



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107446401 B

(45)授权公告日 2019.08.20

(21)申请号 201710669031.X

C09D 1/00(2006.01)

(22)申请日 2017.08.08

B05D 1/18(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

B05D 1/36(2006.01)

申请公布号 CN 107446401 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2017.12.08

CN 105112894 A,2015.12.02,

(66)本国优先权数据

CN 105566675 A,2016.05.11,

201710212594.6 2017.04.01 CN

CN 105418821 A,2016.03.23,

(73)专利权人 华南理工大学

CN 105294887 A,2016.02.03,

地址 510640 广东省广州市天河区五山路381号

CN 105669888 A,2016.06.15,

(72)发明人 李光吉 王立莹 陈志锋 张子勋

US 2014271889 A1,2014.09.18,

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245

WO 2015092112 A1,2015.06.25,

代理人 许菲菲

Haeshin lee, etc.."mussel inspired surface chemistry for multifunctional coatings".《Science》.2007,第318卷

审查员 焦龙

(51)Int.Cl.

C09D 5/16(2006.01)

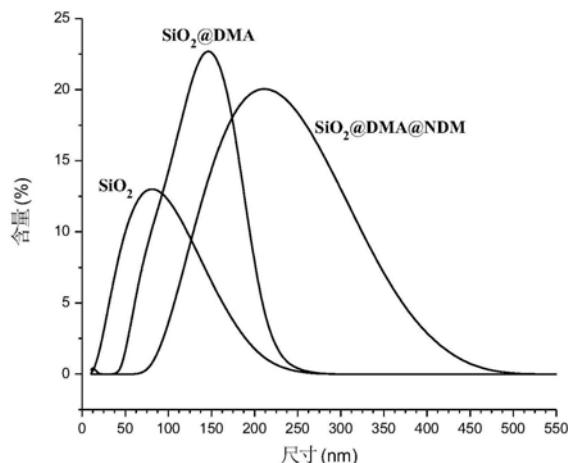
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

## (54)发明名称

以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面及其制备方法

## (57)摘要

本发明公开了一种以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面及其制备方法。该制备方法是先依次利用含双键的多巴衍生物、烷基硫醇修饰SiO<sub>2</sub>纳米粒子,制得疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子;然后,在碱性条件下,依次将多巴胺、上述疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子修饰到基材表面,即可制得以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面。本发明以具有反应活性的多巴胺及其衍生物分子为锚分子,以疏水的SiO<sub>2</sub>纳米粒子为界面材料,利用锚分子结构中的邻苯二酚基团的超强粘附特性链接基材与疏水的SiO<sub>2</sub>纳米粒子,制备一种具有高疏水性的抗细菌粘附的表面材料。本发明解决了修饰基材受限以及修饰方法复杂的问题,实施过程条件简单,操作方便易行。



1. 以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于包括以下步骤:

(1) 疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的制备: 将SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为0.5 % ~ 5.0 %的比例溶于第一溶剂中, 搅拌混合均匀, 得SiO<sub>2</sub>分散液; 将氮-(3,4-羟基苯乙基) 甲基丙烯酸酰胺以质量分数为1.0 % ~ 5.0 %的比例溶解于碱性溶液中, 混合均匀后, 滴加至所述SiO<sub>2</sub>分散液中, 待滴加完毕后, 室温反应8 ~ 24个小时; 将反应混合液离心, 得到SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子; 将质量比为1 : 5 ~ 1 : 25的SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子和烷基硫醇溶解于第二溶剂中, 并加入引发剂和弱碱性催化剂, 于40 ~ 100 °C温度下反应4 ~ 24个小时; 反应结束后, 将反应混合液离心, 得到疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子;

(2) 多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备: 将所述疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为0.5 % ~ 5.0 %的比例分散于第三溶剂中, 配置成疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液; 将基材依次浸入到浓度为3 ~ 9 mg/mL多巴胺DA的Tris-HCl缓冲液和疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液中各20-30h后, 得多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面;

所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面以具有反应活性的多巴胺为锚分子, 基材与疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子通过锚分子链接。

2. 根据权利要求1所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于: 所述的第一溶剂为甲醇、乙醇、异丙醇和正丁醇中的一种或多种。

