

Symposium FE

Molecular Materials and Devices

分子材料与器件

2017年7月8-12日

分会主席:

刘云圻

胡文平

中国科学院化学研究所

天津大学

联系人:

郭云龙

电话: 13466573698

邮箱: guoyunlong@iccas.ac.cn

中国科学院化学研究所

FE. 分子材料与器件论坛

分会主席：刘云圻、胡文平

FE-01

分子材料与器件

刘云圻

中国科学院化学研究所，中国北京市中关村北一街 2 号，100190

分子材料是通过分子间弱相互作用（如氢键、 π - π 相互作用、范德华力等）而形成的材料。与传统的由化学键而形成的硅基、化合物半导体材料不同，分子材料一般为长程无序的无定形和多晶材料；导电的载流子除电子和空穴外，还有质子、离子、极化子和孤子；导电机理被认为是“跳跃”机理而非能带导电。分子材料与器件的主要优点是光电性能可通过分子设计来调控，种类多，可溶液法加工，器件具有柔性，大面积和低成本。而主要缺点是稳定性比较差，光电器件性能有待提高。分子材料在有机场效应晶体管、有机发光二极管、有机太阳能电池和传感器等方面具有广泛的应用前景。

本报告将介绍共轭有机小分子/高分子和石墨烯材料的设计、合成，和电性能研究，主要集中在场效应晶体管方面。

参考文献

- [1] 刘云圻，杂化材料，大学化学，1987，2(6)，8。
- [2] 刘云圻，朱道本，分子器件，物理，1990，5，260。
- [3] 刘云圻，LB 膜，化学通报，1988，8，13。
- [4] 朱道本，刘云圻，有机固体与分子电子学，物理，1993，22，140-145。
- [5] 刘云圻，刘升高，朱道本，有机光电磁功能材料，物理，1996，25(7)，395-403。
- [6] 刘云圻，朱道本，汪学忠，宋心琦，聚合物薄膜电致发光器件，化学通报，1996，3，10-15。
- [7] 胡文平，刘云圻，朱道本，有机薄膜场效应晶体管，物理，1997，26(11)，649-653。
- [8] 刘云圻，朱道本，有机固体，科学，1997，49(5)，15-18。
- [9] 周淑琴，刘云圻，朱道本，分子整流器，化学通报，1998，10，1-6。
- [10] 付磊，刘云圻，朱道本，分子电子学简介，半导体学报，2003，24 卷增刊，22-27。
- [11] 刘云圻等，《有机纳米与分子器件》，上卷：p.1-486，下卷：487-863，科学出版社，2014 年第二版，北京。

FE-02

有机半导体微纳晶的研究

胡文平^{1,2*}

1. 天津大学理学院，天津市南开区卫津路 92 号 310072；
2. 中国科学院化学研究所，北京市中关村北一街 2 号，100190

自导电高分子被发现以来，有机半导体得到了全世界的广泛关注。然而，有机半导体的本征性能难于揭示、材料的理性设计富于挑战，高迁移率材料获取困难。如何克服这一挑战，推动有机电子学的发展，是当时面临的瓶颈问题之一。这里，我们就有机半导体微纳晶的研究做一个汇报，重点就材料的本征性能揭示与分析，材料的理性设计及高迁移率有机半导体材料与器件进行介绍。

FE-03

新型共轭聚合物及其场效应晶体管器件性能的研究

于贵

中国科学院化学研究所，北京市海淀区中关村北一街2号，100190

近年来，共轭聚合物引起研究者的广泛关注，已被用来制备有机场效应晶体管(OFETs)、发光二极管和太阳能电池等有机光电器件。新型 π -共轭分子的开发将极大提高光电器件性能，并推动分子电子学快速发展。为了制备高性能的 OFET 器件，我们设计、合成了系列 π -共轭聚合物。系统研究共轭聚合物的场效应晶体管器件性能，发现二芳基乙烯基团是非常优秀的聚合物构筑单元，并合成了系列 D-A 型共轭聚合物。我们在聚合物的主链上引入取代基和杂原子，其中氟原子的引入可改变聚合物的能级结构、主链的共平面性、分子内和分之间相互作用的强弱和薄膜的形貌及其载流子传输性能，考察了分子结构和聚集态结构及杂原子对性能的影响。

参考文献

- [1] Zhang, W. F.; Shi, K. L.; Huang, J. Y.; Gao, D.; Mao, Z. P.; Li, D. Z.; Yu, G.* *Macromolecules*, **2016**, *49*: 2582.
- [2] Zhang, W. F.; Mao, Z. P.; Huang, J. Y.; Gao, D.; Yu, G.* *Macromolecules*, **2016**, *49*: 6401.
- [3] Gao, D.; Tian, K.; Zhang, W. F.; Huang, J. Y.; Chen, Z. H.; Mao, Z.P.; Yu, G.* *Polym. Chem.*, **2016**, *7*: 4046.
- [4] Huang, J. Y.; Mao, Z. P.; Chen, Z. H.; Gao, D.; Wei, C. Y.; Zhang, W. F.; Yu, G.* *Chem. Mater.*, **2016**, *28*: 2209.
- [5] Chen, H. J.; Guo, Y. L.; Yu, G.*; Zhao, Y.; Gao, D.; Liu, H. T.; Liu, Y. Q.* *Adv. Mater.*, **2012**, *24*: 4618.
- [6] Chen, H. J.; Guo, Y. L.; Mao, Z. P.; Yu, G.*; Huang, J. Y.; Zhao, Y.; Liu, Y. Q.* *Chem. Mater.*, **2013**, *25*: 3589.

FE-04

二维半导体柔性光电子器件

胡平安*, 邱云峰, 郑威, 冯伟, 戴明金, 胡云霞, 张世超

哈尔滨工业大学微纳米研究中心, 中国哈尔滨市南岗区一匡街2号, 150080

二维层状半导体薄膜材料具有原子尺寸的厚度、优异的光电性能及机械性能，在柔性可穿戴光电子器件方面拥有广阔的应用。我们系统研究了 III-VI 族层状半导体 (MX, M=Ga,In; X=S,Se,Te) 的高质量单晶生长及图案化集成技术。探索了二维半导体在柔性光电器件方面的应用：如率先在柔性衬底上，构筑出了高性能 GaS 光电探测器，柔性光电探测器基的光响应度高度 19.2 AW^{-1} ，分别超过的石墨，二硫化钼，或其他二维材料，探测率为 78.73 分贝，分别，超过目前应用的 InGaAs 光电探测器 (66dB)。研发出了基于二维硒化铟的电子皮肤传感器，表现出较高的灵敏度和空间分辨率。

