

科研进展*

国家重大科学工程北京正负电子对撞机重大改造工程通过国家验收

由高能所承担的国家重大科学工程——北京正负电子对撞机重大改造工程(BEPCII)于7月17日顺利通过由国家发改委组织的国家验收,投入正式运行。BEPCII是目前我国重大科学工程中最具挑战性和创新性的项目之一。该工程项目建议书于2003年3月获国家发改委批准,2004年1月正式开工建设。经过近5年的努力,2008年7月,BEPCII/北京谱仪III完成各项建设任务,观测到正负电子对撞产生的第一批 $\psi(2S)$ 事例。2009年5月,对撞机的主要性能参数亮度在1.89GeV能量下达到 $3.01 \times 10^{32} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$,达到设计指标,是改造前的33倍以上,是康奈尔大学CESRc的4倍以上,在粲能区居国际领先水平。在2009年3—4月的高能物理运行期间,BEPCII/BESIII仅用40天就获取了1.12亿事例,分别超过此前世界上采集数据量最大的加速器康奈尔大学的CESRc的4倍和北京谱仪II的3倍。

BEPCII采用最先进的双环交叉对撞技术,创造性地克服了储存环隧道狭窄、对撞区短的难度,最大限度地利用原有设施,设计对撞亮度较原来提高30—100倍,并实现了“一机两用”(即高能物理和同步辐射两用),使BEPCII在世界同类型装置中继续保持领先地位,成为国际上最先进的双环对撞机之一。该自主研发的设备超过85%,有力地推动了国内相关高技术领域的发展。在工程建设期间,累计提供了4轮5个月的同步辐射专用光运行,接待了700多个课题进行实验,取得了大批成果,创造了在大型加速器的建设过程中提供同步辐射专用光服务的国际先例。



利用比热手段证明氧化物超导体正常态有电子库珀对存在

物理所SC1小组闻海虎等研究人员,近年来深入研究了非常规超导体的低能准粒子激发性质。他们坚持氧化物高温超导单晶的制备,获得了系列掺杂的高质量氧化物超导体单晶 $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{CuO}_6$,开展了系统的研究工作。该系列样品超导转变温度较低,便于用较低磁场破坏宏观超导。另外,他们在现有商用仪器基础上,不断革新,在克服了诸多技术问题后,在比热测量精度和降低系统误差方面获得重要进展,达到了对实验精度的要求。在这两个条件基础上,他们在 $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{CuO}_6$ (Bi-2201)单晶上成功测量出与超导相关的熵的变化,首

* 收稿日期 2009年8月31日

次从熵的角度,证明欠掺杂的氧化物超导体不满足 BCS 物理图像:在正常态已经有部分电子库珀对存在,而超导转变则对应相位相干特性的建立。该工作发表在 *Phys. Rev. Lett.* 上。

发现异常大的各向异性磁电阻效应

宁波材料技术与工程所研究员李润伟课题组与日本国家材料科学所、中科院物理所、美国佛罗里达国际大学、路易斯安娜州立大学合作,在钙钛矿型锰氧化物单晶中首次观察到了异常大的各向异性磁电阻 (Anisotropic Magnetoresistance-AMR) 效应,其数值可达 90% 以上,比传统铁磁材料中的 AMR 效应高出近两个数量级。他们发现,该异常的 AMR 效应与钙钛矿型锰氧化物中磁场可调的金属-绝缘体转变密切相关,从而为探索新型 AMR 材料及其应用提供了新思路。该研究成果 8 月 11 日刊登在 *PNAS* 网络版。

