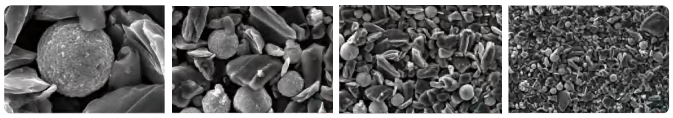
致 力 于 锂 离 子 电 池 测 试 与 研 发

IEST®
元 能 科 技

IN SITU RAPID SWELLING SCREENING FOR SILICON-BASED ANODE

RSS 1400

硅基负极膨胀原位快筛系统





-ANALYTICS BEYOND MEASURE-

一、测量硅基负极膨胀行为的意义

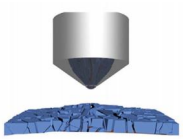
硅（Si）负极因其理论容量高（4200mAh/g）、资源丰富等独特优势，有望替代目前应用广泛的石墨负极，成为下一代锂离子电池的主要负极材料。但是硅材料在循环过程中的快速容量衰减严重阻碍了其实用化进程，这主要源于硅负极在嵌锂过程中发生了 3 倍以上的体积膨胀，从而破坏了硅原子表面原有的固体电解质界面膜（Solid-Electrolyte Interface, SEI）。随着电池充放电循环的进行，SEI 膜也在不断地破坏与重生，并大量消耗着电解液，最终导致了电池容量的快速衰减。因此如何解决硅负极体积膨胀带来的若干问题已刻不容缓。

目前研究者们常采用复合化技术，利用“缓冲骨架”来补偿硅材料的体积膨胀。常见的复合化路线大体上可以分为硅碳复合材料、硅聚合物复合材料、硅基合金复合材料等等，其中硅碳复合较为容易且结合紧密。由于其综合了碳材料的高稳定性与电导率，以及硅材料的高比容量等特点，不仅有效地将厚度膨胀抑制在了可控的范围内，还能够增加电池的能量密度和循环寿命，被视为最接近产业化的硅基负极产品，并获得了大量的关注。

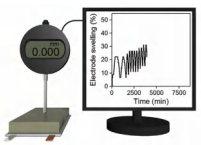
值得注意的是，复合化技术虽然能够缓解硅基负极的体积膨胀，但是未能从根本上解决问题。随着硅基负极中硅含量的增加，其体积膨胀也愈加显著。因此若能够原位快速地评估硅基负极的体积膨胀行为，这将对硅基负极的材料研发、生产制造等产生极大的意义！

二、传统的测试方法

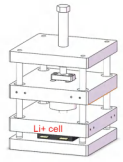
传统方法	缺点
电镜观测	离位测试，设备要求高，测量范围小，人力 / 物力消耗大
万分尺 /PPG 测量	离位测试，人为误差大，重复性差，测量范围小
传统工装夹具	固定螺栓易松动、形变，导致测量误差大，重复性差



电镜观测

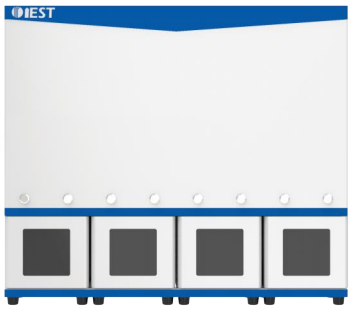


万分尺测量



传统夹具测膨胀力

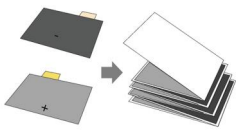
三、硅基负极膨胀原位快筛系统的介绍





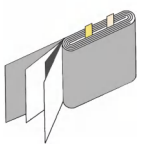
模型扣电

快速评估材料的膨胀性能



叠片电池

快速评估极片的膨胀行为



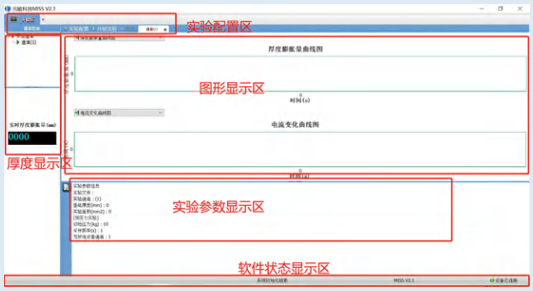
软包电芯

原位表征电芯的膨胀性能

产品特点

1. 原位表征硅基体系电芯的膨胀厚度变化
2. 四通道同步测试多个电芯
3. 适应多种电芯结构的原位测试：模型扣电、叠片电池、软包电池等
4. 可视化操作界面，一键导出数据报告

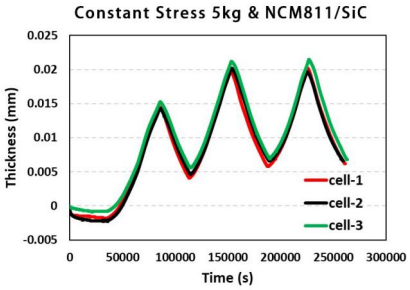
软件界面



四、应用

1. 模型扣式电池的原位膨胀测试：

- 电芯参数：扣式全电池（NCM811/SiC），容量约 3mAh；
- 原位膨胀实验参数：电流为 0.3mA，电压区间为 2.5~4.2V，共循环三圈并同步记录全扣电的相对膨胀厚度；
- 实验结果：