3. 根据权利要求1所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于: 所述的碱性溶液为NaOH溶液、PBS缓冲液、NaCO<sub>3</sub>溶液和Tris-HCl缓冲液中的一种或多种。

4. 根据权利要求1所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于: 所述的烷基硫醇为正十二硫醇、正十四硫醇、正十六硫醇和正十八硫醇中的一种或多种。

5. 根据权利要求1所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于: 所述的第二溶剂为甲醇、乙醇、异丙醇和正丁醇中的一种或多种。

6. 根据权利要求1所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于: 所述的引发剂为偶氮二异丁腈、偶氮二异庚腈、偶氮二异丁酸二甲酯、过氧化氢、过硫酸铵、过氧化苯甲酰中的一种或多种; 所述的引发剂用量占反应物总质量0.1 % ~ 1.0 %。

7. 根据权利要求1所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于: 所述的弱碱性催化剂为三乙胺、乙酰胺中的一种或多种; 所述的弱碱性催化剂占反应物总质量0.01 % ~ 0.10 %。

8. 根据权利要求1所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于: 所述的第三溶剂为甲醇、乙醇、异丙醇、正丁醇中的一种或多种。

9. 根据权利要求1所述的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法, 其特征在于: 所述的基材为玻璃片、云母片、聚对苯二甲酸乙二醇酯、有机硅、金属片和聚氨酯中的一种。

## 以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种抗细菌粘附的表面材料,特别是涉及一种以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 长期以来,接触角大于 $150^{\circ}$ 的超疏水表面因具有优异的抗粘附、自清洁特性而引起了国内外研究学者的广泛关注。自然界中的生物表面,如稻叶、荷叶、水黾的腿、蝴蝶的翅膀以及壁虎的脚等等,都具有优异的超疏水特性。对它们的实验观察和理论分析表明,这些生物表面的超疏水特性取决于表面化学组成和多尺度微纳复合结构两方面的因素。在基材表面修饰低表面能物质或材料,并构筑多尺度的微纳米复合结构是制备超疏水表面的有效途径。据此,国内外学者已经通过不同的表面改性技术制备了各种各样的超疏水表面。这些技术主要包括电化学沉积、模板法、等离子体刻蚀、相分离、化学气相沉积以及溶胶-凝胶技术等等。然而,迄今为止,无论是采用何种表面改性技术,低表面能物质在基材表面稳固的附着依然是构筑疏水性表面过程中面临的极具挑战性的难题之一。

[0003] 随着对海洋贻贝的深入研究,人们发现贻贝通过自身分泌的粘液可以将其牢固地粘附于岩石、船体等物质的表面,贻贝粘液的这种超强的粘附性能引起了人们的广泛关注。进一步的研究表明,贻贝粘液中起粘附效果的主要成分是邻苯二酚结构。因此,若将具有邻苯二酚结构的化合物作为锚分子,通过锚分子的功能特性链接基材与低表面能物质,从而构筑的高疏水性表面,可望改善其稳定性差的缺陷。

