

一种耐高温氟化聚二氮杂萘酮芳醚憎水材料的合成及性能*

李秀华^{1,2**} 高 艳^{1,2} 孟跃中³

(¹华南理工大学化学与化工学院 广州 510641) (²华南理工大学广东省燃料电池技术重点实验室 广州 510641)

(³中山大学广东省低碳化学与过程节能重点实验室 广州 510275)

摘 要 由五氟苯肼和 2-(4-羟基苯甲酰)苯甲酸制备了 AB-型双官能团单体 4-(4-羟基苯基)-2-五氟苯基-二氮杂萘酮,以苯做带水剂,在 K_2CO_3 的催化下温和的反应条件下通过自身亲核缩聚反应合成了结构规整的氟化聚二氮杂萘酮芳醚材料. 用傅里叶衰减全反射红外光谱 (FTIR ATR)、氢谱 (^1H -NMR)、氟谱 (^{19}F -NMR) 对材料的结构进行了表征. 该聚合物的玻璃化转变温度 T_g 为 $316^\circ C$, $T_{d,5\%}$ 为 $491^\circ C$,具有良好的热性能;该聚合物薄膜样品测试结果表明该材料具有高的力学性能和绝缘性,拉伸强度超过了 60 MPa,表面电阻率为 $1.8 \times 10^{15} \Omega/m^2$,体积电阻率为 $5.6 \times 10^{12} \Omega/m^3$;该聚合物在 DMAc, DMF, DMSO, NMP, 1,1,2,2-四氯乙烷,四氢呋喃,氯仿,吡啶和环丁砜中有良好的溶解性,可加工得到光滑、硬韧的膜;利用表面接触角测定仪考察了不同溶剂体系所得膜材料的表面性能,用 DMAc 制备膜的接触角为 93.3° ,用氯仿制备膜的接触角为 92.5° ,用 THF 制备膜的接触角为 127.1° ,接触角大于聚四氟乙烯 (112°),且所有考察溶剂中所得膜的接触角都大于 90° ,具有较好的憎水性.

关键词 氟化聚合物, 聚二氮杂萘酮醚, 热性能, 绝缘性, 憎水性

高含氟量的聚合物如聚四氟乙烯 (teflon), 具有良好的电性能和光学特性、优异的化学稳定性、以及特殊的表面性能,在多个领域有着广泛的应用. 但由于溶解性差、难以加工等缺陷,全氟聚合物应用受到很大的限制. 可溶性含氟聚合物材料的研制目前已成为高分子材料的研究热点之一,由于氟原子具有独特的物理特性,如较大的电负性、较小的摩尔极化率和原子半径等,氟元素的引入可以改善聚合物材料的多方面性能,如降低材料的吸水性,介电常数,提高折射率,热稳定性和溶解性,增加材料透明度. 可溶性含氟聚合物材料在光电子器件、光学和微电子器件等应用领域得到了广泛的关注.

近来,张鹏等^[1]利用商品化试剂双酚 A、六氟双酚 A 与二氟酮无规共聚合成了新型可溶性含氟聚芳醚,此材料具有很好的热稳定性、溶解性和阻燃性,较低的介电常数和吸湿性. 姜振华小组则设计合成了系列新型单体 3-三氟甲基苯代对苯二酚、[3,5-二(三氟甲基)]苯代对苯二酚,利用均聚和无规共聚合成了侧链含氟聚芳醚^[2-4],

