

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室

工作简报

2026 年第 2 期

(总第 101 期)

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室编

2026 年 4 月 9 日

新闻动态

- 中国感光学会显示技术专业委员会成立大会暨首届学术研讨会在广州成功举办 1
- 中国科学院学部局王笃金局长一行来实验室参观调研..... 4

研究进展

发光理论与机制

- 俞越&钟文楷副教授&应磊研究员团队：双路径激子管理策略助力高 EQE、低滚降深蓝色 OLED. 6
- 苏仕健教授团队：高水平取向 BODIPY 材料的低极性多重敏化策略实现高效 BT. 2020 红光 OLED 8
- 苏仕健教授团队：多重位阻取代实现窄谱带深蓝 OLED..... 10
- 应磊研究员团队：破坏苯并咪唑共轭构筑高效深蓝非掺杂 OLED 12
- 应磊研究员团队：通过优化 HLCT 态提升非掺杂深蓝光 OLED 效率..... 17

新型显示、探测与成像

- 夏志国教授团队：锰基杂化卤化物层交叠薄膜用于荧光寿命温度传感..... 22
- 赵祖金教授团队：多共振骨架工程实现高色纯度、视觉舒适的深蓝光 OLED..... 27
- 赵祖金教授团队：螺环稠合占吨酮受体构筑浓度不敏感型 TADF 材料及高性能 OLED..... 29

有机光伏材料与器件

- 钟文楷副教授&李宁教授&应磊研究员团队：面向可穿戴的填料交联协同增强可拉伸有机光伏. 34

前沿交叉

董国平教授团队：基于可逆量子点玻璃波导的可重构拓扑光子晶格..... 36

人员介绍

实验室新引进人才简介：樊宝兵教授..... 40

境内外来访参观与学术交流 41

新闻动态

中国感光学会显示技术专业委员会成立大会暨首届学术研讨会在广州成功举办

2026年3月28日，中国感光学会显示技术专业委员会成立大会在华南理工大学顺利举行。近30位来自全国高校、科研院所及显示产业龙头企业的专家委员齐聚一堂，共同见证显示技术专业委员会正式成立。会议由上海交通大学石峰教授主持。



成立大会现场

中国感光学会副理事长陈广学教授代表学会对专委会的成立表示热烈祝贺。他在致辞中表示，显示技术是信息交互的核心界面，是数字时代不可或缺的关键支撑。专委会的成立是学会服务国家战略、回应产业需求、拓展学科布局的重要举措，将为我国显示领域搭建高水平、跨学科、产学研用深度融合的协同创新平台，助力我国从“显示大国”迈向“显示强国”。



中国感光学会副理事长陈广学教授致辞

根据《中国感光学会分支机构管理办法》，会议以无记名投票方式选举产生主任委员 1 名、副主任委员 12 名、秘书长 1 名、副秘书长 1 名。中国科学院院士、华南理工大学马於光教授当选主任委员；上海交通大学石峰教授、中国科学院理化技术研究所毕勇研究员、清华大学段炼教授、吉林大学吴雨辰教授、华南理工大学夏志国教授、福州大学郭太良教授、京东方科技集团杨国波高级副总裁、维信诺科技股份有限公司金波副总经理、成都辰显光电有限公司黄秀颀总经理、厦门大学黄凯教授、北京大学杨槐教授当选副主任委员；上海交通大学成梦娇教授当选秘书长，华南理工大学周玉当选副秘书长。

选举结束后，新当选主任委员马於光院士介绍了专委会的基本情况与未来工作计划。马於光院士指出，显示技术专委会的成立，既顺应了新型显示技术快速迭代的产业趋势，也承载着推动显示领域从“并跑”向“领跑”转变的重要使命。他强调，专委

会应立足国家战略需求，聚焦 OLED、Micro-LED、量子点显示、激光显示等前沿方向，着力构建“材料—器件—系统—应用”全链条协同创新体系；要发挥学术引领作用，搭建高水平、跨学科的学术交流平台，推动基础研究与产业应用深度融合；同时要注重青年人才培养、国际交流合作与标准体系构建，努力将专委会打造成为我国显示领域最具影响力的学术高地与创新策源地。与会委员围绕马院士提出的发展设想，就专委会的工作机制、学术活动、产业协同等议题展开深入研讨。



学术报告

成立大会之后，显示技术专业委员会举办了首届学术研讨会。研讨会由华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室主办，共举办6场高水平学术报告。华南理工大学马於光院士、福州大学

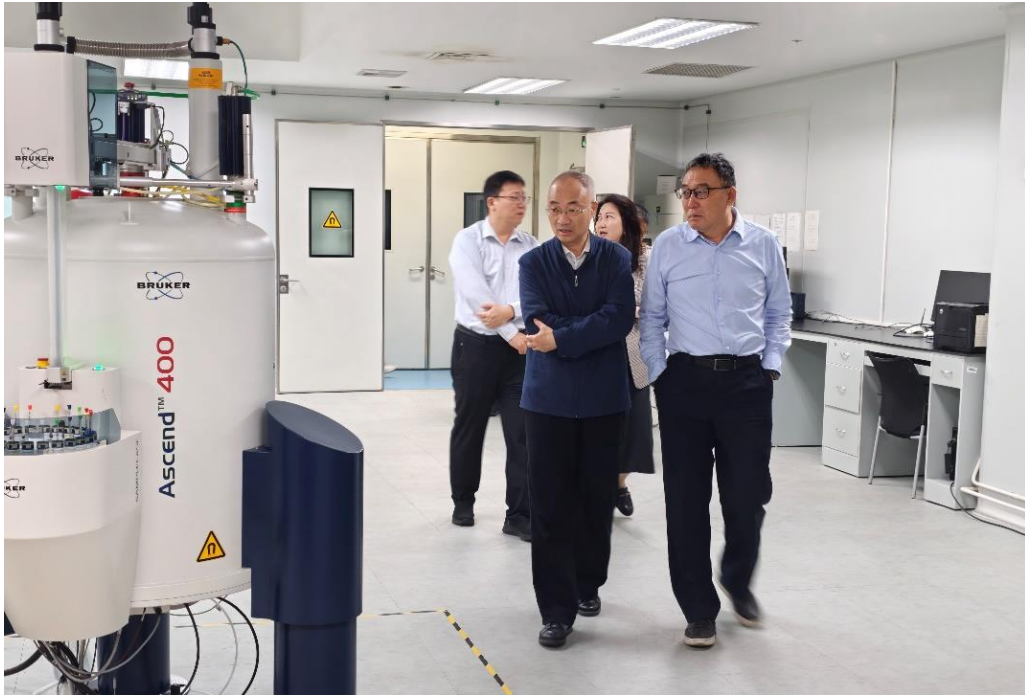
郭太良教授、成都辰显光电有限公司黄秀颀总经理、华南理工大学兰林锋研究员、京东方科技集团杨国波高级副总裁、华南理工大学应磊研究员分别作主旨报告与邀请报告，内容涵盖有机发光显示、Micro-LED、量子点显示、激光显示、柔性显示等前沿方向。与会代表聚焦显示技术最新研究进展，深入探讨领域发展机遇与挑战，进一步凝聚行业创新共识，推动我国显示技术研究向纵深发展。

据介绍，显示技术专业委员会挂靠单位为华南理工大学，秘书处设在发光材料与器件全国重点实验室。专委会的成立，标志着我国显示技术领域学术交流与产业协同迈入新阶段，将为推动新型显示技术高质量发展、服务国家战略需求注入强劲动力。

中国科学院学部局王笃金局长一行来实验室参观调研

3月1日，中国科学院学部局王笃金局长一行来发光材料与器件全国重点实验室参观调研，华南理工大学副校长林艺文陪同调研。

实验室主任马於光院士对调研组的到来表示诚挚欢迎，并详细介绍了实验室的发展历程、组织架构、核心研究方向以及近年来实验室在承担国家重大科技任务中所作出的努力与取得的进展。



