[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201803142

www.whxb.pku.edu.cn

二维 GeSe_2 面内各向异性及短波偏振光探测研究

刘忠范

北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871

In-Plane Anisotropic GeSe_2 for Short-Wave Polarization-Sensitive Photodetection

LIU Zhongfan

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

Email: zfliu@pku.edu.cn

(a) GeSe_2 晶体结构侧视图; (b) GeSe_2 晶体结构俯视图; (c) GeSe_2 能带结构图; (d) GeSe_2 角分辨拉曼强度的极坐标图 (拉曼位移峰 210 cm^{-1}); (e) GeSe_2 角分辨归一化电导的极坐标图(四对电极); (f) 不同方向线偏振光(450 nm)照射下角分辨归一化光电流的极坐标图。

作为一种新型的二维半导体材料, 黑磷因其独特的面内各向异性引起了研究人员的广泛关注¹。近期, 几种其它面内各向异性二维材料(如 ReS_2 、 ReSe_2 、 SnS 、 GeSe 等)也被相继报道²⁻⁵。此类材料独特的面内各向异性使其区别于以往的石墨烯、 MoS_2 等面内各向同性二维材料, 表现出特殊的电学、光学、机械和热学性能, 并被成功应用于集成电路中的反相器、基于晶向的二极管、人造突触和偏振光电探测器等器件中⁶。其中, 偏振光

探测由于在通信中的重要地位, 被认为是近年来非常有发展潜力的一个研究领域。目前, 基于黑磷、 ReS_2 、 GeSe 等面内各向异性材料的偏振光探测虽性能优异, 但因上述材料带隙均较小($< 2\text{ eV}$), 在进行短波段光偏振探测时还需复杂及昂贵的光学系统将其理想的光探测范围调至短波段。

中国科学院化学研究所胡劲松研究员课题组与北京大学张耿民教授课题组等近期一起提出一种具有较宽带隙的面内各向异性材料— GeSe_2

(2.74 eV), 通过理论计算和实验系统研究了该材料的面内结构、振动、电学和光学的各向异性性质, 并基于其光学吸收各向异性构筑了新型 GeSe₂ 偏振光光电探测器, 首次报道了其在短波段光偏振探测方面的应用。由于良好的性能和空气稳定性, GeSe₂ 偏振光探测器展现出良好的应用前景。相关研究成果发表在近期的 *Journal of the American Chemical Society* 上⁷。

GeSe₂ 是一种典型的 IV-VI 族化合物, 有 α 、 β 和 γ 三种相。该文研究的单斜 β -GeSe₂ 具有面内各向异性性质, 是上述三种相中最稳定的一种相, 带隙为 2.7 eV, 吸收系数约 10^4 cm^{-1} , 非常适合于短波段偏振光探测。他们首先通过理论计算研究了 GeSe₂ 沿面内的能带结构, 表明其在 x 方向和 y 方向的空穴有效质量分别为 $\sim 0.755m_0$ 和 $\sim 1.562m_0$, 从理论上证实了其面内各向异性。然后, 通过角分辨拉曼光谱和角分辨电导测试, 显示了其显著的面内振动和电导各向异性。随后, 基于单个 GeSe₂ 纳米片构筑了光电探测器。在不同方向的 450 nm 线偏振光照射下表现出显著的光电流差异, 光电流之比为 3.4, 体现了该材料在短波区域优异的偏振光探测性能。最后, 通过实验和密度泛函理论

(DFT) 计算表明 GeSe₂ 具有较高的吸附氧活化能 (2.12 eV; 远高于黑磷的 0.71 eV), 因而表现优异的空气稳定性。

References

- (1) Xia, F.; Wang, H.; Jia, Y. *Nat. Commun.* **2014**, *5*, 4458. doi: 10.1038/ncomms5458
- (2) Liu, E.; Fu, Y.; Wang, Y.; Feng, Y.; Liu, H.; Wan, X.; Zhou, W.; Wang, B.; Shao, L.; Ho, C. H.; *et al.* *Nat. Commun.* **2015**, *6*, 6991. doi: 10.1038/ncomms7991
- (3) Hafeez, M.; Gan, L.; Li, H.; Ma, Y.; Zhai, T. *Adv. Mater.* **2016**, *28*, 8296. doi: 10.1002/adfm.201703858
- (4) Tian, Z.; Guo, C.; Zhao, M.; Li, R.; Xue, J. *ACS Nano* **2017**, *11*, 2219. doi: 10.1021/acsnano.6b08704
- (5) Wang, X.; Li, Y.; Huang, L.; Jiang, X. W.; Jiang, L.; Dong, H.; Wei, Z.; Li, J.; Hu, W. *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 14976. doi: 10.1021/jacs.7b06314
- (6) Tian, H.; Tice, J.; Fei, R.; Tran, V.; Yan, X.; Yang, L.; Wang, H. *Nano Today* **2016**, *11*, 763. doi: 10.1016/j.nantod.2016.10.003
- (7) Yang, Y.; Liu, S. C.; Yang, W.; Li, Z.; Wang, Y.; Wang, X.; Zhang, S.; Zhang, Y.; Long, M.; Zhang, G.; *et al.* *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, doi: 10.1021/jacs.8b01234