这些聚合物利用三氟甲基苯侧基破坏了高分子主链的对称性和刚性,使聚合物不再结晶,改善了该类聚芳醚酮的溶解性. 文献^[5-14]报道了利用全氟单体和官能化二酚单体制备可溶液加工可交联的高含氟聚芳醚,这些材料具有室温溶解性,薄膜制品对光、热敏感,可以后交联获得机械性能、热性能、光学性能优良的波导材料. 目前已发表的工作皆是采用 AA 型双官能团单体和 BB 型双官能团单体进行均聚或者无规共聚合得到可溶性含氟聚合物,制备工艺存在单体提纯困难,不同官能团单体纯度不一致造成单体官能度匹配复杂,单体结构不对称造成同一类型官能团不等活性以及缩合聚合时由于偶联顺序的随机性造成聚合物重复单元结构复杂等问题. 本文采用含有二氮杂萘酮联苯结构的氟化 AB-型双官能团单体合成氟化聚二氮杂萘酮芳醚材料,AB-型双官能团单体的使用避免了一般缩聚反应由于单体纯度不匹配造成不等官能度难以获得高分子量聚合物,以及单体结构不对称造成聚合物重复单元结构复杂的问题,同时二氮杂萘酮联苯结构引入赋予材料良好

* 2012-03-01 收稿,2012-05-07 修稿;国家自然科学基金(基金号 51173045),广东省低碳化学与过程节能重点实验室开放基金(基金号 20100103)和广东省燃料电池技术重点实验室研究基金(基金号 201104)资助项目.

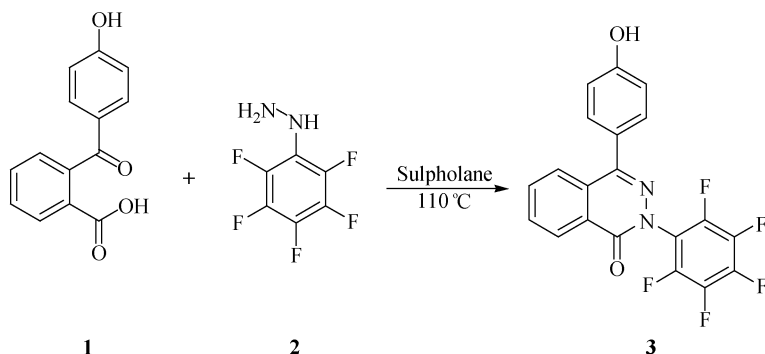
** 通讯联系人, E-mail: lixiuhua@scut.edu.cn

的热性能 ($T_g = 316^\circ\text{C}$, $T_{d, -5\text{ wt}\%} = 491^\circ\text{C}$) 和机械性能 (拉伸强度 60.6 MPa), 四氟苯基的引入保证了聚合物具有较高的含氟量, 从而使制备的聚合物具有较好的憎水性和电绝缘性 (体积电阻率为 $5.6 \times 10^{12} \Omega/\text{m}^3$)。这种既具有较高的热稳定性和机械性能, 又具有较好憎水性和电绝缘性的氟化聚二氮杂萘酮芳醚材料在微电子器件领域有很好的应用开发前景。

1 实验部分

1.1 试剂

苯酚、邻苯二甲酸酐 (AR 级, 广东光华化学厂有限公司); 无水氯化铝 (CR 级, 上海美光化工股份有限公司); $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ (AR 级, 上海凌峰化学试剂有限公司); 2-(4-羟基苯甲酰) 苯甲酸 (自制, 重结晶两次备用); 五氟苯肼、环丁砜 (CR 级, Aladdin 化学公司); 无水碳酸钾 (AR 级, 江苏强盛化工有限公司); 碳酸氢钠 (NaHCO_3)、盐酸 (HCl)、 N,N -二甲基乙酰胺 (DMAc)、苯、无水甲醇、无水乙醇、氯仿等为一般市售品。



Scheme 1 Synthesis of AB-type phthalazinone monomer 4-(4-hydroxyphenyl)-2-(pentafluorophenyl)phthalazin-1(2H)-one **3**

1.3 氟化聚二氮杂萘酮芳醚的合成

在装有搅拌器、导气管、分水器和冷凝管的三口烧瓶中, 加入定量的单体 **3** 和无水 K_2CO_3 , 以 DMAc 做溶剂, 苯做带水剂, 先通入 15 min 氮气, 然后在 100°C 下回流 2 h, 将反应液升温至 110°C , 将剩余的苯完全蒸出, 然后在 100°C 继续反应 4 h。将混合液降温, 加入适量的 DMAc 稀释, 倒入含有 5% 盐酸的无水甲醇中沉淀, 得到白色纤维状产物, 过滤。在真空干燥箱 80°C 烘干 12 h。将烘干的聚合物溶解于适量的氯仿中, 通过一层薄薄的硅藻土过滤, 以除去无机盐, 然后用无水甲醇沉淀, 得到白色纤维状产物氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4**。反应式如示意图 2 所示。

