

2000-02-28

The Study on Fabricating Thin Electrodes for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells(PEMFC)

Yong-sheng YANG

Jing-hua LIU

Chang-peng LIU

Gong-quan SUN

Chang-zhi LI

Tian-hong LU

Recommended Citation

Yong-sheng YANG, Jing-hua LIU, Chang-peng LIU, Gong-quan SUN, Chang-zhi LI, Tian-hong LU. The Study on Fabricating Thin Electrodes for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells(PEMFC)[J]. *Journal of Electrochemistry*, 2000 , 6(1): 108-111.

DOI: 10.61558/2993-074X.1373

Available at: <https://jelectrochem.xmu.edu.cn/journal/vol6/iss1/7>

This Article is brought to you for free and open access by Journal of Electrochemistry. It has been accepted for inclusion in Journal of Electrochemistry by an authorized editor of Journal of Electrochemistry.

研究简报 ·

文章编号: 1006-3471(2000)01-0108-04

聚合物电解质膜燃料电池薄电极 制备技术的研究

杨永胜, 刘晶华, 刘长鹏, 孙公权*, 李长志, 陆天虹

(中国科学院长春应用化学研究所 吉林长春 130022)

摘要: 为降低聚合物电解质膜燃料电池(PEMFC)电极中铂的载量,本文建立一种新的薄电极制备技术(TEFT),制备了表面平滑、颗粒分布均匀的低铂载量电极.结果表明当电极的铂载量为 1 mg/cm^2 ,用 Nafion 117 膜作电解质时,电池的最大功率密度达 0.30 W cm^{-2} .系统地考察了阴极中不同 PTFE 和 Nafion 含量对 PEMFC 性能的影响.

关键词: 聚合物电解质膜燃料电池,电催化剂,电极结构,薄电极制备

中国分类号: TM 991.4

文献标识码: A

聚合物电解质膜燃料电池(PEMFC)由于具有能量转换效率高、环境污染少、系统的规模可大可小、工作温度低、启动速度快等特点,其应用前景十分广阔.然而,由于金属铂的价格昂贵、资源有限^[1],PEMFC的实际应用受到了一定的限制.降低电极的铂载量、提高铂的利用率是一个亟等解决的重要课题.近年来,人们先后建立了涂膏(Pasting)法^[2]、浇铸(Casting)法^[3]、溅射(Sputtering)沉积法^[4]等制备电极和膜/电极集合体(MEA),取得了一定的成效.本文采用新的薄电极制备技术(TEFT)制备了低铂载量电极,考察了阴极中不同聚四氟乙烯(PTFE)和 Nafion 含量对 PEMFC 性能的影响.

1 实验

1.1 薄电极的制备

将一定量的 Pt/C 催化剂、PTFE 乳液和二次蒸馏水加入烧杯中,置于超声波清洗池内,使 Pt/C 催化剂与 PTFE 乳液充分混合后,用聚碳酸酯(polycarbonate)过滤膜(孔径约 $1 \mu\text{m}$)将水滤出,然后把粘性混合物均匀转移到碳纸上,在 100°C 下真空干燥.最后在 $350 \sim 360^\circ\text{C}$ 及氩气保护下热处理 2 h.

1.2 MEA 的制备

在上述制备的电极表面上填涂一定量的 Nafion 溶液,在 100°C 下真空干燥.将两片干燥

收稿日期:1999-04-27,修订日期:1999-06-16

* 通讯联系人

基金项目:国家自然科学基金资助项目

后的电极分别置于 Nafion 117 膜的两侧,在 130 °C 和 5 MPa 下热压 1.5 min 制得 MEA。

1.3 电化学测量

电化学测量采用三电极体系.将 MEA 组装成电池,氢气经 90 °C 增湿后进入阳极室,氧气经 90 °C 增湿后进入阴极室,室内气压分别控制为 0.3 和 0.5 MPa,电池工作温度为 80 °C,分别采用恒电流极化测量电池的极化曲线和电流阶跃法测量电池的 IR 降。

2 实验结果及讨论

2.1 电极制备技术的比较

图 1 分别示出,由 TEFT 和传统涂膏法制备的电极(催化层的组份均为 2.0 mg Pt/cm²、20 wt % PTFE 和 12 wt % Nafion)组装起来的电池的极化曲线.由图可见,前者在电流密度为 500 mA/cm² 时才出现明显的浓差极化,电池的最大输出功率约为 0.24 W/cm².而后者的最大输出功率密度仅为 0.10 W/cm².用 TEFT 制备电极不仅能有效控制电极催化层的厚度、使催化层更薄、降低铂载量,而且电极催化层表面平滑、颗粒分散均匀,电池工作时浓差极化小,电池性能明显提高.模型计算表明,PEMFC 电极催化层的有效厚度约为 5 μm^[5]。

