

科研进展

我国重离子径迹中金纳米线研究获重要进展

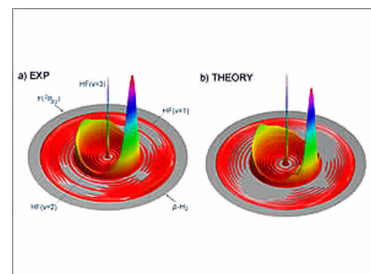
近代物理所刘杰研究员主持的“西部之光”项目“重离子径迹中纳米微针的形成和制备”取得重要进展,金纳米线阵列的相关研究成果发表在《纳米技术》(*Nanotechnology*)上。

由于金纳米线拥有良好的电、热、机械等特性,在纳米电子学领域具有广阔的应用前景。然而,这些特性强烈地依赖于纳米线的形状和晶体结构。利用重离子径迹模板结合电化学沉积的方法可以很好地控制纳米线的晶体结构和形状。该课题组利用高能重离子轰击聚合物薄膜形成离子径迹,经过化学蚀刻获得重离子径迹模板,采用电化学沉积的方法成功地将金填充到纳米尺度的孔道中,制备出了不同晶体结构、直径小到 20 纳米的金纳米线阵列。利用这种方法制备出的纳米线表面光滑、线径均匀。通过对电化学沉积条件的控制,获得了单晶金纳米线和多晶金纳米线,并发现单晶结构金纳米线的择优取向为[110]方向,而多晶纳米线具有较好的柔韧度。另外,他们还利用扫描隧道显微镜对金纳米线的结构进行了分析,确定了多晶金纳米线的晶粒尺寸约为 10 纳米。

共振研究获得新发现

从实验上观测反应共振或者瞬时稳定的过渡态结构是一项最具挑战性的科学难题,大连化学物理所杨学明研究员领导的反应动力学组,利用自行研制的交叉分子束-氢原子里德堡态标识探测方法的新装置获得了 $F+H_2 \rightarrow HF+H$ 的全量子态分辨谱,观测到反应中的 Feshbach 共振。这一最新发现表明:当碰撞能为 0.52

kcal/mol、产物 HF 处在振动能级 $v'=2$ 时,观测到明显的前向散射。这是由于被囚禁在特殊的 $HF(v'=3)-H'$ 振动绝热势内,基态和第一激发的 Feshbach 共振在两个共振之间的结构干涉引发的增强。研究结果发表在近期出版的 *Science* 上。这篇论文是该课题组继 2003 年之后又一次在该杂志上发表的重要文章。美国斯坦福大学教授 Richard N. Zare 针对上述论文在同期刊物上发表了评论文章,题为“反应动力学中的共振”。



科学家研制出具有浸润、变色双功能的“光开关”氧化钨薄膜

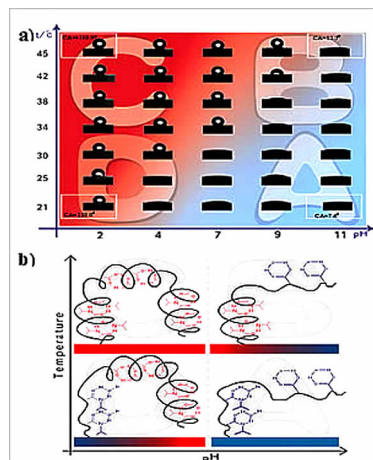
化学所有机固体国家重点实验室功能界面材料小组,在实现了具有“光”、“热”响应的“超疏水/超亲水”智能“开关”表面后,最近与光化学重点实验室的研究人员合作,采用电化学沉积的方法,成功地制备了纳米结构的氧化钨薄膜。将该薄膜交替地暴露在紫外光和黑暗中,有效地实现了光致变色和光诱导浸润/去浸润两种开关性质的有效结合。该研究结果为开发新型的多功能响应的界面材料提供了新的思路。论文发表在近期出版的《德国应用化学》(*Angew. Chem. Int. Ed.*)上。

