
基于稳定蓝光多重共振热活化延迟荧光的高能效长寿命白光发光二极管

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/33497.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！

基于稳定蓝光多重共振热活化延迟荧光的高能效长寿命白光发光二极管。 导读

白光有机发光二极管（WOLED）具有可柔性、低功耗和护眼等优点，被视为极具潜力的下一代照明光源。然而，由于缺乏能够高效利用三重态（T1）激子进行发光的长寿命蓝光发光材料和器件，极大地限制了WOLED的功率效率和器件寿命，是未来WOLED实现大规模商业化的瓶颈。近日，深圳大学团队通过引入稳定的蓝光多重共振热活化延迟荧光（MR-TADF）材料，成功实现了高功率效率和超长寿命的白光有机发光二极管，在下一代节能照明和显示技术领域具有应用前景。

研究背景

WOLED具有轻、柔、面发光和潜在的低成本等优点，吸引了学术界和工业界广泛关注和研究，已经在高端照明场所进行了小规模的商业化应用。目前采用可利用三线态激子发光的纯磷光OLED材料制备的WOLED器件功率效率已经突破100 lm/W。但由于蓝光的能量较高容易对磷光材料的化学键产生破坏，导致采用该类材料制备的磷光WOLED的器件稳定性较差。虽然采用传统荧光蓝光材料替代纯磷光WOLED器件中的蓝光磷光材料，通过合理设计器件结构可以解决WOLED器件稳定性的问题，但受限于传统荧光蓝光材料的激子利用率，器件的外量子效率和功率效率普遍较低。近年来新出现的蓝光MR-TADF拥有媲美金属配合物磷光材料的激子利用率，同时其刚性硼氮稠环的分子骨架具有潜在的高电学稳定性，为实现高功率效率和长寿命的WOLED器件提供了可能。

研究内容

针对如何实现高功率效率和长寿命的WOLED器件的迫切需求，作者设计了一种基于天蓝光MR-TADF分子的杂化WOLED。BCzBN由于具有大而刚性的共轭核骨架，展现出较好的结构稳定性，被首选作为蓝光组分。此外，选用一个经典黄光磷光分子PO-01和一个具有对硼基共轭骨架的红光MR-TADF分子DB3与BCzBN搭配，组成三色白光器件。主体选用的是双极性主体DMIC-TRZ，有利于实现平衡的载流子运输。值得注意的是，作者研究发现采用B-R-B三明治结构的三色器件，可以有效地将激子限制在发光层内，从而获得不同电压驱动下器件发光光谱稳定性。BCzBN单独掺杂在主体中形成蓝光层（EML-B）；PO-01作为磷光敏化剂部分敏化DB3，共同掺杂在主体中形成红光层（EML-R），从而使PO-01和DB3同时发光。这种结构设计不仅能提高器件的光谱稳定性，还通过调整蓝光与黄红光组分的比例，实现了白光光色的精准调控。器件设计策

