



我国学者在高性能介观钙钛矿太阳能电池领域取得进展

日期 2024-03-26 来源: 工程与材料科学部 作者: 谭业强 马劲 路大海 张鑫 檀铭一 【大中小】 【打印】 【关闭】

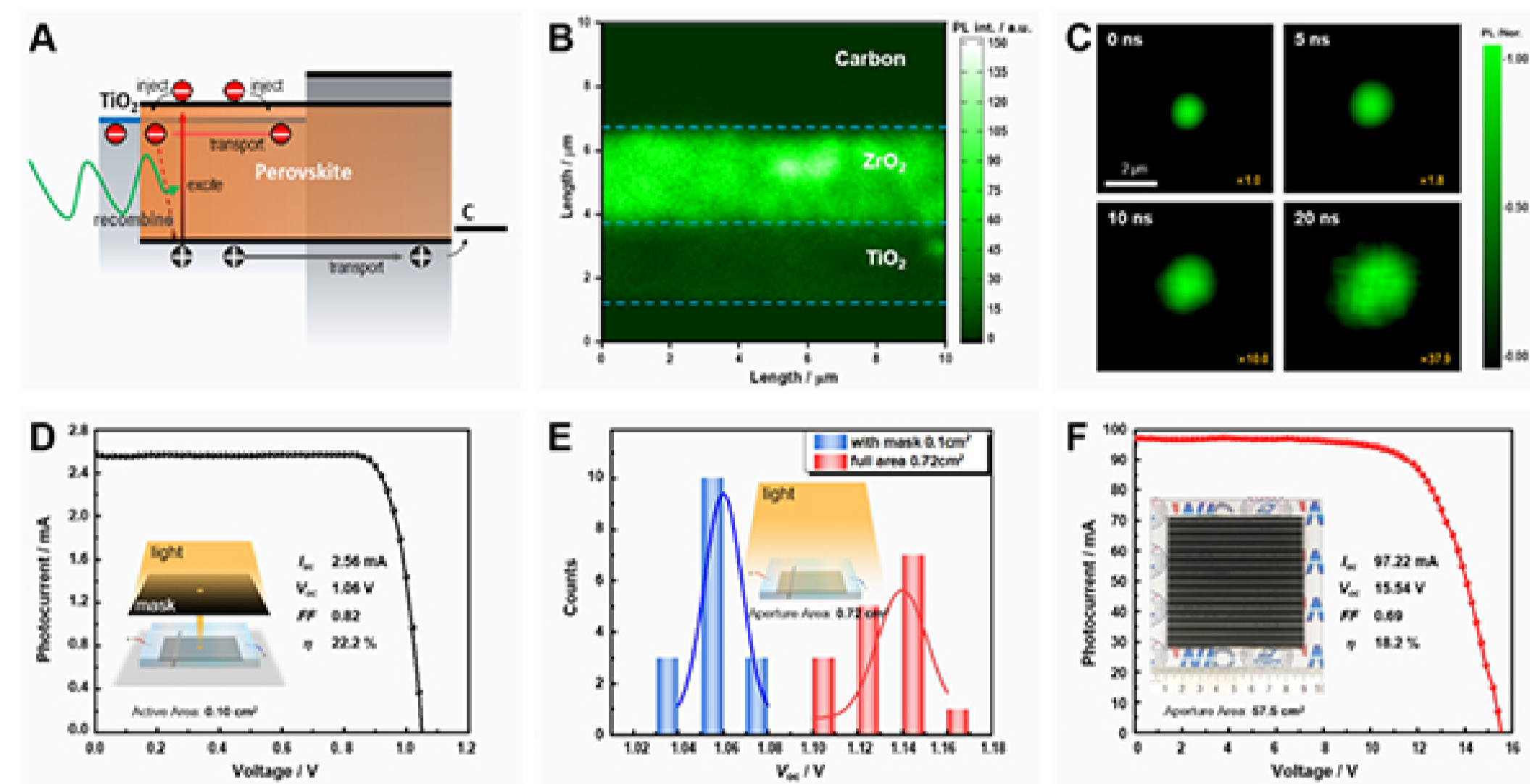


图 (a) 可印刷介观钙钛矿太阳能电池中的能级排列与载流子运输模型; (b) 可印刷介观钙钛矿太阳能电池器件截面荧光成像图; (c) 介孔 ZrO_2 薄膜中钙钛矿受激发后不同时刻的荧光成像图; (d) 可印刷介观钙钛矿太阳能电池电流-电压曲线以及相应光伏参数; (e) 使用限光孔测试以及全面积测试时可印刷介观钙钛矿太阳能电池开路电压统计结果; (f) 可印刷介观钙钛矿太阳能电池横组的电流-电压曲线以及相应光伏参数

