

2006-05-28

Electrochemical Preparation and Application of Nanomaterials

Peng LIU

Ye-xiang TONG

Qi-qin YANG

Recommended Citation

Peng LIU, Ye-xiang TONG, Qi-qin YANG. Electrochemical Preparation and Application of Nanomaterials[J]. *Journal of Electrochemistry*, 2006 , 12(2): 119-124.

DOI: 10.61558/2993-074X.1709

Available at: <https://jelectrochem.xmu.edu.cn/journal/vol12/iss2/1>

This Review 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.

纳米材料的电化学制取及应用

刘 鹏, 童叶翔, 杨绮琴*

(中山大学 化学与化学工程学院, 广东 广州 510275)

摘要: 简介近年来纳米材料的电化学制备技术, 纳米材料在电沉积、电池、电催化、传感器等领域中应用的新进展。

关键词: 纳米材料; 电化学; 电沉积; 电池; 电催化; 低温尿素熔体

中图分类号: O 646

文献标识码: A

纳米技术已在国际间形成研究开发的热潮, 纳米材料是纳米技术的重要组成部分, 日益受到世界各国的重视。电化学作为具有广泛应用背景的科学, 有望在能源、材料、生命、信息、环境以及纳米科学领域, 通过原创性的工作而发挥重要关键的作用。在今后 5~10 年内, 基于电化学原理的新型微米/纳米加工方法是我国电化学的重点发展内容之一。本文主要综述近年来电化学技术制取纳米材料及纳米材料在电化学领域中应用的新进展。

1 电化学技术是制备纳米材料的一种重要技术

1.1 电化学技术制备纳米镀层

制造纳米覆盖层的方法有气相沉积、喷涂、电镀(含电镀和化学镀)等多种。电沉积方法的优势是能够制备诸如纳米晶金属、合金及复合材料等各种纳米材料; 可常温常压操作, 避免了因高温而于材料内部引入的热应力; 可在大面积和复杂形状的零件上获得较好的外延生长层。

电沉积纳米材料主要包括直流电沉积、脉冲电沉积、以及复合共沉积等方法。直流电沉积纳米镀层往往采用较大的电流密度, 使结晶细致^[1]。对于控制沉积锌的颗粒大小和表面形态, 脉冲电沉积明显比直流电沉积更有利, 例如电沉积纳米粒度的锌膜^[2]。在二甲基亚砷溶液中也能脉冲电沉积出 CdS

和 CdSe 的纳米晶薄膜^[3]。复合共沉积纳米晶体常采用直流电, 例如电沉积纳米镍 /Al₂O₃^[4]。此外, 还有使用电刷镀、喷射镀、化学镀、电泳等方法来制取纳米镀层。

纳米材料镀层可发挥许多特殊功能, 下面列举一些实例: 纳米晶 Ag/Cu 无孔隙镀层, 抑制晶间应力腐蚀的纳米镍基合金镀层, 高硬度、耐磨、耐腐蚀的纳米 Ni 复合镀层, 光催化活性的锌基纳米 TiO₂ 复合镀层, 用于抛光刀具和微型钻头的 Co (纳米级金刚石复合镀层, 用于氧化物燃料电池的 (Ni-W)-ZrO₂ 纳米梯度镀层等等^[5]。

纳米金属多层膜具有特殊的光学、机械、力学、电磁学、耐蚀、耐磨和巨弹性模量等特殊性能。电沉积获得的金属多层膜主要是由一些磁性金属 Fe、Co、Ni 与非磁性金属 Cu、Pd、Pt 等组成, 其中研究最多最广泛的就是 Co/Cu 多层膜, 因为这类材料有巨磁阻效应。

1.2 电化学方法设计特制的纳米材料

电化学技术能改变结晶大小, 从而可改善许多纳米结构材料的性质。例如增强纳米 -Au 的硬度、纳米 -Ni/P 合金的韧性、纳米 -Ni 的软磁性、纳米结构合金的耐腐蚀性。下面举例说明电化学方法“特制的”纳米结构材料^[6]。

1) 脉冲电沉积制备纳米结构金属和合金

脉冲电沉积 (PED) 是制备纳米结构金属和合

金的一种通用方法. 此法能制造高纯度、低孔率和热稳定性高的大体积样品, 而且可以调节纳米结构(粒子大小、粒子分配、微压力), 以便得到所需的物理和化学性质, 例如可用于电子器件(如PC硬盘)的电沉积纳米结构 $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ 合金和 Fe-Ni 合金.

