
科学家开创有机半导体短波红外电致发光新方向

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20318.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！

科学家开创有机半导体短波红外电致发光新方向。近日，华南理工大学材料科学与工程学院教授吴宏滨团队联合西安近代化学研究所、香港城市大学和北京大学等团队合作，创造性地提出利用目前成为有机光伏电池受体材料的给体-受体-给体（A-D-A）型稠环有机半导体作为发光材料，制备高性能短波红外发光二极管，开创有机半导体短波红外电致发光新研究方向。相关研究发表于《自然·光子学》。

短波红外（或称为近红外区）一般指波长范围在1000至1700纳米之间的电磁辐射。目前技术上可用的短波红外光源主要是一些基于量子阱（QWs）或量子点（QDs）结构的III-V族III-V族无机半导体（主要是InGaAs/InP等）LEDs和相应的激光器，这些基于晶格适配设计的异质结构，往往依赖分子束外延（MBE）以及金属有机化学气相沉积（MOCVD）等方法制备，条件苛刻、工艺复杂、价格昂贵，且难以制备成均匀的面光源。利用有机半导体材料制备的短波红外发光器件，具有材料结构方便可调、器件制作工艺简单、易于制备大面积/柔性器件等突出的优势，有潜力成为短波红外辐射材料与器件有发展前景的候选体系和新的发展方向之一。

过去三十年间，有机发光二极管技术（OLEDs）在可见光和近红外波段已取得长足进步，在信息显示、半导体照明等领域得到广泛应用。然而，发射波长峰值在短波红外波段、辐射强度具备实用价值的高亮度有机发光器件仍然是一个多年来从未突破过的技术难题。其根本原因在于，伴随着半导体带隙的降低，有机半导体中电子-声子耦合增强，表现为激发态-基态之间的振动弛豫加速，无辐射跃迁速率指数增加，导致短波红外发射极其微弱。

受半导体材料中光吸收和发射过程存在倒易关系启发，研究团队创造性地提出利用目前成为有机光伏电池受体材料的给体-受体-给体（A-D-A）型稠环有机半导体作为发光材料，制备高性能短波红外发光二极管。A-D-A型非富勒烯电子受体具有便于化学结构调控，分子内电荷转移效应强，分子平面性和刚性好，电子离域增强，光物理特性和电子结构特性突出等显著特点，在光伏器件应用中呈现光子能量损失小等特质，是近年来有机光伏领域突破的关键因素。

研究团队紧密合作，结合激发态和光物理分析，发现了若干发光光谱范围覆盖900-1400纳米的高性能短波红外发光分子，其光致发光效率在0.1%-10%的范围，远高于该领域此前认知。通过量子化学计算，光物理特性、电子结构特性实验测量，并结合对分子的辐射跃迁速率及非辐射跃迁速率的计算，研究团队发现，材料分子构型、激发态性质、电子-声子相互作用和光物理性质等要素对其发光性质、器件性能有重要影响。

该研究通过化学修饰调控和优化稠环受体分子的结构，为获得高亮度的短波红外电致发光奠定重要的分子结构基础和材料物理基础。研究涉及的一系列有机半导体中，其中最有代表性的分子I

DSe-4Cl，发光范围覆盖900-1300nm短波红外波段，该分子骨架较强的平面性和刚性，能很好地限制原子振动。此外，研究人员通过重原子硒（Se）、氯（Cl）取代进一步减缓原子振动，最大程度降低分子的无辐射振动损耗，提高辐射效率。

经测试，IDSe-4Cl分子的薄膜荧光量子效率（PLQY）为1.12%，短波红外发光器件的外量子效率（EQE）达到0.13%。尤为更重要的是，器件工作电压极低且最大辐射度（Radiance）高达12.4 W sr⁻¹ m⁻²（对应红外辐射通量密度为3.9 mW cm⁻²），达到了太阳红外辐射光强的7%，是此前文献报道最高值的60倍，并能够在高功率下持续工作上千小时，为满足各种应用场景的需要奠定了良好基础。团队利用研发的原型短波红外光源用于实现透过生物组织的光通信和穿透式晶圆、集成电路板检测等，展示了这类短波红外器件的独特应用场景和实用化水平。

该研究工作不仅在实验上发现了A-D-A类型有机半导体优异的短波红外电致发光特性，开启了一个具有广阔应用前景的领域，同时丰富了针对有机短波红外发光材料特性首创的光物理分析方法，阐明了该类材料具有优异发光特性的光物理基础和材料科学基础，为利用有机半导体实现新的性能跨越提供了新的策略和思路。（来源：中国科学报朱汉斌）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41566-022-01069-w>

作者：吴宏滨等 来源：《自然—光子学》

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](https://www.iikx.com)转发