有机单晶传输层助力发展高效稳定OLED器件

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/29092.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

有机单晶传输层助力发展高效稳定OLED器件。 导读

有机发光二极管（Organic light-emitting diodes, OLEDs）显示以其轻薄、柔性、低功耗和低成本等优势，经过多年的发展已成为主流显示技术之一。在OLED多层结构中，电荷传输层作为器件的关键功能层，对器件性能起着至关重要的作用。然而，目前采用传统工艺制备的非晶态电荷传输层存在载流子迁移率低、缺陷态密度高，以及表面形貌粗糙等诸多缺陷，严重制约了OLED器件的效率和稳定性。

有机半导体单晶薄膜因其内部分子规则排布、杂质和缺陷含量低，并且可通过合理的分子结构设计调控有机单晶内分子堆积模式，获得远高于非晶态薄膜的迁移率和稳定性，同时兼具超平滑的表面形貌和致密的分子堆积等特性，使其成为极具应用潜力的电荷传输层材料。

近日，吉林大学丁然教授、冯晶教授团队提出利用有机单晶替代传统非晶态薄膜，作为器件传输层，得益于单晶良好的电荷输运能力和改善的功能层界面性质，有效提升了OLED器件的效率和稳定性。该研究成果以Single-crystalline hole-transporting layers for efficient and stable organic light-emitting devices为题，发表于《Light：Science Applications》。

研究背景

随着信息技术的蓬勃发展，信息显示终端成为人类与数字世界之间的主要交互界面。有机发光二极管（Organic light-emitting diodes, OLEDs）显示以其轻薄、柔性、低功耗和低成本等优势，经过几十年的发展已成功实现商用和产业化，成为主流显示技术之一。在OLED多层结构中，电荷传输层作为器件的关键功能层，其载流子迁移率等性质对器件的性能起着至关重要的作用。基于传统蒸镀或溶液工艺制备的电荷传输层通常为非晶态，内部分子排列无序，缺陷态密度高，载流子迁移率低（10-6～10-3 cm2 V－1 s－1）。因此，在非晶态OLED器件中为了保证良好的载流子注入和传输，需要将电荷传输层的厚度精确控制在十几到几十纳米范围内，不利于工业化生产。超薄的电荷传输层难以保证厚度的高均匀性，在较高电流密度下，容易形成漏电导致器件短路；同时，非晶态薄膜表面形貌粗糙，导致与电极之间接触不良，极易造成电极脱附，或形成孔洞和缝隙，以上均不利于器件的长期稳定性。因此，开发高载流子迁移率且表面形貌光滑的电荷传输层，对于提高OLED器件的效率和稳定性具有重要意义。

相比于非晶态材料，有机半导体单晶（Organic single-crystalline semiconductors, OSCs）具有分子规则排布、杂质和缺陷含量低等特点。通过设计和调控有机单晶内分子结构与分子堆积模式，可获得远高于非晶态薄膜的载流子迁移率和热稳定性。例如，目前报道的红荧烯单晶载流子迁移率可

达43 cm2 V − 1 s − 1，比非晶态薄膜高出几个数量级。同时，有机单晶兼具超平滑的表面形貌和致密的分子堆积特性，不仅有利于减少器件界面焦耳热电阻，而且能够在器件内形成水氧阻挡层，抑制水氧对器件内部功能层的侵蚀。以上诸多优点使有机单晶成为极具应用潜力的电荷传输层材料。然而，受单晶器件制备工艺技术的限制，单晶电荷传输层在OLED器件中的应用一直没有得到充分发展。