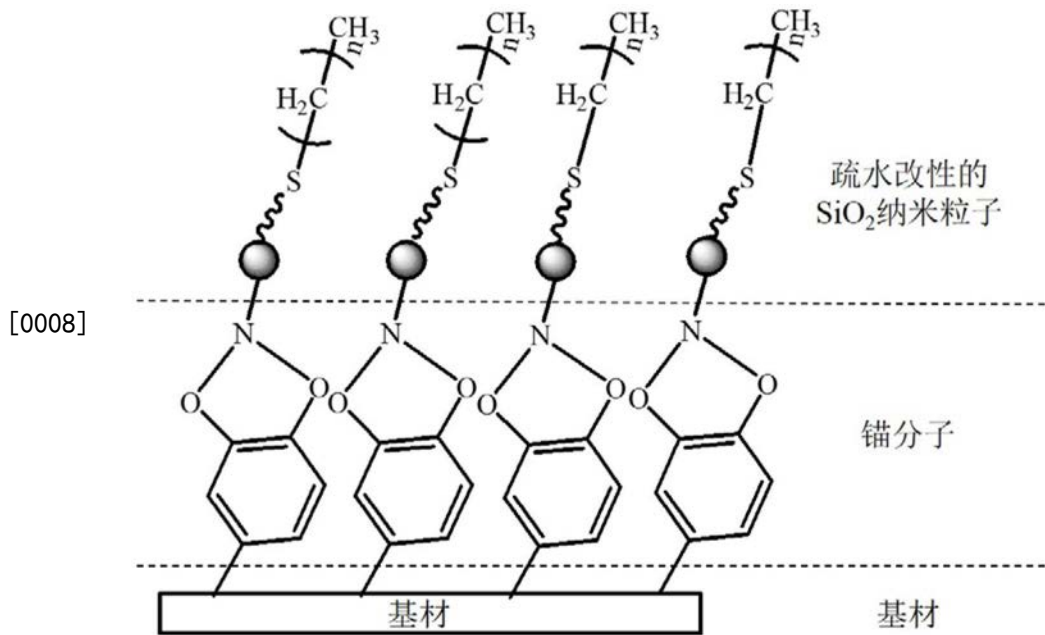
### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于以具有反应活性的多巴胺及其衍生物分子为锚分子,以疏水的 $\text{SiO}_2$ 纳米粒子为界面材料,利用锚分子结构中的邻苯二酚基团的超强粘附特性链接基材与疏水的 $\text{SiO}_2$ 纳米粒子,制备一种具有高疏水性的抗细菌粘附的表面材料。

[0005] 与现有疏水性的抗细菌粘附表面的制备技术相比,本发明采用简单的浸涂方法,结合多巴胺及其衍生物的超强粘附特性,解决了修饰基材受限以及修饰方法复杂的问题。本发明所公开的方法实施过程条件简单,操作方便易行。

[0006] 本发明的目的通过如下技术方案实现:

[0007] 以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面,以具有反应活性的多巴胺为锚分子,基材与疏水改性的 $\text{SiO}_2$ 纳米粒子通过锚分子链接,具有如下结构:



[0009] 其中,n为11、13、15或17。

[0010] 以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备方法,包括以下步骤:

[0011] (1) 疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的制备:将SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为0.5%~5.0%的比例溶于第一溶剂中,搅拌混合均匀,得SiO<sub>2</sub>分散液;将氮-(3,4-羟基苯乙基)甲基丙烯酰胺(DMA)以质量分数为1.0%~5.0%的比例溶解于碱性溶液中,混合均匀后,滴加至所述SiO<sub>2</sub>分散液中,待滴加完毕后,室温反应8~24个小时;将反应混合液离心,得到SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子;将质量比为1:5~1:25的SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子和烷基硫醇溶解于第二溶剂中,并加入引发剂和弱碱性催化剂,于40~100℃温度下反应4~24个小时;反应结束后,将反应混合液离心,得到疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子;

[0012] (2) 多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备:将所述疏水化改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为0.5%~5.0%的比例分散于第三溶剂中,配置成疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液;将基材依次浸入到浓度为3~9mg/mL多巴胺DA的Tris-HCl缓冲液和疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液中各20-30h后,得多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面。

[0013] 为进一步实现本发明目的,优选地,所述的第一溶剂为甲醇、乙醇、异丙醇和正丁醇中的一种或多种。

[0014] 优选地,所述的碱性溶液为NaOH溶液、PBS缓冲液、NaCO<sub>3</sub>溶液和Tris-HCl缓冲液中的一种或多种。

[0015] 优选地,所述的烷基硫醇为正十二硫醇、正十四硫醇、正十六硫醇和正十八硫醇中的一种或多种。

[0016] 优选地,所述的第二溶剂为甲醇、乙醇、异丙醇和正丁醇中的一种或多种。

[0017] 优选地,所述的引发剂为偶氮二异丁腈、偶氮二异庚腈、偶氮二异丁酸二甲酯、过氧化氢、过硫酸铵、过氧化苯甲酰中的一种或多种;所述的引发剂用量占反应物总质量0.1%~1.0%。

[0018] 优选地,所述的弱碱性催化剂为三乙胺、乙酰胺中的一种或多种;所述的弱碱性催

化剂占反应物总质量0.01%~0.10%。

[0019] 优选地,所述的第三溶剂为甲醇、乙醇、异丙醇、正丁醇中的一种或多种。

[0020] 优选地,所述的基材为玻璃片、云母片、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、有机硅、金属片和聚氨酯中的一种。

