

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910053429.6

[51] Int. Cl.

C07D 233/56 (2006.01)

C07C 311/09 (2006.01)

C07C 311/24 (2006.01)

C10M 105/72 (2006.01)

[43] 公开日 2009年12月2日

[11] 公开号 CN 101591296A

[22] 申请日 2009.6.19

[21] 申请号 200910053429.6

[71] 申请人 中国科学院上海有机化学研究所

地址 200032 上海市徐汇区枫林路 354 号

[72] 发明人 肖吉昌 张成潘 张 忠 邵 伟
严 冲 强震卫

[74] 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司
代理人 邬震中

权利要求书 2 页 说明书 8 页

[54] 发明名称

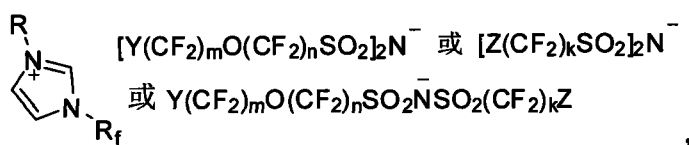
一种高密度离子液体及其制备方法

[57] 摘要

本发明涉及一种高密度的离子液体及其制备方法。该类离子液体属新型的化工材料，其制备方法是以多氟烷基磺酰亚胺盐为离子交换试剂，利用多氟烷基磺酰亚胺盐与 N - 取代咪唑盐进行阴离子交换制备的。这类离子液体熔点低、分解温度高、密度可以达到 2g/ml 以上。

1. 一种高密度的离子液体,其特征是该类离子液体是由多氟烷基磺酰亚胺阴离子和 N-取代咪唑阳离子组成的;所述的多氟烷基磺酰亚胺阴离子为 $[Y(CF_2)_mO(CF_2)_nSO_2]_2N^-$ 、 $[Z(CF_2)_kSO_2]_2N^-$ 或 $Y(CF_2)_mO(CF_2)_nSO_2N^-SO_2(CF_2)_kZ$; 其中 Y 为 H、F、Cl 或 I; m 为 1~6 的自然整数; n 为 1 或 2; Z 为 H、Cl、Br 或 I; k 为 1~6 的自然整数; 所述的 N-取代咪唑阳离子的 N 上的取代基至少有一个选自 $C_1\sim C_4$ 的全氟烷基溴; 所述的多氟烷基磺酰亚胺阴离子与 N-取代咪唑阳离子在该类离子液体中的组成摩尔比为 1:1。

2. 如权利要求 1 所述的离子液体,其结构通式为



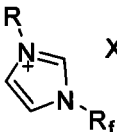
其中 Y、m、n、Z 和 k 如权利要求 1 所述; R 为 $C_1\sim C_4$ 的烷基, R_f 为 $C_1\sim C_4$ 的全氟烷基溴。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的离子液体,其特征是所述的离子液体的密度在 1.90~2.50g/ml 之间。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的离子液体,其特征是所述的离子液体的玻璃化转变温度在 -40°C 以下,分解温度在 350°C 以上。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的离子液体,其特征是所述的离子液体 60°C 的粘度在 45-300cP 之间。

6. 如权利要求 1 所述的离子液体的合成方法,是在极性溶剂中和 $0\sim 50^\circ\text{C}$ 时,多氟烷基磺酰亚胺盐与 N-取代咪唑盐进行阴离子交换反应 0.5-30h; 所述的多氟烷基磺酰亚胺盐与 N-取代咪唑盐的摩尔比为 1:0.5~5; 所述的多氟烷基磺酰亚胺盐为 $[Y(CF_2)_mO(CF_2)_nSO_2]_2NM$ 、 $[Z(CF_2)_kSO_2]_2NM$ 或 $Y(CF_2)_mO(CF_2)_nSO_2NMSO_2(CF_2)_kZ$; 所述的 Y、m、n、Z 和 k 如权利要求 2 所述; 所述的 M 为 Li、Na、K 或 $R^1R^2R^3R^4N$; 所述的 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 为 $C_1\sim C_4$ 的

烷基和苄基; 所述的 N-取代咪唑盐为  X^- 或 $\text{MeO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{S}}-\text{O}^-$; 所述的 R 为 $C_1\sim$

