绚丽多彩的纳米复合材料

徐林¹, 侯文华²

¹ 南京师范大学化学与材料科学学院, 江苏省新型动力电池重点实验室, 南京 210023

² 南京大学化学化工学院, 介观化学教育部重点实验室, 南京 210023

Diverse Fantastic Nanocomposites

Lin Xu¹, Wenhua Hou²

¹ Jiangsu Key Laboratory of New Power Batteries, School of Chemistry and Materials Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, P. R. China.

² Key Laboratory of Mesoscopic Chemistry of MOE, School of Chemistry and Chemical Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, P. R. China.

Emails: xulin001@njnu.edu.cn (L.X.); whou@nju.edu.cn (W.H.).

Published online: January 7, 2020.

在纳米尺度上复合物理化学性能差别迥异的成分, 实现材料的多功能化是纳米合成的一个热点领域。纳米复合材料体系中各组分之间可以产生强相互耦合作用, 不仅可以增强材料各自的本征特性, 而且还可能表现出许多新奇的物化特性, 从而突破单一组分材料性能的局限, 在新型功能材料研发、能源转化和储存、环境保护与污染处理和生物医药等领域具有广泛应用。随着合成技术和表征手段的快速发展, 人们已可以在原子和分子水平上控制纳米复合材料的合成, 观察复合材料不同成分的界面结构, 揭示复合材料不同组分间的耦合原理, 并调控复合材料的物化性能。本专辑中收集了我国部分科学家在相关领域的研究成果, 将展示一系列纳米复合材料的可控合成、结构表征及其在光催化、电催化、能源储存等领域应用方面的最新进展。

将不同化学组分在纳米尺度上进行可控整合具有一定的挑战性。杨军等¹利用贵金属在Ag₂S纳米颗粒中空位互换的扩散机制或半导体纳米颗粒的自纯化机制, 将预合成的贵金属(Au、Ag、Pd和Pt)和Ag₂S形成的核壳结构自发演变成由贵金属和Ag₂S构成的异质纳米二聚体结构, 如Au-Ag₂S、Ag-Ag₂S、Pd-Ag₂S和Pt-Ag₂S。利用贵金属在半导体中的迁移可以用来制备一些常规方法不易获得的异质结构纳米材料。殷丽莎和谢小吉等²采用共沉淀

法在NaGdF₄:Yb/Tm上转换纳米粒子表面包覆了无定形的Y(OH)CO₃壳层, 并在一定温度下将Y(OH)CO₃壳层转化为结晶相的YOF。该方法可以拓展于其他无定形壳层的包覆及蛋黄-蛋壳结构纳米粒子的制备。

纳米复合材料中不同组分间的协同效应以及界面效应等使其在电催化、能源存储和光催化等领域中具有巨大的应用前景。张立学等³以具有良好导电性、电化学稳定以及耐腐蚀等优点的一维多孔氮化钛(TiN)纳米管为载体, 使用原子层沉积技术(ALD)在TiN载体上沉积尺寸均一且高度分散的Pt纳米粒子。得益于Pt纳米颗粒的高分散性、TiN载体的高比表面积和导电性以及Pt与TiN之间的相互作用, 所得复合催化剂在电催化氧气还原反应(ORR)中表现出比商用Pt/C催化剂更高的催化活性和稳定性。冯立纲等⁴以Pt纳米颗粒结合的ZIF-67为前驱体, 在氮气保护下将其热解成氮掺杂碳负载PtCo合金纳米颗粒组成的PtCo-NC复合催化剂。由于PtCo纳米颗粒与氮掺杂载体间的协同效应, 所得PtCo-NC复合催化剂在电催化料甲醇和乙醇氧化反应中均表现出优异的活性、稳定性和抗中毒能力。

