



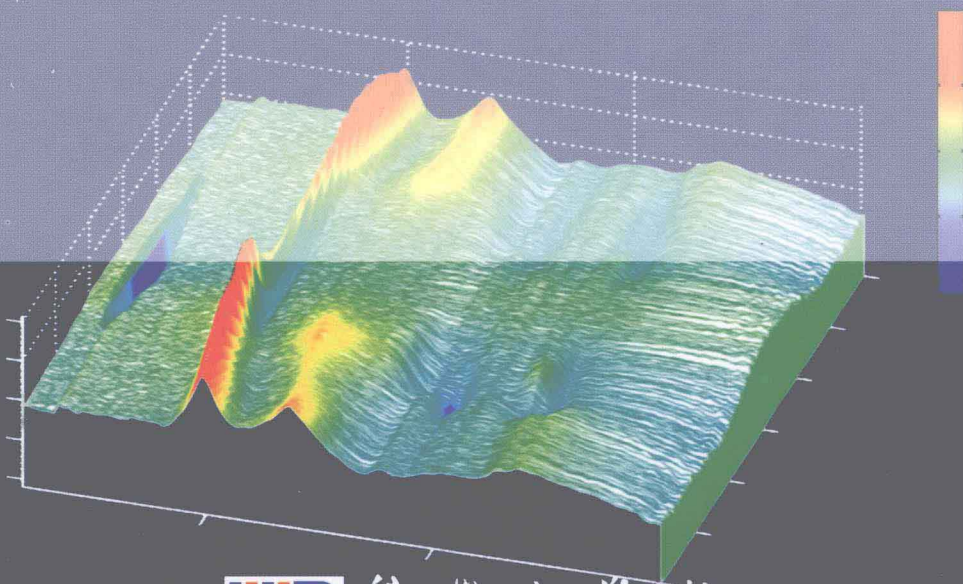
科 爱 传 播
KEPA COMMUNICATIONS
化学化工

In-situ Spectroscopic Studies of Adsorption
at the Electrode and Electrocatalysis

电化学吸附和电催化的原位光谱研究

· 导读版 ·

Shi-Gang Sun, Paul Andrew Christensen, Andrzej Wieckowski



原版引进



科学出版社

www.sciencep.com

**In-situ Spectroscopic Studies of Adsorption at the
Electrode and Electrocatalysis**

**电化学吸附和电催化的
原位光谱研究**

Shi-Gang Sun
Paul Andrew Christensen
Andrzej Wieckowski

科 学 出 版 社
北 京

图字:01-2008-3366 号

This is an annotated version of

In-situ Spectroscopic Studies of Adsorption at the Electrode and Electrocatalysis

Shi-Gang Sun, Paul Andrew Christensen, Andrzej Wieckowski

Copyright (c) 2007 Elsevier Inc.

ISBN-13: 978-0-444-51870-5

ISBN-10: 0-444-51870-3

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

AUTHORIZED EDITION FOR SALE IN P. R. CHINA ONLY

本版本只限于在中华人民共和国境内销售

图书在版编目(CIP)数据

电化学吸附和电催化的原位光谱研究 = In-situ Spectroscopic Studies of Adsorption at the Electrode and Electrocatalysis; 英文/孙世刚, (英)克斯狄森(Christensen, P. A.), (美)魏茨科夫斯基(Wieckowski, A.)编著. —影印本. —北京: 科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-022415-6

I. 电… II. ①孙…②克…③魏… III. ①电化学-化学吸附-原位-光谱-研究-英文②电催化-原位-光谱-研究-英文 IV. 0646 0643.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 097065 号

责任编辑: 邹 凯 霍志国/责任印制: 钱玉芬/封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



2008年7月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2008年7月第一次印刷 印张: 35 1/4

印数: 1—1 500 字数: 836 000

定价: 120.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈科印〉)

