



魏志祥课题组在全小分子有机太阳能电池研究方面取得重要进展

发布时间: 2021-12-23 | 【打印】 【关闭】

有机太阳能电池 (OSCs) 由于其重量轻、柔韧性好、成本低, 在柔性便携设备上具有巨大的商业潜力。随着分子设计的不断深入和器件工艺的优化, 基于聚合物给体/非富勒烯受体的太阳能电池的效率已提高到18%以上, 但聚合物批次性差异大的问题限制了其商业化应用。与聚合物太阳能电池 (PSCs) 相比, 溶液可加工全小分子有机太阳能电池具有明确的分子结构、优异的材料与器件可重复性, 有利于实现工业化应用。小分子体系主要难点为活性层形貌调控, 限制了其效率的进一步提升。

国家纳米科学中心纳米系统与多级次制造重点实验室魏志祥研究员团队一直致力于可溶性有机小分子太阳能电池材料研究工作, 通过优化活性层形貌、提高器件性能实现了电池效率的持续提升, 并发展出一系列分子设计策略, 拓展了该领域对小分子太阳能电池原理机制的理解。比如通过氟化端基策略 (Nat. Commun. 2016, 7, 13740) 以及扩大给体单元的稠环提高给体材料的结晶性 (Nature Commun., 2019, 10, 5393), 实现多级次形貌的有效调控; 通过烷基链的支点外移 (ACS Appl. Mater. Interfaces 2020, 12, 22, 25100-25107; Adv. Funct. Mater. 2020, 30, 2005426.; Adv. Energy Mater., 2014, 4: 1400538) 等调节策略, 以及引入液晶小分子 (Adv. Energy Mater. 2019, 9, 1803175), 实现结晶性和相容性的调控; 通过加热基底调控垂直相分布 (Adv. Energy Mater. 2017, 7, 1701548); 通过相似相容策略, 引入第三组分在加热条件下实现三元体系从合金模型向级联模型转变 (J. Am. Chem. Soc. 2018, 140, 4, 1549-1556)。

最近, 该团队与国家纳米中心裴晓辉研究员课题组合作, 以全小分子有机太阳能电池ZR-TT/Y6为基础, 引入受体材料的同源聚合物PJ1作为相界面相容剂, 以加强给受体的相互作用同时改善给受体活性层形貌, 将能量转换效率从14.3%提高到15.5%。研究表明, PJ1在活性层中位于给受体界面, 增强了给体受体间的相互作用, 使得活性层中分子堆积更加致密, 从而实现活性层形貌的优化, 加快了空穴转移速率, 最终获得能量转换效率的提升。该聚合小分子受体添加策略具有普适性, 为全小分子有机太阳能电池的形貌优化提供了一种新的思路。相关研究成果以 "Polymerized Small-Molecule Acceptor as an Interface Modulator to Increase the Performance of All-Small-Molecule Solar Cells" (<https://www.x-mol.com/paperRedirect/1464705966676017152>) 为题发表于《先进能源材料》 (Adv. Energy Mater. 2021, 2102394, DOI: 10.1002/aenm.202102394 (<https://www.x-mol.com/paperRedirect/1464705966676017152>))。

