



苏州纳米所骆群等Advanced Energy Materials: 顺序喷墨印刷制备高性能有机光伏器件

发布时间: 2022-02-28 | 文章来源: 创新实验室 陈兴泽 | 【大】 【中】 【小】 | 【打印】 【关闭】



有机太阳能电池具有轻质、可半透明化以及可溶液法制备的优点。目前以非富勒烯小分子为电子受体的有机太阳能电池器件效率已经取得了较大突破，但器件有效面积小，且主要通过旋涂法实现，无法满足实际应用。开发有机太阳能电池的大面积制备技术是实现低成本有机光伏走向应用的必要环节。溶液法薄膜的制备技术可以分成旋涂、涂布和印刷三大类。印刷法相比于旋涂和涂布的优点包括加工速度快以及可图案化，其中喷墨印刷是一种数字化的图案化加工方法，由于其印刷图案精度高以及油墨浪费率极低，在印刷显示、精密电路等领域有广泛的应用。

喷墨印刷制备有机太阳能电池聚合物：小分子(D:A)体异质结薄膜的关键是控制薄膜的微观形貌，包括给受体分子堆积、聚集行为以及垂直相分离。印刷慢干燥的特点导致有机分子成膜干燥过程中过度聚集，这样的形貌不利于激子解离和电荷传输，从而导致印刷电池效率低。而目前就喷墨印刷有机活性层薄膜微观形貌的成型规律以及控制方法还缺少研究。

苏州纳米所马昌期团队在有机太阳能电池溶液法和大面积器件制备研究方面已有多年积累，在功能墨水开发和印刷法制备有机太阳能电池方面取得了一系列进展。包括功能层墨水开发(ACS Nano 2018, 12 (6), 5518-5529; J. Mater. Chem. A 2021, 9 (31), 16889-16897; Chem. Eng. J. 2021, 425, 130620), 电极和面积器件制备(Adv. Funct. Mater. 2020, 31 (4), 2007276; J. Mater. Chem. A 2019, 7 (1), 212-220; Adv. Sci. 2019, 6 (22), 1901490.), 界面调控辅助成膜等(ACS Appl. Mater. Interfaces 2021, 13 (15), 17869-17881.)。

近期，骆群副研究员等就喷墨印刷有机光伏活性层相分离形貌调节开展系统研究。首先，通过印刷点间距和基底温度调节墨滴的干燥和融合，获得表面质量高的薄膜。其中，提升印刷时基底温度有效抑制了薄膜中有机分子的过度聚集，提升了激子解离效率和器件光电转换效率，但是喷墨印刷的器件效率低于常规旋涂法的电池。薄膜的微观形貌特征表明，基于基底上喷墨印刷获得的薄膜垂直方向呈现出给体和受体材料均匀分布的特点，而旋涂制备的薄膜给体和受体分别在阳极和阴极界面有富集。这样一种给受体在界面处富集的垂直相分离形貌有利于电荷在阴阳界面处的选择性收集，提升电池载流子收集效率。所以在抑制分子过度聚集的同时，调控薄膜的垂直相分离是形貌优化和进一步提升电池效率的关键。