2) 氧化条件下电化学沉积纳米氧化物粉末

物理方法和化学方法虽可制备纳米结构的金属氧化物, 但会玷污产品. 倘如在氧化条件下的电化学沉积(EDOC), 则能制备纯净的纳米氧化物、混合氧化物和掺杂氧化物. EDOC使用含有导电盐和稳定剂的有机电解液(醇类、THF、碳酸乙烯酯), 氧化剂可用空气、空气/氧气和纯氧. 如以合金作为牺牲阳极, 则可形成混合氧化物. 此法能制备许多无定形和晶态纳米金属氧化物、混合氧化物(如 ZnO , Mn_3O_4 , CuO , Fe_2O_3 , SnO_2 , In_2O_3 , $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$, ZrO_2 , NiO , Co_3O_4 , PbO_2 , CoFe_2O_4).

3) 原位制备燃料电池膜的 Pt和 PtRu催化剂

聚合物电解质膜燃料电池和直接甲醇燃料电池需要使用催化剂 Pt或 PtRu合金. 一般, 制备催化剂层的常规方法是把含有催化剂的碳黑压在聚合物膜上, 但这样, 有相当多的催化剂没有直接接触由质子导电的电解质、含催化剂粒子的电极和燃料构成的三相界面, 应用电化学方法就能使金属催化剂沉积在三相界面区域内, 以便尽量利用催化剂.

1.3 模板电沉积纳米线阵列

电化学制备纳米线的方法主要是电沉积、电化学聚合和电化学水解. 电沉积适合在模板的纳米孔道内制备金属纳米线. 电化学聚合主要用于导电高分子纳米线的制备. 电化学水解通过还原水使阴极区呈现碱性从而促进金属盐水解, 用于制备氧化物纳米线.

1) 单一模板电沉积纳米线阵列

电化学沉积/溶解方法是制备纳米结构材料或器件的重要方法之一, 例如用聚碳酸酯(PC)过滤器模板(孔的直径为 100 nm 或 200 nm)电沉积铜纳米线^[7].

2) 双模板电沉积法制备金属纳米点阵列

简单的双模板电沉积法可制备大型绝缘或相连的二维和三维阵列. 在聚苯乙烯球电沉积聚吡咯得到 PPy/聚苯乙烯复合物, 溶解聚苯乙烯球后得到大孔 PPy; 然后把 PPy 转换为绝缘膜, 这就形成了第二模板. 在第二模板中沉积 Ni, Co, Pt或 Au,

得到 PPy/金属纳米点阵列复合物, 除去聚合物后获得金属纳米点阵列^[8]. 这种模板也适用于沉积合金、半导体或氧化物.

3) 电解法制备碳纳米管

制备碳纳米管(CNT)的方法有电弧放电、催化裂解、激光烧蚀、热解聚合物、火焰法、离子辐射、电解. 在 NaCl 熔盐中电解制备 CNT, 其质量可与 CVD法制得的媲美^[9]. 在 $\text{LiCl} + 1.0\% \text{SnCl}_2$ 熔盐中可生成 -Sn填充的 $\text{CNT}^{[10]}$, -Sn纳米线经氧化处理后可变为纳米 SnO_2 . 将熔融的 MoO_3 、 V_2O_5 、 Bi_2O_3 、 PbO 、 Se 、 Pb 、 Bi 等组装到多层 CNT中可形成纳米复合纤维.

4) 用自组装模板电沉积纳米结构膜

采用亲溶(lyotropic)液晶相或胶体结晶模板自组装模板, 制造具有纳米孔的阵列材料^[11]. 所得纳米膜可应用到能量转换和贮存、催化、传感器和分离. 以球形胶体聚苯乙烯制作的胶体结晶模板或硅模板电沉积的纳米金属膜, 对光学、磁性和超导性都有较大的影响.

1.4 在非水电解液中电沉积纳米材料

由于活泼金属难以在水溶液中电沉积出来, 以及有些盐类在水溶液中容易水解, 因此有必要在非水电解液中进行电沉积.

