



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107189064 B

(45)授权公告日 2020.02.18

(21)申请号 201710419448.0 *D06M 15/37*(2006.01)
(22)申请日 2017.06.06 *D21H 17/54*(2006.01)
(65)同一申请的已公布的文献号 *C03C 25/16*(2006.01)
申请公布号 CN 107189064 A *C03C 25/26*(2018.01)
C03C 25/62(2018.01)
(43)申请公布日 2017.09.22 *B05D 1/00*(2006.01)
(73)专利权人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区清华园北京
100084-82信箱
审查员 李细珍
(72)发明人 陆跃翔 王哲 魏国玉 陈靖
(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002
代理人 王文君
(51)Int.Cl.
C08G 73/06(2006.01)
C08J 7/04(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

常压微等离子体放电在制备聚多巴胺方面的应用

(57)摘要

本发明涉及常压微等离子体放电在制备聚多巴胺方面的应用,在具体应用的过程中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极,对多巴胺的溶液进行放电处理。采用常压等离子体放电能够快速形成聚多巴胺,一般在几十分钟内即可完成聚合。经调整相关参数,在硅片上的沉积速度可高达53nm/h,是目前最快速的沉积方法之一。而且这种对聚多巴胺的合成过程是可控的,经实验证实,不对多巴胺进行等离子体放电处理时,聚多巴胺的聚合过程即停止,这有利于多巴胺聚合的准确进行。

1. 常压微等离子体放电在制备聚多巴胺方面的应用;其特征在于,包括如下步骤:
 - (1) 将多巴胺溶于缓冲溶液中形成混合溶液;
 - (2) 对所述混合溶液进行常压微等离子体放电处理,即可得到含有聚多巴胺的溶液;所述常压微等离子体放电的过程中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极。
2. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于,所述等离子体气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为40~80mL/min;放电电压为1000~5000V。
3. 根据权利要求2所述的应用,其特征在于,所述常压微等离子体放电的电流强度为1~20mA;和/或放电时间为0.1~60min。
4. 根据权利要求1或3所述的应用,其特征在于,所述混合溶液中多巴胺的浓度为0.1~20mg/mL。
5. 根据权利要求4所述的应用,其特征在于,所述混合溶液中多巴胺的浓度为0.1~10mg/mL。
6. 根据权利要求1或5所述的应用,其特征在于,所述缓冲溶液的pH为4~8。
7. 根据权利要求6所述的应用,其特征在于,所述缓冲溶液为磷酸盐缓冲液。
8. 一种在基底材料表面负载聚多巴胺的方法,其特征在于,包括如下步骤:
 - (1) 将多巴胺溶于pH为4~8的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为0.1~10mg/mL的混合溶液;
 - (2) 将基底材料浸于所述混合溶液中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极,对所述混合溶液进行搅拌的同时进行常压微等离子体放电处理,控制电流的大小为1~20mA,即可在所述基底材料表面负载聚多巴胺;
所述导电电极由金属电极、ITO导电玻璃或碳棒电极制备而成;
所述等离子体气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为40~80mL/min;放电电压为1000~5000V。
9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,包括如下步骤:
 - 1) 将多巴胺溶于pH为4~6的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为1.5~2.5mg/mL的混合溶液;
 - 2) 将硅片浸润于所述混合溶液中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极,对所述混合溶液进行搅拌的同时进行常压微等离子体放电处理,控制电流的大小为8~10mA,即可在所述基底材料表面负载聚多巴胺;
和/或所述等离子体气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为50~70mL/min;放电电压为2000~2800V。
10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述导电电极由铜或铂制备而成。
11. 一种利用多巴胺在基底材料表面进行图案化的方法,其特征在于,包括如下步骤:
 - (1) 将多巴胺溶于pH为4~8的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为0.1~10mg/mL的混合溶液;
 - (2) 将具有图案的聚二甲基硅氧烷薄膜覆盖在基底材料表面,将覆盖有所述薄膜的基底材料浸于所述混合溶液中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极,对所述混合溶液进行搅拌的同时进行常压微等离子体放电处理,控制电流的大小为1~20mA,在所述基底材料的表面负载聚多巴胺;

(3)将所述薄膜取下,空白处即为所需图案。

12.根据权利要求11所述的方法,其特征在于,所述导电电极由金属电极、ITO导电玻璃或碳棒电极制备而成;