[0021] 相对于现有技术,本发明具有以下优点:

[0022] 一、以具有反应活性的多巴胺及其衍生物为锚分子,利用锚分子的功能特性链接基材与低表面能SiO<sub>2</sub>纳米粒子,以解决低表面能SiO<sub>2</sub>纳米粒子与基材表面粘结不牢固以及抗细菌粘附表面稳定性差的问题,从而制备稳定的抗细菌粘附表面。本发明所公开的浸涂方法,其条件温和,操作简单,易发展为适合于大面积制备的新技术,更具实用价值。

[0023] 二、所制备的抗粘附表面在浸水5天之后接触角测试几乎未有变化,具有一定的稳定性,特别是在潮湿的水环境下,使其更加适合应用于船舶以及生物医用领域。

[0024] 三、该方法适用于多种未经任何预处理的基材表面,大大拓展了修饰基材的种类,拓宽了其应用领域。

## 附图说明

[0025] 图1为实施例1所制得的SiO<sub>2</sub>@DMA和SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM的红外图谱。

[0026] 图2为实施例1所制得的SiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>@DMA和SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM的粒径分布曲线图。

[0027] 图3(a)为实施例1所制得的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的接触角照片。

[0028] 图3(b)为实施例1所制得的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面浸水5天后的接触角照片。

[0029] 图3(c)为未经表面修饰的玻璃片的接触角照片。

[0030] 图4(a)为用实施例1所制得的以多巴胺为锚的两性离子聚合物修饰的抗粘附表面进行大肠杆菌粘附试验所得到的显微镜照片。

[0031] 图4(b)为用未经表面修饰的玻璃片进行大肠杆菌粘附试验所得到的显微镜照片。

## 具体实施方式

[0032] 为更好地理解本发明,下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0033] 实施例1

[0034] (1) 疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的制备:首先,将SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为0.5%的比例溶于乙醇中,在缓慢搅拌的状态下混合均匀备用;将氮-(3,4-羟基苯乙基)甲基丙烯酰胺(DMA)以质量分数为1.0%的比例溶解于Tris-HCl缓冲液中,混合均匀后,缓慢滴加至上述SiO<sub>2</sub>分散液中,待滴加完毕后,室温反应8个小时。将反应混合液离心,得到SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子;然后,将质量比为1:5的SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子和正十二硫醇(NDM)溶解于乙醇中,并加入占反应物总质量0.1%的偶氮二异丁腈和占反应物总质量0.01%的三乙胺,于60℃温度下反应4个小时。反应结束后,将反应混合液离心,即可得到疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM。

[0035] 图1为SiO<sub>2</sub>@DMA和SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM纳米粒子的红外图谱。从红外谱图可以看出,对比

SiO<sub>2</sub>@DMA的红外谱图,在SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM的红外谱图中,2928cm<sup>-1</sup>和2850cm<sup>-1</sup>处出现的归属于甲基、亚甲基的伸缩振动峰明显增强,而在1617cm<sup>-1</sup>处出现的归属于C=C的伸缩振动吸收峰则明显减弱。根据图1的表征结果可以确定本实施例的方法成功的合成出了SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM纳米粒子。

[0036] 图2为SiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>@DMA和SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM纳米粒子的粒径分布曲线图。从图中可以看出,对于SiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>@DMA和SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM纳米粒子而言,其粒径均呈正态分布, SiO<sub>2</sub>纳米粒子的平均粒径为74.0nm, SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子的平均粒径为159.8nm, 而SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM纳米粒子的平均粒径为204.4nm。SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM纳米粒子的平均粒径明显大于SiO<sub>2</sub>和SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子的平均粒径,这是由于NDM修饰到SiO<sub>2</sub>纳米粒子上的结果。这一结果与图1中SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM纳米粒子的红外表征是相一致的。

[0037] (2)多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备:首先,将疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子SiO<sub>2</sub>@DMA@NDM以质量分数为0.5%的比例分散于乙醇中,配置成疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液;然后,将玻璃片依次浸入到3mg/mL多巴胺DA的Tris-HCl缓冲液和上述疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液中各24h后,即可制备出多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面。