吴平和周益明等⁵通过氧化石墨烯(GO)和壳聚糖(Cs)之间的氢键以及静电作用形成GO水凝胶, 从而将纳米硅颗粒和碳纳米管(CNT)原位包封

于其中,再经冷冻干燥及随后的热处理制得三维硅/碳纳米管/石墨烯(Si-CNT@G)纳米复合材料。当作为锂离子电池的负极材料时,两种碳介质的协同能有效缓冲硅材料在充放电过程中脱/嵌锂引起的体积变化,缩短了锂离子和电子传输的距离, Si-CNT@G复合材料表现出较好的循环稳定性以及倍率性能。武祥等⁶采用简单的水热方法在泡沫镍基底上生长了钴酸镍纳米片。合成的NiCo₂O₄纳米片直接用作超级电容器电极,呈现出优异的电化学性能和稳定性,在未来储能器件中具有良好的电化学应用前景。曹少文和余家国等⁷采用简单的水热法并结合后续煅烧处理的方法制备了锰钴氧化物与碳纤维的复合材料。该方法制备的复合材料中的锰钴氧化物可以均匀地分散在碳纤维表面,从而增加了电极材料与电解质的界面接触,提高了电极材料的利用率。因此,碳纤维负载锰钴氧化物的复合材料可用于提高超级电容器的电化学性能,并为制备高性能超级电容器的电极材料提供了新的策略。

袁玉鹏等⁸在氨氛围中热处理石墨相氮化碳(g-C₃N₄),抑制氮原子的氧化程度、控制N空位浓度和提高产物结晶度,最终提升其光催化制氢的性能。殷丽莎等⁹以原位还原的方法,在g-C₃N₄纳米片表面沉积Pt-M (M = Co, Ni, Fe)助催化剂,以降低Pt的用量,提升光解水制氢的性能。刘超和戴勇等¹⁰采用稳态共沉淀法制备了ZnCuAl-LDH/Bi₂MoO₆纳米复合材料,研究了所得材料在可见光下降解污染物罗丹明B (RhB)的光催化性能,并提出了一种可能的光催化机制。

纳米复合材料种类繁多,包罗万象,在诸多领域都显示出巨大的发展空间。但有关纳米复合材料的可控制备、表征手段、结构组分与性能之间的构效关系等仍需深入探究。希望广大读者能从本专刊的论文中有所启发和获益。

References

- (1) Liu, D.; Chen, D.; Liu, H.; Yang, J. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1906069. [刘丹叶, 陈东, 刘卉, 杨军. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1906069.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201906069
- (2) Liu, D.; Chen, X.; Yuan, Z.; Lü, M.; Yin, L.; Xie, X.; Huang, L. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1907011. [刘冬梅, 陈秀梅, 袁泽, 闫敏, 殷丽莎, 谢小吉, 黄岭. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1907011.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201907011
- (3) Tang, X.; Zhang, S.; Yu, J.; Lü, C.; Chi, Y.; Sun, J.; Song Y.; Yuan, D.; Ma, Z.; Zhang, L. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1906070. [唐小龙, 张盛辉, 于婧, 吕春晓, 迟雨晴, 孙君伟, 宋誉, 袁丁, 马兆立, 张立学. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1906070.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201906070
- (4) Fang, B.; Feng, L. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1905023. [方波, 冯立纲. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1905023.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201905023
- (5) An, H.; Jiang, L.; Li, F.; Wu, P.; Zhu, X.; Wei, S.; Zhou, Y. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1905034. [安惠芳, 姜莉, 李峰, 吴平, 朱晓舒, 魏少华, 周益明. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1905034.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201905034
- (6) Tong, Y.; Dai, M.; Xing, L.; Liu H.; Sun, W.; Wu, X. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1903046. [佟永丽, 戴美珍, 邢磊, 刘恒岐, 孙婉婷, 武祥. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1903046.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201903046
- (7) Wang, J.; Wu, N.; Liu, T.; Cao, S.; Yu, J. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1907072. [王玖, 吴南石, 刘涛, 曹少文, 余家国. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1907072.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201907072
- (8) Huang, J.; Du, J.; Du, H.; Xu, G.; Yuan, Y. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1905056. [黄娟娟, 杜建梅, 杜海威, 徐更生, 袁玉鹏. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1905056.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201905056
- (9) Wang, L.; Zhu, C.; Yin, L.; Huang, W. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1907001. [王梁, 朱澄鹭, 殷丽莎, 黄维. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1907001.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201907001
- (10) Yu, G.; Hu, F.; Chen, W.; Han, Z.; Liu, C.; Dai, Y. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2020**, *36* (7), 1911016. [郁桂云, 胡丰献, 程伟伟, 韩字童, 刘超, 戴勇. 物理化学学报, **2020**, *36* (7), 1911016.] doi: 10.3866/PKU.WHXBWHXB201911016