和/或所述等离子气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为40~80mL/min;放电电压为1000~5000V。

13.一种利用多巴胺在基底材料表面进行图案化的方法,其特征在于,包括如下步骤:

1)将基底材料在多巴胺溶液中浸润;

2)将所述浸润后的基底材料铺设于导电阳极板上,控制阴极等离子体气体电极距离所述基底材料表面的距离为1~3mm,向电极通电,根据所需图案的形状在所述基底材料表面移动所述等离子体气体电极,即可得到聚多巴胺形成的所需图案;

所述基底材料为纸、无纺布或玻璃纤维。

14.根据权利要求13所述的方法,其特征在于,包括如下步骤:

1)将多巴胺溶于pH为4~6的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为1.5~2.5mg/mL的混合溶液,将基底材料在混合溶液中浸润;

2)将所述浸润后的基底材料铺设于铜箔上,控制阴极等离子体气体电极距离所述基底材料的距离为1.5~2.5mm,向电极通电,控制电流大小为1.5~2.5mA,根据所需图案的形状在所述基底材料表面移动所述等离子体气体电极,即可得到聚多巴胺形成的所需图案;

所述等离子气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为50~70mL/min;放电电压为2000~2800V。

15.根据权利要求14所述的方法,其特征在于,所述基底材料为纸。

16.权利要求13~15任一项所述方法制备得到的产品。

常压微等离子体放电在制备聚多巴胺方面的应用

技术领域

[0001] 本发明涉及聚多巴胺的制备领域,具体涉及一种利用常压微等离子体辅助放电在制备聚多巴胺方面的应用。

背景技术

[0002] 材料的表面功能化在化学、生物、医学和材料学等领域应用广泛,目前常用的功能化方法有单分子层自组装法、有机硅烷化学法、Langmuir-Blodgett沉积法、层层自组装法以及表面键合多肽法,这些方法在某些特定材料表面功能化后具有优异的性能和应用价值,但大多数方法比较复杂且缺乏普遍适用性。

[0003] 近年来,越来越多的科学家受贻贝的启发,对多巴胺化学的表面功能化产生了浓厚兴趣。聚多巴胺是贻贝触角释放的粘附性物质的主要成分,它能够在各种材料表面形成稳定的粘附层,且由于表面含有大量官能团,使得其能够很容易地进行二次表面功能化。基于聚多巴胺包覆层的诸多优点,科研工作者们研究了许多方法用聚多巴胺功能化各种各样材料的表面。然而这些方法目前存在许多缺点,第一,聚多巴胺的形成动力学较慢,对材料表面的功能化的效率低,有些方法需要几个小时至几天的时间来实现聚多巴胺对材料的表面功能化;第二,不能很好地控制某些聚合方法,聚合过程一旦发生很难停止,对于聚合程度不能精确把握。

[0004] 由于常压微等离子体气体电极具有反应条件温和、反应效率较高以及能耗低等特点,常压微等离子体气体电极越来越多的被应用在纳米颗粒的合成,机理研究等方面,但基于常压微等离子体辅助多巴胺的聚合还鲜有研究。

发明内容

[0005] 本发明提供常压微等离子体放电在制备聚多巴胺方面的应用。本发明所述常压微等离子体放电的过程中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极。等离子体气体电极作为阴极在放电的过程中会产生氧化活性物质,同时电解水使溶液中局部pH值迅速升高,有利于多巴胺聚合反应的进行。如果使用等离子体电极作为阳极,虽然也可以产生氧化活性物质,但是电解水反应会使局部pH值迅速降低,不利于多巴胺的进一步聚合,最终无法用于固体基底的表面修饰。

[0006] 本发明所述的导电电极可选择任何可导电的材料;

[0007] 优选的,所述导电电极由金属电极、ITO导电玻璃或碳棒电极制备而成;

[0008] 优选的,所述等离子体气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为40~80mL/min;

[0009] 优选的,放电电压为1000~5000V。

[0010] 优选的,导电氩气管为不锈钢氩气管,导电电极为铂电极。

[0011] 优选的,在具体应用的过程中,包括如下步骤:

[0012] (1) 将多巴胺溶于缓冲溶液中形成混合溶液;

[0013] (2) 对所述混合溶液进行常压微等离子体放电处理,即可得到含有聚多巴胺的溶

液。

[0014] 优选的,所述常压微等离子体放电的电流强度为1~20mA;