王笃金局长参观实验室

调研组参观了实验室的成果展示厅，马於光为调研组介绍了多项代表性成果，包括 Micro-LED 显示、热激子蓝光材料和有机光伏电池等成果的研究背景及应用。

调研期间，调研组前往实验室的超净室、超快平台、核磁室、小角 X 射线衍射仪等公共测试平台，实地察看了各类科研设备的运行、维护情况。

调研组对实验室的运行管理以及取得的原创性成果给予了高度的评价。

研究进展

发光理论与机制

俞越&钟文楷副教授&应磊研究员团队：双路径激子管理策略助力高 EQE、低滚降深蓝 OLED

深蓝光有机发光二极管是实现广色域显示的核心，但传统荧光材料激子利用率低，磷光及 TADF 体系在深蓝区又面临稳定性或色纯度瓶颈。此外，高电流密度下的效率滚降问题也制约其实际应用，亟需发展新的激子管理策略。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的俞越副教授、钟文楷副教授、应磊研究员课题组设计合成新型屈衍生物深蓝光材料 PChCz，利用其热激子机制在非掺杂器件中实现 21.3% 的外量子效率，在此基础上引入三线态-三线态湮灭材料构建双路径激子管理策略，进一步将外量子效率提升至 25.5%，并显著抑制效率滚降，为开发高性能深蓝光 OLED 提供了新思路。

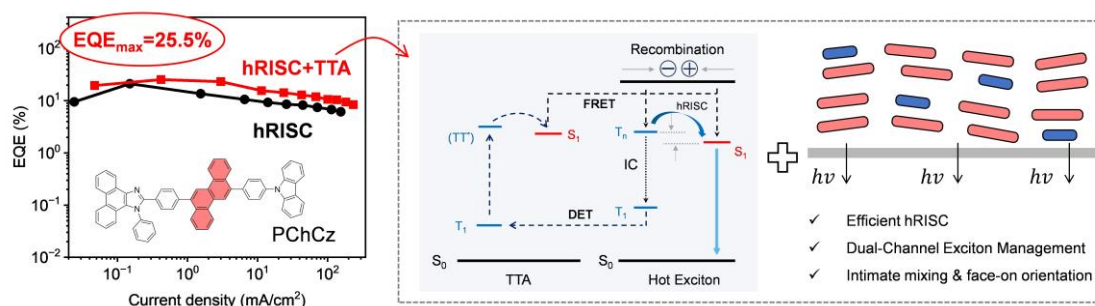
合作团队设计并合成了一种基于屈（chrysene）核心的新型深蓝光发射材料 PChCz，采用 D- π -D' 分子构型，通过弱给体苯基咪唑和双极性基团菲并咪唑的协同作用，实现了高能三线态激子的有效反向系间窜越。基于 PChCz 的非掺杂器件实现了 21.3% 的外量子效率，色坐标 (0.15, 0.09)，是目前非掺杂深蓝光 OLED 中的领先水平。

然而，单靠热激子机制难以完全避免低能三线态 (T_1) 的积累，在高电流密度下， T_1 激子与极化子发生三线态-极化子湮灭，

导致效率滚降。为此，团队引入三线态-三线态湮灭（TTA）材料 DMPPP，与 PChCz 共沉积构建双路径激子管理体系。DMPPP 具有合适的 T_1 能级和短延迟荧光寿命，可高效回收 PChCz 中残余的 T_1 激子，通过 TTA 上转换为单线态，再经能量转移至 PChCz 发光。优化后的共沉积器件外量子效率提升至 25.5%，且其效率滚降显著降低。瞬态电致发光测试显示，延迟荧光比例从 2.3% 增至 32.1%，延迟寿命从 60.24 μs 缩短至 26.71 μs ，表明 T_1 激子被快速利用，激子-极化子淬灭被有效抑制。

进一步研究表明，共沉积不仅优化了激子动力学，还显著改善了薄膜形貌。掠入射广角 X 射线散射和近边 X 射线吸收精细结构分析显示，DMPPP 均匀分散于 PChCz 基质中，无宏观相分离，且 PChCz 分子取向更趋于面朝上排列，有利于提高光耦合取出效率。

该研究提出的“热激子+TTA”双路径激子管理策略，结合分子设计与形貌调控，为高效稳定深蓝光 OLED 的开发提供了新思路，具有重要的科学意义和应用前景。



双路径激子管理+形貌优化制备高效深蓝光 OLED 器件示意图

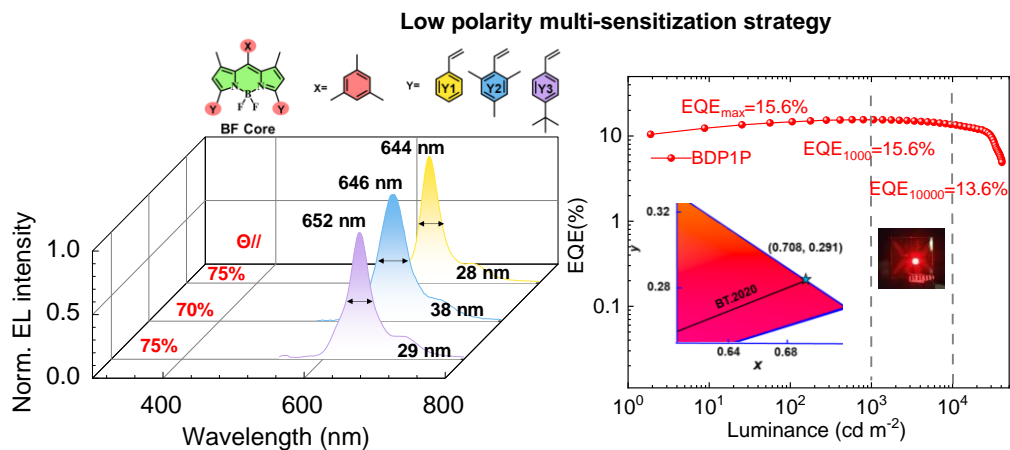
相关研究成果以“*Dual-Path Exciton Harvesting Guided by Molecular Packing and Orientation Achieves Highly Efficient Deep-Blue Emission*”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者

为俞越副教授，钟文楷副教授，应磊研究员，第一作者为李宇龙和李明珂博士生。该研究工作得到了 the National Key Research & Development Program of China (2024YFF1504700), Guangdong Basic and Applied Basic Research Foundation (2023B1515040026 and 2024A1515110241), and Fundamental Research Funds for the Central Universities (2024ZYGXZR076)等科研项目的资助。

苏仕健教授团队：高水平取向 BODIPY 材料的低极性多重敏化策略实现高效 BT.2020 红光 OLED

兼具短激子寿命和理想色纯度的窄带红光材料较少，因此实现符合 BT. 2020 标准的高效率、低滚降红色有机发光二极管是当前艰巨的挑战。本文通过乙烯基来扩展共轭骨架、增强分子刚性，开发了三种具有高水平取向的 BODIPY 衍生物，实现了深红窄带发射。此外，采用低极性多重敏化策略设计并制备了相应的器件。该设计不仅实现了窄带电致发光，同时降低了能量传递损失、加快了激子的消耗速率，从而改善了高亮度下的效率滚降。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的苏仕健教授课题组利用高水平偶极取向的 BODIPY 发光材料及低极性多重敏化策略，实现了高效的 BT2020 红光 OLED，有望拓展高色域红光 OLED 领域的应用。



通过在 BODIPY 母核 meso 位引入大空间位阻的三均甲基苯来限制分子内旋转、增加分子间距离，从而抑制非辐射跃迁并减少敏化器件中的 Dexter 能量传递损失。同时，在中心核的 α 位引入乙烯基并桥连多种给电子单元来增强分子刚性并延展 π 共轭骨架，从而在保持窄发射光谱的前提下实现光色的大幅度红移和 PLQY 的提升。这种大的平面结构还可以促使分子沿基底水平排列，从而提高器件中的光输出耦合效率和能量转移效率。此外，采用低极性多重敏化策略（低极性主体+ TADF 辅助主体+磷光辅助主体+BODIPY）抑制电致发光下的光谱展宽并加速激子消耗，从而实现了 15.6% 的最大外量子效率，在 1000 和 10000 亮度下效率滚降几乎为 0，且 CIE 色坐标完美契合了 BT.2020 的红光标准 (0.708, 0.292)。该分子与器件设计策略为后续高色域有机发光二极管的设计提供了一定的价值。

相关研究成果以“*Highly Horizontally Oriented BODIPY Emitters for Efficient BT. 2020 Red OLEDs via Low-Polarity Multi-Sensitization Strategy*”为题发表在 *Advanced Functional Materials* 上，其中通讯作者为苏仕健教授，第一作者为聂雪薇博士生。该