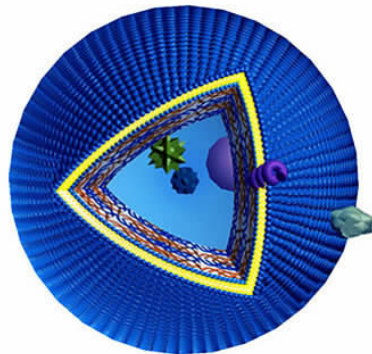
阿秒脉冲的啁啾控制研究获新突破

HHG 与阿秒脉冲的产生是重要的前沿科学研究领域。阿秒脉冲能以前所未有的精度探测超快电子动力学,引起了人们的极大关注。目前,该领域最重要的科学目标之一就是要获得尽可能短的高次谐波阿秒脉冲。为了动态补偿阿秒脉冲的固有啁啾,上海光机所强场激光物理国家重点实验室徐至展、李儒新研究组在强场高次谐波 (HHG) 的驱动基频激光场上叠加一个弱的倍频场,通过调节双色场之间的相对延迟,可使啁啾的补偿实现从负到正的连续变化。采用这种新方法,他们第一次在实验上实现了对阿秒脉冲负啁啾的补偿,并获得了近变换极限的阿秒脉冲。研究结果发表在 7 月 24 日出版的 *Phys. Rev. Lett.* 上。审稿人对该工作做出了高度评价:“.....报道了一种阿秒脉冲啁啾补偿的新方法。现有的啁啾补偿方法有很多限制,因此发现新方法是重要的。”“该篇论文标志着在实现阿秒光源完全控制的道路上前进了一步。”

分子仿生研究领域取得系列成果

化学所胶体、界面与化学热力学重点实验室研究人员,近年来一直致力于“分子仿生”研究,并取得了系列研究成果,最近受英国皇家化学会综述期刊 *Chem. Soc. Rev.* 的邀请,在该刊上发表题为“Molecular Assembly and Application of Biomimetic Microcapsules”的综述文章,全面系统地介绍了该小组近几年的工作。

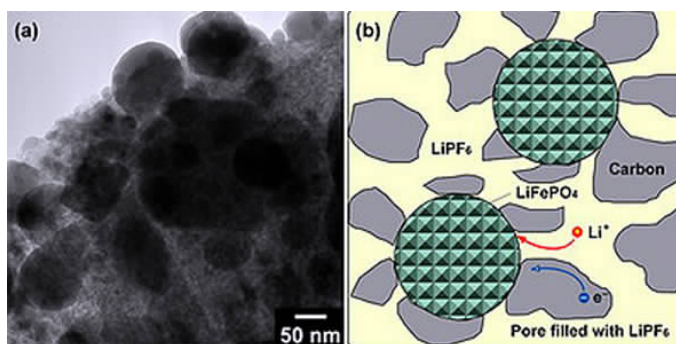
该课题组基于分子仿生的思路,利用分子组装技术构筑了磷脂双层修饰的聚电解质或蛋白质微胶囊,发展了一类新的仿生膜结构体系。与传统的脂质体相比,组装的仿生膜结构,更能通过分子组装技术模拟活性细胞的生物功能,为生物物理和化学研究提供了新的生物膜模型。在此基础上,对组装膜的结构与功能在分子水平上进行调控,可使组装体系在某种程度上具有细胞膜的功能。此类组装的仿生体系可用作药



物和基因的输送与可控释放。另一方面,该仿生微胶囊也能用于生物纳米器件的设计和制造。利用分子组装技术将从植物中提取的生物分子马达(ATPase)组装到仿生微胶囊上,分子马达的生物活性能很好地被保留下来,通过改变外界的物理化学条件可以控制体系中马达的旋转及ATP的合成速率。同时组装的中空聚电解质微胶囊可用作合成ATP的存储器,这些活性仿生体系的建立,有助于进一步详细地研究活性蛋白在仿生体系中的功能以及构造新的纳米生物器件。

研制出高性能锂离子电池正极材料

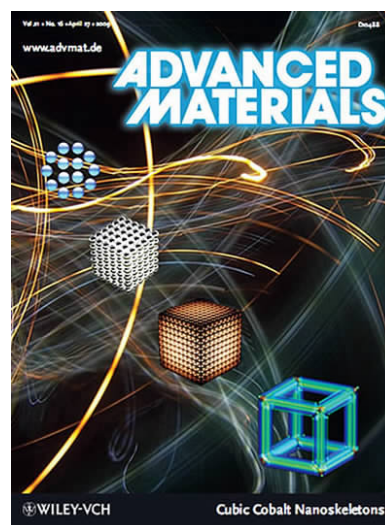
化学所分子纳米结构与纳米技术院重点实验室研究人员,长期致力于纳微结构储锂电极材料研究。在前期工作中他们提出“分级三维混合导电网络”指导下电极材料设计的新思想,通过构筑出同时具有纳米级和微米级三维混合导电



