

SCI 收录期刊



ISSN 0251-0790
CN 22-1131/O6

高等学校化学学报

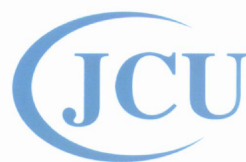
CHEMICAL JOURNAL
OF CHINESE UNIVERSITIES

Vol.31 No. 8

2010年8月

中华人民共和国教育部《高等学校化学学报》编委会主编

Gaodeng Xuexiao Huaxue Xuebao



ISSN 0251-0790





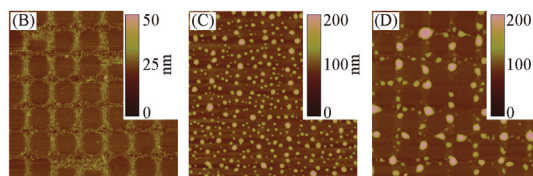
目次 (Contents)

研究快报 (Letter)

有机发光分子在聚苯胺微结构上的选择性吸附
Selective Adsorption of Organic Light Emitting Molecule on PANI Microstructure

田露 (TIAN Lu), 卜凤泉 (BU Feng-Quan),
黄春玉 (HUANG Chun-Yu), 吕男 (LÜ Nan)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1485—1487

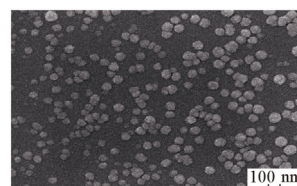


研究论文 (Articles)

羟基磷灰石-SOD 纳米复合物的合成与性能
In-situ Synthesis and Properties of Hydroxyapatite-SOD Nanocomposite

吴丽艳 (WU Li-Yan), 王悦怡 (WANG Yue-Yi),
杨东生 (YANG Dong-Sheng), 孟庆繁 (MENG Qing-Fan),
滕利荣 (TENG Li-Rong), 高波 (GAO Bo)*

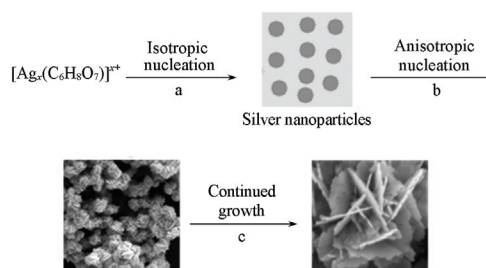
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1488—1490



花状银纳米结构的合成及 SERS 性质
Synthesis and SERS Properties of Flowerlike Ag Micro-nano Structures

张波 (ZHANG Bo), 赵爱武 (ZHAO Ai-Wu)*,
王大朋 (WANG Da-Peng), 郭红燕 (GUO Hong-Yan),
李达 (LI Da), 李明 (LI Ming)

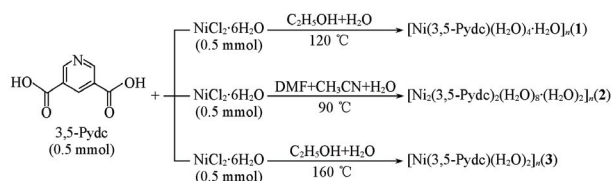
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1491—1495



3,5-吡啶二羧酸镍配位聚合物的合成与晶体结构
Synthesis and Crystal Structure of Nickel 3,5-Pyridinedicarboxylates

金强 (JIN Qiang), 赵娇 (ZHAO Jiao), 石鑫 (SHI Xin)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1496—1501

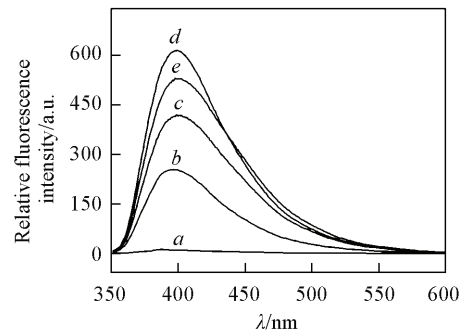


金纳米颗粒的水相法合成及荧光性能

Gold Nanoparticles Prepared by Aqueous Synthesis and Its Fluorescence Properties

吕秉峰(LÜ Bing-Feng), 李国平(LI Guo-Ping)*, 罗运军(LUO Yun-Jun)

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1502—1505

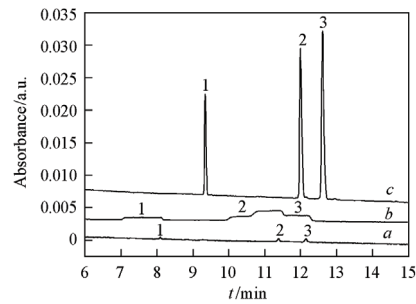


芳香胺的碱坝聚焦-毛细管电泳分析

Online Base Barrage Focusing and Capillary Electrophoresis of Aromatic Amines

王晓瑜(WANG Xiao-Yu), 陈义(CHEN Yi)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1506—1509

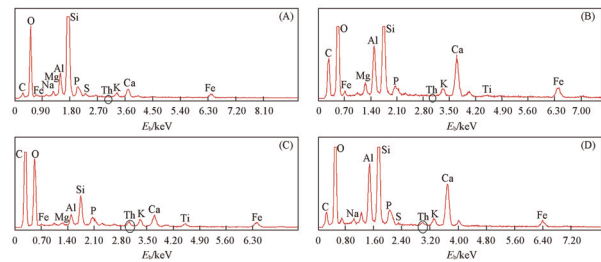


土壤对外源钍的吸附行为表征

Characterization of Adsorption Behavior of Exogenous Thorium on Soil

郭鹏然(GUO Peng-Ran), 贾晓宇(JIA Xiao-Yu), 牟德海(MU De-Hai), 仇荣亮(QIU Rong-Liang), 陈杭亭(CHEN Hang-Ting)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1510—1516

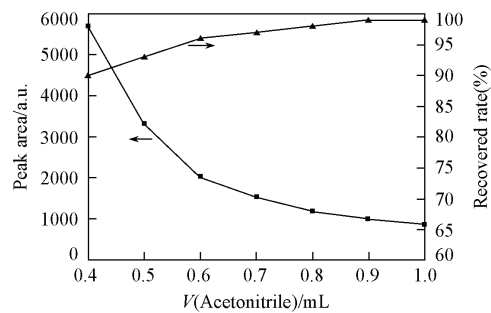


溶剂诱导相变萃取法用于高效液相色谱-质谱分析的血浆样品前处理

Solvent Induced Phase Transition Extraction Method for High Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of Plasma Samples of Pretreatment

张鸣珊(ZHANG Ming-Shan), 刘国柱(LIU Guo-Zhu), 李圣军(LI Sheng-Jun), 陈波(CHEN Bo)*, 姚守拙(YAO Shou-Zhuo)

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1517—1521

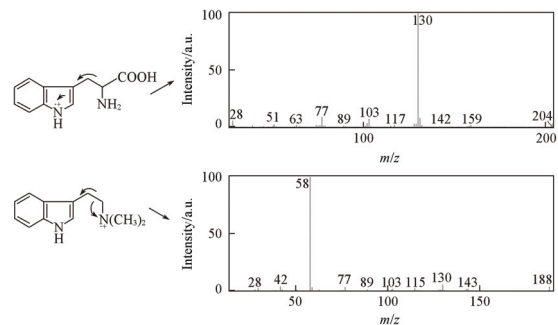


通过确定初始电离位点预测吲哚类生物碱质谱的特征裂解规律

Interpretation of Mass Spectral Characteristic Fragmentation Mechanisms of Indole Alkaloids by Natural Spin Density

罗小(LUO Xiao), 欧阳永中(OUYANG Yong-Zhong), 梁逸曾(LIANG Yi-Zeng)*, 王琴(WANG Qin)

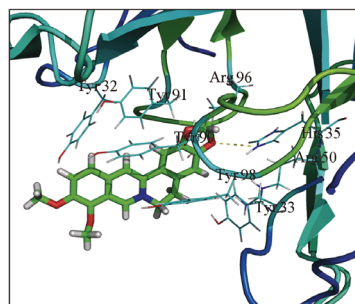
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1522—1528



