

铜锌锡硫硒薄膜太阳能电池研究新进展

铜锌锡硫硒 $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}, \text{Se})_4$ (CZTSSe) 薄膜太阳能电池凭借其光吸收材料组成元素储备丰富、无毒、热力学稳定, 以及与当前薄膜光伏产业高度兼容的技术优势, 已经成为太阳能电池领域的热点。在低成本溶液法基础上探索太阳能电池光电转换效率的提升路径是当前该方向的研究重点。

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近年来在该类薄膜太阳能电池方面开展了系统研究, 在高质量铜锌锡硫硒薄膜制备、界面调控、器件载流子动力学和电池效率提升等方面取得了系列研究成果。特别是, 针对CZTSSe薄膜硒化结晶生长面临的多参数耦合、生长环境难以精准控制等难题, 先后开发了高压辅助和双温区辅助的硒化反应路径调控策略, 实现了电池性能的大幅提升 (Nat. Energy, 2023, 8, 526-535; Nat. Commun. 2023, 14, 6650), 并于2023年创造了CZTSSe电池领域新的世界纪录。

为了实现CZTSSe电池效率的进一步提升, 多晶薄膜晶界空位缺陷引起的电荷损失是需要更深入研究和解决的问题。基于此, 近日中国科学院物理研究所孟庆波团队与复旦大学和北京大学合作, 发展了一种Pd-Se化合物反应策略来抑制硒化过程中晶界元素的挥发及相应空位缺陷的形成, 实现了高质量CZTSSe吸收层和高效率器件。研究表明, Pd在硒化反应过程中以不易挥发的 PdSe_x 化合物形式覆盖在CZTSSe吸收层晶界, 抑制Sn和Se元素挥发; 另一方面, Pd(II)/Pd(IV)氧化还原对可以捕获反应气氛中的Se原子并将其传递给CZTSSe吸收层, 进一步消除晶界处已经存在的空位缺陷。最终, 基于此方法实现了认证效率14.3%的CZTSSe太阳能电池。该结果凸显了局域反应动力学调控的重要性, 为提升该电池性能提供了更多机遇和技术路径。

