

## 碘蒸气辅助合成Chevrel相纳米片Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>及其在镁/铝电池中的应用研究获进展

Chevrel相化合物是一种钼基硫族化合物，是由Mo<sub>6</sub>T<sub>8</sub>或M<sub>x</sub>Mo<sub>6</sub>T<sub>8</sub>组成（M为过渡金属，T为S，Se或Te）。Chevrel相结构中，六个Mo原子位于一个立方体的六个面心，形成一个八面体的Mo<sub>6</sub>原子簇，八个T原子占据立方体的八个角上，在这些紧密堆积的原子簇之间有较大的三维开放式孔道。由于这种独特的结构，Chevrel相化合物被应用于超导、热电、催化和电池中。自2000年Chevrel相Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>被首次应用于镁电池正极以来，它的应用范围已经被拓宽到几乎所有的二次电池体系。直至今日，Chevrel相Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>仍然是最成功的镁电池正极材料。但是大规模、高质量地合成Chevrel相的Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米材料仍然面临很大挑战。现行的方法包括固相法、熔盐法、自传输高温法、高能球磨法以及两步溶液法合成都具有能耗大、产物不纯并且无法控制颗粒生长等问题。目前最常用的固相法，以CuS和MoS<sub>2</sub>作为硫源，将反应物密封到充满氩气的接头式不锈钢管中，在900摄氏度下反应24小时。但是该方法只能合成微米尺寸的Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>，且由于CuS在高温下会分解产生硫蒸汽并逸出，导致杂质MoS<sub>2</sub>的生成。

鉴于此，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心清洁能源实验室E01组博士毛明磊、博士生林泽京，在副研究员索鏊敏的指导下，利用碘的气相传质反应合成了大规模、高纯度的Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片。利用Cu，Mo，以及MoS<sub>2</sub>作为反应物，避免了反应物的分解，以及硫蒸汽的逸出。碘用来调节固相反应的动力学，降低了反应温度和时间，并且引发Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>进行择优平面生长形成纳米片。作为一种典型的三维材料，纳米片状的Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>被第一次获得。在镁电池和铝电池中，该Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片比用传统方法合成的微米颗粒，具有更快的离子嵌入动力学和更好的电化学性能。该研究结果近日发表在ACS Nano上（ACS Nano, 2019, DOI: 10.1021/acsnano.9b08848），文章题为Iodine Vapor Transport-Triggered Preferential Growth of Chevrel Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>Nanosheets for Advanced Multivalent Batteries。

研究团队首先探究了最佳的合成条件，通过对不同反应温度和反应时间下的产物进行XRD测试，发现800摄氏度、24小时是合成的最佳条件。同时，进一步对反应路径的研究发现，碘蒸汽首先和铜反应生成CuI，然后再和Mo单质以及MoS<sub>2</sub>反应生成中间产物Cu<sub>2</sub>Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>。将该中间产物进一步酸洗生成目标产物Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片。然后作者利用XRD，SEM，TEM，STEM等手段确认了合成的Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片的晶相和形貌。随后将Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片应用到镁电池和铝电池中，Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片展现了更快的反应动力学，优异的循环稳定性，以及良好的低温性能。除此之外，研究团队还利用非原位的XRD，EDS，和XPS证明了Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片在镁离子嵌入脱出过程中发生了明显的相变，并且电荷转移首先从硫离子开始发生，然后过渡到钼离子。除了可以应用到电池材料中，Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片因其具有的高比表面积，显著的各向异性，以及独特的表面性质，还可以广泛应用于超导，热电和催化中。碘的气相传质反应将为大规模合成无机化合物提供一种全新的路径。

相关工作得到了国家重点研发计划（2018YFB0104400）、国家自然科学基金（51872322; 21905299）、中国博士后科学基金（2019TQ0346）以及壳牌公司（PT76419）的支持。