小檗碱与人免疫球蛋白在仿生膜中的相互作用
Interaction Between Berberine and Human Gamma Globulin
in Membrane Mimetic Environments

李颖(LI Ying)*, 王超(WANG Chao),
胡之德(HU Zhi-De)

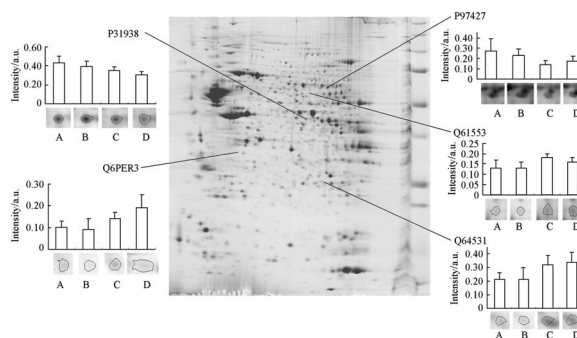
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1529—1534



嗅觉记忆相关蛋白的蛋白质组学研究
Proteomic Analysis of Olfactory Memory Related Proteins in
Mice

郑君芳(ZHENG Jun-Fang), 华琳(HUA Lin),
张秋霞(ZHANG Qiu-Xia), 李德龙(LI De-Long),
贺俊崎(HE Jun-Qi)*

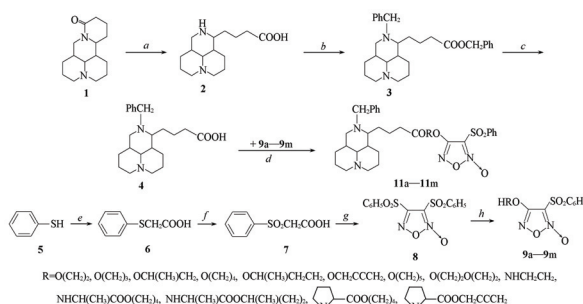
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1535—1540



NO 供体型苦参碱衍生物的合成及抗肿瘤活性
Synthesis and Anti-cancer Activity of Nitric Oxide
Donor-based Matrine Derivatives

何黎琴(HE Li-Qin), 顾宏霞(GU Hong-Xia),
尹登科(YIN Deng-Ke), 张奕华(ZHANG Yi-Hua)*,
王效山(WANG Xiao-Shan)

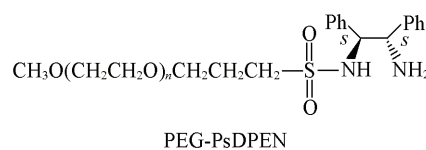
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1541—1547



温控 Noyori 配体的合成及在苯乙酮不对称氢转移反应中的
应用
Synthesis of Thermoregulated Noyori Ligand and Its Applica-
tion in Asymmetric Transfer Hydrogenation of Acetophenone

明燕花(MING Yan-Hua), 樊爱丽(FAN Ai-Li),
金子林(JIN Zi-Lin), 蒋景阳(JIANG Jing-Yang)*

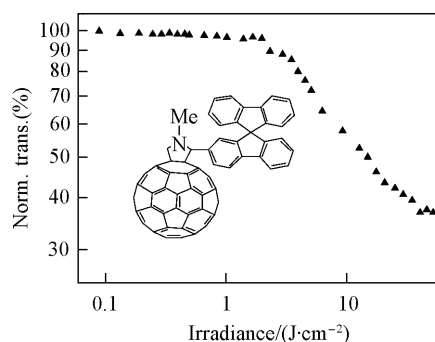
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1548—1553



螺二苄富勒烯吡咯烷衍生物的合成及电化学和光限幅
性能
Synthesis, Electrochemistry and Optical Limiting Properties of
Spirobifluorene-fulleropyrrolidine Derivatives

李财花(LI Cai-Hua), 霍志铭(HUO Zhi-Ming),
曾和平(ZENG He-Ping)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1554—1559

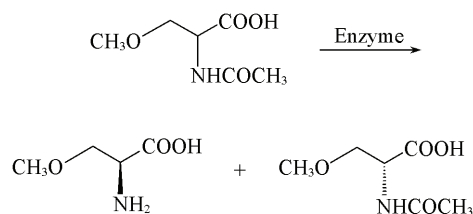


固定化细胞酶法拆分 *N*-乙酰-*D,L*-3-甲氧基丙氨酸

Resolution of *N*-Acetyl-*D,L*-3-methoxy-alanine by Immobilized Cells with Aminoacylase

熊吉滨 (XIONG Ji-Bin), 刘均忠 (LIU Jun-Zhong), 刘茜 (LIU Qian), 焦庆才 (JIAO Qing-Cai) *

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1560—1563

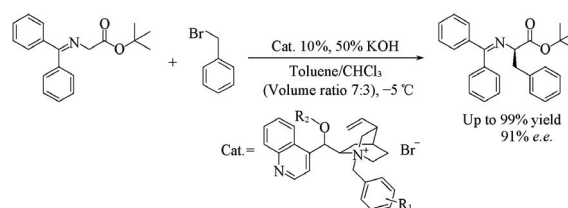


辛可宁季铵盐的合成及催化不对称烷基化研究

Synthesis of Cinchonine Quaternary Ammonium Salts and the Catalysis of Asymmetric Alkylation

李智 (LI Zhi), 廉明明 (LIAN Ming-Ming), 孟庆伟 (MENG Qing-Wei) *

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1564—1569

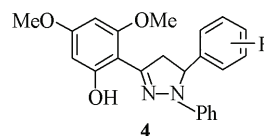


1,5-二芳基-3-(2-羟基-4,6-二甲氧基苯基)-2-吡唑啉的合成及铜离子荧光探针行为

Synthesis of 1,5-Diaryl-3-(2-hydroxy-4,6-dimethoxyphenyl)-2-pyrazolines as Fluorescent Sensors for Cu^{2+}

徐助雄 (XU Zhu-Xiong), 吴婧 (WU Jing), 沈健 (SHEN Jian), 王炳祥 (WANG Bing-Xiang) *

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1570—1573

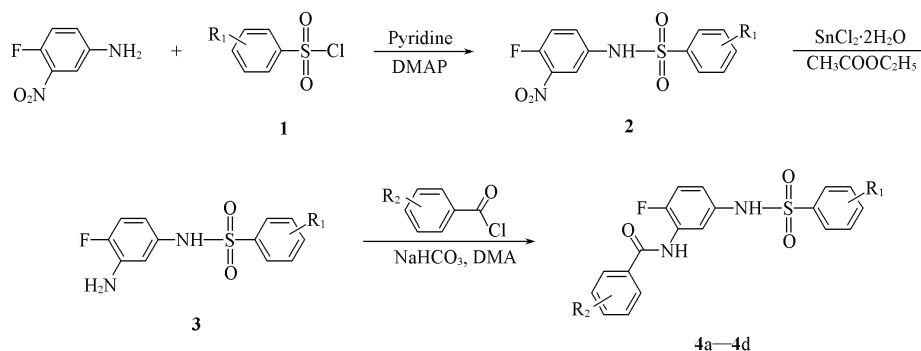


新型取代苯甲酰胺类化合物的合成及对 AHAS 酶的抑制和除草活性

Synthesis of Some Novel Substituted Benzamides, Their Inhibition of AHAS and Herbicidal Activity

李文明 (LI Wen-Ming), 王建国 (WANG Jian-Guo) *, 李永红 (LI Yong-Hong), 王素华 (WANG Su-Hua), 李正名 (LI Zheng-Ming) *

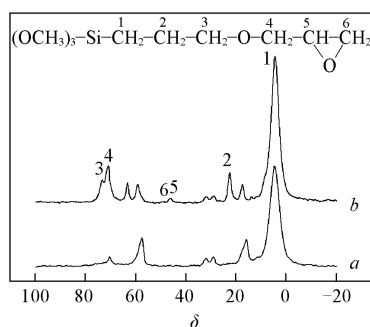
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1574—1578



环氧基修饰周期性介孔有机氧化硅对漆酶的固定化作用
Immobilization of Laccase on Epoxy Group-functionalized
Periodic Mesoporous Organosilicas