略如图1所示。

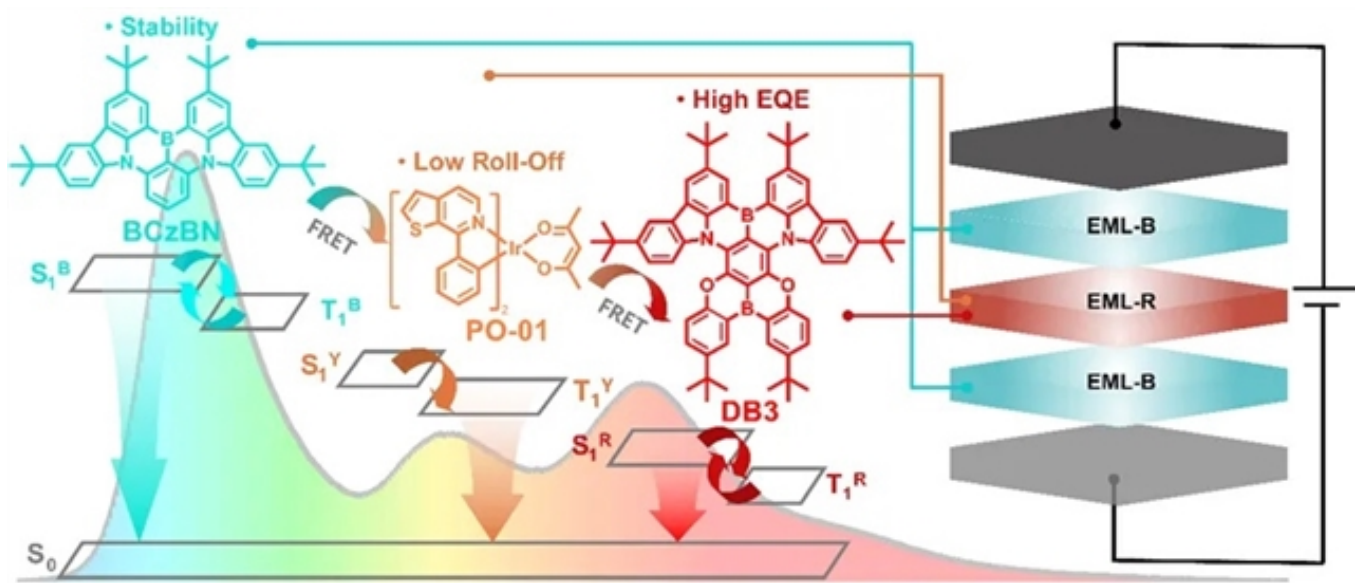


图1. 基于B-R-B三明治结构的WOLED器件结构设计策略。

经过精细的激子复合区调控，基于BCzBN的三色白光器件T1实现了32.3%的最大外量子效率（EQE_{max}）和89.1 lm W⁻¹的最大功率效率（PE_{max}）。且T1在不同亮度下表现出非常稳定的EL光谱和CIE坐标。在1000 cd m⁻²的亮度下，其CIE坐标为（0.33, 0.45），呈现出白光发射。进一步，作者选用相同光色但具有更高的量子产率、更短的延迟荧光寿命以及更快的反向系间窜越速率（kRISC）的MR-TADF分子，即BCzBN-3B，作为蓝光客体替代BCzBN。基于BCzBN-3B的三色器件T2更是表现出更为优异的34.4%的EQE_{max}和101.8 lm W⁻¹的PE_{max}，且在1000 cd m⁻²亮度下仍保持着23.4%的EQE，基于蓝光MR-TADF发光材料BCzBN和BCzBN-3B的三色白光器件性能如图2所示。

