

超疏水膜表面构造及构造控制研究进展

王庆军, 陈庆民*

(南京大学 化学化工学院高分子科学与工程系, 南京 210093)

摘要: 本文就表面构造对膜表面亲、疏水性的最新研究成果进行了概括, 表面化学成分及化学结构聚集态是获得超疏水膜的基础, 表面的形貌和微构造是维持超疏水性质的保障。利用含氟材料极低的表面能, 将表面化学结构的聚集态, 表面形貌微观构造及排列方式进行有机结合, 将会获得理想的超疏水材料。

关键词: 超疏水膜; 表面性质; 接触角; 低表面能

引言

超疏水膜的基础理论研究始于 20 世纪 50 年代, 盛于 90 年代, 一般将与水接触角大于 120° 的膜称为超疏水膜, 也有将大于 150° 的膜称为超疏水膜之说。有机物表面润湿性能是由固体表面原子及其堆积态所决定, 与其内部组成及分子排布无关^[1]。随着超疏水膜理论日臻成熟, 研究证实超疏水膜主要由材料表面的化学结构、聚集态、表面形貌、微构造协同作用所决定^[2]。本文就含氟材料表面堆积态及表面形貌构造对制备超疏水膜的作用作一番回顾。

1 基本原理

Young^[3] 通过对物质表面亲、疏水性的深入研究, 揭示了在理想表面上 (见图 1), 当液滴达到平衡时各相关表面张力与接触角之间的函数关系, 提出了著名的杨氏方程 ($\cos \theta = (\gamma_{SV} - \gamma_{SL}) / \gamma_{LV}$), 图中 γ_{SV} 为固体表面在液体饱和蒸汽压下的表面张力, γ_{LV} 为液体在它自身饱和蒸汽压下的表面张力, γ_{SL} 为固液间的界面张力, θ 为液、固、气三相平衡时的接触角。通常 $\theta = 90^\circ$ 是表面亲、疏水的分界线, 当 $\theta > 90^\circ$ 时则为疏水性质, $\theta < 90^\circ$ 时则为亲水性质。

理想表面是指固体表面组成均匀、平滑、不变形和各向同性。很显然这种表面几乎不存在。最初 Wenzel^[4] 就膜表面的形貌对疏水性的影响进行了探讨, 提出了表面粗糙模型 (见图 2), 用粗糙因子 r ($r = \text{实际接触面积} / \text{表观接触面积}$), 对杨氏方程进行了修正, 这就是 Wenzel 方程 ($\cos \theta' = r (\gamma_{SV} - \gamma_{SL}) / \gamma_{LV}$), 与杨氏方程相比, $\cos \theta' = r \cos \theta$, 称 θ' 为表观接触角, 称 θ 为理想表面接触角, 或杨氏接触角。显然 $r > 1$, 根据 Wenzel 方程可知, 亲水膜在增加粗糙度后将更亲水, 疏水膜则更疏水。

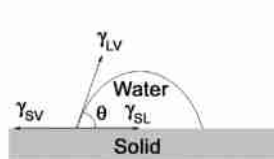


图 1 理想平面上液滴达到平衡时受力示意图

Figure 1 Schematic of a water droplet on flat surface

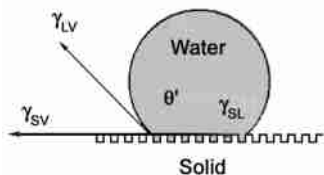


图 2 Wenzel 表面粗糙模型

Figure 2 The rough surface model of Wenzel's

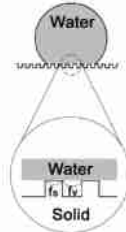


图 3 Cassie 空气垫模型

Figure 3 Air cushion model of Cassie's

作者简介: 王庆军(1964—), 男, 江苏扬州人, 南京大学化学化工学院高分子科学与工程系高分子专业博士研究生。

* 通讯联系人, E-mail: chenqm@nju.edu.cn; Tel: 86-25-83593048.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

Cassie^[9] 在研究织物疏水性能时,提出了另一种表面粗糙模型——空气垫模型(见图 3),提出接触面有两部分组成,一部分是液滴与固体表面突起直接接触(f_s),另一部分是与空气垫接触(f_v),并假定 $\theta_v=180^\circ$,引入表面系数 $f=f_s/(f_s+f_v)$, Cassie 推导的方程为 $\cos \theta' = f \cos \theta + f - 1$, 根据 Cassie 的模型及公式的理论计算,提高空气垫部分所占的比例,将会增强膜表面的超疏水性能。