兰甲宁(LAN Jia-Ning), 纳薇(NA Wei),
韦奇(WEI Qi)*, 李群艳(Li Qun-Yan),
王为(WANG Wei), 聂祚仁(NIE Zuo-Ren)

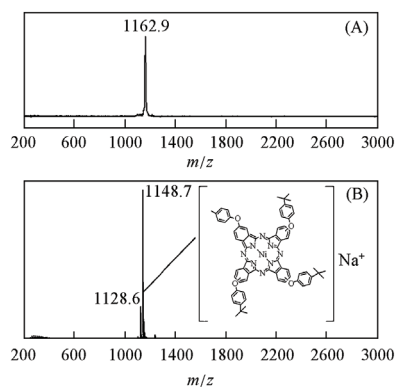
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1579—1584



新型不对称镍酞菁的合成、表征及光电性质
Synthesis, Characterization and Electrochemical Properties of
a New Asymmetrical Nickel Phthalocyanine

高俊珊(GAO Jun-Shan), 石铁铮(SHI Tie-Zheng),
赵庆环(ZHAO Qing-Huan), 杜锡光(DU Xi-Guang)*,
张海黔(ZHANG Hai-Qian)*

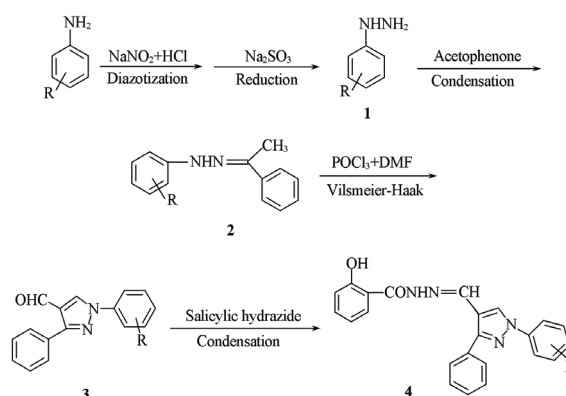
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1585—1589



N-[(1-芳基-3-苯基-吡唑-4-基)次甲基]-2-羟基苯甲酰肼
类衍生物的合成、表征及抑菌活性
Synthesis, Characterization and Antibacterial Activities of
N-[(1-Aryl-3-phenyl-pyrazol-4-yl)methylene]-2-
hydroxybenzohydrazide Derivatives

邹敏(ZOU Min), 卢俊瑞(LU Jun-Rui)*,
辛春伟(XIN Chun-Wei), 卢博为(LU Bo-Wei),
朱姗姗(ZHU Shan-Shan), 刘倩(LIU Qian),
李佳潼(LI Jia-Tong), 邱建波(QIU Jian-Bo),
鲍秀荣(BAO Xiu-Rong)

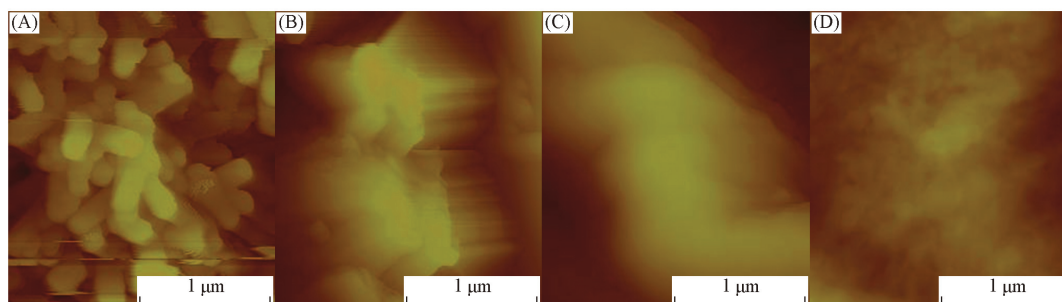
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1590—1595



荷叶表面纳米结构与浸润性的关系
Effects of Chemical Composition and Nano-structures on the Wetting Behaviour of Lotus Leaves

王景明(WANG Jing-Ming)*, 王轲(WANG Ke), 郑咏梅(ZHENG Yong-Mei), 江雷(JIANG Lei)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1596—1599

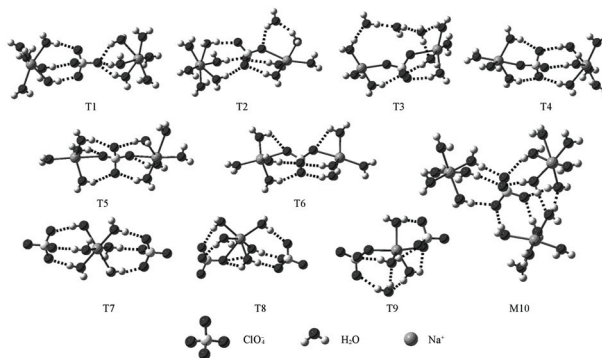


用从头算法研究高氯酸钠溶液中存在的离子缔合物种及缔合过程

Ab-initio Investigation on Ion-associated Species and Association Process in NaClO₄ Solution

张浩(ZHANG Hao), 于健康(YU Jian-Kang)*, 孙家锺(SUN Chia-Chung)

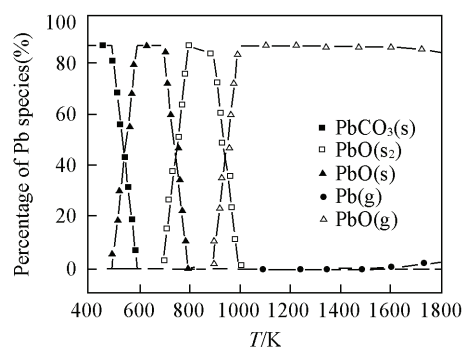
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1600—1604



污泥焚烧中铅的形态转化及脱除的热力学平衡研究
Thermodynamic Equilibrium Analysis of Transformation and Removal of Lead During Sludge Incineration

刘敬勇(LIU Jing-Yong), 孙水裕(SUN Shui-Yu)*

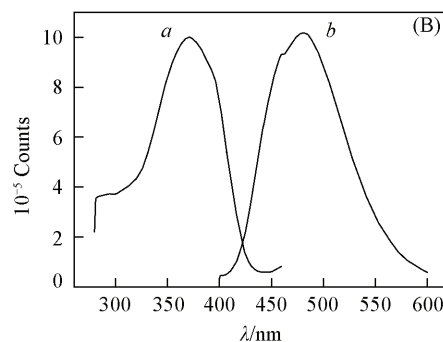
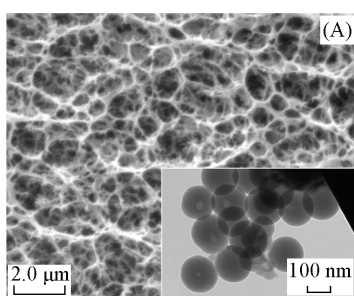
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1605—1613



六苯基硅烷-聚乙烯醇荧光复合薄膜的制备及传感性能
Preparation and Fluorescent Sensing Applications of HPS-PVA Composite Films

夏慧芸(XIA Hui-Yun), 何刚(HE Gang), 高莉宁(GAO Li-Ning), 彭军霞(PENG Jun-Xia), 房喻(FANG Yu)*

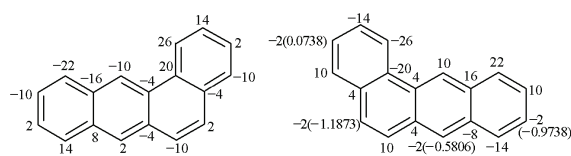
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1614—1619



二维分子的原子不对称性研究
Studies on Atomic Asymmetry of 2D Molecule

张庆友(ZHANG Qing-You), 周艳梅(ZHOU Yan-Mei), 龙海林(LONG Hai-Lin), 郝军峰(HAO Jun-Feng), 刘绣华(LIU Xiu-Hua), 许禄(XU Lu)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1620—1625