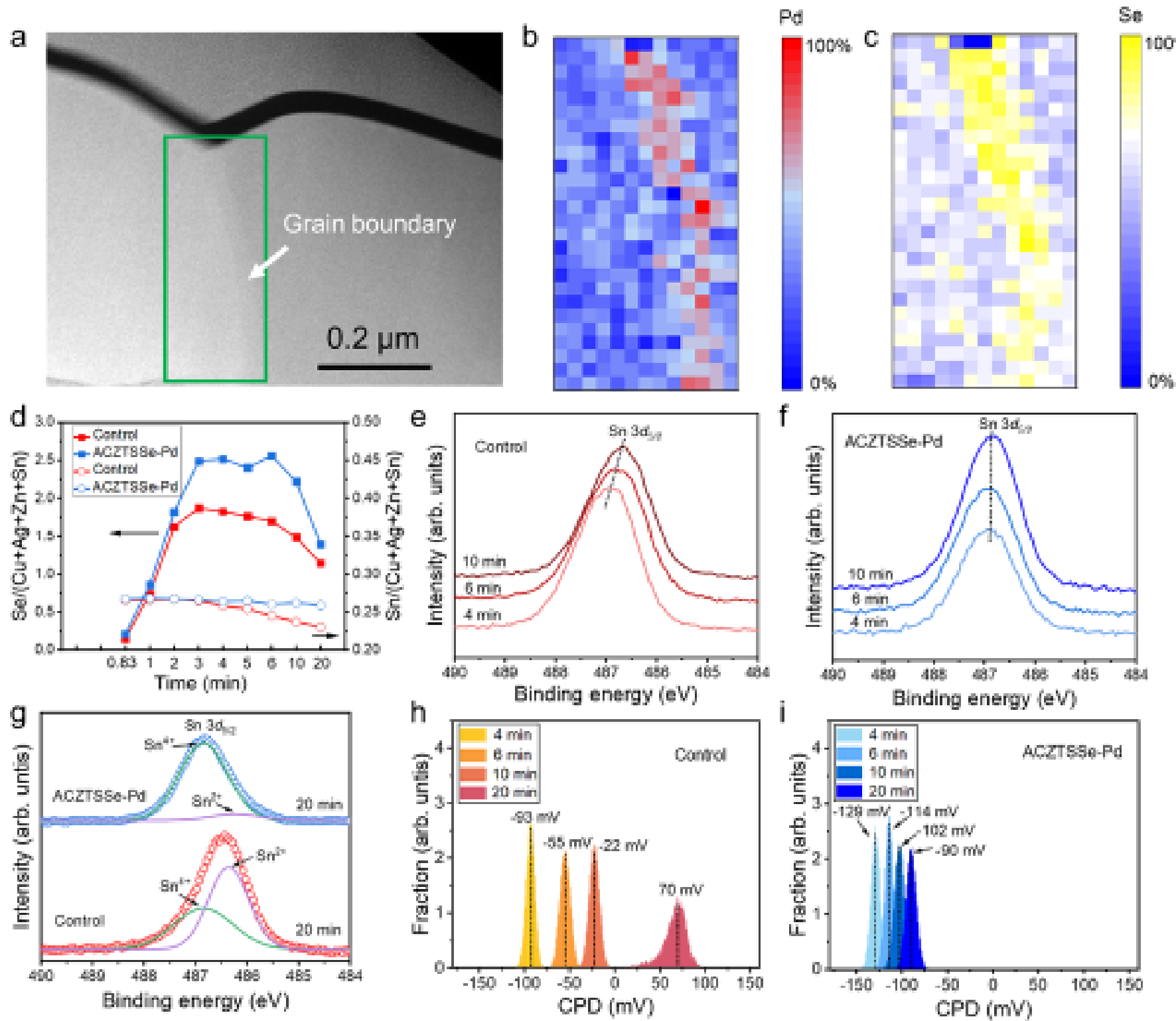


图1.薄膜表征

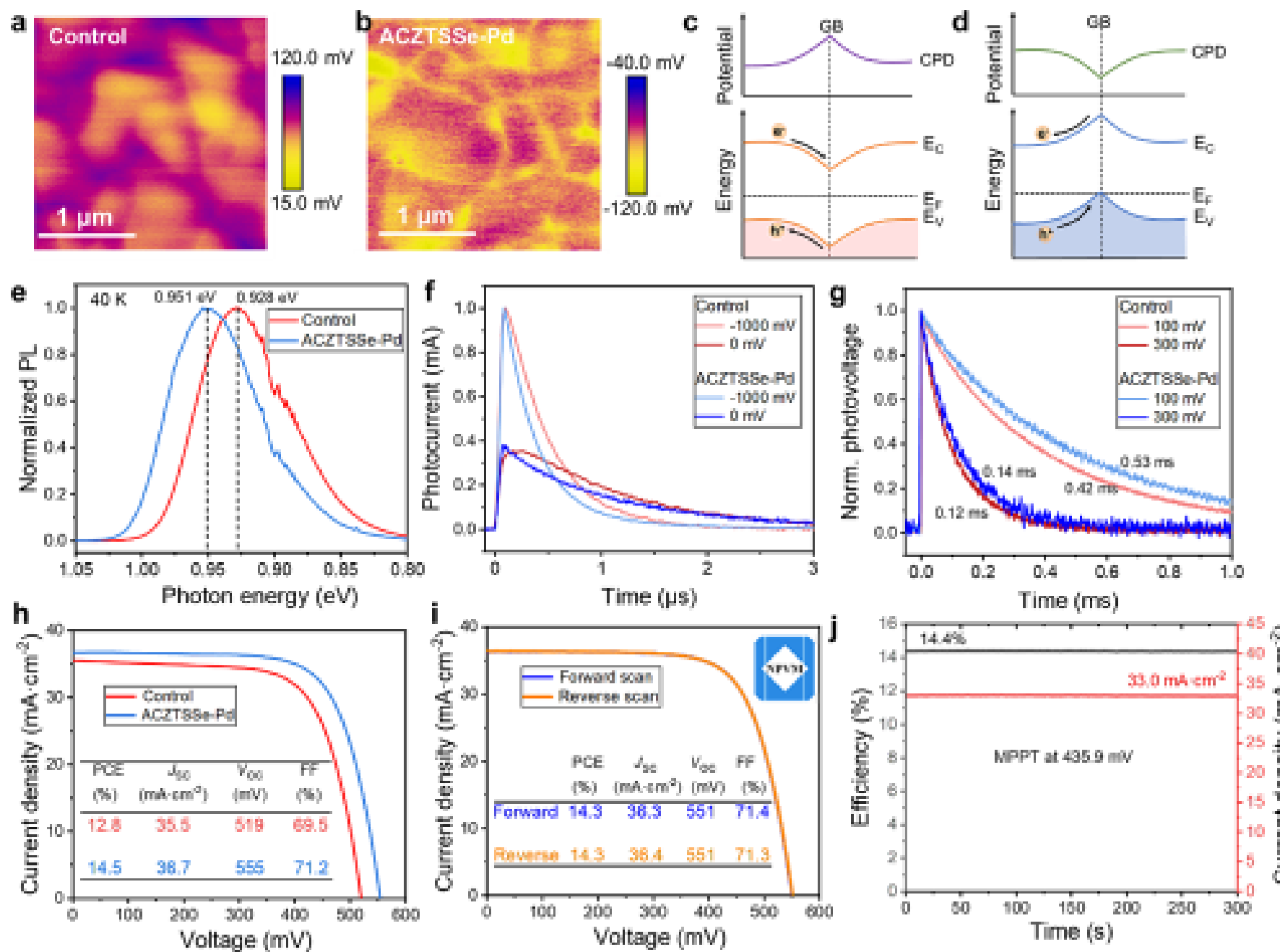


图2.器件性能表征。

该研究成果以“Pd(II)/Pd(IV) redox shuttle to suppress vacancy defects at grain boundaries for efficient kesterite solar cells”为题发表在Nature Communications上。中国科学院物理研究所E02组博士生王金琳、石将建副研究员、博士生尹康、北京大学孟繁琦博士为该论文共同第一作者, 物理所李冬梅研究员、复旦大学陈时友研究员、物理所孟庆波研究员为该论文的共同通讯作者。本研究得到了国家自然科学基金委 (U2002216, 52222212, 52172261, 52227803, 51972332, 12174060, 12334005) 和中国科学院青促会(2022006)的支持。

文章链接: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-48850-9>

Nature Communications 15,4344(2024).pdf