C₄的烷基和苄基；R_f为CF₂Br或CF₂CF₂Br；X为Cl、Br或I。

7. 如权利要求6所述的方法，其特征是所述的多氟烷基磺酰亚胺盐是在极性溶剂中和-20℃—150℃温度下，由多氟烷基磺酰亚胺与碱或无机盐作用1-100h制备的；所述的氟烷基磺酰亚胺与碱或无机盐的摩尔比为1:0.1~10；所述的碱为LiOH、NaOH、KOH、R¹R²R³R⁴NOH；所述的R¹、R²、R³、R⁴为C₁~C₄的烷基和苄基；所述的无机盐为Li₂CO₃、Na₂CO₃、NaHCO₃、K₂CO₃、KHCO₃。

8. 如权利要求6或7所述的方法，其特征是所述的极性溶剂为H₂O、CH₃OH、CH₃CH₂OH、CH₃CN、四氢呋喃、N,N-二甲基甲酰胺、二甲基亚砷或二氧六环。

9. 如权利要求6所述的方法，其特征是所述的高密度离子液体采用一锅法制备：在极性溶剂中，先将多氟烷基磺酰亚胺现场制成多氟烷基磺酰亚胺盐，然后直接与N-取代咪唑盐反应。

一种高密度离子液体及其制备方法

技术领域

本发明涉及一种以多氟烷基磺酰亚胺为阴离子、N-取代咪唑为阳离子的高密度离子液体及其制备方法

背景技术

离子液体是由有机阳离子和无机或有机阴离子构成的、在室温下或室温附近呈液体状态的有机盐类[*Chem. Biotechnol.* 1997, 2, 351]。它从传统的高温熔盐演变而来,但与常规的离子化合物有着很大的不同。离子液体的结构具有很大的可设计性,可以通过修饰或改变阴阳离子的结构或种类来调节离子液体的物理化学性能,以满足特定应用的需要[*J. AIChE. J.* 2001, 47, 11, 2384; *Coord. Chem. Rev.* 2004, 248, 2459; *Nature*, 1999, 399, 6731, 28]。

阴离子的类型会在很大的程度上影响离子液体的熔点、热稳定性、密度和粘度等性能。目前已知的离子液体中,能同时满足密度大、热稳定性好、凝固点低等要求的离子液体数量是非常少的(*J. Org. Chem.* 2004, 69, 6511)。有的离子液体虽然能满足密度大的要求,但是它们要么在室温下呈固态,要么对水敏感,要么毒性和腐蚀性强(*J. Phys. Chem.* 1998, 102, 8858),因此无法满足一些特殊环境下的应用。密度大、热稳定性好、凝固点低、粘度高的液体是非常好的浮选剂和陀螺仪润滑剂。传统的氟烷基卤代烷或氟烷基卤代苯尽管也可以达到很高的密度,但是在室温下呈固体(US3668262, US3651155, US4307259, US4740640, US4808760, US4835304, US5177252, US5248432)仍不能满足特殊环境下的应用,并且它们的结构不易修饰。

基于此,我们从离子液体出发,筛选了一系列结构新颖的阴离子,合成了以多氟烷基磺酰亚胺为阴离子的离子液体,并研究了它们的物理性质。我们发现,这些离子液体不仅密度大、热稳定性好、凝固点低,而且粘度高,因此具有很好的应用价值。

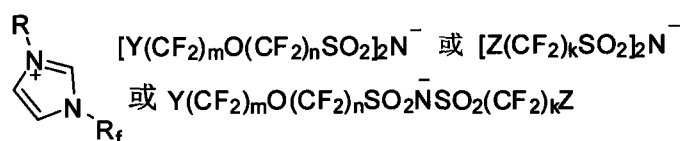
发明内容

本发明要解决的问题是提供一种高密度离子液体，

本发明的目的还提供一种以多氟烷基磺酰亚胺盐和 N-取代咪唑盐为原料，通过阴离子交换，合成高密度离子液体的方法。

本发明所述的离子液体是由多氟烷基磺酰亚胺阴离子和 N-取代咪唑阳离子组成的，所述的多氟烷基磺酰亚胺阴离子和 N-取代咪唑阳离子的摩尔比为 1:1。这类离子液体不仅熔点低，分解温度高，而且密度可以达到 2g/ml 以上。

