

王硕男：利用天然锑矿制备的非晶 C/SbS_x 复合材料：一种低成本高性能的锂/钠离子电池负极材料【JMCA, 2023】

锂/钠离子电池是重要的储能装置，但是开发高性能和低成本的负极材料仍然是一个挑战。硫化锑（Sb₂S₃）被认为是下一代锂/钠离子电池的候选负极材料之一，因为它具有高理论比容量和良好的倍率性能。但硫化锑在循环过程中会发生严重的体积膨胀，导致其快速粉碎和循环稳定性差。大多数研究者都关注人工纳米结构以提升循环性能，但人工纳米结构硫化锑材料制备工艺复杂，价格昂贵，商业化面临挑战。利用天然辉锑矿（主要成分 Sb₂S₃）开发低成本的负极材料，可大大降低制备成本。然而，天然辉锑粒径大且难以纳米化，电化学性能相对较差。因此，如何有效利用天然辉锑矿制备低成本、高性能的硫化锑基负极材料是一种挑战。

针对上述科学问题，我校“先进矿物材料”研究团队博士研究生王硕男在刘昊教授、廖立兵教授的指导下，以低成本的天然辉锑矿和木炭为原料，采用快速微波加热的方法合成了非晶态 C/SbS_x 复合材料，其作为锂/钠离子电池负极具有优异的循环性能和倍率性能；并且发现 SbS_x 的非晶结构可以抑制电化学反应过程中的体积膨胀，提高可逆性，对复合材料的循环性能至关重要。本研究主要结论如下：

1. 以天然辉锑矿和木炭为原料，采用快速微波方法合成的非晶 C/SbS_x 负极材料，作为锂/钠离子电池负极材料，具有优异的电化学性能。例如，含有 74% SbS_x 的 C/SbS_x 复合材料在 0.5 A·g⁻¹ 电流密度下，循环 500 次后仍具有 686 mAh·g⁻¹ 的稳定容量，在 2 A·g⁻¹ 电流密度下比容量可达 520 mAh·g⁻¹。（图 1）

2. SbS_x 的非晶结构可以有效抑制体积膨胀，并且提高电化学反应过程中的可逆性，是其循环性能提升的关键。而颗粒尺寸的减小以及与导电木炭的复合是其具有优异倍率性能的原因。（图 2）

3. 晶体 Sb₂S₃ 在膨胀过程中会呈现出清晰的层状结构，而非晶 SbS_x 则会转变成球形。由于非晶 SbS_x 具有各向同性的特性，活性颗粒在锂化过程中向各个方向均匀膨胀，形成球形颗粒。在随后的充放电过程中，SbS_x 颗粒可以向各个方向均匀膨胀，从而避免了在特定方向过度膨胀造成的结构破坏，对循环性能有显著提升。（图 3）