网络结构的正负极材料,大大提升了锂离子电池的能量密度和功率密度,研究结果分别发表在 *Adv. Mater.*, *Chem. Mater.* 等刊物上。最近,他们通过纳微结构设计和碳包覆提高了合金负极、碳负极和氧化物负极材料的储锂容量、倍率性能和循环性能,研究成果发表在 *Adv. Mater.*, *Adv. Funct. Mater.*, *Electrochem. Commun.*, *J. Phys. Chem. C* 上。在此基础上,他们又设计出一种三维混合导电网络结构电极材料,并成功地在正极材料 LiFePO_4 上得到验证。他们将 LiFePO_4 纳米颗粒均匀的镶嵌在多孔碳中,开发出倍率性能优异的复合正极材料。电池测试结果表明,该复合正极材料不但可以在 16 秒内完成超快速充电和 16 秒内完成超快速放电过程,而且在 1.5C 倍率下 700 次充放电循环后,容量保持率仍可达 97% 以上。研究结果发表在近期 *Adv. Mater.* 上,并被 Energy Research News 网站报道。

空心纳米笼制备取得新进展

金属纳米颗粒由于优异的催化性能及磁性等已在许多领域得到广泛应用。近年来,空心纳米结构由于具有质轻、高比表面、大空腔等特点,且常常表现出实心材料所不具备的独特性能,因而成为纳米材料研究的热点领域。化学所光化学学院重点实验室姚建年研究组与过程所袁方利副研究员合作,在前期工作的基础上,通过原位反应过程中加入刻蚀剂,发展了一步水热刻蚀法用于空心纳米结构的制备,成功制备出立方钴纳米笼,研究成果发表在近期的 *Adv. Mater.* 上,并被选为当期封面。这一研究结果表明,液相刻蚀法可以实现过



渡金属空心纳米结构的可控性制备,为剪裁过渡金属材料的性质开辟了新的途径。该论文发表后,被自然出版集团的网络周刊(*NPG, Asia Materials*)以 Highlight 的形式报道。

构造石墨烯纳米结构研究取得新进展

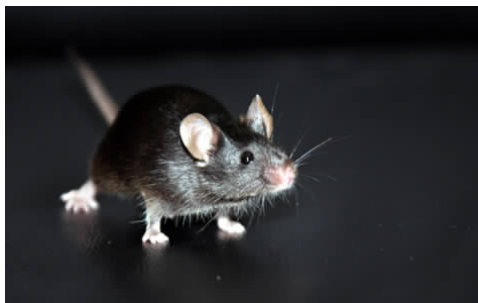
国家纳米科学中心方英研究组,通过实验研究,发展出一种非常有趣的,可用于石墨烯结构工程的方案。他们利用 AFM 深入研究了软基底(PMMA)上石墨烯的纳米结构的构造。当体系从 PMMA 的玻璃化温度以上开始冷却时,石墨烯的边缘出现纳米尺度的周期性褶皱。他们认为,石墨烯和 PMMA 之间较大的热膨胀系数差别是产生周期性褶皱的原因。PMMA 在冷却过程中很快收缩,对石墨烯产生应力。为了克服应力,石墨烯在边缘扭曲。该方法开辟了一条在石墨烯中引入纳米结构的新途径,使进一步研究这些周期性褶皱的对石墨烯电学性质的影响成为可能。相关结果发表在 8 月 5 日的 *Nano Letters ASAP* 上。

