

现代电化学与材料科学进展

林昌健

(厦门大学材料科学系、物理化学研究所、固体表面物理化学国家重点实验室 厦门 361005)

首次国际电化学联合大会是由国际电化学会和美国电化学会共同组织,于1997年8月31日至9月5日在法国巴黎举行。会议规模空前,大获成功。给人留下最深的印象是现代电化学与材料科学的关系空前密切,它们相互交叉、渗透,相互促进、发展,形成许多前沿性和交叉性研究热点。材料是工业、农业、国防及科学技术的重要物质基础,是现代社会赖以生存和发展的基本条件之一,材料科学与工程将成为21世纪最为活跃的学科之一,材料科学的发展与突破将对世界经济和社会结构产生重大的影响。现代电化学技术已成为材料科学,特别是材料表面或界面研究不可缺少的重要方法,材料科学的发展又促进并深化了现代电化学研究的内涵,这是本届学术会议的一大趋势和特色。因会议报告论文甚巨,涉及学科领域交叉浩大,限于本人的学识,难以详尽介绍。本文仅就有关电化学材料方面作一简要介绍。旨在了解当今相关研究概况,掌握国际科技流和趋势,开扩学术视野,促进传统学科与高新科技的交叉,拓展新的学科生长点。

1 电化学科学与材料科学的交叉、发展

电化学能源的研究是本届会议的一个热点。由于当今携带式电器的迅猛发展以及汽车尾气对城市环境的威胁,近年来世界各国都投入大量的财力、物力和人力,开展对新型电池的开发及其基础问题的研究,并开始推出大量新型电池。这些新型电池归根到底是基于各种高性能的新型能源材料(正极、负极、隔膜及电解质等)研究与开发。包括改性的金属材料、复合无机材料及各种聚合物材料等等。

金属钝性及其破坏一直是腐蚀科学中比较普遍的核心课题。本次会议的主要特点是关于表面钝性的本质及其破坏过程的理论研究有了新的发展,强调了金属表面钝性与环境的关系,表面腐蚀活性的不均一性及微区化学环境对钝性局部破坏的作用。其中,由于大量新材料,特别是复合材料新体系的不断涌现,采用各种现代表面研究方法特别是一些新的或专用技术研究相关界面的稳定性、表面钝性及破坏行为的研究亦层出不穷。诸如微电化学技术以及其它各种微探针技术等。从而获得不少有关表面钝性及其破坏过程的信息,有助于深化对钝性的认识。

对表面电沉积及阳极溶解过程,本届会议除继续侧重在基础问题的研究外,特别值得注意的是传统电沉积技术及阳极溶解表面处理技术已发展成为制备各种现代功能新材料及表面超

微加工、改性、修饰的重要方法。这些新材料主要是通过共沉积或诱导沉积的方法,获得复合型功能材料,包括:高反射/高吸收,高择优取向,多晶,微晶,无定形,高催化性能,超细(纳米)材料,生物活性材料,导电聚合物,聚合物金属化,金属聚合物化,半导体,铁电材料,高密度磁记录材料等,如: Ni-Fe-Ti , Co-W , Ni-Cu , Ni-Co , Nb-Ti , Cd-Te , Bi-Te , Cd-S , BaTiO_3 , $\text{Ca}_2\text{Nd}_2\text{O}_4$, La_2CuO_4 , SrBiTaO_9 等。上述功能材料在现代高新技术中具有广泛的应用前景,因此,传统的电沉积技术及表面处理技术在材料科学中已被赋予新的生命,并将在材料科学中发挥重要的作用。

电化学技术在现代环境保护中一直扮演重要的角色。本次会议主要侧重工业废水处理、环境保护与控制中的电化学应用及其基础问题。其中主要包括无机重金属离子和有机物的电解处理。这必然涉及到电极材料的选择、制备、电催化性能及寿命等核心问题。已推出的新电极材料有: NiMo , Ni/NiO , $\text{Ni}_{59}\text{Nb}_{40}\text{Pt}_{1-x}\text{Sn}_x$, $\text{Ti/IrO}_2/\text{Sb/SnO}_2$, Ni-Fe , SnO_2/Ti 以及聚合物修饰电极等。