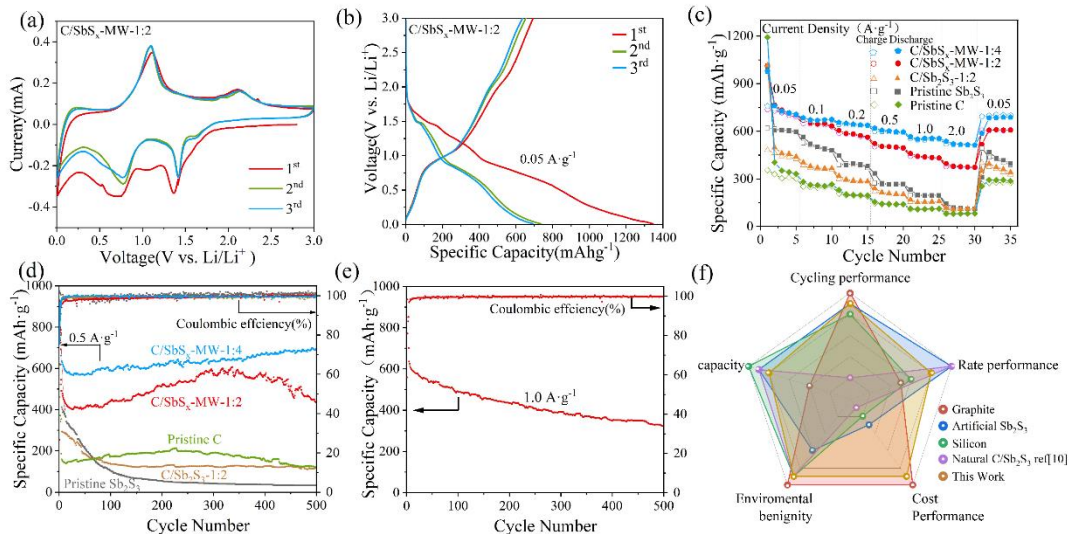


图 1. C/SbS_x 复合材料在锂离子电池中的电化学性能。

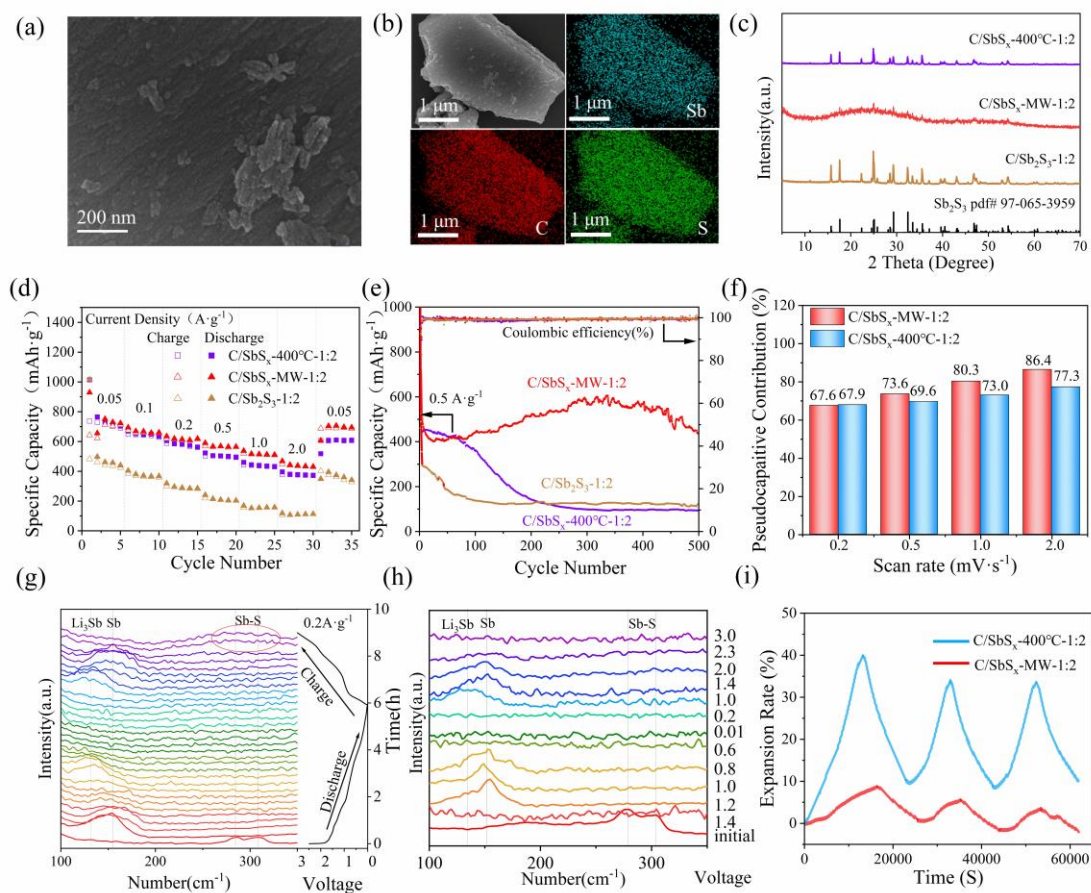


图 2.形貌和结晶性对电化学性能的影响。

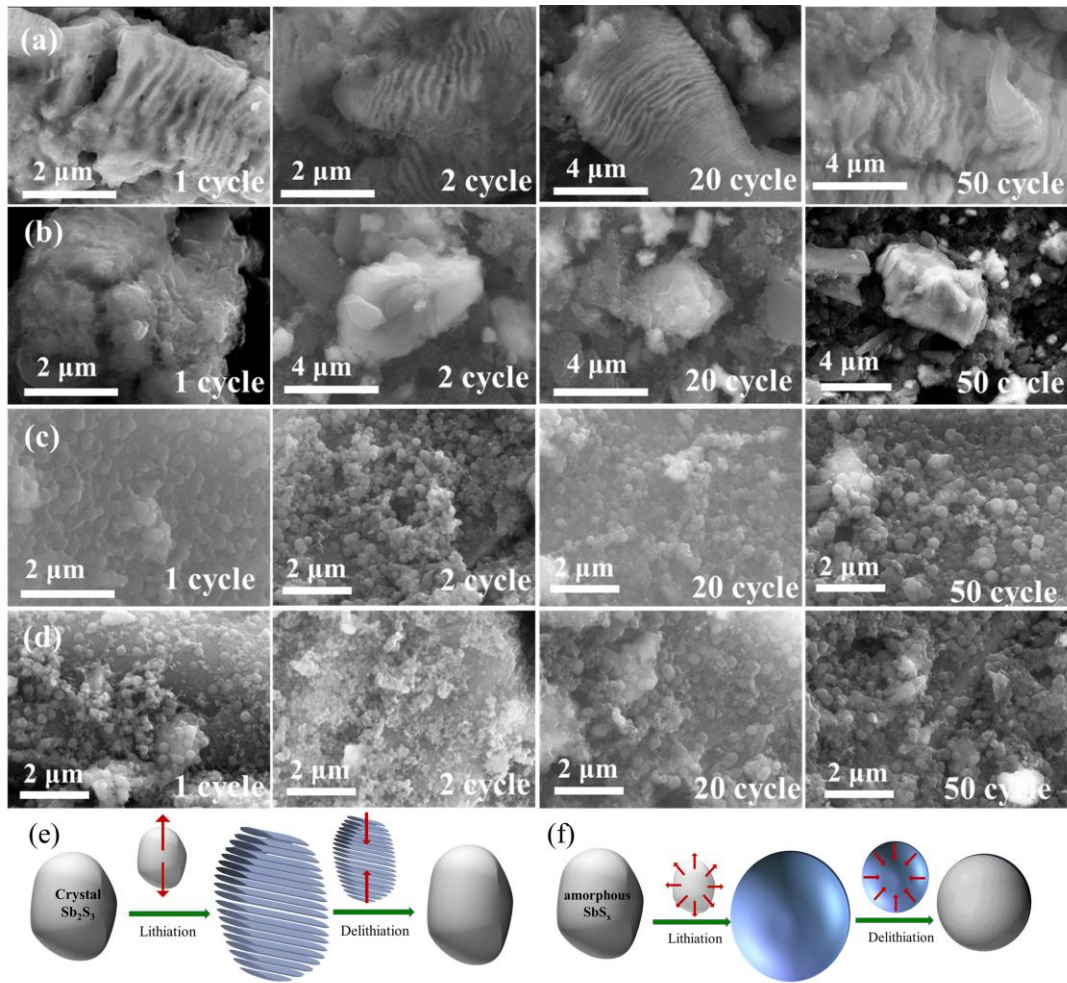


图 3. C/Sb₂S₃-1:2 和 C/SbS_x-MW-1:2 电极的非原位 SEM 图像。

上述研究成果发表于材料领域国际权威期刊《Journal of Materials Chemistry A》上：
 Shuonan Wang, Yao Hao, Kai Zhang, Hao Liu, Libing Liao. Amorphous C/SbS_x composite from natural stibnite as low cost and high performance lithium/sodium-ion battery anodes[J], Journal of Materials Chemistry A, 2023. [IF2023= 11.9]

全文链接:<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/ta/d3ta05355e>