Johnson 等^[9] 早就发现了接触角粘滞性的现象,当给膜表面微小液滴不断增加或减少体积时(见图 4),无论是理想表面还是粗糙表面,液滴都来不及平衡。增加液滴体积时所观察到的接触角要比平衡时大。定义在动态扩张时的表面接触角称为前进角 θ_A ;相反,当不断减小液滴体积时,所观察到的接触角要比平衡时小,此时的接触角定义为后退角 θ_R 。前进角与后退角差值与膜的粘滞性紧密相关。 $\Delta\theta=\theta_A-\theta_R$, $\Delta\theta$ 越大液滴就越难流淌,当 $\Delta\theta\rightarrow 0$ 时,表面基本无粘滞性,液滴较极易在表面滚动,通常该种表面的超疏水性能优异。

固体材料的表面能较难直接测得,最简单可靠的方法,是通过测量具有不同表面张力的液滴在理想表面的接触角,利用 Young 方程,计算出材料表面能。材料与水的接触角越大,表面能就越低,膜的疏水性越强。表面润湿性能是由固体表面原子及其堆积态所决定,与其内部组成及分子排布无关。因而研究超疏水膜必须从材料表面的化学结构与表面的形貌两方面着手。

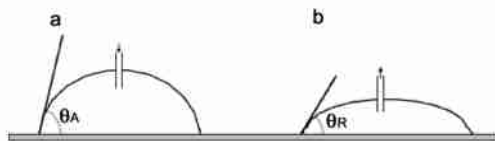


图 4 前进角与后退角示意图
Figure 4 Schematic of advancing angle and receding angle

2 超疏水膜的化学结构及排列方式的研究

Girifalco 等^[7] 在其研究中证实,自然界中理想表面与水最大接触角必须由具有最低表面能的材料产生。他通过在极性固体表面上沉积上一层由全氟十二烷酸组成的单分子膜(见图 5),获得了具有最低表面能的表面,其表面完全由 $-\text{CF}_3$ 铺满,表面能仅有 $6.7\text{mJ}/\text{m}^2$,理论计算出该表面与水接触角为 120° ^[8]。

因而人们在研究超疏水表面时,首先进行了低表面能材料的合成研究,硅氧烷及含氟材料受到了研究人员的青睐。硅氧烷及含氟材料是自然界所有物质中已知表面能最低的两种材料,是获得超疏水膜的首选材料之一。由于含氟材料的表面能比硅氧烷的低 $10\text{mJ}/\text{m}^2$ 左右,具备其他材料所没有的独特性能,例如:极低的表面能,优秀的耐热性、耐候性、耐化学药品性等,因而得到了广泛的重视。特别是对其独特表面性能的研究和应用一直是研究人员的研究热点。

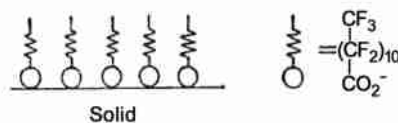


图 5 全氟十二烷酸单分子膜示意图
Figure 5 Schematic of perfluorododecanoic acid monomolecular film

众所周知,紧密堆积、取向紧密排列的聚全氟烷基乙基丙烯酸酯的表面能约为 $10\sim 11\text{J}/\text{m}^2$,远低于聚四氟乙烯的表面能。据认为这是由于链端 $-\text{CF}_3$ 基团的贡献率较大, $-\text{CF}_3$ 基团的表面能仅有 $6.7\text{mJ}/\text{m}^2$,低于 $-\text{CF}_2-$ 基团的 $18\text{mJ}/\text{m}^2$,暴露在外的基团的可润湿性以 CF_3 最低,按下式递增: $\text{CF}_3<\text{CF}_2<\text{CH}_3<\text{CH}_2$ ^[9]。

前川隆茂等^[10] 对 R_f (全氟烷基)链长不同的聚(全氟烷基乙基丙烯酸酯)膜的特性进行了较详细的研究,研究发现较短的 R_f (链长 2~4)导入聚合物的侧链中,

表 1 侧链长不同的聚(全氟烷基乙基丙烯酸酯)的临界表面张力

Table 1 The Critical surface tension of polyperfluoroalkyl acrylate with series side chain		
$-\text{[CH-CH}_2\text{(COOC}_2\text{H}_4\text{R}_f\text{)]}_n-\text{R}_f$ 结构	临界表面张力 $\gamma_c/(\text{dyn}\cdot\text{cm}^{-1})$	
$n\text{C}_2\text{F}_5-$	15.5	
$n\text{C}_4\text{F}_9-$	9.8	
$n\text{C}_6\text{F}_{13}-$	9.8	
$n\text{C}_8\text{F}_{17}-$	11.0	
$n\text{C}_{10}\text{F}_{21}-$	11.0	
PMMA	41.1	

