宁波材料所等在热激子-深红光OLED材料领域取得进展

凭借轻巧、灵活和自发光等优点，有机发光二极管（OLED）被广泛认为是主流的第三代显示技术。而有机电致发光材料是OLED的关键组分之一。能够通过高能级通道迅速发生逆系统间跃迁（RISC）过程的“热激子”材料在OLED界备受关注。有研究显示，通过热激子路径可以获得理论上的100%内部量子效率（IQE）和低滚降速率。然而，红色热激子材料在聚集态和团簇态下仍不可避免地遭受聚集引起的淬灭（ACQ），导致相对较低的光致发光量子产率（PLQYs）。同时，迄今为止缺乏明确的分子设计策略来提高PLQYs。聚集诱导发光（AIE）是重要的光物理现象。然而，由于缺乏有效的三重激子利用策略，多数基于AIE的OLEDs效率较低。

近日，中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员葛子义和副研究员李伟，联合华南理工大学教授苏仕健等，提出了新颖的分子设计策略，将热激子机制和AIE特性融合到单个分子。在新开发的分子T-IPD和DT-IPD中（图1），通过调节受体单元的共轭长度，单重激发（S1）态的能量显著提高至第二三重激发（T2）态，从而增强了高能态的逆系间窜越过程（hRISC）（图2）。通过引入TPA和DP-TPA给体基团，T-IPD和DT-IPD可以形成刚性和扭曲的三维几何结构，具有适当的二面角，有效抑制了分子间π-π堆积和分子内运动，使其在固体或聚集态下呈现强烈的发光。同时，它们的AIE特性可以通过在聚集态下形成J-聚集体结构进一步增强。由于热激子机制和AIE特性，研究获得了最高12.2%的外量子效率，这是基于热激子机制和AIE特性的深红色OLEDs中性能最高的（图3）。

为了进一步阐明通过hRISC过程和三重-三重湮灭（TTA）部分在电致发光器件中的热激子松弛过程，研究使用100微秒的电脉冲宽度对基于T-IPD和DP-IPD的非掺杂器件进行瞬态电致发光（TREL）测量。TREL衰减呈现出两个明显的成分——快速EL衰减和延迟EL衰减。在电压脉冲停止后，快速EL衰减源于几纳秒内的单激子发射，而延迟EL衰减则是长寿命三重子激子参与发射过程的结果。然而，实验结果表明，在HLCT系统中，hRISC过程在几纳秒内迅速发生，导致快速EL衰减而非延迟EL衰减。

此外，科研人员观察到延迟EL衰减（Idelayed）很好地符合TTA模型，这是由于T-IPD和DP-IPD的低T1能级所致，遵循双分子上转换发射公式，即 $I_{delayed} = \frac{1}{(\nu + \zeta t)^2}$ 。

基于T-IPD和DP-IPD的非掺杂OLEDs的延迟衰减成分的比例仅为4.0%和5.6%，表明TTA上转换受限，主要是由于低T1激子密度。这种延迟衰减成分的低比例不足以解释其显著的高效率，进一步验证了T-IPD和DP-IPD的热激子机制。

相关研究成果以Hot Exciton Mechanism and AIE Effect Boost the Performance of Deep-Red Emitters in Non-doped OLEDs为题，发表在《先进材料》（Advanced Materials）上。研究工作得到国家杰出青年科学基金、国家自然科学基金和宁波市重点科技项目等的支持。

