

天津大学提出双层碳包覆应力管理策略提升锂电硅负极的体积性能

【技术领域】 动力电池

【关键词】 电芯负极 锂离子电池 微米硅负极 力学增韧

【信息来源】

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34691733/>

[https://www.sciengine.com/CSB/doi/10.1360/TB-2021-0](https://www.sciengine.com/CSB/doi/10.1360/TB-2021-0437)

437

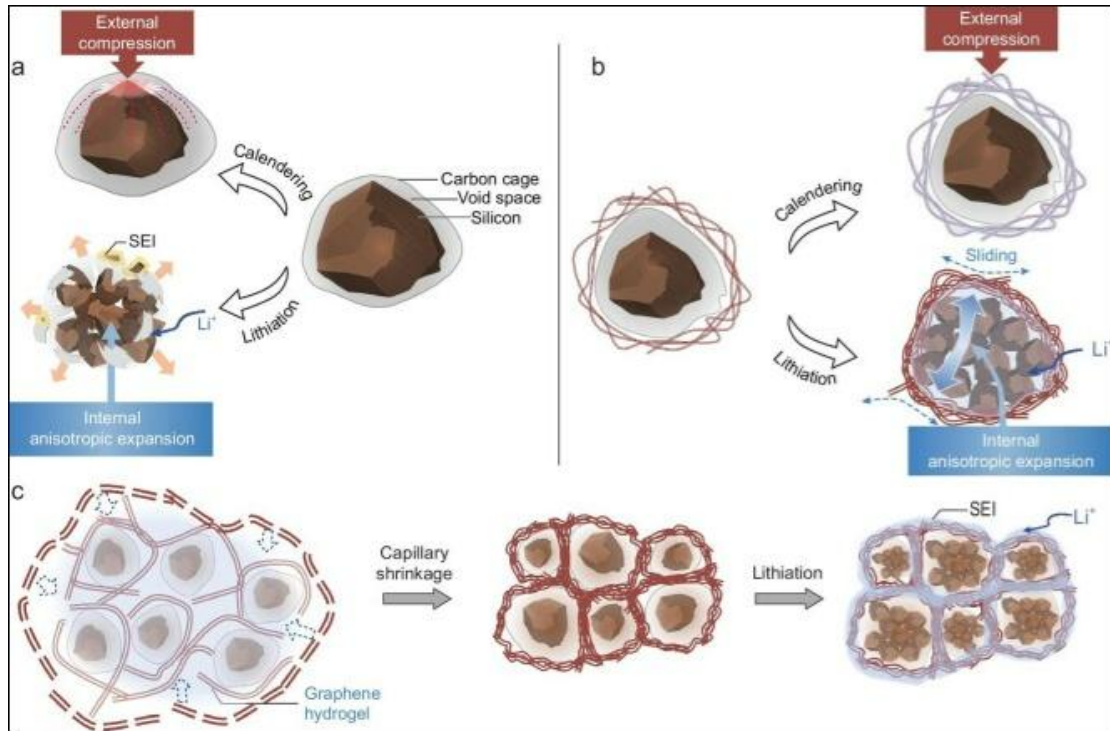
【研究机构】 天津大学化工学院、中科院国家纳米中心、日本国立材料科学研究所

【技术摘要】

本研究构建了双层碳包覆微米硅材料，实现了应力释放、电子传输网络的一体化设计，可助力微米硅碳负极从实际制备到电化学循环、从单体颗粒到复合材料再到整体电极的全阶段、多层次的结构完整性。

【技术解析】

技术内涵：针对成本低、体积容量高、副反应少的微米硅负极存在的嵌锂时颗粒破碎问题，本研究受启发于植物细胞结构，设计了双层碳包覆结构。外层石墨烯片层高度交联并紧密粘附在通过化学气相沉积得到的内层碳壳表面，形成致密收缩的“金刚软甲”结构，同时，碳壳与内部的微米硅活性颗粒之间预留有合适的空隙，形成笼状结构。



微米硅碳负极材料结构及性能

技术优势：内部碳壳优异的机械柔性，叠加外部石墨烯片可滑移、抗断裂的“超韧”特性，有利于承受压实过程(100MPa)中的外部载荷和缓冲微米硅颗粒的各向异性膨胀产生的内部应力。同时，石墨烯片层的可滑移特性还可以在循环过程中保持内部微米硅良好的电子通道。使用该工艺制备的微米硅碳电极，实现了微米硅负极的外部抗压、内部缓冲，并防止持续副反应，有效保护了破裂硅表面，显著延长了微米硅负极循环寿命，具备长达 1000 周的结构稳定性，软包电池的体积能量密度高达 1048Wh L^{-1} 。

行业现状：与纳米硅相比，大尺寸微米硅原材料成本很低，具有更高的振实密度和更小的表面积，在提高体积能量密度与限制界面副反应等方面具有优势；石墨烯致密包覆技术和 CVD 技术

广泛应用于电容器、高能量密度电池，如锂离子电池、钠离子电池、锂硫电池、锌离子电池等器件中，添加仅百分之几的用量就可以提高电导率、压实密度。制备工艺简单，成本低廉，易规模化生产。

近年来的研究进展表明，对微米硅材料的尺寸工程和结构设计方面的优化，可以进一步提高其在动力电池中的应用性能。例如，美国西北太平洋国家实验室的研究人员通过优化微米级纳米多孔 Si 的结构，提高了电池的能量密度。中国科学院国家纳米科学中心的李祥龙研究团队提出了一种自上而下的微米硅结构化策略，通过微米硅的锂化、去锂化及多巴胺改性，制备了由蜂巢状径向排布的硅纳米片组成的、聚多巴胺衍生碳双重共价控制包覆的碳硅杂化微粒，这种材料有望进一步提高电池的能量密度。

技术洞见：降本增效是大势所趋，双层碳包覆的微米硅材料克服了目前产业界使用纳米硅时制造成本高、均匀分散技术不易实现的技术难点，尤其体积性能优势明显，可以满足在尽量小的空间里装载更多能量的需求，延长动力电池的续航里程。材料的优化和电芯微结构，决定了未来市场潜力，随着电动车市场份额攀升，硅基负极的市场渗透率还在不断提升，企业应尽早布局，积极寻求合作，短期内实现其在 3C 产品等对体积性能需求较高的领域内的应用，长期内实现微米硅负极在动力电池领域的大规模使用。