1.2 AB-型双官能团单体 4-(4-羟基苯基)-2-五氟苯基-二氮杂萘酮的合成

AB-型双官能团单体 4-(4-羟基苯基)-2-五氟苯基-二氮杂萘酮 **3** 参照文献[15]的方法合成, 反应式如示意图 1 所示。2.42 g (0.01 mol) 2-(4-羟基苯甲酰) 苯甲酸 **1** 和 1.98 g (0.01 mol) 五氟苯肼 **2** 在 7 mL 环丁砜溶剂中加热到 110°C 反应 23 h, 然后趁热将反应液倒入 50 mL 沸水中得到土黄色沉淀。将沉淀过滤, 然后用水彻底洗涤滤饼, 过滤, 在 80°C 下烘干 24 h, 称量, 产率为 92.4%。将固体产物经过无水乙醇重结晶得到无色针状晶体 AB-型双官能团单体 **3**。 $^1\text{H-NMR}$ (DMSO-d_6 , δ): 5.61 (m, 1H), 6.94 ~ 7.04 (s, 2H), 7.45 ~ 7.55 (s, 2H), 7.82 ~ 7.92 (s, 3H), 8.54 ~ 8.63 (m, 1H). $^{19}\text{F-NMR}$ (CDCl_3 , δ): -144.6 (2F), -153.4 (1F), -162.1 (2F). mp: 222°C . FTIR (NEAT, cm^{-1}): 3237, 1645, 1610, 1572, 1512, 1473, 1335, 1284, 1269, 1228, 1201, 1172, 1078, 1038, 985, 946, 845, 809, 780, 745, 728, 688. 与文献数据完全相符。

1.4 测试方法

^1H and $^{19}\text{F-NMR}$ 在 Varian Mercury 300 MHz 核磁共振波谱仪上测试, 以 CDCl_3 为溶剂, TMS (四甲基硅烷) 为内标。FTIR ATR 在 PerkinElmer FTIR 测试, 扫描范围是 $4000 \sim 525 \text{ cm}^{-1}$ 。

GPC 测试在配有 5 μm Phenogel 柱 (直线型, $4 \times 500 \text{ \AA}$) Waters 510 HPLC 测试, 以氯仿作为流动相, 检测器为 254 nm 的紫外检测器。

聚合物的热性能采用 SeiKo SSC-5200 热重分析仪测试, 温度范围为室温约 600°C , 升温速度为 20 K/min , 氮气保护, 流量为 160 mL/min 。

机械性能的测试采用浇铸成膜的方法制备聚合物拉伸试样 (尺寸为 $35 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$), 在 SANS

电子万能试验机(中国深圳)测拉伸性能,拉伸速率为 5 mm/min.

表面电阻率的测试采用浇铸成膜的方法制备聚合物膜在 Solartron Electronic Interface 1287 and 1255 B Instrument 上测得. 室温下,采用两电极法交流阻抗扰动电压 10 mV,频率 1 MHz ~ 100 Hz,膜的表面电阻通过 U - I 直线的斜率得到. 表面电阻率(ρ^s)由下面公式计算得到:

$$\rho^s = R^s/S$$

式中, S 为膜的表面积(cm^2); R^s 为膜的表面电阻(Ω).