* 收稿日期:2006 年 4 月 30 日

近几年来该研究小组一直致力于仿生纳米界面材料的研究工作,取得了系列研究成果,已应邀在《化学研究报道》(*Acc. Chem. Res.*)上发表综述文章。

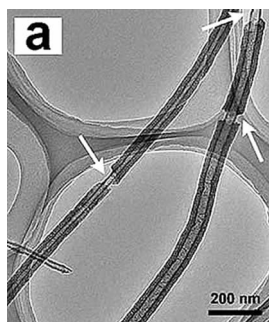
我国制备出可控超疏水超亲水可逆转换薄膜

化学所有有机固体院重点实验室的研究人员,在前期工作基础上,又成功制备了温度、pH 值双响应可控超疏水与超亲水可逆转换薄膜,在温度、pH 值的分别与同时控制下,薄膜的浸润性均可在超疏水与超亲水之间可逆转变。该工作将具有热敏性及 pH 值响应性的高分子同时接致在基底表面,在低温高 pH 值的情况下,高分子与水分子之间形成的分子间的氢键是主要驱动力,此时薄膜为超亲水状态;在高温低 pH 值的情况下,高分子内部的氢键是主要驱动力,此时薄膜为超疏水状态。该研究结果不仅解决了目前单一响应浸润性材料的应用局限性,同时还为双响应乃至多响应浸润性材料的制备提供了一个通用的方法。论文发表在近期出版的《先进材料》(*Adv. Mater.*)上。



我国碳纳米管场效应晶体管和控制制备研究获重要进展

场效应晶体管是薄膜型结构,其中绝缘层的介电常数、致密性和厚度对晶体管的性能影响较大。通常使用的二氧化硅绝缘层的介电常数较低 (3.9),而氧化铝不但介电常数高 (8.610),还具有低渗透性、高热稳定性等优点。但至今还没有氧化铝作为栅极绝缘层包覆一维纳米材料的实验报道,主要是因为氧化铝熔点非常高,无法采用常规技术制作氧化铝绝缘层。为此,化学所有有机固体院重点实验室刘云圻研究员、朱道本院士和他们的研究生,与胶体、界面与化学热力学重点实验室韩布兴研究员、刘志敏副研究员合作,利用超临界流体技术,简单、高效地将氧化铝不连续地包覆在碳纳米管表面,并利用聚焦离子束 (FIB) 直接观察选择合适的带绝缘层的碳纳米管,并在裸露的碳纳米管两端原位沉积 Pt 电极作为源、漏电极,在包覆有氧化铝绝缘层的区域沉积 Pt 电极作为栅电极,制备了场效应晶体管。采用该技术制备的氧化铝绝缘层的漏电流很小,在室温下碳纳米管具有明显的场效应现象,调控器件所需的栅极电压较通常结构的场效应晶体管低,且在一块电路版上的每个器件能分别通过专用的栅电极操控。有关研究成果发表在《先进材料》(*Adv. Mater.*)上。

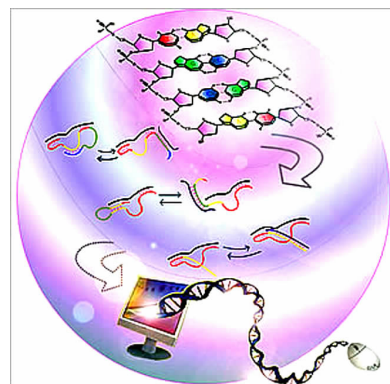


另外,他们提出了一种制备结构和组成可控的分支碳纳米管的新方法——气流波动法。有关研究成果已申请中国发明专利,并发表在近期出版的《纳米快报》(*Nano Letters*)上。

应用 DNA 核酶研制成功一类新型“DNA 逻辑门”

DNA 计算是计算机科学和分子生物学相结合而发展起来的新兴研究领域。由于 DNA

分子具有强大的并行运算和超高的存储能力,DNA 计算将可能解决一些电子计算机难以完成的复杂问题,而且也可能在体内药物传输或遗传分析等领域发挥重要作用。虽然 DNA 计算未来潜力无穷,但是当前仍然有许多瓶颈技术和基础问题需要解决,其中基于 DNA 分子的逻辑门就是实现 DNA 计算的一个重要基础。上海应用物理所的樊春海研究员与上海交通大学的贺林院士等通过深入的学科交叉与合作,应用 DNA 核酶研制成功一类新型的“DNA 逻辑门”。输入信号通过特定的生物分子传感可以产生输出信号,从而实现“YES”、“NOT”等逻辑判断,并可以组合成复杂的三输入逻辑门“AND(A, NOT(B), NOT(C))”。“NOT”与“AND(A, NOT(B), (C))”的组合是一套通用运算符号,因此,理论上图灵机的所有运算均可以通过其组合而实现。该逻辑门系统的新特色在于排除以往 DNA 逻辑门设计中 RNA 核苷的参与,仅单纯应用 DNA 分子,从而避免了 RNA 核苷带来的系统不稳定性。相关研究结果发表在《德国应用化学》(*Angew. Chem. Int. Ed.*)上。