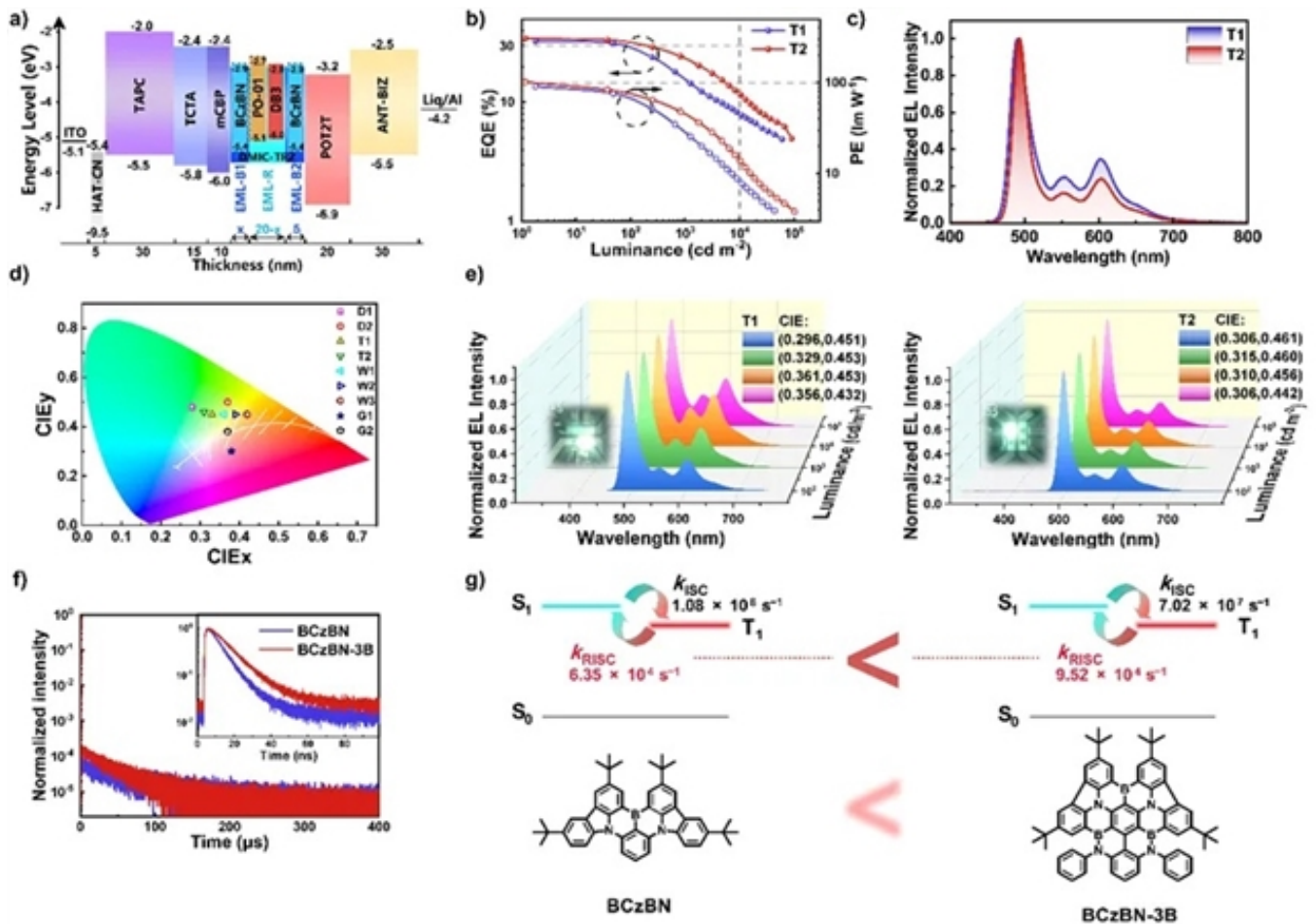


图2. 基于蓝光MR-TADF发光材料BCzBN和BCzBN-3B的白光器件性能。

采用B-R-B器件策略开发了三色白光器件虽实现了高效率，但在高显色指数（CRI）和标准白光CIE坐标（0.33, 0.33）方面仍有待进一步提高。为此，作者在主体SiTrzCz2中引入深蓝光MR-TADF分子BN3，与PO-01和DB3共同构建高CRI的白光器件。对应的器件G1实现了32.1%的EQEmax和74.5 lm W⁻¹的PEmax，CIE坐标为（0.38, 0.30），CRI为71。深蓝光谱补偿使色坐标更接近标准白光，但CRI仍有提升空间。进一步优化中，通过在BN3掺杂的EML-B1和EML-B2中添加0.5 wt%绿光MR-TADF掺杂剂2PTZBN，构建了四色白光器件G2。该器件CRI提升至88，CIE坐标为（0.37, 0.38），EQEmax为30.6%，PEmax达88.2 lm W⁻¹。与三色器件T2相比，G1和G2同时实现了高效率与高CRI，验证了B-R-B结构的通用性。基于深蓝光MR-TADF发光材料BN3的白光器件性能如图3所示。

