



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115246908 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 14

(21) 申请号 202111575449.7

C08F 222/38 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.22

C08F 2/48 (2006.01)

C08J 3/075 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115246908 A

(56) 对比文件

CN 109438728 A, 2019.03.08

CN 111533925 A, 2020.08.14

(43) 申请公布日 2022.10.28

(73) 专利权人 浙江理工大学

Belma Işık et al..Swelling behavior of poly(acrylamide-co-N-vinylimidazole) hydrogels under different environment conditions.《Journal of Applied Polymer Science》.2005,第96卷(第5期),1783页左栏倒数第2段,1783页右栏倒数第2段-1784页左栏第1段和表1.

地址 310000 浙江省杭州市江干区杭州经济开发区白杨街道

(72) 发明人 刘爱萍 许为中 李嘉欣 程琳

审查员 王辉

(74) 专利代理机构 杭州敦和专利代理事务所  
(普通合伙) 33296

专利代理师 姜术丹

(51) Int. Cl.

C08F 220/56 (2006.01)

C08F 226/06 (2006.01)

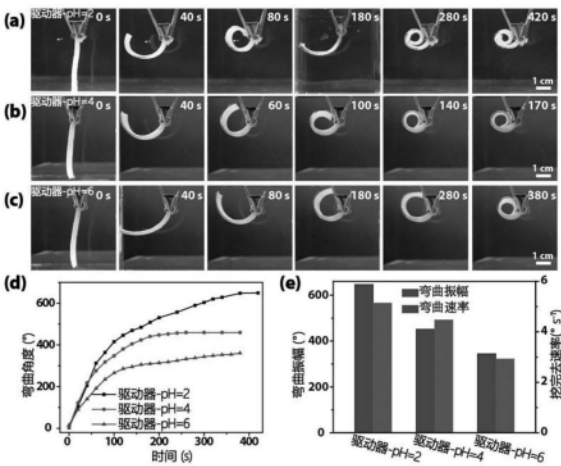
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种酸性pH响应型水凝胶的制备方法及其应用

(57) 摘要

本发明涉及一种酸性pH响应型水凝胶的制备及其应用,包括以下步骤:(1)将单体、化学交联剂、光引发剂依次加入去离子水中,在避光条件下搅拌溶解,得到澄清的水凝胶前驱液;(2)将提前剪裁的尺寸合适的无尘纸和可变厚度的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃板密封模具;(3)将上述前驱体溶液注入模具内,置于冰水浴中,用紫外照射进行原位自由基聚合反应,最终得到水凝胶-纸双层结构的水凝胶驱动器。本发明所得的酸性pH响应水凝胶驱动器具有灵敏度高和pH响应范围广等优点,且可用于单通、双通等多种型号阀门应用等。



1. 一种酸性pH响应水凝胶的制备方法,其特征在于,所述方法包括:

(1) 水凝胶前驱体溶液的制备:将单体、化学交联剂和光引发剂按一定的比例溶解于去离子水中,避光条件下搅拌得到澄清的水凝胶前驱液;所述单体包括丙烯酰胺和1-乙烯基咪唑,所述交联剂为N,N'-亚甲基双丙烯酰胺、所述引发剂为偶氮二异丁脒盐酸盐;

(2) 注模:将无尘纸延表面条纹90°的方向裁剪备用,将无尘纸和可变厚且中间掏空面积的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃杯密封模具,将前驱液注入模具内,注入过程应避免产生气泡;

(3) 交联:将步骤(2)中的模具置于冰水浴下,在距离模具一定距离采用波长365 nm,功率250 W紫外灯照射交联反应一段时间,脱模即可得到P(AAm-co-VI)水凝胶-纸双层结构;

