



Search



## 南科大谷猛团队在碱金属-空气电池微结构动态变化研究领域取得系列进展

2021年02月01日 科研新闻 浏览量 1556

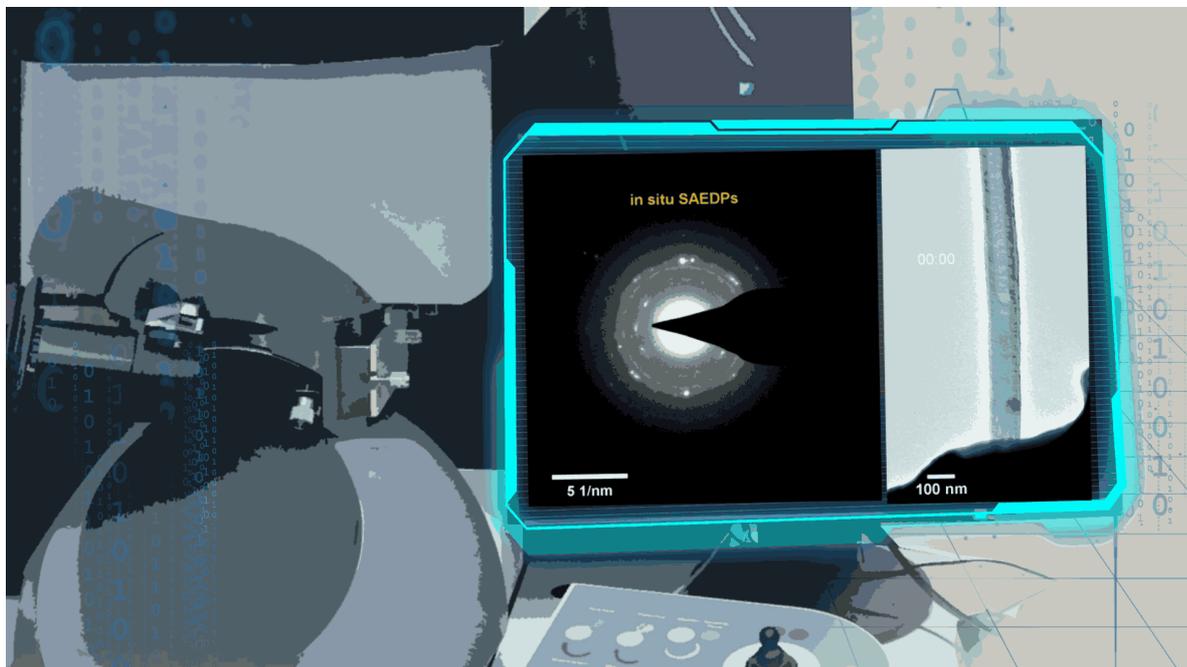


返回

近日，南方科技大学材料科学与工程系副教授谷猛课题组联合物理系教授陈朗课题组和加拿大西安大略大学教授孙学良课题组，在碱金属-空气电池微结构动态变化研究领域取得系列进展，相关成果发表在国际著名杂志Angewandte Chemie International Edition、ACS Nano、Energy Storage Materials上。

人物

媒体



为满足不断增长的能源需求并减轻温室效应，许多科学家致力于发明比常规锂离子电池更强大且更环保的电池系统。碱金属-空气电池系统具有更高的理论能量密度，具有成为下一代电池系统的潜力。先进电子显微技术的发展以及环境电镜（ETEM）的出现，让研究人员可以在特定气氛下对材料的生长、结构演变等行为进行观测研究。配合不同的TEM原位样品杆，综合运用电、热、力和气氛等环境参量，使纳米电池内部发生的复杂电化学反应的量