表面能就可降至 10mJ m^{-2} (见表 1)。进一步的研究发现, 作为对膜疏水性能的研究, 仅以临界表面张力来表征是不够的, 而以“与水的动态接触角”表征膜的疏水性能应更为科学。动态前进接触角的变化规律随着膜表面氟元素密度的增加而递增, 而动态后退接触角却并非与膜表面氟元素密度简单的增加而递增的关系 (见图 6), 还与膜表面氟元素分子水平堆砌的方式密切相关, 图 7 显示由广角 X 射线衍射得到的 R_f 侧链长和堆砌之间的关系。以 C_6F_{13} 为侧链的峰形较宽, 表明在表面还没有形成富含氟聚集体^[11], 而 C_8F_{17} 以上的聚合物, 图中清晰地表明在膜表面及近表层都形成了富含氟聚集体, 形成了最密的堆砌。

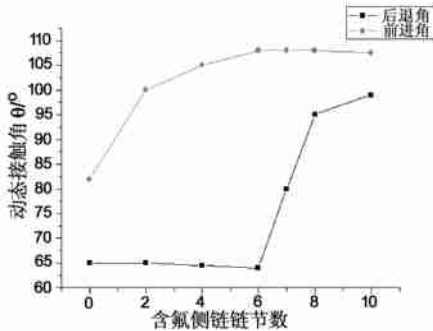


图 6 聚(全氟烷基乙基丙烯酸酯)膜的动态接触角
Figure 6 The dynamic contact angle of FA

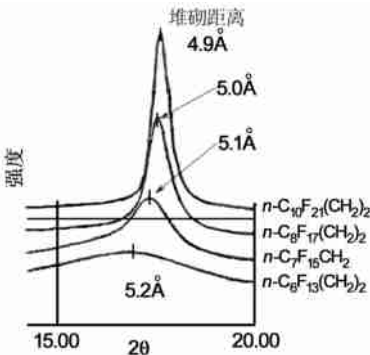


图 7 聚(全氟烷基乙基丙烯酸酯)膜不同 R_f 侧链长的堆砌距离 (广角 X 衍射)
Figure 7 Packing distance against different side chain of R_f (wide-angle diffracted X-ray)

Masamichi^[12] 对 FA (平均含 9 个碳氟基团的全氟烷基乙基丙烯酸酯) 与含不同酯链的丙烯酸酯共聚物 (见图 8) 的膜进行了研究, 共聚物中含 61.5%FA。其表面拒水模型见图 9。

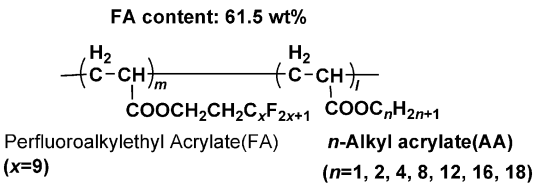


图 8 FA/AA 共聚物的化学结构
Figure 8 The chemical structure of FA/AA α -polymer

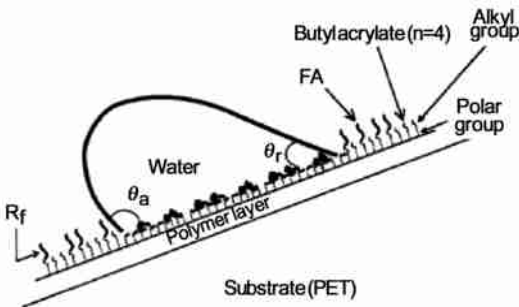


图 9 FA/AA 共聚物表面拒水模型
Figure 9 The water repellent model of FA/AA α -polymer

研究发现前进接触角 θ_a 与共聚物中丙烯酸酯的酯链长度无关 (见图 10), 基本保持在 120° , 这是由于 R_f 矗立在表面, 托起液滴, 当液体不断前进时遇到拒水的 R_f 基团, 阻碍了液滴前进, 使得前进接触角在大于 120° 时, 液滴才能向前移动。而后退 θ_r 接触角却与丙烯酸酯的长度紧密相关, 当 $n \geq 8$ 时, θ_r 从 45° 逐步增至 100° , 这是由于丙烯酸酯随着侧链 ($n > 8$) 的增长, 共聚物的 T_m (见图 11) 而提高, 丙烯酸酯侧链迁移受到限制, R_f 具有较强向外表迁移的能力, 使得表面富集的氟元素掩盖了丙烯酸酯侧链的干扰, 当 $n < 8$ 时, 共聚物的 T_g 接近测试温度, 丙烯酸酯侧链受到限制较小, 当液滴后退时, 液滴被部分矗立的丙烯酸酯侧链粘住, 因而后退接触角迅速降低。