参考文献

- [1] Hu*, PA, Wang, L F, Yoon, M, Zhang, J, Feng, W, Wang, X N, Wen, Z Z, *et al*, *Nano Lett.* 2013, 13(4), 1649-1654.
- [2] Zheng, W, Feng, W, Zhang, X, Chen, X S, Liu, G, Qiu, Y, Hasan, T, Tan, P, P A Hu* *Adv Funct Mater*, 2016, 26, 2648-2654
- [3] J Zhang, W Feng, H Zhang, Z L Wang, H A Calcaterra, B Yeom, P A Hu*, N A Kotov, *Nature Comm*, 2016, 7, 10701
- [4] X N Wang, Y F Qiu, W Cao, PA Hu, *Chem. Mater*, 2015, 27 (20), pp 6969 - 6975
- [5] W Feng, W Zheng, XS Chen, G Liu, T Hasan, WW Cao, PA Hu*, *Chem Mater*, 2016, 28, 4278-4283

FE-05

可视化量子点试纸条在乙烯利检测中的应用研究

袁梦, 董云鹏, 李高卫, 马永强*

中国农业大学理学院, 北京, 100193

农药具有高效的杀菌、杀虫、除草和调节植物生长的能力，在作物病虫害防治和产量提高中有重要的意义。但是农药过多的使用导致了富集现象，对生物体和环境造成很多不良的影响。各类农药的残留威胁着人类的健康，因此对环境中农药残留的检测具有重要意义。量子点（QDs）作为一种典型的荧光纳米材料，具有很多优良性质，广泛应用于化学、生物、医药等领域。

本文建立一个以量子点“off-on”型荧光变化检测乙烯利的分析方法。方法原理为：利用 Ce^{3+} 淬灭荧光以及可以和乙烯利分解产物磷酸根配位结合的能力，在合成的三种 N、S、P 掺杂的量子点中加入 Ce^{3+} 后， Ce^{3+} 以荧光共振能量转移机理造成荧光淬灭，体系处于“off”状态，再向体系中加入乙烯利待测液，磷酸根与 Ce^{3+} 配位结合并解除 PET 机制，荧光恢复，体系处于“on”状态。利用定量滤纸和量子点溶液制备荧光试纸条，总体检测呈现出“暗-亮-暗-亮”的可视颜色变化，初步应用于环境中乙烯利的可视化检测中。具有灵敏度高、快速、简便和不需要大型仪器等优点，有希望应用于乙烯利的现场检测中。

FE-06

二维六方氮化硼的可控制备及其在电学器件中的应用

魏大程*

聚合物分子工程国家重点实验室，高分子科学系，复旦大学，邯郸路 220 号，上海，200433

One of the largest problems, which result in little success of applying *h*-BN in electronics industry, is the lack of a low-cost, reliable, and controllable method to produce ultra-clean high-quality *h*-BN directly on desired substrate at low temperature, which can directly be used in electrical devices. Plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) realizes catalyst-free growth of *h*-BN on dielectrics, however structural defects easily form on edges, which terminate the crystal growth, resulting in low-quality *h*-BN nanoclusters or non-crystalline samples. Here, we observe an equilibrium state of graphene edge growth. Thus, we develop a quasi-equilibrium PECVD method, which realizes catalyst-free growth of ultra-clean high-quality *h*-BN, with size up to cm-scale for continuous films, directly on dielectrics. Electrical measurement of WSe_2 field effect transistors on *h*-BN/ SiO_2 / Si shows an improved mobility and interfacial thermal dissipation, indicating its great potential in future electronics.

FE-07

碳材仿生复制成型

王帅*

华中科技大学，中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号，430074

王帅教授长期致力于碳纳米结构的精准化调控，从事碳材仿生复制成型等碳基超材料新技术。近几年主要研究工作可概括为以下几个方面：(1) 将自组装手段引入到碳纳米材料结构的精准调控，开发了碳材仿生复制成型技术等碳基超材新技术，实现了超快固定床反应器、高效催化及超快储能等应用。(2) 实现碳材在界面的成核、生长、可控组装和功能化精准化控制；提出了氧化性气体刻蚀、调控石墨烯单晶成核密度的方法，实现了厘米级大单晶的制备；提出通过基底效应、溶剂效应和多元协同实现结构可控石墨烯纳米筛粉体及薄膜等功能材料宏观制备，进而实现高效催化、储能及生物传感的应用；研发了石墨烯柔性薄膜及高储能器件规模化全印刷制备新技术。(3) 利用碳材仿生复制成型技术结合单原子实现具有特定结构石墨烯材料及其复合物结构的精准制备。发表 SCI 论文 92 篇 (45 篇 IF>7)。近 5 年，王帅教授作为通讯和共同通讯作者发表论文 53 篇 (被引 3000 余次)，其中影响因子>7 的 32 篇，包括 Nano Lett. 2 篇，Adv. Mater. 3 篇，Adv. Energy Mater. 1 篇，ACS Nano 1 篇，Nano Energy 2 篇，NPG 1 篇，申请专利 13 项，其中 3 项已实现 300 万的成果转化。入选国家青年千人、新世纪优秀人才。

参考文献

[1] Yi Z., Zhang Z., Wang S.*, and Shi G.* *J. Mater. Chem. A*, **2017**, *5*: 519.

[2] Guo W.; Jing F.; Xiao J.; Zhou C.; Lin Y.; Wang S.* *Adv. Mater.*, **2016**, *28*: 3152.

- [3] Lv Q., Wang S., Sun H., Luo J., Xiao J., Xiao J., Xiao F., Wang S.* *Nano Lett.*, **2016**, **16**: 40.
- [4] Lv Q., Sun H., Li X., Xiao F., Xiao J., Liu L.*, Luo J.*, Wang S.* *Nano Energy*, **2016**, **21**: 39.
- [5] Guo W., Wu B., Li Y., Wang L., Chen J., Chen B., Zhang Z., Peng L., Wang S.*, Liu Y.* *ACS Nano*, **2015**, **9**: 5792.
- [6] Yi Z., Wang S.*, Liu Y.* *Adv. Mater.*, **2015**, **27**: 3589.
- [7] Zhang Z., Xiao F.*, Qian L., Xiao J., Wang S.*, Liu Y. *Adv. Energy Mater.*, **2014**, **4**: 1400064.
- [8] Chi K., Zhang Z., Xi J., Huang Y., Xiao F., Wang S.*, Liu Y. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2014**, **6**: 16312.