导 读

电吸附和电催化是电化学科学的核心内容。前者涉及固/液界面电场作用下反应分子吸附过程的热力学和动力学,后者涵盖反应分子的催化反应(氧化、还原)及其与电极表面的相互作用,特别是研究电极表面结构(化学结构、电子结构和原子排列结构)与反应性能之间的内在联系和规律。电吸附和电催化既是电化学、表面科学、异相催化、材料科学等学科交叉研究的基础理论前沿课题,亦是重大应用领域中的关键,包括能源转换(燃料电池、超级电容器、高性能化学电池、氢能)、物质转化(电有机合成、纳米材料和功能材料制备)、环境保护(水处理、传感器、降解有机废料、臭氧产生)、工业过程(氯碱工业,金属加工、成形,精饰),以及高新技术(如超大规模集成电路芯片中金属布线和表面加工,生物芯片、传感器、高效电化学分离技术)。

20 世纪 60 年代之前,对固/液界面的研究主要以电信号(电势、电流)作为激励和检测手段,获得电极/电解质溶液界面和电极表面的各种平均信息,进而从宏观层次对各种电化学过程进行唯像研究。引入各种谱学方法研究电化学过程不仅可在微观层次揭示电极表面过程,而且可在分子水平深入认识电化学反应机理,从而发展电化学及其相关学科的基础理论,推进其在重大领域中的应用。但是,由于固/液界面溶剂分子的干扰、电磁辐射在固体材料电极表面反射时导致能量损失等因素,使得以原位(in-situ)光谱和非原位(ex-situ)电子能谱为核心内容的谱学电化学的建立过程进展缓慢。1966 年, J. Feinleib 首次观察到金和银电极表面的电反射效应,奠定了电化学原位紫外可见反射光谱(UV/vis)的基础;1974 年, M. Fleischman 等检测到经电化学粗糙的银电极表面的增强拉曼散射信号,开创了表面增强拉曼散射(SERS)的崭新领域;1980 年, A. Bewick 等人成功地建立电化学原位红外光谱技术,推进了固/液界面电化学过程在分子水平层次的研究。近 20 多年来,各种现代科学技术的飞速发展极大地缩短了将各种新的谱学技术应用于固/液界面电化学过程研究的周期,如扫描探针显微镜(SPM)、非线性光谱(SHG、SFG)发展,利用同步辐射光源的表面 X 光谱(EXAFS、EXNES、SXS)和远红外光谱(Far-IR)等。与各种原位谱学方法的建立同步,在微观层次和分子水平研究电吸附和电催化过程也取得了丰硕的成果,这不仅极大地丰富了学科的基础理论,而且推进和发展了相关的重要应用。

虽然在谱学电化学发展的不同时期有相关进展的综述文章发表,但至今尚无关于电吸附和电催化原位光谱系统研究的专著出版。厦门大学林仲华教授等曾编著并由科学出版社于 1990 年出版了《电化学中的光学方法》一书,该书侧重介绍电化学原位激光拉曼光谱、红外反射光谱、紫外可见反射光谱、椭圆偏振光谱和光声光谱等方法的技术原理,主要综述了谱学电化学发展初期的文献和研究进展。我们要真诚感谢 Elsevier 公司于 2007 年 2 月出版的“*In-situ Spectroscopic Studies of Adsorption at the Electrode and Electrocatalysis*”,这是一部关于电吸附和电催化原位光谱研究最新进展和前沿研究的专著。

本书的 3 位主编 (Shi-Gang Sun 博士、Paul Andrew Christensen 博士和 Andrzej

Wieckowski 博士)都是长期从事电化学、电催化和光谱电化学研究的著名学者。20 世纪 80 年代初, Shi-Gang Sun (孙世刚)还在巴黎居里大学攻读法国国家博士学位期间,就曾到英国 Southampton 大学师从电化学原位红外光谱的创始人 A. Bewick 博士,学习并运用电化学原位红外光谱研究电催化过程。回国后在厦门大学建立电化学原位傅里叶变换红外(FTIR)反射光谱,着力提高其时间分辨率、空间分辨率、检测灵敏度并系统开展电催化过程的研究,他是迄今当选国际电化学会会士(ISE Fellow)的第一位中国学者。Paul Andrew Christensen 博士是英国 Newcastle 大学化学系纯粹与应用电化学讲座教授,长期从事电化学原位红外光谱、电催化和燃料电池研究。Andrzej Wieckowski 博士是美国 Illinois 大学 urbana-champaign 分校化学系教授,担任国际电化学会会刊(*Electrochimica Acta*)北美地区主编,在国际上首先建立了电化学原位核磁共振谱。通过他们组织了中国、美国、英国、德国、法国、西班牙、日本和巴西等国家在光谱、电化学和表面科学领域最活跃的 38 位科学家撰写了《电化学吸附和电催化的原位光谱研究》一书。