Zn_4Sb_3 半导体是最有前途的热电材料之一, 热电材料的纳米化能显著提高其热电转换效率. 最近已有用 DMSO 作为介质电沉积 Bi-Sb 合金^[12], 但尚未见电沉积 Zn_4Sb_3 的报道. 在 298 K下, 从 $\text{DM-SO}-(n\text{-Bu})_4\text{NBF}_4$ 体系, 电沉积纳米 Zn-Sb 合金膜. 该膜晶化后得到纳米线^[13].

近年来为了减少对环境的污染, 非挥发性的离子液体已用于取代电化学体系使用的传统有机溶剂^[14]. 在乙酰胺-尿素- NaBr-KBr (343 K)熔体中, 电沉积得到纳米 Zn-Sb 和纳米 In-Bi 合金膜^[15], 以及 Nd-Co 、 Nd-Fe 、 Sm-Co 、 Nd-Co-Fe 和 Tb-Dy-Fe 纳米非晶膜. 测定这些纳米非晶合金的磁滞回线, 获得合金的矫顽磁力、剩余磁感应强度和饱和磁感应强度等数据^[15]. 从尿素低温熔体中得到纯 Sm-Co 合金, 不含氧, 表明在电解时不发生氧化. 但从水溶液沉积得到的 Sm-Co 却包含氧, 最大含氧量达 50% (by atom ratio)^[16].

2 纳米材料的应用及有关电化学行为

2 1 电池

纳米结构材料在锂离子电池领域中,有着重要的作用^[17].作为负极材料的分别有碳纳米管、掺杂的纳米碳材料、锡基纳米材料、合金纳米材料等^[18],而正极材料则包括纳米结构的 LiCoO_2 、尖晶石 LMn_2O_4 、 LiFePO_4 ,以及钡镁锰矿型 MnO_2 纳米纤维、聚吡咯包覆尖晶石 LMn_2O_4 纳米管、聚吡咯/ V_2O_5 纳米复合材料等^[19].电化学阻抗谱表明纳米电极材料的电化学活性和扩散性质均有明显的提高^[20],导电 RuO_2 纳米粒子沉积在 V_2O_5 上能用作再充锂电池的阴极材料.

LaMg 的储氢容量比 Mg_2Ni 高得多,加入少量金属氧化物的纳米晶 $\text{LaMg}_2\text{-Ni}$ 复合物,其初始放电容量明显增加.电化学阻抗谱说明,这是因为减少了电化学反应电阻和增加比表面^[21].在纳米晶 TNi 中,用 Zr 或 Zr 与 Fe 代替 Ni ,能同时改善这些电极的放电容量和循环寿命^[22].

铁的氧化物在材料、催化、电池、地质化学等领域有重要作用.以纳米 $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 作阴极,金属锂作阳极, $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{LiPF}_6$ + 乙烯碳酸酯/二乙烷碳酸酯 (1:1, by volume) 混合物作电解液.组成的电池显示出平坦的电压平台,释放的电量也较高^[23].

LaCoO_3 基材料具有高的电子电导和离子电导,显示使人感兴趣的电、电催化、催化性质.掺镧的辉钴矿可望用作轻烃氧化的催化剂、固体氧化物燃料电池的阴极材料以及气体传感器^[24].

Gratzel 等用纳米 TiO_2 制成多孔薄膜,并覆盖上有机染料薄层作为太阳电池的光阳极,染料是高能转换效率的关键组分,因而大大提高了该太阳电池的光转换效率和使用寿命^[25].最近将电化学生成的钌 (II) 配合物应用到纳米晶 TiO_2 基的太阳电池,具有较高能量转换效率^[26].除 TiO_2 外, SnO_2 、 ZnO 、 Nb_2O_5 以及 $\text{SnO}_2/\text{TiO}_2$ 、 ZnO/SnO_2 都可用于染料敏感的太阳电池^[27].