[0015] 优选的,放电时间为0.1~60min。

[0016] 优选的,所述混合溶液中多巴胺的浓度为0.1~20mg/mL,更优选0.1~10mg/mL。

[0017] 所述缓冲溶液的pH为4~8。经实验证实,采用本发明的方法,缓冲液的pH不会对最终的处理结果产生明显的影响,在pH 4~8较大的范围内均可适用。

[0018] 优选的,所述缓冲溶液为磷酸盐缓冲液。

[0019] 本发明的另一目的是提供利用本发明所述的常压微等离子体放电技术在基底材料表面负载聚多巴胺的方法,包括如下步骤:

[0020] (1) 将多巴胺溶于pH为4~8的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为0.1~10mg/mL的混合溶液;

[0021] (2) 将基底材料浸于所述混合溶液中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极,对所述混合溶液进行搅拌的同时进行常压微等离子体放电处理,控制电流的大小为1~20mA,即可在所述基底材料表面负载聚多巴胺;

[0022] 所述导电电极由金属电极、ITO导电玻璃或碳棒电极制备而成;

[0023] 所述等离子体气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为40~80mL/min;放电电压为1000~5000V。

[0024] 所述基底材料可以为任意需要在表面负载多巴胺的固体材料;

[0025] 优选的,所述基底材料为PES、PVDF、PS、无纺布、玻璃纤维或硅片;

[0026] 采用上述方法,可成功的在基底材料表面负载聚多巴胺,且形成的聚多巴胺的活性不会受到破坏,功能化后的材料表面能够很容易的进行二次功能化,如快速还原硝酸银并将银颗粒其修饰在固相材料表面,固定生物分子(细胞、酶等),以及作为分子胶水锚定其他分子进行反应等。

[0027] 优选的,包括如下步骤:

[0028] 1) 将多巴胺溶于pH为4~6的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为1.5~2.5mg/mL的混合溶液;

[0029] 2) 将硅片浸润于所述混合溶液中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极,对所述混合溶液进行搅拌的同时进行常压微等离子体放电处理,控制电流的大小为8~10mA,即可在所述基底材料表面负载聚多巴胺;

[0030] 优选的,所述导电电极由铂制备而成;

[0031] 和/或所述等离子体气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为50~70mL/min;放电电压为2000~2800V。

[0032] 本发明所述的方法可使多巴胺进行快速地聚合,尤其在采用上述的操作参数,多巴胺可在硅片表面的聚合速度最高可达53nm/h,这是目前文献报道的多巴胺聚合方法中聚合速度最快的方法之一。

[0033] 本发明的另一目的是提供一种利用本发明所述的常压微等离子体放电技术在基底材料表面进行图案化的方法,包括如下步骤:

[0034] (1) 将多巴胺溶于pH为4~8的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为0.1~10mg/mL的混合溶液;

[0035] (2) 将具有图案的聚二甲基硅氧烷薄膜覆盖在基底材料表面,将覆盖有所述薄膜的基底材料浸于所述混合溶液中,等离子体气体电极作为阴极,导电电极作为阳极,对所述混合溶液进行搅拌的同时进行常压微等离子体放电处理,控制电流的大小为1~20mA,在所述基底材料的表面负载聚多巴胺;

[0036] (3) 将所述薄膜取下,空白处即为所需图案;

[0037] 优选的,所述导电电极由金属电极、ITO导电玻璃或碳棒电极制备而成;

[0038] 和/或所述等离子体气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为40~80mL/min;放电电压为1000~5000V。

[0039] 本发明的最后一个目的是提供利用本发明所述的常压微等离子体放电技术的另一种在基底材料表面图案化的方法,包括如下步骤:

[0040] 1) 将基底材料在多巴胺溶液中浸润;

[0041] 2) 将所述浸润后的基底材料铺设于导电阳极板上,控制阴极等离子体气体电极距离所述基底材料表面的距离为1~3mm,向电极通电,根据所需图案的形状在所述基底材料表面移动所述等离子体气体电极,即可得到聚多巴胺形成的所需图案;

[0042] 所述基底材料为纸、无纺布或玻璃纤维。

[0043] 优选的,包括如下步骤:

[0044] 1) 将多巴胺溶于pH为4~6的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为1.5~2.5mg/mL的混合溶液,将基底材料在混合溶液中浸润;

