

高效单原子Fe基催化剂用于锌-空气电池研究获进展

能源是人类文明进步和发展的物质基础。近年来,随着化石能源的逐渐消耗和日益突出的环境污染问题,人类对绿色、清洁、可再生能源的需求急剧增长。水分解、燃料电池、金属-空气电池等高效、低成本能量存储与转换技术的开发已成为研究的前沿领域。其中,锌-

空气电池使用水系电解液具有低成本、安全、环境友好的优势,理论能量高达1084 Wh/kg,有望成为新一代储能设备。根据使用需求,锌-空气电池可以做成一次电池、可充放电电池以及柔性电池。锌-空气电池的放电过程涉及氧还原反应(ORR),而充电过程涉及析氧反应(OER)。目前Pt基催化剂是优良的ORR催化剂,Ir和Ru基催化剂在OER反应中具有优异的催化性能,但是铂族元素在地壳中储量稀少、价格昂贵,稳定性差,且功能单一。因此,开发低成本、高效、稳定的非贵金属催化剂对于锌-空气电池的商业化推广具有重要意义。

单原子催化剂具有高的本征活性、最大化的原子利用效率以及特定的催化剂结构。近年来,基于单原子催化剂的制备、表征和催化性能研究成为能源、材料和催化领域的研究热点。非贵金属的Fe基、Co基、Ni基、Mn基单原子催化剂显示出优异的电催化性能,有望成为铂族贵金属催化剂的替代材料。特别是Fe基单原子催化剂在碱性条件下的ORR反应中具有优于Pt基催化剂的性能,表现出更高的半波电位、更大的极限电流密度和扩散电流密度。

近日,中国科学院北京纳米能源与系统研究所孙春文课题组副研究员韩军兴等人基于金属-有机框架材料(MOF)

F)包覆和高温裂解技术成功制备了单

原子Fe基催化剂。该工作以二价的 FeSO_4

作为Fe前驱体;1,10-邻菲罗啉作为有机配体(Phen)

,通过与 Fe^{2+} 离子配位形成有机复合物(Fe-Phen)。在MOF晶体生长过程中,有机复合物分子(Fe-Phen)被原位包覆在具有分子尺寸的纳米腔体中,彼此被MOF骨架隔离开。在Ar气氛下经过900 °C高温焙烧后得到单原子分散的Fe基催化剂。电化学测试结果表明单原子Fe基催化剂在ORR反应中的半波电位高达0.91 V,比传统的Pt/C催化剂高90 mV,并且优于目前文献中报道的绝大多数催化剂;电化学活性表面积约是商业Pt/C催化剂的两倍。将单原子Fe基催化剂用作一次锌-空气电池的正极催化剂,电池开路电压高达1.51 V,优于Pt/C催化剂(1.45 V);功率密度达到96.4 mW cm^{-2} ;以10 mA cm^{-2} 的电流密度进行放电,一次锌-空气电池可以在1.28 V的放电电压下稳定运行2000 min以上。

除了表现出优异的ORR催化性能外,单原子Fe基催化剂还具有较好的双功能(ORR/OER)催化特性, E_{j10} 与 $E_{1/2}$ 的电位差为0.92 V,小于贵金属复合催化剂(Pt/C+ RuO_2)的(0.94 V)。将单原子Fe基催化剂用作可充放电锌-空气电池的正极,锌-空气电池在10 mA cm^{-2} 的电流密度下可以稳定运行超过250 h。将单原子Fe催化剂用作柔性可折叠锌-空气电池的正极,电池在1 mA cm^{-2} 的电流密度下可以稳定运行超过120 h。

相关研究成果以Single-Atom Fe-Nx-C as an Efficient Electrocatalyst for Zinc-Air Batteries