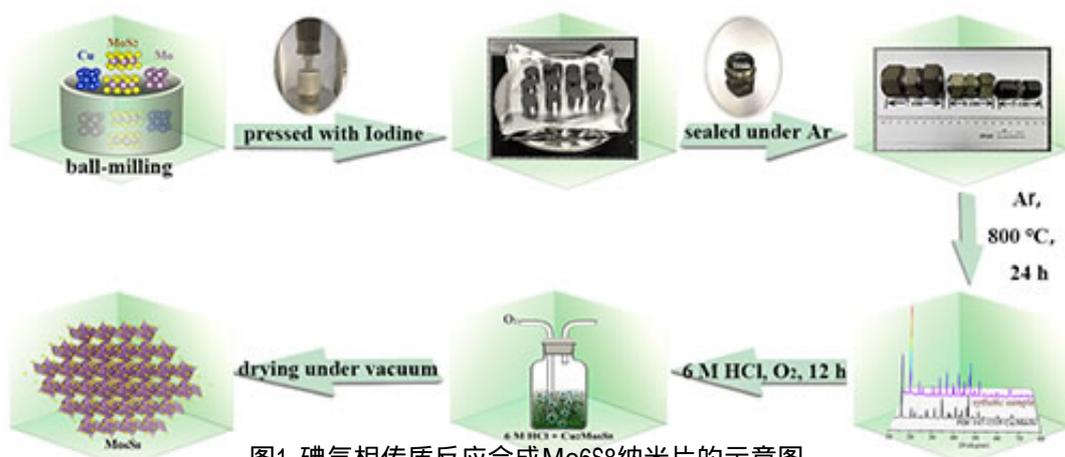
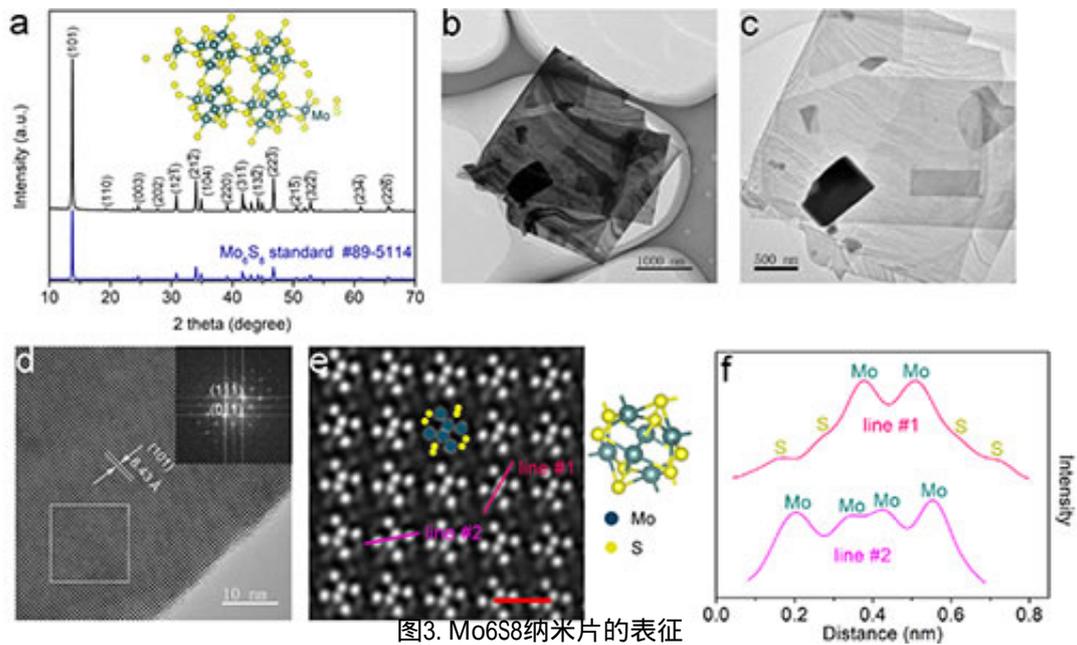
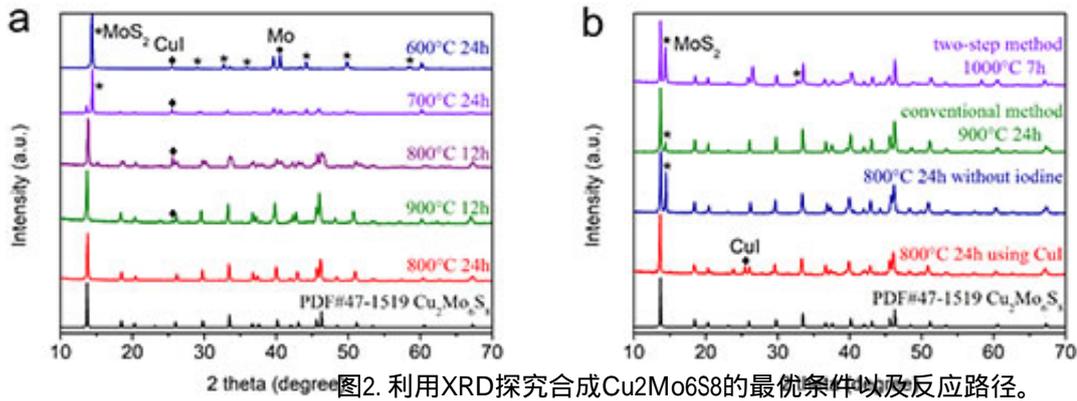