[0045] 2) 将所述浸润后的基底材料铺设于铜箔上,控制阴极等离子体气体电极距离所述基底材料的距离为1.5~2.5mm,向电极通电,控制电流大小为1.5~2.5mA,根据所需图案的形状在所述基底材料表面移动所述等离子体气体电极,即可得到聚多巴胺形成的所需图案;

[0046] 所述等离子体气体电极为导电氩气管,其中氩气的流速为50~70mL/min;放电电压为2000~2800V;

[0047] 优选的,所述基底材料为纸。

[0048] 由于等离子体电极所到之处局部pH值的骤增以及氧化性物质的生成,使得此处多巴胺溶液快速聚合成聚多巴胺,由于基底材料上存留的水比较少,因此聚多巴胺不能快速扩散至其他部位,即形成图案化的聚多巴胺。此方法是对传统图案化模式的创新,可根据需要得到不同图案化的聚多巴胺,并可在二次功能化后应用于其他领域。

[0049] 本发明所涉及的在基底表面负载多巴胺或图案化的方法,在反应完成后将基底取出,并用去离子水和乙醇分别冲洗基底上残余的多巴胺溶液和杂质,然后用氩气干燥基底,即可得到负载多巴胺或图案化的基底。

[0050] 本发明所述的方法具有如下有益效果:

[0051] 1) 本发明所述的方法能够快速形成聚多巴胺,一般在几十分钟内即可完成聚合,同其他方法相比,聚合时间大大缩短。而且经调整相关参数,在硅片上的沉积速度可高达到53nm/h,是目前最快速的沉积方法之一。

[0052] 2) 本发明对聚多巴胺的合成过程是可控的,经实验证实,不对多巴胺进行等离子体放电处理时,多巴胺的聚合过程即停止,这有利于多巴胺的准确聚合。

[0053] 3) 本发明的操作方法温和,在基底材料表面负载聚多巴胺后,还可进行二次表面

化,在生物、医学等领域有很大应用空间。

[0054] 4) 本发明所述的方法操作简单,能耗低,还可通过多种方式在基底材料表面进行图案化,有利于大范围的推广和应用。

附图说明

[0055] 图1等离子体阴极处理的多巴胺溶液随时间增加的紫外吸收光谱图;

[0056] 图2多巴胺溶液在不同的缓冲溶液pH值下的紫外吸收外光谱图;

[0057] 图3多巴胺溶液在不同反应电流下的紫外吸收外光谱图;

[0058] 图4不同多巴胺初始浓度下的紫外吸收外光谱图;

[0059] 图5不同电流下聚多巴胺在硅片上沉积厚度随时间的变化;

[0060] 图6在聚醚砜膜(PES)表面沉积聚多巴胺实现图案化;

[0061] 图7用等离子体喷头在浸有多巴胺溶液的纸张上进行书写的示意图;

[0062] 图8多巴胺缓冲溶液在不同处理方式下其溶液颜色随时间变化的照片;

[0063] 图9多巴胺溶液在不同处理方式下其紫外吸收强度(420nm)随时间的变化曲线;

[0064] 图10多巴胺聚合可控性实验图;

[0065] 图11聚多巴胺在不同基底上沉积的照片,A:原始基底照片;B:沉积聚多巴胺后的基底照片;C:在基底上沉积多巴胺后还原银颗粒的照片。

具体实施方式

[0066] 以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0067] 实施例1

[0068] 本实施例涉及常压微等离子体放电在不同的时间下制备聚多巴胺的应用实例,包括如下步骤:

[0069] 1) 将多巴胺盐酸盐粉末溶解于pH=5的磷酸盐缓冲溶液,制备得到多巴胺浓度为2mg/mL的混合溶液;

[0070] 2) 将所述混合溶液倒入“H”型反应器皿中,将反应器皿放在实验台上,调节氩气流速为60mL/min,两个电极分别在反应器的正上方,阳极为铂丝电极,阴极为内径180 μ m氩气管,电压约为2400V,调节恒流电源的输出电流为6mA,将阳极浸入溶液中,分别通电1min,2min,5min,10min,20min,30min。

[0071] 反应结束后用紫外可见光谱仪对溶液进行测试,并取420nm处峰值作图。结果如图1,由图1的数值可以看出,随着时间的增加,吸收峰的强度逐渐增加。

[0072] 实施例2

[0073] 本实施例涉及常压微等离子体放电在不同pH的缓冲液中制备聚多巴胺的应用实例,包括如下步骤:

[0074] 1) 将多巴胺盐酸盐粉末分别溶解于pH=4,5,6,7,8的磷酸盐缓冲溶液,制备得到多巴胺浓度为2mg/mL的混合溶液;

[0075] 2) 使用与实施例1相同的放电装置,调节恒流电源的输出电流为6mA,将阳极浸入溶液中,持续放电10min。

[0076] 反应结束后用紫外可见光谱仪对溶液进行测试,并取420nm处峰值作图。如图2所

示,随着初始溶液pH值的变化,多巴胺的聚合程度并没有明显变化。这说明初始溶液的pH值对多巴胺的聚合速度并没有明显的影响,本方法适用于较宽的pH范围内工作。

[0077] 实施例3

[0078] 本实施例涉及常压微等离子体放电在不同大小的电流下制备聚多巴胺的应用实例,包括如下步骤:

[0079] 1) 将多巴胺盐酸盐粉末溶解于pH=5的磷酸盐缓冲溶液,制备得到多巴胺浓度为2mg/mL的混合溶液;

[0080] 2) 使用与实施例1相同的放电装置,调节输出电流分别为3,4.5,6,7.5,9mA;将阳极浸入溶液中,持续放电10min。

[0081] 待反应结束后依旧用紫外可见光谱仪测定溶液的吸光度,并取420nm处峰值作图。如图3所示,随着反应电流的逐渐增加,溶液的吸光度逐渐增大,多巴胺的聚合程度呈逐渐增加的趋势。说明通过调节电流的大小,可以调控多巴胺的聚合速度。

[0082] 实施例4

[0083] 本实施例涉及常压微等离子体放电在不同的聚多巴胺浓度下制备聚多巴胺的应用实例,包括如下步骤:

[0084] 1) 将多巴胺盐酸盐粉末溶解于pH=5的磷酸盐缓冲溶液,制备得到多巴胺浓度分别为0.1,0.4,1,2,5,10,20mg/mL的混合溶液;

[0085] 2) 采用与实施例1相同的放电装置,调节恒流电源的输出电为6mA,持续放电10min。

[0086] 待多巴胺聚合反应结束后用紫外可见光谱仪测定溶液的吸光度,并取420nm处峰值作图。如图4所示,本方法在对具有不同初始浓度的多巴胺溶液都有作用,都可以引发聚合。随着多巴胺溶液浓度的逐渐增加,多巴胺的聚合程度呈现先增加后基本保持不变的趋势。这是由于在相同的反应电流和反应时间的条件下,等离子体阴极所引起的溶液局部pH值的增加以及生成的氧化性物质基本保持不变,因此当多巴胺溶液的浓度增加到一定程度以后,等离子体阴极对于多巴胺的聚合的影响即不再改变,达到了在此反应条件下处理能力的最高值。

[0087] 实施例5

[0088] 本实施例涉及在基底材料表面负载聚多巴胺的方法,具体步骤为:

[0089] 1) 将多巴胺溶于pH为5的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为2mg/mL的混合溶液;

[0090] 2) 将硅片切成1cm*1cm的小片,在食人鱼洗液 $H_2O_2:H_2SO_4=3:7$ (体积比)溶液中浸泡30min,然后用去离子水冲洗干净,用氩气将硅片表面吹干,得到干净光洁的硅片,将硅片浸润于所述混合溶液中,对所述混合溶液进行搅拌的同时进行常压微等离子体放电处理,控制电流的大小为9mA;持续放电时间分别为10,20,30,40min。在放电结束后将硅片用镊子取出,用去离子水和丙酮分别冲洗硅片,后用氩气吹干。

[0091] 用原子力显微镜下测量不同反应时间下在硅片上沉积的聚多巴胺的厚度,并作图。如图5所示,在相同的反应电流下,随着反应时间的增加,聚多巴胺在硅片上的沉积厚度线性增加,当电流为9mA时,聚多巴胺在硅片上的沉积速度达到53nm/h之高。

[0092] 实施例6

[0093] 与实施例5相比,区别在于,控制电流的大小为6mA。

[0094] 用原子力显微镜下测量不同反应时间下在硅片上沉积的聚多巴胺的厚度,并作图。如图5所示,在相同的反应电流下,随着反应时间的增加,聚多巴胺在硅片上的沉积厚度线性增加,当电流为6mA时,聚多巴胺在硅片上的沉积速度没有电流为9mA时的沉积速度快。

