

电流型电化学气体传感器电解液的研究进展

陈冲^a 李林儒^a 陆天虹^{a,b*}

(^a江苏省新型动力电池重点实验室, 南京师范大学化学与环境科学学院 南京 210097;

^b中国科学院长春应用化学研究所 长春 130022)

摘要 综述了电流型电化学气体传感器电解液的发展状况。研究发现,用离子液体作电解液,与水溶液电解液相比,具有不挥发、电导率高和电化学窗口宽等优点,其与聚合物结合得到的离子液体聚合物电解质兼具离子液体和聚合物电解质的优点。用有机溶剂作电流型电化学气体传感器电解液的研究还刚刚开始,但它是很有应用前景的。

关键词 电解液,离子液体,聚合物电解质,有机溶剂,电导率

中图分类号:O646

文献标识码:A

文章编号:1000-0518(2012)03-0245-06

DOI:10.3724/SP.J.1095.2012.00148

近年来,世界环境污染严重,随着人们对环保的重视,对各种有毒、有害气体的检测都提出了更高要求。因此,开发有效的气体检测设备越来越引起国内外专家学者的普遍关注,并成为竞相研发的热点项目之一。电流型电化学气体传感器具有检测范围宽、测量精度高、价格低廉、可用于现场监测等优点,倍受人们的关注^[1-2]。

电流型电化学气体传感器寿命主要与电解液有关,目前水溶液是最常用的电化学气体传感器的电解液,但是存在着一个问题,随着时间的增加,水分会慢慢蒸发,甚至出现干涸,影响传感器的寿命,一般只有1~2年。因此,如何选择一种合适的电解液来延长传感器寿命是一个普遍关注的问题。本文主要介绍了离子液体、固体电解质和有机溶剂作为电解液代替水溶液电解液的最新研究进展和存在问题。

1 水溶液电解液

水溶液电解液是电化学气体传感器的最常用的电解液,这类电解液价格低廉,品种多样,使用方便,性能较好。水溶液电解液有碱性、酸性和中性3种。

1.1 碱性电解液

许多气体,如氨气在碱性电解液中易氧化,不需要贵金属催化剂。过去电流型电化学氨气传感器的研究主要集中于在碱性电解液,如NaOH、KOH和CsOH等中氨电催化氧化方面,溶液中高浓度的OH⁻有利于电极反应^[3-10]。但是碱性电解液易吸收空气中的CO₂,生成碳酸盐,改变了电解液的组分,使性能慢慢下降。而且随着碳酸盐浓度的增加,易成沉积而破坏工作电极结构,最终导致传感器失效^[11]。因此,一般来说,碱性电解液不适宜作为传感器的电解液。

1.2 酸性电解液

酸性电解液^[12-13]是气体传感器中用得较多的电解液,因为其不易结晶,因此传感器寿命相对较长。但是一些气体,如氨气等不能在酸性电解液中电氧化^[2,14]。因此,酸性电解液用作传感器电解液的应用也受到了限制。而且酸性电解液的水分会蒸发,影响传感器的寿命,一般只有1~2年。

1.3 中性电解液

为了解决某些气体,如氨气等在酸性电解液中不能氧化的问题,一般使用中性电解液。徐建波等^[11]研究了在中性介质中检测氨气的可能性,用 KCl 溶液作为电解液制备了氨气传感器,发现在选定的工作电位下,传感器具有较低的噪音和底电流,较好的重现性和线性关系。韩益莘等^[14]发现在 NaClO₄ 中性电解液中, Ir 对氨氧化有较好的电催化活性和较好的选择性。但是,在中性电解液中,盐的溶解度比酸和碱小,容易在电极上结晶,从而破坏电极结构,导致传感器性能下降。因此,用盐溶液作电解液的电化学气体传感器的寿命比用酸性电解液还要短。