体积电阻率测试采用浇铸成膜的方法制备聚合物膜在 KEITHLEY 2635A SYSTEM Source Meter 体积电阻率自动测定仪上测得,测试湿度 80%,测试温度室温. 体积电阻率(ρ^v)由下面公式计算得到:

$$\rho^v = R^v/dS$$

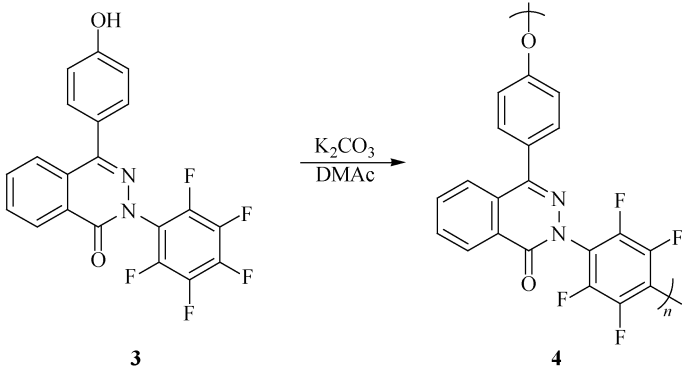
式中, d 为膜厚(cm); S 为膜的表面积(cm^2); R^v 为膜的体积电阻(Ω)

接触角测试采用浇铸成膜的方法制备聚合物膜用光学测量角测量仪 DSA100 测得,液滴体积为 4 μL ,测试温度室温.

2 结果与讨论

2.1 氟化聚二氮杂萘酮芳醚的制备及表征

4-(4-羟基苯基)-2-五氟苯基-二氮杂萘酮 **3** 是作者开发的能够通过自缩聚反应获得高分子量聚合物的第一种 AB-型双官能团的二氮杂萘酮类单体,关于该单体聚合反应的研究已经在 Macromolecule 发表^[15]. 本文采用已探索的最佳条件(催化剂 K_2CO_3 , 溶剂 DMAc, 反应温度 100°C)进行了 AB-型双官能团单体 **3** 自缩聚反应(示意图 2 所示). 通过温和的反应温度强化官能团的选择性,以 A-B 型缩聚反应得到线性高分子材料,否则多个 C—F 键活化,呈现出 A-Bn 型缩聚反应则得到枝化甚至交联产物. 表 1 列出了聚合反应结果,聚合反应收率很高 99.7%,黏度测试和 GPC 测试(图 1)均表明得到了高分子量的聚合物,氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** GPC 曲线呈现强弱双峰分布是由于聚合物的制备是通过溶液自缩聚反应工艺,单体的浓度为 13.3 wt%,该条件下生成低分子量的大环齐聚物的环化副反应不可避免,正是由于大环低聚物峰的存在,造成聚合物 **4** 的分子量分布指数偏宽.



Scheme 2 Synthesis of the fluorinated poly(phthalazinone ether) **4**

Table 1 Self condensation of AB-type phthalazinone monomer

Polymerization temperature (°C)/time (h)	Solvent	Yield (%)	$\eta_{\text{inh}}^{\text{a}}$ (dL/g)	M_{n}^{b}	M_{w}^{b}	Polydispersity index ^b
105 ~ 110/4	DMAc/Benzene	99.7	0.55	15300	163300	10.7

^aInherent viscosity was measured at a concentration of 0.2 g/dL in CHCl_3 at 25°C . ^b Molecular weight was determined by GPC in chloroform based on polystyrene standard at room temperature

采用了 FTIR ATR (图 2)、 ^1H -NMR 和 ^{19}F -NMR (图 3)对氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 的结构进行了表征. 图 2 清晰看出单体 **3** 的 3000 ~ 3100 cm^{-1} 处 O—H 的伸缩振动吸收峰基本消失. 文

献^[15]给出了单体 **3** ^1H -NMR 的 O—H 特征吸收峰在 δ 5.60, ^{19}F -NMR 特征吸收在 δ - 144.6, - 153.4 和 - 162.1 处,且 3 种氟原子比例为 2:1 :2. 图 3 中聚合物 **4** 的 ^1H -NMR 图显示 O—H 在