[0095] 实施例7

[0096] 本实施例涉及一种在基底材料表面图案化的方法,包括如下步骤:

[0097] (1) 将多巴胺溶于pH为5的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为2mg/mL的混合溶液;

[0098] (2) 将具有图案的聚二甲基硅氧烷薄膜覆盖在基底材料表面,将覆盖有所述薄膜的聚醚砜膜(PES)浸于所述混合溶液中,等离子体气体电极作为阴极,金属电极作为阳极,对所述混合溶液进行搅拌的同时进行常压微等离子体放电处理,控制电流的大小为6mA,在所述基底材料的表面负载聚多巴胺;

[0099] (3) 待反应结束后将膜取出并用去离子水冲洗干净,由于覆盖聚二甲基硅氧烷薄膜的地方溶液不能进入,而裸露部分则可以快速沉积一层聚多巴胺,因此将薄膜剥离后即可得到如图6所示的图案化的基底材料。此方法获得的聚多巴胺功能化的图案化基底快速易得,可以通过不同的技术得到不同形状、大小的聚二甲基硅氧烷薄膜,进而获得用聚多巴胺图案化的基底,并可进一步应用在光电学等领域。

[0100] 实施例8

[0101] 本实施例涉及直接利用多巴胺在基底材料表面“绘制”图案的方法,包括如下步骤:

[0102] 1) 将多巴胺溶于pH为5的缓冲溶液中,形成多巴胺的浓度为2mg/mL的混合溶液,将纸张在混合溶液中浸润;

[0103] 2) 将所述浸润后的纸张铺设于铜箔上,控制阴极等离子体气体电极距离所述基底材料的距离为2mm,向电极通电,控制电流大小为2mA,根据所需图案的形状在所述基底材料表面移动所述等离子体气体电极,即可在纸张上留下如图7所示的“INET”字样聚多巴胺形成的所需图案。

[0104] 对比例1

[0105] 与实施例1相比,其区别在于,不对多巴胺的混合液进行等离子体放电处理,使其自然合成聚多巴胺。

[0106] 本对比例与实施例1进行比较可知,实施例1中随着反应时间的增加,吸收峰的强度逐渐增加。从不同反应时间下溶液的照片也可以清楚的看出随着反应时间的增加,溶液的颜色逐渐加深,表明有越来越多的聚多巴胺生成,此外相较于本对比例自然条件下的多巴胺聚合,等离子体辅助的方法明显加速了多巴胺的聚合速度(图8)。将不同反应时间以及不同聚合方法下420nm处峰值取出作图,图9进一步证实了等离子体辅助的方法能够加速多巴胺聚合的动力学,显著提高多巴胺聚合速度。

[0107] 实验例1

[0108] 等离子体辅助多巴胺的聚合反应的可控性检验

[0109] 具体操作为:多巴胺溶液初始浓度为2mg/mL,pH值为5,反应电流固定在6mA,在等离子体阴极下作用2min(on),然后黑暗静置5min(off),如此循环4次,待每次处理结束后用紫外可见光谱仪测试溶液的吸光度,并取420nm处峰值作图。

[0110] 如图10所示,在等离子体阴极作用时,溶液吸光度升高,而黑暗放置时,其吸光度

基本保持不变。这一实验进一步证实了等离子体阴极辅助的方法不仅能够加速多巴胺的聚合程度,且能够很好地通过控制等离子体阴极的作用与否实现对多巴胺聚合的控制。

[0111] 实验例2

[0112] 基底材料表面的聚多巴胺可二次功能化的验证实验。

[0113] 本发明选取了一些基底,通过等离子体的作用使得多巴胺沉积在基底表面,并且这些聚多巴胺沉积层能够快速将银从硝酸银溶液中还原出来。具体操作为:多巴胺溶液的初始浓度为2mg/mL,反应体积为5mL,pH值为5,将各基底分别放入等离子体阴极一侧的反应器中,在反应电流为6mA的条件下控制放电时间30min。待反应结束后将各基底取出,用去离子水冲洗基底表面,后用氩气吹干,并用数码摄像机拍照。之后将沉积有聚多巴胺的各基底放入50mM的硝酸银溶液中静置3h,静置结束后将基底取出并用数码摄像机拍照。如图11所示,在沉积聚多巴胺后各基底的顏色由原始的白色变为棕色,当还原银的实验结束后,基底顏色又变为深棕色。这说明等离子体辅助的方法能够使得聚多巴胺在30min内快速沉积在不同基底表面,且聚多巴胺的沉积层能够方便的进行二次功能化,这将在生物、医学等领域有很大应用空间。