2 固体聚合物电解质

由于美国杜邦公司生产全氟磺酸离子交换膜, Nafion 膜有高的离子导电性、好的化学稳定性和高的机械强度等优点^[15-16],已经在水电解和燃料电池等方面得到了应用。原来考虑这种固体电解质在电化学传感器中的应用能避免水溶液电解液的干枯的问题,因此在将 Nafion 膜用作电流型气体传感器的固体电解质方面已经进行了很多的研究工作^[17-18], Nafion 膜中 H⁺ 的迁移一定要在膜中有水情况下才能实现,一个 H⁺ 的迁移要伴随 0.6 个水分子迁移,要保持 Nafion 膜含一定量的水是不容易的,因此,用 Nafion 膜固体电解质传感器甚至比全液态的传感器更易失水而干涸。也有报道指出,在 Nafion 膜中加浓硫酸、磷酸,通过浓酸能吸收空气中的水分而使 Nafion 膜保持一定水分以使传感器的性能稳定。但是,在 Nafion 膜中加多少酸很难控制,且密封比较困难,泄漏的浓酸会腐蚀电子线路,因此,使用 Nafion 膜的传感器至今尚无研制成功的实例^[19-21]。

3 离子液体电解液

离子液体^[22-23]也称室温熔融盐,一般是由有机阳离子和阴离子构成的在室温下呈液态的盐类化合物。离子液体电解液有很多优点:1) 液体状态温度范围宽,从低于或接近室温至 300 °C 范围,具有良好的物理和化学稳定性;2) 蒸汽压低,不易挥发,没有水电解液干涸和结晶的问题;3) 离子电导率高;4) 电化学窗口宽;5) 较大的可调控极性;6) 低毒、无毒;7) 高选择性等。本课题组已与 RAE 工程技术中心传感器研发部一起研制成了以离子液体为电解液的电流型电化学气体传感器,并已批量生产。它的响应时间和回零时间比以 LiCl 为电解液的传感器好很多,如图 1 所示。

但用离子液体作电解液时,与一般的水溶液电解液有一定的不同,水溶液电解液只要在把传感器组装密封好后加入电解液就可,因此密封较容易,而用离子液体作电解液时,要将离子液体电解液、电极等排布好后一起密封,最后组装成传感器,因此密封比较困难一些。如果将离子液体固定到聚合物中,得到的离子液体-聚合物兼具离子液体和聚合物二者的优点,一是该电解质具有固体电解质的性质,消除了离子液体密封的问题。另外,该电解质提高了聚合物的离子导电性能。

在聚合物中引入离子液体的研究大致分为 3 类:1) 单体在离子液体中聚合得导电聚合物;2) 单体分子上引入离子液体结构后聚合,并可以通过加入无机盐增加其导电性;3) 用全氟化离子聚合物膜吸收离子液体。

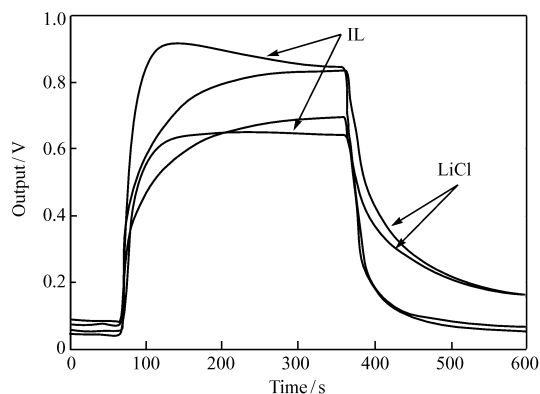


图 1 离子液体(IL)和 LiCl 水溶液为电解液的电流型电化学氨气传感器在 300 mV 下 NH₃ 浓度为 50 和 100 mg/L 时的响应信号^[36]

Fig. 1 The response signals of the current-type electrochemical NH₃ sensor with the electrolytes of ion liquid(IL) and LiCl aqueous solution at 300 mV for 50 and 100 mg/L^[36]