研究工作得到了国家重点研发、国家自然科学基金、中国博士后面上等科研项目的资助。

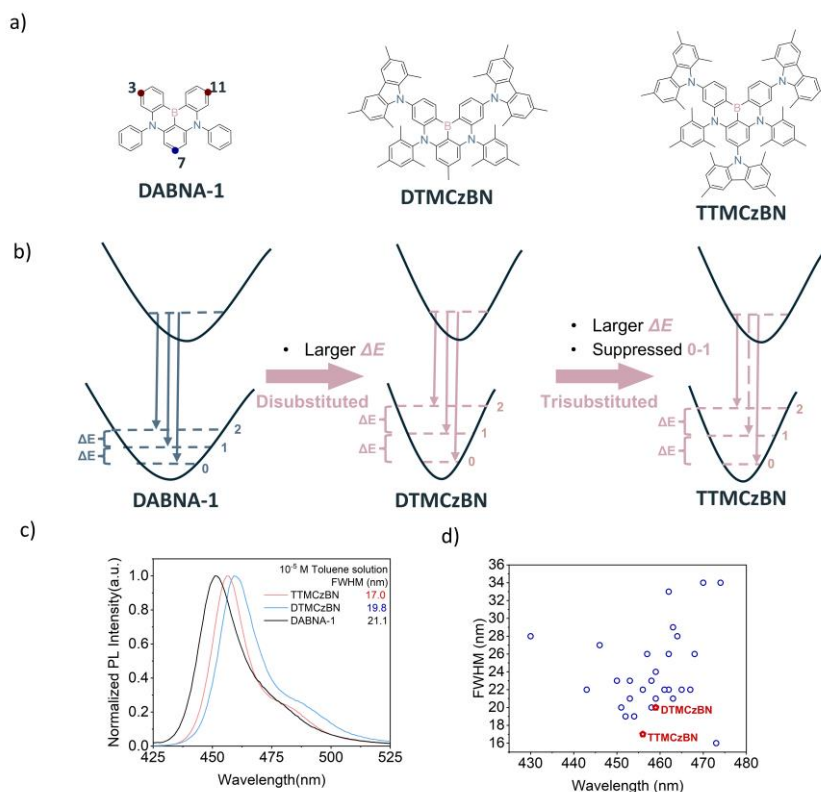
苏仕健教授团队：多重位阻取代实现窄谱带深蓝 OLED

面向超高清显示的深蓝有机发光二极管不仅要求高效率，还要求发射峰位合适、半峰宽窄、色纯度高。然而，现有多重共振热活化延迟荧光蓝光材料在薄膜中往往易发生分子聚集，同时振动耦合引起的发射肩峰也会造成光谱展宽。如何同步抑制分子间堆积与分子内振动耦合，是实现高色域深蓝 OLED 的关键科学问题。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的苏仕健教授课题组通过在单硼 MR-TADF 骨架上引入多重四甲基咔唑位阻单元，实现了对分子间堆积与振动耦合的协同抑制，获得了高色纯窄带深蓝发射及高性能 OLED 器件，并验证了该策略在 v-DABNA 体系中的普适性，有望为高色域、低功耗 OLED 显示材料设计提供新思路。

深蓝 OLED 发光材料既要实现三线态激子的高效利用，又要避免薄膜中 π - π 堆积及振动肩峰导致的光谱展宽。已有位阻基团多数侧重削弱分子间作用，但对决定色纯度的振动耦合调控有限。针对这一难题，研究团队以 DABNA-1 为母核，设计并合成了二取代和三取代发光分子 DTMCzBN 与 TTMCzBN。TMCz 单元中 1,8 位甲基可增大其与 B-N 骨架之间的扭转角，3,6 位甲基及刚性咔唑骨架进一步增强空间位阻，从而一方面抑制 π - π 堆积和发光二聚体形成，另一方面削弱 B-N 骨架苯环相关面内弯曲与伸

缩振动对 0-1、0-2 跃迁肩峰的贡献。



多重位阻取代的分子设计策略

得益于上述协同作用, DTMCzBN 和 TTMCzBN 在溶液中分别实现了 459 nm 和 456 nm 的窄带深蓝发射, 半峰宽仅为 19.8 nm 和 17.0 nm, 并在掺杂膜中半峰宽仍保持 22.5 nm 和 18.9 nm。对应 OLED 器件的最大外量子效率分别达到 32.1% 和 26.1%, 其 CIE 坐标接近 NTSC 蓝光标准。进一步地, 团队将该策略推广到 *v*-DABNA 体系, 获得了 DTMCzBN2, 其在溶液和掺杂膜中的半峰宽分别为 12.3 nm 和 13.9 nm, 器件最大外量子效率达到 24.0%, 表明多重位阻取代是构筑窄带高效深蓝发光材料的有效分子设计方法。

相关研究成果以“*Synergistic suppression of vibronic coupling and intermolecular stacking by multiple steric substitutions enables*

narrowband deep-blue emissions”为题发表在 *Chemical Engineering Journal* 上，其中通讯作者为苏仕健教授，第一作者为陈子健博士。该研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金和广东省基础与应用基础研究基金等项目等科研项目的资助。

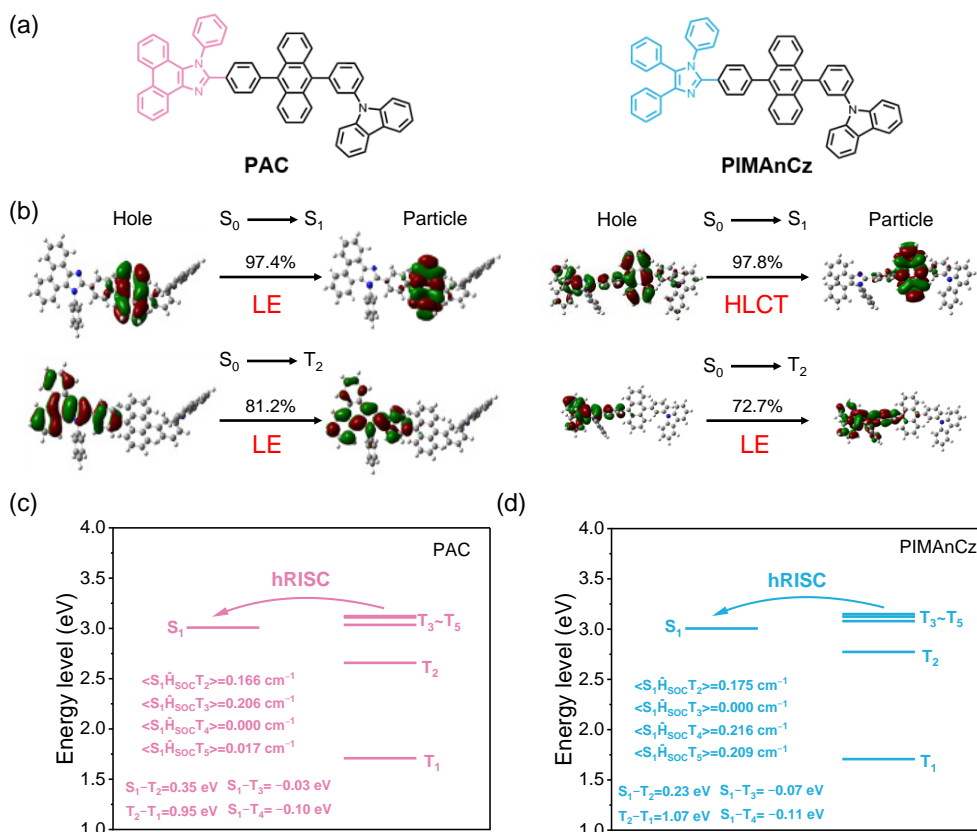
应磊研究员团队：破坏苯并咪唑共轭构筑高效深蓝非掺杂 OLED

OLED 在柔性电子与显示领域前景广阔，其中蓝光材料因能量最高而尤为关键。相比掺杂器件，非掺杂蓝光 OLED 结构更简单、制备更高效，但仍面临发光效率低、效率滚降明显和稳定性不足等问题。传统荧光材料难以有效利用三重态激子，而热激子策略可通过高位反系间窜越提升激子利用效率。因此，开发兼具高色纯、高效率和高三重态利用能力的非掺杂深蓝发光材料，成为该领域的重要研究方向。

