

上海微系统所揭示利用光注入提升硅异质结太阳能电池光电转换效率的物理机制

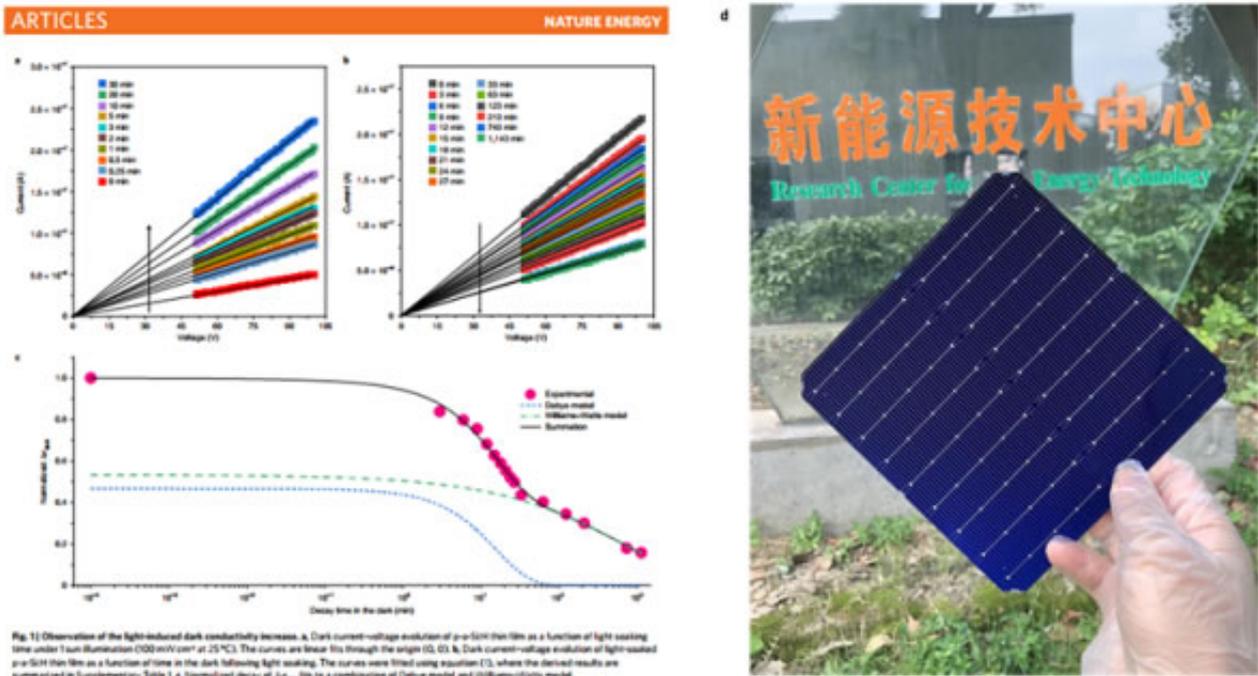


Fig. 1 | Observation of the light-induced dark conductivity increases. a, Dark current–voltage evolution of p–i–n thin film as a function of light soaking time under 1 sun illumination (100 mW cm^{-2} at 25°C). The curves are linear fits through the origin (0, 0). b, Dark current–voltage evolution of light-soaked p–i–n thin film as a function of time in the dark following light soaking. The curves were fitted using equation (1), where the fitted results are summarized in Supplementary Table 1. c, Normalized decay of $J_{0,off}$ fits to a combination of Debye model and Williams-Wynne model.