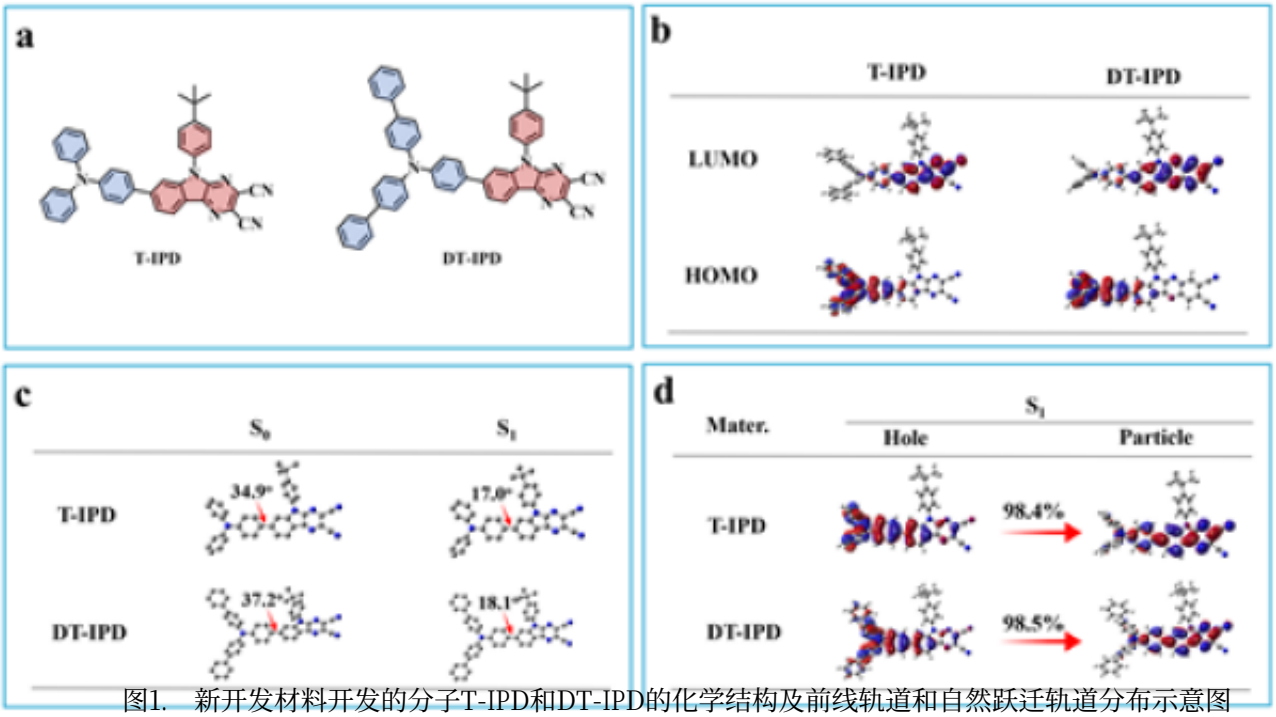

图1.　新开发材料开发的分子T-IPD和DT-IPD的化学结构及前线轨道和自然跃迁轨道分布示意图

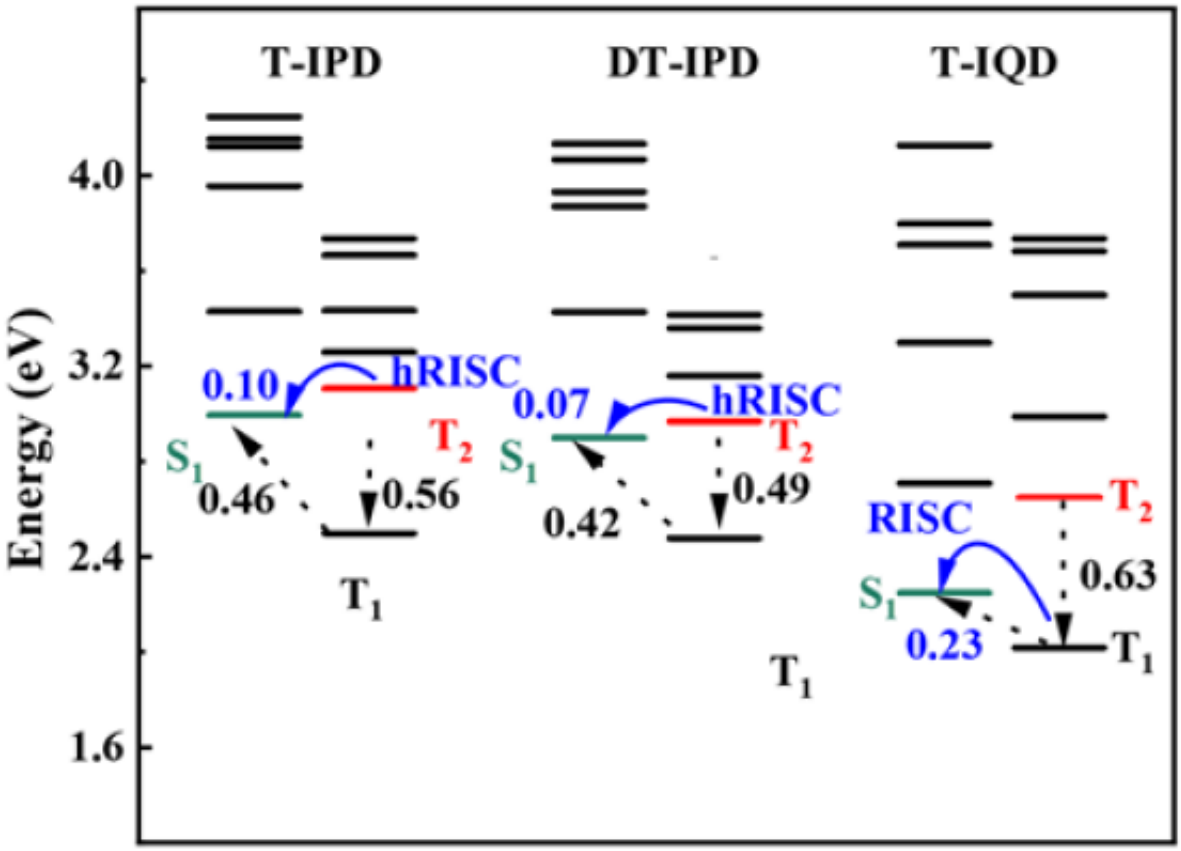