所述的高密度的离子液体可以为



，所述的 Y 为 H、F、Cl 或 I；

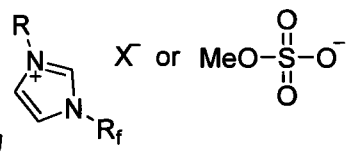
m 为 1~6 的自然整数；n 为 1 或 2；Z 为 H、Cl、Br 或 I；k 的取值为 1~6 的自然整数，所述的 R 为 C₁~C₄ 的烷基和苄基，R_f 为 C₁~C₄ 的全氟烷基溴；推荐 R 为 CH₃、CH₃CH₂、n-C₃H₇ 或 n-C₄H₉；推荐 R_f 为 CF₂Br 或 CF₂CF₂Br；X 为 Cl、Br 或 I。

所述的多氟烷基磺酰亚胺盐是由多氟烷基磺酰亚胺与碱或无机盐作用制备的。所述的多氟烷基磺酰亚胺盐可经分离纯化或不经分离纯化，直接与 N-取代咪唑盐反应，即可制备高密度离子液体。所述的多氟烷基磺酰亚胺盐与 N-取代咪唑盐的摩尔比为 1:0.5~5。

所述的高密度离子液体也可采用一锅法制备：在极性溶剂中和 -20℃—150℃ 温度下，先将多氟烷基磺酰亚胺与 0.1~10 倍当量的碱或无机盐作用 1-100h 现场制成多氟烷基磺酰亚胺盐，然后不经分离纯化，直接与 0.5~5 倍当量的 N-取代咪唑盐进行阴离子交换制备。所述的碱为 LiOH、NaOH、KOH、R¹R²R³R⁴NOH；所述的 R¹、R²、R³、R⁴ 为 C₁~C₄ 的烷基和苄基；所述的无机盐为 Li₂CO₃、Na₂CO₃、NaHCO₃、K₂CO₃ 或 KHCO₃；所述的阴离子交换反应所需的反应温度为 0-50℃，反应时间为 0.5-30h。

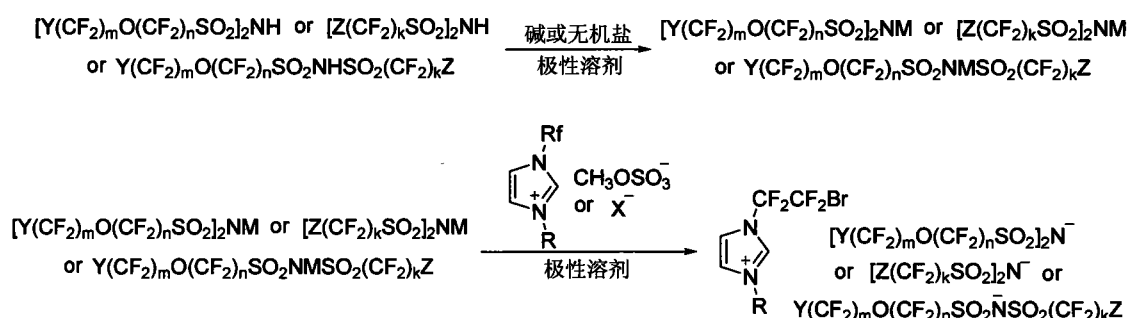
所述的多氟烷基磺酰亚胺盐推荐为 [Y(CF₂)_mO(CF₂)_nSO₂]₂NM、[Z(CF₂)_kSO₂]₂NM 或 Y(CF₂)_mO(CF₂)_nSO₂NMSO₂(CF₂)_kZ；所述的 Y 为 H、F、Cl

或 I; m 为 1~6 的自然整数; n 为 1 或 2; Z 为 H, Cl, Br, I; k 的取值为 1~6 的自然整数。所述的 M 为 Li、Na、K 或 $R^1R^2R^3R^4N$; 所述的 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 为 $C_1\sim C_4$ 的烷基和苄基。

