

科技动态

[本篇访问: 5588]

最近更新

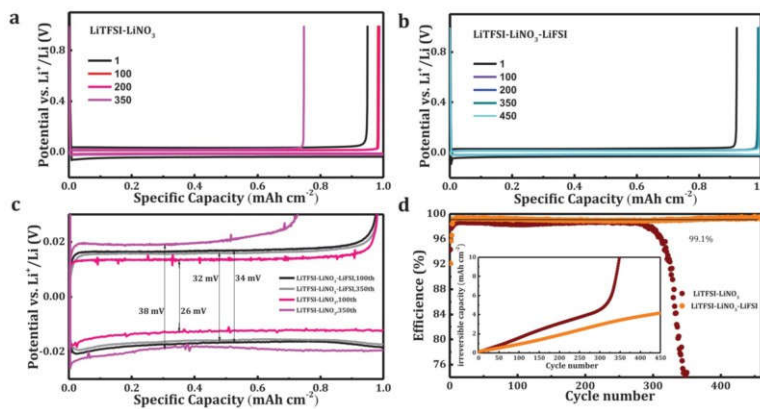
现代工程与应用科学学院何平周豪慎课题组利用三元盐电解液实现低过量锂的高可逆锂电池

发布时间: [2018-12-17] 作者: [现代工程与应用科学学院] 来源: [科学技术处] 字体大小: [小 中 大]

现代工程与应用科学学院何平教授与周豪慎教授领导的研究团队, 引入LiTFSI-LiNO₃-LiFSI三盐电解液体系, 有效提高高利用率下金属锂负极的循环稳定性和库伦效率。该研究提出三种盐的不同分工: LiNO₃和LiFSI能够快速与金属锂反应形成致密的Li₂O和LiF保护层, 减少电解液与金属锂的直接接触, 从而提高金属锂负极的循环性能。LiTFSI有效提高电解液自身的稳定性, 抑制电解液的自聚合。过量系数仅为0.44的锂金属负极与磷酸亚铁锂正极组装全电池, 稳定循环70圈, 并且在100圈后仍然有83%的容量保持。该工作显著提升低过量系数下的金属锂负极稳定性, 这对于提升电池的能量密度有重要意义。该研究成果, 以“A Concentrated Ternary-Salts Electrolyte for High Reversible Li Metal Battery with Slight Excess Li”为题, 于2018年12月14日在线发表在能源材料领域著名刊物Advanced Energy Materials上。

金属锂具有高理论容量和低电位被认为是一种非常理想的负极材料。然而金属锂在电解液中并不稳定, 并且伴随着充放电会有枝晶生成, 导致其循环过程中的库伦效率较低(一般小于99%)。为了保证锂金属电池的循环寿命, 一般会在负极使用大幅过量的锂(3倍以上过量), 这不仅会增加电池成本还会降低整个电池的能量密度。因此, 提高金属锂负极的库伦效率, 抑制锂枝晶生长, 保证锂金属电池在低过量锂条件下实现长效循环, 是锂金属电池未来走向实际应用所亟待解决的问题。

何平教授和周豪慎教授团队针对这一问题通过引入LiTFSI-LiNO₃-LiFSI高浓度三盐电解液体系, 有效得提高了金属锂负极的循环稳定性和库伦效率。在循环450圈后, 金属锂的库伦效率仍然达到了99.6%。



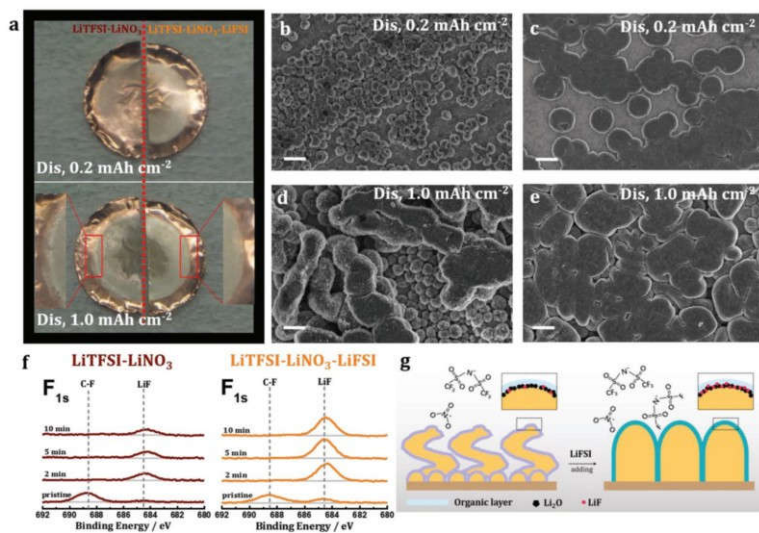
图一: 金属锂负极充放电曲线图a)双盐电解液 b)三盐电解液。c)电极在循环过程中的过电位。d)每圈的库伦效率以及累积的不可逆容量。

- 父亲叶南薰和165计算机 --- 谨以此文献给父亲的...
- 新年鼓点催征急 策马扬鞭再奋蹄——与会教职工热...
- 中国共产党南京大学第十四届委员会第五次全体 (...)
- 续写“奋进之笔” 再交“奋进之作”——...
- 我校召开2019年重点工作布置会
- 中共南京大学第十四届委员会第五次全体 (扩大) ...
- 胡金波: 以出神入化之功 收出类拔萃之效
- 我校召开2018年度选人用人“一报告两评议”会议...
- 化学化工学院龙亿涛教授被英国皇家化学会RSC...
- 郑佑轩、左景林团队在新型钛配合物光电性能研究...