[0038] 图3为实施例1所制得的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的接触角照片。图3(a)为以多巴胺为锚分子的高疏水性抗粘附表面的接触角照片,图3(b)为以多巴胺为锚分子的高疏水性抗粘附表面浸水5天后的接触角照片;作为对照,未经修饰的玻璃表面的接触角照片如图3(b)所示。从图中可以看出,未经修饰的玻璃表面呈现出亲水性,其接触角为25°,而以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面则呈现出高疏水性,接触角为142.2°,而将该表面浸入5天后,其接触角为140.5°,仅略有下降。说明以多巴胺为锚分子的高疏水性抗粘附表面具有一定的稳定性和耐持久性。

[0039] 以大肠杆菌为试验菌株,在无菌条件下,将大肠杆菌接种到已灭菌的营养肉汤培养基中,并置于37℃下培养24小时,得到含营养肉汤的菌液;继而将这一菌液离心,用磷酸缓冲溶液(pH=7.4)配置成浓度约为1×10<sup>5</sup>CFU/mL的菌液;将本实施例中制得的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面在试验前用75%的乙醇水溶液浸泡灭菌后,放入灭菌的玻璃培养皿中,再倒入灭菌的营养肉汤培养基和5μL配制好的菌液,在37℃下培养24小时;取出玻璃片用灭菌的磷酸缓冲液(pH=7.4)洗去未粘附的细菌;采用革兰氏染色法对样品表面粘附的细菌染色后,置于光学显微镜下观察细菌粘附的情况。所得到的显微镜照片如图4(a)所示;作为对照,用未经任何表面修饰的玻璃片也进行同样的细菌粘附实验,所得到的显微镜照片如图4(b)所示。从图中可以看出,未经表面修饰的玻璃片粘附了大量的细菌,而经改性过后的表面的大肠杆菌的粘附量明显降低。

[0040] 与未经表面修饰的玻璃片相比,经疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子修饰的玻璃表面具有接近于超疏水的表面特性,其表面张力较低,使得细菌难以牢固地附着在其表面;同时,疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子在表面构筑了微纳米复合结构,从而使得细菌无法穿过填充在其微纳复合结构中的气相界面。因此,以多巴胺为锚分子的高疏水性表面实现了抗细菌粘附的效果。

[0041] 本实施例在实施过程中无需对基材表面进行任何预处理,并且由于多巴胺分子结构中的邻苯二酚基团模拟了贻贝粘附蛋白的超强粘附机理,使得其适用于各种基材表面,

从而解决了在表面修饰过程中基材受限的问题。另外,对浸水5天前后的改性表面的测试,表明以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面在水中也具有一定的稳定性和耐持久性。

[0042] 本发明制备的高疏水性抗细菌粘附表面可以被应用于生物医用、船舶海洋、水下设备等领域。

[0043] 实施例2

[0044] (1) 疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的制备:首先,将SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为1%的比例溶于甲醇中,在缓慢搅拌的状态下混合均匀备用;将氮-(3,4-羟基苯乙基)甲基丙烯酰胺(DMA)以质量分数为2.0%的比例溶解于NaOH溶液中,混合均匀后,缓慢滴加至上述SiO<sub>2</sub>分散液中,待滴加完毕后,室温反应8~24个小时。将反应混合液离心,得到SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子;然后,将质量比为1:10的SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子和正十四硫醇溶解于甲醇中,并加入占反应物总质量0.5%的过硫酸铵和占反应物总质量0.05%的三乙胺,于40℃温度下反应8个小时。反应结束后,将反应混合液离心,即可得到疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子。该实施例制得的疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的红外图谱和粒径分布曲线分别与图1、图2一致,不再重复。

[0045] (2) 多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备:首先将疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为1.0%的比例分散于甲醇中,配置成疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液;其次,将金属片依次浸入到5mg/mL多巴胺DA的Tris-HCl缓冲液和上述疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液中各24h后,即可制备出多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面。该实施例制备的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的接触角照片与图3(a)相类似;将该表面浸水5天之后得到的接触角照片与图3(b)相类似;作为对照,未经表面修饰的金属片的接触角照片与图3(c)相类似。不再重复。