2 2 电容器

电化学电容器 (EC) 利用电极界面的非法拉第双电层以获得强电能,已用于许多电子装置后备存储器,可望与电池或燃料电池联合应用于混合动力车辆.利用高孔率材料有效地吸收电解液,可以达到迅速充、放电目的.用循环伏安法、双阶跃计时库仑和充放电技术研究纳米 SnS 的电化学行为^[28].无定形 $\text{RuO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 是 EC 的理想电极,价格昂

贵,但可选择纳米多孔 V_2O_5 ^[29].由碳黑和无定形纳米碳粒子制得的电极用于 EC,具有较高容量^[30].

纳米尺寸的电容器能为微机电系统和纳米电子线路提供能源.以往,使用多种技术,如电子束蒸发、化学气相沉积、激光沉积技术等均未能解决电化学电容器的微型化.文献 [31] 报道了用逐层组装法在阳极氧化铝模板的纳米孔内研制成功纳米电容器,其组成为电化学聚合 PPy/电沉积 TiO_2 多孔隔膜/化学聚合 PPy.

2 3 电催化

Pt-TiO_2 复合材料电极对 O_2 还原具有电催化活性,最近应用金属有机化学气相沉积法制备了 Pt-TiO_2 复合纳米材料.在 Pt-TiO_2 覆盖的不锈钢和金电极上,研究了 $\text{Ru}(\text{NH}_3)_6^{3+/2+}$ 氧化还原电对的伏安行为,并计算活性 Pt 或非活性 TiO_2 的表面覆盖分数^[32].

沉积在碳黑基体的 PtRu 纳米粒子能催化甲醇和含氢 $/\text{CO}$ 的电氧化,但碳黑基体须预先处理使之功能化.用计时安培法评估上述催化剂催化甲醇电氧化的活性.与未经处理的碳黑催化剂相比,经 H_2O_2 处理过的碳黑,其上催化剂的比活性电流密度显著增加^[33].

于 Pt 或 PtRu 中加入 Ru 、 Sn 或 Mo 形成容忍 CO 的催化剂,例如以 $\text{PtRu}(1:1)/\text{C-PtSn}(3:1)/\text{C}$ 复合催化剂层作为质子交换膜燃料电池的阳极,即可明显改善电池的性能^[34].在 Ru 和 Au 纳米粒子上的亚单层 Pt 沉积物是一种新颖的电极催化剂,对 H_2 和 H/CO 的氧化以及 O_2 的还原的电催化活性都很高, CO 的容忍量也较高^[35].

2 4 电化学传感器和电分析

金属纳米粒子能促进纳米电子器件中的电子传递以及电化学标志电活性分子.贵金属对许多有机反应及生物化学反应具有很高的催化能力,例如酶-金胶体可用于制造 H_2O_2 、黄嘌呤和次黄嘌呤的生物传感器^[36].

n 型半导体 SnO_2 的导电性质随被检测气体的性质和组成而变,可用来检测有害气体,例如 CO .在绝缘基体上电沉积纳米 Sn 的单层膜,再氧化为碎片形的 SnO_2 膜,用 SnO_2 做成的传感器有应用前景^[37].

多壁碳纳米管能高效收集杀菌药物甲基硝基

咪唑,测定覆盖在玻碳电极上的甲基硝基咪唑还原的伏安曲线,获知其检测界限为 $1 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. 用这种电极检测硝基咪唑衍生物灵敏度明显改善,可望应用到检测医药^[38].

核壳纳米粒子是新近出现的发展新颖电分析方法的高级材料. 以 2 nm 金纳米粒子作核, 11 巯基十一烷酸膜为壳,组成纳米薄膜. Cu^{2+} 对这种薄膜有响应,峰电流与 Cu^{2+} 的浓度 ($< 1 \times 10^{-6}$) 成比例,电极电位与 Cu^{2+} 的浓度成线性关系. 用于混合金属离子体系,如 Cu^{2+} 和 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 和 Zn^{2+} 等,具有选择性^[39].

2.5 其它

孔内高表面积和高结晶度的纳米 MO_2 ($M = \text{Ti, Ce, Zr, Hf}$) 以及它们的氧化物粉末、一维纳米结构的金属氧化物可望应用到化学和能源领域,例如催化剂、太阳能电池^[40]. 大面积的 ZnO 纳米线对气体和化学制品有敏感性,能用于制作价格低的透明电子器件和 UV 光发射器件^[41]. 单晶 WO_3 的单斜 (D) 相纳米粒子能改善高级氧化钨基电着色器件的性能^[42]. TiO_2 纳米粒子与氟共聚物混合制备一系列不同粗糙度的表面,这种透明的超级水油排斥表面将会广泛应用到多种领域^[43].

