

SPM 表征电极材料循环前后的结构差异

SPM-032

摘要：随着锂离子电池（LIBs）技术的快速发展，其在电动汽车、便携式电子设备和大规模储能系统中的应用日益广泛。为了满足日益增长的高性能需求，研究者们不断探索新型电极材料及其结构设计，以优化电池性能。本文将利用扫描探针显微镜（SPM）技术对不同结构设计的 Si 基电极材料进行表征，揭示其在循环过程中的表面形貌变化、粗糙度演变以及结构稳定性差异。这些结果将为理解高性能电极材料的设计原则提供重要依据，并为未来锂离子电池电极材料的研发提供指导。

关键词：锂离子电池 电极材料 表面形貌 SPM

技术特点：

- ❖ 可以快速准确的对电极材料的表面形貌进行表征。
- ❖ 通过仪器自带的软件可以将二维形貌图转化为 3D 图，可以更直观观察样品表面的形貌。

随着全球能源结构向清洁化、低碳化转型，锂离子电池作为核心储能技术，其性能优化与寿命提升已成为科研与产业界的焦点。当前商业化的电极材料在高能量密度、快速充放电能力和长循环寿命方面仍面临诸多挑战。为了满足日益增长的高性能需求，研究者们不断探索新型电极材料及其结构设计，以优化电池性能。其中，硅（Si）因其高理论比容量（3580 mAh/g）和较低的脱锂电位（约 0.4 V vs Li^+/Li ），被认为是下一代锂离子电池负极材料的理想候选者之一。然而，Si 基电极在充放电过程中体积膨

胀显著（约 400%），导致材料结构破坏、界面不稳定以及固体电解质界面（SEI）膜的重复形成，从而加速电池性能衰减。

为了克服这些问题，研究者们采取了多种策略，如设计多孔结构、引入碳包覆层以及构建复合材料等。本文将利用 SPM 技术，对不同结构设计的 Si 基电极材料循环 100 次前后进行表征，揭示其在循环过程中的表面形貌变化、粗糙度演变以及结构稳定性差异，为理解高性能电极材料的设计原则提供重要依据，并为未来锂离子电池电极材料的研发提供指导。

实验部分

1.1 仪器

岛津扫描探针显微镜 SPM-9700HT



图 1 扫描探针显微镜 SPM-9700HT（带环境控制舱）

1.2 测试条件

功能模式：动态模式

探针：2 N/m

像素：512 x 512

扫描器：55 μm x 55 μm x 13 μm
(扫描范围、深度)

1.3 样品及前处理

直接用双面胶将循环 100 次前后的电极材料样品分别固定到不锈钢片样品托上，测试面朝上，如图 2 所示。其中，1# 为循环前的样品，2# 为 100 次循环后的样品。

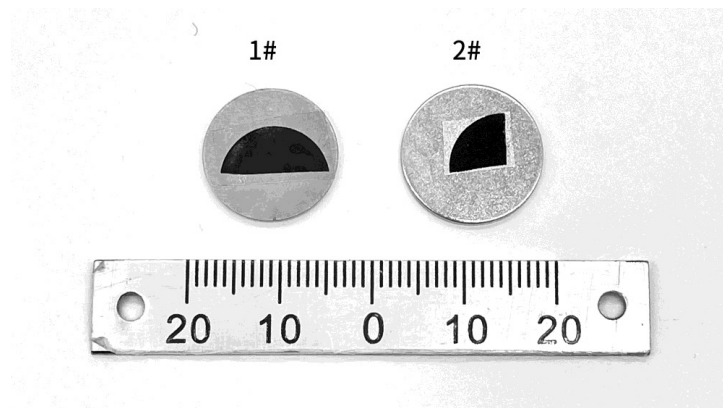


图 2 固定后的样品图片

■ 结果与讨论

使用 SPM-9700HT 动态模式分别对样品进行测试，获得了样品的形貌图和粗糙度数值，测试结果如图 3 所示。结果显示，循环前的电极表面较为均匀，粗糙度较低 (235 nm)，而 100 次循环后的电极表面起伏变化不太明显，粗糙度为 250.1 nm，略有增加，该结果表明其在循环过程中能够保持良好的结构完整性。

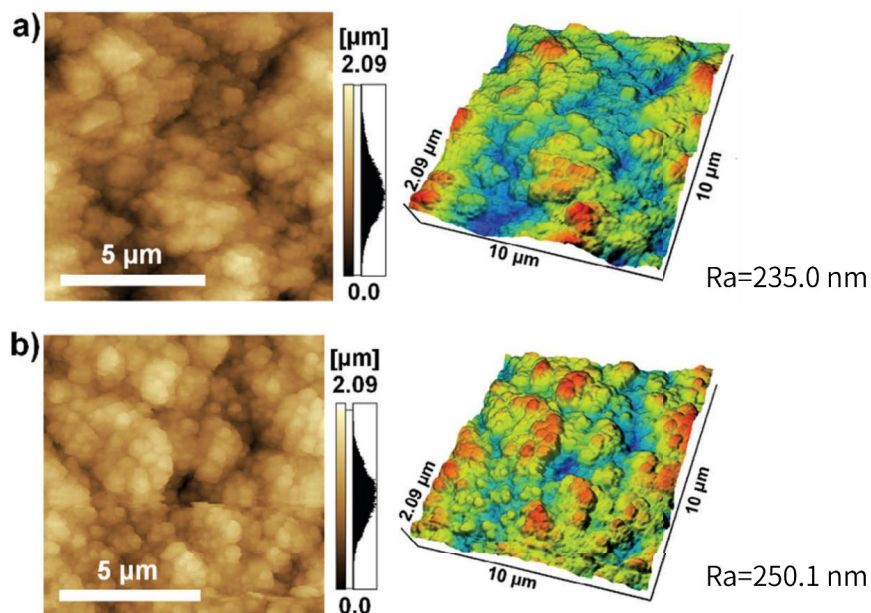


图 3 循环 100 次前后的电极材料的测试数据图：(a) 循环前，(b) 循环后

■ 结论

使用岛津 SPM-9700HT 对不同结构设计的 Si 基电极材料循环 100 次前后进行表征，通过表面形貌和粗糙度数值分析，表明其在循环过程中能够保持良好的结构完整性。该工作为理解其高性能锂离子存储能力提供了重要的微观结构依据，并验证了双层碳包覆结构设计的有效性，为未来锂离子电池电极材料的研发提供指导。

岛津应用云