3.1 聚合物单体在离子液体中聚合

Watanabe^[24] 研究组研究了一些聚合物单体,如甲基丙烯酸甲酯、丙烯腈、乙酸乙烯酯、苯乙烯和甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA),在具有高电导率的室温离子液体 1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐和 *N*-丁基吡啶四氟硼酸盐([BPy]BF₄)中进行原位聚合。但只有 HEMA 能与以上的离子液体形成网状聚合物电解质,其余几种单体要么不聚合,要么聚合后与离子液体分离,不能形成含离子液的聚合物。当[BPy]BF₄/HEMA 的质量比为 6:4 时,室温下的电导率可达 10⁻³ S/cm,较纯离子液体的电导率下降不多。

3.2 聚合物型离子液体电解液

Hirao 研究小组^[25] 用 1-乙烯基咪唑和 HBF₄ 进行聚合反应,制得的聚合物在室温下的电导率只有 2.0 × 10⁻⁹ S/cm,但加入 LiBF₄ 后,电导率上升至 1.6 × 10⁻⁵ S/cm,解决了离子液体聚合后电导率显著下降的问题。Satoko 等^[26] 以聚合的基团和咪唑环为基体,聚合制备了一系列具有不同碳链长度的离子液体聚合物,其中聚合物电解质的室温电导率最好,可达 10⁻⁴ S/cm。这表明改变具有离子液体结构的聚合物枝链的长度可以改变聚合物型离子液体的性质。

Ohno 等^[27] 合成了:1) 3-乙烯基咪唑([EVIM])二(三氟甲基磺酸)酰亚胺盐聚合物(P[EVIM]TFSI)离子液体,它的电导率在 50 °C 下约为 10⁻⁵ S/cm,但向其中加入二(三氟甲基磺酸)酰亚胺锂(LiTFSI),电导率提高了 10 倍;2) 单体为 CH₂=CH—COO—[H₂C—O—CH₂]₈—[EVIM]TFSI 时,聚合后的电导率比 P[EVIM]TFSI 电导率提高了 300 倍;3) 单体 CH₂=CH—COO—[CH₂—CH₂]₆—[EVIM]TFSI,聚合后电导率比 2) 还要大。

3.3 离子液体/共聚合物电解液

蒋晶等^[28] 把亲水性 1-乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸(EMIBF₄)和疏水性 1-丁基-3-甲基咪唑四氟硼酸(BMIPF₆) 2 种室温离子液体分别掺入到聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物(P(VDF-HFP))中,制备了凝胶型离子液体/聚合物电解质。这类电解质具有离子液体和聚合物的优点,其热稳定性、电化学稳定性和机械性能等均较优良。305 °C 时仍具有较好的热稳定性,其室温离子电导率大于 10⁻³ S/cm,其中 EMIBF₄ 与 P(VDF-HFP) 的质量比为 2:1 时室温电导率可达 3.67 × 10⁻³ S/cm。

Fuller 等^[29] 将[BMIM]BF₄、[BMIM]TF 和[BMIM]PF₆在丙酮溶剂中与 P(PVDF-HFP) 混合,可形成一种弹性膜,这种膜耐高温(超过 200 °C)。当离子液体与 P(PVDF-HFP) 质量比为 2:1 时,室温下的电导率为 10⁻³ S/cm,100 °C 下的电导率大于 10⁻² S/cm。

Sun 等^[30] 制备了一种新型的锂聚电解质-离子液体体系。将聚 2-丙烯酰胺-2-甲基磺酸锂与 *N*-乙烯基甲酰胺进行共聚,得到的共聚物再与离子液体在乙醇中混合,得到离子液体/聚合物电解质,其导电率是离子液体/均聚物电解质的 2~3 倍。