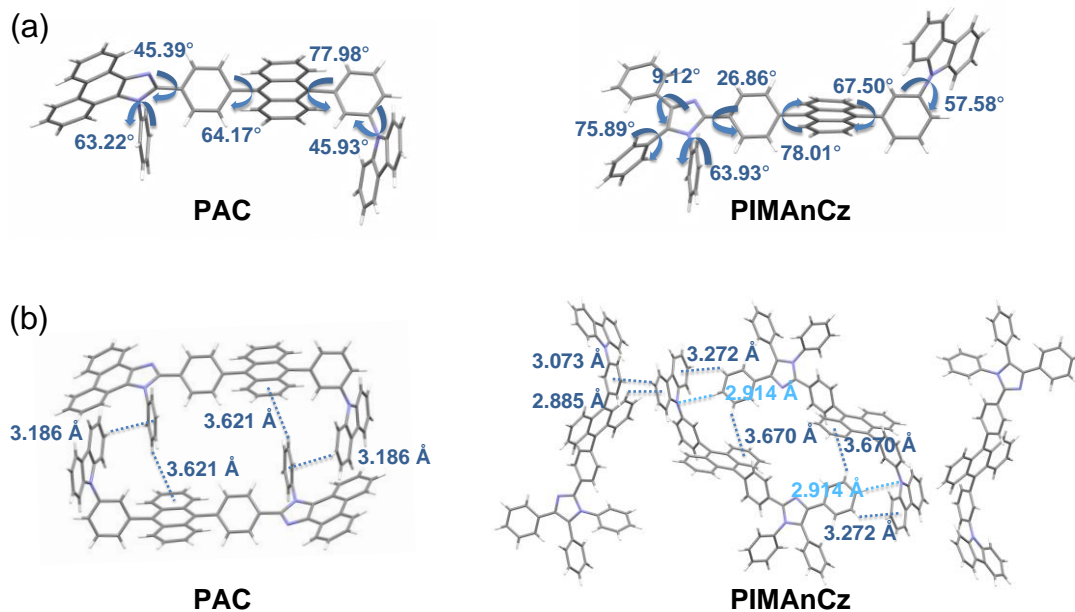
近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室应磊研究员团队利用杂化局域激发与电荷转移态协同调控策略，设计并构筑了兼具高三重态利用效率与深蓝发射特性的非掺杂蓝光发光材料 PIMAnCz，实现了 13.19% 的器件外量子效率和 CIE_y 为 0.09 的深蓝发射，有望拓展高色纯、高效率 OLED 显示与照明领域的应用。

理论计算表明，破坏 PAC 中苯并咪唑受体片段的共轭后，PIMAnCz 的基态前线轨道分布变化不大，但其激发态性质发生了显著调控。NTO 分析显示，PIMAnCz 的 S_1 态兼具局域激发

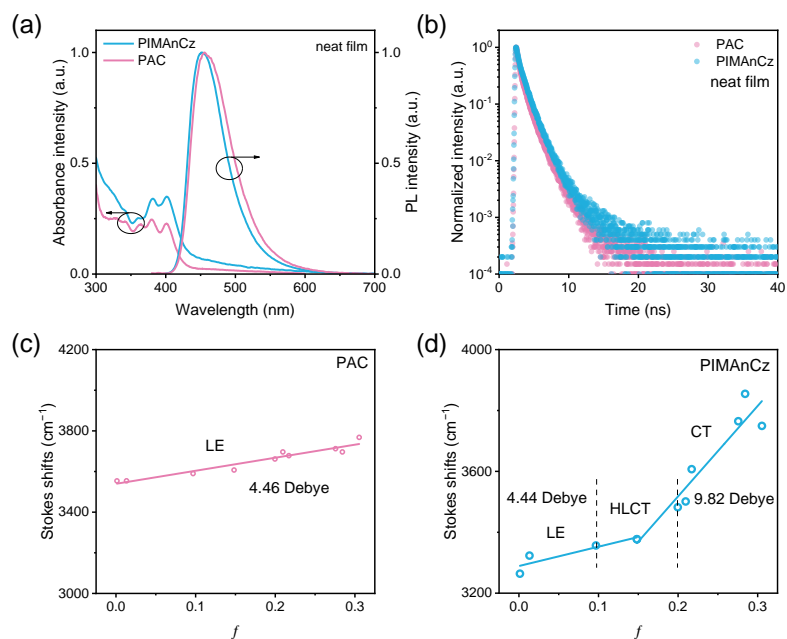
与电荷转移特征，属于典型 HLCT 态，而 PAC 的 S_1 态则以 LE 为主。与 PAC 相比，PIMAnCz 具有更小的 S_1 - T_2 能级差和更强的 S_1 - T_n 自旋轨道耦合，更有利于高位三重态向单重态的自旋翻转；同时，两者较大的 S_1 - T_1 能级差排除了传统 TADF 机制。



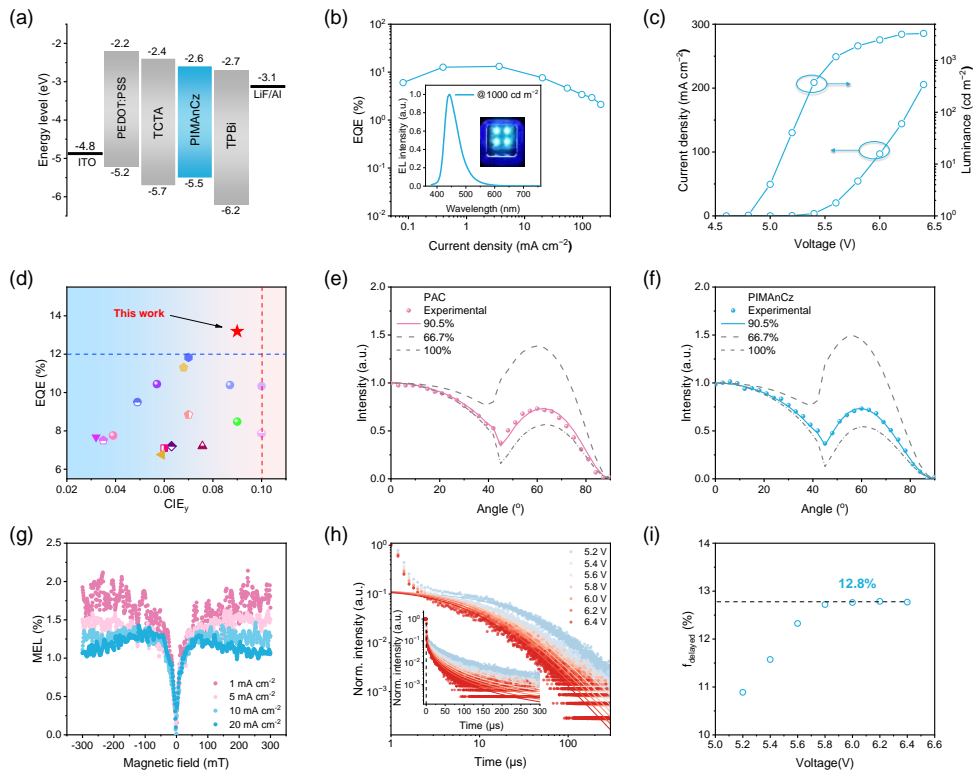
单晶结构分析进一步表明，PIMAnCz 中部分苯环与咪唑之间的扭转角减小，有利于电子云离域；其分子堆积中还存在更多 $C-H \cdots \pi$ 相互作用和氢键，可增强构象稳定性并降低非辐射损失。



光物理测试表明，PIMAnCz 与 PAC 在稀溶液中均表现出蒽核 $\pi-\pi^*$ 跃迁吸收与蓝光发射，但 PIMAnCz 在不同极性溶剂中呈现更明显的 HLCT 特征。Lippert - Mataga 分析显示，PIMAnCz 在高极性环境下激发态偶极矩显著增大，说明其 CT 成分增强。77 K 光谱与瞬态荧光结果进一步证实其不属于 TADF 材料，但由于 HLCT 态的引入，PIMAnCz 薄膜的 PLQY 提升至 59%，高于 PAC 的 48%，且非辐射衰减速率明显降低。PtOEP 敏化的纳秒瞬态吸收实验表明，PIMAnCz 的高位三重态参与激发态演化，并表现出更快的衰减行为，支持其更有效的高位三重态利用。



器件方面，采用 ITO/PEDOT:PSS/TCTA/发光层/TPBi/LiF/Al 结构构筑了非掺杂 OLED。PIMAnCz 器件实现了 444 nm 蓝光发射，最大 EQE 达 13.19%，CIE 坐标为 (0.15, 0.09)，处于 $CIE_y < 0.10$ 非掺杂深蓝 OLED 的先进水平。其空穴与电子迁移率更为均衡，有利于电荷复合；水平偶极取向与薄膜形貌测试表明，器件性能提升并非主要源于出光或形貌差异。结合 MEL、TrEL 及激子利用效率分析可知，PIMAnCz 中三重态激子通过 hRISC 与 TTA 协同参与发光，使其激子利用效率远超传统荧光材料的 25% 上限。