硫肽类抗生素生物合成研究取得进展

上海有机化学所刘文研究组,通过最为典型的硫链丝菌素及其类似物盐屋霉素 A 的比较研究,发现硫肽类抗生素起源于一条核糖体编码的前体肽,经过包括环化脱水/脱氢形成噻唑/咪唑环、脱水形成脱水氨基酸以及[4+2]环合反应等后修饰步骤构建了这一家族化合物所共有的特征性结构。根据这一生物合成的共同性体现在遗传上的保守性,该研究组通过基因组扫描的方法,发现了多个微生物具有产生新型硫肽类抗生素的潜力,并在结构解析的基础上验证了一株芽孢杆菌产生的微球菌素。而这株菌株自发现和保藏以来,从未发现过具有产生硫肽类抗生素的能力。这一研究对于发展新型硫肽类抗生素药物具有重要的意义。相关论文发表后,得到了 *Nature* 系列杂志 *Science-Business eXchange* 以及 *Angew. Chem. Int. Ed.* 的亮点评述。

利用 iPS 细胞(诱导性多能干细胞)培育出健康小鼠

iPS 细胞全称为诱导性多能干细胞,是由体细胞诱导而成的干细胞,具有和胚胎干细胞类似的发育多潜能性。iPS 的研究突飞猛进,但是 iPS 细胞是否真正拥有胚胎干细胞一样的全能性? 是否能够真正媲美胚胎干细胞呢? 当将胚胎干细胞注射进 4 倍体的小鼠早期胚胎(没有进一步发育能力,仅提供营养环境的胚胎),再移植入代孕母鼠体内,胚胎干细胞可以发育成正常的小鼠,4 倍体囊胚注射方法是验证细胞是否具有全能性的“黄金标准”。动物所周琪研究组和上海交通大学医学院曾凡一研究组,制备了 37 株 iPS 细胞,利用其中 6 株 iPS 细胞系注射了 1 500 多个 4 倍体胚胎,最终 3 株 iPS 细胞系获得了共计 27 个活体小鼠,经多种分子生物学技术鉴定,证实该小鼠确实从 iPS 细胞发育而成,有些小鼠现已发育成熟并且繁殖了后代,这是世界上第一次获得完全由 iPS 细胞制备的活体小鼠,有力地证明了 iPS 细胞具有真正的全能性。这项工作为进



中国科学院

一步研究 iPS 技术在干细胞、发育生物学和再生医学领域的应用提供了技术平台,将 iPS 细胞研究推到了新的高度,也为中国在这一国际热点研究领域做出了重要的贡献。2009 年 7 月 23 日, *Nature* 在线刊发了该成果。

首次从蜘蛛类群中鉴定出信息素成分

动物所博士生肖永红、研究员张健旭、研究员李枢强利用 GC-MS 的定性定量分析和行为学测定相结合的途径,从北京幽灵蛛 (*Pholcus beijingensis*) 织结的蛛网上分离鉴定出了该种蜘蛛的雌性信息素——(E, E)- 法尼醇乙酸酯和十六碳乙酸酯混合物(浓度比为 2:1),它们对雄性蜘蛛具有显著的吸引作用。这是中国科学家首次从蜘蛛类群中鉴定出信息素成分,也是国际上首先发现蜘蛛的多组分信息素。该项研究已于 7 月 10 日在线发表于国际化学生态学会期刊《化学生态学杂志》上。7 月 29 日,“自然·中国”网站将该成果选为来自中国大陆和香港的突出科学研究成果,分别在化学以及生态学和进化栏目作为“亮点”进行了报道。