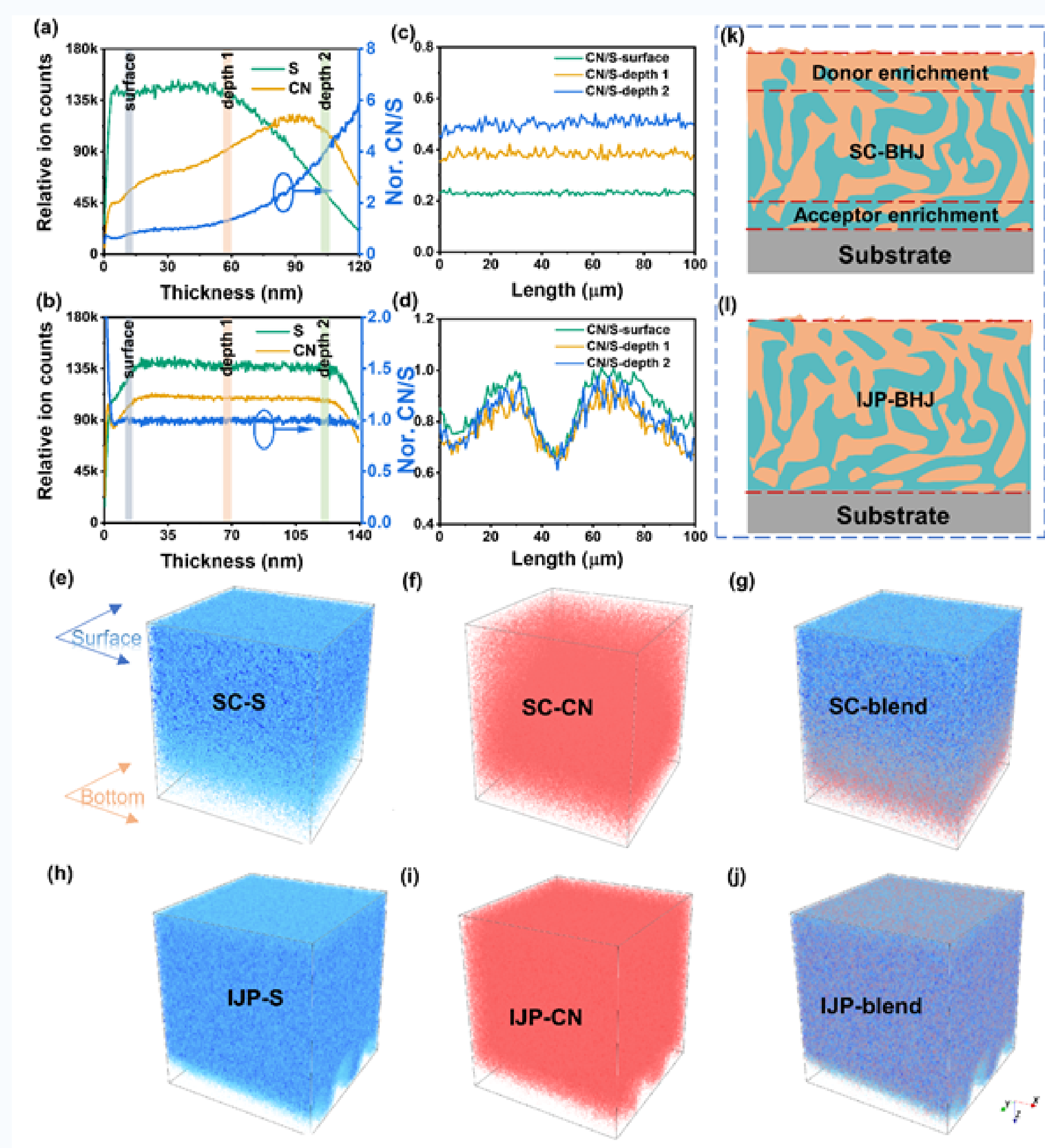


图1. 一步法喷墨印刷与旋涂法制备的有机光伏活性层薄膜形貌特征

研究团队进一步提出了先受体后给体的分步喷墨印刷策略，相比于一步法印刷制备的薄膜，分步喷墨印刷的薄膜表现出了理想的垂直相分离结构，同时也具有较小尺度的分子聚集，使得有机光伏活性层具备高效的激子解离、电荷传输特性的同时，也具有高的载流子收集效率，进而制备的器件性能达到了当前文献报道的最高值。分步印刷时的溶剂作用机理以及墨滴再溶解固化过程中的组分变化规律还在进一步研究中。