所述的 N-取代咪唑盐推荐为  , 所述的 R、 R_f 和 X 如前所述。

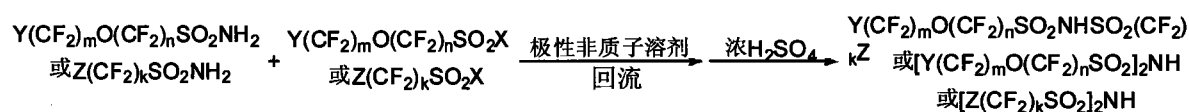
所述的离子交换反应是在极性溶剂中进行的。所述的极性溶剂推荐为 H_2O 、 CH_3OH 、 CH_3CH_2OH 、 CH_3CN 、四氢呋喃、N,N-二甲基甲酰胺、二甲基亚砜或二氧六环。

本发明的反应可用如下反应式表示:



其中 Y 为 H、F、Cl 或 I; m 为 1~6; n 为 1 或 2; Z 为 H、Cl、Br 或 I; k 的取值为 1~6; M 为 Li、Na、K 或 $R^1R^2R^3R^4N$; 所述的 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 、R 为 $C_1\sim C_4$ 的烷基和苄基, 如 CH_3 、 CH_3CH_2 、 $n-C_3H_7$ 、 $n-C_4H_9$ 或 $C_6H_5CH_2$; R_f 为 CF_2Br 或 CF_2CF_2Br ; X 为 Cl、Br 或 I。

本发明中所用的多氟烷基磺酰亚胺可由多氟烷基磺酰氯或多氟烷基磺酰氟与多氟烷基磺酰胺反应制备的, 其过程如下:

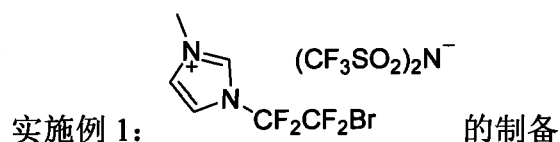


采用本发明的方法制备的离子液体, 其密度在 1.90~2.50g/ml 之间, 玻璃化转变温度在 $-40^\circ C$ 以下, 分解温度在 $350^\circ C$ 以上, $60^\circ C$ 下的粘度可达 45-300cP。

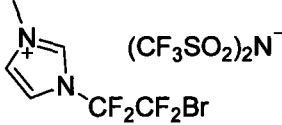
因此它们可以在恶劣的环境下使用，并满足一些特殊要求。

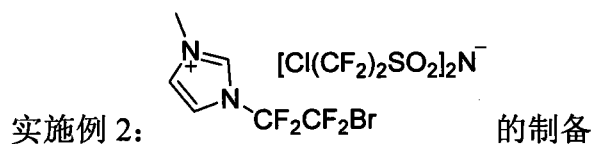
具体实施方式

通过下述实施例将有助于理解本发明，但并不限制本发明的内容。

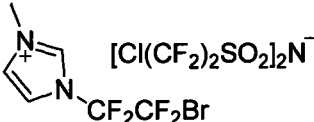


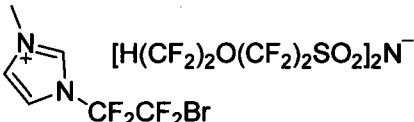
将 $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ (1.38g, 4.81mmol)溶于水(25ml)，加入 N-甲基-N-溴四氟乙基咪唑的水溶液(1.76g/10ml, 4.72mmol)。搅拌 2 小时。停止反应，向反应液加入二氯甲烷(50ml)。分出二氯甲烷层，并用水洗涤 3 次(3 × 20ml)，无水硫酸镁干燥。减压抽干，即得产物(2.17g, 85%)。

 : $^1\text{H NMR}$ (CD_3COCD_3): δ 4.28 (s, 3H), 8.18 (s, 1H), 8.37 (s, 1H), 9.98 (s, 1H). $^{19}\text{F NMR}$ (CD_3OCD_3): δ -70.85 (t, $J = 4.0$ Hz, 2F), -80.39 (s, 6F), -96.42 (t, $J = 4.0$ Hz, 2F). IR (film) (cm^{-1}): 3158, 3107, 1597, 1546, 1430, 1411, 1353, 1332, 1200, 1141, 1058, 975, 880, 820, 792, 742, 656, 618, 571, 514. ESIMS: 279.9 $[\text{M}]^-$ (100), 261.0 $[\text{M}]^+$ (100), 263.0 $[\text{M}+2]^+$ (97). 元素分析 (Anal. Calcd for) $\text{C}_{15}\text{H}_{13}\text{ClF}_{16}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$: 计算值 C, 17.72; H, 1.12; N, 7.75. 实测值 (Found): C, 17.80; H, 1.12; N, 7.48.