总体而言，该工作证明了通过调控受体片段共轭、构建 HLCT 激发态，是实现高效率非掺杂深蓝 OLED 的有效分子设计策略。

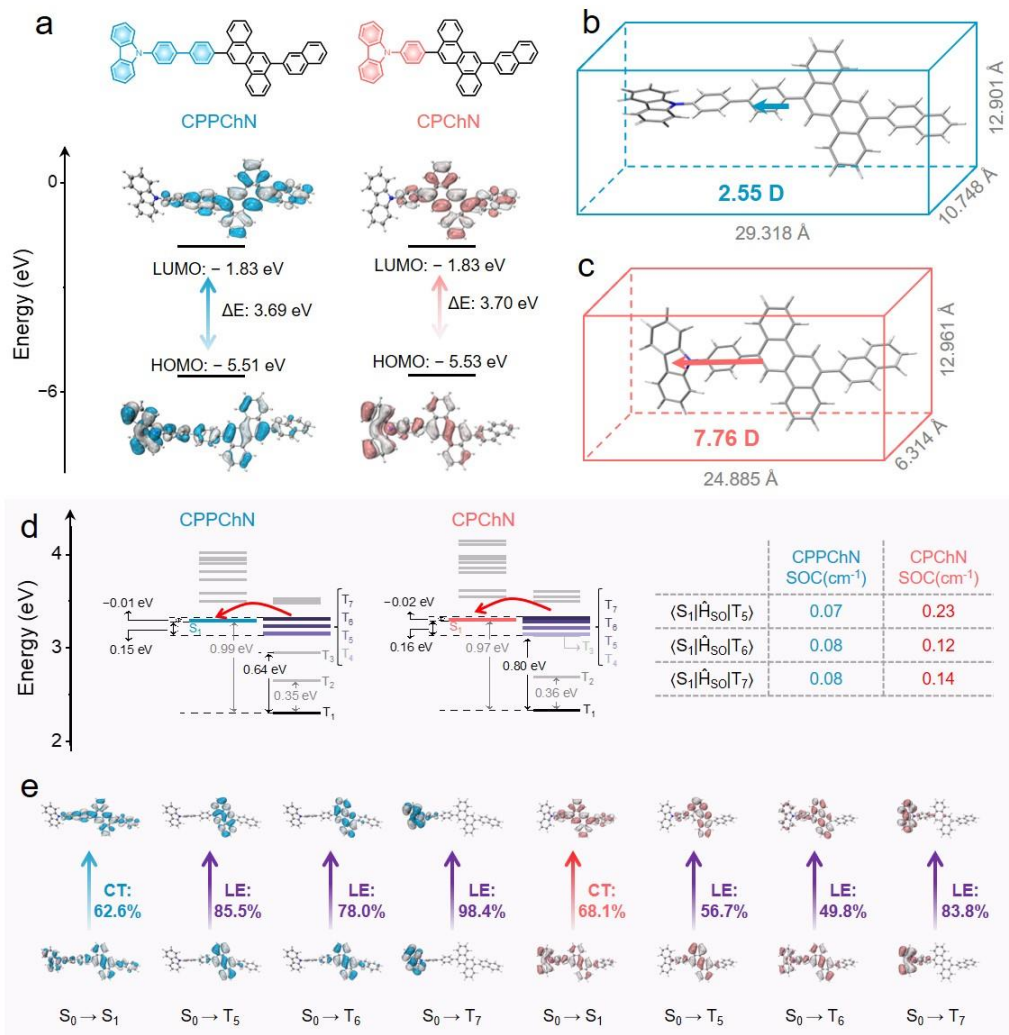
相关研究成果以“*Designing a Deep Blue Emitter by Disrupting Phenanthroimidazole Conjugation for Non-doped OLEDs with an External Quantum Efficiency > 13%*”为题发表在 *Small* 上。华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室应磊研究员为论文通讯作者，李明珂博士生和黄宇硕士生为论文共同第一作者。该研究工作得到了国家重点研发计划(2024YFF1504700)等科研项目的资助。

应磊研究员团队：通过优化 HLCT 态提升非掺杂深蓝光 OLED 效率

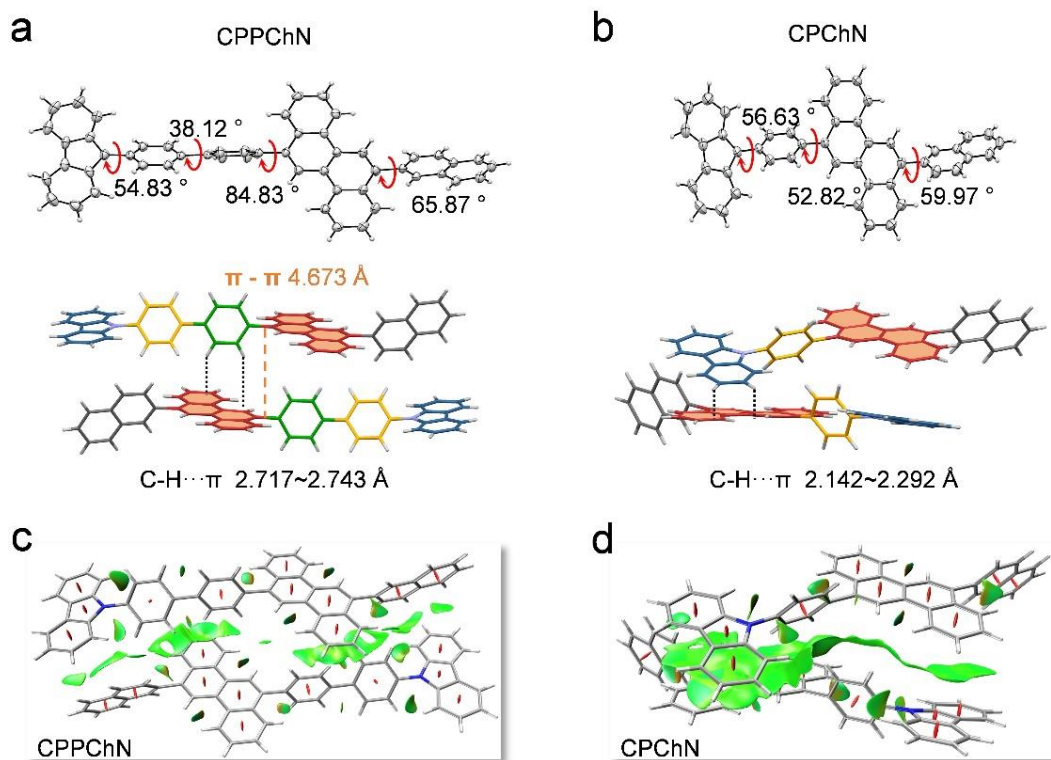
非掺杂 OLED 因无需精确调控主客体掺杂比例、发光层制备更简便而备受关注，但深蓝光单组分发光材料仍面临高效率与电荷传输难以兼顾的挑战。局域激发态材料虽具高色纯度，却受限于弱自旋轨道耦合，三重态激子利用不足；电荷转移态材料虽可提升激子利用效率，却易导致发光红移和谱带展宽。因而，如何精准调控 HLCT 态中 LE 与 CT 成分，成为实现高效深蓝光非掺杂 OLED 的关键。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的应磊研究员课题组利用杂化局域激发与电荷转移态精细调控策略，实现了高效率非掺杂深蓝光 OLED，器件外量子效率达到 14.42%，色坐标为 (0.160, 0.043)，有望拓展超高清显示与高色纯有机电致发光器件领域的应用。