[0114] 虽然,上文中已经用一般性说明、具体实施方式及试验,对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对之作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的範圍。

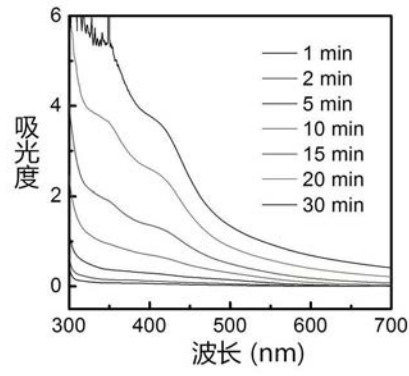


图1

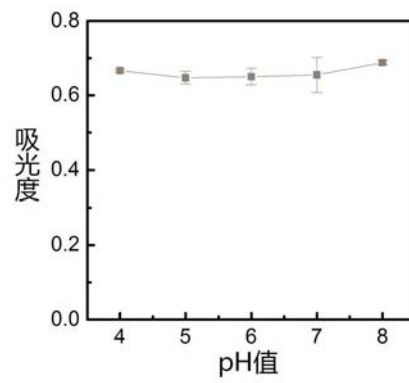


图2

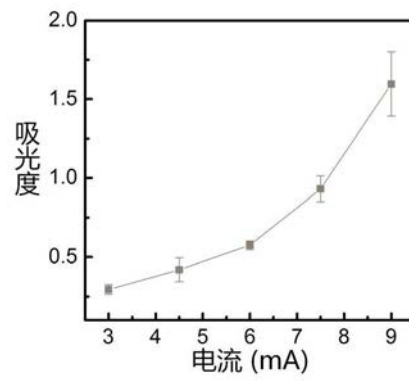


图3

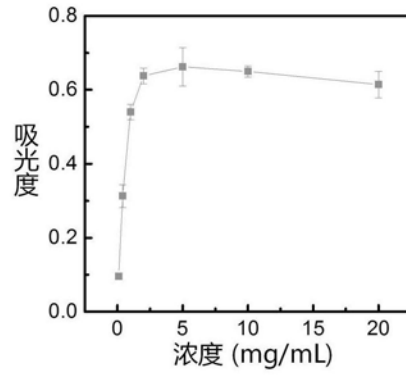