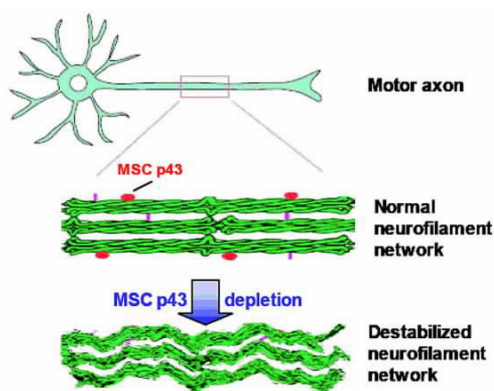


发现神经递质 GABA 引起 NG2 胶质细胞钙信号及细胞迁移的新颖机制

上海生科院神经科学所段树民研究组董小萍等应用多种手段研究表明 NG2 胶质细胞表达的钠通道有一种慢失活成份。进一步研究发现 NG2 胶质细胞对神经递质 GABA 的反应和非成熟神经元的反应一样,都是产生兴奋性去极化反应,并使细胞内钙升高。与非成熟神经元的反应不同的是,GABA 引起的 NG2 细胞钙升高并不是通过钙通道的激活,而是由于激活了钠通道的慢失活成份,从而使细胞内钠升高,继而通过钠-钙交换体使细胞内钙升高。进一步研究表明这一新颖的钙升高通路对 GABA 引起的 NG2 胶质细胞在脑内的迁移起关键作用。这些发现不但揭示了 NG2 胶质细胞新颖的钙信号机制,对理解发育早期 NG2 细胞在脑内的迁移机理及脑损伤后 NG2 细胞向损伤区迁移并参与髓鞘修复的机理也具有重要意义。研究论文发表在 7 月 13 日的 *Journal of Cell Biology* 上。同期杂志在“本期新闻”栏目以“脑修复细胞对 GABA 的跟随反应”的短文对该论文给予重点介绍。

神经元轴突发育新成果

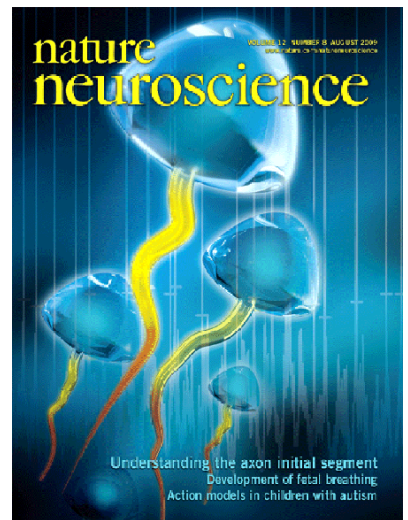
人和动物肢体运动的控制离不开脊髓运动神经元的参与,但是目前对于脊髓运动神经元发育的分子机制并未完全了解。上海生科院神经科学所周嘉伟研究组研究发现,蛋白翻译合成过程所需的氨基酸 tRNA 合成酶复合物的一个辅助因子 MSC p43 在脊髓



运动神经元轴突发育过程中发挥了关键作用。MSC p43 蛋白与神经中间丝蛋白 neurofilament (一类神经元特异的细胞骨架蛋白) 的轻链 NF-L 之间存在直接相互作用, MSC p43 基因敲除后,小鼠神经元 neurofilament 的组装发生明显障碍,脊髓运动神经元轴突发育显著迟缓,在整体动物行为上表现为运动能力的下降,表明 MSC p43 蛋白对轴突发育必不可少。进一步观察发现, MSC p43 蛋白参与神经元轴突发育过程中所必需的 neurofilament 蛋白磷酸化正常水平的维持。这些发现揭示了 MSC p43 在神经系统的新功能,有助于理解轴突发育及其调节过程,同时, p43 缺失所致功能异常可帮助进一步研究脊髓运动神经元轴突退行性病变的分子机理。PNAS 于 8 月 26 日在线发表了该研究成果。

解析动作电位爆发和传播的机制

上海生科院神经科学所舒友生研究组胡文钦等应用免疫荧光染色的方法发现高阈值的钠通道亚型 Nav1.2 聚集在 AIS 的近端, 而低阈值亚型 Nav1.6 聚集在 AIS 远端——对应于动作电位的爆发位点;应用电生理和计算机模拟等方法发现 AIS 远端的 Nav1.6 促进动作电位的爆发, 近端的 Nav1.2 促进动作电位向胞体和树突的反向传播。这样,两种钠通道亚型在动作电位的爆发和反向传播中的贡献截然不同。由于动作电位的爆发阈值决定了神经元的兴奋性, 同时, 反向传播的动作电位又是特定突触可塑性的基础;因此, AIS 上钠通道亚型是有效控制神经系统兴奋性和可塑性的重要靶向分子。该研究试图回答神经科学领域的一个基本问题:动作电位的产生和传播的机制是什么? 研究论文发表在 7 月 26 日的 *Nature Neuroscience* 上并被作为当期封面。同期的 News and Views 还发表了斯坦福大学 Dulla 和 Huguenard 教授对该论文的重点介绍。