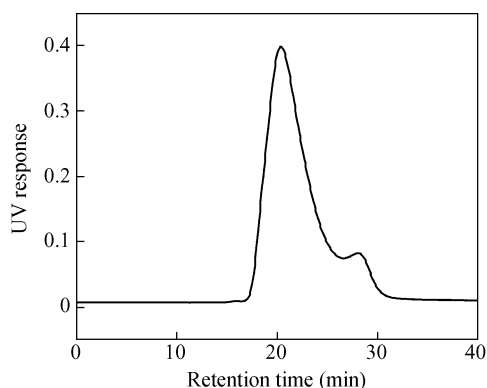


Fig. 1 GPC curve of the fluorinated poly-(phthalazinone ether) **4**

δ 5.60 的特征吸收峰消失, ^{19}F -NMR 图显示氟原子由 3 种变为 2 种且比例为 1:1, 其原因是由于强供电键取代酰肼基对位吸电的氟原子和四氟苯基直接相邻, 改变了四氟苯基上氟原子的化学位移, 酰肼基间位氟原子的化学位移由低场的 δ -144.6 移至高场 δ -154.0 处, 酰肼基邻位氟原子化学位移则由高场 δ -162.1 移至低场 δ -144.6 处。

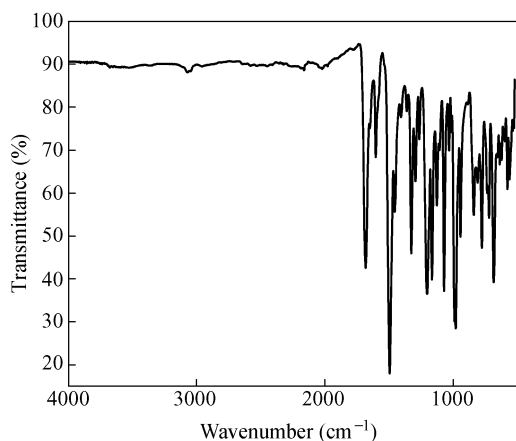


Fig. 2 FTIR ATR spectrum of the fluorinated poly(phthalazinone ether) **4**

2.2 氟化聚二氮杂萘酮芳醚的热性能

利用热重分析仪 (TGA) 和差示扫描量热仪 (DSC) 对氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 进行了热性能研究, 其结果如图 4、图 5 所示。 T_g^a 为氟化聚二氮杂萘酮芳醚以 20 K/min 的加热速度在 160 mL/min 的氮气流下第一次扫描的数据, T_g^b 为氟化聚二氮杂萘酮芳醚加热到 400℃ 后, 匀速冷却至室温, 第二次扫描得到。图 4 给出 T_g^a 为 315℃, T_g^b 为 316℃。聚合物 **4** 具有高的玻璃化温度归因于刚性基团二氮杂萘酮联苯结构的引入, 以及均一的

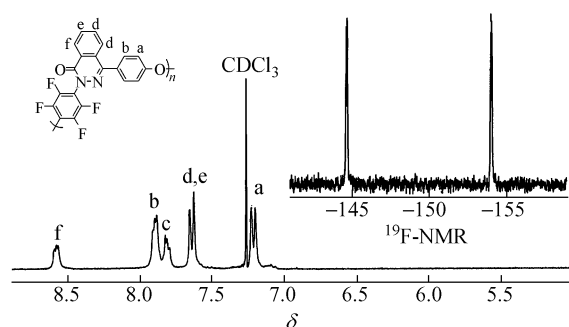


Fig. 3 ^1H -NMR and ^{19}F -NMR spectra of the fluorinated poly(phthalazinone ether) **4**

聚合物重复单元结构。图 5 可以看出氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 在 450℃ 以前没有明显的失重, 5% 失重温度为 491℃, 这说明此种聚合物具有良好的热稳定性, 适合做耐高温材料。