Sekhon 等^[31] 最近合成一类包含有室温离子液体的质子导电膜,离子液体中阳离子为 2,3-二甲基-1-辛基咪唑阳离子(DMOIm⁺),阴离子为 BF₄⁻、PF₆⁻、CF₃SO₃⁻ 和 TFSI⁻ 等。将 P(VDF-HFP) 溶于乙氰中,加入离子液体 DMOImTFSI,制成的聚电解质膜有很好的机械稳定性,其电导率在 130 °C 下为 2.51 × 10⁻³ S/cm。

Yeon 等^[32] 用离子液体 1-羟乙基-3-甲基咪唑四氟硼酸盐([HEMIM]BF₄)、1-羟乙基-甲基咪唑磷酸盐([HEMIM]PF₆) 在一定的溶剂下与聚偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物(P(VDF-HFP))混合制得质量分数 33.3%、47.4% 和 66.7% 的 P(VDF-HFP) 复合物。其中质量分数为 47.4% P(VDF-HFP)-离子液体电解质能形成白色膜,而且有很好的电导率,电导率与离子液体有关。如含质量分数为 47.4% 的 P(VDF-HFP)-[HEMIM]PF₆ 的电导率比含质量分数为 47.4% 的 P(VdF-(HFP))-[BMIM]PF₆ 的电导率高 5 倍。

Lalia 等^[33] 将离子液体,3-二甲基-1-烷基咪唑磷酸二氢盐([DMRIM]H₂PO₄)与 P(VDF-HFP) 混合,所形成的胶为一种弹性膜,温度高达 225 °C 仍很稳定,可作燃料电池中的耐高温膜,它的电导率在 120 °C 时为 0.07 S/cm。

4 有机电解液

近年来有人开始研究高沸点的有机溶剂和溶解在其中的无机盐作电解液,由于有机溶剂电解液^[34]

有好的化学稳定性、宽的氧化还原电位窗、高沸点和挥发性小等优点,解决了电解液干涸的问题。但是有机溶剂电解液用于电化学传感器的报道还不多见^[35-39],Makoto等^[35]在粘度有机溶剂中加入低粘度有机溶剂明显改善了电解液的电导率。罗鹏等^[36]研究了氨气在不同电解液的电化学性能,本课题组^[37]发现氨气在碳酸丙烯酯电解液中有很好的电化学氧化性能,而且在加入低粘度的乙二醇二甲醚后,氨气的电化学氧化性能更好。

5 展 望

离子液体作为近几年蓬勃发展起来的一种新型介质和功能材料正越来越引起研究者的浓厚兴趣。目前离子液体的研究和应用已经从催化和有机合成迅速扩展到分离分析、燃料电池和生命科学等领域。离子液体用作电解液,具有溶解性好、不挥发、电导率高和电化学窗口宽等优点,解决了水溶液电解液蒸发的问题,若将其与聚合物结合起来,所得到的离子液体聚合物电解质兼具了离子液体和聚合物电解质的优点,有望在聚合物锂离子电池、太阳能电池、燃料电池等方面获得应用。因此,离子液体/聚合物电解质有良好的应用前景。并为有机溶剂用于恒电位电解型电化学气体传感器电解液的研究提供了一个新的思路。