FE-08

二维材料的可控生长@液态金属

付磊*

武汉大学化学与分子科学学院，武汉，430072

石墨烯独特的物理性质引发了大家对其极大的关注，促进了对石墨烯和其他非碳的二维材料（如六方氮化硼、过渡金属硫化物）合成、表征及性能的研究。然而，若要进一步发展二维材料的基础研究和实际应用，仍面临着诸多挑战。以石墨烯为代表的二维材料的未来究竟如何，是否能成为不可或缺的材料真正走入我们的日常生活？这是一个一直备受关注的问题。

我从 2008 年开始进入石墨烯领域，重点关注石墨烯等二维材料的表面可控生长方法。近几年，我们采用化学气相沉积方法在液态金属基底表面成功获得了多种高质量、层数可控的二维材料及其异质结。本报告将主要介绍我们在液态金属表面可控生长、组装、转移二维材料的研究工作。

参考文献

- [1] Tao Zhang, Bei Jiang, Zhen Xu, Rafael G. Mendes, Yao Xiao, Linfeng Chen, Liwen Fang, Thomas Gemming, Shengli Chen, Mark H. Rümmeli, **Lei Fu***, *Nature Commun.* **2016**, **7**: 13911.
- [2] Qin Zhang, Wenjie Wang, Xin Kong, Rafael G. Mendes, Liwen Fang, Yinghui Xue, Yao Xiao, Mark H. Rümmeli, Shengli Chen, **Lei Fu***, *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, **138**: 11101-11104.
- [3] Mengqi Zeng, Lifang Tan, Lingxiang Wang, Rafael G. Mendes, Zhihui Qin, Yaxin Huang, Tao Zhang, Liwen Fang, Yanfeng Zhang, Shuanglin Yue, Mark H. Rümmeli, Lianmao Peng, Zhongfan Liu, Shengli Chen, **Lei Fu***, *ACS Nano* **2016**, **10**: 7189-7196.
- [4] Mengqi Zeng, Lingxiang Wang, Jinxin Liu, Tao Zhang, Haifeng Xue, Yao Xiao, Zhihui Qin*, **Lei Fu***, *J. Am. Chem. Soc.* **2016**, **138**: 7812-7815.
- [5] Lei Fu, Yangyong Sun, Nian Wu, Rafael G. Mendes, Linfeng Chen, Zhen Xu, Tao Zhang, Mark H. Rümmeli, Bernd Rellinghaus, Darius Pohl, Lin Zhuang, **Lei Fu***, *ACS Nano* **2016**, **10**: 2063-2070.
- [6] Qin Zhang, Shuangjie Tan, Rafael G. Mendes, Zhongti Sun, Yongting Chen, Xin Kong, Yinghui Xue, Mark H. Rümmeli, Xiaojun Wu, Shengli Chen, **Lei Fu***, *Adv. Mater.* **2016**, **28**: 2616-2623.

FE-09

可穿戴纤维状有机微纳单晶场效应晶体管

郑磊，汤庆鑫*

东北师范大学物理学院，吉林长春人民大街 5268 号，130024

随着科技的快速发展和人们需求的日益提高，电子器件经历了固定式-可移动式-可穿戴电子设备的发展历程。可穿戴电子器件从结构上分为平面状（板状或膜状）和纤维状。相较而言，纤维状器件体积更小，质量更轻，可三维扭曲变形，更加重要的是纤维状器件可以进一步被编织成织物，从而有效的满足各种可穿戴设备的应用要求^[1]。作为电子电路的基本构建单元，纤维状的晶体管的研究是必不可少的发展趋势。尤其是关于能与纤维状衬底有良好兼容性，电学性能优异的有机场效应晶体管的研究显得尤为重要。

在传统方法制备器件的过程中，由于纤维基底表面粗糙度大^[2]和成膜性差^[3]，导致器件电学性能普遍较差而且已报到的器件的尺寸较大，这很不利于满足可穿戴设备的应用要求。为了避免传统制备方法中的不足，我们发展了一种更加简单有效的“拼图技术路线”来制备器件。该方法首先在平面衬底上制备可剥离的器件，随后剥离转移到纤维状衬底上。我们通过该技术不仅在 15 μm 的金丝上制备出与平面器件性能可比的纤维状 CuPc 和 F₁₆CuPc 纳米带场效应晶体管，而且也首次制备出基于 CuPc/F₁₆CuPc 纳米带的纤维状互补型反相器。该电路不仅能够实现正常的逆变器功能而且表现出了分别高达 8.2 和 7.7 的增益值。该种制备方法有效地减弱了纤维基底在器件制备过程中产生的影响而且提供了一个简单的制备纤维状有机场效应管逻辑电路的方法^[4]。我们制备的高性能，微型化的器件不仅可以满足可穿戴电子器件的应用要求甚至能够应用到可植入电子领域。

参考文献

- [1] 彭慧胜, 新型纤维状电子材料与器件, 科学出版社, 2016.
- [2] Jang J, Nam S, Hwang J, et al. *J. Mater. Chem.* 2012, 22, 1054.
- [3] Kim H M, Kang H W, Hwang D K, et al. *Adv. Funct. Mater.* 2016, 26, 2706.
- [4] L. Zheng, Q. X. Tang*, X. L. Zhao, Y. H. Tong, Y. C. Liu, *IEEE Electron Device Letters* 2016, 37, 774.

FE-10

高性能宽带隙聚合物光伏材料

孙艳明*

北京航空航天大学, 中国北京市海淀区学院路 37 号, 100191

在过去十几年中，有机太阳能电池的最高光电转换效率已超过 12%。根据材料的光学带宽，可以将聚合物光伏材料分为宽带隙 ($E_g^{\text{opt}} > 1.8 \text{ eV}$)、中宽带隙 ($1.6 \text{ eV} < E_g^{\text{opt}} < 1.8 \text{ eV}$) 和窄带隙材料 ($E_g^{\text{opt}} < 1.6 \text{ eV}$)。长久以来，在宽带隙聚合物给体材料中，一直以 MEH-PPV, P3HT, PCDTBT 等传统宽带隙材料为主。但这些材料性能相对较低，光电转换效率低于 8%。随着近两年窄带隙非富勒烯受体以及叠层和三元体系太阳能电池的快速发展，亟需开发新型高效宽带隙聚合物材料。

从材料设计角度出发，我们发展了一系列高性能聚合物光伏材料。譬如通过优化侧链取代基制备了效率 10% 以上的基于宽带隙聚合物材料的太阳能电池，该效率是目前所有宽带隙聚合物给体材料中效率的最高值。此外，我们设计合成的宽带隙聚合物材料在三元体系有机太阳能电池和非富勒烯太阳能电池都有十分重要的应用。