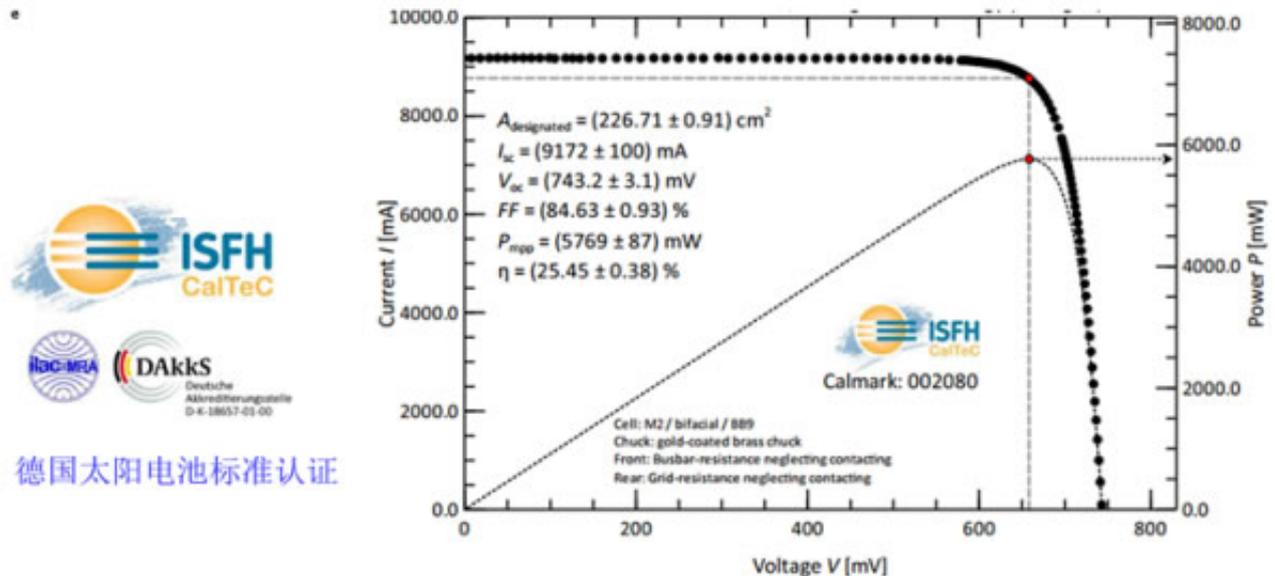


Fig. 2 | Plot of the measured current–voltage characteristics under standard test conditions.

近日，中国科学院上海微系统与信息技术研究所微系统技术重点实验室新能源技术中心刘正新团队在非晶硅/晶体硅异质结（SHJ）太阳能电池的掺杂非晶硅（a-Si:H）薄膜中发现反常Staebler-Wronski效应，并证明该反常效应是利用光注入提升SHJ太阳能电池光电转换效率的物理本质。5月13日，相关研究成果以Light-induced activation of boron doping in hydrogenated amorphous silicon for over 25% efficiency silicon solar cells为题，发表在Nature Energy上。

1977年，美国电气工程师大卫·L·施泰布勒（David L. Staebler）和美国宾夕法尼亚州立大学电气工程师、名誉教授克里斯托弗·R·朗斯基（Christopher R. Wronski）在实验室首次发现光照会降低a-Si:H薄膜的暗电导率，这种现象后来被命名为Staebler-Wronski效应，该现象对非晶硅光电器件的可靠性造成困扰，并影响非晶硅薄膜太阳能电池的开发利用。

非晶硅领域认为薄膜中H原子的主要存在形式是Si-H共价键。2020年，刘文柱等人基于大量实验数据，发现上述结构模型并非永恒成立，结合FTIR、SIMS、TA、Sinton Lifetime Tester、Keithley和DFT等多种技术手段，证明掺杂a-Si:H中存在数量密度高达 10^{21} cm^{-3} 以上的桥键弱H原子，它们会“毒害”a-Si:H网络中B、P原子的掺杂效率。当利用光照射（光注入）或施加电场（电注入）给予大于0.88 eV的能量量子时，这些弱H原子获得足够能量并在晶格中发生扩散或跳跃，进而重新激活B、P原子，B掺杂p型a-Si:H薄膜的暗电导率显著上升，属于明显的反常Staebler-Wronski效应（图a）。撤去光照后，暗电导率逐渐衰减到光照前的初始值（图b）。研究发现，该暗电导率的衰减行为可描述为Debye衰减和Williams-Watts衰减的组合，前者表示H原子自由扩散，后者表示H原子在化学键之间跳跃（图c）。研究进一步比对太阳能电池的性能参数发现，反常Staebler-Wronski效应可以定量描述SHJ太阳能电池利用光注入提升光电转换效率和暗态衰减现象。借助于60倍标准太阳光的强光照射光注入工艺，在工业生产的大尺寸SHJ太阳能电池上获得了25%以上的高转换效率（图d、e）。

进一步研究发现，P掺杂的n型a-Si:H在太阳光的照射下暗电导率可以提高100倍以上。因此，利用反常Staebler-Wronski效应，可以进一步探究提升SHJ太阳能电池光电转换效率的物理机制和工艺技术。

研究工作得到国家自然科学基金青年科学基金项目/面上项目和上海市“科技创新行动计划”的支持。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/182217.html>