揭示线粒体基因组的选择压力与动物运动能力相关

昆明动物所张亚平研究组与施鹏研究员合作,提出了与能量供应相关的线粒体基因在不同飞行能力的鸟类中受到了不同的选择压力的科学假说。张亚平院士指导的博士研究生沈永义和孙艳波通过对 76 个鸟类线粒体全基因组序列的比较和分析,证实了飞翔退化组的鸟类线粒体基因所受到的选择压力显著地小于飞翔组。飞翔能力退化的鸟类,由于不飞行,需要比较少的能量就能维持其运动,因此在飞翔能力退化的鸟类线粒体基因组中,即使发生轻微影响功能的突变,使其产能效率降低,对个体的生存、繁衍没有太大的危害。因此,在飞翔能力退化的鸟类中的选择压力显著地放松,积累了更多的轻微影响功能的突变。为了进一步揭示这个科学假说的普遍性,他们进一步研究了 214 个哺乳动物线粒体基因组。同样发现,奔跑运动能力弱的哺乳动物线粒体基因组受到的选择压力比奔跑运动能力强的哺乳动物显著地放松。该研究揭示了动物系统发育研究中最流行的标记——线粒体基因组



中国科学院

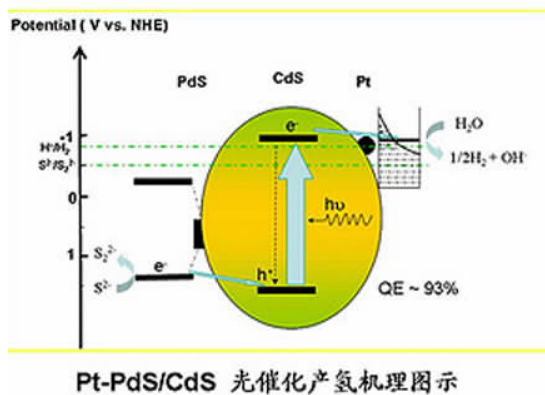
的进化并非传统认为的中性进化,物种运动功能相对应的能量需求对线粒体基因组的进化有很重要影响,因为线粒体在能量代谢过程中起关键作用。该研究论文已在线发表于 *Genome Research* 上。

全球变化生态学研究成果

植物所万师强研究组从 2006 年 4 月开始,在内蒙古典型温带草原开展了一个包括 4 种处理的实验:对照、白天增温(6 点—18 点)、夜间增温(18 点—次日 6 点)和全天增温(24 小时)。经过 3 年的处理和对土壤呼吸的测定,研究人员发现:不论是对土壤呼吸代表的碳释放还是总生态系统生产力代表的碳吸收而言,全天增温的效应均小于白天和夜间的增温效应之和。该研究结果说明不能利用全天增温的效应来预测自然条件下发生的昼夜不对称增温对陆地生态系统碳循环的影响,从而否定了利用平均温度作为气候驱动因子的模型中的第二种假设。同时为改进和完善气候变化-碳循环反馈关系的模型模拟和预测提供了直接、关键的实验证据和参数估计。研究论文发表在 *Biogeosciences* 上。8 月 13 日出版的 *Nature* 在 Research Highlights 中以“*As different as day and night*”为题报道了该成果,肯定了该项研究的重要意义。

太阳能光催化制氢取得新进展

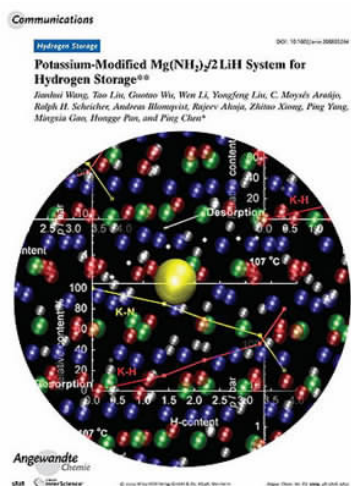
太阳能光催化制氢作为解决能源危机和环境问题的一个重要途径,受到世界各国的高度重视。提高可见光区量子效率是该领域的研究目标和最大挑战之一。大连化物所李灿院士研究组利用双共催化剂发展了 Pt-PdS/CdS 三元光催化剂,在可见光照射下,利用 Na₂S 作为牺牲试剂,产氢量子效率达到 93%,这是迄今为止报道的光催化产氢最高的量子效率。该工作作为 priority communication 发表在近期的 *Journal of Catalysis* 上。美国 C&E News 立即进行了 a full-page story 的报道。其中,日本东京大学光催化研究专家 K. Domen 教授也给予了高度评价,认为该工作提供了一种人工设计高效光催化剂的方法。这是李灿研究组继在光催化剂表面异相结和异质结及其光催化制氢性能的研究工作之后在太阳能光催化制氢方面取得的又一进展。该工作提出了一种人工模拟光合作用设计高效光催化剂的思路,即通过分别组装合适的氧化和还原双共催化剂在空间上避免光生电荷复合,可以极大地提高光生电荷的分离和传输效率,从而大幅提高量子效率。这对发展太阳能高效光催化剂及光催化制氢和还原 CO₂ 过程具有重要指导意义。