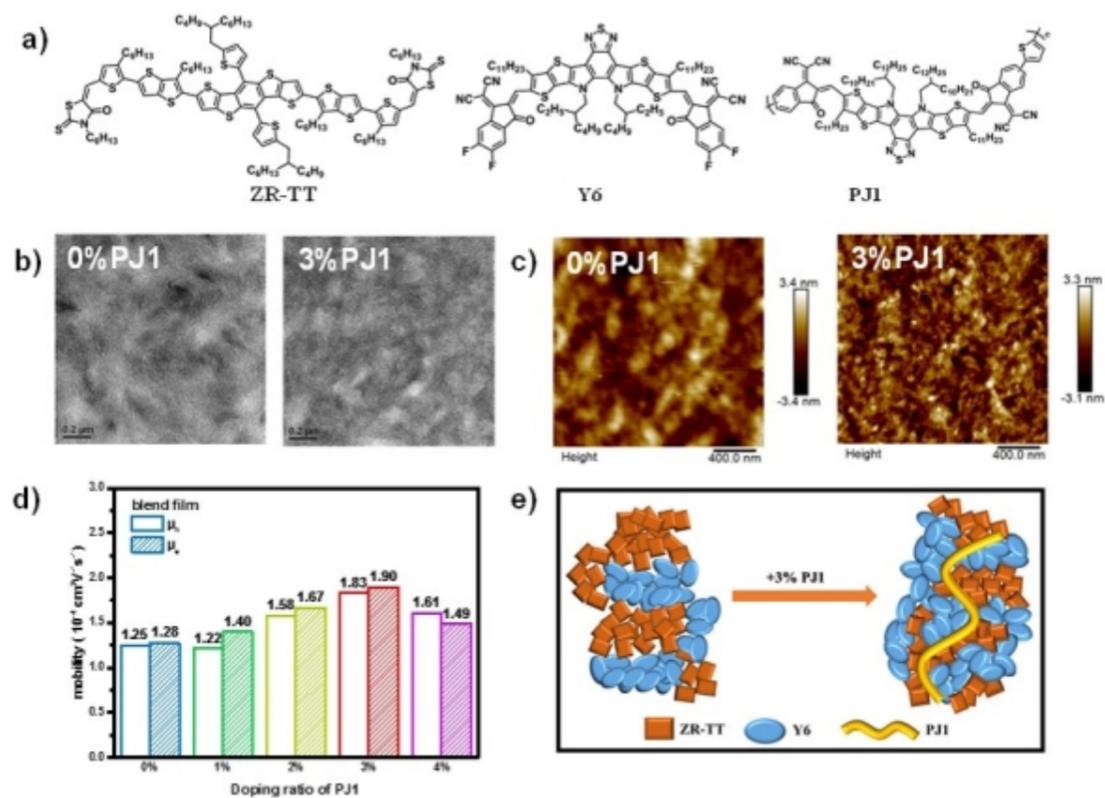


图1: (a) 分子结构, (b) TEM图, (c) AFM图, (d) 电子/空穴迁移率在添加PJ1前后的差异, (e) PJ1优化活性层形貌的示意图

在新材料设计与合成方面, 该团队与美国北卡罗莱纳州立大学Harald Ade教授等人合作, 从小分子给体设计入手, 通过将小分子给体的侧基苯环中的硫醇烷基链从对位移到间位, 设计并合成了两个小分子给体P-PhS和M-PhS。与P-PhS相比, M-PhS的分子平面性和表面张力均有所提高, 在与小分子受体BTP-eC9共混后, 在拥有良好相容性的同时, M-PhS还保持了其有序堆积能力。结果, 基于M-PhS/BTP-eC9的器件形貌具有良好的结晶性和多尺度相区结构, 实现了激子分离和电荷传输的协同优化, 短路电流和填充因子的同时提高, 在二元全小分子太阳能电池中取得了16.2%的创纪录效率。该研究表明, 提高材料结晶性的同时, 降低给体材料和受体材料表面能的差异性来提高相容性, 是获得高性能全小分子太阳能电池的有效策略。相关研究成果以“High Miscibility Compatible with Ordered Molecular Packing Enables an Excellent Efficiency of 16.2% in All-Small-Molecule Organic Solar Cells”为题发表于《先进材料》(Adv. Mater. 2021. 2106316, DOI: 10.1002/adma.202106316 (<https://www.x-mol.com/paperRedirect/1459641868825296896>))。