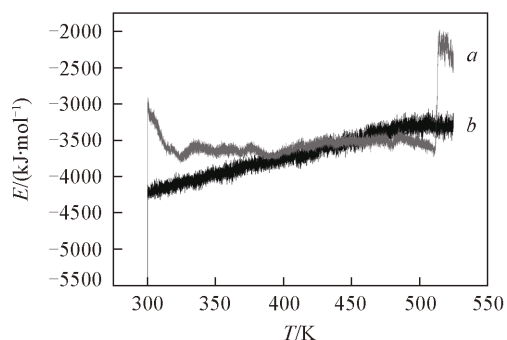


肽 β 聚集的分子动力学模拟

Molecular Dynamics Simulation for the β -Sheet Aggregation of Peptides

吕明(LÜ Ming), 赵熹(ZHAO Xi),
申兴桂(SHEN Xing-Gui), 高雪峰(GAO Xue-Feng)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1626—1629

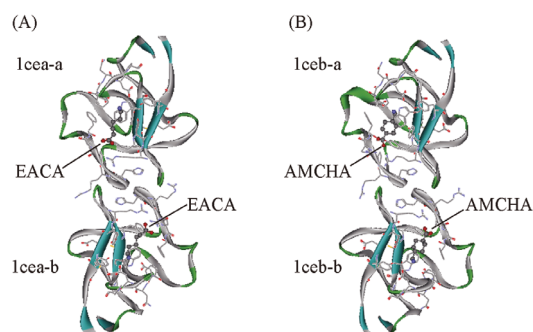


应用 ABEEM $\sigma\pi$ /MM 模型对重组人纤溶酶原 Kringle 1 结构域与配体分子的对接计算

Calculation of Complexes of the Recombinant Kringle 1 Domain of Human Plasminogen and Its Ligands by ABEEM $\sigma\pi$ /MM Method

张文龙(ZHANG Wen-Long), 陈淑玲(CHEN Shu-Ling),
杨忠志(YANG Zhong-Zhi)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1630—1635

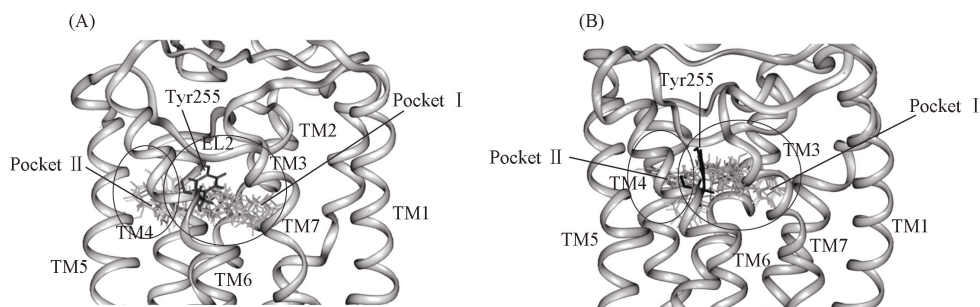


4-苄基哌啶类拮抗剂选择性识别 hCCR3 的分子模拟

Molecular Modeling Studies on the Selectivity of 4-Benzylpiperidine Antagonists for hCCR3

李锦莲(LI Jin-Lian), 王建萍(WANG Jian-Ping), 胡冬华(HU Dong-Hua), 邵琛(SHAO Chen),
苏忠民(SU Zhong-Min)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1636—1642

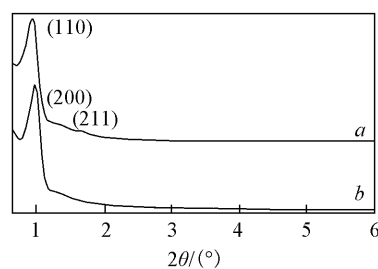


新型有序介孔磺酸化酚醛树脂 FDU-16-SO₃H 的合成与酸催化性能

Synthesis and Catalytic Properties of Ordered Mesoporous Phenol-Formaldehyde Resins as Solid Acid Catalysts

牟莉(MOU Li)*, 屈学俭(QU Xue-Jian),
王春艳(WANG Chun-Yan)

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1643—1646

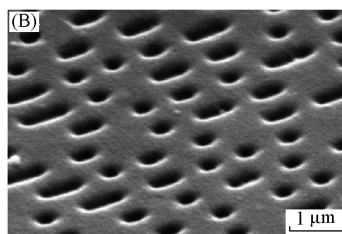
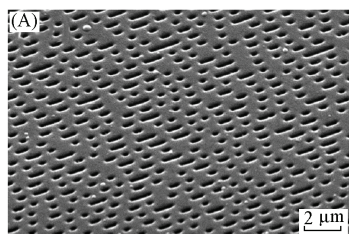


单晶硅表面周期性微结构的减反射特性及光伏特性

Antireflection and Photovoltaic Properties of Microstructures Design on the Single Crystalline Silicon Surface

程轲(CHENG Ke), 王书杰(WANG Shu-Jie), 付冬伟(FU Dong-Wei), 丁万勇(DING Wan-Yong), 邹炳锁(ZOU Bing-Suo), 杜祖亮(DU Zu-Liang)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1647—1650

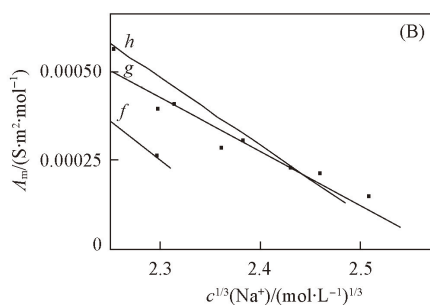
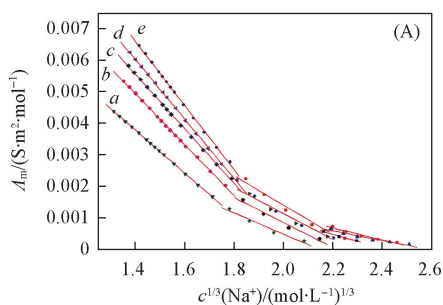


铝酸钠溶液的电导率与结构的关系

Relationship Between Electric Conductivity and Ion Structure of Sodium Aluminate Solution

李小斌(LI Xiao-Bin), 王丹琴(WANG Dan-Qin), 梁爽(LIANG Shuang), 刘桂华(LIU Gui-Hua)*, 彭志宏(PENG Zhi-Hong), 周秋生(ZHOU Qiu-Sheng)

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1651—1655

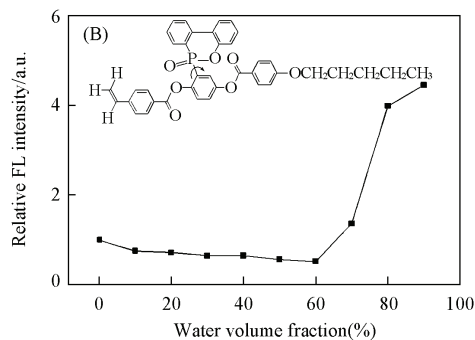
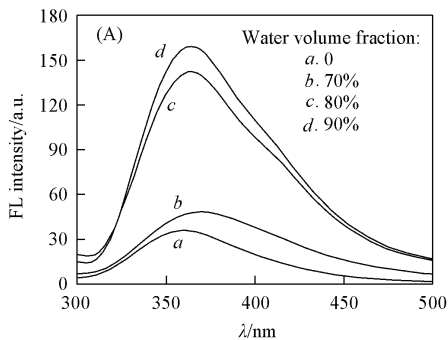


含磷酰杂菲侧基的苯乙烯衍生物聚集诱导发光特性及其在过渡金属离子检测中的应用

Aggregation-Induced Emission Enhancement Properties of Phosphaphenanthrene-containing Styrene Derivat and Its Application of Detection to Transition Metal Ions

申进波(SHEN Jin-Bo), 佟斌(TONG Bin), 石建兵(SHI Jian-Bing), 孙书(SUN Shu), 冯霄(FENG Xiao), 支俊格(ZHI Jun-Ge), 董宇平(DONG Yu-Ping)*

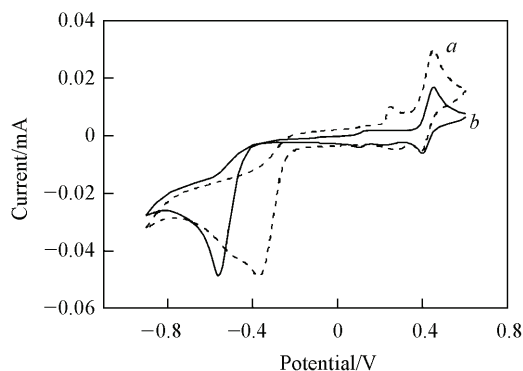
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1656—1660