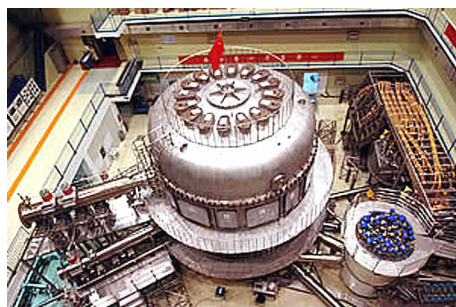
科学家制备出具有优异力学性能的块体纳米晶材料

块体纳米晶材料的制备技术及其性能研究是近年来材料研究的前沿内容之一。纳米晶金属和合金与相应的微米晶材料相比具有高的硬度、良好的耐磨性能、超高的屈服强度和断裂强度以及较低温度下良好的塑性变形能力,这些优异力学性能使其在工程应用领域显示出良好的应用前景。兰州化学物理所固体润滑国家重点实验室和兰州理工大学与英国牛津大学合作,首次采用燃烧合成熔化技术制备出块体纳米晶 Fe_3Al 基材料,与已有的块体纳米晶材料制备方法相比,具有工艺简单、成本低、能耗低、有潜力制备大尺寸纳米晶材料等特点。该技术对纳米晶材料的研究具有重要的理论意义与应用价值。相关研究结果发表在近期出版的《先进材料》(*Adv. Mater.*)上,得到审稿人的高度评价。

EAST 全超导托卡马克完成首次工程调试

由我国自行设计、研制的世界上第一个全超导托卡马克 EAST(原名 HT-7U)核聚变实验装置,于 2006 年 2 月 1 日—3 月 17 日成功进行了首次工程调试。这次工程调试的主要目的是检验主机的性能以及相关分系统的能力,探索未来可行的运行模式,测量主机和主要分系统的关键技术参数,验证各种安全保护系统的可靠性,为年内成功运行提供必要的数据和积累经验。在调试中,最受关注的低温调试和磁体通电测试获得圆满成功。

EAST 装置是国家“九五”大科学工程,其开工报告于 2000 年 10 月获国家发改委正式批准。EAST 装置集全超导和非圆截面两大特点于一身,且具有主动冷却结构,它能产生稳态的、具有先进运行模式的等离子体,国际上尚无成功建造的先



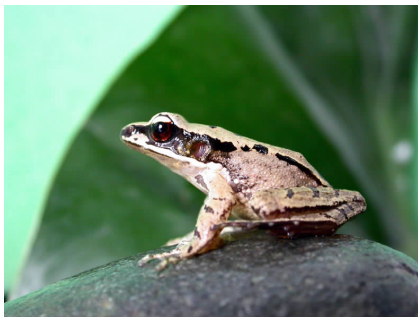
例。项目建设期间,等离子体所的科技人员解决了包括大型超导磁体研制与测试等许多超导托卡马克建设过程中的重大科学和技术问题,获得了一系列具有自主知识产权、可对国民经济产生重要作用的高新技术。EAST 的建设使中国聚变研究向前迈出了一大步,赢得了国内外同行的敬佩和高度关注。EAST 装置的放电持续时间将是 1 000 秒,温度将超过 1 亿度。由于它的等离子体位形及采用的主要的工程技术基础与 ITER 很相似并更加灵活,而且能开展近堆芯的、稳态先进的等离子体高参数运行,这项研究关系到未来聚变堆的物理基础,因而它的成功经验将对 ITER 的建设和研究产生重要影响。

中美科学家的重要发现——中国凹耳湍蛙进化超声通讯

声通讯是动物进化的重要标志。能发声、有听觉的动物,用声音进行种内沟通、求偶配对、繁衍生息或警戒避敌,使种群得以生存。为对抗强噪声干扰,动物采取了不同的进化策略,其中之一是提高声音频率。野外实验发现,凹耳湍蛙的叫声似鸟鸣般婉转动听,还有相当多的能量在超声范围($> 20 \text{ kHz}$),人耳听不见。与绝大多数蛙的鼓膜位于体表不同,凹耳湍蛙鼓膜深陷,有外耳道。凹耳湍蛙的发声和听器官如此异常,引起科学家的极大好奇。

生物物理所沈钧贤研究员及其合作者,用叫声诱发雄蛙发声行为和听觉电生理实验证实,凹耳湍蛙能在流水的轰鸣声之上听得见同种的叫声,交流领地信息。这是动物声通讯进化史上一项重要的新发现,为动物声学及听觉研究开辟了新领域,因为两栖类动物的进化途径完全独立于哺乳动物。研究成果发表在 2006 年 3 月 16 日出版的 *Nature* 上。