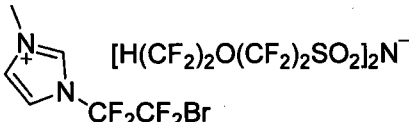


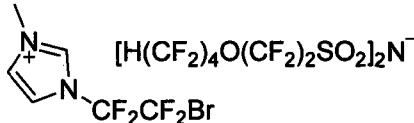
将 $[\text{Cl}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{NH}$ (2.09g, 5.06mmol)和 NaOH (0.226g, 5.15mmol)溶于甲醇(25ml)，搅拌 2 h，然后加入 N-甲基-N-溴四氟乙基咪唑的水溶液(1.73g/10ml, 4.63mmol)。继续搅拌 2 小时。停止反应，向反应液加入二氯甲烷(100ml)。分出二氯甲烷层。二氯甲烷层用水洗涤 3 次(3 × 20ml)，无水硫酸镁干燥。抽干，即得产物(2.22g, 71%)。


 $[\text{Cl}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{N}^-$
 $\text{CF}_2\text{CF}_2\text{Br}$: $^1\text{H NMR}$ (CD_3COCD_3): δ 4.28 (s, 3H), 8.17 (s, 1H), 8.35 (s, 1H), 9.96 (s, 1H). $^{19}\text{F NMR}$ (CD_3COCD_3): δ -106.9 (s, 4F), -90.7 (s, 2F), -65.1 (s, 2F), -60.6 (s, 4F). ESIMS (m/e): 411.8 $[\text{M}]^-$ (100), 411.8 $[\text{M}+2]^-$ (64), 261.0 $[\text{M}]^+$ (100), 263.0 $[\text{M}+2]^+$ (97). 元素分析(Anal. Calcd for) $\text{C}_{10}\text{H}_6\text{BrCl}_2\text{F}_{12}\text{N}_3\text{O}_4\text{S}_2$: 计算值 C, 17.79; H, 0.90; N, 6.22. 实测值(Found): C, 17.78; H, 0.94; N, 6.29.

实施例 3: 
 $[\text{H}(\text{CF}_2)_2\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{N}^-$
 $\text{CF}_2\text{CF}_2\text{Br}$ 的制备

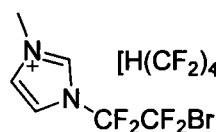
在 50ml 蛋形瓶中, 加入 $[\text{H}(\text{CF}_2)_2\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{NH}$ (5.83g, 10.1mmol)、甲醇 (25ml) 和 NaOH (0.425g, 10.6mmol), 搅拌 2 h。然后加入 N-甲基-N-溴四氟乙基咪唑的水溶液(3.03g/20ml, 0.081mol), 继续搅拌 2 小时。停止反应, 向反应液加入二氯甲烷(120ml)。分出二氯甲烷层, 用水洗涤 3 次(3 x 50ml), 无水硫酸镁干燥。减压抽干, 即得产物(5.53g, 81%)。


 $[\text{H}(\text{CF}_2)_2\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{N}^-$
 $\text{CF}_2\text{CF}_2\text{Br}$: $^1\text{H NMR}$ (CD_3COCD_3): δ 4.30 (s, 3H), 6.51 (tt, $J = 52.1$ Hz, $J = 3.6$ Hz, 2H), 8.21 (s, 1H), 8.39 (s, 1H), 10.0 (s, 1H). $^{19}\text{F NMR}$ (CD_3COCD_3): δ -134.3 (d, $J = 52.1$ Hz, 4F), -112.5 (s, 4F), -90.7 (s, 2F), -84.6 (m, 4F), -76.6 (m, 4F), -65.2 (s, 2F). ESIMS (m/e): 575.8 $[\text{M}]^-$ (100), 261.0 $[\text{M}]^+$ (100), 263.0 $[\text{M}+2]^+$ (97). 元素分析(Anal. Calcd for) $\text{C}_{14}\text{H}_8\text{BrF}_{20}\text{N}_3\text{O}_6\text{S}_2$: 计算值 C, 20.06; H, 0.96; N, 5.01. 实测值(Found): C, 20.11; H, 1.14; N, 4.73.