(4) 酸性PH下P(AAm-co-VI)水凝胶的响应:所得P(AAm-co-VI)水凝胶置于酸性环境下,测试弯曲性能和驱动行为。

2. 根据权利要求1所述酸性pH响应水凝胶的制备方法,其特征在于,步骤(3)中紫外灯距离模具的距离为10~20nm。

3. 根据权利要求2所述酸性pH响应水凝胶的制备方法,其特征在于,所述紫外灯照射交联时间为2~10min。

4. 根据权利要求1所述酸性pH响应水凝胶的制备方法,其特征在于,所述酸性环境为pH=1~6。

5. 根据权利要求1所述方法制备的酸性PH响应型水凝胶驱动阀门,在酸性环境下处于打开状态,在中性或酸性环境下处于关闭状态,实现P(AAm-co-VI)水凝胶在酸性环境下的应用。

## 一种酸性pH响应型水凝胶的制备方法及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于水凝胶驱动器领域,尤其涉及一种酸性pH响应水凝胶的制备及其在驱动阀门领域的应用。

### 背景技术

[0002] 水凝胶是一类由亲水高分子链通过物理或化学的方式组成三维网络结构并含有大量水的高分子材料。智能水凝胶是一类具有广泛应用前景的功能高分子材料,其采用功能性单体制备,能够感知外界环境的微小变化或者刺激(如pH值、温度、磁场等),产生结构或者化学性质的变化,通常表现是体积的相变。

[0003] 酸性pH响应型水凝胶可以在不同酸性pH刺激下表现出预先设计好的行为(如弯曲、折叠、扭转等),而被认为在生物医学和软机器人领域具有广阔的应用前景。

### 发明内容

[0004] 为扩大水凝胶的使用范围,本发明通过调节水凝胶的制备工艺,得到一种酸性pH响应水凝胶,并可应用在阀门驱动中,该酸性pH响应水凝胶的制备方法简单,使用能耗低。

[0005] 为达到上述技术目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种酸性pH响应水凝胶的制备方法,所述方法包括:

[0007] (1) 水凝胶前驱体溶液的制备:将单体、化学交联剂和光引发剂按一定的比例溶于去离子水中,避光条件下搅拌得到澄清的水凝胶前驱液;

[0008] (2) 注模:将无尘纸延表面条纹90°的方向裁剪备用,将无尘纸和可变厚且中间掏空面积的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃杯密封模具,将前驱液注入模具内,注入过程应避免产生气泡;

[0009] (3) 交联:将步骤(2)中的模具置于冰水浴下,在距离模具一定距离采用波长365nm,功率250W紫外灯照射交联反应一段时间,脱模即可得到P(AAm-co-VI)水凝胶-纸双层结构;

[0010] (4) 酸性PH下P(AAm-co-VI)水凝胶的响应:所得P(AAm-co-VI)水凝胶置于酸性环境下,测试弯曲性能和驱动行为。

[0011] 进一步地,所述单体包括丙烯酰胺和1-乙烯基咪唑,所述交联剂为N,N'-亚甲基双丙烯酰胺、所述引发剂为偶氮二异丁脒盐酸盐。

[0012] 进一步地,步骤(3)中紫外灯距离模具的距离为10~20nm。

[0013] 进一步地,所述紫外灯照射交联时间为2~10min。

[0014] 进一步地,所述酸性环境为PH=1~6。

[0015] 一种如上述所述方法制备的酸性PH响应型水凝胶驱动阀门,在酸性环境下处于打开状态,在中性或酸性环境下处于关闭状态,实现P(AAm-co-VI)水凝胶在酸性环境下的应用。

[0016] 本发明具有以下优点:通过选取耐酸性的合成水凝胶原料,再结合交联工艺,制备

出酸性pH响应水凝胶,该制备方法简单易行,控制工艺参数可控,成本低廉,可重复性高。该酸性pH响应水凝胶具有灵敏度高和pH响应范围广等优点,且可用于阀门、水下抓手等。

#### 附图说明

- [0017] 图1为酸性pH响应水凝胶在不同pH下的驱动性能;  
[0018] 图2为酸性pH响应水凝胶的SEM图;  
[0019] 图3为水凝胶的动力学示意图;  
[0020] 图4为酸性pH响应水凝胶驱动阀门的开关过程示意图。

#### 具体实施方式

[0021] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

##### [0022] 实施例1

[0023] 一种酸性PH响应型水凝胶的制备方法,包括如下制备步骤:

[0024] (1) 水凝胶前驱体溶液的制备:将0.890g的丙烯酰胺、0.133g的1-乙烯基咪唑、0.035g的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺、0.045g的偶氮二异丁脒盐酸盐加入8.897g的水中,磁力搅拌下依次加入直至各组分完全溶解,得到澄清的水凝胶前驱液,避光搅拌保存;

[0025] (2) 注模:将无尘纸使裁剪为尺寸40mm×10mm、表面条纹为90°备用,将无尘纸和可变厚且中间掏空面积为40mm×10mm的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃杯密封模具,将前驱液注入模具内,注入过程应避免产生气泡;

[0026] (3) 交联:将步骤(2)中的模具置于冰水浴下,在距离模具15cm的位置采用波长365nm,功率250W紫外灯照射交联6min,脱模即可得到P(AAm-co-VI)水凝胶-纸双层结构;

[0027] (4) 酸性PH时水凝胶的响应:所得P(AAm-co-VI)水凝胶在置于pH=2的溶液中,80s就可以实现360°的弯曲,最大在420s实现649.748°超大弯曲;所得置于pH=4的溶液中,110s就可以实现360°的弯曲,最大在380s实现459.452°超大弯曲;所得P(AAm-co-VI)/纸复合水凝胶置于pH=6的溶液中,在180s可以实现360°的弯曲,最大在460s实现440.74°超大弯曲,如图1-3所示。

##### [0028] 实施例2

[0029] 一种酸性PH响应型水凝胶驱动阀门的制备方法,包括如下步骤:

[0030] (1) 水凝胶前驱体溶液的制备:将0.890g的丙烯酰胺、0.133g的1-乙烯基咪唑、0.035g的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺、0.045g的偶氮二异丁脒盐酸盐加入8.897g的水中,磁力搅拌下依次加入直至各组分完全溶解,得到澄清的水凝胶前驱液,避光搅拌保存;(2) 注模:将无尘纸使裁剪为尺寸40mm×10mm、表面条纹为90°备用,将无尘纸和可变厚且中间掏空面积为40mm×10mm的硅橡胶垫片依次放置在玻璃板上,用另一块玻璃杯密封模具,将前驱液注入模具内,注入过程应避免产生气泡;

[0031] (3) 交联:将步骤(2)中的模具置于冰水浴下,在距离模具15cm的位置采用波长365nm,功率250W紫外灯照射交联6min,脱模即可得到P(AAm-co-VI)水凝胶-纸双层结构。如

图2所示,a、b、c分别为P(AAm-co-VI)水凝胶的正面、反面、横截面的SEM图。该水凝胶呈开孔状,结构均匀,孔径在50 $\mu$ m左右。d、e、f分别为P(AAm-co-VI)/纸复合水凝胶的整体及局部横截面的SEM图。水凝胶网络和纸的纤维结构互相嵌入,得到紧密结合的双层结构。

[0032] (4) 酸性PH响应型水凝胶驱动阀门制备:采用P(AAm-co-VI)水凝胶制备阀门,得到的阀门在1mol/l HCl环境下实验,在水通过时关闭,在酸通过时打开,响应速度为90s,如图4所示。

[0033] 对比例:

[0034] P(AAm-co-VI)水凝胶制备步骤(1)和(2)都与实施例1相同,步骤(3)如下:

[0035] 交联:将模具置于室温水,在距离模具15cm的位置采用波长365nm,功率250W紫外灯照射交联6min,脱模即可得到P(AAm-co-VI)水凝胶-纸双层结构。

[0036] 酸性PH时水凝胶的响应:将上述P(AAm-co-VI)水凝胶分别置于PH=2、4、6的溶液中,弯曲和驱动性能均比实施例1差,将其应用于酸性阀门中,在关闭状态有漏液现象。