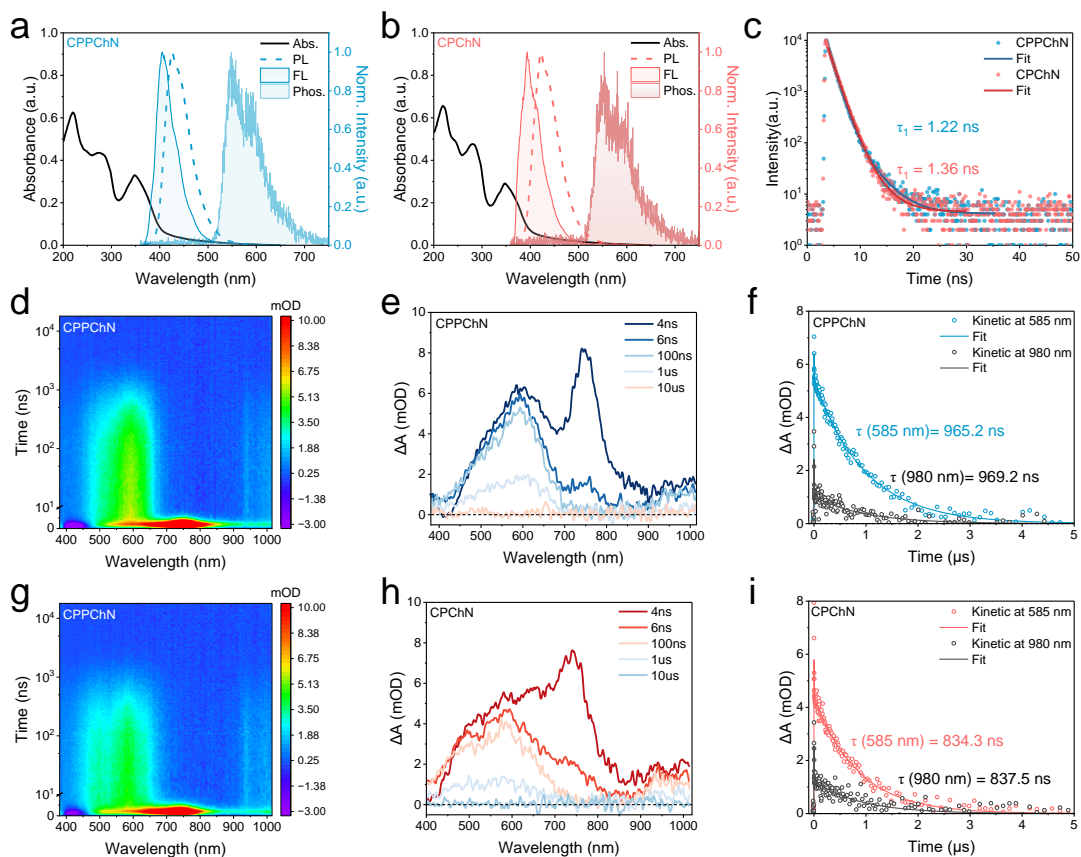
CPPChN 和 CPChN 通过理论计算表明，CPPChN 与 CPChN 具有相近的前线轨道分布与能级，但 CPChN 因少一个苯环而呈现更强的电荷转移特征，激发态偶极矩显著增大，电子空穴分离更明显。同时，CPChN 的 S_0 与 S_1 构型差异更小，激发态结构更稳定。两者的 S_1 均呈 HLCT 特征，且高位三重态与 S_1 能级接近，为 hRISC 提供了有利条件。其中 CPChN 具有更高 CT 贡献和更强 SOC 相互作用，更有利于高位反系间窜越与三重态激子的高效利用。



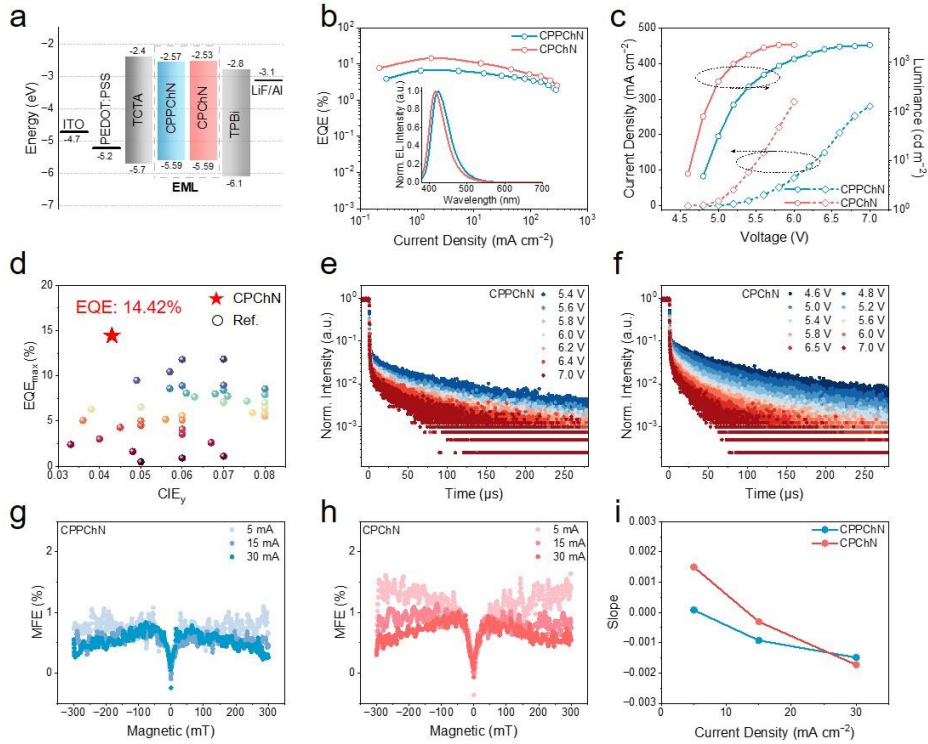
单晶结构分析表明，CPPChN 与 CPChN 均具有较大扭转构型，但 CPChN 平面性更优，更有利于电子离域。二者在分子堆积上也存在明显差异，CPPChN 主要表现为较弱的 π - π 相互作用，而 CPChN 形成更丰富的 C-H \cdots π 相互作用。进一步的二聚体能量、RDG 和 IRI 分析表明，CPChN 具有更致密且更均匀的分子间吸引作用，有利于激子在分子间的传递。



光物理结果表明，CPPChN 与 CPChN 在薄膜中均保持深蓝发射，发射峰分别位于 425 和 422 nm，PLQY 高达 86% 和 84%。两者的 S_1 能级分别为 3.24 和 3.28 eV， T_1 均约为 2.25 eV，较大的 ΔE_{ST} 表明其发光并非源于传统 TADF 过程。溶剂极性实验显示，CPChN 对极性更敏感，体现出更强 CT 特征。TRPL 结果表明两者均具有高效辐射衰减。瞬态吸收测试进一步证实材料中存在长寿命三重态激子，并支持高位三重态向 S_1 的 hRISC 过程，为高激子利用效率提供了实验依据。



器件结果表明，CPChN 基非掺杂 OLED 表现显著优于 CPPChN，最大 EQE 分别为 14.4% 和 6.5%，对应 CIE 坐标为 (0.160, 0.043) 和 (0.157, 0.050)。其中，CPChN 器件在 $CIE_y < 0.05$ 的非掺杂蓝光 OLED 中处于领先水平，并展现出良好的操作稳定性。偶极取向分析表明，两者均具有较高水平取向，而 CPChN 具有更高的辐射激子利用效率。结合瞬态电致发光与磁场电致发光测试可知，CPChN 兼具更有效的三重态利用能力，证明精细调控 HLCT 态中 CT 成分是提升深蓝非掺杂 OLED 性能的有效策略。



本研究构筑了两种基于蒽核的 HLCT 蓝光发光体。由于 CT 成分更高，CPChN 具有更强 SOC 与更高效 hRISC，使其非掺杂 OLED 实现 14.4% EQE 和深蓝发射。结果表明，精准调控 HLCT 态中 CT 比例是提升高色纯深蓝 OLED 性能的有效策略。

相关研究成果以“*Enhancing External Quantum Efficiency of Non-Doped Deep-Blue OLEDs by Optimizing Hybridized Local and Charge-Transfer States*”为题发表在 *Advanced Optical Materials* 上。华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室应磊研究员为论文通讯作者，李明珂博士生为论文第一作者。该研究工作得到了 国家重点研发计划（2024YFF1504700）等科研项目的资助。

新型显示、探测与成像

夏志国教授团队：锰基杂化卤化物凝胶薄膜用于荧光寿命温度传感

温度测量在工业生产、电子器件和生命健康等领域具有重要意义。相较于传统接触式测温技术，光学温度传感具有非接触、高精度和快速响应等优势。其中，基于荧光寿命的测温方法因其抗干扰能力强、信号稳定可靠而备受关注。然而，如何实现高灵敏度，特别是在高温环境下，并将其应用于原位复杂环境，仍是当前研究面临的关键挑战。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的夏志国教授课题组设计并合成了一种新型 Mn(II) 基杂化卤化物 $\text{CTP}_2\text{MnCl}_3\text{Br}$ ，其荧光寿命随温度变化极为灵敏，相对灵敏度高达 $26.368\% \text{ K}^{-1}$ (463 K)。团队进一步开发出一种简便的光聚合方法，可原位、快速在透明柔性水凝胶薄膜中生长出此单晶，并利用此凝胶薄膜成功实现了对 LED 芯片表面温度的高精度实时监测，展现了在智能传感与柔性电子材料领域的广阔应用前景。