化分析成为可能。团队利用原位透射电镜直观地在原子尺度动态观测电池反应，并得到关键信息，简单明了地揭示了电化学反应的过程和工作机理。

## Angew. Chem.: 电子离子复合导体提升固态锂-空气电池动力学

锂-空气电池具有超高的理论能量密度，被称为二次电池中的圣杯，是下一代高比能锂二次电池的理想选择之一。然而，锂枝晶生长和液态电解液可燃性的问题，一直是锂-空气电池的重大安全隐患。发展固态锂-空气电池可以从根本上提高电池的安全性能。然而由于空气电极多固态界面的特性，使得功能性的固态空气电极设计成为固态锂-空气电池发展的瓶颈问题。

谷猛课题组联合孙学良团队研究了一种采用电子离子复合导体 (NCNT@LiTaO<sub>3</sub>) 改善固态空气电极界面的新策略。采用此复合导体可将固态锂-空气电池的“固-固-气三相界面反应”简化为“固-气两相反应”，进而提高电池的电化学性能。研究团队通过非原位扫描电镜表征发现，在充电过程中，放电产物脱离电子导体或离子导体，导致产物无法完全被分解，降低了电池的库伦效率。此外，这种“固-固-气三相界面反应”极大限制了电池的反应动力学，因此研究团队提出了设计电子离子复合导体，减小电极反应界面数，从而提升电池电化学性能的策略。电化学分析表明，采用此电子离子复合导体，明显降低了电极的界面电阻，提升了电池的反应动力学，并有效地促进了放电产物的分解效率和电池可逆性。