[0046] 以大肠杆菌为试验菌株,将本实施例中制得的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面进行细菌粘附实验,所得到的显微镜照片与图4(a)相类似;作为对照,用未经表面修饰的金属片也进行同样的细菌粘附实验,所得到的显微镜照片与图4(b)相类似。不再重复。

[0047] 实施例3

[0048] (1) 疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的制备:首先,将SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为2.5%的比例溶于异丙醇中,在缓慢搅拌的状态下混合均匀备用;将氮-(3,4-羟基苯乙基)甲基丙烯酰胺(DMA)以质量分数为3.5%的比例溶解于NaCO<sub>3</sub>溶液中,混合均匀后,缓慢滴加至上述SiO<sub>2</sub>分散液中,待滴加完毕后,室温反应16个小时。将反应混合液离心,得到SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子;然后,将质量比为1:20的SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子和正十六硫醇溶解于甲醇中,并加入占反应物总质量0.8%的过氧化苯甲酰和占反应物总质量0.07%的乙酰胺,于80℃温度下反应16个小时。反应结束后,将反应混合液离心,即可得到疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子。该实施例制得的疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的红外图谱和粒径分布曲线分别与图1、图2一致,不再重复。

[0049] (2) 多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备:首先将疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为2.5%的比例分散于异丙醇中,配置成疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液;其次,将PET依次浸入到7mg/mL多巴胺DA的Tris-HCl缓冲液和上述疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液中各24h后,即可制备出多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面。该实施

例制备的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的接触角照片与图3 (a) 相类似;将该表面浸水5天之后得到的接触角照片与图3 (b) 相类似;作为对照,未经表面修饰的PET的接触角照片与图3 (c) 相类似。不再重复。

[0050] 以大肠杆菌为试验菌株,将本实施例中制得的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面进行细菌粘附实验,所得到的显微镜照片与图4 (a) 相类似;作为对照,用未经表面修饰的PET也进行同样的细菌粘附实验,所得到的显微镜照片与图4 (b) 相类似。不再重复。

[0051] 实施例4

[0052] (1) 疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的制备:首先,将SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为5.0%的比例溶于正丁醇中,在缓慢搅拌的状态下混合均匀备用;将氮-(3,4-羟基苯乙基)甲基丙烯酰胺(DMA)以质量分数为5.0%的比例溶解于PBS缓冲液中,混合均匀后,缓慢滴加至上述SiO<sub>2</sub>分散液中,待滴加完毕后,室温反应24个小时。将反应混合液离心,得到SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子;然后,将质量比为1:25的SiO<sub>2</sub>@DMA纳米粒子和正十八醇溶解于正丁醇中,并加入占反应物总质量1.0%的偶氮二异丁酸二甲酯和占反应物总质量0.10%的乙酰胺,于100℃温度下反应24个小时。反应结束后,将反应混合液离心,即可得到疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子。该实施例制得的疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子的红外图谱和粒径分布曲线分别与图1、图2一致,不再重复。

[0053] (2) 多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的制备:首先将疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子以质量分数为5.0%的比例分散于正丁醇中,配置成疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液;其次,将云母片依次浸入到9mg/mL多巴胺DA的Tris-HCl缓冲液和上述疏水改性的SiO<sub>2</sub>纳米粒子分散液中各24h后,即可制备出多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面。该实施例制备的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面的接触角照片与图3 (a) 相类似;将该表面浸水5天之后得到的接触角照片与图3 (b) 相类似;作为对照,未经表面修饰的云母片的接触角照片与图3 (c) 相类似。不再重复。

[0054] 以大肠杆菌为试验菌株,将本实施例中制得的以多巴胺为锚分子的高疏水性抗细菌粘附表面进行细菌粘附实验,所得到的显微镜照片与图4 (a) 相类似;作为对照,用未经表面修饰的云母片也进行同样的细菌粘附实验,所得到的显微镜照片与图4 (b) 相类似。不再重复。