纳米银/聚多巴胺修饰玻碳电极的制备及电化学行为
Fabrication of a Silver Nanoparticle/polydopamine Modified Glassy Carbon Electrode and Its Electrocatalytic Reduction for *p*-Nitrophenol

苏碧泉(SU Bi-Quan), 张玉珍(ZHANG Yu-Zhen),
杜永令(DU Yong-Ling), 王春明(WANG Chun-Ming)*

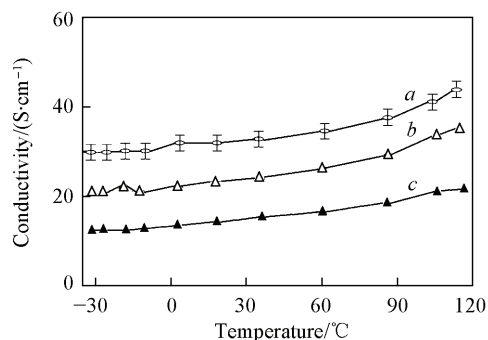
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1661—1664



反向胶束法制备聚3,4-乙烯二氧噻吩纳米粒子的光电性能和热稳定性
Photoelectric Properties and Thermal Stability of PEDOT Nanoparticles Based on Reversed Micelle Method

郑华靖(ZHENG Hua-Jing)*, 蒋亚东(JIANG Ya-Dong),
徐建华(XU Jian-Hua), 杨亚杰(YANG Ya-Jie)

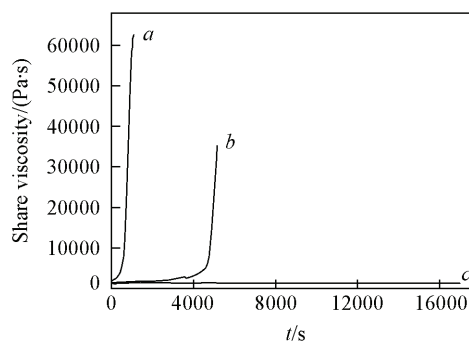
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1665—1670



过冷等规聚丙烯熔体的流变学行为
Rheological Behavior of Isotactic Polypropylene (iPP) Melts in Supercooling State

刘毓海(LIU Yu-Hai), 李慧珍(LI Hui-Zhen),
刘溪(LIU Xi), 胡丽萍(HU Li-Ping),
杨展澜(YANG Zhan-Lan), 徐怡庄(XU Yi-Zhuang)*,
吴瑾光(WU Jin-Guang)

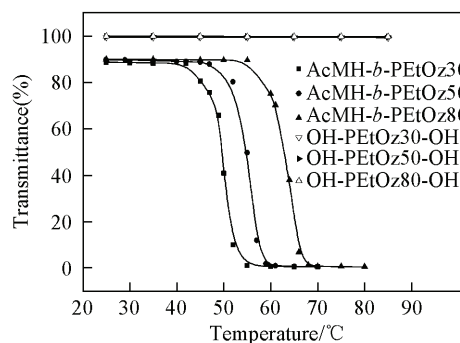
Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1671—1675



新型两亲性含糖嵌段聚合物的合成与自组装
Synthesis and Self-assembly Behavior of a Novel Amphiphilic Block Glycopolymers

陈丽琼(CHEN Li-Qiong), 张黎明(ZHANG Li-Ming)*,
陈建军(CHEN Jian-Jun), 杨建(YANG Jian),
李荣先(LI Rong-Xian)

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1676—1681

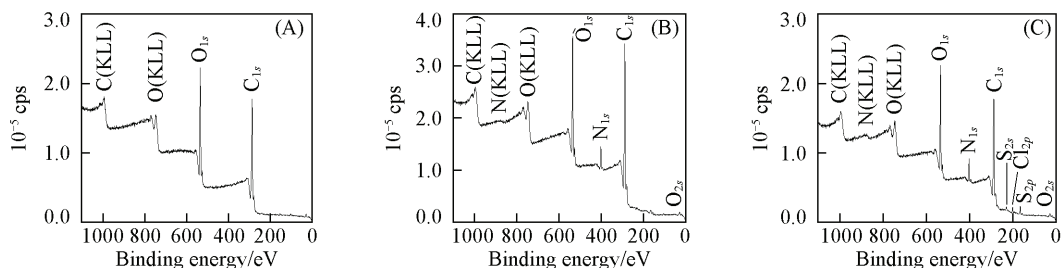


生物素化壳聚糖修饰的 PLGA 纳米粒的制备及表征

Preparation and Characterization of PLGA Nanospheres Surface Modified with Biotinylated Chitosan

陈红丽(CHEN Hong-Li)*, 唐红波(TANG Hong-Bo), 杨文智(YANG Wen-Zhi), 陈汉(CHEN Han),
王银松(WANG Yin-Song), 梅林(MEI Lin), 张彤(ZHANG Tong), 熊青青(XIONG Qing-Qing),
张其清(ZHANG Qi-Qing)*

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1682—1687

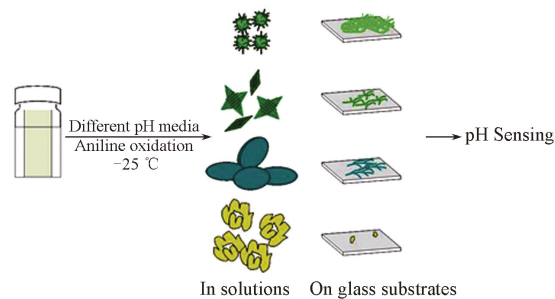


聚苯胺纳/微米结构薄膜的制备及对 pH 传感的影响

Preparations of Nano/Micro Structured Polyaniline Membranes for pH Sensing

宋继霞(SONG Ji-Xia), 韩冬雪(HAN Dong-Xue)*,
李斐(LI Fei), 牛利(NIU Li)

Chem. J. Chinese Universities, 2010, 31(8), 1688—1692



欢迎订阅《Chemical Research in Chinese Universities》	(1516)
作者注释	(1534)
第七届全国高聚物分子与结构表征学术讨论会第二轮通知	(1584)
2010 COMSOL 第五届中国区用户年会	(封二)
《高等学校化学学报》征稿简则	(封三)
欢迎订阅《高等学校化学学报》	(封底)

(本期出版责任编辑: 段为杰、向政; 制图: 张凯英)

期刊基本参数: CN 22-1131/O6 * 1980 * m * A4 * 208 * zh * P * ¥30.00 * 1400 * 39 * 2010-08

欢迎订阅《高等学校化学学报》

《高等学校化学学报》是中华人民共和国教育部委托吉林大学和南开大学主办的化学学科综合性学术刊物,以研究论文、研究快报和综合评述等栏目集中报道我国高等院校和中国科学院各研究所在化学学科及其相关的交叉学科、新兴学科、边缘学科等领域所开展的基础研究、应用研究和重大开发研究所取得的最新成果。本刊由中华人民共和国教育部从全国重点高等院校和中国科学院聘请 81 位学术造诣精深的化学家组成学术阵容强大的编委会,由著名高分子化学家周其凤院士任主编。

本刊以“新(选题新、发表成果创新性强)、快(编辑出版速度快)、高(刊文学术水平和编辑出版质量高)”为办刊特色,载文学科覆盖面广,信息量大,学术水平高,刊载国家自然科学基金、攀登计划、“八六三”和“九七三”计划资助项目及其它科学基金资助项目成果文章达 95% 以上。从 1995 年起被美国科技信息研究所 (ISI) 数据库和《SCIE》、《RA》、《CCI》、《CC/PC & ES》和《RCI》等出版物收录,从 1999 年起被世界著名的检索刊物《科学引文索引》(SCI) 核心选刊收录。长期被《中国化学化工文摘》、《中国科学引文数据库》、美国《化学文摘》(C. A.) 和俄罗斯《文摘杂志》(P. Ж.) 等 20 多种国内外著名检索刊物和文献数据库摘引和收录。在《C. A.》“千种表”中连续多年居中国入选科技期刊之前列。在《中文核心期刊要目总览》化学类核心期刊中居第一位。在中国科技期刊引证报告 (CJCR) 公布的中国科技期刊总被引频次和影响因子排序表中连续多年居前列。