图1. 碘气相传质反应合成Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片的示意图。



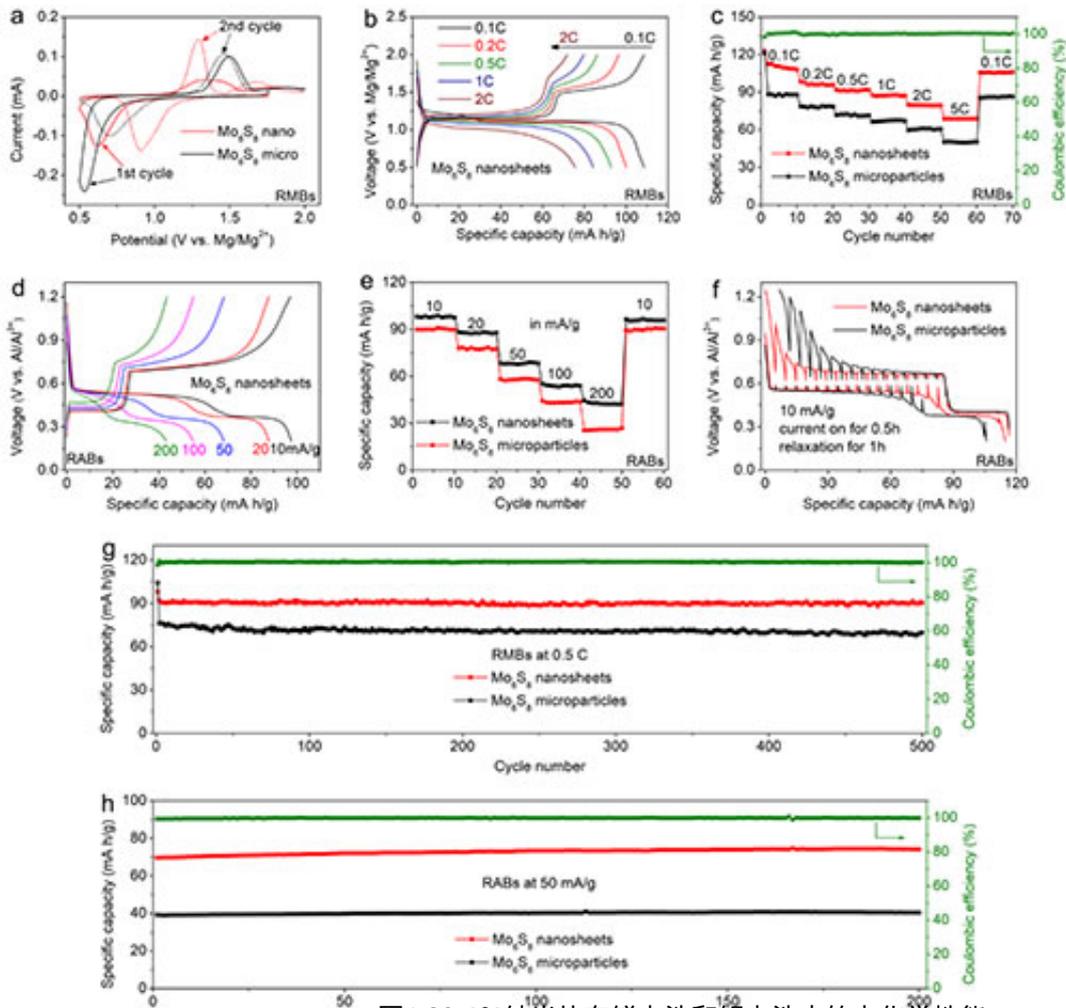


图4. Mo<sub>6</sub>S<sub>8</sub>纳米片在镁电池和铝电池中的电化学性能

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/151799.html>