本书包含有关各种电化学原位谱学方法的基础知识,汇集了最近几年电吸附和电催化原位谱学研究的最新成果,精选了近 300 幅研究结果的图片,提供了大量而系统的相关参考文献。《电化学吸附和电催化的原位光谱研究》是一本内容全面系统、精炼严谨的科技专著,全书结构合理、图文并茂、文字流畅、装潢精美,是代表当今相关科学研究前沿的科技图书。

本书共分为 15 章,包含以下内容:

(1) 电化学原位红外光谱及其研究(第 1~8 章)。电化学原位红外反射光谱可以在金属材料(包括单晶)、碳材料、膜材料等固体电极表面获得,因此在电吸附和电催化研究中得到了最为广泛深入的应用,也构成了本书的主要内容。该部分对外反射、全反射和透射研究中的仪器方法,显微红外光谱、快速时间分辨光谱的原理,表面增强红外吸收、异常红外效应等进行了详细介绍;综述了结构明确的金属电极表面吸附过程、有机小分子氧化过程、燃料电池纳米材料电极过程、电催化反应动态过程和反应动力学等最新研究进展。特别是发展红外光谱技术研究运行中的燃料电池,对于拓展电化学原位红外光谱的应用及在实际工作条件下研究电化学体系给出了一个很好的范例。

(2) 电化学原位红外—可见光和频发生谱(IR-Visible Sum Frequency Generation)(第 9 章)。和频发生谱(SFG)与同时产生的二次谐波发射(SHG: Second Harmonic Generation)都涉及两相界面的二级非线性过程,给出吸附物种的振动谱学信息。本章对界面 SFG 的基本概念和原理,实验设备和原位电解池设计进行了详细叙述,同时精选了一些最新研究实例展示这一研究方法的特色,包括电化学吸附过程的红外—可见光波段的振动光谱性质、界面反应动态过程的时间分辨表征和电极表面电子结构探测等。

(3) 电化学原位拉曼光谱(第 10 章)。拉曼光谱与红外光谱都属于分子振动光谱,有互补的选律。早期的表面拉曼光谱都是借助入射激光在粗糙的过渡金属(金、银、铜)表面上发生增强散射而获得,而且相关研究长期局限于过渡金属电极的研究。本章不仅对表面增强拉曼散射(SERS)的原理、电化学 SERS 实验技术进行了介绍,而且详细综述了制备具有 SERS 活性的纳米结构过渡金属电极的方法,并以吡啶吸附的电化学过程为例论述了过渡金属电极 SERS 研究的前景。

(4) 电化学原位 X 光吸收谱(第 11~12 章)。电吸附和电催化都是研究电极表面过

程,但 X 光的穿透能力很强,需要采取掠角反射的方式才能获得表面原子排列结构层次的信息。一般的 X 光谱仪器不能提供足够能量的 X 光源用于掠角反射,因此当今的电化学原位 X 光吸收谱的研究都是在同步辐射中心(Synchrotron center)利用回旋电子加速器产生的 X 射线完成。该部分阐述 X 光散射过程及其理论基础,并对常用的 3 种电化学原位 X 光吸收谱,即表面 X 光散射(Surface X-ray scattering, SXS)、扩展 X 射线吸收光谱(Extended X-ray absorption spectroscopy, EXAFS)和 X 射线吸收近边光谱(X-ray absorption near-edge spectroscopy, XANES)的原理和实验方法进行了介绍,并结合金属单晶电极表面吸附过程的结构变化、纳米粒子电催化剂的表面结构及其性能研究,综述了运用原位 X 光吸收谱研究电化学吸附和电催化的最新进展。