凹耳湍蛙有外耳道,除了让研究人员冥思苦想“凹耳是怎样进化”外,也提示科学家开发新的战略或技术,帮助人们在喧闹的背景噪声环境中进行言语交流。美国国立耳聋及其它通讯障碍研究所(NIDCD)所长 James F. Battey 指出,“在通讯与通讯障碍研究方面,研究人员能够从自然界获得大量知识。我们能够从凹耳湍蛙及其它动物为了彼此听和交流而进化的特别机制中学习得越多,就越加充分地了解人的听觉过程。同时,在开发治疗听力损失的新技术方面得到更多的灵感”。



我国科学家成功构建降解六氯苯工程菌

武汉病毒所周宁一研究员领导的环境微生物学科组利用代谢工程成功地构建了降解六氯苯(12 种持久性有机污染物之一)的工程菌,这是第一例纯培养物彻底分解代谢六氯苯的报道。研究成果发表在美国《应用与环境微生物学》(*Applied & Environmental Microbiology*)上。

该学科组对氯代硝基苯、硝基苯、甲基对硫磷、硝基酚、3-羟基苯甲酸等多种芳香烃污染物的微生物降解机理及其代谢途径进行了多年的研究,阐明了多个污染物的代谢途径和降解机理,在国内外重要学术期刊上发表了系列文章,并针对污染物降解菌及其应用等申请了多项专利。目前该学科组正在开展六氯苯、硝基苯和氯代硝基苯污染土壤的生物修复和生物增强研究,为应付突发性环境污染的生物修复打下基础。

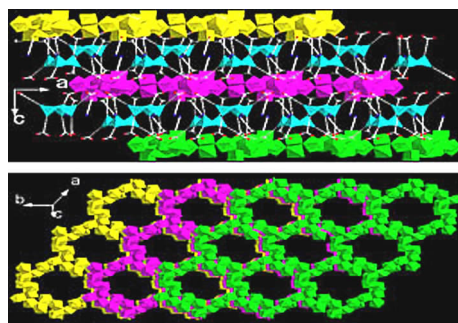
贵州发现海生初龙类爬行动物化石

初龙类是爬行动物演化历史上的一个重要类群,其复杂而多样的早期门类繁盛于 2 亿多年以前的三叠纪时期,一般被通称为“槽齿类”,后来的恐龙、翼龙和鳄类等中生代爬行动物的主要门类都是初龙类的重要分支。古生物学家曾经发现过海相地层中保存的“槽齿类”化石,但是这些化石都比较残破,并且本身没有明显适应于水生(海洋)环境的特征,因此都被认为是动物死亡以后被冲刷到海洋中保存成化石的。最近,古脊椎动物与古人类所李淳研究员及其合作者首次发现了海相地层中保存的“槽齿类”完整骨架,并在化石上找到了一系列的水生特征,打破了古生物学界长期以来“槽齿类没有进入海洋”的结论。该标本是在我国贵州省盘县的三叠纪海相地层中发现的,包括两具基本完整的骨架和一个单独的头骨。他们将这个新物种命名为“混形黔鳄”,意思是在贵州发现的具有混合特征的鳄形动物。研究成果被近日出版的《自然科学期刊》(*Naturwissenschaften*)以封面文章形式报道。

自 1998 年以来,在我国贵州省的关岭、兴义以及盘县等地相继发现了大量三叠纪不同时期的海生爬行动物化石,这些化石基本上可以与欧洲的类似动物群相对应。该课题组近期发现了一些比较特殊的化石,引起国际古生物学界的浓厚兴趣,相关成果多次在《古脊椎动物学报》、《科学》等国内外重要期刊上发表。即将在北京召开的第 2 届国际古生物学大会已经专门设立三叠纪海生爬行动物的研究论坛和与之对应的贵州野外考察。

我国稀土轮簇研究取得重要进展

福建物构所杨国昱研究员领导的课题组在稀土轮簇研究领域,首次成功地合成了二个含有三十六核稀土轮簇(Ln₃₆;尺寸达 2.88 nm)单元的聚合物,突破了目前十五核稀土轮簇的记录。值得注意的是,结构中第一及第二配体的作用截然不同。虽然第二配体的配位模式多达 15 种,但仅以一种配位模式通过螯合作用来稳定三十六核稀土轮簇,轮