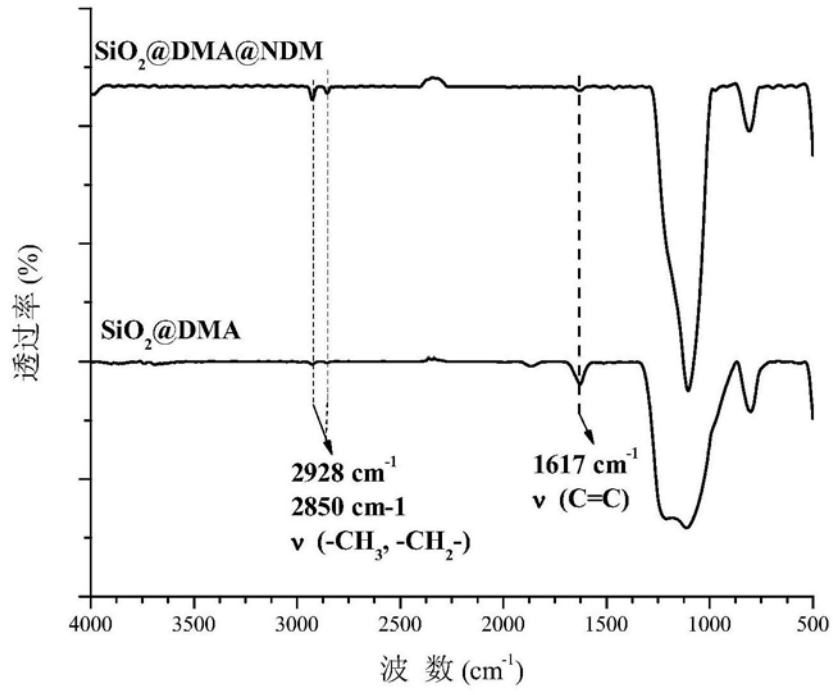


图1

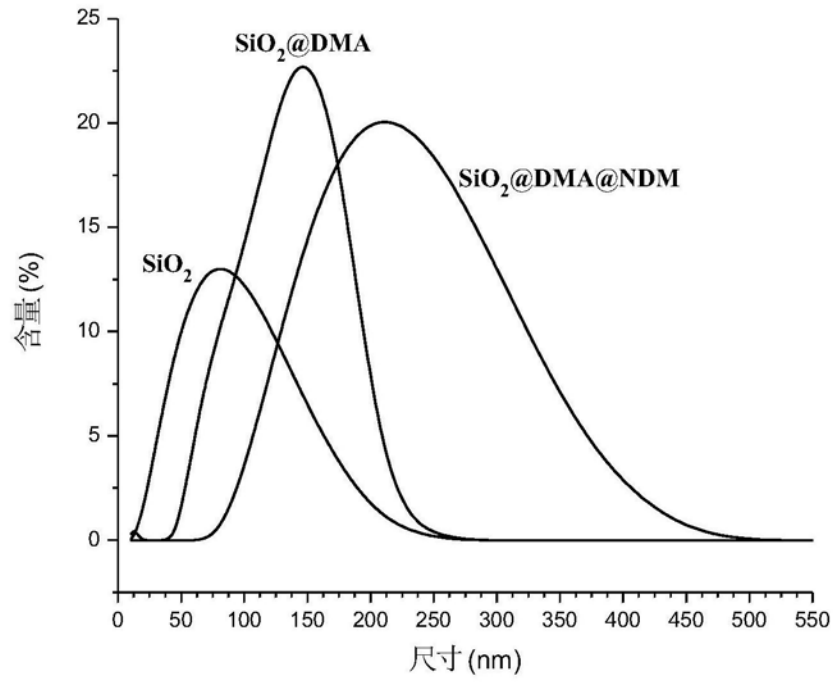


图2

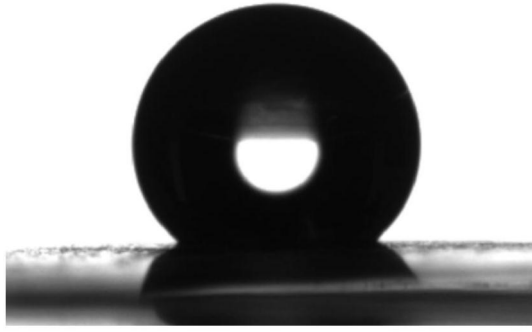


图3 (a)