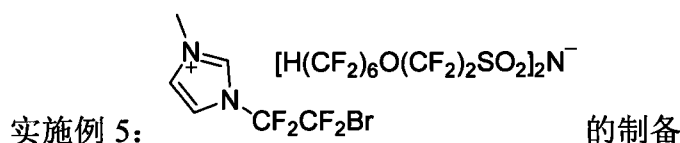
实施例 4: 
 $[\text{H}(\text{CF}_2)_4\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{N}^-$
 $\text{CF}_2\text{CF}_2\text{Br}$ 的制备

将 $[\text{H}(\text{CF}_2)_4\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{NH}$ (7.32g, 9.42mmol) 和 NaOH (0.420g, 10.5mmol) 溶于甲醇(50ml), 搅拌 1h。然后加入 N-甲基-N-溴四氟乙基咪唑的甲醇溶液 (3.71g/30ml, 9.94mmol), 继续搅拌 3 小时。停止反应, 向反应液加入水 (50ml)

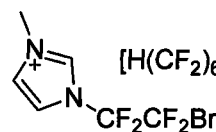
和二氯甲烷 (120ml)。分出二氯甲烷层。二氯甲烷层用水洗涤 3 次(3 × 50ml), 无水硫酸镁干燥, 再减压抽干, 即得产物 (8.33g, 85%)。



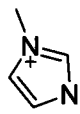
: $^1\text{H NMR}$ (CD_3COCD_3): δ 4.29 (s, 3H), 6.81 (tt, $J = 50.7$ Hz, $J = 5.5$ Hz, 2H), 8.20 (s, 1H), 8.38 (s, 1H), 10.0 (s, 1H). $^{19}\text{F NMR}$ (CD_3COCD_3): δ -139.2 (dm, $J = 50.7$ Hz, 4F), -131.0 (m, 4F), -128.0 (m, 4F), -117.4 (s, 4F), -96.0 (s, 2F), -84.3 (m, 4F), -81.8 (m, 4F), -70.4 (s, 2F). ESIMS (m/e): 775.8 $[\text{M}]^-$ (100), 261.0 $[\text{M}]^+$ (100), 263.0 $[\text{M}+2]^+$ (97). 元素分析(Anal. Calcd for) $\text{C}_{18}\text{H}_8\text{BrF}_{28}\text{N}_3\text{O}_6\text{S}_2$: 计算值 C, 20.82; H, 0.78; N, 4.05. 实测值(Found): C, 20.54; H, 0.69; N, 4.10.



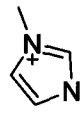
将 $[\text{H}(\text{CF}_2)_6\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{NH}$ (11.43g, 11.7mmol) 和 NaOH (0.483g, 12.1mmol) 溶于甲醇(50ml), 搅拌 3h。然后加入 N-甲基-N-溴四氟乙基咪唑的水溶液 (4.85g/50ml, 13.0mmol), 继续搅拌 3 小时。停止反应, 向反应液加入二氯甲烷 (150ml)。分出二氯甲烷层。二氯甲烷层用水洗涤 3 次(3 × 50ml), 无水硫酸镁干燥, 减压抽干, 即得产物 (9.64g, 72%)。



: $^1\text{H NMR}$ (CD_3COCD_3): δ 4.28 (s, 3H), 6.86 (tt, $J = 51.1$ Hz, $J = 5.1$ Hz, 2H), 8.17 (s, 1H), 8.35 (s, 1H), 9.96 (s, 1H). $^{19}\text{F NMR}$ (CD_3COCD_3): δ -139.1 (d, $J = 51.1$ Hz, 4F), -130.2 (m, 4F), -126.1 (s, 4F), -124.1 (s, 4F), -122.8 (s, 4F), -117.4 (s, 4F), -96.1 (s, 2F), -83.6 (m, 4F), -81.7 (m, 4F), -70.5 (s, 2F). ESIMS (m/e): 975.8 $[\text{M}]^-$ (100), 261.0 $[\text{M}]^+$ (100), 263.0 $[\text{M}+2]^+$ (97). 元素分析(Anal. Calcd for) $\text{C}_{22}\text{H}_8\text{BrF}_{36}\text{N}_3\text{O}_6\text{S}_2$: 计算值 C, 21.34; H, 0.65; N, 3.39. 实测值(Found): C, 21.12; H, 0.85; N, 3.27.