Suzuki^[13] 利用含氟高分子材料支链的羟基与含环氧端基不同链长硅烷材料接枝 (见图 12), 制备疏水涂料, 研究证实水滴的滑落倾角随硅烷链长的增加而减小 (见图 13), 液滴越大越利于其滑落。

Atsushi^[14] 在富含 $-\text{OH}$ 基团的硅片表面, 用 $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$, $n=0, 5, 7$ 进行化学气相表面改性 (见图 14), 形成 2nm 厚的疏水膜, 研究证实在光滑的表面上, 最大与水静态接触角与含氟链的长

度成正比, 分别为 86° 、 106° 、 112° 。

综上所述, 膜的疏水特性不但与表面的化学成分的组成直接相关, 还受到这些成分在表面聚集形式的影响。

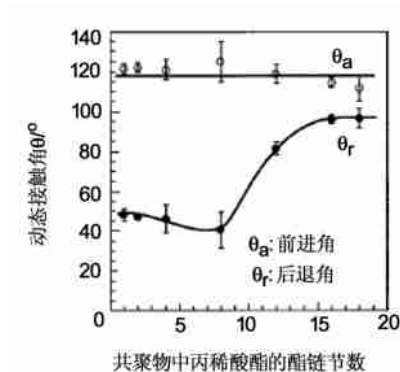


图 10 FA/AA 共聚物动态接触角

Figure 10 The dynamic contact angle of FA/AA ω -polymer

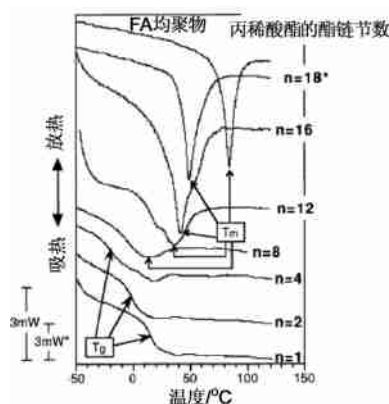


图 11 FA/AA, FA 聚合物的 DSC 图

Figure 11 DSC image of FA/AA ω -polymer

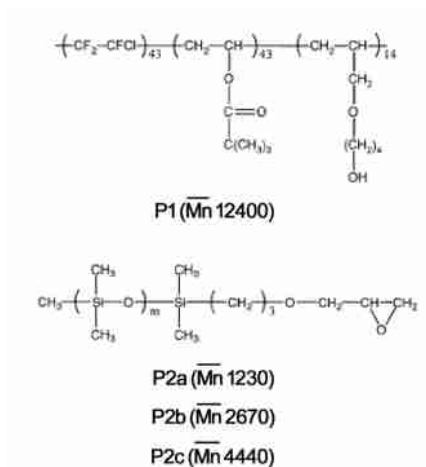


图 12 共聚物的结构

Figure 12 The structure of ω -polymer

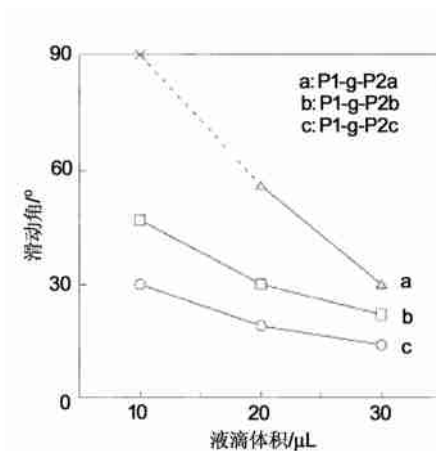


图 13 液滴滑落倾角

Figure 13 The slide angle of droplet

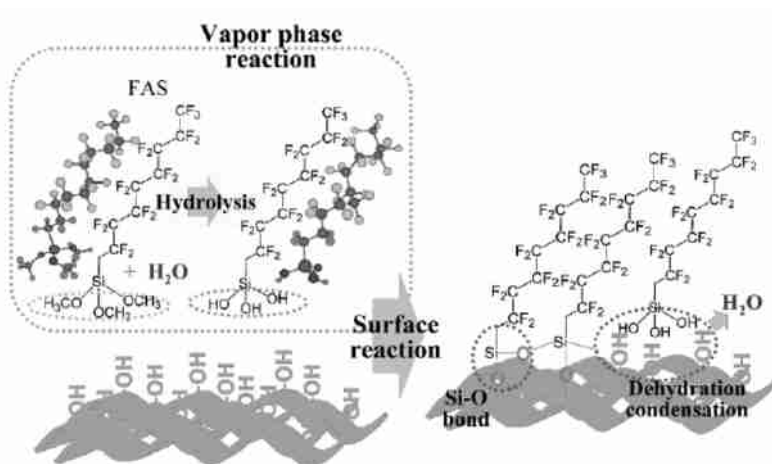


图 14 气相沉积示意图

Figure 14 Schematic of chemical vapor deposition

3 超疏水表面的构造研究及控制

研究人员利用 Young、Wenzel、Cassie 的理论公式,通过粗化表面,已成功地制作出许多与水静态接触角大于 120°的超疏水表面。

Woodward I^[15] 利用等离子技术用 CF₄ 气体氟化聚丁二烯膜表面,生成超疏水膜,研究表明当粗糙度 (RMS root-mean-square) 达到 46±5nm 时,与水静态接触角基本稳定在 157°,不再随粗糙度增加而变化。