为题发表在最新一期的《先进功能材料》(Advanced Functional

Materials)上。该项工作得到科技部国家重点研发计划(2016YFA0202702)和国家自然科学基金(51672029, 51372271)的经费支持。

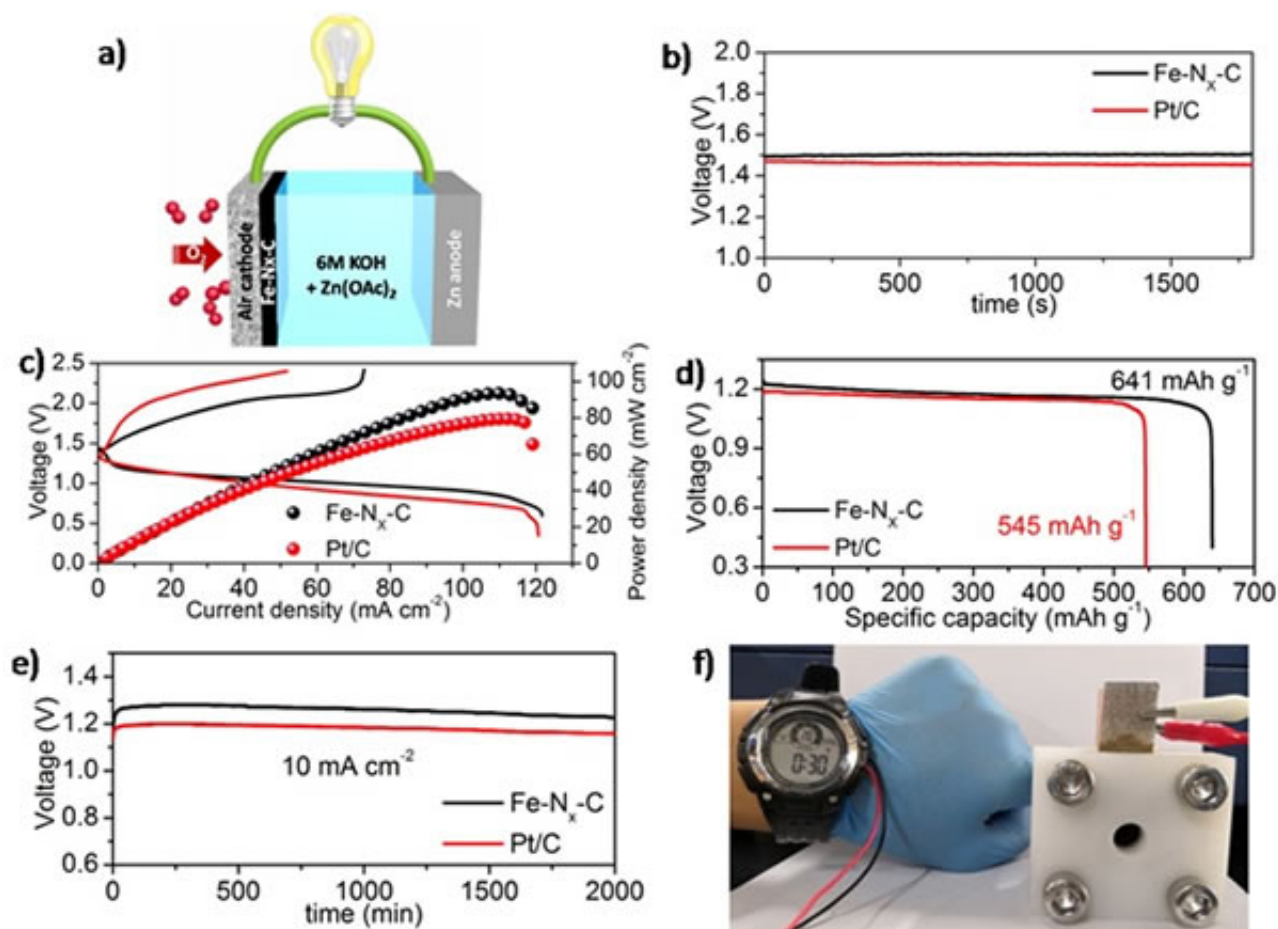


图1. a) 一次锌-空气电池结构示意图；b) 不同催化剂制备的电池的开路电压随时间的变化曲线；c) 电池功率密度特性；d) 电池放电曲线；e) 在10 mA cm⁻²的电流密度下电池恒流放电曲线；f) 展示锌-空气电池可以为电子手表供电。