(5) 电化学原位磁共振谱(第 13~14 章)。根据研究的物质具有一个或多个未配对电子,或具有奇数的质子或中子,磁共振分为顺磁共振(Electron spin resonance, ESR)和核磁共振(Nuclear magnetic resonance, NMR)。本书分别对顺磁共振谱和核磁共振谱的理论基础、电化学原位磁共振谱的原理和原位电解池的设计进行了阐述,并综述了运用电化学原位顺磁共振谱和核磁共振谱研究电极表面自由基吸附,导电高聚物极化子形成,碳电极的锂离子嵌入,铂电极上 CO 吸附和成键,以及铂钌纳米粒子电催化剂的电子结构效应等的结果。

(6) 电化学原位扫描隧道显微镜和质谱(第 15 章)。本章侧重运用扫描隧道显微镜(STM)和电化学微分质谱(Differential electrochemical mass spectroscopy, DEMS)研究金属单晶阶梯晶面和有序结构二元金属电极上的电吸附和电催化过程。结合氢析出、氧还原和有机分子氧化等重要的能源电化学反应,系统地综述了用异种原子亚单层修饰不同阶梯晶面时的表面结构和电催化性能,特别是台阶位的催化特性。

本书的主要特色在以下几个方面:

(1) 前沿性。本书各章分别由活跃在科学研究前沿、国际知名的中青年科学家负责完成。他们围绕原位光谱研究的各个方面、结合各自的最新研究成果和进展撰写而成,代表了当今电吸附和电催化原位谱学研究的最高水平和发展趋势。

(2) 基础性。全书各章均对相关谱学方法的基础和理论,电化学原位谱学的原理和实验技术(包括原位电解池设计)进行了较为详尽的介绍和阐述。不仅对于初学者是很好的入门,而且对于活跃在第一线的科技工作者也极具参考价值。

(3) 综合性。该书的研究内容涉及电化学、电催化、光谱学、表面科学、纳米材料、能源转换等众多学科,因此对于不同学科及其学科交叉的研究前沿也提供了内涵丰富的参考。

(4) 引领性。该书对当今主流的电化学原位谱学技术及其应用进行了很好的阐述。但一些先进的谱学技术,如 SFG、SHG、Synchrotron-SAS、Synchrotron-EXAFS、Synchrotron-XNEAS、NMR、DEMS 等,在我国尚未能应用于电化学原位研究,其中部分原位谱学技术在国际上也尚属起步阶段。因此,本书对于我国在电化学及其相关领域的发展亦具有重要的指导价值。

过去 20 年的时间里,电化学经历了一场深刻的变革,这得益于原位光谱的建立和表面科学成像技术的推动,电化学研究已经从宏观和唯像进入到微观和分子水平。当今,信息技术(IT)、能源技术(ET)、生物技术(BT)和纳米技术(NT)构成了现代高新技术的主要内容,并正在解决人类面临的能源、环境、资源等社会持续发展的重大问题。如前所述,

电化学作为一门兼具基础和应用的学科,与现代高新技术密切关联。随着我国科技事业的发展,电化学研究队伍的规模日益壮大,研究领域将不断扩大,研究内容亦将不断深化,解决科学和实际应用问题的能力亦势必不断提升。可以预期,在国家中长期科学和技术发展规划纲要指引下,我国的科技实力必将得到跨越式的飞跃,一些大的科学工程和计划(如第三代同步辐射中心、能源、新材料、纳米重大计划等)的实施必将涉及越来越多的电化学体系,同时推动建立新的电化学原位谱学研究方法,从而促进电吸附和电催化研究的发展和应用。

本书不仅介绍了相关谱学的基础知识和所涉及研究工作的背景,阐述了各种电化学原位谱学的方法原理和实验技术,而且涉及能源、材料等领域基础和应用的的前沿研究。因此,本书导读版的发行,对我国高等院校相关专业的师生和研究机构的科技人员,都是一本具有基础性、前沿性和权威性的参考书,并将推动在相关领域的人才培养和科学研究水平能力的提高。

