下摩擦极板 3 与防护口罩换气罩 1 的底部换气板 4 固定。

[0031] 上述以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩的制备方法, 步骤如下:

[0032] (一) 上摩擦极板的制备

[0033] 1) 将市售厚度为 3mm 的无纺布裁剪成内径 3cm、外径 13cm 的圆环形状, 放入去离子水中完全浸透并超声清洗 40min, 每次清洗前都要更换去离子水, 将无纺布反复清洗 2 次后, 再用质量百分比浓度为 99.75% 的酒精超声处理 40min, 然后在 110 $^{\circ}\text{C}$, 1Pa 气压的真空干燥箱中干燥 4h, 得到清洗好的无纺布;

[0034] 2) 将 6g 醋酸锌粉末加入 600mL 无水乙醇中得到混合溶液, 置于 94 $^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴中保温 60min, 然后向混合溶液中加入 3g $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, 超声震荡 3h 使氢氧化锂完全溶解, 抽滤

后向混合溶液中再加入无水乙醇将该溶液稀释至原来混合溶液体积的 4 倍,然后搅拌加热到沸腾状态并持续 1min,此时溶液中出现明显混浊物,冷却至室温后置于冰箱中静置 45h,得到溶胶;

[0035] 3) 将步骤 1) 清洗好的无纺布在上述溶胶中进行提拉,以在无纺布表面形成均匀的晶种层,然后将提拉后的无纺布悬空放置在 80℃ 的烘箱中干燥处理 10min,重复上述过程三次,然后将无纺布在烘箱中干燥 30min,得到涂覆有 ZnO 晶种层的无纺布;

[0036] 4) 将 3g $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 和 6g 六次甲基四胺分别溶解在 300mL 的去离子水中,待 $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 和六次甲基四胺完全溶解后,将两种溶液混合并超声 20min 得到混合溶液,然后将步骤 3) 得到的涂覆有 ZnO 晶种层的无纺布垂直浸入装有混合溶液的烧杯中,用保鲜膜密封烧杯后,置于 95℃ 的恒温水浴中 3h,在悬挂于容器中的无纺布生长 ZnO,生长完成后用去离子水正反面反复冲洗 4 次,然后置于真空干燥箱 60℃ 下干燥 12h,得到生长 ZnO 纳米阵列的无纺布;

[0037] 5) 将银导电油墨预热至 40℃,用毛刷均匀的涂覆到上述生长 ZnO 后的无纺布的另一面,每次涂覆厚度为 2 μm ,然后在温度 50-80℃ 下真空干燥 $\geq 12h$,此涂覆-干燥过程重复 5 次,制得上摩擦极板;

[0038] (二) 下摩擦极板的制备

[0039] 1) 将铜网裁剪成与上摩擦极板大小一致后,放入去离子水中超声震荡清洗 40min,更换去离子水重复清洗 4 次,然后用质量百分比浓度 99.75% 的酒精超声震荡 340min 以确保完全去除铜网表面的油污和灰尘,然后于 0.7Pa 气压的真空干燥箱中 80℃ 下干燥 4h;

[0040] 2) 将上述得到的铜网利用磁控溅射金属 Al 层,选用铝靶的纯度 99.99%,磁控溅射的参数为溅射功率 30w、溅射时间 30min、工作电流 1A、工作电压 320V、本底真空度 $4.0 \times 10^{-4} pa$ 、工作真空度 1.7pa、氩气流量 $30cm^3/s$,得到溅射金属 Al 层的铜网作为下摩擦极板,铜网下层与溅射靶紧密接触,对另一表面起到良好的保护作用;

[0041] (三) 摩擦电纳米发电机的组装及植入口罩

[0042] 将上摩擦极板的 ZnO 纳米阵列面与下摩擦极板的 Al 涂层面相对置入换气罩中,作为下摩擦极板的铜网固定于换气罩的底部换气板上,上摩擦极板置于下摩擦极板并可自由运动,制得以摩擦电纳米发电机为过滤层的高效防护口罩。