本研究报道了一种具有零维结构的杂化锰基卤化物单晶 $\text{CTP}_2\text{MnCl}_3\text{Br}$ ，其中 Mn^{2+} 离子处于四面体配位环境，展现出绿色荧光（发射峰 520 nm）。该材料在 83–463 K 温度范围内荧光寿命从 1161 μs 显著缩短至 77 μs ，表现出极高的温度敏感性。通过构建寿命-温度校准曲线，其相对灵敏度在 463 K 时达到 $26.368\% \text{ K}^{-1}$ ，优于多数已报道的卤化物温度传感材料。

为实现原位应用，团队提出一种基于紫外光聚合的凝胶薄膜

制备策略。在聚合物单体中溶解 $\text{CTP}_2\text{MnCl}_3\text{Br}$ 前驱体，经紫外照射后，单体聚合形成三维网络结构，同时晶体在网络中原位析出，形成均匀分布的透明柔性薄膜。通过分子动力学模拟与 IGMH 分析，揭示了晶体与聚合物网络之间以范德华力为主的相互作用机制。

该凝胶薄膜不仅保留了晶体优异的光学性能和温度敏感性，还具备良好的柔韧性和透光性（可见光透过率 $>70\%$ ）。在 LED 芯片表面贴附后，薄膜能够通过荧光寿命变化准确反映芯片温度，与红外热成像结果高度吻合（误差小于 $\pm 3^\circ\text{C}$ ）。多次循环测试表明，该薄膜具有良好的重复性和热稳定性，适用于复杂环境下的原位温度监测。

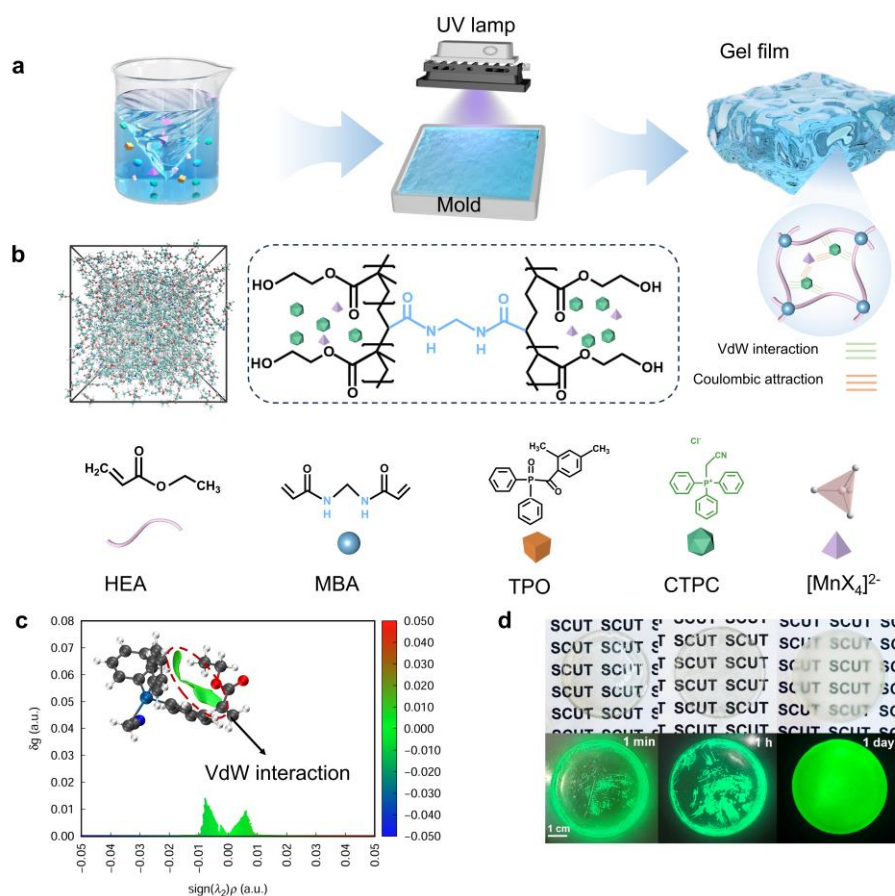


图 1 Mn(II)基结晶化凝胶薄膜的合成. a.凝胶膜合成的原理图。b.

从左到右依次是基于 Mn 的卤化物在聚合物网络中色散的 MD 模拟；形成网络结构的显微示意图；以及内部相互作用的示意图（里面标记和记录了不同的符号）。c. IGMH 分析及凝胶薄膜结构内相互作用的同位面。 d.示意图展示的是紫外固化后凝胶膜结晶状态随时间的变化，上图显示自然光照射，下图显示 254 nm 紫外灯照射图片

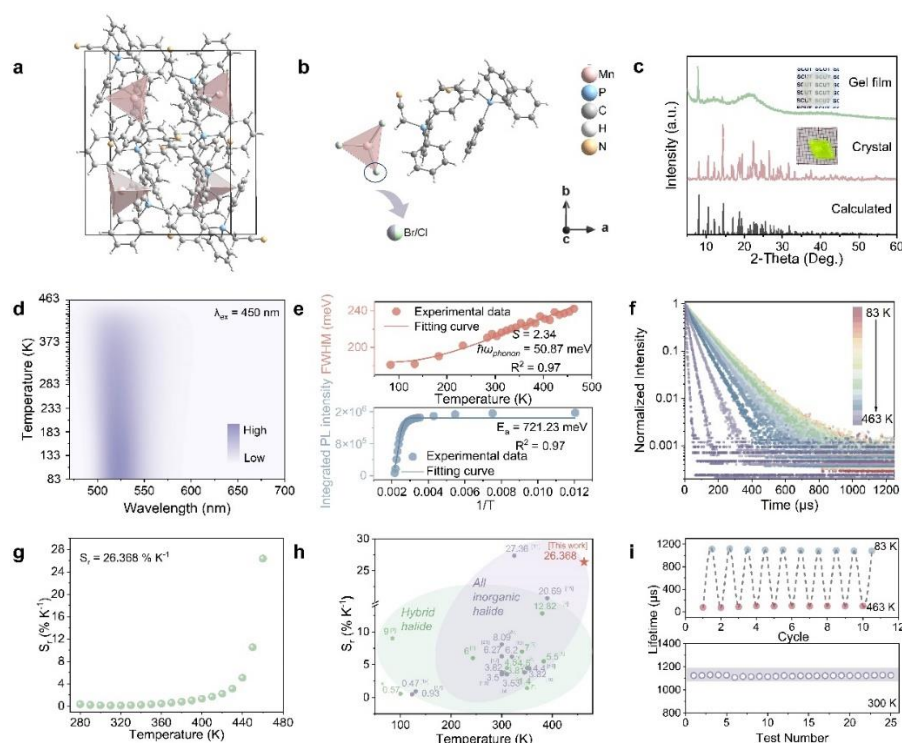


图 2 结构和温度依赖的发光特性 a. $\text{CTP}_2\text{MnCl}_3\text{Br}$ 的单晶晶体结构。 b.有机与无机 $[\text{MnX}_4]^{2-}$ 多面体单元的配位结构。 c. 凝胶薄膜、晶体及单晶的粉末 X 射线衍射 (PXRD)。 d. 测温范围为 83 - 463 K ($\lambda_{\text{ex}} = 450 \text{ nm}$) 的温度相关的发射光谱。 e. FWHM 以及积分 PL 强度晶体随温度变化的散点图和拟合的曲线。 f. 测试温度在 83 - 463 K ($\lambda_{\text{ex}} = 450 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 520 \text{ nm}$) 的温度依赖的 PL 寿命衰减曲线。 g. $\text{CTP}_2\text{MnCl}_3\text{Br}$ 在 283 - 463 K 温度范围内的 S_r 计算值。 h.关于先前报告的全无机金属卤化物和杂化