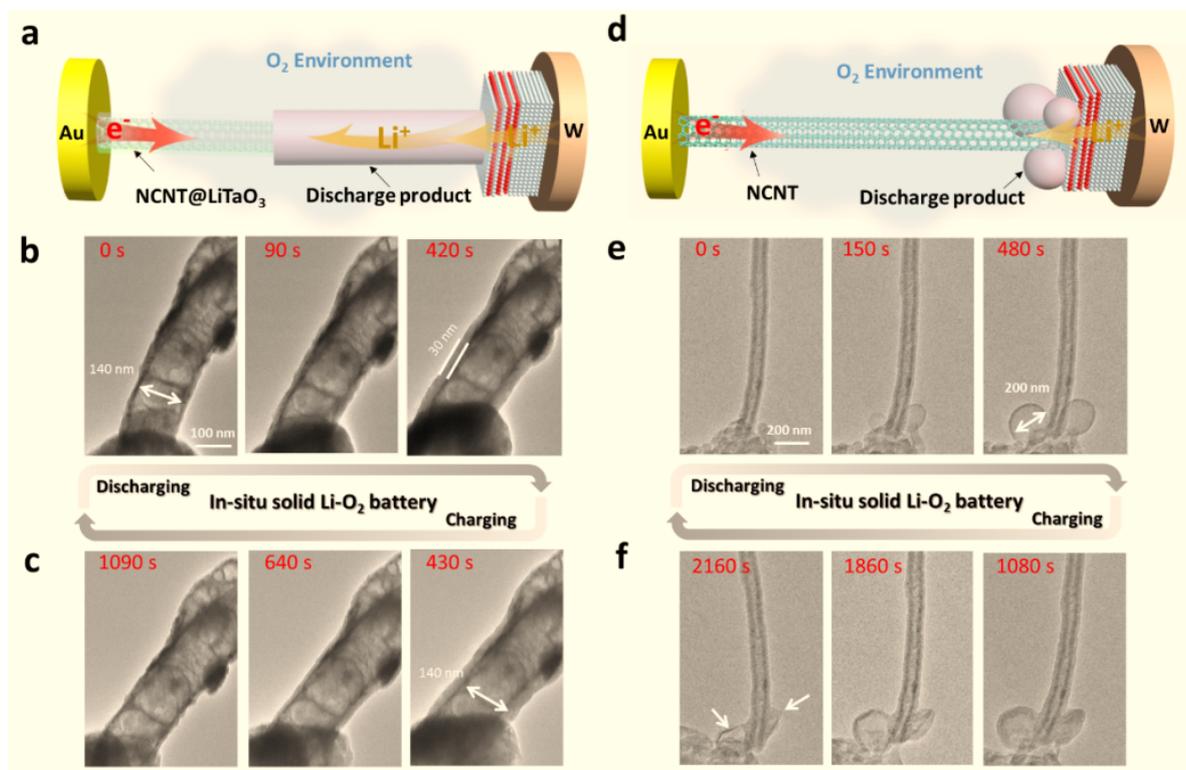


图1 环境原位电镜中不同正极材料的空气电池充放电对比

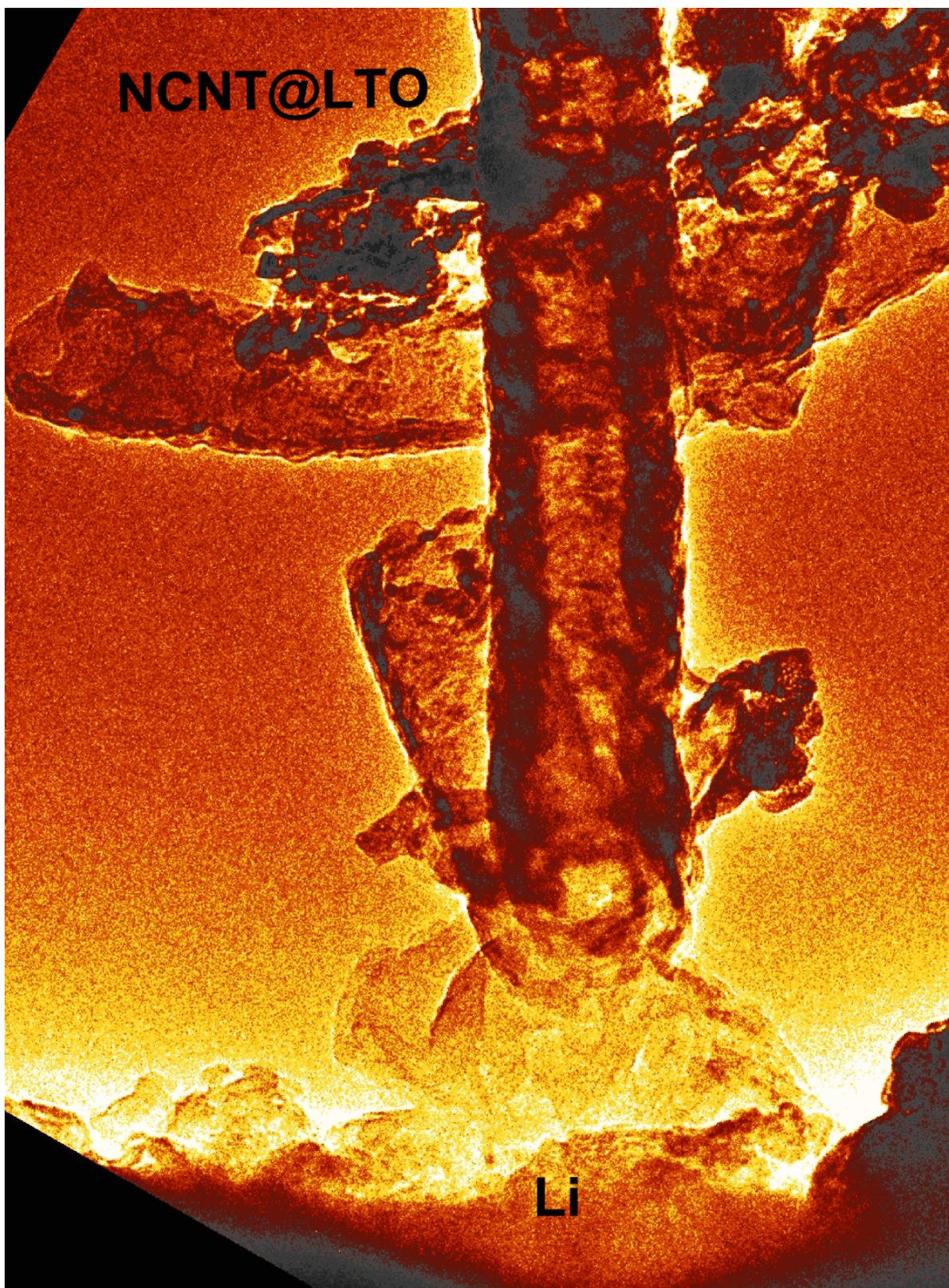


图2 原位动态观察固态复合电极 (NCNT@LiTaO<sub>3</sub>) 上锂-空气电池充放电动态过程  
原位透射电镜分析表明，放电产物可以在复合导体表面均匀沉积和分解，进一步验证了  
从三相反应向两相反应的转变。该研究为解决固态空气电极内的固态界面问题提供了新的思  
路。

西安大略大学学者赵昌泰和南科大研究助理教授祝远民是论文第一作者。谷猛、孙学良  
是论文通讯作者。

## ACS Nano:原位研究合金催化剂负载的钠-氧气电池正极材料的充放电行为与反应机制

近年来，具有可逆充放电效应的碱金属（锂、钠和钾）空气电池以其极高的理论能量密度，有望成为下一代储能材料。从Abraham首次演示锂-氧气电池的可逆充放电效应之后，该体系便受到了学术界的广泛研究。而相比于锂-氧气电池，钠-氧气电池体系制造成本相对低廉，过电位更低，并且有着更高的能量转化效率。

然而，钠-氧气电池体系目前也存在着诸多问题与挑战，如实际容量有限、循环稳定性差、副反应较多等，限制了它的广泛应用。如果想要解决这些问题，就需要清晰了解氧还原反应（ORR）和析氧反应（OER）中发生的复杂电化学转变。放电产物的形貌、化学成分和相结构等对钠-氧电池的放电容量和充电过电位起着至关重要的作用。目前，关于钠-氧气电池的放电反应中主要产物类型引发了学术界的广泛争论，而且氧还原（OER）和氧析出（ORR）过程中高效催化剂的缺乏严重影响了金属-空气电池的性能发挥、循环寿命和其商业化进程。