化学和生物传感器在现代电分析方法中是最热门的一个研究领域,并已取得很大进展,其关键仍然是传感器材料问题。本次会议的另一个重要特点及趋向是:大量新型复合材料的推出,并用于制备各式各样的化学和生物传感器:如 ZrO_2 , Pt/WO_3 , $\text{SnO}_2/\text{MnO}_2$, CuFeO_4 (纳米), $\text{SrFeO}_{2.5}$, PVD/CVD 膜材料,化学场效应管,化学修饰电极(自组装膜和 L-B 膜)等。此外各种高新技术诸如微机械、微印刷术乃至光声法、晶振法、表面光声波法(SAW)、压电法、磁声法和电化学发光法等等也在加工制作超微传感器或微阵列传感器,以及现代电分析研究中得到应用。

光电化学主要研究具有半导体特性的电极材料的表面光电化学及其相关的物理化学过程。本届会议对光电化学比较重视。会议报告除了对传统的半导体电极材料如: Si , GaAs , TiO_2 , NiO , ZnO 等有深入的研究外,还侧重讨论许多其它半导体材料的光电化学过程,如 InP , WO_3/WS_2 , CdX (X-S , Se), CuInSe_2 , GaAsInP , RnS_2 等。此外对多孔硅的电化学研究也有新的进展。

生物电化学、有机电化学反应及导电聚合物这一分主题侧重讨论生物体系的电化学反应。其中涉及到不少可应用于生物体系的电催化材料、微传感器材料、修饰电极材料及生物活性材料等。如过渡金属络合物、DNA 电极、酶电极、维生素等。此外还推出大量形式新颖的电话性导电聚合物,可望应用于生命科学、能源、信息科学及其它领域。在这一分主题中还发展了大量的电化学新技术用于生物/生命过程的研究。

2 各种新型功能材料的研究、开发

以上主要强调现代电化学与材料科学交叉、依赖、促进和发展的趋势。下面若干主题则更侧重于现代材料科学。这些新材料有的可采用电化学方法制备优化,有的具有特殊的电化学性能,有的则与电化学基本无关,主要属于表面固态物理化学的范畴。它们在当今飞速发展的信息科学中是非常热门的课题,也是半导体工业的基础和未来。

自从富勒烯(C_{60} , C_{70} , $\text{C}_{76}/\text{C}_{78}$, C_{84})材料及其特殊的电化学特性被发现以来,已引起了世界性的兴趣,至今相关的研究仍方兴未艾。富勒烯材料已有的研究主要在于合成与表征,尚未发现其功用,只是预测其潜在的应用可能。本次会议有 138 篇相关论文在会上报告,可以

看出富勒烯材料的研究已进入新的层次, 发展了多种新的合成方法, 推出各种各样的富勒烯衍生物, 并开始拓展其可能的应用领域, 如在生物、医药、催化等方面的应用。这主要依赖于富勒烯材料的光物理、光导、发光、氧化/还原性、离子存贮等特性。此外, 还发展了多种新的富勒烯复合材料, 如 C_{60}/Si , $C_{60}/$ 导电聚合物, 单层富勒烯膜及自组装富勒烯膜等。

第六届国际发光材料会议是作为 1997' 国际电化学联合大会的一个分主题, 共有 56 篇论文报告。发光材料的核心显然是材料的问题。本届会议提出的发光材料有: 多孔硅、富勒烯、纳米晶 $RbCl$, LiF , MgS , $KMgF_3$, $Ca_{0.8}In_{0.2}As$, $LaOBi$, $LuBO_3$, $Lu_4Al_2O_9$, Gd_2O_3Si , $ZnCa_2O_4$, $K_3Bi_{1-x}Pr_x(MnO_4)_4$ 等。总的研究重点在于继续寻找、制备具有更加高效的新型发光材料。

薄膜材料是当今材料科学中的一个研究热点, 主要包括薄膜材料的制备技术、可靠性、应用及其基础的研究。其中涉及到大量电化学技术和表面高新技术。如用各种表面刻蚀技术、沉积技术、溅射技术(等离子诱导)制备各种无机、有机聚合物、复合、多层、纳米、外延等薄膜材料。薄膜的可靠性是人们相当关注的问题。大量的研究已集中到薄膜材料界面层物理化学特性的表征、改性及稳定性的研究。这些薄膜材料主要在电子工业(半导体器件)、空间宇航、微传感器及其它高新技术有相当的应用前景。