2.2 催化层中 PTFE 的含量对 PEMFC 性能的影响

当阴极催化层中铂载量为 1.0 mg Pt/cm²、Nafion 含量为 20 wt % 时,不同 PTFE 含量对电池性能的影响如图 2 所示.由图可见,电极中 PTFE 的含量为 25 % 时其性能较好.可能的原因是 PTFE 在催化层中主要起疏水和粘接催化剂粒子作用,若 PTFE 的含量过高,不仅电极的传质阻力增大,而且催化剂的活性位可能被部分 PTFE 分子覆盖、导致催化活性下降.反之,若 PTFE 的含量过低,催化层的疏水

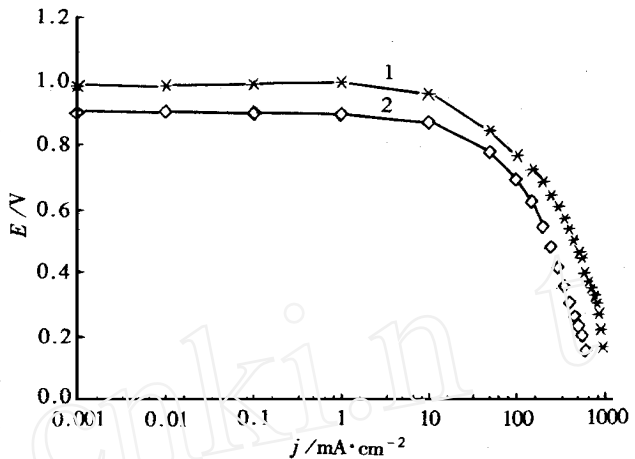


图 1 PEMFC 的极化曲线,电极制备:(1) TEFT,(2) 涂膏法
Fig. 1 Polarization curves of the PEMFC, in which electrodes were fabricated by (1) TEFT and (2) pasting method, respectively.

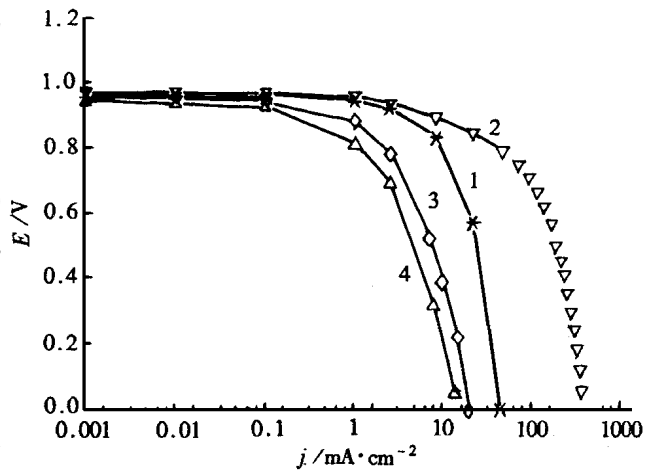


图 2 阴极中不同 PTFE 含量的 PEMFC 极化曲线
Fig. 2 Polarization curves of the PEMFC with (1) 20 wt %, (2) 25 wt %, (3) 30 wt %, (4) 40 wt % PTFE in cathodes

性能较差,水很容易滞留在催化层中,使部分催化剂的活性位被“淹死”,直接影响催化剂的催化效率和电池性能.

2.3 催化层中 Nafion 含量对 PEMFC 性能的影响

当阴极催化层中铂载量为 1.0 mg Pt/cm²、PTFE 含量为 25 wt % 时,不同含量 Nafion 对电池性能的影响如图 3 所示.结果表明,催化层中 Nafion 的含量为 20 % 时,电池的性能比较好.

催化层中 Nafion 的主要作用是增加多孔电极中催化剂与固体电解质的接触面积,提高质子电导率.催化层中 Nafion 的含量太低,不利于质子传导.但是过多的 Nafion 必将覆盖催化剂粒子表面的活性位,阻碍了反应气体分子及电子的传输,增大了电极的欧姆电阻.

此外,分别考察了电池的工作温度、反应气的压力及增湿温度等因素对电池性能的影响.结果表明电池的最佳工作条件是 $T_{cell} = 80$ 、 $P_{O_2}/P_{H_2} = 0.5/0.3$ (MPa) 和反应气的增湿温度为 90 .

值得注意的是将 MEA 于二次蒸馏水中浸泡约 3 小时后组装电池,PEMFC 的输出功率密度从 0.25 W/cm² 提高到 0.30 W/cm²,电池的电阻从 0.59 Ω /cm² 降到 0.42 Ω /cm²,如图 4 所示.可能的原因是 Nafion 膜充分吸水后其传导质子的能力有所增强,电池工作时 IR 降减小,因此提高了电池的性能.