本刊连续多次荣获全国、国家教育部和吉林省的优秀科技期刊奖和十佳期刊称号,2000 年荣获首届国家期刊奖,2001 年入选中国期刊方阵“双高”(高知名度、高学术水平)科技期刊,2002 年荣获第二届国家期刊奖,2004 年荣获第三届国家期刊奖,2002~2008 年连续七届入选中国百种杰出学术期刊,2006 年荣获首届中国高校精品科技期刊,2008 年荣获第二届中国高校精品科技期刊。

本刊连续多年得到国家自然科学基金重点学术期刊专项资助。

《高等学校化学学报》为月刊,16 开本(A4),每期 13 印张(208 页),采用微机排版,铜版印刷,装帧质量高。国内定价 30 元,全年 360 元,公开发售,国际刊号 ISSN 0251-0790,国内刊号 CN 22-1131/06,邮发代号 12-40。国内读者可通过当地邮局订阅,国外读者可通过中国国际图书贸易总公司订阅,国外发行代号: M305。补订者可与本刊编辑部联系。竭诚欢迎广大科研工作者踊跃投稿和订阅。

通讯地址:长春市解放大路 2519 号吉林大学前卫校区北区《高等学校化学学报》编辑部; 邮政编码: 130021

E-mail: cjcu@jlu.edu.cn; http://www.cjcu.jlu.edu.cn; 电话: 0431-88499216; 传真: 0431-88925344

高等学校化学学报(月刊) Gaodeng Xuexiao Huaxue Xuebao

1980 年复刊

第 31 卷 第 8 期

2010 年 8 月 10 日出版

CHEMICAL JOURNAL OF CHINESE UNIVERSITIES (Monthly)

Resuming Publication in 1980

Vol. 31 No. 8

August 10, 2010

主管单位: 中华人民共和国教育部
主办单位: 中华人民共和国教育部委托
吉林大学和南开大学主办
名誉主编: 唐敖庆
主编: 周其凤
编辑: 《高等学校化学学报》编辑部
地址: 长春市吉林大学前卫校区, 130021
电话: 0431-88499216
传真: 0431-88925344
电子信箱: cjcu@jlu.edu.cn
http://www.cjcu.jlu.edu.cn
出版: 高等教育出版社
(北京市沙滩后街 55 号, 100009)
印刷: 吉林省保隆冠彩印刷有限公司
国内总发行: 吉林省报刊发行局
国内订购处: 全国各地邮局(邮发代号: 12-40)
国外总发行: 中国国际图书贸易总公司, 北京
399 信箱(国际发行代号: M305)

Administered by the Ministry of Education of the People's Republic of China
Sponsored by Jilin University and Nankai University Mandated by the Ministry of Education of the People's Republic of China
Honorary Editor-in-chief TANG Ao-Qing
Editor-in-chief ZHOU Qi-Feng
Edited by Editorial Department of Chem. J. Chinese Universities
Address Editorial Department of Chem. J. Chinese Universities, Jilin University, Changchun 130021, China
Tel: +86-431-88499216; Fax: +86-431-88925344
E-mail: cjcu@jlu.edu.cn; http://www.cjcu.jlu.edu.cn
Published by Higher Education Press
(Shatanhou Street 55, Beijing 100009, China)
Printed by Jilin Baolongguancai Printing Co., Ltd.
Distributed by China International Book Trading Corporation, P. O. Box 399, Beijing 100044, P. R. China
Subscription Code Number: M305

中国标准刊号: ISSN 0251-0790
CN 22-1131/06

国内定价: (月)30.00 元, (季)90.00 元, (年)360.00 元
广告经营许可证: 2201005030746

荷叶表面纳米结构与浸润性的关系

王景明¹, 王 轲¹, 郑咏梅¹, 江 雷^{1,2}

(1. 北京航空航天大学化学与环境学院, 北京 100191;

2. 中国科学院化学研究所, 分子科学国家实验室, 北京 100190)

摘要 通过烘烤、化学萃取及物理剥除等方法改变荷叶表面的纳米结构和化学组成, 在环境扫描电镜 (ESEM) 和全反射红外光谱 (ATR) 对样品的微观形貌和化学组成进行表征的基础上, 为消除其它外界因素影响样品的真实微观形貌, 进一步采用原子力显微镜 (AFM) 进行了表征. 通过测量不同处理方法所得样品的表观接触角表征了样品的浸润性质. 结果表明, 荷叶表面的蜡质是产生表面疏水性的根本原因, 其微米级结构放大了其疏水性, 而纳米结构是导致其表面高接触角、低滚动角, 即“荷叶效应”的关键原因.

关键词 荷叶效应; 表面浸润性; 纳米结构; 原子力显微镜

中图分类号 O647

文献标识码 A

文章编号 0251-0790(2010)08-1596-04

近年来, 荷叶的自清洁效应备受关注, 科学家们不仅仿造荷叶表面制备了多种功能材料^[1~9], 而且通过研究荷叶表面结构以及化学成分与浸润性的关系, 揭示了荷叶表面自清洁效应的本质. Herminghaus 等^[10]通过大量实验发现这种自清洁性质是由表面蜡质和微米级结构共同作用引起的. Jiang 等^[11]进一步研究发现, 荷叶的微米级乳突上还存在纳米结构, 单纯的微米结构只能引起接触角的增大, 而微纳复合结构的表面却能同时实现高接触角和低滚动角, 即自清洁效应. Cheng 等^[12]通过对荷叶表面进行退火处理, 进一步验证了微纳复合结构在荷叶自清洁效应中的重要作用. 然而, 现有的报道主要是利用扫描电镜或环境扫描电镜作为荷叶微观形貌的表征手段, 由于扫描电镜的预处理和观察过程中需要高真空环境, 会导致生物样品脱水, 从而使表面微米乳突和纳米结构的形貌均发生改变; 环境扫描电镜虽然无需预处理且可以在低真空环境下使用, 但是其分辨率有限, 样品表面的一些细微结构可能无法观测, 此外电子束长时间对焦对生物样品纳米结构的形貌也会有很大影响. 因此我们在环境扫描电镜表征样品微观形貌的基础上, 结合原子力显微镜对样品的纳米结构进行再次表征, 以确定自然条件下荷叶表面真实的微观形貌对其浸润性的影响. 原子力显微镜 (AFM) 不仅具有很高的分辨率, 无需对样品进行任何预处理, 可以在常压甚至液体条件下使用, 而且能够直接提供样品的三维图像, 适合研究生物样品. 因此, 本文采用原子力显微镜作为样品纳米结构的主要表征手段, 通过对荷叶表面进行高温烘烤^[12]、有机萃取^[13]和物理剥除^[14]等处理, 改变其表面纳米结构和化学组成, 结合处理后试样和新鲜荷叶的红外光谱和接触角测试, 研究了表面纳米结构和化学组成对浸润性的影响.

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

氯仿, 北京化工厂产品; 万达牌 WD3620 环氧结构胶, 上海康达化工有限公司. FEI Quanta 200 型环境扫描电镜 (ESEM), 荷兰 FEI 公司; Nanoman VS 原子力显微镜 (AFM), 美国 Veeco 公司; EQUZNOX 55 型傅里叶变换红外光谱仪, 德国 Boker 公司; OCA20 光学视频接触角仪, 德国 Dataphysics 公司.

收稿日期: 2010-04-12.

基金项目: 国家自然科学基金 (批准号: 20901006) 和中央高校基本科研业务费专项资金 (批准号: YWF-10-01-B16) 资助.