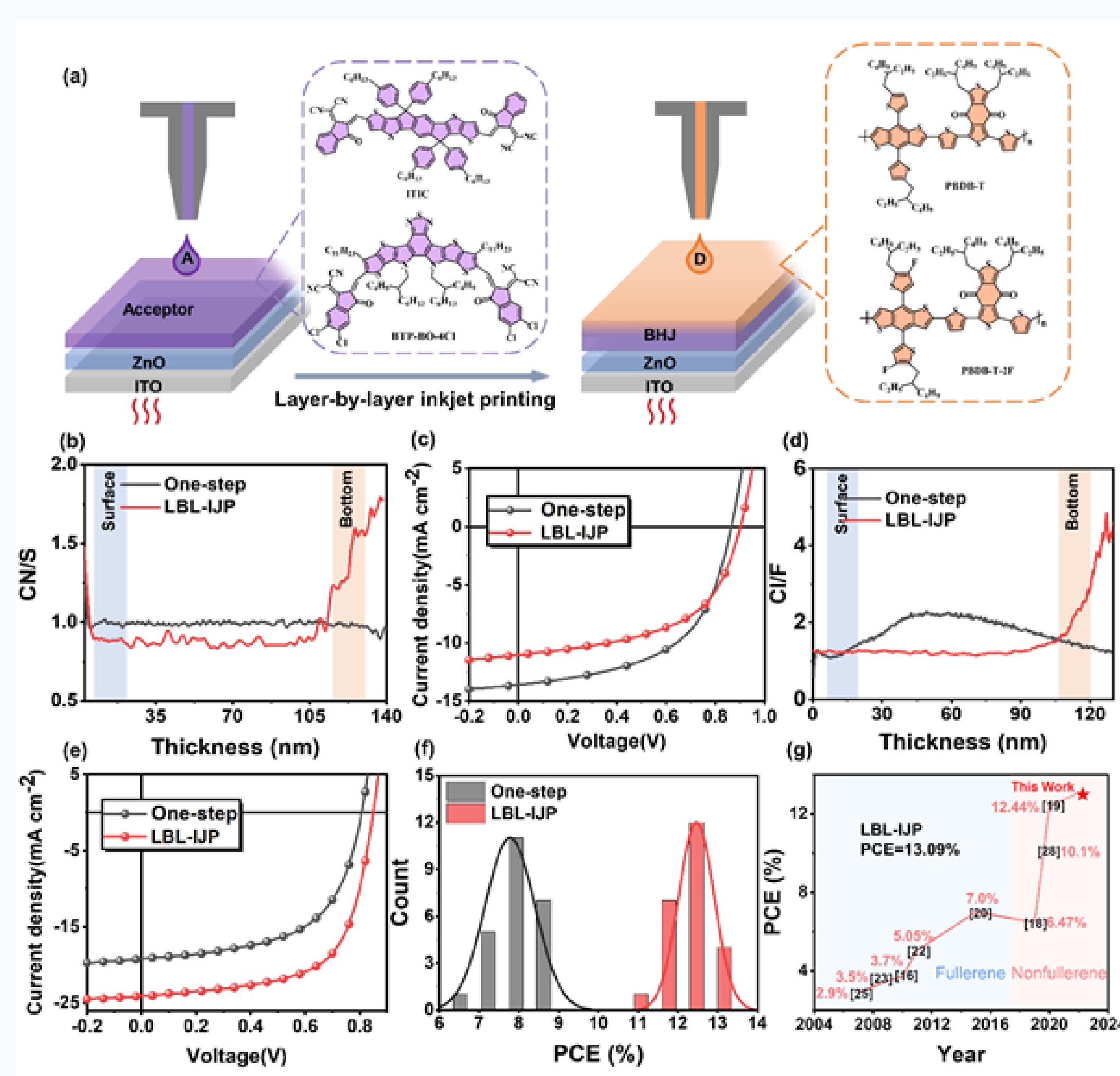


图2. 顺序喷墨印刷实现gradient状的垂直相分离形貌，获得基于喷墨印刷活性层的有机太阳能电池效率超过13%

相关工作以“Balancing the Molecular Aggregation and Vertical Phase Separation in the Polymer: Nonfullerene Blend Films Enables 13.09% Efficiency of Organic Solar Cells with Inkjet-Printed Active Layer”为题发表在Advanced Energy Materials上。本文的第一作者是中科大纳米学院和中科院苏州纳米所联培硕士生陈兴泽，通讯作者是中科院苏州纳米所副研究员、中科院青促会会员骆群。该工作得到了国家自然科学基金，中科院青促会，中科院CAS-CSIRO联合项目以及中科院苏州纳米所纳米真空互联实验站的支持。

论文链接