Hozumi^[16] 利用化学气相沉积(CVD)方法,通过控制气体压力和底材的温度以使表面粗糙度控制在 9.4~60.8nm,在表面上接氟硅材料,生成了透明的超疏水膜。

进一步的研究发现,膜表面具有相同的化学成分和聚集方式,当其表面物理形貌微构造发生变化时,其疏水性能有较大的差异,显然,即使粗糙度相似的表面,其表面形貌微构造会有较大的差异,会对膜的疏水性产生的影响也会有较大的差异,为此,科学家们对超疏水膜的形貌微构造进行了较详尽的研究,并试图控制形貌微构造,获得综合性能优异的超疏水膜。

Wei 等^[17] 通过刻蚀来粗糙化聚四氟乙烯表面,利用 Cassie 方程理论上计算出接触角(表 2),含 1% PTFE 的表面接触角可达到 173°。显然获得 1% 的表面结构很多,仅接触角一个参数是不能表征表面的疏水性质,科学地表征材料疏水性能必须同时测试前进角和后退角,并强调指出在讨论超疏水时,接触角的粘滞性质(Δθ)比追求获得最大接触角更重要。通过对几种结构表面(见图 15)的研究,当液滴逐步增大接近图中黑线时,液滴将粘住,直到前进角接近 180°时,液滴才向另一点转移,另一方面,当液滴逐步收缩时,将后退到黑线时被粘住,后退角将低于或等于光滑平面的角度,黑线是液滴的边缘接触线,显然,阻碍能将取决于表面网眼的结构和大小,非连续的微柱表面更利于液滴脱离,微小的倾角将会引起液滴滑落。

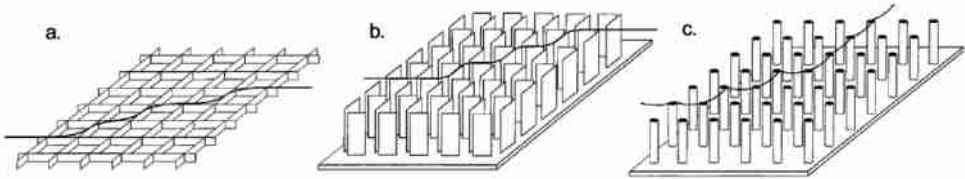


图 15 柱面结构接触线连接示意图

Figure 15 Schematic of contact line of cylinder

Diem 等^[18] 同样认为仅以表观接触角作为唯一判定依据是不够的。他们利用光刻法在硅晶片上刻蚀出一系列不同深度、不同柱状截面组成的表面(见图 16),并对该表面用烃、硅氧烷、氟碳化合物进行了表面处理,在表面形成一层疏水膜。研究证实,非连续的微柱头有利于液滴滑落,当微柱状截面规格小于 32×32μm,柱间距小于 32μm 时,表现为超疏水性,较小的倾角 α 下,液滴就会自动滚落,动态前进接触角与微柱头的深度、柱头的截面面积无明显相关。但对具有相同形貌及微构造的表面进行表面处理时,较低表面能材料有利于获得较高的前进接触角,但是柱头的连接方式、柱头的截面的形状却与后退角密切相关。