参 考 文 献

- [1] Wallgren K, Sotiropoulos S. Oxygen Sensors Based on a New Design Concept for Amperometric Solid State Devices[J]. *Sens Actuators B*, 1999, **60**(2/3): 174-183.
- [2] CHEN Changlun, HE Jianbo, LIU Wei, *et al.* The Research Advance of Electrochemical Gas Sensors[J]. *Sens World*, 2004, **4**: 11-15 (in Chinese).
陈长伦, 何建波, 刘伟, 等. 电化学式气体传感器的研究进展[J]. 传感器世界, 2004, **4**: 11-15.
- [3] De Vooyes A C A, Mrozek M F, Koper M T M, *et al.* The Nature of Chemisorbates Formed from Ammonia on Gold and Palladium Electrodes as Discerned from Surface-enhanced Raman Spectroscopy[J]. *Electrochem Commun*, 2001, **3**(6): 293-298.
- [4] Endo K, Katayama Y, Miura T. A Rotating Disk Electrode Study on the Ammonia Oxidation[J]. *Electrochim Acta*, 2005, **50**(11): 2181-2185.
- [5] Gootzen J F E, Wonders A H, Visscher W, *et al.* A DEMS and Cyclic Voltammetry Study of NH_3 Oxidation on Platinized Platinum[J]. *Electrochim Acta*, 1998, **43**(12/13): 1851-1861.
- [6] Endo K, Katayama Y, Miura T. Pt-Ir and Pt-Cu Binary Alloys as the Electrocatalyst for Ammonia Oxidation[J]. *Electrochim Acta*, 2004, **49**(9/10): 1635-1638.
- [7] Endo K, Nakamura K, Katayama Y, *et al.* Pt-Me (Me = Ir, Ru, Ni) Binary Alloys as an Ammonia Oxidation Anode[J]. *Electrochim Acta*, 2004, **49**(15): 2503-2509.
- [8] Vidal-Iglesias F J, Solla-Gullon J, Montiel V, *et al.* Screening of Electrocatalysts for Direct Ammonia Fuel Cell: Ammonia Oxidation on PtMe (Me: Ir, Rh, Pd, Ru) and Preferentially Oriented Pt(100) Nanoparticles[J]. *J Power Sources*, 2007, **171**(2): 448-456.
- [9] De Mishima B A, Lescano D, Holgado T M, *et al.* Electrochemical Oxidation of Ammonia in Alkaline Solutions: Its Application to an Amperometric Sensor[J]. *Electrochim Acta*, 1998, **43**(3/4): 395-404.
- [10] Vidal-Iglesias F J, Solla-Gullon J. Shape-dependent Electrocatalysis: Ammonia Oxidation on Platinum Nanoparticles with Preferential(100) Surfaces[J]. *Electrochem Commun*, 2004, **6**(10): 1080-1084.
- [11] XU Jianbo, HUA Kaifeng, WANG Yujiang, *et al.* Study of Amperometric Ammonia Sensor[J]. *J Zhengzhou Inst Light Ind*, 2004, **19**(4): 39-42 (in Chinese).
徐建波, 华凯峰, 王玉江, 等. 电流型氨气传感器的研究[J]. 郑州轻工业学院学报, 2004, **19**(4): 39-42.
- [12] ZHANG Xiaoshui, GU Ruiqin, LI Zhigang, *et al.* Study on Stability of Constant Potential Electrolysis Sensor[J]. *J Ceram*, 2008, **29**(3): 286-289 (in Chinese).
张小水, 古瑞琴, 李志刚, 等. 定电位电解型电化学气体传感器稳定性研究[J]. 陶瓷学报, 2008, **29**(3): 286-289.
- [13] Jie S, Peter C H, Valentine Z, *et al.* A New Nitric Oxide Gas Sensor Based on Reticulated Vitreous Arbon/Nafion and Its Applications[J]. *Electroanalysis*, 2004, **16**(20): 1723-1729.
- [14] HAN Yiping, LUO Peng, CAI Chengxin, *et al.* Electrocatalytic Performance of Ultrafine Ir Catalyst for Oxidation of Ammonia[J]. *Chinese Acta Phys Chim Sin*, 2008, **24**(9): 1729-1732 (in Chinese).
韩益苹, 罗鹏, 蔡称心, 等. 超细 Ir 催化剂对氨氧化的电催化性能[J]. 物理化学学报, 2008, **24**(9): 1729-1732.
- [15] Alber K S, Cox J A, Kulesza P J. Solid-state Amperometric Sensors for Gas Phase Analytes: A Review of Recent Advances

