[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201801172

www.whxb.pku.edu.cn

基于有机半导体 TIPS-Pentacene 晶态薄膜的超灵敏 NO₂ 气体传感器

刘忠范

北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871

An Ultra-Sensitive NO₂ Sensor Based on Organic Semiconductor Crystalline Films

LIU Zhongfan

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

Email: zfliu@pku.edu.cn

(A) 气体传感器器件示意图; (B) TIPS-pentacene 薄膜形貌和XRD衍射图案;
(C) 气体传感器动态响应曲线; (D) 响应强度和气体浓度关系。

以有机半导体为活性层的气体传感器由于其可室温工作、良好的选择性、工艺简单和柔性等特点而具有极大的应用潜力¹⁻⁴。然而和传统无机半

导体传感器相比, 有机半导体气体传感器的响应性能却远远不及, 如灵敏度具有量级的差距, 响应和回复需要几十分钟等等⁵⁻⁹。为了解决这些问题,

大量的研究都相继开展,但是其性能和机理的认识依然还远远不够。苏州大学迟力峰教授团队近期报道了一种超灵敏的 NO_2 有机半导体气体传感器,采用真空气相沉积制备的 TIPS-pentacene 分子超薄膜为活性层,该研究工作已在 *Advanced Materials* 上发表¹⁰。当 NO_2 浓度(体积分数)为 1–5 ppm (1 ppm = 1×10^{-6}) 范围内,其灵敏度高达 1000%/ppm,响应回复时间均在 2 min 以内,最低检测限可达 20 ppb (1 ppb = 1×10^{-9})。通过对比系列气体分子如 NH_3 、空气、氧气的响应对比可见该气体传感器对 NO_2 具有特异性的超灵敏响应。作者通过结合器件物理电学参数分析以及变温电输运和形态分析得出该气体传感器的超灵敏性能主要归因于:(1) TIPS-pentacene 分子薄膜较高的迁移率和较低的初始载流子浓度;较高的迁移率保证了气体吸附后产生的载流子可以有效的被收集,较低的初始载流子浓度使得气体吸附产生的载流子浓度变化值相比初始值的比值更显著,从而表现出更高的灵敏性。(2) TIPS-pentacene 分子本身较低的 HOMO 能级使得其不容易被空气掺杂,从而可以维持一个较低载流子浓度的状态。这些因素特别是电输运因素在传感器里面的重要影响在前期研究中往往被忽略。该研究为传感器器件性能的进一步提升提供了一种新思路,也为进一步了解传感器传感机理提供了方法。

References

- (1) Hoffmann, M. W. G.; Prades, J. D.; Mayrhofer, L.; Hernandez-Ramirez, F.; Järvi, T. T.; Moseler, M.; Waag, A.; Shen, H. *Adv. Funct. Mater.* **2014**, *24*, 595. doi: 10.1002/adfm.201301478
- (2) Huang, W.; Sinha, J.; Yeh, M. L.; Hardigree, J. F. M.; LeCover, R.; Besar, K.; Rule, A. M.; Breysse, P. N.; Katz, H. E. *Adv. Funct. Mater.* **2013**, *23*, 4094. doi: 10.1002/adfm.201300245
- (3) Lin, P.; Yan, F. *Adv. Mater.* **2012**, *24*, 34. doi: 10.1002/adma.201103334
- (4) Someya, T.; Dodabalapur, A.; Huang, J.; See, K. C.; Katz, H. E. *Adv. Mater.* **2010**, *22*, 3799. doi: 10.1002/adma.200902760
- (5) Afzal, A.; Cioffi, N.; Sabbatini, L.; Torsi, L. *Sens. Actuators B: Chem.* **2012**, *171*, 25. doi: 10.1016/j.snb.2012.05.026
- (6) Andringa, A. M.; Piliago, C.; Katsouras, I.; Blom, P. W. M.; de Leeuw, D. M. *Chem. Mater.* **2014**, *26*, 773. doi:10.1021/cm4020628
- (7) Cui, S.; Pu, H.; Wells, S. A.; Wen, Z.; Mao, S.; Chang, J.; Hersam, M. C.; Chen, J. *Nat. Commun.* **2015**, *6*, 8632. doi: 10.1038/ncomms9632
- (8) Ou, J. Z.; Ge, W.; Carey, B.; Daeneke, T.; Rotbart, A.; Shan, W.; Wang, Y.; Fu, Z.; Chrimes, A. F.; Wlodarski, W.; *et al.* *ACS Nano* **2015**, *9*, 10313. doi:10.1021/acs.nano.5b04343
- (9) Zhang, J.; Liu, X.; Neri, G.; Pinna, N. *Adv. Mater.* **2016**, *28*, 795. doi: 10.1002/adma.201503825
- (10) Wang, Z.; Huang, L.; Zhu, X.; Zhou, X.; Chi, L. *Adv. Mater.* **2017**, *29*, 1703192. doi: 10.1002/adma.201703192