孙世刚

固体表面物理化学国家重点实验室,
化学化工学院化学系,厦门大学

前 言

电催化是许多高新技术和工业过程的核心,包括能源转换(燃料电池、高性能化学电池、超级电容器)、绿色合成(有机和无机化合物的电合成)、纳米材料(纳米结构和纳米制备)、生物技术(生物芯片、传感器)、微系统和电子学(MEMS、超大规模集成电路)等。

过去 20 年的时间里,电化学经历了一场深刻的变革:从用理想的“Jellium”金属模型诠释电极,即将电极简单地作为电子库或电子源,到从动态、原子尺度上认识电极,即从参与电极的全过程来认识电极的功能。这一变革源于且得到原位光谱和电化学表面科学成像技术的推动。在众多的原位光谱中,最常用到的包括红外光谱(IR)、紫外可见反射光谱(UV/vis)、拉曼光谱(Raman)、质谱(电化学微分质谱(DEMS)、电化学石英晶体微天平(EQCM))、电子顺磁共振谱和核磁共振谱。此外,非线性光学光谱(合频发生(SFG)、二次谐波发射(SHG))和 X 射线光谱(EXAFS、XANES、SXS)也经常见到。进一步联用原位光谱技术与扫描探针显微镜(STM)或原子力显微镜(AFM)可获得新的、令人激动的和至关重要的信息,从而在分子水平和原子尺度认识电极表面和临近表面的反应过程。

本书分 15 章,涵盖了运用于研究电吸附和电催化的各种原位光谱。它们是:红外光谱(第 1~8 章)、合频发生谱(第 9 章)、拉曼光谱(第 10 章)、X 射线光谱(第 11~12 章)、电子顺磁共振谱(第 13 章)、电子核磁共振谱(第 14 章)、扫描探针显微镜和质谱(第 15 章)。这些章节都由来自世界各国的知名科学家撰写,其专业性十分广泛,既有光谱的新应用,又包括电催化、表面科学、能源转化、材料科学以及生物科学等的相关研究,尤为重要的是充分反映了各位作者关于电极/电解质界面的机理和结构的最新研究进展。

本书丰富的内涵和宽广的知识面使其成为一本理想的参考书和工具书,不仅适用于初学者,而且也活跃在第一线的科学家和工程师提供帮助。最后但不是最少,本书还有助于发展基础理论和应用的创新思维,并有助于发展原位表面分析的新方法,以面对电化学和电催化未来的挑战。

孙世刚 教授,中国
P. A. 克斯狄森 教授,英国
A. 魏茨科夫斯基 教授,美国

(孙世刚 译)

Preface

Electrocatalysis is at the heart of many important high technological and industrial processes including: energy conversion (fuel cells, batteries, and supercapacitors), green synthesis (electrosynthesis of both organic and inorganic compounds), nanomaterials (nanostructuring and nanofabrication), biotechnology (biochips and sensors), micro-systems and electronics (MEMS and interconnects in integrate circuits).

Over the last 20 years electrochemistry has undergone a shift in perception of the electrode as a “Jellium”, which simply acts as an electron sink or source, to the dynamic, atomically discrete electrode, which participates fully in electrode processes. This shift was predominantly enabled and certainly facilitated by the development of in situ spectroscopic and imaging methodologies in electrochemical surface science. From many, those that have been used most frequently are infrared spectroscopy (IR), ultra-violet/visible reflection spectroscopy (UV/vis), Raman spectroscopy (Raman), mass spectroscopy (differential electrochemical mass spectroscopy (DEMS), the electrochemical quartz crystal microbalance (EQCM)), electron spin resonance (ESR) and nuclear magnetic resonance (NMR). In addition, nonlinear optical spectroscopies (sum frequency generation (SFG), second harmonic generation (SHG)) and x-ray spectroscopies (EXAFS, XANES, and SXS) have also been employed. Furthermore, the combination of in situ spectroscopic techniques with scanning probe methods such as scanning tunneling microscopy (STM) and/or atomic force microscopy (AFM) has provided novel, exciting, and crucial insights into the processes at and near the electrode surface on the molecular and atomic levels.