- [J]. *Electroanalysis*, 1997, **9**(2): 91-101.
- [16] Ni J A, Ju H X, Chen H Y, *et al.* Amperometric Determination of Epinephrine with an Osmium Complex and Nafion Double-layer Membrane Modified Electrode[J]. *Anal Chim Acta*, 1999, **378**(1/3): 151-157.
- [17] Xie L, Lu J, Yan H. A Solid-State Ozone Sensor Based on Solid Polymer Electrolyte[J]. *Electroanalysis*, 1998, **10**(12): 842-845.
- [18] Fuller T F, Newman J. Experimental Determination of the Transport Number of Water in Nafion 117 Membrane[J]. *J Electrochem Soc*, 1992, **139**(5): 1332-1337.
- [19] Zawodzinski T A, Springer T E, Uribe F, *et al.* Characterization of Polymer Electrolytes for Fuel Cell Applications[J]. *Solid State Ionics*, 1993, **60**(1/3): 199-211.
- [20] SHAO Jing, LIU Chuangui. Development of Solid-state Gas Sensors for Monitoring Sulfur Dioxide[J]. *J Gansu Univ Technol*, 2002, **28**(1): 125-128 (in Chinese).
邵晶, 刘传贵. 全固态 SO₂ 气体传感器的研制[J]. 甘肃工业大学学报, 2002, **28**(1): 125-128.
- [21] YU Chunbo, WANG Yujiang, HUA Kaifeng, *et al.* Application of Modified Nafion Membrane to the Sulfur Dioxide Gas Electrochemical Sensor[J]. *Chinese J Anal Chem*, 2002, **30**(4): 397-400 (in Chinese).
于春波, 王玉江, 华凯峰, 等. 改性 Nafion 膜在全固态二氧化硫气体传感器中的应用[J]. 分析化学, 2002, **30**(4): 397-400.
- [22] Xiaobo Ji, Debbie S Silvester, Leigh Aldous, *et al.* Mechanistic Studies of the Electro-oxidation Pathway of Ammonia in Several Room-Temperature Ionic Liquids[J]. *J Phys Chem C*, 2007, **111**(26): 9562-9572.
- [23] Barisci J N, Wallace G G, MacFarlane D R, *et al.* Investigation of Ionic Liquids as Electrolytes for Carbon Nanotube Electrodes[J]. *Electrochem Commun*, 2004, **6**(1): 22-27.
- [24] Noda A, Watanabe M. Highly Conductive Polymer Electrolytes Prepared by *in situ* Polymerization of Vinyl Monomers in Room Temperature Molten Salts[J]. *Electrochim Acta*, 2000, **45**(8/9): 1265-1270.
- [25] Hirao M, Ito K, Ohno H. Preparation and Polymerization of New Organic Molten Salts; *N*-Alkylimidazolium Salt Derivatives [J]. *Electrochim Acta*, 2000, **45**(8/9): 1291-1294.
- [26] Satoko W, Masahiro Y, Hiromitsu N, *et al.* Highly Ion Conductive Flexible Films Composed of Network Polymers Based on Polymerizable Ionic Liquids[J]. *Polymer*, 2004, **45**(5): 1577-1582.
- [27] Ohno H. Molten Salt Type Polymer Electrolytes[J]. *Electrochim Acta*, 2001, **46**(10/11): 1407-1411.
- [28] JIANG Jing, SU Guangyao, WANG Yi. Investigation of Electrochemical Properties of Ionic Liquid-polymer Gel Electrolyte from Hydrophilic and Hydrophobic Ionic Liquids[J]. *Chinese J Power Sources*, 2006, **30**(3): 219-223 (in Chinese).
蒋晶, 苏光耀, 王毅. 凝胶型离子液体/聚合物电解质的电化学性能[J]. 电源技术, 2006, **30**(3): 219-223.
- [29] Fuller J, Breda A C, Carlin R T. Ionic Liquid-polymer Gel Electrolytes from Hydrophilic and Hydrophobic Ionic Liquids [J]. *J Electroanal Chem*, 1998, **459**(1): 29-34.
- [30] Sun J, MacFarlane D R, Forsyth M. Lithium Polyelectrolyte Ionic Liquid Systems[J]. *Solid State Ionics*, 2002, **147**(3/4): 333-339.