图3 环境电镜中钠-氧气纳米电池充放电循环过程的原位观测

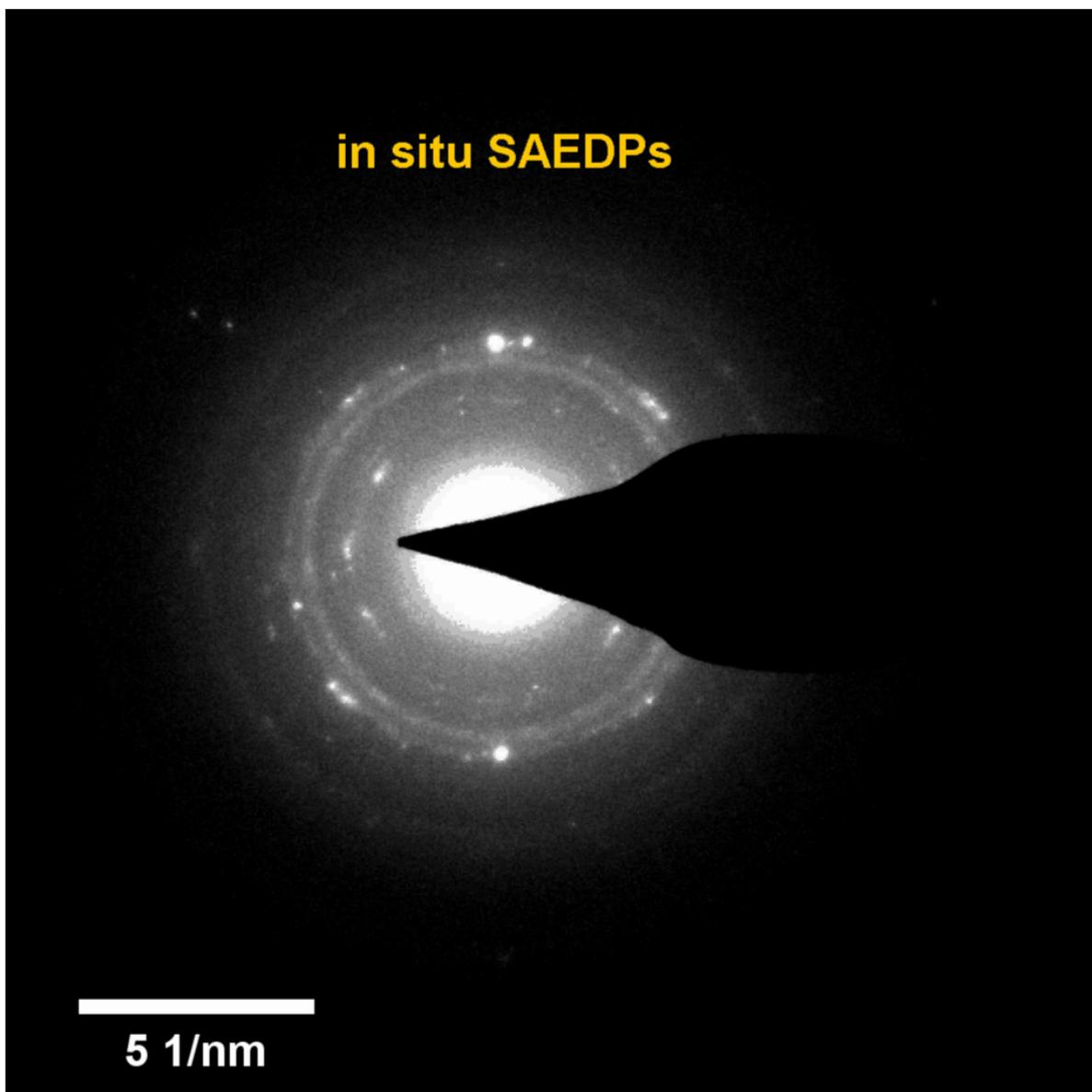


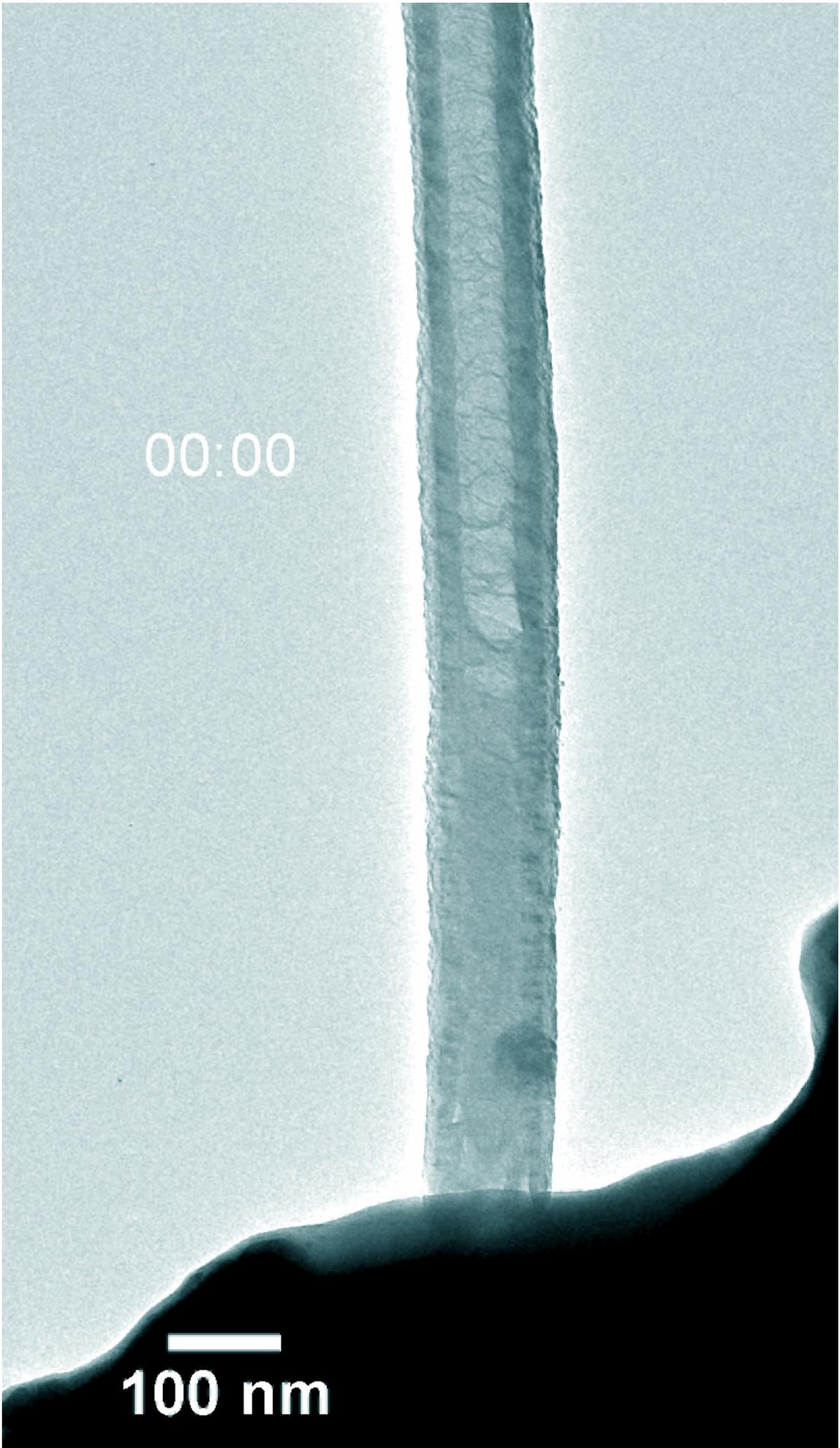
图4 原位选区衍射动态追踪放电产物的微结构转变过程

开发更有效的催化剂将促进放电产物的分解并降低过电位。谷猛团队分别以Pt掺杂的碳纳米管(Pt@CNT)和Pt<sub>0.8</sub>Ir<sub>0.2</sub>掺杂的碳纳米管(Pt<sub>0.8</sub>Ir<sub>0.2</sub>@CNT)作为空气正极端，在球差校正的环境电镜内部通入O<sub>2</sub>气体环境，构建了钠-氧气纳米电池，原位观察了放电/充电产物的开貌演变及其相的差别。在研究中，谷猛团队在球差校正实验里确定了不同正极支撑材料的钠-氧气电池的反应途径和形貌演变。如图3所示，在放电过程中，Na<sup>+</sup>离子通过固体电解质与O<sub>2</sub>反应，形成NaO<sub>2</sub>相。随后，随着O<sub>2</sub>的释放，部分NaO<sub>2</sub>歧化成Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，并产生空心球结构的放电产物。充电后，随着球体的收缩和壳层的塌缩，Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>空心粒子逐渐被分解为纳米颗粒，并在催化剂作用下完全分解。研究团队利用原位选区衍射 (SEAD) (图4) 等技术进行的微观结构转变和化学成分分析，论证了整个充放电过程的电化学反应细节。团队的研究成果可以为深入研究钠-空气电池的电催化反应过程与机理提供研究思路，并为今后优化设计钠-氧气电池体系提供重要参考。