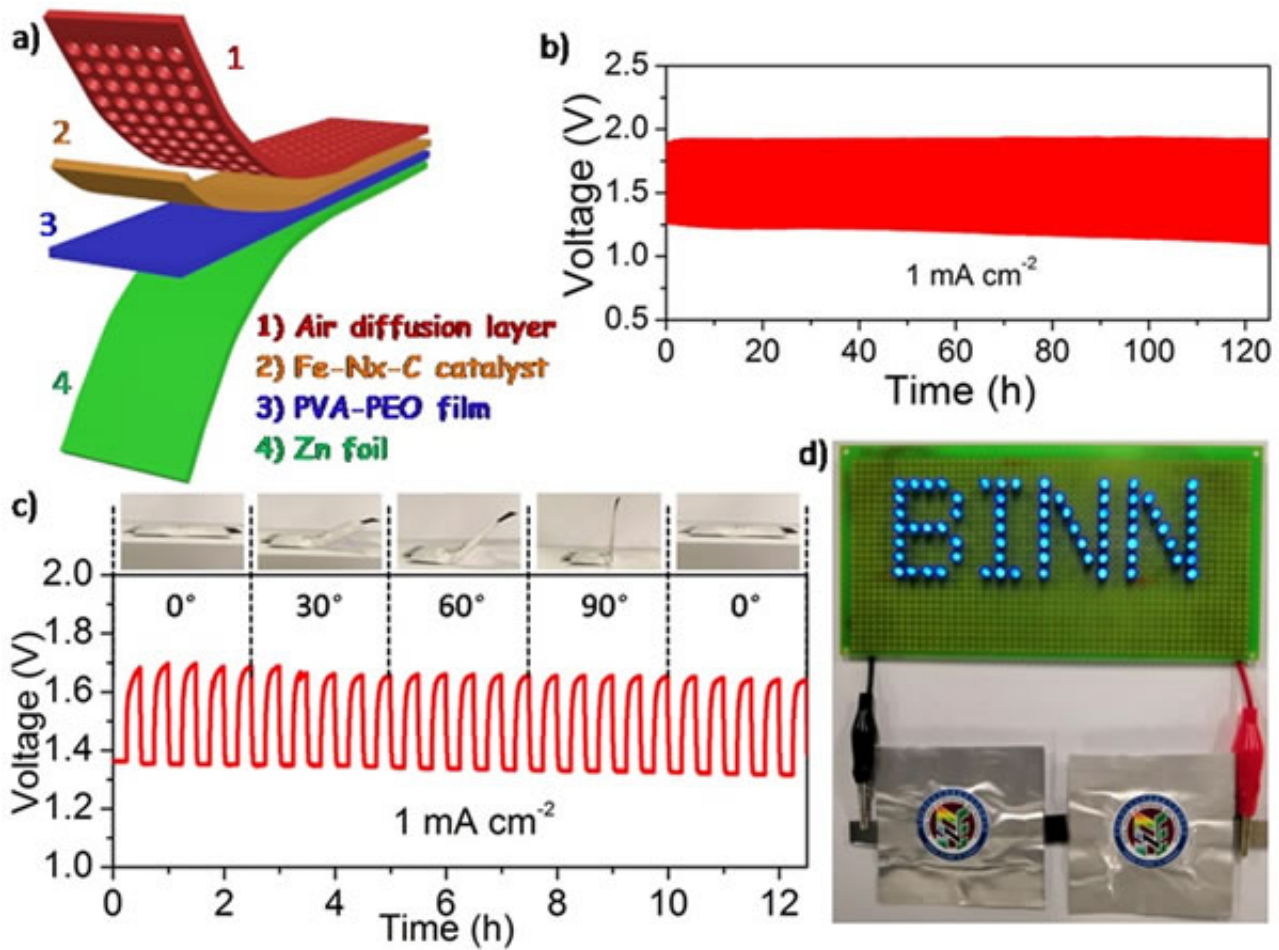


图2. a) 柔性可折叠锌-空气电池示意图；b) 在 1 mA cm^{-2} 的电流密度下电池充放电曲线；c) 柔性锌-空气电池的折叠性能测试；d) 串联的两组柔性锌-空气电池为发光二极管阵列供电。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/135449.html>