This book comprises 15 chapters covering different in situ spectroscopic techniques employed in studies of adsorption at the electrode and electrocatalysis, such as infrared spectroscopy (Chapters 1–8), sum frequency generation (Chapter 9), Raman spectroscopy (Chapter 10), x-ray spectroscopy (Chapters 11 and 12), electron spin resonance (Chapter 13), nuclear magnetic resonance (Chapter 14), and scanning tunneling microscopy together with mass spectroscopy (Chapter 15). The chapters of the book were contributed by prominent scholars worldwide and are aimed at a wide range of professionals interested in new applications of spectroscopy, electrocatalysis, electrochemistry, surface science, energy conversion, materials science, and bioscience. The state-of-the-art presentations are based on each contributor's recent work on mechanism and structure of the electrode/electrolyte interface.

The breadth of the present book makes it ideal for instructing newcomers as well as for aiding established scientists and engineers in the field of

Preface

electrochemistry and electrocatalysis. Last but not least, the volume should help to develop new ideas: basic and applied, and to develop new in situ surface analytical methodologies to respond to challenges of electrochemistry and electrocatalysis in the future.

Shi-Gang Sun
Paul Andrew Christensen
Andrzej Wieckowski

List of Contributors

- H. Baltruschat, *Institute of Physical and Theoretical Chemistry, University of Bonn, Roemerstr. 164, D-53117 Bonn, Germany*
- A. Berná, *Departamento de Química Física and Instituto de Electroquímica, Universidad de Alicante, Apartado 99, Alicante, E-03080, Spain*
- R. Buřar, *Institute of Physical and Theoretical Chemistry, University of Bonn, Roemerstr. 164, D-53117 Bonn, Germany*
- G.A. Camara, *Departamento de Química, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, P.O. Box 549, 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil*
- K.-C. Chang, *Materials Science Division, Argonne National Laboratory, 9700 S. Cass Avenue Argonne, IL 60439, USA*
- P.A. Christensen, *School of Chemical Engineering and Advanced Materials, Bedson Building, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne NE1 7RU, UK*
- S. Ernst, *Institute of Physical and Theoretical Chemistry, University of Bonn, Roemerstr. 164, D-53117 Bonn, Germany*
- J.M. Feliu, *Departamento de Química Física and Instituto de Electroquímica, Universidad de Alicante, Apartado 99, Alicante, E-03080, Spain*
- F. Hahn, *Laboratory of Catalysis in Organic Chemistry LACCO, Electrocatalysis Group, UMR 6503 CNRS-University of Poitiers, 40, avenue du recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex, France*
- A. Hamnett, *The University of Strathclyde, McCance Building, John Anderson Campus, Glasgow G1 1XQ, UK*
- F. Hernandez, *Institute of Physical and Theoretical Chemistry, University of Bonn, Roemerstr. 164, D-53117 Bonn, Germany*
- J. Inukai, *Department of Chemistry, University of Illinois, 600 South Mathews Avenue, Urbana, IL, USA*
- T. Iwasita, *Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, P.O. Box 780, 13560-970 São Carlos, SP, Brazil*
- J.-M. Jin, *School of Chemical Engineering and Advanced Materials, Bedson Building, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne NE1 7RU, UK*
- V. Komanicky, *Materials Science Division, Argonne National Laboratory, 9700 S. Cass Avenue Argonne, IL 60439, USA*

