

石墨烯复合硅碳负极材料及其高能量密度锂离子电池研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13432.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

动力电池、消费类电池等终端产品对高能量密度锂离子电池需求日益增强。目前，产业界主要采取硅碳复合路线来提升硅基负极应用水平，450 mAh/g以下的硅碳复合负极材料在循环性、倍率性等方面基本能够满足应用要求，450 mAh/g以上的硅基负极应用还存在技术难点。高比容量的硅碳负极材料嵌/脱锂过程体积膨胀巨大，循环过程中活性材料会发生结构失效导致电接触变差、表面固体电解质膜（SEI膜）反复破裂/再生导致电解液快速消耗、锂离子电池可逆容量迅速衰减。因此，高比容量、长循环稳定的硅碳复合负极材料开发充满挑战。

针对硅碳负极材料的体积膨胀问题，中国科学院宁波材料技术与工程研究所刘兆平团队从源头出发，构筑出高机械稳定的自机械抑制石墨烯复合硅碳负极材料（Energy Storage Materials 2021, 35, 317-326.）。由于硅基负极材料的可逆容量与体积膨胀呈线性关系，通过机械限制体积膨胀，可有效控制硅基负极材料的可逆容量。石墨烯是已知的机械性能最高的材料，弹性模量高达1

TPa，屈服强度130 GPa，71

GPa负载下的疲劳寿命大于 10^9

次且石墨烯在嵌锂过程表现为弹性硬化。然而，石墨烯片层之间的弱黏附力较弱，石墨烯的宏观结构机械强度较差，沥青裂解碳可有效缝合石墨烯，显著提升石墨烯宏观体的机械稳定性。如图1所示，将氧化亚硅（ SiO_x

）和石墨烯浆料在液相体系混合均匀，其中，沥青作为添加剂，通过喷雾干燥、高温热处理和化学

气相

沉积等一

系列工艺，制备类

球形的石墨烯/沥青裂解碳封装硅氧

化物复合负极材料（ SiO_x

/Graphene/C，简称SGC）。石墨烯中碳原子呈二维层状结构排列，具有良好的柔韧性，同时石墨烯层间的范德华力较弱，受力易发生滑移，具有一定的弹性应变能力；石墨烯表面的沥青裂解碳呈无定型结构，刚性的碳碳化学键具有较高的抗拉强度，可维持石墨烯宏观结构的完整性和机械稳定性。

研究表明，石墨烯改性后的SGC负极，粉体电导率可提高2个数量级以上；石墨烯含量 $\geq 7\text{wt}\%$ 时，石墨烯的润滑作用有利于提升粉体压实密度。 SiO_x 本征可逆脱锂容量和 Li_x

Si相对含量分析表明，SGC复合负极可显著调控SiO_x摄锂量，石墨烯含量越多，SiO_x可逆容量越低。石墨烯的嵌脱锂行为受到SiO_x充放电过程中体积膨胀产生的应力影响。总之，SGC复合负极材料可抑制SiO_x摄锂量，降低体积膨胀，提升循环稳定性。如图2所示，不同石墨烯改性硅碳复合负极与石墨复配容量约850 mAh/g，软包电池首次可逆容量约5.0 mAh/cm²，0.5C循环和80%容量截止条件下，循环寿命从198次提升至576次，即使在极端电芯制备工艺条件下，353 Wh/kg的软包电池500周循环容量保持率仍可达78.1%。

研究团队在中科院科技服务网络计划（STS）“石墨烯产业化应用技术研发与应用示范”项目（执行期2019年1月至2020年12月，如图3所示）的支持下，进一步解决了石墨烯复合硅碳负极材料规模化制备技术难题，依托宁波富理电池材料科技有限公司建成了百吨级的石墨烯复合硅碳负极材料中试生产线。应用该高性能的石墨烯复合硅碳负极材料，进一步研制出能量密度达350-400 Wh/kg的系列新型高能量密度锂离子电池，在2020年未来储能技术创新构想征集与挑战赛中获得长循环寿命高能量密度锂离子电池极限挑战类参赛项目一等奖；与宝能集团旗下昆山聚创新能源科技有限公司共同研发并实现310 Wh/kg动力电池装车应用示范。近日，中科院科技促进发展局组织了该STS项目的结题验收。

图1.自机械抑制石墨烯复合硅碳负极材料制备

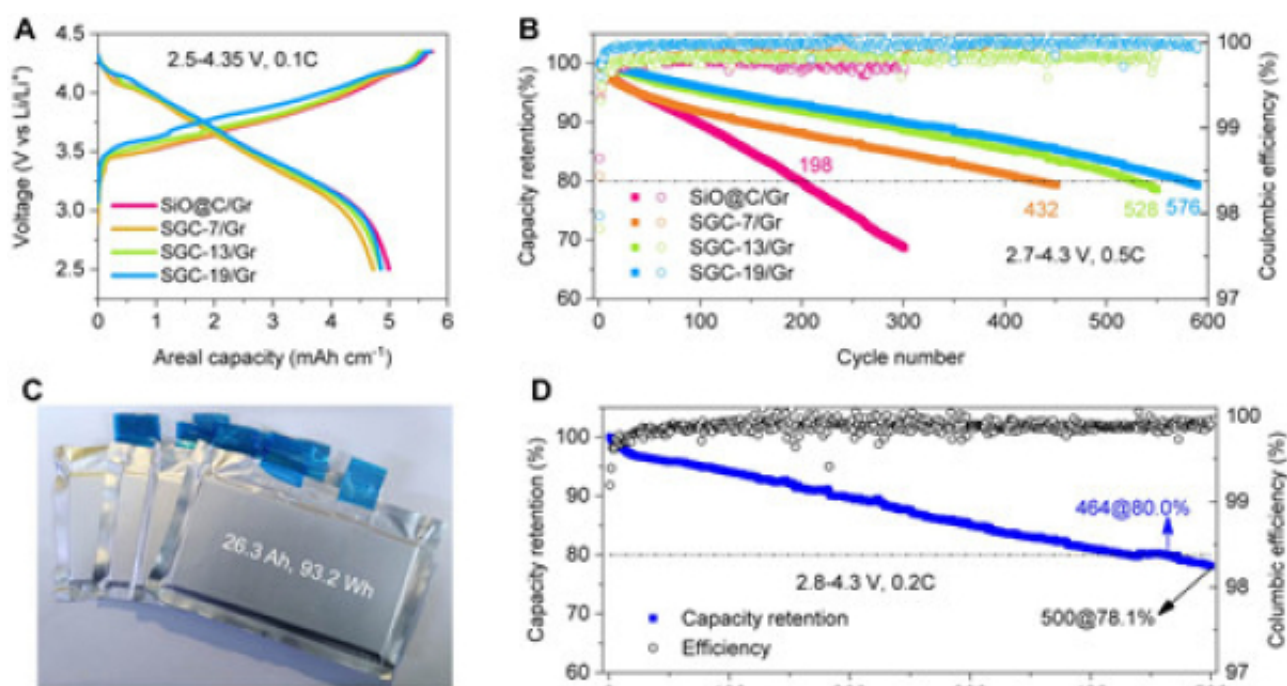


图2.不同石墨烯改性负极与石墨复配后软包电池首次充放电曲线 (A) 和循环性能 (B) ; 353 W/kg软包电池照片 (C) 和长循环稳定性 (D)

图3.石墨烯复合硅碳负极材料的创新设计、规模化制备及应用研究及应用示范

研究团队单位：宁波材料技术与工程研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发