Katsuya^[19] 首先以氧气作为刻蚀气体,用等离子处理 PET 表面,不但使 PET 表面形成纳米级形貌(见图 17),还使 PET 表面富含—OH 基团,采用化学气相沉积 CF₃(CF₂)₈CH₂CH₂Si(OCH₃)₃、CF₃(CH₂)₁₇Si(OCH₃)₃、CH₃Si(OCH₃)₃、CH₃OSi(CH₃)₃ 生成了与水接触角高达 150°的透明疏水膜。

Ball 等^[20] 发现,在荷叶的表面密布了杂乱的突起,在其顶部覆盖了一层拒水的蜡膜,这就使得水滴不可能在其表面铺展开,只能在荷

表 2 刻蚀粗糙化四氟乙烯表面的组成与理论接触角

Table 2 Calculated contact angles for PTFE/Air composite surfaces

%PTFE	$-\cos \theta$	θ
100	0.342	110
75	0.507	120
50	0.671	132
25	0.836	147
10	0.934	159
5	0.967	165
1	0.993	173

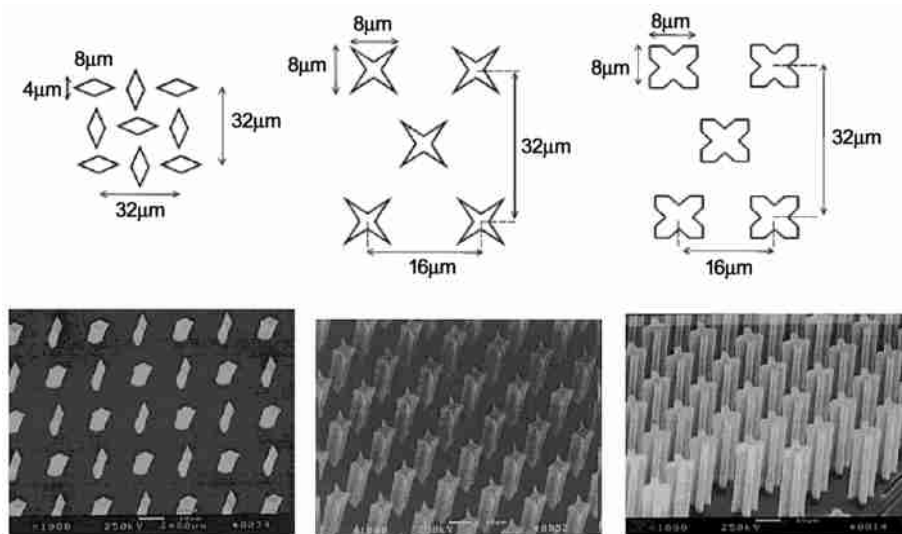


图 16 柱头形状图

Figure 16 Schematic of different geometry posts

叶表面缩成球状。

Lin^[21] 最新的研究发现, 荷叶表面微突起的直径在 $5 \sim 9 \mu\text{m}$ 的范围, 接触角为 $161^\circ \pm 2.7^\circ$, 倾角仅有 2° 。单个微突起的高清晰 SEM 图显示, 清晰可见微突起表面的枝状纳米结构(见图 18a, b)。低表面能的蜡及纳米级的粗糙表面使得荷叶表面获得了极高的接触角, 限制了液滴在其表面的铺展, 使得液滴呈球状且能以较小的倾角滚落。

进一步的研究发现, 人造的超疏水表面放在室外, 过不了多久, 表面就会有污点。其实自然界早就存在天然自清洁超疏水膜, 荷叶不但是所发现的天然植物中具有最佳疏水表面的植物, 还具有自清洁能力。经过多年的努力, 科学家揭示了荷叶的自清洁的秘密, 在荷叶的整个生长期, 它不停地分泌蜡来更新表面蜡膜, 从而表现出具有自清洁的性质。

最近研究人员受荷叶自清洁机理的启发, 获得了能保持较长时间的仿生自清洁超疏水膜, Yamashita^[22] 利用离子注入的方法将光催化剂 TiO_2 沉积在多孔聚四氟乙烯的超疏水膜表面, 当膜表面受有机污染时, TiO_2 在紫外线的作用下催化分解污物, 以达到自清洁表面的作用(图见 19), 从而能保持较长时间的超疏水性能。