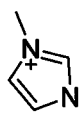
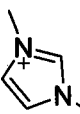
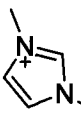
实施例 6:  $\text{H}(\text{CF}_2)_2\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2\text{N}^-\text{SO}_2(\text{CF}_2)_2\text{Cl}$ 的制备

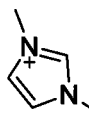
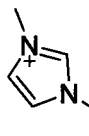
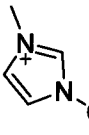
将 $\text{H}(\text{CF}_2)_2\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2\text{NHSO}_2(\text{CF}_2)_2\text{Cl}$ (15.1g, 30.4mmol)和 NaOH (1.67g, 41.8mmol)溶于甲醇(50ml), 搅拌 2h。然后加入 N-甲基-N-溴四氟乙基咪唑的水溶液(14.9g/50ml, 39.9mmol), 继续搅拌 3 小时。停止反应, 向反应液加入二氯甲烷 (300ml)。分出二氯甲烷层。二氯甲烷层用水洗涤 3 次 (3 x 50ml), 无水硫酸镁干燥, 减压抽干, 即得产物 (19.9g, 88%)。

 $\text{H}(\text{CF}_2)_2\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2\text{N}^-\text{SO}_2(\text{CF}_2)_2\text{Cl}$
 $^1\text{H NMR}$ (CD_3COCD_3): δ 4.30 (s, 3H), 6.52 (tt, $J = 52.1$ Hz, $J = 3.7$ Hz, 1H), 8.22 (s, 1H), 8.40 (s, 1H), 10.0 (s, 1H). $^{19}\text{F NMR}$ (CD_3COCD_3): δ -139.4 (dt, $J = 52.1$ Hz, $J = 5.1$ Hz, 2F), -117.7 (s, 2F), -112.2 (s, 2F), -95.6 (s, 2F), -89.8 (m, 2F), -81.8 (m, 2F), -70.4 (s, 2F), -65.48 (s, 2F). ESIMS (m/e): 493.9 $[\text{M}]^-$ (100), 261.0 $[\text{M}]^+$ (100), 263.0 $[\text{M}+2]^+$ (97). 元素分析(Anal. Calcd for $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{BrClF}_{16}\text{N}_3\text{O}_5\text{S}_2$: 计算值 C, 19.05; H, 0.93; N, 5.55. 实测值(Found): C, 19.33; H, 1.16; N, 5.70.

实施例 7 离子液体的物理性能测定结果

离子液体密度、粘度及其它热力学性能

离子液体	d (g/cm^3)	T_g ($^\circ\text{C}$)	T_d ($^\circ\text{C}$)	μ (cP, 60 $^\circ\text{C}$)
 $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$	2.12	-45.21	326	46.4
 $[\text{Cl}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{N}^-$	2.16	-47.43	391	282.4
 $[\text{H}(\text{CF}_2)_2\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{N}^-$	1.98	-65.59	>400	186.0

	$[\text{H}(\text{CF}_2)_4\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{N}^-$	2.05	-93.13	382	205.3
	$[\text{H}(\text{CF}_2)_6\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2]_2\text{N}^-$	2.02	-115.93	381	274.2
	$\text{H}(\text{CF}_2)_2\text{O}(\text{CF}_2)_2\text{SO}_2\bar{\text{N}}\text{SO}_2(\text{CF}_2)_2\text{Cl}$	1.99	-95.54	380	228.8

这类离子液体具有良好的低温性能和热稳定性，玻璃化转变温度在-45—-120℃之间，热分解温度几乎都大于350℃，粘度适宜，密度几乎都大于2g/mL。因此，可在恶劣的环境下（如深海，太空中）用作悬浮剂，各种精密仪表、陀螺仪和自动控制系统的润滑油等。