

钙钛矿太阳能电池的长期稳定性优化与性能退化机理分析

钙钛矿太阳能电池（Perovskite Solar Cells, PSCs）因其高光电转换效率、低成本制备工艺和材料来源广泛而成为近年来最具潜力的新型光伏技术之一。自 2009 年首次被报道以来，其实验室转换效率已突破 26%，接近晶硅太阳能电池水平，显示出广阔的商业化前景。然而，钙钛矿电池的长期稳定性问题仍是制约其实际应用和产业化的关键瓶颈之一。

影响 PSCs 稳定性的因素众多，包括环境条件（如湿度、氧气、紫外光、温度等）、材料本身的结晶质量、界面相容性及电极反应活性等。电池在运行过程中常出现功率衰减、开路电压降低、填充因子下降等现象，暴露出器件结构设计、材料降解行为与界面失效之间的耦合机制尚未充分厘清。因此，深入揭示性能退化的物理化学机制，构建稳定高效的钙钛矿器件结构，成为当前研究的热点与难点。

本研究拟从材料层级与器件层级两个方面出发，系统探究钙钛矿太阳能电池的退化过程与稳定性提升路径。在材料层面，重点关注钙钛矿层的组分调控、缺陷钝化、界面工程等策略，提升薄膜致密性与化学稳定性；在器件层面，研究封装技术、电极材料稳定性及界面缓冲层的调控机制。结合长期稳定性测试（如 ISOS 标准老化测试）、原位表征技术（如原位 XRD、PL、FTIR 等）以及第一性原理计算，对退化行为进行过程跟踪与机制分析。

研究成果将为钙钛矿太阳能电池的寿命预测与稳定性工程提供理论支持和
技术路径，推动其向大规模、商业化应用迈进。