物理所在太阳能电池电荷损失的量化分析方法研究中取得进展

太阳能电池是实现光能到电能转换的光伏器件。在光电转换过程中，光伏器件内部经历了光生电荷的产生、分离、转移、输运、复合、抽取等多个体相和界面动力学过程。这些电荷动力学过程本质上主导着器件本身的性能。如何精确测量这些微观动力学参数？如何准确理解这些动力学过程的物理机制?
是光电、电光领域的重要研究课题。也是评价材料性能和指导器件结构优化进而提高器件性能的必由之路。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心孟庆波团队在探索高性能薄膜新型太阳能电池的同时一直致力于开发用于太阳能电池的电荷动力学和缺陷态等物理性质的量化测量和分析方法，已经取得了一系列研究成果。比如成功研制了可调控的太阳能电池瞬态光电测量系统，实现了太阳能电池在实际工作状态下电荷动力学的测量（Rev. Sci. Instrum. 2016, 87, 123107），成功应用于钙钛矿太阳能电池离子动力学的测量（Appl. Phys. Lett. 2015, 107, 163901）；量化分析了太阳能电池的界面和体相缺陷分布，并用于阐明了钙钛矿太阳能电池的电学稳定性问题的界面起源（Adv. Energy Mater.2019, 9, 1901352）。

研究人员从光伏器件的差分电容入手研究了基于电瞬态表征技术的常规带尾态模型理论框架的有效性问题，指出该模型在电池测量状态的一致性和对太阳能电池光电压产生的物理过程等方面存在不合理假设，证明带尾态模型理论分析方法在太阳能电池测量和研究中不具备普适性。

通过理论计算模拟电瞬态表征技术背后器件的载流子动力学和电荷损失机制，他们提出了一种新的量化太阳能电池电荷损失的理论分析方法，可以从电瞬态表征技术中定量提取光伏器件的电荷动力学量子效率和相关缺陷态信息（例如：定量化器件中电荷抽取和收集量子效率以及吸收层中的缺陷态密度）。该方法对于常规硅太阳能电池、新兴的铜锌锡硫太阳能电池和钙钛矿太阳能电池具有很好的普适性，并且能够扩展到其他类似结构的光伏器件。这项工作为全面研究太阳能电池中载流子动力学过程和电荷损失机制提供了有效的途径，并在其他光电器件中具有潜在的应用价值。

该工作以Exploiting Electrical Transients to Quantify Charge Loss in Solar Cells 为题，发表在Joule 杂志上（Joule 4, 472 – 489）。物理所博士研究生李一明和副研究员石将建为该论文的共同第一作者，物理所研究员孟庆波为该论文的通讯作者。这项研究得到国家自然科学基金委、中科院和科技部的支持。