一周十大

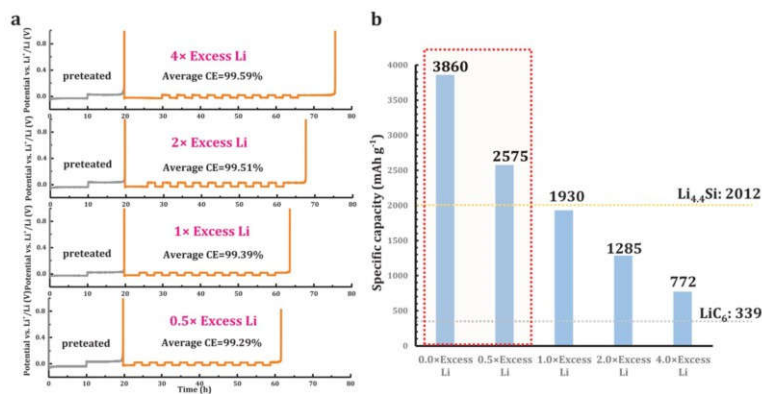
- 周豪慎、郭少华团队开发岩盐相富锂... [访问: 4923]
- 郑佑轩、左景林团队在新型钛配合物... [访问: 3874]
- 南京大学“三院二室”2019年春季学... [访问: 3843]
- 化学化工学院龙亿涛教授被英国皇家... [访问: 3735]
- 做科研、忙实践、拼竞赛, 大学生纷... [访问: 1942]
- 我校召开2018年度选人用人“一报告... [访问: 1635]
- 中共南京大学第十四届委员会第五次... [访问: 1585]
- 胡金波: 以出神入化之功 收出类拔... [访问: 1508]
- 新年鼓点催征急 策马扬鞭再奋蹄 —... [访问: 1238]
- 胡金波主持召开校党委常委会 审议中... [访问: 1171]

研究发现三种盐在体系中分别起到不同的作用： LiNO_3 和 LiFSI 能够快速与金属锂反应形成致密的 Li_2O 和 LiF 保护层，减少电解液与金属锂的直接接触，从而提高金属锂负极的循环性能。另外 LiTFSI 的引入可以有效提高电解液自身的稳定性，抑制高浓度 LiFSI 情况下电解液的自聚合。在三盐电解液中，金属锂的生长过程也较 LiTFSI-LiNO_3 双盐体系有明显差异，不仅在形核过程中产生的锂微球显著增大，而且在整个生长中不再有明显的枝晶生长现象。

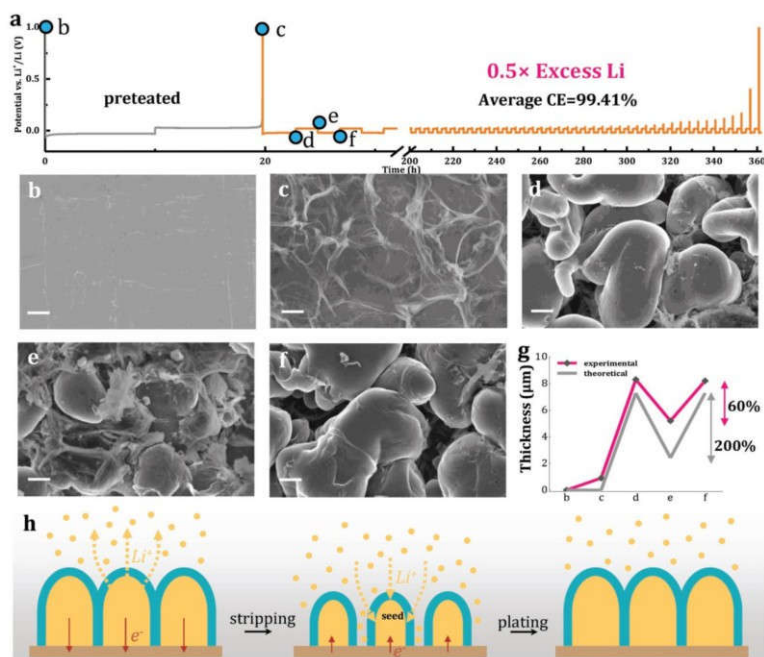


图二: a)两种电解液中不同沉积容量的电极的光学照片。沉积容量为 0.2 mAh cm^{-2} 时的扫描电镜图片: b)双盐电解液 c)三盐电解液。沉积容量为 1.0 mAh cm^{-2} 时的扫描电镜图片: d)双盐电解液 e)三盐电解液。f)不同电解液中SEI膜的 F_{1s} 能谱。g)添加 LiFSI 后的锂生长示意图。