储氢材料研究取得新进展

氢能作为一种清洁的二次能源受到广泛关注。开发高性能新型储氢材料成为当前的研

究热点。自 2002 年大连化学物理所陈萍研究员开创金属氨基化合物储氢体系以来 (*Nature*, 420, 302-304), 十几种衍生物被不断发掘出来。其中, $\text{Mg}(\text{NH}_2)_2/2\text{LiH}$ 储氢体系因其具有较高的可逆储氢容量与合适的热力学性质而具有应用潜力。由热力学计算得出, 该体系可以在低于 90°C 的条件下吸放氢。但由于较大的动力学阻力, 实际操作温度往往高于 180°C 。最近, 陈萍研究组发现向该体系中加入少量的氢化钾, 其反应动力学性能得到显著改善, 吸放氢温度可降低至 110°C , 接近质子交换膜燃料电池的操作温度。同时该成果对于催化异质固相反应的研究提供了一条新思路, 具有重要的指导意义。该成果以“通讯”的形式刊登在近期的 *Angew. Chem. Int. Ed.* 的扉页上, 并获得业内人士的高度评价。



超高分子量聚乙烯在海水介质中的摩擦磨损性能研究获进展

兰州化学物理所薛群基、阎逢元研究组对海水润滑条件下超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 分别与易腐蚀对偶 (GCr15 钢) 和耐腐蚀对偶 (化学镀 Ni-P 镀层) 对摩时的摩擦磨损行为进行了研究, 并与其在干摩擦、水润滑和 3.5 wt.% 氯化钠溶液润滑条件下的摩擦磨损性能进行了对比。研究发现, 在水相介质润滑条件下, UHMWPE 的摩擦磨损性能主要依赖于对摩面的腐蚀和介质的润滑作用。基于对 UHMWPE 磨损表面形貌的扫描电镜和三维轮廓分析, 研究人员提出了粘滑动力学机制来说明 UHMWPE 的花纹磨损。该项研究是 UHMWPE 在海水润滑应用研究中的一项突破。研究结果发表在 *Tribol. Lett.* 上。

研制成功 10GHz 8-bit 超高速 DDS 芯片

微电子所微波器件与集成电路研究室 HBT 超高速电路小组刘新宇研究员和金智研究员等研制成功两款基于 $1\mu\text{m}$ GaAs HBT 工艺的 8-bit 超高速直接数字频率综合器 (Direct Digital frequency-Synthesizer, DDS) 芯片 DDS1 和 DDS2。

据测试结果表明, DDS1 可在大于 10GHz 内部时钟频率下正常工作, DC-5GHz 输出频率范围内的无杂散动态范围为 26dBc; DDS2 可在大于 5GHz 内部时钟频率下正常工作, DC-2.5GHz 输出频率范围内的无杂散动态范围为 45dBc。这两款超高速 DDS 芯片的研制成功, 不仅大大提升了国内 DDS 电路的最高频率, 同时也显示了其在当前国际上 GaAs HBT 基 DDS 芯片时钟频率的最高水平。该两款超高速 DDS 芯片的研制成功, 大大提升了微电子所在超高速数模混合电路方面的科研实力, 为今后研制更高性能的电路打下了坚实的理论和设计基础。



中国科学院