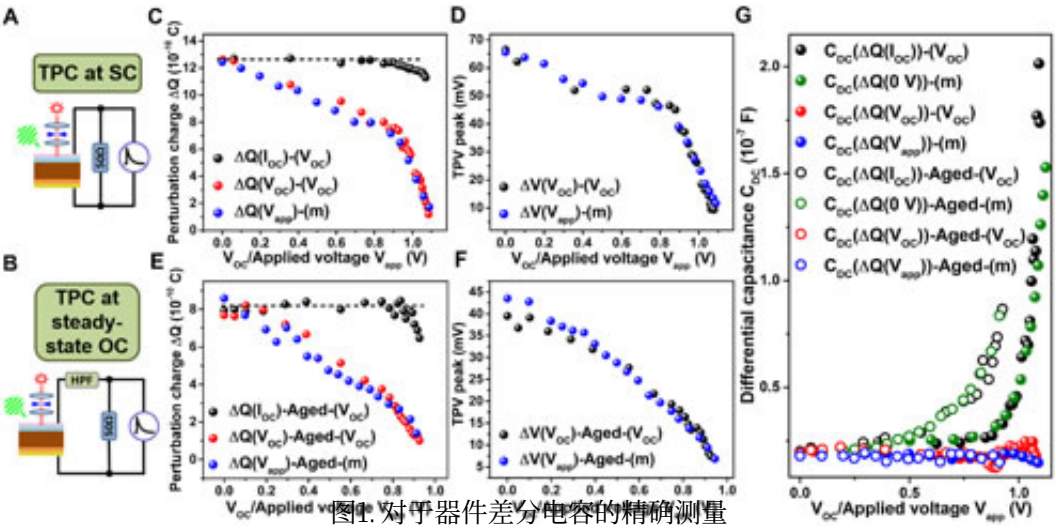

图1. 对于器件差分电容的精确测量

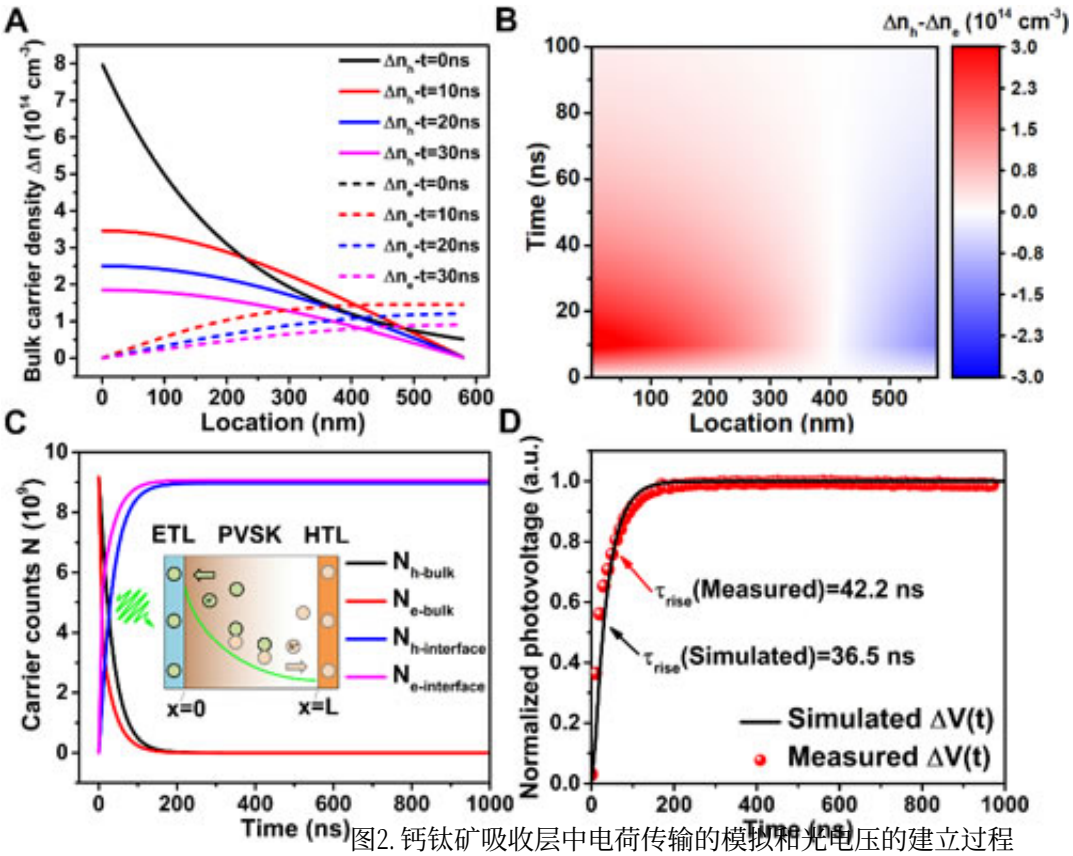

图2. 钙钛矿吸收层中电荷传输的模拟和光电压的建立过程

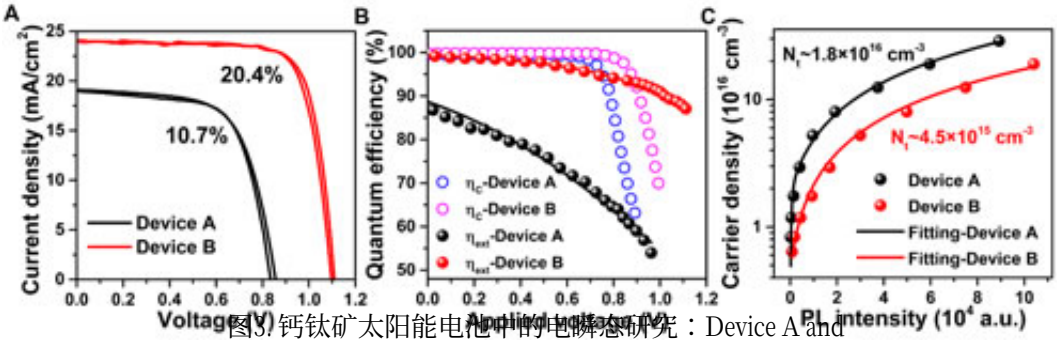

图3. 钙钛矿太阳能电池中的电荷态研究：Device A and B光电转换效率（A）量化电荷抽取和收集量子效率（B）以及钙钛矿吸收层中的缺陷态密度（C）。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/153185.html