在 W, Mo, Ta, Nb 基底上生长的多晶 GaN 显示强烈的 PL 发射,可用于制作光发射器件. Tm-、Tb-和 Eu 掺杂的 GaN 发射蓝、绿和红色光,制备了由掺杂稀土磷组成的 GaN 基场发射显示器^[44].

铁铝化物价格低、密度低、比强度高、耐氧化和耐高温性能好. 用动电位曲线研究纳米晶 FeAl 在硫酸介质中的腐蚀行为,纳米晶 FeAl 的腐蚀电阻参数比一般 Fe-40Al 微晶的高^[45]. 纳米结构的 $\text{C}_{15}\text{C}_2-25(\text{Ni}_{10}\text{Cr})$ 和 Ni 覆盖层与相应的普通覆盖层相比,具有较高的硬度、强度和耐腐蚀性^[46].

参考文献 (References):

- [1] Inre Bakonyi, EnikoToth-kadar, Lajos Pogany, et al Preparation and characterization of d c-plated anocrystalline nickelectrodeposits [J]. Surface Coat Technol, 1996, 78 (1~3): 124~136
- [2] Saber KH, Koch C C, Fedkiw P S Pulse current electrodeposition of nanocrystalline zine [J]. Materials Science and Engineering A, 2003, 341 (1~2): 174~181.
- [3] Mastal Y, CalD, Hodes G Nanocrystal-size control of electrodeposited nanocrystalline semiconductor films by surface capping [J]. J. Electrochemical Society, 2000, 147 (4): 1435~1439.
- [4] DENG Shu hao (邓姝皓), GONG Zhu qing (龚竹青), CHEN Wen gu (陈文汨). Research status and development of nano-material electrodeposition [J]. Electroplating & Finishing (in Chinese), 2001, 20 (4): 35~39.
- [5] Liu Peng (刘鹏), Tong Yexiang (童叶翔), Yang Qiqin (杨绮琴). The application of nano technology in surface coating [J]. Electroplating & Finishing (in Chinese), 2006, 25 (1)
- [6] Harald Natter, Rolf Hempelmann Tailormade nanomaterials designed by electrochemical methods [J]. Electrochimica Acta, 2003, 49: 51~61.
- [7] Konishi Y, Motoyama M, H Matsushima, et al Electrodeposition of Cu nanowire arrays with a template [J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2003, 559: 149~153.
- [8] Mohamed A Ghanem, Philip N Bartlett, Peter de Groot, et al A double templated electrodeposition method for the fabrication of arrays of metal nanodots [J]. Electrochemistry Communications, 2004, 6: 447~453.
- [9] Ian A Kinloch, George Z Chen, Joanne Howes, et al Electrolytic, TEM and Raman studies on the production of carbon nanotubes in molten NaCl [J]. Carbon, 2003, 41: 1127~1141.
- [10] Huang Hui (黄辉), Zhang Wenkui (张文魁), Ma Chunan (马淳安), et al Preparation of carbon nanotubes and nanowires by electrolysis in molten salts [J]. Chinese Journal of Chemical Physics (in Chinese) 2003, 16 (2): 131~134.
- [11] Philip N Barlett Electrodeposition of nanostructured films using self-organizing templates [J]. Interface of The Electrochemical Society, 2004, 13 (4): 28~33.
- [12] Marisol Martin-Gonzalez, Amy L Prieto, Meredith S Knox, et al Electrodeposition of $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ Films and 200 nm wire arrays from a Nonaqueous Solvent [J]. Chem. Mater, 2003, 15: 1676~1681.
- [13] Guo Xinai (郭新爱). [D]. Guangzhou: Zhongshan University, 2005.
- [14] Ju-Hsiou Liao, Pei-Chi Wu, Yi-Hsuan Bai Eutectic mixture of choline chloride/urea as a green solvent in synthesis of a coordination polymer [J]. Inorg Chem. Communication, 2005, 8: 390~392
- [15] Du Yuping (杜宇平). [D]. Guangzhou: Zhongshan