参考文献

- [1] Yuhao Cai, Lijun Huo*, Yanming Sun*, *Adv. Mater.*, 2017, DOI: 10.1002/adma.201605437.
- [2] Tao Liu, Xuexue Pan, Xiangyi Meng, Yu Liu, Donghui Wei, Wei Ma, Lijun Huo*, Xiaobo Sun, Tack Ho Lee, Minjuan Huang, Hyosung Choi, Jin Young Kim, Wallace C. H. Choy, Yanming Sun*, *Adv. Mater.*, 2017, 29, 1604251.
- [3] Tao Liu *etal.*, *Adv. Mater.*, 2016, 28, 10008.
- [4] Dong Meng, Huiting Fu, Chengyi Xiao, Xiangyi Meng, Thorsten Winands, Wei Ma, Wei Wei, Bingbing Fan, Lijun Huo, Nikos L. Doltsinis, Yan Li*, Yanming Sun*, Zhaohui Wang*, *J. Am. Chem. Soc.*, 2016, 138, 10184.
- [5] Dong Meng, Dan Sun, Chengmei Zhong, Tao Liu, Bingbing Fan, Lijun Huo, Yan Li, Wei Jiang, Hyosung Choi, Taehyo Kim, Jin Young Kim, Yanming Sun*, Zhaohui Wang*, Alan J. Heeger, *J. Am. Chem. Soc.*, 2016, 138, 375.
- [6] Yuze Lin, Qiao He, Fuwen Zhao, Lijun Huo, Jiangquan Mai, Xinhui Lu, Chun-Jen Su, Tengfei Li, Jiayu Wang, Jingshuai Zhu, Yanming Sun*, Chunru Wang, and Xiaowei Zhan*, *J. Am. Chem. Soc.*, 2016, 138, 2973.
- [7] Lijun Huo, Tao Liu, Bingbing Fan, Zhiyuan Zhao, Xiaobo Sun, Donghui Wei, Mingming Yu, Yunqi Liu, Yanming Sun*, *Adv. Mater.*, 2016, 27, 6969.

[8] Lijun Huo, Tao Liu, Xiaobo Sun, Yunhao Cai, Alan J. Heeger, Yanming Sun*, *Adv. Mater.*, 2015, 27, 2938.

FE-11

新型热激活延迟荧光材料-硫杂蒽酮衍生物及 OLED 器件研究

王鹰*

中国科学院理化技术研究所, 中国北京市中关村东路 29 号, 100190

基于纯有机芳香化合物的热激活延迟荧光 (TADF) 材料由于其有效的三线态-单线态反向系间窜越, 可实现 100% 的内量子效率, 引起了研究者的极大兴趣。硫杂蒽酮 (TX) 及其衍生物是聚合反应的三线态敏化剂或光引发剂。该类化合物较小的单线态-三线态能隙和较高的发光效率, 有利于通过结构优化获得高效的 TADF 材料。本文以硫杂蒽酮单元作为 TADF 材料的构筑单元, 设计合成了一系列新型 TADF 材料, 系统研究了其在有机发光二极管器件中的应用。

参考文献

- [1] Wang H.; Xie L.; Peng Q.; Meng L.; Wang Y.; Yi, Y.; Wang P. *Adv. Mater.* **2014**, **26**: 5198.
- [2] Wang H.; Meng L.; Shen X.; Wei X.; Zheng X.; Lv X.; Yi Y.; Wang Y.; Wang P. *Adv. Mater.* **2015**, **26**: 5198.
- [3] Lingqiang Meng, Hui Wang, Xiaofang Wei, Xiaopeng Lv, Ying Wang,* Pengfei Wang, *RSC Adv.* **2015**, **5**: 59137.
- [4] L. Meng, H. Wang, X. Wei, J. Liu, Y. Chen, X. Kong, X. Lv, P. Wang, Y. Wang*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2016**, **8**: 20955.

FE-12

共轭高分子晶体及器件研究

董焕丽*

中国科学院化学研究所, 中国北京市中关村北一街 2 号, 100190

共轭高分子材料由于其优异的光电特性及兼具质轻、价廉、柔韧性好的特点而备受关注, 在有机场效应晶体管、有机太阳能电池、有机发光二极管等领域显示了重要应用前景及巨大的潜在应用市场。尽管经过过去几十年的不断研究, 共轭高分子材料及其器件性能均获得了显著提高, 然而至今, 我们对于共轭高分子材料本征电荷传输特性的认识仍不清楚, 其研究也面临巨大挑战。其主要原因在于, 一方面共轭高分子材料本身存在分子量分布弥散、分子链接相互缠结等特点, 导致材料本征性能研究困难; 另一方面目前大多数器件都是基于高分子薄膜制备, 薄膜中高分子链高度无序, 其聚集态结构受加工工艺影响比较大, 导致不同器件间性能存在很大的差异, 不利于我们对其本征性能的认识。相比于薄膜, 单晶具有分子结构规整、结晶缺陷密度低的特点, 在揭示材料本征性能及获得高性能器件方面显示了独特的优势。基于此, 我们过去围绕高质量共轭高分子晶体制备及性能研究开展了探索性的研究, 发现了共轭高分子晶体长轴沿着共轭高分子链生长的新模式, 证实了沿着高分子链的高效电荷传输特性, 实现了单个共轭高分子晶体上的电荷传输各向异性的研究, 这些为我们进一步开展共轭高分子晶体并将其用于高性能器件构筑研究提供了有力的指导。

参考文献

- [1] Yao, Y., Dong, H., Liu, F. Russell, T., Hu, W. *Adv. Mater.* **2017**, 201701251, in press.
- [2] Dong, H., Hu, W. *Acc. Chem. Res.* **2016**, **49**: 2435.
- [3] Yao, Y., Dong, H., Hu, W. *Adv. Mater.* **2016**, **28**: 4513-4523.

FE-13

电极材料的可控组装及其在电子器件中的应用

徐泽洋, 陈小松, 李红卫, 李立强*

中国科学院苏州纳米所, 中国江苏省苏州市工业园区若水路 398, 215123

电极是有机电子器件的关键组成基元, 其决定着电荷的注入效率, 因而对器件性质有着至关重要的影响, 开发新颖的电极材料及其相应的组装制备技术一直是有机电子器件领域内的重要研究方向, 此次报告将重点介绍电极材料的可控组装及其在有机晶体管和传感器领域的应用等方面的工作。由于传统电极材料与有机半导体兼容相对较差, 为解决这一问题, 我们开发了两种电极材料(导电聚合物和氧化石墨烯), 并结合自上而下和自下而上的策略, 实现了两种电极材料的图案化^[1-5], 基于图案化的电极构筑了高性能的有机晶体管和电路。同时, 我们也研究了电极相关的器件物理问题, 并进一步基于这两种电极材料构筑了高性能的气流和压力传感器。

