

·成果简介·

在国际合作中推进新型纳米结构的 组装及规律研究

——重大国际(地区)合作项目成果介绍

杨俊林 黄宝晟 高飞雪

(国家自然科学基金委员会化学科学部,北京 100085)

[关键词] 重大国际合作项目,分子纳米结构,纳米器件

国家自然科学基金重大国际(地区)合作研究项目(以下简称重大国际合作项目)设立于2001年,旨在顺应科学研究国际化趋势,最大限度地利用国际科学资源,增强我国基础研究的国际竞争能力,推动我国基础研究若干领域进入国际先进行列。该类项目根据“有所为、有所不为”的方针,体现有限目标、重点突出和重视学科交叉的原则,以我为主、平等合作、互利互惠、成果共享,将合作的战略目标定位在促进我国科学研究自主创新能力上^[1]。

中国科学院化学研究所万立骏研究员负责执行的重大国际合作项目“功能性分子纳米结构的构筑、控制与原理型纳米器件研究”(资助号20520140277,研究期限2005年1月—2007年12月)以丰硕的成果在2008年5月化学科学部与国际合作局举行的重大国际合作项目结题验收会上被评为“特优”,是同期结题验收的13个重大国际合作项目中惟一获得评审组全优评价的项目。

项目执行的3年来,万立骏研究员紧紧围绕功能性分子纳米结构等纳米科技领域的基本科学问题开展了一系列研究工作。在与Itaya教授合作的同时,还进一步拓展了国际合作范围,与美国Utah大学的Peter J. Stang教授、日本北海道大学的M. Osawa教授等又建立了合作关系,有效地开展了持续深入的实质性合作,使得该项目取得了令同行专家广泛赞同的丰硕研究成果。

主要研究成果如下:

1 配体及其金属配合物表面组装的研究

开展了一系列关于配体及其金属配合物表面组

装的合作研究。在Au(111)和石墨表面成功构筑了系列金属配合物分子的纳米结构,并利用扫描隧道显微镜直接观察到了分子的各种形态,从而进一步加深了对分子间相互作用、分子与不同基底间的位向关系的理解,为表面自组装理论的发展提供了重要实验证据。这些研究结果相继发表在国际权威杂志,如美国科学院院刊*Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (2005, 102, 971)和美国化学会志*J. Am. Chem. Soc.* (2005, 127, 16279)上。国际杂志*Materials Today*对相关文章给予了专题评价,称这些工作“对分子组装和器件研究具有重要意义”。

2 外场诱导调控功能性分子纳米结构

该合作研究集体首先利用紫外光照射对有机分子纳米结构进行了有效的调控。有关研究成果相继发表于物理化学杂志*J. Phys. Chem. B* (2005, 109, 14773)和*J. Phys. Chem. B* (2006, 110, 3185)上。他们还采用了控制电极电位的方法,利用电化学扫描隧道显微镜,通过表面增强红外吸收光谱共同研究了4,4'-联吡啶分子在Cu(111)表面的吸附结构(Langmuir 2006, 22, 3640)。他们在通过热处理手段调控分子纳米结构过程中,发现氟代双核1,3,2-dioxaborines(DOB)衍生物分子在高定向裂解石墨(HOPG)表面可以形成有序的二维纳米结构,经过热处理后,该分子的条状排列结构转变为六角方式排列,这为构筑分子功能纳米结构又提供了一个新的思路。该文被选为*Angew. Chem. Int. Ed.* (2006, 45, 3996)杂志的VIP(very important paper)文章之一,被认为是“第一次热诱导调控的分子从反

本文于2008年9月1日收到。

式到顺式结构变化引起的组装结构人为调控”。

3 单分子及表界面行为的研究

该合作研究集体在研究二维表面有机功能分子纳米基元的构筑过程、组装结构及相关性能时,发现了烷基桥连双寡聚噻吩分子(4T-tm-8T和4T-tm-4T, 4T: quarterthiophene; tm: trimethylene; 8T: octithiophene)吸附结构的多样性和结构转化规律。研究结果发表在美国科学院院刊 *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* (2007, 104, 3707)上。国际杂志 *Materials Today* 以及美国化学会网站 Heart Cut 栏目对此进行了专题评论,称其对“单分子研究以及寡聚噻吩分子器件的构筑具有重要意义”。

4 发展自组装技术,通过自组装集成化尝试构筑新型材料

他们利用自组装技术,将四吡啶基锌卟啉一维纳米结构组装成为三维的高级近晶状超结构,在单分散纳米材料的自组装集成化研究方面进行了成功的尝试。部分研究结果发表在国际杂志 *J. Am. Chem. Soc.* (2005, 127, 17090)上。结果发表后立即受到国际光子谱学杂志 *Photonics Spectra* 的关注,并进行了专题报道(*Photonics Spectra*2006年1月26日),文中称其为“少见的可将有机自组装结构制备成高级结构的研究,对光子晶体、药物输运和分子过滤器研究具有重要意义”。

他们在利用有机分子组装二维纳米结构方面的突出贡献,国际权威杂志 *Acc. Chem. Res.* (2006, 39, 334)和 *J. Phys. Chem. C* (2007, 111, 16109),

特别邀请他撰写该方面的综述文章,其中被 *Acc. Chem. Res.* 作为该期刊的封面予以刊登。

5 基于纳米组装的基础和优势发展高灵敏检测技术

他们采用极为简单的技术,将碳纳米管分散到三苯基膦修饰的铂胶体溶液中,最终得到表面上负载有高分散铂纳米颗粒的碳纳米管,该复合体系对甲醇燃料电池的电极催化具有较高的催化效率。文章发表在物理化学杂志 *J. Phys. Chem. B* (2005, 109, 22212)上,随后也备受人们关注,成为该杂志2005年第四季度网上点击率最高的文章之一。此外,他们还通过合成的MCM-41二氧化硅介孔材料修饰电极,利用其可以选择性地吸附被检分子或对被检分子的富集作用,实现了对芳香族硝基化合物(NACs)系列爆炸物的痕量检测。相关结果发表在 *Anal. Chem.* (2006, 78, 1967 & 2007, 79, 2179). *Phys. Chem. Chem. Phys.* (2006, 8, 3567)。SeparationsNOW.com等著名网站相继进行了详细报道。

上述系列研究不仅有助于充分理解和掌握分子间多种多样的相互作用及分子的组装规律,为在一定程度上实现人为调控单个原子或分子,以及原子或分子聚集体奠定了一定的实验和理论基础,同时对在此基础之上开展的原理型分子纳米器件研究具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] 国家自然科学基金委员会, 2008年度国家自然科学基金(项目指南)。

FRUITFUL PRODUCTION MADE FROM MAJOR JOINT PROGRAM — Fabrication of Controllable Molecular Nanostructure and Related Fundamental Nanodevices

Yang Junlin Huang Baosheng Gao Feixue

(Department of Chemical sciences, Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

Key words major joint research program, molecular nanostructure, nanodevice