图4

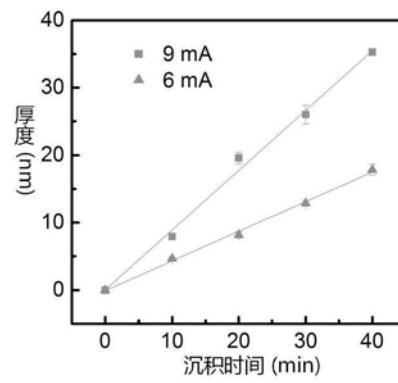


图5

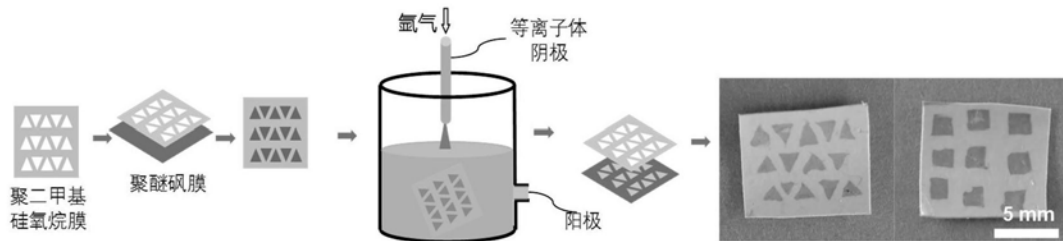


图6

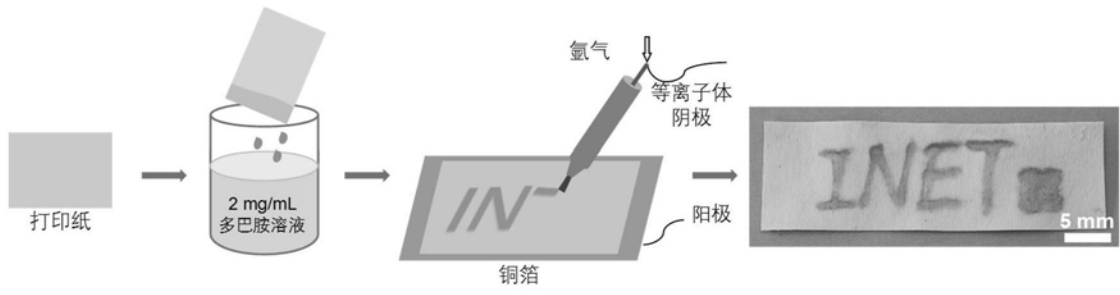


图7

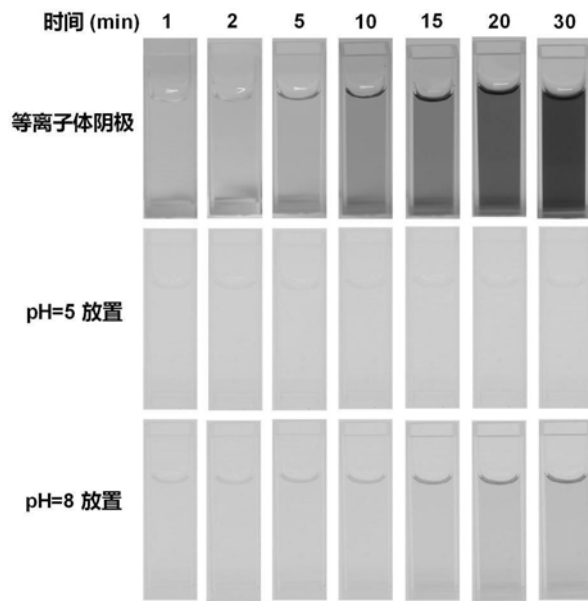


图8

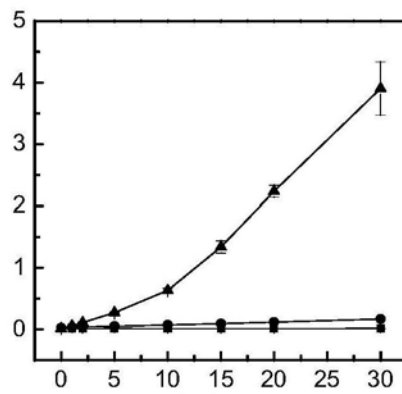


图9

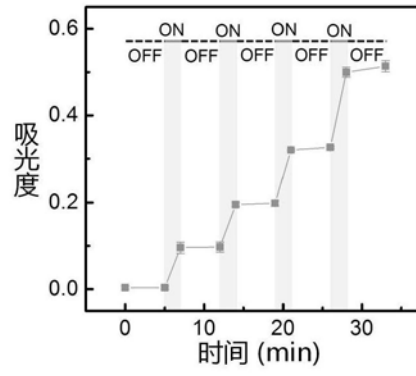


图10

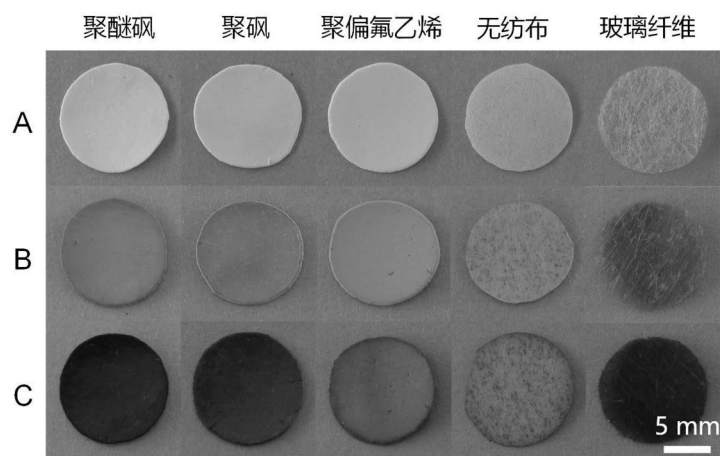


图11