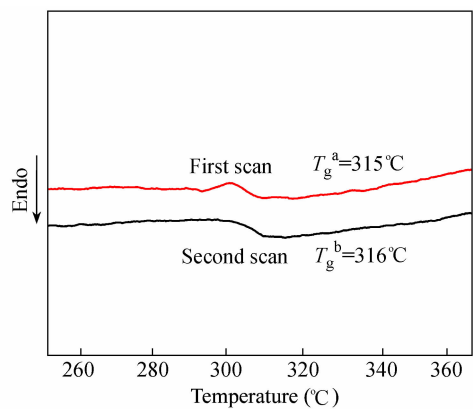


Fig. 4 DSC curves of the fluorinated poly(phthalazinone ether) **4**

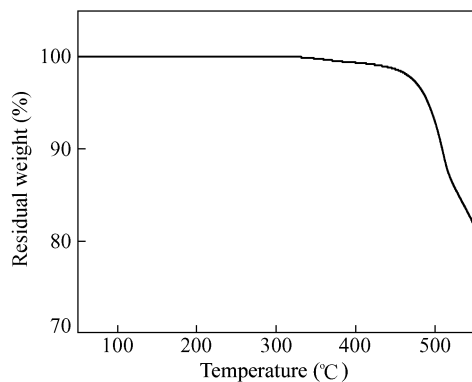


Fig. 5 TGA curve of the fluorinated poly(phthalazinone ether) **4**

2.3 氟化聚二氮杂萘酮芳醚的溶解性能

氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 具有很好的溶解性能, 在 DMAc, DMF, DMSO, NMP, 1,1,2,2-四氯乙烷, 四氢呋喃, 氯仿, 吡啶和环丁砜中都能溶解。

其可能的原因一是分子主链中存在大量的柔性醚键,二是大体积四氟苯基基团的引入可以增大分子间距离,降低分子间作用力,从而改善了聚合物的溶解性能,良好的溶解性拓展了聚合物的加工方式和应用范围.

2.4 氟化聚二氮杂萘酮芳醚的机械性能

对所制备的氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 采用溶液浇铸法制备了聚合物薄膜,所得薄膜外观平整

光滑.对薄膜的机械性能进行了测定,结果列入表 2. 由表 2 中可以看出,氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 具有良好的力学性能,拉伸强度超过了 60 MPa,断裂伸长率超过了 9.1%,杨氏模量达到了 1.12 GPa. 测试结果表明该聚合物薄膜拉伸强度高,硬度大,韧性好,具有良好抗刮擦性能. 据此推测该氟化聚二氮杂萘酮芳醚可应用于研发抗刮擦性涂层材料.

Table 2 Mechanical properties of the fluorinated poly(phthalazinone ether) **4**

Polymer	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Modulus (GPa)
Fluorinated poly(phthalazinone ether)	60.61	9.14	1.12

2.5 氟化聚二氮杂萘酮芳醚的电性能

对所制备的氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 采用溶液浇铸法制备了聚合物薄膜,对薄膜样品进行了电性能测试,氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 的表面电阻率为 $1.8 \times 10^{15} \Omega/\text{m}^2$,体积电阻率为 $5.6 \times 10^{12} \Omega/\text{m}^3$,绝缘材料的电阻率要大于 $10^{10} \Omega/\text{m}^3$,测试结果表明氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 具有良好的绝缘性,可以应用于介电材料领域.

2.6 接触角测试

参照文献[14]的方法,将少量氟化聚二氮杂萘酮芳醚 **4** 分别溶于 DMAc,氯仿和 THF 中,待完全溶解后,滴在平整的载玻片上,DMAc 溶液 80℃ 慢慢挥发溶剂,氯仿和 THF 溶液室温缓慢挥发,得到光滑透明的膜,而后在 80℃ 下烘干 24 h 去除微量溶剂,得到光滑、透明、柔韧的膜. 将不同溶剂体系所得的氟化聚二氮杂萘酮芳醚膜分别在光学测量角测量仪 DSA100 上测试接触角,用高沸点强极性非质子溶剂 DMAc 制备的膜测得接触角为 93.3°,如图 6(a) 所示;用低沸点强极性非质子溶剂氯仿制备的膜测得接触角为 92.5°,如图 6(b) 所示;用低沸点极性非质子溶剂 THF 制备的膜测得接触角 127.1°,如图 6(c) 所示. 综上氟化聚二氮杂萘酮芳醚在这 3 种不同类型的溶剂所得的膜接触角都大于 90°,说明具备成为疏水性材料的潜能,特别是 THF 溶液制备的氟化聚二氮杂萘酮芳醚膜接触角超过了 Teflon (112°),具有良好的憎水性. 不同溶剂做的膜样品的接触角不同,可能是由于不同溶剂的结构不同导致所制备溶液中聚合物的构象不同,在挥发制膜的过程中造成聚合物膜的内部和表面的聚集态各不相同,从而影响了聚合物膜的表面性能.