- University, 2005.
- [16] J Zhang, Paul Evans, Giovanni Zangari Electrodeposition of Sn-Co nanoparticles from aqueous solutions [J]. *J. Magn Magn Mater*, 2004, 283: 89 ~ 91.
- [17] Conte M, Prösini P P, Passerini S Overview of energy/hydrogen storage: state-of-the-art of the technologies and prospects for nanomaterials [J]. *Materials Science and Engineering*, 2004, B108: 2 ~ 8
- [18] Zhou Defeng (周德凤), Zhao Yanling (赵艳玲), Hao Jie (郝婕), et al Studies on nanometer anode materials for lithium ion batteries [J]. *Progress In Chemistry (in Chinese)*, 2003, 15 (6): 445 ~ 450
- [19] Zhou Yanfang (周燕芳), Zhong Hui (钟辉). Research progress in positive electrode materials for lithium ion battery [J]. *Development and Application of Materials (in Chinese)*, 2003, 15 (6): 445 ~ 450
- [20] Ye S H, Lv J Y, Gao X P, et al Synthesis and electrochemical properties of LMn_2O_4 spinel phase with nanostructure [J]. *Electrochimica Acta*, 2004, 49: 1623 ~ 1628
- [21] Wang Y, Gao X P, Lu Z W, et al Effects of metal oxides on electrochemical hydrogen storage of nanocrystalline LaMg_2Ni composites [J]. *Electrochimica Acta*, 2005, 50: 2187 ~ 2191.
- [22] Makowiecka M, Jankowska E, Okonska I, et al Effect of Zr additions on the electrode characteristics of nanocrystalline TNi-type hydrogen storage alloys [J]. *Journal of Alloys and Compounds* 2005, 388: 303 ~ 307.
- [23] Xiong Wanga, Lisheng Gao, Huagui Zheng, et al Fabrication and electrochemical properties of $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ nanoparticles [J]. *Journal of Crystal Growth*, 2004, 269: 489 ~ 492
- [24] Bergera D, Fruth V, Jitanu I J, et al Synthesis and characterisation of $\text{La}_x\text{Sr}_y\text{CoO}_3$ with large surface area [J]. *Materials Letters*, 2004, 58: 2418 ~ 2422
- [25] Wayne M Campbell, Anthony K Burrell, David L Officer, et al Porphyrins as light harvesters in the dye-sensitized TiO_2 solar cell [J]. *Coordination Chemistry Reviews*, 2004, 248: 817 ~ 833.
- [26] Nazeeruddin Md K, Klein C, Liska P, et al Synthesis of novel ruthenium sensitizers and their application in dye-sensitized solar cells [J]. *Coordination Chemistry Reviews*, 2005, 249: 1460 ~ 1467.
- [27] Cachet H, Vivier V, Toupance T Photoelectrochemical behaviour of a dye-grafted nanocrystalline SrO_2 powder [J]. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2004, 572: 249 ~ 255.
- [28] Jayalakshmi M, Mohan Rao M, Choudary B M. Identifying nano SnS as a new electrode material for electrochemical capacitors in aqueous solutions [J]. *Electrochemistry Communications*, 2004, 6: 1119 ~ 1122
- [29] Reddy Ravinder N, Ramana Reddy G Porous structured vanadium oxide electrode material for electrochemical capacitors [J]. *Journal of Power Sources* xxx (2005) xxx-xxx
- [30] Toth S, Fqle M, Veres M, et al Influence of amorphous carbon nano-clusters on the capacity of carbon black electrodes [J]. *Thin Solid Films*, 2005, 482: 207 ~ 210.
- [31] L U Ling (刘玲), ZHOU Q in (周琴), J IA Neng-qin (贾能勤), et al Fabrication of nano capacitor and its electrical properties [J]. *Electrochemistry (in Chinese)*, 2005, 11 (2), 125 ~ 128
- [32] Salvatore Daniele, Carlo Bragato, Giovanni A, et al Voltammetric characterisation of Pt-TiO_2 composite nanomaterials prepared by metal organic chemical vapour deposition (MOCVD) [J]. *Electrochimica Acta*, 2001, 46: 2961 ~ 2966
- [33] Gmez de la Fuente J L, Mart nez-Huerta M V, Rojas S, et al Enhanced methanol electrooxidation activity of PtRu nanoparticles supported on H_2O_2 -functionalized carbon black [J]. *Carbon*, 2005, 43: 3002 ~ 3005.
- [34] Lee Dokyol, Hwang Siwoo, Lee Insung A study on composite PtRu (1 1)-PtSn (3 1) anode catalyst for PEMFC [J]. *Journal of Power Sources*, 2005, 145: 147 ~ 153.
- [35] Sasaki K, Mo Y, Wang J X, et al Pt submonolayers on metal nanoparticles-novel electrocatalysts for H_2 oxidation and O_2 reduction [J]. *Electrochimica Acta*, 2003, 48: 3841 ~ 3849.
- [36] Chen Jianrong, Miao Yuqing, He Nongyu, et al Nanotechnology and biosensors [J]. *Biotechnology Advances*, 2004, 22: 505 ~ 518
- [37] Ibrahim Kante, Thierry Devers, Rachid Harba, et al Electrical behaviour of fractal nanosized tin dioxide films prepared by electrodeposition for gas sensing applications [J]. *Microelectronics Journal*, 2005, 36, 639 ~ 643.
- [38] Shaofang L, Kangbing Wu, Xueping Dang, et al Electrochemical reduction and voltammetric determination of metronidazole at a nanomaterial thin film coated glassy carbon electrode [J]. *Talanta*, 2004, 63: 653