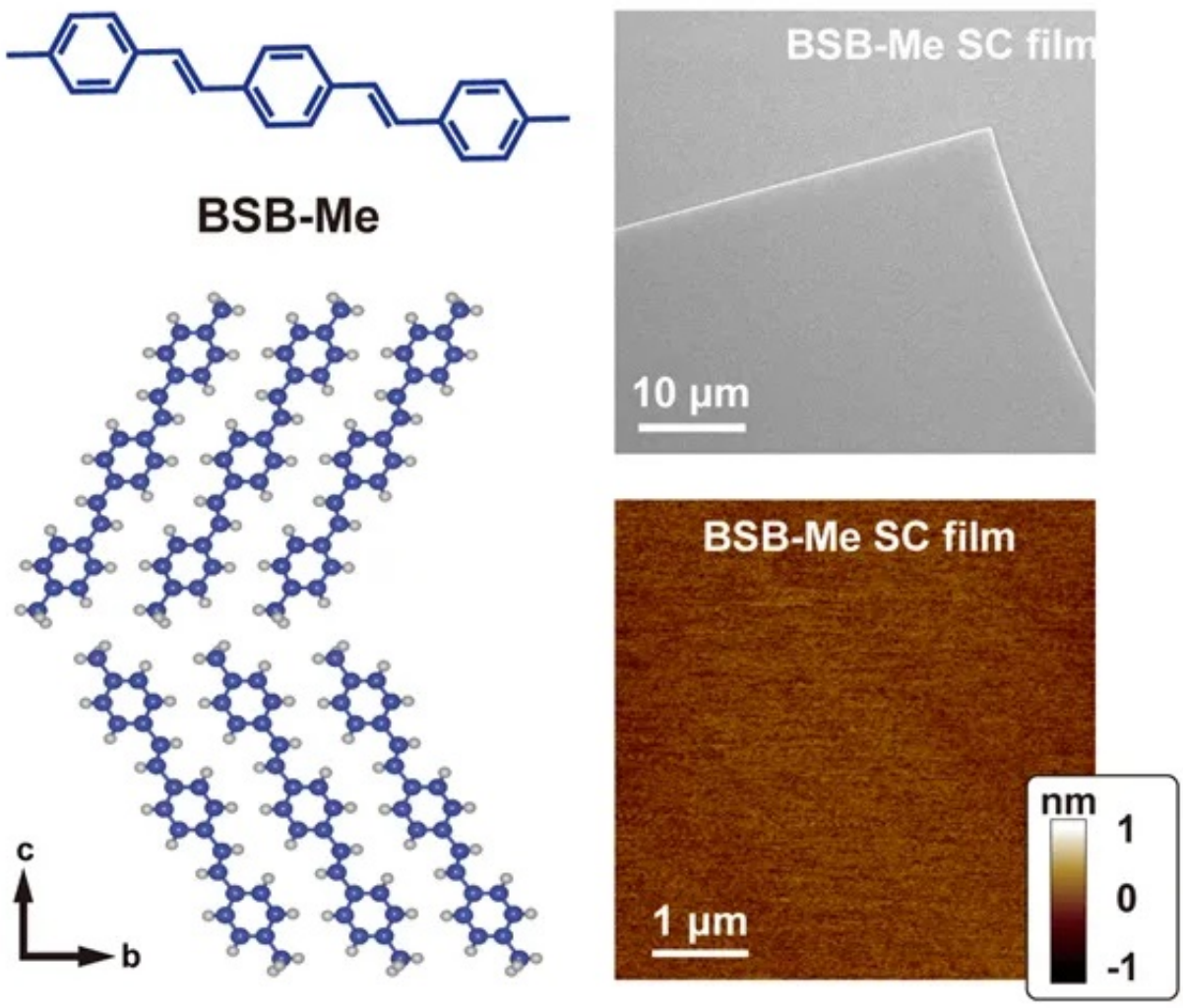


图1 BSB-Me单晶分子排列及表面形貌

创新研究

本研究基于团队在单晶OLED器件制备方面的前期基础，通过改进模板剥离法制备工艺，提出利用高空穴迁移率的p型BSB-
Me单晶薄膜作为器件空穴传输层（图1），制备高效和稳定的单晶OLED器件（Single-crystal OLED, SC-OLED）。经过系统分析，揭示了气相法生长的BSB-Me单晶薄膜具有高的结晶质量、超平滑的表面形貌和理想的电荷传输性能。BSB-
Me单晶薄膜沿晶面垂直方向的空穴迁移率可达0.2 cm2 V − 1 s − 1，远高于多晶态BSB-
Me和传统非晶态NPB薄膜(~10 − 3 ~10 − 4 cm2 V − 1 s − 1)。由于BSB-Me单晶的原子级超平滑表面，与单晶传输层接触的两侧功能层界面性质都得到了显著提升。在单晶/电极界面，超平滑单晶

表面沉积的超薄金属电极薄膜获得了高品质因子和低粗糙度，有效改善了层间接触，避免电极脱附；在单晶/发光层界面，超平滑单晶与发光层之间具有更强的层间相互作用力，改善了载流子层间注入和传输，降低了器件界面接触电阻和焦耳热的产生。