参考文献

- [1] Li, L.Q., Hirtz, M., Wang, W., Du, C., Fuchs, H. and Chi, L.F.* *Adv. Mater.* **2010**, **22**: 1374.
- [2] Li, L.Q., Jiang, L., Wang, W., Du, C., Fuchs, H., Hu, W.P. and Chi, L.F.* *Adv. Mater.* **2012**, **24**: 2159.
- [3] Li, L.Q., Meise-Gresch, K., Jiang, L., Du, C., Wang, W., Fuchs, H. and Chi, L.F.* *Adv. Mater.* **2012**, **24**: 3053.
- [4] Zhang X., Zhang, S.N., Li, L.Q.*, Hu, W.P.*, Chi, L.F.* *Solid State Electron.* **2016**, **213**: 51.
- [5] Chen X.S., Zhang S.N., Wu K.J., Xu Z.Y., Li H.W., Meng Y.C., Ma X.M., Liu L.W. and Li L.Q.* *Adv. Electron. Mater.* **2016**, **2**: 1500409. (Frontispiece)
- [6] Xu Z.Y., Chen X.S., Zhang S.N., Wu K.J., Li H.W., Meng Y.C. and Li L.Q.* *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2016**, **18**: 13209. (Back cover)
- [7] Xu Z.Y., Wu K.J., Zhang S.N., Meng Y.C., Li H.W., and Li L.Q.* *Mater. Horiz.* **2017**, DOI: 10.1039/c6mh00587j. (Back cover)

FE-14

多层单晶石墨烯的生长和机理

武斌, 黎永涛, 刘云圻*

中国科学院化学研究所, 中国北京市中关村北一街 2 号, 100190

多层单晶石墨烯具有可调控的能带结构, 控制此材料的生长和认识机制是重要的科学问题。目前对多层单晶石墨烯的生长认识主要基于零散和静态的现象, 从而不能对完整的生长过程进行认识和描述。本工作采用了统计方法研究了多层石墨烯的相对旋转角生长机制, 揭示了多层单晶石墨烯稳定旋转角的形成主要是由石墨烯层之间的相互作用造成的。进一步实验上拓展到多层石墨烯的整个生成过程的研究, 发现了多层石墨烯片之间的相对大小可由氢气的含量调控。在其动力学生长方面, 发现了上层石墨烯经历生长过程而下层石墨烯经历生长、刻蚀过程。这一工作对多层石墨烯的成核、生长给出了统一的图像¹。

参考文献

- [1] Li, Y. T.;[‡] Wu, B.;[‡] Guo, W.; Wang, L. F.; Li, J. B.;* Liu, Y. Q.* *Nanotechnology*, **2017**, **Accepted**.

FE-15

Two-Dimensional, Ordered, layered carbides (MXenes)

Wang Yu*

State Key Laboratory of Multiphase Complex Systems, Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100190 P. R. China

The higher the chemical diversity and structural complexity of two-dimensional (2D) materials, the higher the likelihood they possess unique and useful properties. 2D materials have attracted much attention in the past decade. They offer high specific surface area, as well as electronic structure and properties that differ from their bulk counterparts due to the low dimensionality. Graphene is the best known and the most studied 2D material, but metal oxides and hydroxides (including clays), dichalcogenides, boron nitride (BN), and other materials that

are one or several atoms thick are receiving increasing attention. They may deliver a combination of properties that cannot be provided by other materials. The most common synthesis approach in general is by reacting different elements or compounds to form a new compound. However, this approach does not necessarily work well for low-dimensional structures, since it favors formation of energetically preferred 3D (bulk) solids. Many 2D materials have been synthesized using selective extraction, such as graphene from SiC, transition metal oxides (TMO) from layered 3D salts, and transition metal carbides or carbonitrides (MXenes) from MAX phases. Selective extraction synthesis is critically important when the bonds between the building blocks of the material are too strong (e.g., in carbides) to be broken mechanically in order to form nanostructures. Unlike extractive metallurgy, where the extracted metal is the goal of the process, selective extraction of one or more elements from the precursor materials releases 2D structures. In this work, we focused on MXenes as an example for the use of selective extraction synthesis to produce novel 2D materials. They offer an unusual combination of metallic conductivity and hydrophilicity and show very attractive electrochemical properties. This will encourage researchers to extend the use of selective extraction to other layered material systems that in turn will result in expanding the world of nanomaterials in general and 2D materials in particular, generating new materials that cannot be produced by other means.

References

- [1] F. Shahzad, M. Alhabeab, C. B. Hatter, *et al.*, *Science* **2016**, **353**: 1137-1140.
- [2] P. Eklund, M. Beckers, U. Jansson, *et al.*, *Thin Solid Films* **2010**, **518**: 1851-1878.

FE-16

有机热电器件的构建与功能化

狄重安*

中国科学院化学研究所, 中国北京市中关村北一街2号, 100190

有机热电材料秉承了有机半导体分子可设计、制备工艺简单、成本低和柔韧性好等独特优势, 并具有高赛贝克系数和低热导的特点, 在柔性、低成本热电应用方面展现诱人的应用前景。近年来, 有机热电材料与器件逐渐成为有机电子学的研究前沿, 得到了国际关注并取得了多项重要进展。在本文中, 我们报道了有机热电器件制备、集成与功能应用^[1-5]。基于上述进展, 我们研究了有机半导体热电性质的场调控性质, 构建了具有较高功率输出的热电发电模块以及新型有机光热电器件。结合热电原理, 利用有机热电材料构建了自供电柔性压力-温度双参数传感器, 为有机热电器件的功能应用提供了新思路。此外, 本文还对有机热电器件的发展进行了展望。

参考文献

- [1] Sun, Y. M.; Sheng, P.; Di, C. A.; Jiao, F.; Xu, W.; Qiu, D.; Zhu, D. B. *Adv. Mater.* **2012**, **24**: 932.
- [2] Huang, D. Z.; Wang, C.; Zou, Y.; Shen, X. X.; Zang, Y. P.; Shen, H. G.; Gao, X. K.; Yi, Y. P.; Xu, W.; Di, C. A.; Zhu, D. B. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, **55**: 10672.
- [3] Zhang, F. J.; Zang, Y. P.; Huang, D. Z.; Di, C. A.; Gao, X. K.; Zhu, D. B. *Adv. Funct. Mater.* **2015**, **25**: 3004.
- [4] Huang, D. Z.; Zou, Y.; Jiao, F.; Zhang, F. J.; Zang, Y. P.; Di, C. A.; Xu, W.; Zhu, D. B. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2015**, **7**: 8968.
- [5] Zhang, F. J.; Zang, Y. P.; Huang, D. Z.; Di, C. A.; Zhu, D. B. *Nat. Commun.* **2015**, **6**: 8356.