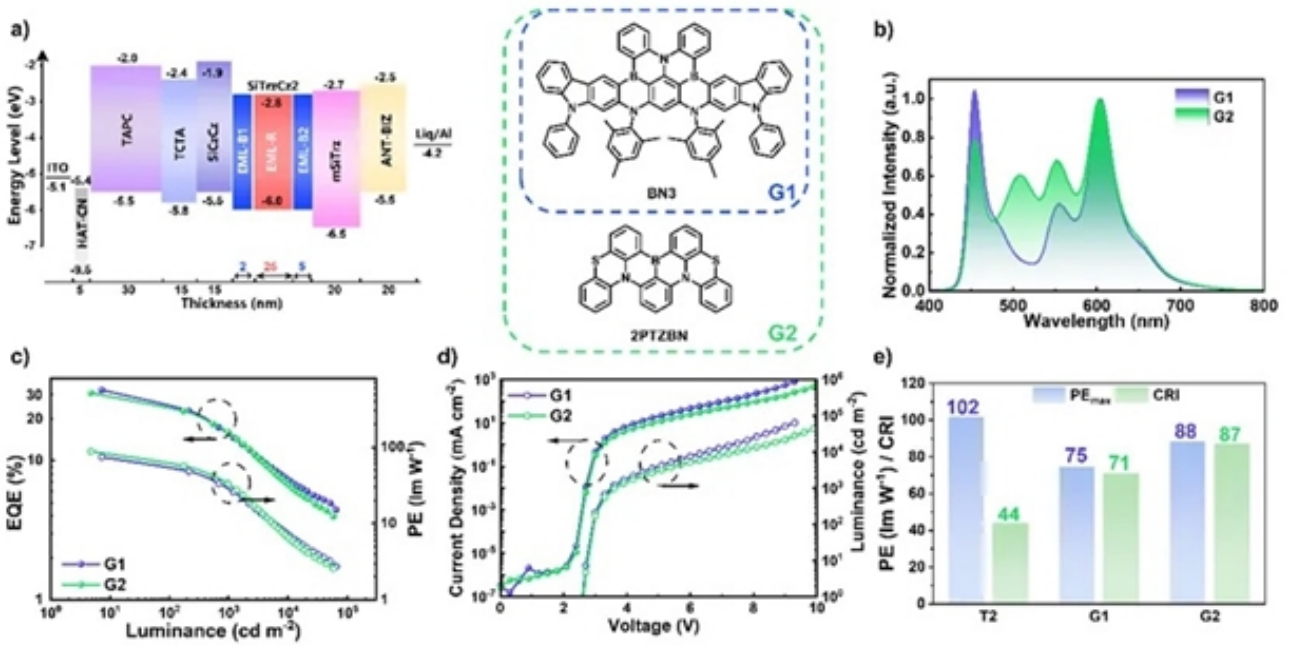


图3. 基于深蓝光MR-TADF发光材料BN3的白光器件性能。

最后，作者对基于B-R-B发光层结构的混合白光OLED的工作寿命进行了系统评估。实验结果显示，在 1000 cd m^{-2} 的初始亮度下，基于BCzBN器件L1的LT90值达到了520小时，而基于BCzBN-3B的器件L2的LT90值更是高达761小时，器件寿命如下图4所示。

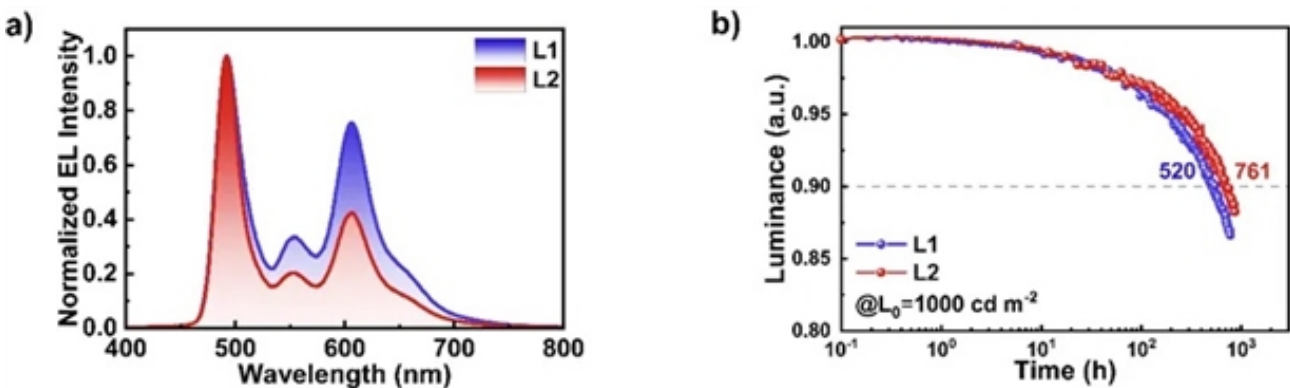


图4. 器件L1和L2的发光光谱和器件寿命。

应用与展望

基于蓝光MR-TADF制备的杂化WOLED，其高功率效率、长寿命及光谱稳定性展现出在照明和显示技术领域广泛的应用前景。未来，通过进一步采用具有更高反向系间窜越系数的蓝光MR-TADF发光材料和优化器件结构，有望开发出更高性能和低成本的WOLED器件，为节能环保、高效舒适的照明和显示解决方案提供可能的途径。

该研究成果以"High-power-efficiency and ultra-long-lifetime white OLEDs empowered by robust blue multi-resonance TADF emitters"为题在线发表在国际光学顶级期刊《Light: Science

Applications》。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-01750-z>

作者：缪景生等 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](http://www.iikx.com)转发