基于这种三元盐电解液，通过比较不同锂过量倍数，发现过量锂越多，锂负极的平均库伦效率也会相应增大，与此同时锂负极的比容量会快速减少。另外，在这种电解液中，仅仅使用0.5倍过量锂，其长循环的平均效率可以进一步提高到99.4%。这是因为少量的剩余锂可以减少锂沉积形核位垒，降低局部电流密度，同时有效缓解金属锂负极的体积效应。

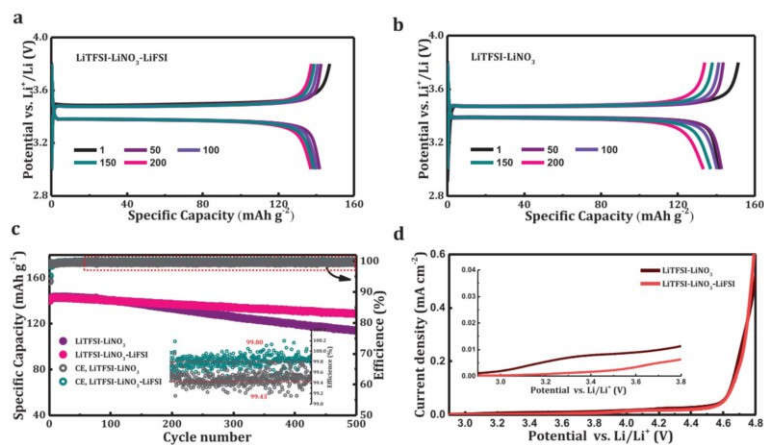


图三: 不同过量锂条件下的锂负极库伦效率和比容量。



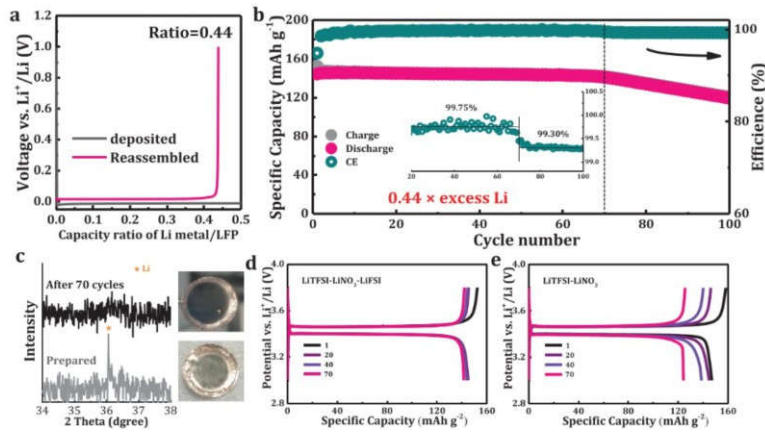
图四：a) 0.5倍过量锂下的长循环性能。b-f)不同阶段的扫描电镜图片。g)沉积的锂的厚度。h)循环过程示意图。

此外，由于额外加入的LiFSI使得电解液浓度大大增加，电解液中大量的自由溶剂分子与锂离子结合形成稳定的复合体，有效提高了电解液的氧化稳定性。这使得磷酸铁锂电极在三元盐电解液中的循环稳定性大大提高，同时其库伦效率也提高到了99.8%以上。



图五：锂金属-磷酸铁锂半电池的充放电曲线图a)双盐电解液 b)三盐电解液。c)不同电解液中电池的循环稳定性。d)线性扫描伏安曲线。

利用这种三盐电解液研究团队成功组装了一个金属锂：正极（容量比）仅为0.44：1的锂金属-磷酸铁锂全电池。该电池可以稳定循环70圈以上，并且在100圈后仍然有83%的容量保持。



图六: a)拆-装电池后电极上剩余的活性锂金属。b)0.44倍锂过量下全电池的循环寿命和库伦效率。c)电极的XRD和光学照片。金属锂-磷酸铁锂全电池的充放电曲线图: d)双盐电解液 e)三盐电解液。

通过引入LiTFSI-LiNO₃-LiFSI高浓度三盐电解液体系,有效抑制了金属锂在循环过程中的枝晶生长,显著提高了锂负极的平均库伦效率。同时这种电解液在正极也表现出较高的氧化稳定性,使用磷酸铁锂电极可以在循环500圈后仍旧有92%的容量保持以及99.8%的库伦效率。基于这一电解液,在仅仅使用0.44倍过量锂的条件下组装的全电池能够稳定循环70圈以上。未来该团队期望通过进一步提高锂负极库伦效率,在减少过量锂的同时进一步提高全电池的循环寿命。

南京大学2014级直博生邱飞龙为论文的第一作者,何平教授和周豪慎教授为该论文的通讯作者。该项研究得到国家重点研发计划新能源汽车,国家自然科学基金,江苏省自然科学基金和江苏省优势学科项目的资助。

(现代工程与应用科学学院 科学技术处)



分享到

0