Feng^[23], Lin^[24] 依据荷叶自清洁机理, 通过分子设计制备出类似荷叶微纳米双重结构的聚合物表面(见图 20), 表面矗立微米结构级乳柱, 每个乳柱顶端同时密布纳米级乳突, 得到了与水接触角可高达 166° 超疏水仿生层, 液滴滚动倾角仅为 $3.4 \pm 2.0^\circ$, 水珠在表面上可以自由滚动, 该仿生表面还具有类似荷叶的“自修复”功能, 仿生表面最外层在被破坏的状况下仍然保持了超疏水和自清洁的功能。

Tao 等^[25] 开创性地利用 PNIPAm 的温敏特性, 通过温度调控, 使得表面的化学构相发生可逆转换(图见 21), 从而获得了能在完全亲水与超疏水间可逆转换膜。

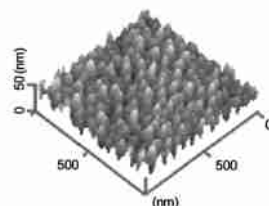


图 17 PET 表面刻蚀形貌
Figure 17 The topography of sculptured PET surface

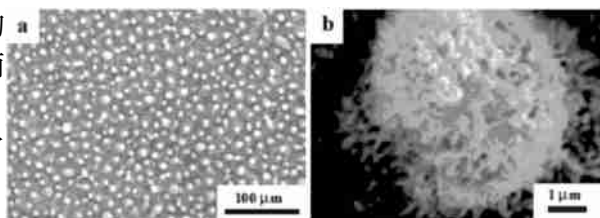


图 18 荷叶表面高分辨 SEM 图

Figure 18 Large-area SEM image of surface of a lotus leaf

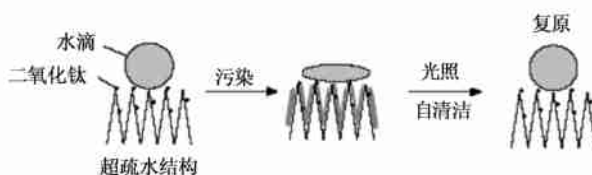


图 19 超疏水表面自清洁过程示意图
Figure 19 Schematic of self-clean process of extra-hydrophobic surface

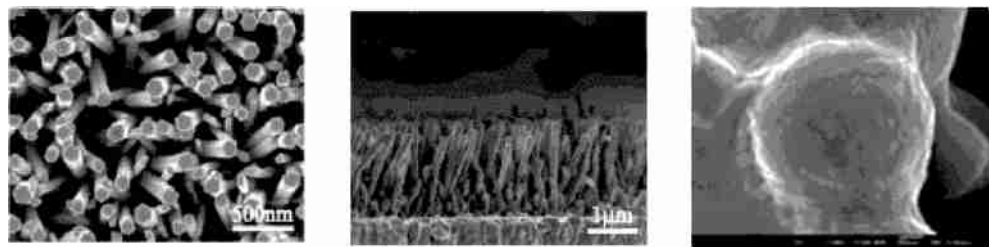


图 20 超疏水表面微结构超清晰SEM 图

Figure 20 SEM image of topography of of extra-hydrophobic surface

Feng^[29]发现了ZnO纳米阵列膜的奇特光敏特性,该膜在紫外光照射2h,由原表现为超疏水特性转变成完全亲水特性,通过闭光贮存7d,再次恢复超疏水性,为超疏水的研究拓展了新的思路。

总之,膜的疏水能力不但受到膜表面形貌的影响,还与这些形貌的微构造的排列及联接方式紧密相关。独立、非连续的柱状排列有利于获得超疏水膜,且其动态前进、后退角差异较小,几乎无粘滞现象,有利于液滴脱离柱头,易于滑落。

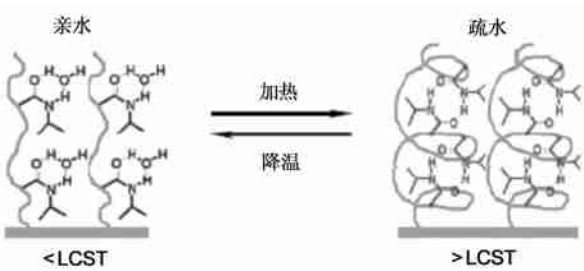


图 21 温敏型亲、疏水膜可逆转换原理

Figure 21 Principle of thermal reversible switching between superhydrophilicity and superhydrophobicity