List of Contributors

- C. Korzeniewski, *Department of Chemistry and Biochemistry, Texas Tech University, Lubbock, TX 79409-1061, USA*
- J.-M. Léger, *Laboratory of Catalysis in Organic Chemistry LACCO, Electrocatalysis Group, UMR 6503 CNRS-University of Poitiers, 40, avenue du recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex, France*
- W.-F. Lin, *School of Chemical Engineering and Advanced Materials, Bedson Building, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne NE1 7RU, UK*
- J. Lu, *Department of Chemistry, Wuhan University, Wuhan 430072, China*
- C.A. Lucas, *Oliver Lodge Laboratory, Department of Physics, University of Liverpool, Liverpool, L69 7ZE, UK*
- N.M. Markovic, *Materials Science Division, Argonne National Laboratory, Argonne, IL 60439, USA*
- A. Menzel, *Materials Science Division, Argonne National Laboratory, 9700 S. Cass Avenue Argonne, IL 60439, USA*
- M. Osawa, *Catalysis Research Center, Hokkaido University, Sapporo 001-0021, Japan*
- B. Ren, *State Key Laboratory of Physical Chemistry of Solid Surfaces and Department of Chemistry, College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China*
- A. Rodas, *Departamento de Química Física and Instituto de Electroquímica, Universidad de Alicante, Apartado 99, Alicante, E-03080, Spain*
- E.S. Smotkin, *Department of Chemistry and Chemical Biology, Northeastern University, Boston, MA 02115, USA*
- S.-G. Sun, *State Key Laboratory of Physical Chemistry of Solid Surfaces, Department of Chemistry, College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China*
- A. Tadjeddine, *UDIL-CNRS, Univ. Paris-Sud, BP 34, 91898 Orsay, France*
- Z.-Q. Tian, *State Key Laboratory of Physical Chemistry of Solid Surfaces and Department of Chemistry, College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China*
- E.V. Timofeeva, *Department of Chemistry, Kent State University, P.O. Box 5190, Kent, OH 44242-0001, USA*
- Y.V. Tolmachev, *Department of Chemistry, Kent State University, P.O. Box 5190, Kent, OH 44242-0001, USA*
- Y.Y. Tong, *Department of Chemistry, Georgetown University, 37th and O Streets, NW, Washington, DC 20057, USA*
- F. Vidal, *Institut des Nanosciences de Paris, CNRS-UMR 7588, Université Pierre et Marie Curie-Paris 6, Campus Boucicaut, 140, rue de Lourmel, 75015 Paris, France*
- A. Wieckowski, *Department of Chemistry, University of Illinois, 600 South Mathews Avenue, Urbana, IL, USA*

List of Contributors

- D.-Y. Wu, *State Key Laboratory for Physical Chemistry of Solid Surfaces and Department of Chemistry, College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China*
- H. You, *Materials Science Division, Argonne National Laboratory, 9700 S. Cass Avenue Argonne, IL 60439, USA*
- Z.-Y. Zhou, *State Key Laboratory of Physical Chemistry of Solid Surfaces, Department of Chemistry, College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China*
- L. Zhuang, *Department of Chemistry, Wuhan University, Wuhan 430072, China*

目 录

前言

撰稿人

1	结构明确的金属电极表面吸附物种酸碱平衡的原位红外光谱研究 Antonio Berná, Antonio Rodes, Juan M. Feliu	1
2	有机小分子氧化过程的红外反射光谱研究 Teresa Iwasita, Giuseppe A. Camara	33
3	燃料电池纳米材料电极的反射红外光谱研究 Jean-Michel Léger, Françoise Hahn	63
4	不同条件下 Ru(0001)电极上有机小分子吸附和氧化的原位 FTIR 光谱研究 Wen-Feng Lin, Paul A Christensen, Jia-Mei Jin, Andrew Hamnett	99
5	原位显微 FTIR 反射光谱及其在电化学吸附和纳米结构表面电催化中的应用 Shi-Gang Sun, Zhi-You Zhou	139
6	红外光谱电化学:外反射、全反射和透射研究中的仪器方法 C. Korzeniewski	179
7	动态表面增强红外吸收光谱及其研究铂电极表面的电催化反应 M. Osawa	209
8	燃料电池运行中的原位红外光谱 Eugene S. Smotkin	247
9	红外—可见光和频发生及其相关非线性光学技术研究电化学界面的振动和电子谱学性质 Abderrahmane Tadjeddine, Franck Vidal	273
10	原位拉曼光谱研究不同过渡金属表面吡啶吸附过程 Bin Ren, De-Yin Wu, Zhong-Qun Tian	299
11	电化学表面 CO 化学吸附的原位 X 射线散射和红外反射吸收光谱 Christopher A. Lucas, Nenad M. Markovic	339
12	电化学界面研究中的弹性共振和非弹性 X 光散射过程 K. -C. Chang, A. Menzel, V. Komanicky, H. You, J. Inukai, A. Wieckowski, E. V. Timofeeva, Y. V. Tolmachev	383
13	原位电子自旋共振谱研究电极表面顺磁物质和电极材料内部的电子自旋 Lin Zhuang, Juntao Lu	409
14	耦合界面电化学与核磁共振谱:电子结构透视 Yu Ye Tong	441