FE-17

二氰基乙烯类化合物的合成与光电性质研究

齐婷*

中国科学院大学化学与化工学院, 中国北京市石景山区玉泉路19号(甲), 100049

功能化取代的二氰基乙烯类化合物是合成有机光电材料的一类有价值的重要前体，如红光或近红光材料、酞菁、四氮杂卟啉等都可通过二氰基乙烯类化合物作为原料获得^[1]。目前，广泛采用的合成二苯基二氰基乙烯类化合物的方法主要是通过苯乙腈在含 Br₂ 或 I₂ 的醇盐或氢氧化物水溶液的条件下发生氧化偶联反应获得^[2]。这种方法所用原料苯乙腈是一种高毒类化学品，对环境有危害。另外，对于已报道的合成二烷基取代的二氰基乙烯的方法也需要氰化物这类剧毒类原料。为解决现有技术的不足，我们开发出了一种在三苯基膦作用下将二硝基取代的噻吩类化合物直接转换为二氰基乙烯类化合物的新型反应方法，避免了制备氰基取代的化合物在传统方法上无机氰化物剧毒性药品的使用。同时，该方法也具有功能化取代的普适性和副产物少的特点，是一类具有开发潜力的合成二氰基乙烯类化合物的新型方法。实验表明，对于合成出的二苯基二氰基乙烯和二萘基二氰基乙烯都具有较好的固态发光性质。

参考文献

- [1] Han X., Bai Q., Yao L., Liu H., Gao Y., Li J., Liu L., Liu Y., Li X., Lu P., and Yang B. *Adv. Funct. Mater.* **2015**, *25*, 7521–7529.
- [2] Ogata, Y.; Nagura, K. *J. Org. Chem.*, **1974**, *39*, 3680-3684.

FE-18

高性能有机场效应晶体管

李荣金*, 胡文平

天津大学, 天津市南开区卫津路 92 号, 300072

We optimized the device performance of OFETs by using carbon electrodes to decrease the injection barrier, by using crystalline dielectric layer with atomically flat surface to minimize the adverse effect of the rough surface of the dielectrics, by using organic single crystals (OSCs) as the semiconducting layer to eliminate the influence of crystal domains in the popularly used thin films. Not only the mobility was increased by using OSC, but also the intrinsic mobility was probed, providing valuable insights for the study of the charge transport properties of OSCs. As a whole, our study showed that the performance of OFETs is a combination of the electrode, the dielectric layer and the OSC layer, and efforts should be made to combine the three aspects for the commercial application of OFETs.

参考文献

- [1] Li, R.; Zhang, X.; Dong, H.; Li, Q.; Shuai, Z.; Hu, W. *Adv. Mater.*, **2016**, *28*: 1697.
- [2] Zhang, X.; He, Y.; Li, R.*; Dong, H.; Hu, W. *Adv. Mater.*, **2016**, *28*: 3755.

FE-19

The design and synthesis of OPV materials and their application in large-area flexible printing devices

吕琨*

国家纳米科学中心, 中国北京市中关村北一条 11 号, 100190

Through developing “linked-acceptor”, “fused-rings”, “cutting-out”^{1,2} and “Fluoridation end-capped groups”³ methods, we obtain serials of high performance OPV materials including conjugated polymers and small molecules. After that, a ternary strategy by blending polymers and small molecules was proposed and induced crystallization effect was found in this system. The effect can induce the obvious improvement of fill factors and synergetic improvement of other parameters. Specially, this kind of ternary system can be used in flexible large-area printing OPV devices and get high performance.

参考文献

- [1] L. Yuan, K. Lu,* B. Xia, J. Zhang, Z. Wang, Z. Wang, D. Deng, J. Fang, L. Zhu,* and Z. X. Wei*, Acceptor End-Capped Oligomeric Conjugated Molecules with Broadened Absorption and Enhanced Extinction

Coefficients for High-Efficiency Organic Solar Cells, *Adv. Mater.* **2016**, **28**, 5980–5985.

- [2] L. Yuan, Y. Zhao, J. Zhang, Y. Zhang, L. Zhu, K. Lu,* W. Yan, Z. X. Wei*, Oligomeric Donor Material for High-Efficiency Organic Solar Cells: Breaking Down a Polymer, *Adv. Mater.* **2015**, **27**, 4229-4233.
- [3] D. Deng, Y. Zhang, J. Zhang, Z. Wang, L. Zhu, J. Fang, B. Xia, K. Lu*, W. Ma*, Z. X. Wei*, Fluoridation Enabled Optimal Surface Enrichment and Hierarchical Morphology Leads to 11.3% Efficiency for Solution-Processed Small-Molecule Inverted Solar Cells, *Nat. Commun.* **2016**, **7**, 13740.

FE-20

有机半导体晶体工程

甄永刚*, 纪德洋, 张宗鹏, 何平, 胡文平

中国科学院化学研究所, 中国北京市中关村北一街 2 号, 100190

围绕分子材料光电性能的提升, 通过晶相调控、掺杂、共组装等物理化学方法, 实现了高效的载流子输运和优异的光电效应。(1) 利用表面纳米沟槽、溶液过饱和度、温度梯度等诱导效应调控晶相, 获得了堆积结构紧密的单晶或晶态膜, 表现出非常高的载流子迁移率。从非简并 (HOMO-1) 轨道和分子层间的电子耦合作用两方面, 深入阐释了分子堆积结构对电荷传输行为具有非常重要的影响, 为有机半导体分子堆积结构的优化提供了新的思路。(2) 结合原位加热、研磨辅助滴铸法等共组装手段, 获得了吸收光谱更宽的有机固溶体和分子尺度 p-n 异质结共晶, 并首次应用于有机太阳能电池, 调控了激子的行为, 为材料的多功能化发展提供了一类非常重要的方法策略。

参考文献

- [1] Ji, D.; Zhen, Y.; Hu, W.; et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **2017**, **139**: 2734.
- [2] Zhang, Z.; Zhen, Y.; Yi, Y.; Hu, W.; et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2016**, **55**: 5206.
- [3] He, P.; Zhen, Y.; Yi, Y.; Hu, W.; et al. *Adv. Mater.*, **2015**, **27**: 825.

FE-21

分子尺度功能器件研究

李涛*

上海交通大学化学化工学院, 中国上海市东川路 800 号, 200240

有机功能分子材料由于其柔韧性好、质轻、价廉、易于加工等优点以及性质的化学可调控性, 近年来受到广泛关注, 基于有机材料的新一代电子产品已经开始进入市场, 表现出巨大潜力。在开发功能材料块体性质的同时, 对其在微尺度的性能研究同样重要。由于分子在尺寸上的天然优势以及它们自组装的特性, 理论上可以以单个分子作为功能单元自下而上地构筑电子元器件, 实现逻辑电路的功能, 这是分子电子学领域的最终目标。在这一领域中, 分子尺度上的性能研究是关键科学问题, 而器件制备是巨大挑战。基于此, 我们提出了一种利用聚苯乙烯小球做掩膜版制备纳米间隙电极及其阵列的方法。纳米间隙电极的尺寸可以通过控制等离子体刻蚀时间精确调控, 10 纳米以下间隙电极的产率达到 50%, 同时 DNA 分子器件的成功制备证明了电极的稳定性。这种方法简单易行, 在分子电子学领域有良好的应用前景。

参考文献

- [1] Ji, D.; Li, T.; Fuchs, H. *Adv. Electron. Mater.*, **2017**, **3**: 1600348.