祝远民为论文第一作者，谷猛是论文通讯作者，南科大为唯一通讯单位。

## Energy Storage Mater.:原位研究单原子催化剂催化钠-二氧化碳空气电池微观演化机制

金属-CO<sub>2</sub>电池的效率可以提高到与Li-O<sub>2</sub>电池比拟或者更高的水平。此外，金属-CO<sub>2</sub>电池中二氧化碳的消耗也有助于缓解全球变暖危机以及温室效应。谷猛团队发明了新型有效的催化剂-Pt单原子修饰的氮化碳纳米管（Pt-SA@NCNT），可以可逆地催化金属-CO<sub>2</sub>电池的反应。团队借助环境球差透射电镜以及原位充放电样品杆，在CO<sub>2</sub>气氛下对Na-CO<sub>2</sub>电池的充放电行为进行了研究，原位确认了放电/充电产物的形貌演变和电化学反应机理。



## 图5 Pt@NCNT在充放电过程中的形貌动态演变

研究发现，在放电过程中， $\text{Na}^+$ 离子通过固体电解质与 $\text{CO}_2$ 反应，形成球状 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 相，在反应的过程中也有非晶C的出现，在NCNT内部也有反应产物的生成。充电后，随着球体的收缩， $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 逐渐分解为Na以及 $\text{CO}_2$ 。通过与纯NCNT作为正极的空气电池相比，Pt单原子催化剂可以明显加快反应的速度。团队的工作成果可以为深入研究钠-二氧化碳电池的电化学催化反应过程与机理提供研究思路，并为今后优化设计钠-空气电池体系提供重要的参考。

祝远民和冯世辉为论文第一作者，谷猛是论文通讯作者，南科大为论文唯一通讯单位。

文章链接：

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.202014061>

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.9b07961>

<https://doi.org/10.1016/j.ensm.2020.07.019>

供稿单位：材料科学与工程系

通讯员：周斌

编辑：吴一敏

## 最新动态

南科大卢海舟课题组在高阶拓扑绝缘体稳定性研究取得进展 树礼书院启动2021年度秋季学期导师晨跑 南公

近日，南方科技大学物理系和量子科学与工程研究院教授卢海舟课题组在三维高阶拓扑绝缘体的拓扑稳定性方面取得进展，并在美国物理学会《物理评 20 资 大

吉安市委书记王少玄来校调研交流

2021年海峡两岸暨港澳青年女科学家论坛在我校召开2021南科大举行

2021年10月18日下午，江西省吉安市委书记王少玄近日，2021年海峡两岸暨港澳青年女科学家论坛 10月15日，我校

玄一行来校调研交流。

以线上线下相结合的形式在南方科技大学举行。 分析会。

## 热点阅读

[查看更多](#)

[南科大李闯创课题组在Chemical Society Reviews发表综述文章](#)

[逐梦南科，扬帆起航 南科大2021级本科新生来校报到](#)

近日，南方科技大学化学系教授李闯创课题组应邀于2021年8月22日，南方科技大学2021级本科新生于2021年9月3日在国际顶级综述期刊Chemical Society Reviews...发表题为“Synthesis of natural products”来校报到。他们满怀憧憬和喜悦，从五湖四海来...塘朗山下这座拥有九山一水的校园，在这里扬帆起... 典礼在松禾体育

[2022泰晤士世界大学排名公布 南科大首次进入世界200强](#)

[南科大国际研究团队在《自然》杂志上发布观测到原子手性超流的重大研究成果](#) [明德求是 日新校训](#)

2021年9月2日，泰晤士世界大学排名网发布了最新“2022泰晤士高等教育世界大学排名”，南科大首次进入世界排名200强。

在实验室中首次观测到类六角氮化硼光晶格上由相相互作用诱导的具有拓扑准粒子激发的全局原子手... 明德树人、求是超流。



### 新闻网

[新闻中心](#)

[搜索](#)

### 相关链接

[官方网站](#)

[学校概况](#)

[院系设置](#)

[师资概况](#)



© 2017 SUSTech. All Rights Reserved.

