[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201610282

www.whxb.pku.edu.cn

基于PDMS的高效稳定的金属锂负极保护层

刘忠范

(北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871)

在过去的二十多年里, 锂离子电池由于其较高的能量密度等优点逐渐成为能源存储市场中的主体之一, 如今广泛用于电子便携设备(如手机、笔记本等)中。但随着大家对于电子设备的要求提升以及电动汽车的快速发展, 研究并开发更高性能的锂电池材料显得尤为关键。就负极而言, 金属锂拥有相当高的理论容量($3860 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$), 这相当于是现在商业化的锂离子电池石墨负极的十倍, 同时具有很低的密度($0.59 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)和最低的电化学反应电位(相对标准氢电位 -3.040 V), 这些良好的特性使得金属锂负极一直是研究的热点同时也被认为是极具前景的锂电池负极材料。然而, 由于金属锂负极在电池循环过程中会逐渐生长出树枝状的锂枝晶, 增大了戳破隔膜的几率从而引发短路进而导致起火等安全隐患; 此外金属锂负极在循环中体积的无规则的巨大变化会降低电池效率, 缩短循环寿命等问题成为了金属锂电池商业化道路上的巨大屏障¹。

为了缓解这些问题, 很多研究组提出了各种纳米结构的保护层来提高金属锂的循环性能, 经实验证明其中一些保护层确实有效地抑制了枝晶锂的生长且提高了其电化学性能, 但是这些纳米结构的复杂合成工艺使得控制难度大, 规模化生产成本过高²⁻⁴; 一些保护层所使用的材料还具有较高化学活性, 难以与不断发展的新型电解液匹配使用⁴。

基于此, 南京大学朱嘉教授课题组首次提出了以常见的聚二甲基硅氧烷(PDMS)为原料, 通过简便的旋涂和酸处理工艺制备多孔的PDMS薄膜用于保护金属锂负极。因为PDMS本身并不是一种锂离子导体, 所以通过酸处理得到的纳米孔洞

给锂离子提供了通道; 同时PDMS导电性很差, 所以锂并不会沉积在其表面, 而是沉积在PDMS下面, 这样PDMS就可以很好地充当保护层作用, 抑制锂枝晶的生长; 此外由于PDMS的弹性模量很高, 使得其在锂循环过程中不容易被破坏, 提高了循环寿命; 最后PDMS具有极好的化学惰性, 与各种电解液都不发生副反应, 使得其可以与多种电解液兼容使用。电化学循环的测试结果表明, PDMS保护后的电极在普通的锂离子电池电解液中, 经过200次的循环库仑效率一直稳定在95%左右, 相对于此前报道的同种条件下的测试结果有~10%的效率提升; 在新型的电解液中, 效率可以稳定高至98.5%。

该工作不仅提出了一种具有成本优势和提高锂负极性能的新方案, 而且为金属锂负极的规模化生产提供了新思路。此外, 这种方法可以与不断发展的新型电解液匹配使用, 为未来更高性能的锂电池体系发展提供了更多可能。该研究成果发表在最近的*Advanced Materials*杂志上⁵。

References

- (1) Zhamu, A.; Chen, G.; Liu, C.; Neff, D.; Fang, Q.; Yu, Z.; Xiong, W.; Wang, Y.; Wang, X.; Jang, B. Z. *Energy Environ. Sci.* **2012**, *5*, 5701. doi: 10.1039/c2ee02911a
- (2) Wu, M.; Wen, Z.; Liu, Y.; Wang, X.; Huang, L. *J. Power Sources* **2011**, *196*, 8091. doi: 10.1016/j.jpowsour.2011.05.035
- (3) Zheng, G.; Lee, S. W.; Liang, Z.; Lee, H. W.; Yan, K.; Yao, H.; Wang, H.; Li, W.; Chu, S.; Cui, Y. *Nat. Nanotechnol.* **2014**, *9*, 618. doi: 10.1038/NNANO.2014.152
- (4) Li, N. W.; Yin, Y. X.; Yang, C. P.; Guo, Y. G. *Adv. Mater.* **2016**, *28*, 1853. doi: 10.1002/adma.201504526
- (5) Zhu, B.; Jin, Y.; Hu, X. Z.; Zheng, Q. H.; Zhang, S.; Wang, Q. J.; Zhu, J. *Adv. Mater.* **2016**, doi: 10.1002/adma.201603755