联系人简介: 王景明, 女, 博士, 讲师, 主要从事仿生智能界面材料的界面性质研究. E-mail: wangjm@buaa.edu.cn

江 雷, 男, 博士, 教授, 博士生导师, 中国科学院院士, 主要从事功能界面材料研究. E-mail: jianglei@iccas.ac.cn

1.2 实验过程

实验所选用的荷叶叶片生长良好无病变. 样品取自距叶缘 30 ~ 50 mm 处且避免大叶脉. 分别采用 3 种方法对荷叶进行处理: (1) 高温烘烤法, 将一组样品(样品 I)放入烧杯中, 用塑料膜封口, 同时在膜上戳开几个小孔, 在 150 °C 烘箱中保持 1 h 后取出; (2) 有机萃取法, 将另外一组样品(样品 II)浸泡在氯仿溶剂中, 30 s 后取出; (3) 物理剥除法, 将环氧结构胶均匀涂抹在第三组样品(样品 III)表面, 待胶固化后小心撕去, 重复一次, 以达到更好的处理效果.

采用环境扫描电镜(ESEM)和原子力显微镜(AFM)对样品表面形态进行表征; 用全反射红外光谱(ATR)测定表面化学组成; 接触角的测量采用体积为 2 μL 的水滴, 待其在样品表面稳定后用软件测定.

2 结果与讨论

2.1 样品表面形貌和化学组成的表征

图 1 是荷叶表面处理前后的 ESEM 电镜照片. 由图 1(A)可知, 荷叶在处理前乳突饱满, 随机分布在荷叶的表面, 直径为 7 ~ 10 μm ; 由进一步放大的 ESEM 照片[图 1(A)插图]能够观察到在微米级乳突上还覆盖有绒毛状的结构. 而经过高温烘烤的样品[图 1(B)]乳突明显缩小且出现一定的变形, 乳突的直径为 4 ~ 8 μm , 由进一步放大的 ESEM 照片[图 1(B)插图]可知, 微米级乳突上不再出现明显的绒毛状结构. 经有机溶剂萃取过的样品[图 1(C)]乳突的变形更为明显, 且乳突表面也不能观察到绒毛状的结构. 经过环氧胶处理的样品[图 1(D)]乳突较高温烘烤的样品又有所缩小, 表面的绒毛状结构也已经消失. 由此可见, 3 种处理方法在去除纳米结构上都有一定的作用. 高温烘烤法由于选取在半密封的条件下进行, 乳突水分有一部分散失, 因此稍有变形; 有机溶剂萃取法, 虽然可以溶解掉乳突表面的蜡质, 但同时导致叶片失水严重, 故乳突变形严重; 环氧胶剥除法通过胶与表面蜡质粘黏, 再直接剥除, 但由于环氧胶固化过程中水分散失, 导致样品表面失水变形. 此外, ESEM 的真空环境以及电子束的长时间对焦, 都可能对乳突的微观形貌造成影响.

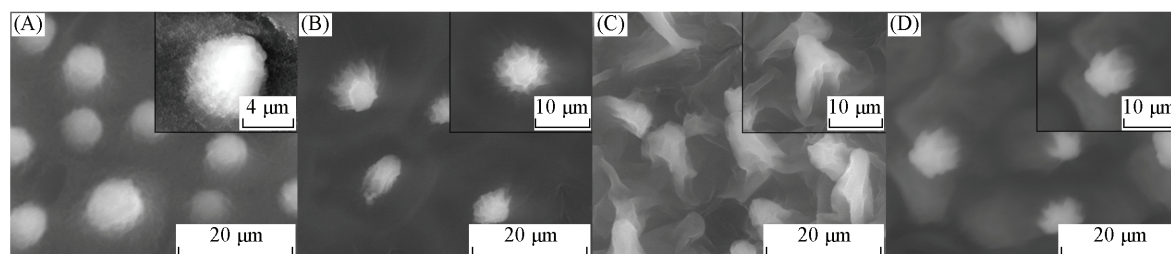


Fig. 1 ESEM pictures of louts samples

(A) Fresh sample; (B) annealed sample; (C) extracted sample; (D) treated sample by glue. Insert is the single papilla on the louts.

为获得更清晰和真实的单个乳突表面的微观形貌, 采用原子力显微镜(AFM)对经过不同方法处理的样品进行了观察. 图 2 是不同方法处理前后荷叶单个乳突表面的 AFM 图像, 由图 2(A)能够清楚地观察到在乳突表面的纳米棒状结构, 样品 I 经过高温烘烤后, 已经看不到明显的纳米结构; 样品 II 由

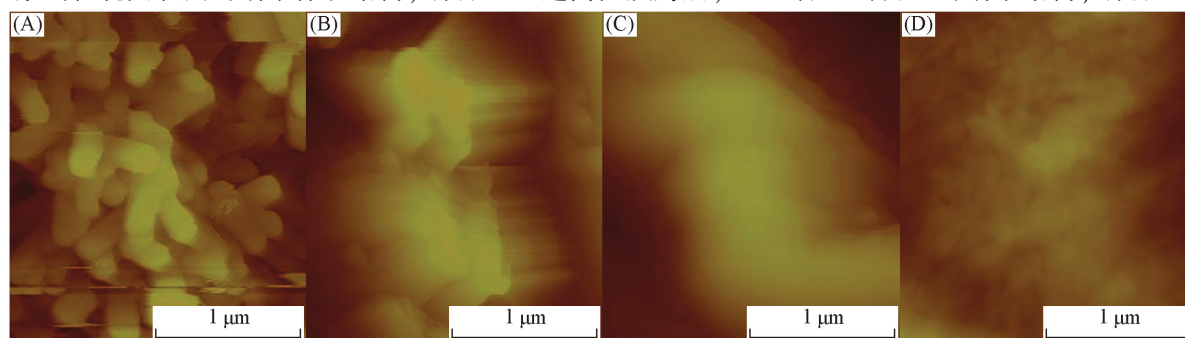


Fig. 2 AFM pictures of single papilla of louts samples

(A) Fresh sample; (B) annealed sample(I); (C) extracted sample(II); (D) treated sample by glue(III).

于表面蜡质被溶解, 纳米结构消失; 样品Ⅲ通过物理手段剥除表面蜡质后, 表面更加光滑.

选取傅里叶红外光谱仪的衰减全反射(ATR)表征样品表面的化学组成. 图3是不同方法处理的荷叶表面的红外吸收图. 从图3中可以看出, 经过高温烘烤的样品Ⅰ[图3(B)]与新鲜样品[图3(A)]相比, 吸收峰基本没有变化, 主要区别在于吸收强度的不同, 这可能是由于表面微观形貌不同造成的. 而样品Ⅱ[图3(C)]和样品Ⅲ[样品3(D)]在 3000 cm^{-1} 以上的吸收峰(主要是羟基、苯环或者氨基)强度很弱, 样品Ⅲ基本没有吸收峰, 说明样品表面的化学组成经过处理已经发生了变化, 而经过物理剥除处理的样品表面蜡质清除得更加彻底.

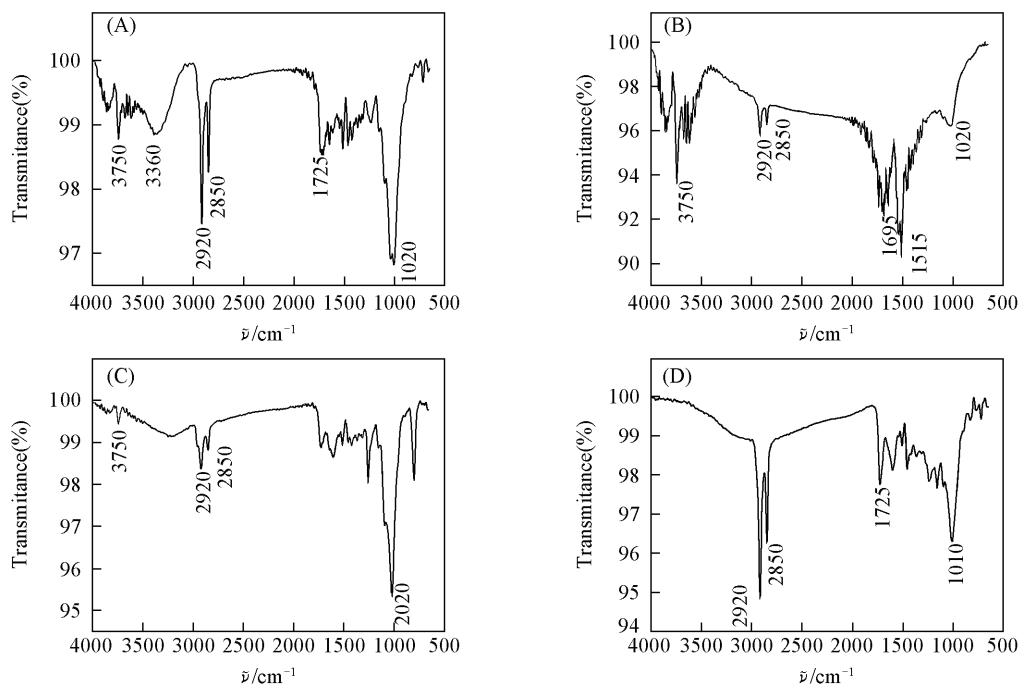


Fig. 3 IR spectra of fresh sample (A) and samples I to III (B—D)