[0043] 本发明的工作机理:参见图 4、图 5

[0044] 目前周围环境中 PM2.5 的浓度居高不下,口罩作为目前缓解雾霾对人体伤害的工具,其过滤性能一直是人们关注的焦点。但是普通物理过滤机制很难将粒径在 0.3 μm -1.0 μm 的小颗粒有效滤除。本发明借助静电吸附的原理,人佩戴口罩的呼吸过程中,气流通过无纺布薄膜会对无纺布产生一定的气压。另一方面,我们下摩擦层采用 200 目的铜网,由于这两种材料具有不同的弹性模量,在受到来自于口腔吸气、吹气过程中就会接触分离,这样就会在两个材料之间产生相对运动,由于无纺布属于易得电子层,而溅射铝后的铜网具有易失电子的特点,所以就会由于静电摩擦产生电荷吸附在无纺布表面。即使是中性小颗粒,在进入发电机对摩擦极板中间时,由于摩擦电纳米发电机高电压的特点,中性粒子也会被极化,这样也会被吸附在过滤层表面。同时由于无纺布丝质纤维表面有制备好的 ZnO 纳米阵列,在增大对摩擦层面积的同时,对于无纺布的物理过滤性能也是一种显

著的提升。同时经实验发现生长了 ZnO 的无纺布具有良好的疏水性,这又能进一步保持柔性摩擦纳米发电机过滤层的静电吸附性能。

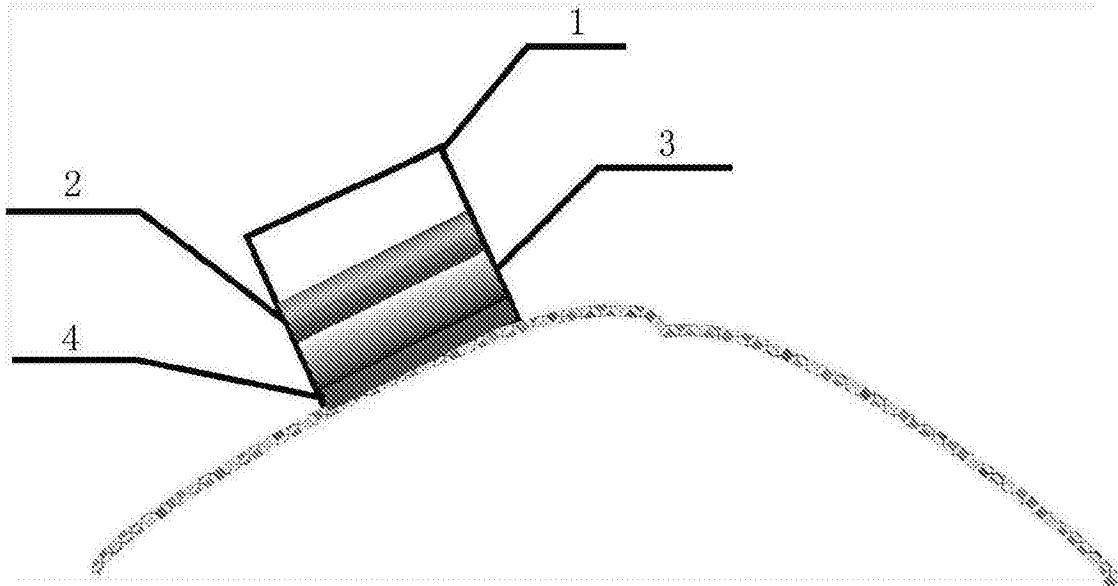


图 1

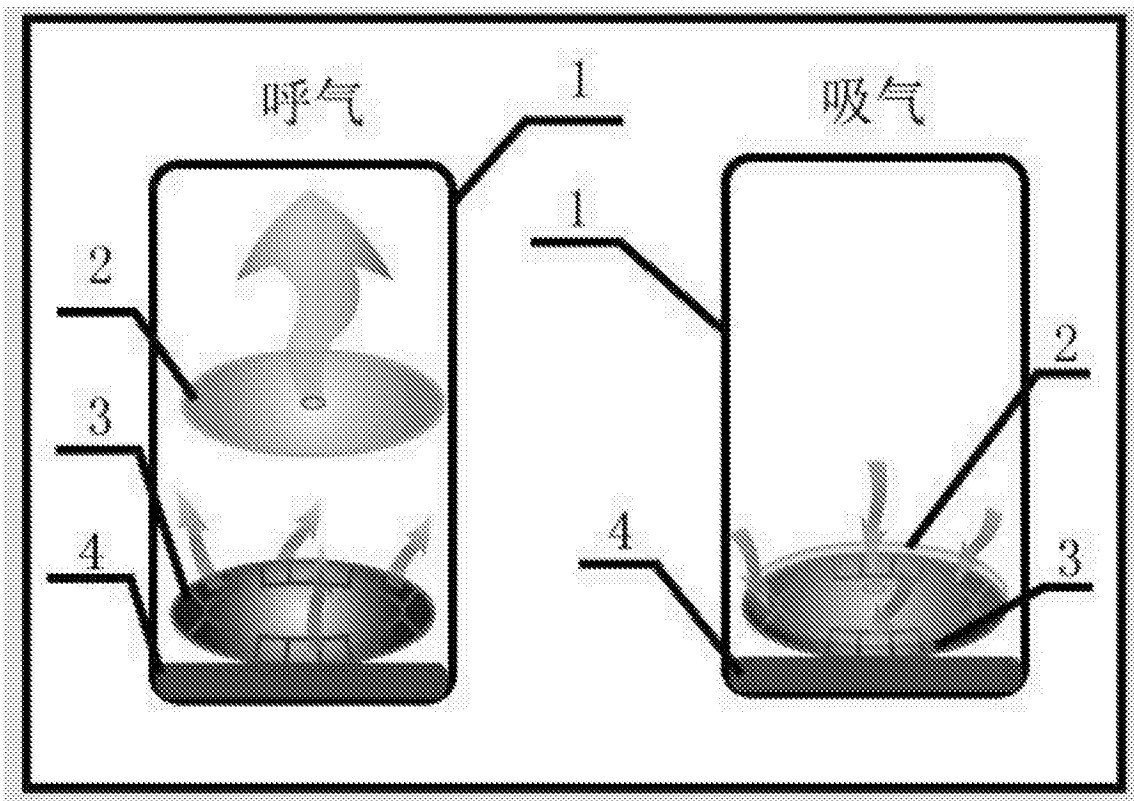


图 2



图 3

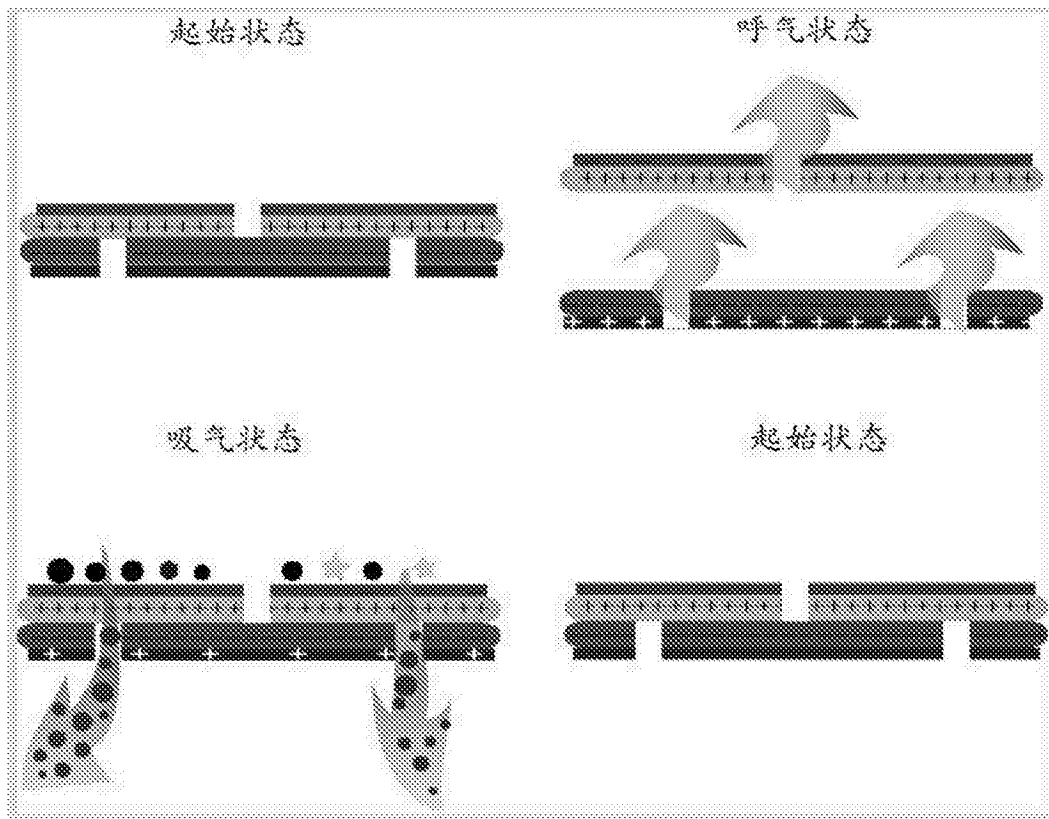


图 4

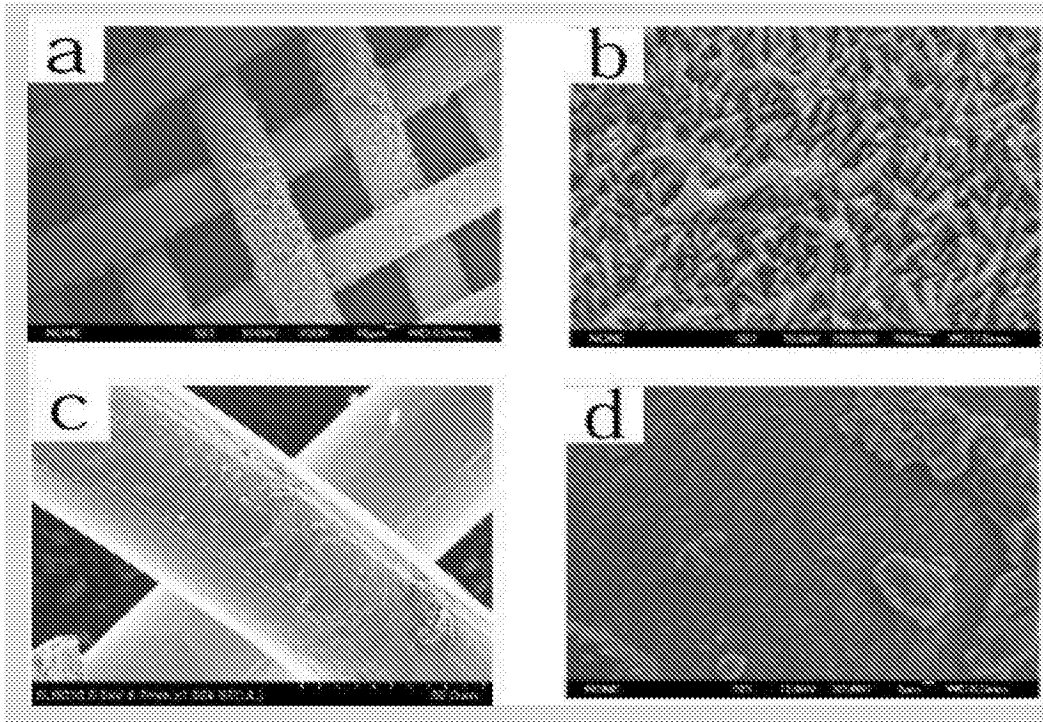


图 5