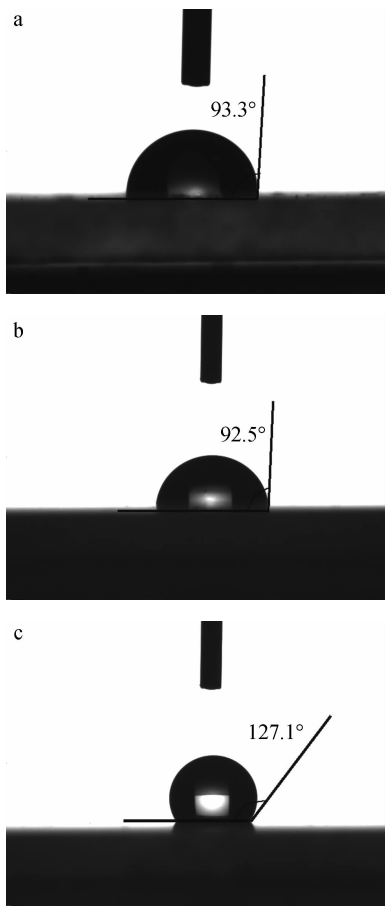


Fig. 6 Contact angle of the fluorinated poly(phthalazinone ether) **4** (THF)
a) DMAc; b) CHCl₃; c) THF

3 结论

用含 AB-型双官能团的 4-(4-羟基苯基)-2-五氟苯基-二氮杂萘酮通过自身亲核缩聚反应合成了一种耐高温憎水性好的高性能氟化聚二氮杂萘酮芳醚材料. 该材料具有高的热稳定性、力学性

能、绝缘性和好的憎水性,玻璃化转变温度高达 316℃,5% 热失重温度为 491℃,拉伸强度超过了 60 MPa,表面电阻率为 $1.8 \times 10^{15} \Omega/\text{m}^2$,体积电阻率为 $5.6 \times 10^{12} \Omega/\text{m}^3$,用 THF 制备的膜测得接触

角为 127.1°,接触角大于聚四氟乙烯(112°). 这种新型的耐高温绝缘憎水性材料在微电子器件领域具有很好的应用前景.

