富含缺陷的 2D/2D 异质结促进光催化清洁能源转化

董帆

电子科技大学基础与前沿研究院, 成都 611731

Photocatalytic Clean Energy Conversion Boosted by Vacancy-Rich 2D/2D Heterostructure

Fan Dong

Institute of Fundamental and Frontier Sciences, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China.

Email: dongfan@uestc.edu.cn

Published online: December 14, 2020.

富含缺陷的 2D/2D 异质结光催化材料光催化制氢及还原 CO₂ 示意图。

低维纳米材料因其特有的厚度尺寸和低维结构等特点,使其具有相应块状材料所不具备的独特性能。低维材料的显著特征就是至少有一个维度低于100 nm;零维材料,如零维纳米颗粒、量子点;一维材料,如纳米棒、纳米线和纳米纤维;二维材料如纳米片、纳米盘等。催化材料维度的降低将显著改善其量子限域效应和电子结构,进而改善其催化性能¹⁻⁴。基于这些思路,研究者们开始致力于研究用于光催化作用的新型二维半导体超薄材料。研究表明,通过构建新型多组分低维复合光催化材料体系,可以同时合理利用各组分低维材

料间的特性及优点,将其应用于高效光催化降解有机污染物及清洁能源领域。

近年来,二维/二维异质结因其高的接触面可以钝化催化剂表面的捕获态,有利于提高光生电子和空穴的分离效率,而受到广泛的关注。在二维异质结光催化体系中,石墨相氮化碳(g-C₃N₄)因其合适的价导带位置、优良的化学稳定性及其丰富的表面官能团和简易的制备过程常被用来与其他低维光催化剂进行复合⁵。此外,研究发现,在低维材料制备中,通过缺陷调控可以有效改善光催化材料的性能^{6,7}。

最近, 武汉理工大学张高科教授课题组在国际权威期刊 *Journal of Materials Chemistry A* 上发表了一篇题为“Vacancy mediated Z-scheme charge transfer in a 2D/2D $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7/\text{g-C}_3\text{N}_4$ nanojunction as a bifunctional photocatalyst for solar-to-energy conversion”的研究型论文⁸, 提出了一种通过构建缺陷富集2D/2D异质结的方式优化其载流子传输路径, 从而增强光催化清洁能源转化性能的新思路。作者通过简易的水热法辅助固相焙烧策略合成了富有表面氧缺陷的 $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 纳米片, 之后通过超声自组装策略引入 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 超薄纳米片进而合成出缺陷富集的2D/2D异质结光催化剂。透射电子显微镜及X射线光电子能谱均证实了二维异质界面的形成。他们通过实验和理论相结合, 证实了缺陷富集的异质结载流子传输路径属于Z型异质结电子传输, 导致有效的电子激发并加速载流子传输⁹。相对于单一的富集氧缺陷的 $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 纳米片和 $\text{g-C}_3\text{N}_4$ 超薄纳米片, 2D/2D异质结光催化剂的光催化制氢及还原二氧化碳性能均得到了显著的提升。

该工作提出了一种简单有效的方法去调控低维异质结光催化剂的电子结构及载流子传输, 为太阳能驱动的清洁能源转化提供了可借鉴的新思路。此项工作得到了国家自然科学基金基金、湖北省自然科学基金、中央高校基本科研业务费等经费支持。

References

- (1) Zhang, G.; Zhang, M.; Ye, X.; Qiu, X.; Lin, S.; Wang, X. *Adv. Mater.* **2014**, 26, 805. doi: 10.1002/adma.201303611
- (2) Deng, D.; Novoselov, K. S.; Fu, Q.; Zheng, N.; Tian, Z.; Bao, X. *Nat. Nanotech.* **2016**, 11, 218. doi: 10.1038/nnano.2015.340
- (3) Yang, F.; Wang, X.; Zhang, D.; Yang, J.; Luo, D.; Xu, Z.; Wei, J.; Wang, J. Q.; Peng, F.; Li, X.; *et al.* *Nature* **2014**, 510, 522. doi: 10.1038/nature13434
- (4) Wang, J.; Xia, T.; Wang, L.; Zheng, X.; Qi, Z.; Gao, C.; Zhu, J.; Li, Z.; Xu, H.; Xiong, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, 57, 16447. doi: 10.1002/anie.201810550
- (5) Zhu, M.; Kim, S.; Mao, L.; Fujitsuka, M.; Zhang, J.; Wang, X.; Majima, T. *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, 139, 13234. doi: 10.1021/jacs.7b08416
- (6) Sun, X.; Luo, X.; Zhang, X.; Xie, J.; Jin, S.; Wang, H.; Zheng, X.; Wu, X.; Xie, Y. *J. Am. Chem. Soc.* **2019**, 141, 3797. doi: 10.1021/jacs.8b13051
- (7) Wu, J.; Li, X.; Shi, W.; Ling, P.; Sun, Y.; Jiao, X.; Gao, S.; Liang, L.; Xu, J.; Yan, W.; Wang, C.; Xie, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, 57, 8719. doi: 10.1002/anie.201803514
- (8) Wang, K.; Jaing, L.; Wu, X.; Zhang, G. *J. Mater. Chem. A* **2020**, 8, 13241. doi: 10.1039/d0ta01310b
- (9) Nowotny, J.; Alim, M. A.; Bak, T.; Idris, M. A.; Ionescu, M.; Prince, K.; Sahdan, M. Z.; Sopian, K.; Mat, T. M. A.; Sigmund, W. *Chem. Soc. Rev.* **2015**, 44, 8424. doi: 10.1039/C4CS00469H