2.2 样品浸润性的测试及分析

图4是不同方法处理前后荷叶表面的静态接触角和动态接触角的图片. 由图4(A)及其插图可知, 水滴在新鲜荷叶表面接触角大于 150° , 且极易滚动, 即显示出“荷叶效应”; 高温烘烤处理后的样品Ⅰ其静态接触角为 $(133 \pm 4)^\circ$ [图4(B)], 当叶片倾斜至大于 90° 时, 水滴仍可粘在其表面, 显示了较大的黏附力[图4(B)插图]; 有机溶剂萃取法处理得到的样品Ⅱ的静态接触角为 $(100 \pm 5)^\circ$ [图4(C)], 物理剥除法得到的样品Ⅲ的静态接触角为 $(103 \pm 7)^\circ$ [图4(D)].

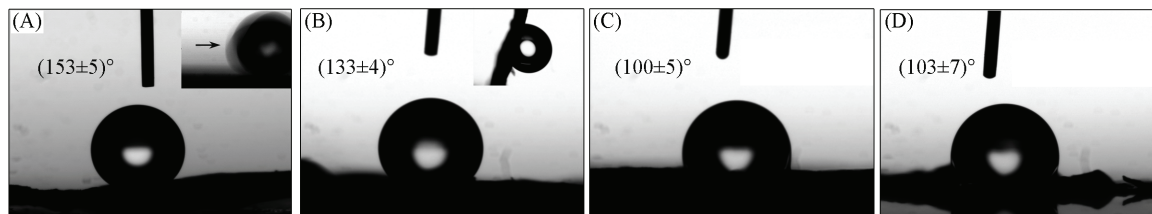


Fig. 4 Pictures of contact angle (CA) and sliding angle of samples

Insert of (A) is the picture of a drop on a fresh lotus leaf, the arrow shows the direction of the drop. Insert of (B) is the picture of sample I when rotated over 90° .

新鲜的荷叶上的液滴处于非稳定平衡状态, 符合 Cassie 方程, 即 $\cos\theta_c = f_1 \cos\theta_1 + f_2$, 式中, f_1 为固-液接触面积分数, f_2 为固-气接触面积分数, 且 $f_1 + f_2 = 1$; θ_1 为 Young 方程中的接触角; θ_c 为表观接触角. 由于新鲜荷叶的乳突顶端有纳米结构, 而这些细小突起之间的空隙都被空气占据, 水滴无法进入, 因此水滴实际上只与乳突顶端部分接触, 所以 f_1 变小, 当 f_1 趋近于 0 时, θ_c 趋近于 180° , 水滴在其表面有很大的接触角, 并且由于水滴与表面接触面积很小, 其相互作用力也小, 因此黏滞力小, 水

滴很容易从叶片上滚落. 样品 I 经过烘烤处理后纳米结构消失, 气体很容易从突起之间的空隙中被水滴挤走, 从而使水滴与乳突的表面完全接触, 水滴和叶片的相互作用变大, 液滴在样品 I 表面达到热力学稳定平衡, 处于 Wenzel 态, 即 $\cos\theta_r = \gamma\cos\theta$, 式中, γ 为反映表面粗糙度的因子, 即实际固液接触面积和表观固液接触面积之比, 且 $\gamma > 1$; θ_r 为 Wenzel 状态下的表观接触角. 可以看出, 当 $\theta > 90^\circ$ 时, 表观接触角 θ_r 增大; 当 $\theta < 90^\circ$ 时, θ_r 减小, 即表面粗糙结构可以增强液体在表面的浸润性, 使液滴在表面上不易滚动. 样品 II 经过有机萃取后表面蜡质变少, 因而接触角进一步减小, 说明表面蜡质对于叶片的疏水性有重要影响, 样品 III 的蜡质去除更为彻底, 而且微米级结构也减少, 接触角也比样品 I 减小很多, 但仍然大于 90° , 说明虽然表面蜡质被去除, 但叶片表面仍然处于疏水状态, 这说明在蜡质下方的植物叶片表皮细胞也具有一定的疏水性.

参 考 文 献

- [1] Neinhuis C., Barthlott W.. *Ann. Bot. London*[J], 2007, **79**: 667—677
- [2] Barthlott W., Neinhuis C.. *Planta*[J], 1997, **202**: 1—8
- [3] Li S., Li H., Wang X., Song Y., Liu Y., Jiang L., Zhu D.. *J. Phys. Chem. B*[J], 2002, **106**: 9274—9276
- [4] Erbil H. Y., Demirel A. L., Avcı Y., Mert O.. *Science*[J], 2003, **299**: 1377—1380
- [5] Blossley R.. *Nat. Mater.* [J], 2003, **2**: 301—306
- [6] ZHANG Ya-Nan(张亚南), XIA Fan(夏帆), WANG Nü(王女), FENG Lin(冯琳). *Chem. J. Chinese Universities(高等学校化学学报)*[J], 2007, **28**(3): 568—570
- [7] Barthlott W.. *Langmuir*[J], 2005, **21**: 956—961
- [8] PAN Li-Ning(潘立宁), DONG Hui-Ru(董慧茹), BI Peng-Yu(毕鹏禹). *Chem. J. Chinese Universities(高等学校化学学报)*[J], 2009, **30**(7): 1371—1374
- [9] Lee S. M., Kwon T. H.. *Nanotechnology*[J], 2006, **17**: 3189—3196
- [10] Herminghaus S.. *Europhys. Lett.* [J], 2000, **52**(2): 165—170
- [11] Feng L., Li S. H., Li Y. S., Jiang L., Zhu D.. *Adv. Mater.* [J], 2002, **14**: 1857—1860
- [12] Cheng Y. T., Rodak D. E., Wong C. A., Hayden C. A.. *Nanotechnology*[J], 2006, **17**: 1359—1362
- [13] Bharat Bhushan, Yong Chae Jung, Adrian Niemietz, Kerstin Koch. *Langmuir*[J], 2009, **25**: 1659—1666
- [14] Kerstin Koch, Christoph Neinhuis, Wilhelm Barthlott. *J. Exp. Bot.* [J], 2004, **55**: 711—718

Effects of Chemical Composition and Nano-structures on the Wetting Behaviour of Lotus Leaves

WANG Jing-Ming^{1*}, WANG Ke¹, ZHENG Yong-Mei¹, JIANG Lei^{1,2*}

(1. *School of Chemistry and Environment, Beihang University, Beijing 100191, China*;

2. *Beijing National Laboratory for Molecular Sciences(BNLMS), Institute of Chemistry, Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China*)

Abstract Anneal, chemical extraction, stripping were used to change the chemical composition and micro-structure on the surface of the lotus leaf. The morphology and chemical composition of samples were characterized by environmental scanning electron microscope(ESEM) and total reflection infrared spectroscopy(ATR). Besides, atomic force microscope(AFM) was further used to avoid other external factors affecting the real morphology of samples. The sample wettability was characterized by the apparent contact angle. The results show that surface hydrophobicity is mainly caused by the wax on lotus leaf surface. The micro-scaled structure enhances its hydrophobicity, and the nano-scaled structure take important role in low tilt angle.

Keywords Lotus effect; Surface wettability; Nano-structure; Atomic force microscope

(Ed.: V, G)