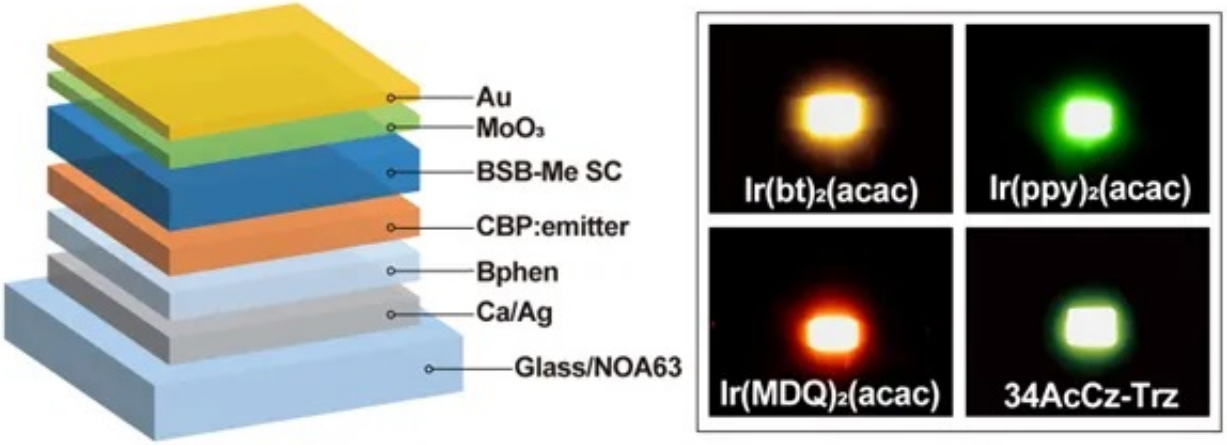


图2、BSB-Me单晶空穴传输层器件结构及电致发光照片

得益于BSB-Me单晶空穴传输层更好的电荷输运能力和改善的层间界面，与多晶态BSB-Me和非晶态NPB空穴传输层器件相比，单晶OLED器件实现了更高的器件亮度、电流效率，以及外量子效率（External quantum efficiency, EQE），EQE最高可达12.64%，是目前已知单晶OLED的最高值。同时，单晶空穴传输层适配于各种发光层材料体系，包括磷光和TADF等发光层材料，验证了单晶传输层策略具有普适性，如图2所示。

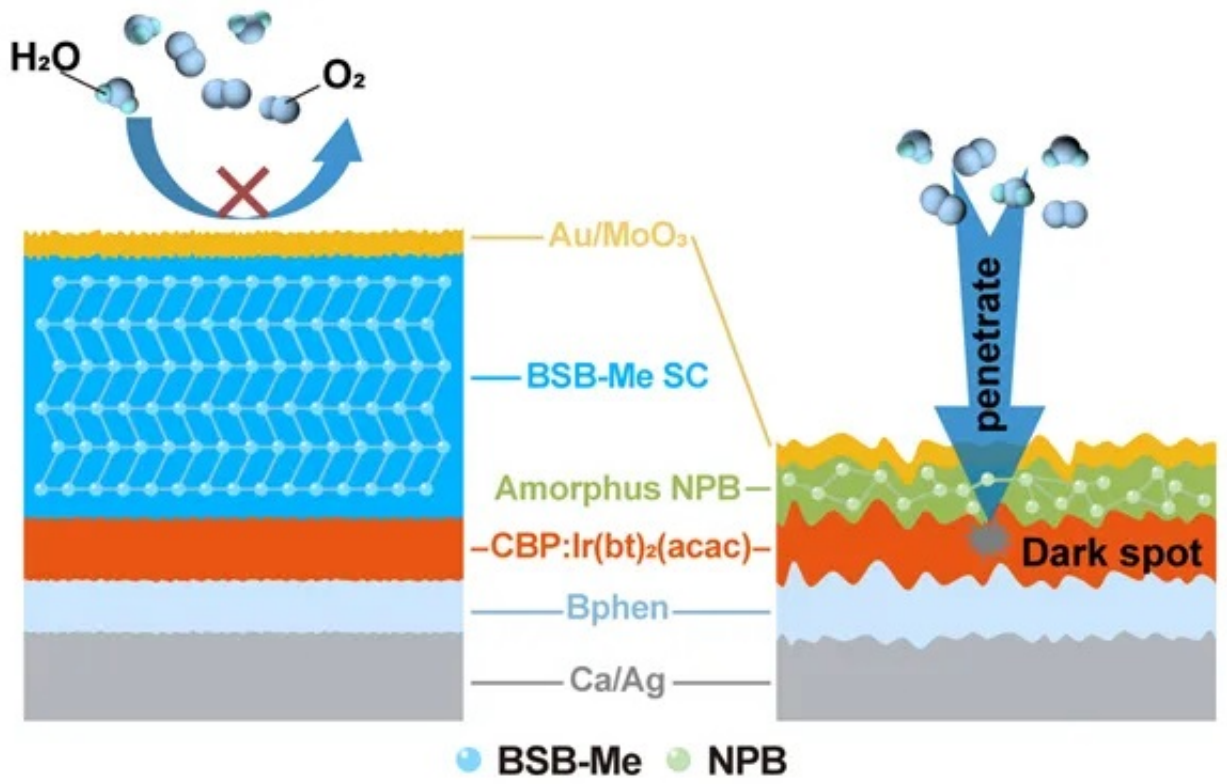


图3、BSB-Me单晶和非晶态NPB空穴传输层器件结构示意图。

结构致密的BSB-Me单晶传输层作为器件内部的水氧阻挡层，有效改善了器件的稳定性，如图3所示。与非晶态NPB空穴传输层器件相比，未封装的BSB-Me单晶传输层OLED，器件寿命从266小时提高到550小时。

应用与展望

本研究工作拓宽了有机半导体单晶在光电子器件领域的应用，利用有机单晶高载流子迁移率特性，以及超平滑、致密等形貌和结构特点，作为器件电荷传输层，为同时实现高效率和长寿命OLED器件提供了新的思路和可行的方案。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01484-4

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“ 来源 ”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：丁然等 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发