- [31] Sekhon S S, Krishnan P, Boor Singh, *et al.* Proton Conducting Membrane Containing Room Temperature Ionic Liquid[J]. *Electrochim Acta*, 2006, **52**(4): 1639-1644.
- [32] Yeon S H, Kim K S, Choi S, *et al.* Characterization of PVdF(HFP) Gel Electrolytes Based on 1-(2-Hydroxyethyl)-3-methyl Imidazolium Ionic Liquids[J]. *J Phys Chem B*, 2005, **109**(38): 17928-17935.
- [33] Lalia B S, Sekhon S S. Polymer Electrolytes Containing Ionic Liquids with Acidic counteranion (DMRImH₂PO₄, R = ethyl, butyl and octyl)[J]. *Chem Phys Lett*, 2006, **425**(4/6): 294-300.
- [34] Yoshizawa M, Ito-Akita K, Ohno H. Evidence of Interaction Between Anion and Polyether in the Bulk[J]. *Electrochim Acta*, 2000, **45**(10): 1617-1621.
- [35] Makoto Ue, Shoichiro Mori. Mobility and Ionic Association of Lithium Salts in a Propylene Carbonate-ethyl Methyl Carbonate Mixed Solvent[J]. *J Electrochem Soc*, 1995, **142**(8): 2577-2581.
- [36] LUO Peng, HAN Yiping, LU Tianhong, *et al.* Electrooxidation of NH₃ in Organic Solvent Containing Ionic Liquid[J]. *Chinese J Appl Chem*, 2008, **25**(11): 1372-1374 (in Chinese).
罗鹏, 韩益苹, 陆天虹, 等. 氨在含离子液体有机溶剂中的电化学氧化[J]. 应用化学, 2008, **25**(11): 1372-1374.
- [37] CHEN Chong, HAN Yiping, LI Linru, *et al.* Electrocatalytic Performance of Carbon Supported Pt Catalyst for Ammonia Oxidation in Organic Electrolyte[J]. *Chinese J Anal Chem*, 2011, **39**(2): 261-264 (in Chinese).
陈冲, 韩益苹, 李林儒, 等. 铂催化剂在有机电解液中对氨氧化的电催化性能[J]. 分析化学, 2011, **39**(2): 261-264.
- [38] Buzzeo M C, Giovannelli D, Lawrence N S, *et al.* Elucidation of the Electrochemical Oxidation Pathway of Ammonia in Dimethylformamide and the Room Temperature Ionic Liquid, 1-Ethyl-3-methylimidazolium Bis(trifluoromethylsulfonyl) imide[J]. *Electroanalysis*, 2004, **16**(11): 888-896.
- [39] Ainashef I M, Leonard M L, Matthews M A, *et al.* Superoxide Electrochemistry in an Ionic Liquid[J]. *Ind Eng Chem Res*, 2002, **41**(18): 4475-4478.

Development of Electrolytes in Current-type Electrochemical Gas Sensor

CHEN Chong^a, LI Linru^a, LU Tianhong^{a,b*}

(^a Jiangsu Key Laboratory of New Power Batteries, School of Chemistry and Environmental Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China;

^b Changchun Institute of Applied Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

Abstract The development of the electrolytes in the current-type electrochemical gas sensor is summarized. It was found that using the ionic liquid as the electrolyte has many advantages, such as non-volatilization, high conductivity, wide electrochemical window *etc*, compared to the aqueous solution. Combined ionic liquid with the polymer, the obtained ionic liquid/polymer electrolyte possesses both the advantages of the ionic liquid and polymer. Thus, it has the excellent application prospect. The investigation about using the organic solvent as the electrolyte in the current-type electrochemical gas sensor is just beginning. Moreover, it is also a promising route.

Keywords electrolyte, ionic liquid, polymer electrolyte, organic solvent, conductivity