人造金刚石已经发展多年。金刚石材料主要作为高化学稳定性、超硬材料用于机械、装饰及其它领域。新近研究表明: 基于金刚石沉积技术、成长条件、掺杂状态及改性处理的不同, 金刚石薄膜可具有绝缘体、半导体、导体等不同的性质, 从而展示了金刚石薄膜的广阔应用前景。已有的研究表明除传统的应用领域外, 金刚石薄膜可在以下诸方面获得应用: 新型的电极材料(DLC), 微电化学传感器, 光敏器件, 半导体器件, MEMS, 平板显示器, 极端环境的应用及核反应器和核辐射检测器等, 从而更引起极大的兴趣和更广泛的研究。

化合物导体是新一代的光电材料, 其特点是具有更快的传输速度和平行传输能力, 它是基于国际联网、多媒体及无线通讯需求而发展起来的。硅/绝缘体器件也是一种新型的半导体器件, 具有高隔离/集成度, 低的寄生电容等特点, 在半导体工业中具有重要的作用。此外, 半导体器件污染、缺陷的检测、清洗及控制在半导体工业中占有首要的地位。其中涉及到大量的半导体物理、半导体化学及表面固态高新技术, 目前与电化学的关系还较少。

离子及混合导电陶瓷材料是一类具有重要特殊用途的新型功能材料。这些材料包括: $Ba_3(PO_4)_2$, $Sr_2(M_{1.1}Nb_{0.9})O_6$, $Li(BM)_{1/6}Mn_{1/6}O_4$, $La_{0.7}Sr_{0.3}CoMn_{1-2}O_{3\pm1}$, $CeO_2-Gd_2O_3$, $NaxCoO_2$, $Li-Si-Ge-As-S-O$, $NiO-YSZ$, $GaWO_4 \cdot WO_3$, $CaMnO_3$ 等一大类, 它们可在二次电池、固态氧化物燃料电池、特殊环境下的防腐蚀、气体传感器等领域发挥重要的作用。本届会议对导电陶瓷材料的合成制备、改性、性能表征及应用等有大量的报导。

化学气相沉积(CVD)技术是现代薄膜材料最重要的一种制备方法。本届会议(共 241 篇论文)表明这种方法在理论和技术上都有很大的进展, 已被采用的各种新的化学气相沉积技术有: PCVD (Plasma), LCVD (Laser), PLCD (Plasma/Laser), MOCVD (Metal-Organic), PE-MOCVD (Plasma Enhanced), APCVD (Atmospheric Pressure), LPRTCVD (Low Pressure Rapid Thermal), PRCVD (Program Rate), CRCVD (Constant Rate) 等, 并由此制备了大量新型的、特殊功能的、高级的薄膜材料。这些薄膜材料有的可成为新型的电极材料, 有趣的是, 电化学方法也可能实现电化学气体沉积(ECPVD)制备薄膜材料。

本人有幸获得国家自然科学基金委员会的资助参加本届盛会, 并报告两篇论文: 1) 不锈钢点蚀发生过程的电化学显微图像研究; 2) 生物活性材料电化学沉积的机理, 受到与会者的兴趣和关注, 特此表示诚挚谢意

Progress in Intersection of Modern Electrochemistry and Materials Science

L in Changjian

*(Dept. of Materials Sci., Ins. Phys. Chem., State Key Lab of Phys. Chem. of
the Solid Surf., Xiamen Univ., Xiamen 361005)*

Abstract A brief introduction to the Joint Conference of Electrochemistry of the 48th Annual Meeting of International Society of Electrochemistry and the 192nd Electrochemistry Society was presented. The progress in intersection of modern electrochemistry and materials science was emphasized in the review.

Key words International meeting, Electrochemistry, Materials, Review

References

- 1 The Electrochemical Society, Inc. and International Society of Electrochemistry, Meeting Abstracts of 1997 Joint International Electrochemistry, Vol 97-2, Paris, 1997