- ~ 657.
- [39] Lisa B Israel, Nancy N Kariuki, Li Han, et al Electroactivity of Cu^{2+} at a thin film assembly of gold nanoparticles linked by 11-mercaptopundecanoic acid [J]. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2001, 517: 69 ~ 76.
- [40] Sorapong Pavasupreea, Yoshikazu Suzukia, Sommai Pivsa-Artb, et al Synthesis and characterization of nanoporous, nanorods, nanowires metal oxides [J]. *Science and Technology of Advanced Materials* 2005, 6: 224 ~ 229.
- [41] Heoa Y W, Norton D P, Tiena L C, et al ZnO nanowire growth and devices [J]. *Materials Science and Engineering*, 2004, 47: 1 ~ 47.
- [42] Mahan A H, Parilla P A, Jones KM, et al Hotwire chemical vapor deposition of crystalline tungsten oxide nanoparticles at high density [J]. *Chemical Physics Letters*, 2005, 413: 88 ~ 94.
- [43] Chien-Te Hsieha, Jin-Ming Chena, Rong-Rong Kuoa, et al Influence of surface roughness on water- and oil-repellent surfaces coated with nanoparticles [J]. *Applied Surface Science*, 2005, 240: 318 ~ 326.
- [44] Hasegawa S T, Nishida S, Yamashita T, et al Polycrystalline GaN for light emitter and field electron emitter applications [J]. *Thin Solid Films*, 2005, 487: 260 ~ 267.
- [45] Kedim O El, Paris S, Phigini C, et al Electrochemical behavior of nanocrystalline iron aluminate obtained by mechanically activated field activated pressure assisted synthesis [J]. *Materials Science and Engineering*, 2004, A369: 49 ~ 55.
- [46] He J, Lee M, Lavemia E J. Synthesis of nanostructured Cr_3C_2 -25 (Ni20Cr) coatings [J]. *Metal Mater Trans* 2000, 31A (2): 555 ~ 564.

Electrochemical Preparation and Application of Nanomaterials

LU Peng, TONG Ye-xiang, YANG Qi-qin*

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Sun Yat-Sen University,
Guangzhou 510275, Guangdong, China)

Abstract: Nano materials and nano technology receive great attention all over the world. While electrochemistry has already achieved a great application in industry and it has proved that electrochemistry will play an important role in the field, such as energy source, new materials, life sciences, information sciences, environment and nano sciences. In this paper, the recent developments of electrochemical techniques for the preparing nano materials, application of nano materials in the areas of electrodeposition, batteries, electro-catalysis, sensors are introduced in brief.

Key words: Nano materials, Electrochemistry, Electrodeposition, Batteries, Electro-catalysis, Low temperature urea melts