REFERENCES

- 1 Zhang Peng(张鹏),Liu Xincal(刘新才),LiPeng(李鹏),Zhou Hongwei(周宏伟),Chen Chunhai(陈春海). Chem J Chinese Universities (高等学校化学学报),2008,29(4):865~867
- 2 Wang Guibin(王贵宾),Chen Chunhai(陈春海),Zhou Hongwei(周宏伟),Jiang Zhenhua(姜振华),ZhangWanjin(张万金),Wu Zhongwen(吴忠文). Chem J Chinese Universities(高等学校化学学报),2000,21(8):1325~1327
- 3 Liu Baijun(刘佰军),Chen Chunhai(陈春海),Hu Wei(呼微),Zhao Shuang(赵爽),Jiang Zhenhua(姜振华),Zhang Wanjin(张万金),Wu Zhongwen(吴忠文). Chem J Chinese Universities(高等学校化学学报),2002,23(2):321~323
- 4 Zhang Yunhe(张云鹤),Wang Dong(王冬),Niu Yaming(牛亚明),Wang Guibin(王贵宾),Jiang Zhenhua(姜振华). Chem J Chinese Universities(高等学校化学学报),2005,26(7):1378~1380
- 5 Lee K S, Lee J S. Chem Mater 2006,18(18):4519~4525
- 6 Ding J F, Liu F T, Li M, Day M, Zhou M. J Polym Sci Polym Chem,2002,40(23):4205~4216
- 7 Ding J F, Qi Y H, Day M, Jiang J, Callender C L. Macromol Chem Phys,2005,206(23):2396~2407
- 8 Jiang J, Callender C L, Blanchetiere C, Jacob S, Noad J P, Ding J F, Qi Y H, Day M. Opt Mater,2006,28(3):189~194
- 9 Jiang J, Callender C L, Noad J P, Qi Y H, Ding J F, Day M. Linear and Nonlinear Optics of Organic Materials VI,2006,6331:63310Q
- 10 Li X D, Zhong Z X, Kim J J, Lee M H. Macromol Rapid Comm,2004,25(11):1090~1094
- 11 Tie W W, Zhong Z X, Wen P S, Lee M H, Li X D. Mater Lett,2009,63(16):1381~1383
- 12 Qi Y H, Ding J F, Day M, Jiang J, Callender C L. Chem Mater,2005,17:676~682
- 13 Lu Z Q, Cheng L, Li J, Zhang K, Yi S, Qin J G. J Polym Sci:Part A:Polym Chem,2004,42:925~932
- 14 Ding J F, Qi Y H. Macromolecules,2008,41:751~757
- 15 Li X, Hay A S. Macromolecules,2006,39(11):3714~3716

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF A WATER-REPELLENT FLUORINATED POLY(PHTHALAZINONE ETHER)

Xiu-hua Li^{1,2}, Yan Gao^{1,2}, Yue-zhong Meng³

(¹ School of Chemistry & Chemical Engineering,

² The Key Laboratory of Fuel Cell Technology of Guangdong Province, South China University of Technology, Guangzhou 510641)

(³ The Key Laboratory of Low Carbon Chemistry & Energy Conservation of Guangdong Province, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275)

Abstract The objective of this work was to develop a kind of new poly(phthalazinone ether) with high hydrophobicity, good thermal stabilities and excellent mechanical properties. The introduction of fluorine into poly(phthalazinone ether) is regarded as an effective way. A fluorinated poly(phthalazinone ether) containing tetrafluorophenyl groups was successfully synthesized by aromatic nucleophilic substituting self-polycondensation from AB type phthalazinone monomer 4-(4-hydroxyphenyl)-2-(pentafluorophenyl) phthalazin-1(2H)-one at 100°C. The structure of the polymer was characterized by FTIR ATR, ¹H-NMR and ¹⁹F-NMR. Number average molecular weight characterized by GPC was 1.53×10^4 Da. The DSC and TGA measurements of the polymer were performed under a nitrogen atmosphere, and the results showed that the polymer exhibited good thermal stabilities with high T_g of 316°C and 5% mass loss at 491°C. Moreover, the polymer was soluble in common organic solvents, such as DMAc, DMF, DMSO, NMP, TCE, THF, chloroform, pyridine and sulfolane, and could be readily cast into tough and smooth films from solutions. The films also showed high contact angles of water. Contact angle of the film cast by DMAc is 93.3°. Contact angle of the film cast by CHCl₃ is 92.5°. Contact angle of the film cast by THF is 127.1°, which is higher than that of polytetrafluoroethylene (112°), indicating that the polymer has high hydrophobicity. Tension test results of film samples indicated the polymer demonstrated excellent mechanical properties with tensile strength over 60 MPa. The polymer exhibited good insulating properties with electrical surface resistivity of 1.8×10^{15} Ω/m² and volume resistivity of 5.6×10^{12} Ω/m³. The synthesized polymer may have a promising prospect in microelectronic devices, such as the substrate for printed boards and insulating materials as interlayer dielectrics and intermetal dielectrics.

Keywords Fluoropolymer, Poly(phthalazinone ether), Thermal stabilities, Contact angle, Electrical properties