FE-22

共轭有机材料在钠离子电池中的应用

王成亮*

华中科技大学光学与电子信息学院, 湖北省武汉市珞喻路 1037 号, 430074

共轭有机材料作为半导体取得了巨大成功, 被广泛应用于有机场效应晶体管、发光二极管和太阳能电

池领域。尽管导电聚合物在发现的初期也被尝试应用于锂离子电池，但这些导电聚合物没有确定的电化学反应活性位点；得失电子后，电荷将离域在整个大分子上；造成稳定性较差、无平稳的电压平台等缺点。直到2008年左右，共轭羰基等官能团被发现可以作为稳定的电化学反应活性基团，共轭有机材料在电池的电极材料中的应用才再次受到关注。共轭有机材料与无机材料相比，具有理论比容量高、能量密度高、柔性、可人工合成、低成本、易修饰改性等优点。另外，离子（特别是钠离子，比锂离子的尺寸更大）嵌入后，刚性的无机材料很容易发生晶相转变、体积膨胀和结构粉碎等问题，从而造成循环寿命大幅降低。而柔性使有机材料具有容纳离子的天然优势，从而可以提高电池的寿命。我们利用多年在共轭有机场效应半导体材料领域的经验，系统地研究了获取高性能有机钠离子电池的重要条件和关键因素，有望推动有机锂离子和钠离子电池在柔性电子设备等领域的大规模应用。

参考文献

- [1] C. Wang, H. Dong, W. Hu, Y. Liu, D. Zhu, *Chem. Rev.* 2012, *112*, 2208-2267.
- [2] C. Wang, L. Jiang, W. Hu. *Organic Optoelectronics* (Chapter 3, Organic/polymeric field-effect transistors). Edited by Prof. Wenping Hu. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2013, Weinheim, Germany.
- [3] C. Wang, W. Hu. *Molecular Materials and Thin Film Devices* (Chapter 2, Organic semiconductors for field-effect transistors). Edited by Prof. Qingguo He, Prof. Wenping Hu and Prof. Fenglian Bai. ISBN: 978-7-122-09322-6. Chemistry Industry Press. 2011, Beijing, China.
- [4] C. Wang, Y. Xu, Y. Fang, M. Zhou, L. Liang, S. Singh, H. Zhao, A. Schober, Y. Lei, *J. Am. Chem. Soc.* 2015, *137*, 3124-3130.
- [5] C. Wang, Y. Fang, Y. Xu, L. Liang, M. Zhou, H. Zhao, Y. Lei, *Adv. Funct. Mater.* 2016, *26*, 1777-1786.
- [6] C. Wang, C. Jiang, Y. Xu, L. Liang, M. Zhou, J. Jiang, S. Singh, H. Zhao, A. Schober, Y. Lei, *Adv. Mater.* 2016, *28*, 9182-9187.

FE-23

功能性有机自旋阀器件研究

孙向南*

国家纳米科学中心，北京市海淀区中关村北一条11号，100190

有机半导体由于具有较弱的自旋散射特性而在自旋电子学研究中备受关注。通常由两个磁性电极和有机材料中间层组成的有机自旋阀器件与传统无机自旋阀相比具有很多优异的特性。然而，由于目前多数报道中有机自旋阀器件并不具有有机半导体材料应有的温度依赖性特征，而使得这一器件的可信性受到怀疑。我们在研究中利用BCP分子材料构筑自旋阀器件，通过对自旋输运机制的研究，证明了自旋电荷在有机层中的输运过程（室温输运距离>60nm）^[1]。之后，我们又基于酞菁铜分子材料（F₁₆CuPc）进一步探索有机自旋阀器件的性能优化和功能应用。我们通过研发低温制备工艺，制备了性能可靠的有机自旋阀器件，并实现了目前报道中最高室温自旋输运距离（>180nm）。另外，我们在单个器件中成功实现了光、磁双重响应功能集成，为多功能自旋器件的实现建立了极具前景的平台^[2]。

参考文献

- [1] Sun, X et al. *Nat. Commun.* 2013, *4*: 2794.
- [2] Sun, X. et al *Adv. Mater.* 2016, *28*: 2609.

FE-24

高迁移率聚合物场效应晶体管

郭云龙*

中国科学院化学研究所，中国北京市中关村北一街2号，100190

高迁移率高分子材料与器件，尤其是场效应晶体管器件作为柔性电路构筑中基本单元以及在可穿戴光

电子器件和可贴附健康监测器件等领域的应用,得到了学术界和工业界的广泛关注。^[1]双极性聚合物半导体材料在制备简单、低成本的互补金属氧化物半导体(CMOS)电路方面有重要应用价值。它可以一种材料实现电子和空穴的同时传输。然而,目前报道的大部分高性能有机半导体材料是 p 型、n 型材料或者双极性传输不匹配的材料。针对高性能双极性有机半导体缺乏的现状和面临的挑战,研究了基于经典的吡咯并吡咯二酮(DPP)受体,采用受体二聚-给体策略(A-A-D),得到了双吡咯并吡咯二酮(2DPP)新型聚合物。为充分发挥有机半导体材料的柔性优势,OFET 器件采用塑料基底,基于 P2DPP-TT 构筑的柔性晶体管空穴和电子迁移率分别高达 4.16 和 3.01 cm² V⁻¹ s⁻¹,是目前柔性双极性晶体管的最好性能,基于 P2DPP-BT 的柔性反相器增益高达 70,证明 2DPP 类材料可以应用于有机电路中。^[2]

参考文献

- [1] Liu, X. *et al. Adv. Mater.* **2014**, *26*, 3631.
- [2] Yang, J. *et al. Adv. Mater.* **2017**, DOI: 10.1002/adma.201606162.