4 结 论

- (1) 膜的亲、疏水性能首先是由膜表面的化学组成所决定的,含硅、氟材料等低表面能材料,尤其是含—CF₃基团的材料是获得疏水膜的首选材料。
- (2) 化学结构研究证实,膜表面化学结构的聚集方式对疏水性能有显著影响,紧密堆积使得表面富集氟元素,增强了表面的疏水能力。
- (3) 膜表面粗化有利于提高表面的疏水性能,但表面形貌微观构造及排列方式是决定表面疏水性质的关键因素,独立、非连续的微米级柱及柱端密布纳米级小乳突的协同组合,有利于获得超疏水表面。
- (4) 将低表面能材料,表面化学结构的聚集方式,表面形貌微观构造及排列方式进行有机结合,将会获得理想的超疏水膜。
- (5) 将光照型催化剂植入超疏水膜表面,将会使人造超疏水膜具有较强的生命周期。

参考文献:

[1] Shafin E.G. J Phys Chem, 1960, 64: 519.
[2] Jiang L. Pure Appl Chem, 2000, 72: 73.
[3] Young T. Philos Trans R Soc London, 1805, 95: 65.
[4] Werzel R.N. J Phys Colloid Chem, 1949, 53: 1466.
[5] Cassie A.B.D. Discuss Farady Soc, 1948, 3: 11.
[6] Johnson R.E Jr, et al. Adv Chem Ser, 1963, 43: 112.
[7] Girifalco L.A, et al. J Phys Chem, 1957, 61: 900.
[8] Bement M.K. J Phys Chem, 1962, 66: 1207.
[9] 胡杰, 刘白玲, 汪地强. 高分子通报, 2003, 1: 63.
[10] (日)前川隆茂. 第 16 回《フッ素化学讨论会予稿集》, 1991.
[11] (日)大河原淳夫, 前川隆茂, 等. 第 46 回《高分子讨论会予稿集》, 1992.
[12] Masamichi M. J App Poly Sci, 1999, 73: 1741.
[13] Suzuki H. J Appl Polym Sci, 2000, 78: 1955.
[14] Atsushi H. Langmuir, 1999, 15: 7600.
[15] Atsushi Hozumi, et al. Langmuir, 2002, 18: 6133.

[14] Sun W L, Jiang L M, Weng J, et al. *Materials Chem and Phys*, 2003, 78: 676~683.

Synthesized and Electrorheological Characteristics of Polymer Containing Bithiazole Group

SONG Xin-rong^{1,2}, LIN Yuan-bin¹

(1 *Institute of Polymer Science and Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China;*

2 *Department of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411104, China*)

Abstract: Polymer particles containing bithiazole group were synthesized with 2, 2-diamino-4, 4-bithiazole and benzidine. The particles were characterized with FT-IR spectroscopy, thermogravimetric analysis and scanning electron microscopy. Electrorheological(ER)fluids were prepared by disperse the polymer into two different media of bromodiphenylmethane and silicone oil respectively. Rheological properties of the ER fluids were measured with a rotational rheometer. Effects of electric field strength, disperse phase concentration and different disperse medium on the ER fluids were measured and discussed. The results showed that ER behaviour was enhanced with an increase in the disperse phase concentration and in the electric field strength. ER behaviour with density match is better than that with density mismatch between disperse phase and disperse medium.

Key words: Synthesis; Conjugated polymer; Bithiazole group; ER behaviour

(上接第 69 页)

[16] Woodward I. *Langmuir*, 2003, 19: 3432.

[17] Wei C, et al. *Langmuir*, 1999, 15: 3395.

[18] Diem Ö, Thomas. J McCarty. *Langmuir*, 2000, 16: 7777.

[19] Katsuya T. *Langmuir*, 2003, 19: 10624.

[20] Ball P. *Nature*, 1999, 400: 507.

[21] Lin F. *Adv Mater*, 2002, 24: 1857.

[22] Yamashita H. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 2003, B 206: 898.

[23] Feng X J, Lin F. *J AM SOC*, 2004, 126: 62.

[24] Lin F, et al. *Angew Chem Int*, 2003, 42: 800.

[25] Tao S, et al. *Angew Chem Int*, 2004, 43: 357.

[26] Feng X J, et al. *J AM CHEM SOC*, 2004, 126: 62.

Recent Developments of the Morphology and its Control of Super Hydrophobic Membrane

WANG Qing-jun, CHEN Qing-min*

(*Department of Polymer Science & Engineering, School of Chemistry and Chemical Engineering,*

Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: This paper gives a review of the recent progresses on the topography of extra hydrophobic surface. Both the chemical content and the morphology play an important role in super hydrophobic. Micro-topography will keep the surface repellent. The extra hydrophobic membranes are created by combining the lowest surface energy fluoro-polymer with surface topographies.

Key words: Super hydrophobic membrane; Surface morphology; Low energy surface