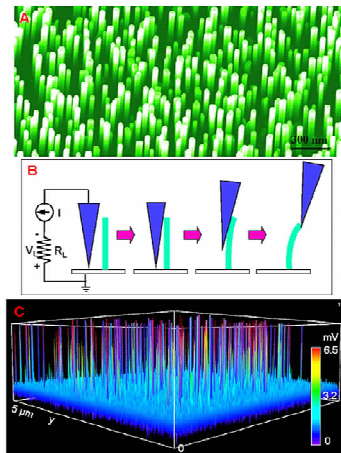
簇间通过共用四核的稀土-羟桥单元形成二维层状簇聚物;结构中第一配体的配位模式由十四核稀土团簇结构中的 4 种减到 2 种,并且充当桥联配体连接层状三十六核轮簇聚合物及三核过渡金属簇。结构中第一及第二配体高度“协同配位”构建了三明治型三维空旷骨架,该骨架具有多种交叉孔道。研究结果发表在《德国应用化学》(*Angew. Chem. Int. Ed.*)上,审稿人给予了高度评价,认为:该文的重要性不仅在于提供了新颖配位模式的配体和簇单元,而且这些发现在构建拓展孔状无机固体方面提供了新的指导。

科学家研制出世界上最小的发电机——纳米发电机

美国佐治亚理工学院教授、中国国家纳米科学中心海外主任王中林和他的博士生宋金

会等成功地在纳米尺度范围内将机械能转换成电能,研制出世界上最小的发电机——纳米发电机。该成果被 2006 年 4 月 13 日出版的 *Science* 长篇报道。这一重大发现开启了纳米科学和技术的新篇章。

由于纳米器件具有尺寸微小、功耗小、反映灵敏等宏观器件所不具有的独特优势,因此一直是纳米学术界最前沿、最活跃的研究领域。研制最新的无线纳米器件,无线纳米系统对于实时同步内置生物传感器和生物医药监控,生物活体探测具有重大的意义。任何生物体内置的无线传感器都需要电源,一般的来说,这些传感器的电源都是直接或者间接来源于电池。如果这些传感器能从生物体内自己给自己提供电源,并且实现器件和电源的同时小型化是科学家们一直所梦寐以求的。王中林等的发现为解决该难题奠定了原理性的原创性贡献。更重要的是这一纳米发电机的发电效率可达到 17%—30%,为自发电的纳米器件奠定了物理基础。国际纳米技术领军人,哈佛大学 Charles Lieber 教授评价说“该工作是极其令人振奋的,因为它提出了解决纳米技术中一个极其要害问题的方案,那就是如何实现许多研究组所发明的纳米器件的供电问题……在认识和解决该重大科学和技术问题上王教授充分发挥了他的原创性,那就是利用他所先创的氧化锌纳米线来实现把力能转换为电能”。



我国研制出新概念水下机器人

沈阳自动化所自主研发的“混合型水下机器人(ARV)关键技术研究”及“水下滑翔机器人研究”顺利通过验收。这标志着该所在新概念水下机器人研究方面又有新的技术突破。

ARV 是一种集自治水下机器人(AUV)和遥控水下机器人(ROV)技术特点于一身的新概念水下机器人。它具有开放式、模块化、可重构的体系结构和多种控制方式(自主/半自主/遥控),自带能源并携带光纤微缆,既可以作为 AUV 使用,进行大范围的水下调查,也可以作为 ROV 使用,进行小范围精确调查和作业。与传统的 AUV 相比,ARV 可以携带机械手,增加了作业能力,而与传统的 ROV 相比,ARV 将作业范围从几百米扩展到几公里。因此,这种新概念水下机器人可在大范围、大深度和复杂海洋环境下进行海洋科学研究和深海资源调查,具有更广泛的应用前景。课题组解决了多模式控制、模块化结构、光纤微缆应用等一系列关键技术,成功研制出我国第一台 ARV 水下机器人样机。

目前水下滑翔机是国际上的研究热点,它是一种无外挂推进器的新型水下机器人。它借助改变自身浮力和重心在水下做滑翔运动,具有航行阻力小、能源利用率高、航行距离大、噪声低、成本低、回收方便等优点,可在海洋监测与探测领域发挥重要作用,具有广阔的应用前景。沈阳自动化所在我国率先研制成功了水下滑翔机功能样机。2005 年 10 月,研制的水下滑翔机器人样机成功进行了湖上试验。试验表明水下滑翔机器人的运动机理、驱动原理和载体设计优化等的关键技术已经得到解决。