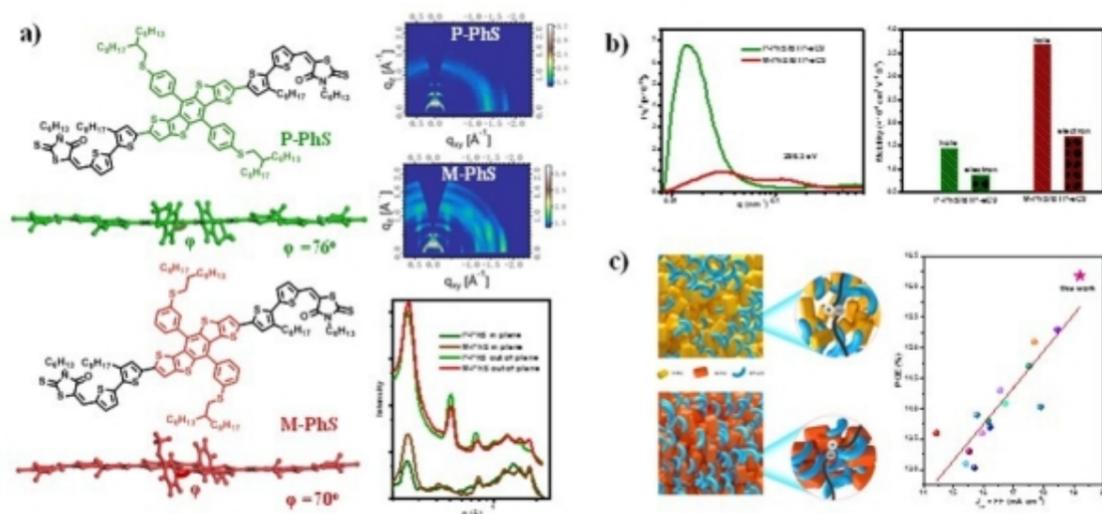


图2: (a) 分子结构与其对应的GIWAXs图; (b) RSOXS图与共混膜的空穴和电子迁移率图; (c) 基于P-PhS/BTP-eC9和M-PhS/BTP-eC9的形貌示意图以及(填充因子×电流)与效率总结图

国家纳米科学中心博士研究生张莉莉和副研究员祝向伟为《先进材料》文章的第一作者, 国家纳米科学中心邓丹副研究员、美国北卡罗莱纳州立大学Harald Ade教授和魏志祥研究员为通讯作者。国家纳米科学中心博士研究生张子祺为《先进能源材料》文章的第一作者, 国家纳米科学中心邓丹副研究员、裴晓辉研究员和魏志祥研究员为通讯作者。感谢国家纳米科学中心周惠琼研究员对上述工作的帮助。上述研究工作得到了国家自然科学基金、中国科学院战略性先导科技专项B类研发项目的支持。

相关论文链接: <https://doi.org/10.1002/aenm.202102394> (<https://doi.org/10.1002/aenm.202102394>);

<https://doi.org/10.1002/adma.202106316> (<https://doi.org/10.1002/adma.202106316>).

[理事单位 \(http://www.nanoctr.cas.cn/lstdw2017/\)](http://www.nanoctr.cas.cn/lstdw2017/) |

[机构设置 \(http://www.nanoctr.cas.cn/jgsz2017/\)](http://www.nanoctr.cas.cn/jgsz2017/) |

[挂靠单位 \(http://www.nanoctr.cas.cn/gkdw2017/\)](http://www.nanoctr.cas.cn/gkdw2017/) |

[博士后流动站 \(http://www.nanoctr.cas.cn/bshldz2017/\)](http://www.nanoctr.cas.cn/bshldz2017/) |

[招生咨询 \(http://edu.nanoctr.cas.cn/zs/dsjs/\)](http://edu.nanoctr.cas.cn/zs/dsjs/) | [主任信箱 \(http://www.nanoctr.cas.cn/zrxx2017/\)](http://www.nanoctr.cas.cn/zrxx2017/) |

[违纪违法举报 \(http://www.nanoctr.cas.cn/xfjb/\)](http://www.nanoctr.cas.cn/xfjb/) |

[友情链接 \(http://www.nanoctr.cas.cn/xglj/yqlj2017/\)](http://www.nanoctr.cas.cn/xglj/yqlj2017/)



[\(http://www.cas.cn/\)](http://www.cas.cn/)

版权所有 © 2017-2018 国家纳米科学中心
京ICP备05064431号-1

(<https://beian.miit.gov.cn/>) 京公网安备：
110402500013

地址：北京市海淀区中关村北一条11号

邮编：100190

电话：010-62652116 传真：010-

62656765 Email:

webmaster@nanoctr.cn

