[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201710123

www.whxb.pku.edu.cn

芘二酰亚胺：兼具高电子迁移率和双光子荧光性能的有机半导体

刘忠范

北京大学化学与分子工程学院，北京 100871

4,5,9,10-Pyrene Diimides: A Family of Aromatic Diimides Exhibiting High Electron Mobility and Two-Photon Excited Emission

LIU Zhongfan

College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, P. R. China.

Email: zfliu@pku.edu.cn

(a) 新型有机半导体材料 PyDI 与传统芳香二酰亚胺类分子的结构对比；(b) 中间产物的能级调控

近年来，伴随着有机电子学的蓬勃发展，有机半导体材料的研究逐渐成为了科研领域的热点之一。与传统的无机半导体材料相比，有机半导体材料具备独特的优势，比如分子结构易于调控、可溶液处理和易于大规模制备^{1,2}。有机半导体材料在新一代电子产品，诸如柔性器件、低功耗显示、电子皮肤等领域有广泛的应用前景。

依据载流子类型划分，有机半导体主要分为 *p*-型(传输空穴)和 *n*-型(传输电子)材料。目前，*n*-型有机半导体材料的发展远远落后于 *p*-型材料，主要表现在：1) *n*-型材料的迁移率普遍偏低；2) *n*-型材料的数量和种类远少于 *p*-型；3) 空气中稳定性不足³。缺乏优秀的 *n*-型材料极大地限制了高性能有机光电器件的开发及应用，因此开发新型高性能的 *n*-型有机半导体材料显得十分重要。

最近，兰州大学化学化工学院张浩力教授课题组报道了一类兼具高迁移率与良好发光性能的 *n*-型有机半导体小分子，4,5,9,10-芘二酰亚胺(PyDI)衍生物。该工作提出了两种可行的合成路线，在芘的非活泼位点，4、5、9、10位进行亲电取代，可以得到多种 PyDI 类衍生物。他们通过调控烷基链，并控制从溶液中的结晶条件，得到了高质量的晶体，并进一步成功制备了单晶有机场效应晶体管器件。基于 PyDI 的晶体管器件最高电子迁移率可以达到 $3.08 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ，足以媲美经典的花二酰亚胺(PDI)和萘二酰亚胺(NDI)^{4,5}。同样重要的是 PyDI 以芘作为基本结构，继承了芘良好的发光特性，显示出了良好的双光子荧光性能。该工作同时发现，PyDI 分子存在激基缔合物现象，可以产生单体和激基缔合物两种荧光发射，可以被设计为基于单体-激基缔合

物的荧光探针, 有广泛的应用前景。该研究与浙江大学高分子科学与工程学系李寒莹教授课题组合作完成。

该研究工作近期已在 *Angewandte Chemie International Edition* 上在线发表⁶。该工作不仅提供了可行的合成路线, 合成了一系列 PyDI 分子及其衍生物, 并且通过有效的性能调控, 展示了 PyDI 分子较高的迁移率。此外, 该分子兼具良好的发光性能, 有望应用在场效应晶体管、有机电致发光、有机光伏器件和有机激光器等多种有机电子器件中。

References

- (1) Someya, T.; Bao, Z.; Malliaras, G. G. *Nature* **2016**, *540*, 379. doi: 10.1038/nature21004
- (2) Niazi, M. R.; Li, R.; Abdelsamie, M.; Zhao, K.; Anjum, D. H.; Payne, M. M.; Anthony, J.; Smilgies, D. M.; Amassian, A. *Adv. Funct. Mater.* **2016**, *26*, 2371. doi: 10.1002/adfm.201502428
- (3) Wang, C.; Dong, H.; Hu, W.; Liu, Y.; Zhu, D. *Chem. Rev.* **2012**, *112*, 2208. doi: 10.1021/cr100380z
- (4) He, T.; Stolte, M.; Burschka, C.; Hansen, N. H.; Musiol, T.; Kälblein, D.; Pflaum, J.; Tao, X.; Brill, J.; Würthner, F. *Nat. Commun.* **2015**, *6*, 5954. doi: 10.1038/ncomms6954
- (5) Minder, N. A.; Ono, S.; Chen, Z.; Facchetti, A.; Morpurgo, A. F. *Adv. Mater.* **2012**, *24*, 503. doi: 10.1002/adma.201103960
- (6) Wu, Z. H.; Huang, Z. T.; Guo, R. X.; Sun, C. L.; Chen, L. C.; Sun, B.; Shi, Z. F.; Shao, X.; Li, H.; Zhang, H. L. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, doi: 10.1002/anie.201707529