

[Highlight]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201809053

www.whxb.pku.edu.cn

## 一种梯度亲锂-憎锂的锂金属负极保护策略

崔屹

Department of Materials Science and Engineering, Stanford University, California 94305, USA.

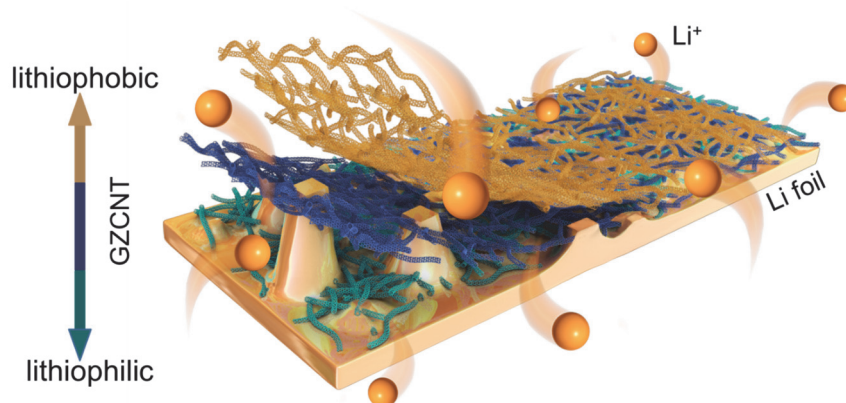
### A Gradient Lithiophilic-Lithiophobic Strategy for Lithium Metal Anode Protection

CUI Yi

Department of Materials Science and Engineering, Stanford University, California 94305, USA.

Email: yicui@stanford.edu.

Published online: October 8, 2018.



梯度亲锂-憎锂保护膜修饰锂金属负极示意图。

金属锂(Li)具有非常高的理论比容量( $3860 \text{ mAh}\cdot\text{g}^{-1}$ )和最负的电势( $-3.040 \text{ V}$  vs标准氢电极),有望作为下一代高能量密度电池的负极材料用于电动汽车和电网存储<sup>1,2</sup>。然而,在锂离子反复沉积和析出过程中,金属锂负极表面容易生长出锂枝晶,并发生粉化,消耗大量的电解液,极大降低了电池的利用率,造成安全隐患,缩短电池使用寿命,从而限制了锂金属电池的进一步应用<sup>3-7</sup>。在大量抑制锂枝晶的方法中,构筑稳定的金属锂保护界面是直接有效的方法<sup>8,9</sup>。然而,此类界面层的设计目前还处于一个经验性的摸索阶段,其作用机制、构效关系迄今尚未得到系统深入研究。

最近,军事科学院防化研究院张浩博士与武汉理工大学麦立强教授、赵焱教授等发现,憎锂的

表面特性、较大的机械强度以及良好的Li离子扩散动力学是构建金属锂界面保护层的三个必要条件。基于此,他们利用亲锂-憎锂的梯度策略构建了锂金属保护界面层,有效地抑制了锂枝晶的生长,该研究工作近期已在*Nature Communications*上在线发表<sup>10</sup>。这种梯度膜由亲锂的氧化锌/碳纳米管底层,憎锂的纯碳纳米管顶层,以及中间过渡层有机地构成。其中,亲锂的底层与金属锂负极紧密结合,可促进形成稳定的固体电解质界面膜(SEI膜),抑制金属锂和亲锂层间形成锂枝晶或苔藓状锂;顶层的憎锂层因具有较大的模量可以抑制锂枝晶的进一步生长,其多孔结构又能确保锂离子的快速传输,而中间的缓冲层可以防止因亲锂、憎锂的突然转变而产生明显的分层,从而确保

金属锂负极的超长稳定循环特性。此项研究同时证明,该梯度层构筑策略在铜集流体、10 cm<sup>2</sup>的软包电池和锂硫电池上都有着显著的性能增强效果。另外,该梯度策略不仅仅适用于碳基材料的保护层,还适用于聚合物等其它各种材质的保护层,且工艺简单,有较好的工业化前景,有望促进安全锂金属电池的快速发展。

## References

- (1) Lin, D.; Liu, Y.; Cui, Y. *Nat. Nanotechnol.* **2017**, *12*, 194.  
doi: 10.1038/NNANO.2017.16
- (2) Yan, K.; Lu, Z.; Lee, H. W.; Xiong, F.; Hsu, P. C.; Li, Y.; Zhao, J.; Chu, S.; Cui, Y. *Nat. Energy* **2016**, *1*, 16010.  
doi: 10.1038/NENERGY.2016.10
- (3) Cheng, X. B.; Zhang, R.; Zhao, C. Z.; Zhang, Q. *Chem. Rev.* **2017**, *117*, 10403. doi: 10.1021/acs.chemrev.7b00115
- (4) 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
- (5) Zhang, R.; Chen, X.; Shen, X.; Zhang, X. Q.; Chen, X. R.; Cheng, X. B.; Yan, C.; Zhao, C. Z.; Zhang, Q. *Joule* **2018**, *2*, 764.  
doi: 10.1016/j.joule.2018.02.001
- (6) Ye, H.; Xin, S.; Yin, Y. X.; Guo, Y. G. *Adv. Energy Mater.* **2017**, *7*, 1700530. doi: 10.1002/aenm.201700530
- (7) Lin, D.; Liu, Y.; Liang, Z.; Lee, H. W.; Sun, J.; Wang, H.; Yan, K.; Xie, J.; Cui, Y. *Nat. Nanotechnol.* **2016**, *11*, 626.  
doi: 10.1038/NNANO.2016.32
- (8) Liu, Y.; Tzeng, Y. K.; Lin, D.; Pei, A.; Lu, H.; Melosh, N. A.; Shen, Z. X.; Chu, S.; Cui, Y. *Joule* **2018**, *2*, 1595.  
doi: 10.1016/j.joule.2018.05.007
- (9) Zheng, G.; Wang, C.; Pei, A.; Lopez, J.; Shi, F.; Chen, Z.; Sendek, A. D.; Lee, H. W.; Lu, Z.; Schneider, H.; Safont-Sempere, M. M.; Chu, S.; Bao, Z.; Cui, Y. *ACS Energy Lett.* **2016**, *1*, 1247.  
doi: 10.1021/acseenergylett.6b00456
- (10) Zhang, H.; Liao, X.; Guan, Y.; Xiang, Y.; Li, M.; Zhang, W.; Zhu, X.; Ming, H.; Lu, L.; Qiu, J.; *et al.* *Nat. Commun.* **2018**, *9*, 3729  
doi: 10.1038/s41467-018-06126-z