15 从阶梯晶面到有序二元金属电极:电化学微分质谱和电化学扫描探针显微术研究吸附和电催化	
Helmut Baltruschat, Rainer Bußar, Siegfried Ernst, Fernando Hernandez	471
主题索引	539

(孙世刚 译)

Contents

Preface

List of Contributors

1. In-situ FTIR Studies on the Acid–Base Equilibria of Adsorbed Species on Well-Defined Metal Electrode Surfaces <i>by</i> Antonio Berná, Antonio Rodes, Juan M. Feliu	1
2. Contributions of External Reflection Infrared Spectroscopy to Study the Oxidation of Small Organic Molecules <i>by</i> Teresa Iwasita, Giuseppe A. Camara	33
3. Contribution of In-situ Infrared Reflectance Spectroscopy in the Study of Nanostructured Fuel Cell Electrodes <i>by</i> Jean-Michel Léger, Françoise Hahn	63
4. In-situ FTIR Spectroscopic Studies of the Adsorption and Oxidation of Small Organic Molecules at the Ru(0001) Electrode Under Various Conditions <i>by</i> Wen-Feng Lin, Paul A. Christensen, Jia-Mei Jin, Andrew Hamnett	99
5. In-situ Microscope FTIR Reflection Spectroscopy and Its Applications in Electrochemical Adsorption and Electrocatalysis on Nanostructured Surfaces <i>by</i> Shi-Gang Sun, Zhi-You Zhou	139
6. IR Spectroelectrochemistry: Instrumentation and Applications of External Reflection, ATR, and Transmission Sampling <i>by</i> C. Korzeniewski	179
7. Electrocatalytic Reactions on Platinum Electrodes Studied by Dynamic Surface-Enhanced Infrared Absorption Spectroscopy (SEIRAS) <i>by</i> M. Osawa	209

Contents

8. FTIR and X-ray Absorption Spectroscopy of Operating Fuel Cells <i>by Eugene S. Smotkin</i>	247
9. Vibrational and Electronic Spectroscopic Investigation of the Electrochemical Interface using IR-Visible Sum-Frequency Generation and Related Nonlinear Optical Techniques <i>by Abderrahmane Tadjeddine, Franck Vidal.</i>	273
10. In-situ Raman Spectroscopic Studies of Pyridine Adsorption on Different Transition Metal Surfaces <i>by Bin Ren, De-Yin Wu, Zhong-Qun Tian</i>	299
11. In-situ Surface X-ray Scattering and Infrared Reflection Adsorption Spectroscopy of CO Chemisorption at the Electrochemical Interface <i>by Christopher A. Lucas, Nenad M. Markovic</i>	339
12. Resonance Elastic and Inelastic X-ray Scattering Processes for In-situ Investigation of Electrochemical Interfaces <i>by K.-C. Chang, A. Menzel, V. Komanicky, H. You, J. Inukai, A. Wieckowski, E.V. Timofeeva, Y.V. Tolmachev</i>	383
13. In-situ ESR for Studies of Paramagnetic Species on Electrode Surfaces and Electron Spins Inside Electrode Materials <i>by Lin Zhuang, Juntao Lu</i>	409
14. Coupling Interfacial Electrochemistry with Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy: An Electronic Perspective <i>by Yu Ye Tong</i>	441
15. From Stepped Single Crystal Surfaces to Ordered Bimetallic Electrodes: Adsorption and Electrocatalysis as Studied by DEMS and STM <i>by Helmut Baltruschat, Rainer Buřar, Siegfried Ernst, Fernando Hernandez.</i>	471
Subject Index.	539