FE-25

单分子层分子晶体

江浪^{1*}, 胡文平², 刘云圻¹, 朱道本¹

1. 中国科学院化学研究所, 中国北京市中关村北一街 2 号, 100190
2. 天津大学化学系, 天津市分子光电科学重点实验室, 天津, 300072

发展自组装单分子层是实现上世纪70年代提出的分子器件的一种重要途径。早期主要通过和基板共价键形成的自组装单分子层(SAMs)来制备分子器件,典型的是单分子层晶体管。最近,单分子层分子晶体(MMCs)也被证实是单分子层晶体管的另一种有效构筑方案,并能克服前者较低迁移率的限制。同时,发展与导电沟道厚度相当的MMCs为有机半导体电荷传输物理以及新型有机光电磁器件的研究提供了重要的载体。然而,MMCs难以大面积生长,n型材料的缺乏,以及仅能在无机基板上生长等都限制了其在电荷输运机理研究和复杂光电器件方面的应用优势。因此,我们将探索共轭分子核及其侧链功能团对分子二维生长的影响,发展自下而上的新方法实现 MMCs 的大面积制备,研究迁移率与温度变化的关系,结合理论计算来理解 MMCs 中分子结构与性能之间的关系,揭示有机半导体电荷输运的物理特性,构筑高性能光电器件。

参考文献

- [1] 江浪, 黄桂芳, 李洪祥, 李小凡, 胡文平, 刘云圻, 朱道本. 自组装分子电子器件, 化学进展, 2005, 17, 172-179.
- [2] 江浪, 李洪祥, 胡文平, 朱道本. 量子点与分子器件中的近藤效应, 科学通报, 2005, 50, 2450-2457.
- [3] 刘洁, 江浪, 胡文平. 蒽及其衍生物在有机场效应晶体管中的应用, 化学进展, 2009, 21, 2568-2577.
- [4] 宋静怡, 江浪, 董焕丽, 胡文平. 有机微纳晶场效应晶体管, 化学进展, 2013, 25, 12-27.
- [5] Lang Jiang, Huanli Dong and Wenping Hu. Organic Single Crystal Field-Effect Transistors: Advances and Perspectives. *J. Mater. Chem.* 2010, 20, 4994-5007.
- [6] Lang Jiang, Huanli Dong, Qing Meng, Hongxiang Li, Meng He, Zhongming Wei, Yudong He and Wenping Hu. Millimeter-sized Molecular Monolayer Two-dimensional Crystals. *Adv. Mater.* 2011, 23, 2059-2063.

FE-26

碳基纳米复合材料的制备及其太阳能光热转化性能的研究

王贤保

湖北大学, 材料科学与工程学院, 湖北省武汉市武昌区友谊大道 368 号 430062

日益严重的环境恶化、气候异常和能源短缺,使开发利用新型、高效清洁的太阳能资源成为本世纪的科学面临的重大挑战课题。如何将低品位、分散不连续的太阳能转换成高品位的热能,以便最大限度地利

用太阳能，成为突破太阳能光热应用的关键瓶颈。本工作设计合成具有高效稳定光热转换性能的碳基纳米复合材料，通过吸收太阳能，将水迅速汽化成水蒸气，开发太阳能蒸汽技术，直接将低品位的太阳能转换成高品位的、应用价值巨大的热能和蒸汽能。这种太阳能蒸汽技术可以将80%的太阳能转化成蒸汽能，与当前的蒸汽轮机（24%）和太阳能电池光伏发电（15%）相比，具有极其重要的科学研究价值和十分巨大的市场开发前景。本工作可为简捷高效地利用太阳能资源提供一个全新的技术，初步探明太阳能蒸汽技术在污水处理、海水淡化等领域的应用前景。

FE-27

烷基侧链对非富勒烯稠环电子受体性能的影响

徐新军

北京师范大学，化学学院，北京海淀区新街口外大街 19 号，100875

小分子非富勒烯受体在有机太阳能电池领域受到越来越多的关注，这是因为这类材料在调控能级、拓宽光谱、降低成本等方面具有很大优势。此外，如何控制此类受体在有机活性层中的形貌对于器件性能的提高至关重要。非富勒烯稠环电子受体一般含有大 π 共轭的分子骨架以利于分子间的 π - π 堆积及载流子的传输，但是这往往会导致材料的溶解性较差，易在活性层中形成较大尺寸的聚集，使电子给、受体的相分离尺度变大，不利于器件性能的提高。为此，我们通过向稠环电子受体的平面分子骨架上引入不同数量的烷基侧链并调控烷基链的长度，获得了分子平面性好且溶解性好的小分子稠环电子受体材料，进而研究了烷基侧链对非富勒烯稠环电子受体性能的影响。结果表明，对稠环电子受体的侧链进行调节是改善非富勒烯太阳能电池性能的一条有效途径。

参考文献

- [1] Zhang, Z.; Li, M.; Liu, Y.; Zhang, J.; Feng, S.; Xu, X.; Song, J.; Bo, Z. *J. Mater. Chem. A*, 2017, 5: 7776.
- [2] Lu, H.; Xu, X.; Bo, Z. *Sci. China Mater.*, 2016, 59: 444.
- [3] Lu, H.; Zhang, J.; Chen, J.; Liu, Q.; Gong, X.; Feng, S.; Xu, X.; Ma, W.; Bo, Z. *Adv. Mater.*, 2016, 28: 9559.
- [4] Liu, Y.; Zhang, Z.; Feng, S.; Li, M.; Wu, L.; Hou, R.; Xu, X.; Chen, X.; Bo, Z. *J. Am. Chem. Soc.*, 2017, 139: 3356.

FE-28

二维 TMDCs 及其异质结的可控制备

付磊^{1,2}

1. 中国科学院化学研究所，中国北京市中关村北一街 2 号，100190
2. 武汉大学化学与分子科学学院，武汉，430072

在二维晶体材料这一新兴材料家族中，过渡金属硫族化合物(transition metal dichalcogenides, TMDCs)具有丰富的化学组成与材料特性，近几年来成为低维材料研究领域的新热点。由于这类材料的能带结构及本征性质与其层数，应力，掺杂等因素密切相关，所以材料的可控制备和结构设计对其性质及性能研究至关重要。我们首次通过范德华外延的方法成功制备出少层及单层 HfS_2 晶体，并基于此搭建了具有超高开关比的场效应晶体管 and 超高响应度的近红外光电晶体管。此外，通过抗硫化基底设计直接构建了 $\text{MoS}_2/\text{h-BN}$ 异质结构，实现了对 MoS_2 本征光致发光性质的直接观察。本次报告将主要介绍 HfS_2 、 MoS_2 等二维半导体材料的可控制备、结构设计及其性能研究等工作。

参考文献

- [1] **Lei Fu**, Feng Wang, Bin Wu*, Nian Wu, Wei Huang, Hanlin Wang, Chuanhong Jin, Lin Zhuang, Jun He, Lei Fu*, Yunqi Liu*, *Adv. Mater.* **2017**, **Accepted**.
- [2] **Lei Fu**, Yangyong Sun, Nian Wu, Rafael G. Mendes, Linfeng Chen, Zhen Xu, Tao Zhang, Mark H. R ümmeli, Bernd Rellinghaus, Darius Pohl, Lin Zhuang, Lei Fu*, *ACS Nano* **2016**, *10*, 2063.