合肥研究院在碳包覆过渡金属碳化物纳米颗粒合成方面取得进展

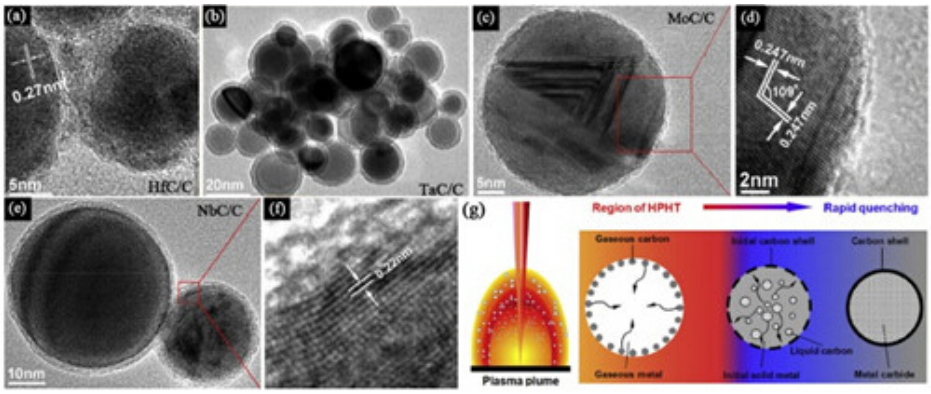

图1. (a)是HfC/C核壳结构的TEM图；(b)是TaC/C核壳结构的TEM图；(c)和(d)是MoC/C核壳结构的TEM图；(e)和(f)是NbC/C核壳结构的TEM图；(g)是TMC/C核壳纳米颗粒可能的形成机制。

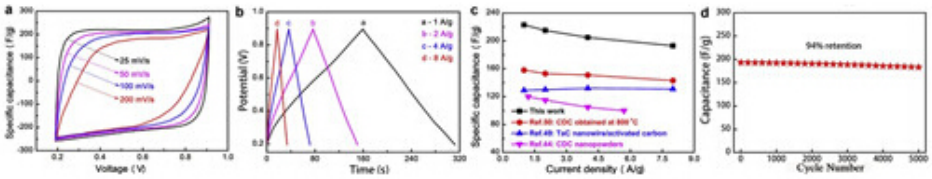

图2. (a)TaC/C 核壳结构在6.0 M KOH 溶液中的不同扫速下的循环伏安图；(b)TaC/C核壳结构在不同电流密度下的充放电曲线；(c)TaC/C核壳结构与文献报道中不同结构TaC材料的比容量对比；(d)TaC/C核壳结构的充放电循环曲线。

中国科学院合肥物质科学研究院研究员梁长浩课题组最近在碳包覆过渡金属碳化物（TMC/C）纳米颗粒合成方面取得进展，相关结果以全文的形式发表在Carbon 杂志上(Carbon, 2016, 100, 590-599)。

过渡族金属碳化物（TMC）是一种共价键、离子键和金属键共存的特殊材料，因此展现出独特的电学及力学性质。然而在应用过程中材料表面的碳易被氧化，导致材料表面结构发生改变，最终影响其物理与化学性能。此外，纳米尺度的TMC在应用过程中还容易发生聚集，导致材料结晶再生长以及催化活性位点减少。近年来，碳包覆纳米材料因其独特的物理与化学性质而倍受关注，例如表面易功能化、抗氧化、抗酸碱腐蚀、不容易团聚等，因此被广泛应用于磁性数据存储、电催化、生物工程等领域。综上所述，若将表面稳定性高的碳材料制备成TMC的保护层，形成独特的TMC/C核壳结构，那么具有此特殊结构的复合材料将有可能成为电化学储能设备中理想的电极材料。因此，发展一种简单有效、温和可控的方法制备尺寸均一的碳包覆过渡族金属碳化物（TMC/C）纳米材料具有重要意义。

最近，基于液相激光熔蚀（Laser Ablation in Liquids, LAL）技术，固体所研究人员分别以无水乙醇和丙酮作为液相介质，成功制备了一系列TMC/C核壳结构纳米材料，包括TaC/C、NbC/C、HfC/C和MoC/C（图1 a-f）。结构分析表明，这类材料的内部TMC均表现为类似于NaCl型的立方相晶体结构，外壳为不同厚度的无定形碳。LAL实验结果表明，液相分散介质的种类对于TMC/C核壳结构的形成具有决定性作用。例如，钽靶材在丙酮中可以形成碳包覆过渡族金属碳化物的核壳结构，即TMC/C，而在无水乙醇中并不能获得类似结构的纳米材料，此实验说明丙酮比无水乙醇更有利于碳包覆层的形成。结合这些实验结果，固体所研究人员提出了一种可能的TMC/C核壳结构形成机制。如图1 g所示，液相介质中，脉冲激光与固体靶材作用，会在固-液界面上形成一个高温、高压的等离子体羽，该等离子体羽在液相介质中先后经历快速绝热膨胀和骤冷过程，最终湮灭。在此过程中，等离子体羽与液相介质的界面上，靶材剥离的成分与有机液相介质分解的含碳成分迅速结合，并成核、生长为金属碳化物的纳米颗粒，同时在其表面析出过饱和碳，最终在骤冷过程之后形成无定形碳包覆的核壳纳米颗粒。该研究为TMC/C核壳结构的可控合成提供了一种简单、绿色的普适性方法。此外，为研究TMC/C核壳结构纳米材料的电学性质，固体所研究人员以TaC/C核壳纳米结构为例，设计了一系列对比试验，发现在超级电容器的应用中，此类结构的纳米材料展现出了优越的倍率和循环性能（图2）。

该工作得到国家重点基础研究发展计划（No. 2014CB931704）、国家自然科学基金和World Premier International

(WPI) Center for Materials Nano-architectonics (MANA)的资助。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/94664.html