[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201611031

www.whxb.pku.edu.cn

全石墨烯正极结构设计：更可靠的高性能锂硫电池

张 强

(清华大学化学工程系, 北京 100084)

近年来移动电子设备、电动汽车和可再生能源的飞速发展对二次电池的能量密度提出了更高的要求, 传统锂离子电池因受理论能量密度限制, 已难以满足需要, 因此新型高能量密度二次电池的开发受到高度关注。以单质硫为正极, 金属锂为负极的锂硫电池具有高达 $2600 \text{ Wh} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的理论能量密度, 同时由于单质硫储量丰富、价格低廉等特点, 锂硫电池被视为最具有发展前景的下一代高能量二次电池之一, 并受到了研究者的广泛关注¹。然而, 单质硫的低导电性以及充放电中间产物多硫化物的溶解与穿梭等问题使锂硫电池的大规模商业化仍面临着诸多挑战。

多孔碳材料具有优异的导电性、丰富的孔结构和极高的化学稳定性, 因此发展硫/多孔碳复合电极材料被认为是提高锂硫电池性能的有效途径之一²。然而, 多数研究工作中报导的硫/碳复合材料中硫的负载量较低(小于 70% (w)), 使得电极中硫的单位面密度较低(小于 $2 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$), 进而导致硫/碳复合电极较低的面容量, 甚至低于商用锂离子电池 $4.0 \text{ mAh} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的水平, 严重制约了锂硫电池的实用化进程^{3–5}。

最近, 中国科学院金属研究所先进炭材料研究部李峰研究员课题组利用石墨烯材料衍生物众多、性能多样化的特点, 提出了一种全石墨烯锂硫电池正极结构设计。在该结构中, 高孔容石墨烯作为硫的担载体, 其孔容量高达 $3.51 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$, 可实现 80% (w) 的负载量; 高导电石墨烯作为集流

体, 相比传统的金属集流体, 其轻质的特点有助于提升电池整体的能量密度; 部分氧化石墨烯作为吸附层, 其含氧官能团与多硫化物的化学键合作用可有效防止多硫化物向负极的迁移。该全石墨烯正极具有高达 $5 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的面密度, 其首次放电比容量高达 $1500 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$, 对应于 $7.5 \text{ mAh} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的面容量。在经过 400 次循环后, 仍能保持 $841 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ 的比容量, 表现了优异的循环稳定性。通过三种石墨烯的协同作用, 该全石墨烯正极实现了更可靠的高性能锂硫电池, 表现出良好的实用化前景。该工作近期发表于 *ACS Nano*⁶ 杂志上。

References

- (1) Yu, M.; Li, R.; Wu, M.; Shi, G. *Energy Storage Mater.* **2015**, 1, 51. doi: 10.1016/j.ensm.2015.08.004
- (2) Liang, J.; Sun, Z. H.; Li, F.; Cheng, H. M. *Energy Storage Mater.* **2016**, 2, 76. doi: 10.1016/j.ensm.2015.09.007
- (3) Fang, R. P.; Zhao, S. Y.; Hou, P. X.; Cheng, M.; Wang, S. G.; Cheng, H. M.; Liu, C.; Li, F. *Adv. Mater.* **2016**, 28, 3374. doi: 10.1002/adma.201506014
- (4) Peng, H. J.; Xu, W. T.; Zhu, L.; Wang, D. W.; Huang, J. Q.; Cheng, X. B.; Yuan, Z.; Wei, F.; Zhang, Q. *Adv. Funct. Mater.* **2016**, 26, 6351. doi: 10.1002/adfm.201602071
- (5) Yuan, Z.; Peng, H. J.; Huang, J. Q.; Liu, X. Y.; Wang, D. W.; Cheng, X. B.; Zhang, Q. *Adv. Funct. Mater.* **2014**, 24, 6105. doi: 10.1002/adfm.201401501
- (6) Fang, R.; Zhao, S.; Pei, S.; Qian, X.; Hou, P. X.; Cheng, H. M.; Liu, C.; Li, F. *ACS Nano* **2016**, doi: 10.1021/acsnano.6b04019