3 结 论

与传统的涂膏法相比,用 TEFT 制备电极不仅能有效控制电极催化层的厚度、使催化层更薄、降低铂载量,而且制备的催化层表面平滑、颗粒分散均匀,电池工作时浓差极化小、性能明显提高.对于铂载量为 1 mg/cm² 的

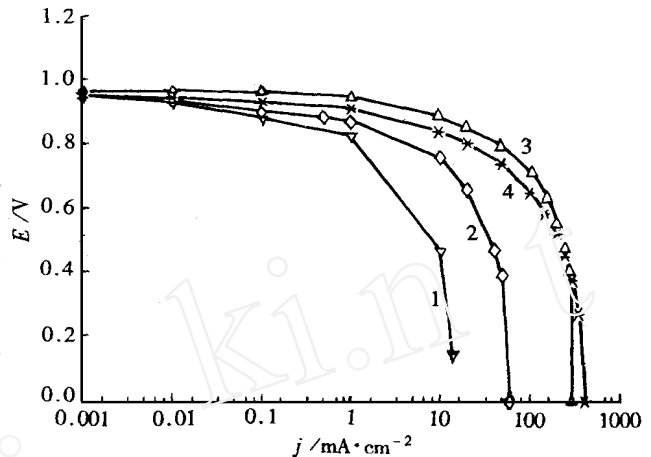


图 3 不同 Nafion 含量的 PEMFC 的极化曲线

Fig. 3 Polarization curves of the PEMFC with (1) 5 wt %, (2) 10 wt %, (3) 20 wt %, (4) 30 wt % Nafion in cathodes

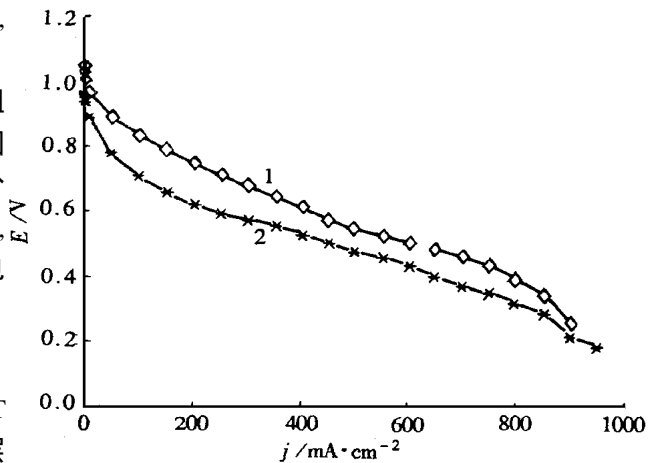


图 4 MEA 处理前后 PEMFC 的极化曲线

Fig. 4 Polarization curves of the PEMFC before (2) and after (1) treatment of MEA

阴极,当催化层中 Nafion 含量为 20%、PTFE 含量为 25%,用 Nafion 117 膜作电解质时,电池的最大输出功率密度达 0.30 W/cm^2 。

The Study on Fabricating Thin Electrodes for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells(PEMFC)

YANG Yong-sheng , LIU Jing-hua , LIU Chang-peng ,
SUN Gong-quan * , LI Chang-zhi , LU Tian-hong
(Changchun Institute of Applied Chemistry , Chinese Academy
of Sciences , Changchun 130022 , China)

Abstract : To lower platinum loading in electrodes for polymer electrolyte membrane fuel cell ,a new thin electrode fabrication technique (TEFT) was developed in this work. A series of low Pt loading electrodes with smooth and uniformed surface were fabricated by the TEFT. As a result ,the maximum power density of the cell with platinum loading of 1 mg/cm^2 and Nafion 117 membrane as electrolyte was up to 0.3 W.cm^{-2} . Moreover ,the effects of PTFE and Nafion content in cathodes on the performance of PEMFC with low Pt loading electrodes(1 mg Pt/cm^2) were examined systematically.

Key words : Polymer electrolyte membrane fuel cell , Electrocatalyst , Electrode structure , Thin electrode fabrication

References :

- [1] Passalacqua E,Lufrano F,Squadrito G,Patti A,Gorgi L. Influence of the structure in low Pt loading electrodes for polymer electrolyte fuel cells[J]. *Electrochim. Acta* ,1998 ,43 :3 655
- [2] Uchida M ,Aoyama Y,Eda N ,Ohta A. New preparation method for polymer electrolyte fuel cells[J]. *J. Electrochem. Soc.* ,1995 ,142(2) :463
- [3] Wilson M S ,Gottesfeld S. High performance catalyzed membranes of ultra-low Pt loading for polymer electrolyte fuel cells[J]. *J. Electrochem Soc.* ,1992 ,139(2) :L28
- [4] Hirano S ,Kin J ,Srinivasan S. High performance proton exchange membrane fuel cells with sputter-deposited Pt layer electrodes[J]. *Electrochimica Acta.* ,1997 ,42(10) :1 587
- [5] Jiangtao W ,Savinell R F. Simulation studies on the electrode of a $\text{H}_2\text{-O}_2$ polymer electrolyte fuel cell[J]. *Electrochimica Acta.* ,1992 ,37(15) :2 737