在国家自然科学基金项目(批准号: 52172198、51902117、91733301、22122307)等资助下, 华中科技大学武汉光电国家研究中心韩宏伟教授团队在高性能可印刷介观钙钛矿太阳能电池方面取得进展。相关成果以“电子注入和缺陷钝化机制助力高性能介观钙钛矿太阳能电池(Electron injection and defect passivation for high-efficiency mesoporous perovskite solar cells)”为题, 于3月15日发表在《科学》(Science)杂志上。论文链接: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adk9089>。

为实现低成本光伏发电, 基于固相晶圆切片工艺的晶硅电池、基于真空气相沉积工艺的薄膜电池以及基于湿法加工工艺的新兴太阳能电池先后被研发。其中, 新兴太阳能电池可利用低成本的湿法涂膜设备进行简便加工, 有望实现低成本制造。然而, 相较于晶硅或薄膜电池, 新兴太阳能电池在光电转换效率和工作稳定性方面面临巨大挑战, 其根本原因是湿法加工制备薄膜本身处于非晶态或结晶质量较差, 其光生载流子寿命短且传输速度慢; 同时存在“针孔”等形貌缺陷, 不利于大尺寸组件制备进而导致产品良品率低; 此外, 结晶质量不高的薄膜材料在光热电等作用下容易退化, 导致载流子传输能力的进一步下降, 从而带来器件性能衰减。

为此, 该研究团队自主研发了可全湿法加工的介观钙钛矿太阳能电池, 在单一导电衬底上逐层印刷介孔二氧化钛层、介孔二氧化锆层及介孔碳电极层, 之后填充钙钛矿材料到三层介孔膜结构中完成器件制备。通过模拟仿真及载流子动力学测试, 三层介孔膜结构器件展现了不同于传统p-n结电荷分离机制(图)。在传统平面堆叠光伏器件中, 光生载流子(空穴和电子)产生后在吸光层中长距离迁移, 然后在空穴传输层(或电子传输层)界面被选择性提取, 对应的电子传输层(或空穴传输层)起着阻挡异种载流子(空穴或电子)复合作用, 因此在传统太阳能电池中电子传输层及空穴传输层是获取高光电转化效率的必要条件。该团队研发的三层介孔膜结构可印刷介观太阳能电池, 解决了充分吸收光所需的吸收层厚度与确保电荷充分收集所需的载流子扩散长度之间的矛盾。使吸光材料局域在三维互穿网络结构电子传输层纳米孔中, 吸光材料所产生的光生电子在三维方向上快速注入(3D注入)到介观电子传输层, 电子和空穴分别在电子传输层和吸光材料层中传输, 避免了钙钛矿/碳电极界面非辐射复合过程。在无空穴传输层的情况下, 可印刷介观钙钛矿太阳能电池获得了超高的光电转化效率。该团队还针对多孔电子传输层内表面氧空位缺陷带来的性能损失关键制约, 利用由软路易斯酸阳离子与硬路易斯碱阴离子构成的盐钝化剂进行处理, 促使氧空位电离释放所束缚的电子, 有效钝化了氧空位, 成功将可印刷介观钙钛矿太阳能电池效率提升至第三方认证的22.3%, 与此同时, 57.5 cm^2 微型模组开口面积效率达18.2%, 模组中单条子电池的电压超过1.1伏。

该工作创新性地提出了载流子3D注入机制, 突破了传统p-n结电荷分离机制, 为全湿法低成本规模化制备光伏器件乃至电致发光、光电探测器件提供了理论与方案支撑。

机构概况: 概况 职能 领导介绍 机构设置 规章制度 专家咨询 评审程序 资助格局 监督工作

政策法规: 国家科学技术相关法律 国家自然科学基金条例 国家自然科学基金规章制度 国家自然科学基金发展规划

项目指南: 项目指南

申请资助: 申请受理 项目检索与查询 下载中心 代码查询 常见问题解答 科学基金资助体系

共享传播: 年度报告 中国科学基金 大数据知识管理服务 优秀成果选编

国际合作: 通知公告 管理办法 协议介绍 进程简表

信息公开: 信息公开制度 信息公开管理办法 信息公开指南 信息公开工作年度报告 信息公开目录 依申请公开

相关链接 政府 新闻 科普