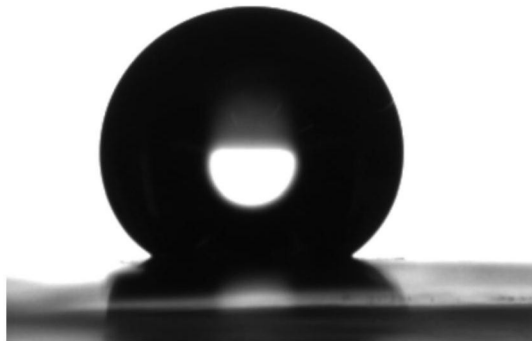


图3 (b)

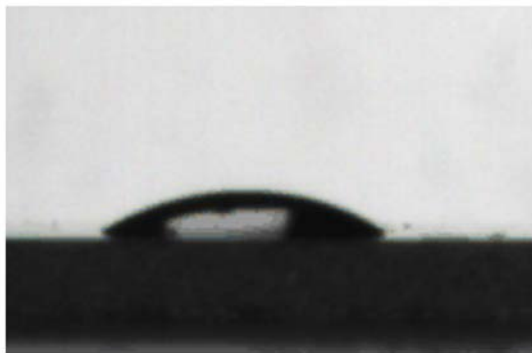


图3 (c)

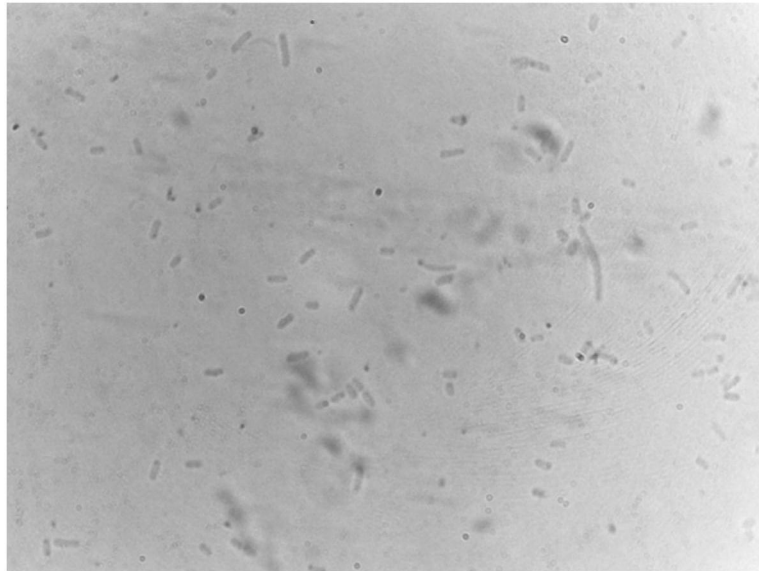


图4(a)

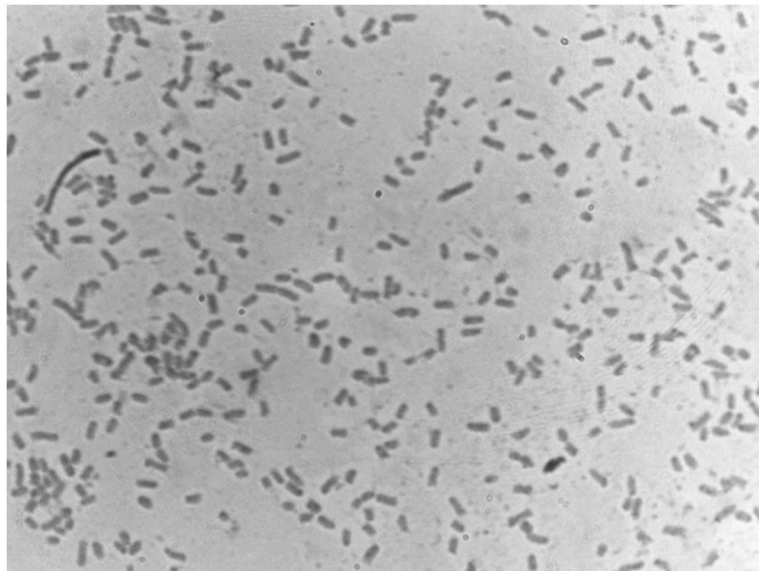


图4(b)