图2.　能级调控示意图

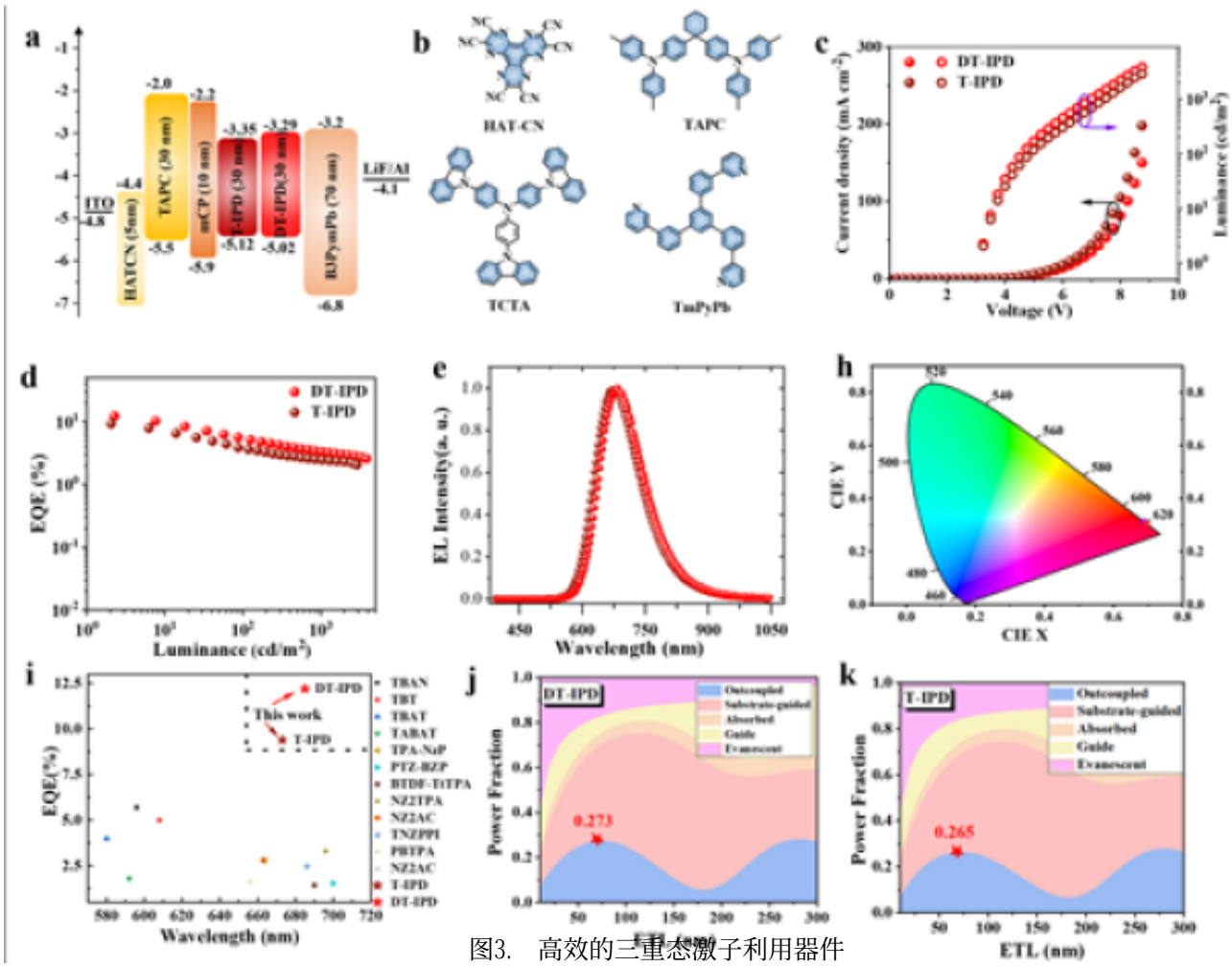

图3. 高效的三重态激子利用器件

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/197968.html