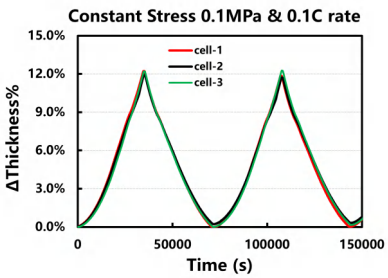
No.	charge Q/mAh	Thickness /mm
cell-1	3.13	0.0157
cell-2	3.07	0.0155
cell-3	3.11	0.0155
mean	3.10	0.0156
sigma	0.025	9.43E-05
cov	0.8%	0.6%

全扣电随着充 / 放电过程而膨胀 / 收缩，且三次循环的厚度膨胀曲线高度重合，表明膨胀厚度曲线能够有效地反映出扣电中极片脱 / 嵌锂过程中的体积变化。三次循环过程中，相对厚度的平均变化量约为 0.0156mm，且平均膨胀厚度 COV 仅为 0.6%，表明模型扣电的循环一致性良好。

注 变异系数 COV (Coefficient of Variation) = (标准差 sigma) / (平均值 mean)

2. 多层叠片电池的原位膨胀测试：

- 电芯参数：多层叠片电池（NCM811/SiC），容量约 400mAh；
- 原位膨胀实验参数：三个平行样，同步测试恒压力 0.1MPa 条件下的膨胀厚度百分比；
- 实验结果：



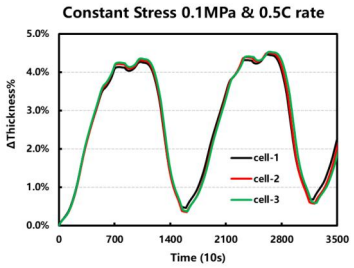
No.	charge Q/mAh	charge swelling/%
cell-1	371.2	12.5%
cell-2	371.6	12.1%
cell-3	374.1	12.2%
mean	372.30	12.3%
sigma	1.283	0.002
cov	0.3%	1.4%

多层叠片电池随着充 / 放电过程而膨胀 / 收缩，两次循环结果保持较好的重复性。电池满充时对应的最大膨胀比例约为 12.5%，且三组电池相互间的膨胀厚度 COV 为 1.4%，表明平行样之间的一致性良好。

◆ 部分数据来自合作伙伴，版权归属相关方，未经同意不得转载或使用　　◆ 更多应用案例敬请关注元能科技

3. 软包卷绕电池的原位膨胀测试：

- 电芯参数：多层卷绕的软包电池（NCM811/SiC），容量约 400mAh；
- 原位膨胀实验参数：三个平行样，同步测试恒压力 0.1MPa 条件下的膨胀厚度百分比；
- 实验结果：



No.	charge Q/mAh	charge swelling/%
cell-1	4416.7	4.1%
cell-2	4445.4	4.2%
cell-3	4439.3	4.3%
mean	4433.8	4.2%
sigma	12.345	0.001
cov	0.3%	1.9%

软包电池随着充 / 放电过程而膨胀 / 收缩，两次循环结果保持较好的重复性。电池满充时对应的最大膨胀比例约为 4.3%，且三组电池相互间的膨胀厚度 COV 为 1.9%，表明平行样之间的一致性良好。

五、型号规格

设备参数

型号	RSS1100	RSS1200	RSS1300	RSS1400
通道数	4		4	
压力调控模式	弹簧加压		伺服电机	
压力范围	5kg		1~100kg	
压力精度 / 分辨率	±0.1kg		0.1kg/±0.3%F.S.	
厚度检测范围	±5mm	±5mm	±5mm	±5mm
厚度检测分辨率 / 精度	0.1μm/±1μm	0.01μm/±0.1μm	0.1μm/±1μm	0.01μm/±0.1μm
系统误差	≤3%	≤3%	≤3%	≤3%
可测量样品	模型扣电		模型扣电、叠片电芯、软包电芯 (MAX 60*90*4mm 可根据尺寸定制)	

安装要求

型号	RSS1100	RSS1200	RSS1300	RSS1400
电源	220~240V/50~60Hz		220~240V/50~60Hz	
电压变化公差	±10%		±10%	
功耗	20W		400W	
环境温度	25±5℃			
环境湿度	≤80%RH（无水汽凝结）			

注：IEST 致力于产品的不断改进，如有技术规格修改恕不另行通告。

RSS202312

元能科技公众号

元能科技（厦门）有限公司
INITIAL ENERGY SCIENCE & TECHNOLOGY (XIAMEN) CO.,LTD
地址：福建省厦门市湖里区火炬高新区新丰二路2号4层
电话：0592-5367060　　传真：0592-5367062
网址：www.iesttech.com　　E-mail：info@iesttech.com

元能科技3大业务
- 研发解决方案
- 第三方检测服务
- 专用测试仪器