[0037] 通过实施例1-2和对比例可知,通过控制交联环境,可实现P(AAm-co-VI)水凝胶在酸性环境下的驱动,扩大应用范围。

[0038] 上述实例用来解释说明本发明,然而并非限定本发明。在本发明的精神和权利要求的保护范围内,对本发明作出的任何修改和改变,都落入本发明的保护范围。

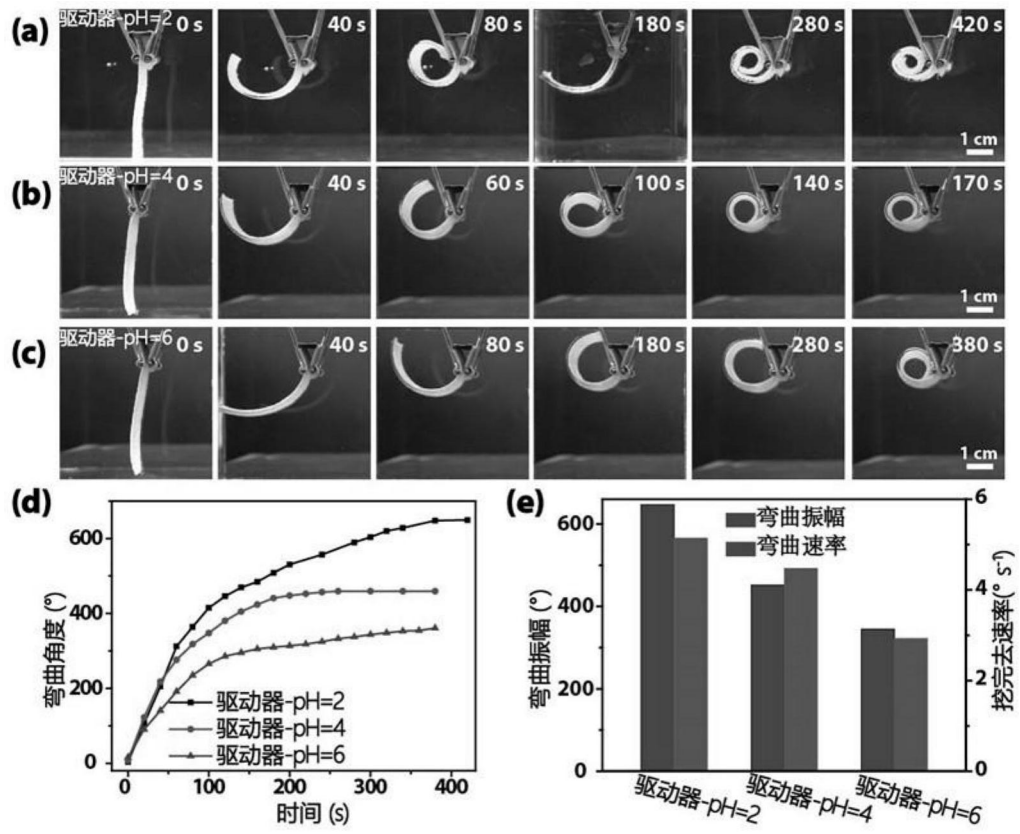


图1

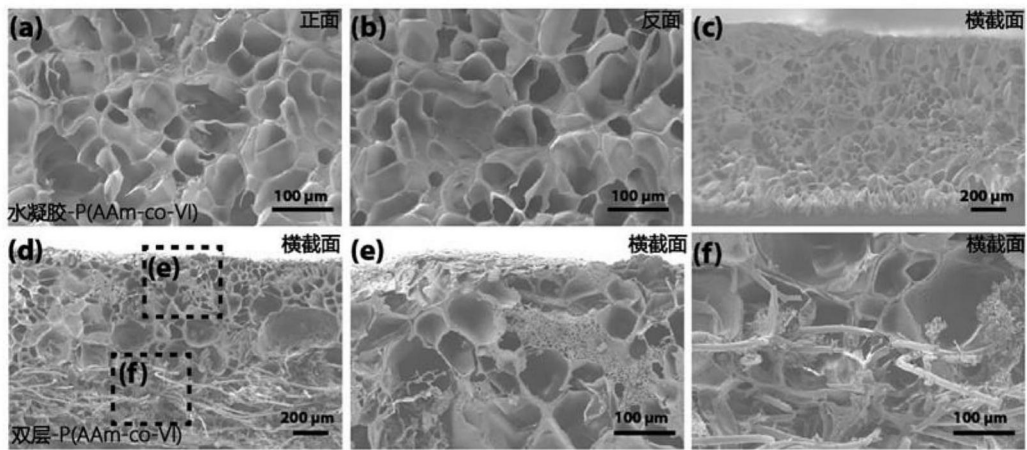


图2

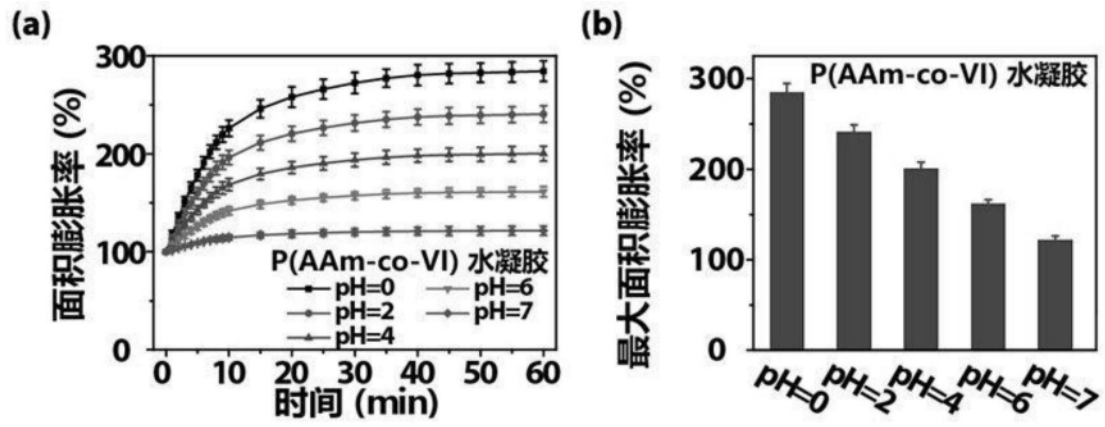


图3

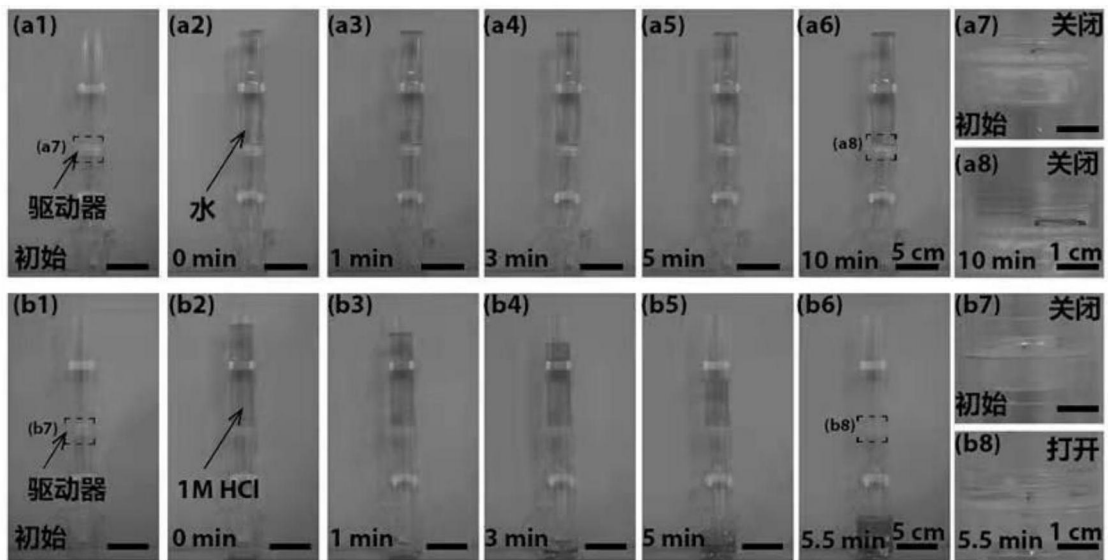


图4