金属卤化物的相对灵敏度最大值的统计数据。 i. 晶体在 83 - 463 K 的连续 10 次冷却/加热循环测试以及 300 K 时连续测试的

PL 寿命值

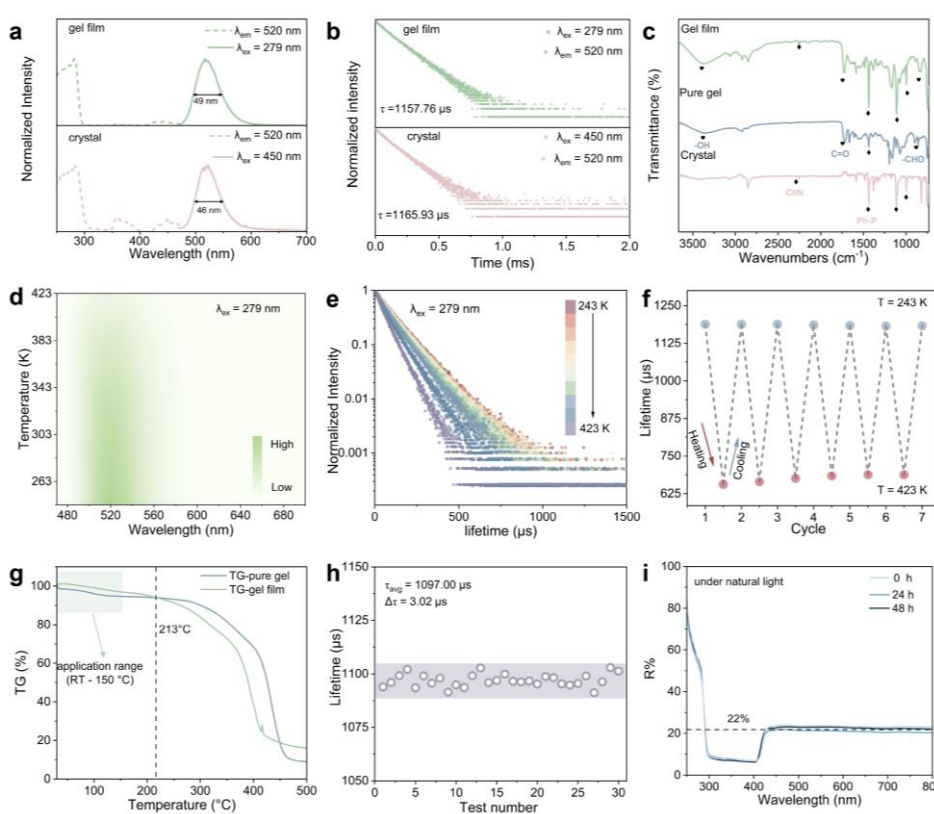


图 3 CTP₂MnCl₃Br 凝胶薄膜的荧光特性和稳定性。 a. 晶体和凝胶薄膜的 PL 和 PLE 光谱。 b. 晶体和凝胶薄膜的 PL 寿命衰减曲线。 c. 晶体、纯凝胶和凝胶薄膜的 FTIR 光谱对比；“◆”代表晶体的特征峰“♥”代表纯凝胶的特征峰。 d. 温度测试范围为 243 - 423 K 的温度依赖的发射光谱 ($\lambda_{\text{ex}} = 279 \text{ nm}$)。 e. 温度在 243 - 423 K 的晶体 PL 衰变曲线 ($\lambda_{\text{ex}} = 279 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 520 \text{ nm}$)。 f. 凝胶薄膜在 243 - 423 K 的连续六次冷却/加热循环测试。 g. 纯凝胶和凝胶薄膜的 TGA 曲线。 h. 300 K 下连续测量 PL 寿命。 i. 凝胶薄膜在连续自然光照射下的漫反射光谱

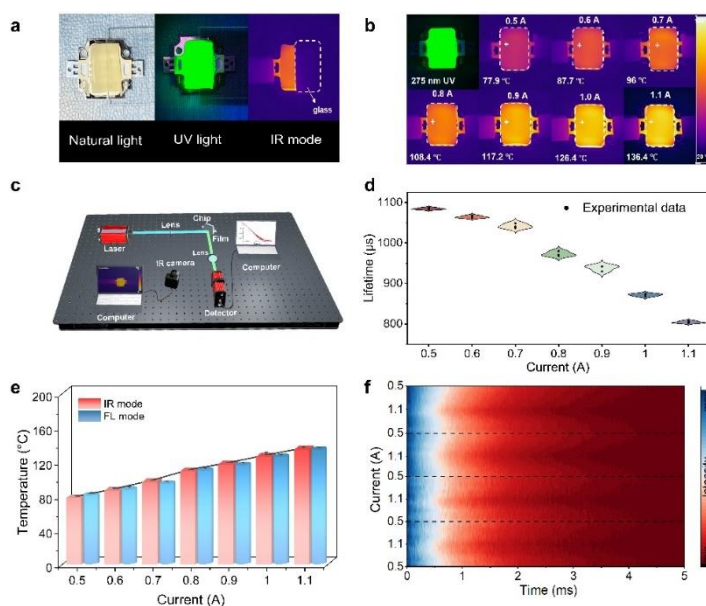
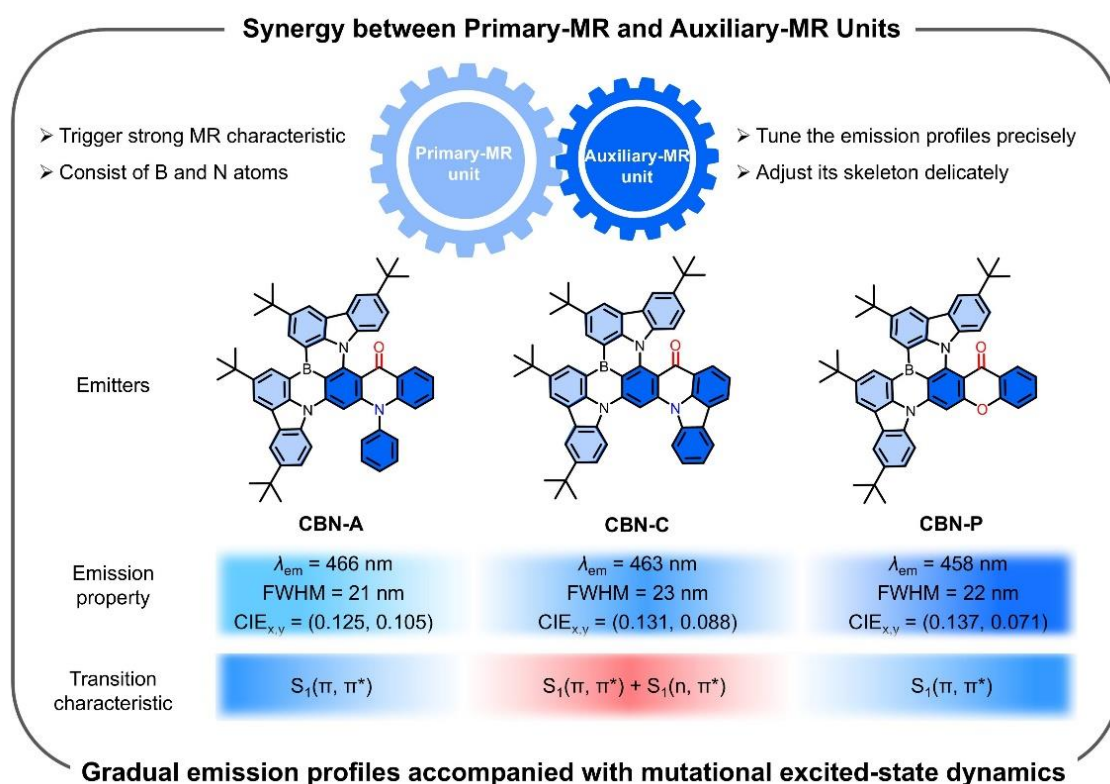


图 4 基于寿命测试的凝胶薄膜的温度传感展示。 a. 芯片与胶片在自然光、275 nm 紫外光和热成像相机（顶部放置玻璃片）下的照片。 b. 在 0.6 - 1.1 A 不同电流下，热成像相机拍摄的带有凝胶薄膜的 LED 图像，并附有相应的温度值。 c. 本工作所用荧光温度传感测试的示意图。 d. 凝胶薄膜在 0.6 - 1.1 A 的驱动电流下的进行了三次测试。 e. 不同电流下 LED 的基于寿命测温模式的温度计算值和红外热成像测试的实际温度值。 f. 凝胶薄膜在四个电流增减过程中的 PL 衰减曲线等高线图。

相关研究成果以“基于荧光寿命温度传感的杂化 Mn (II) 基卤化物凝胶薄膜”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为夏志国教授和汪玉珍副教授，第一作者为陈惠琳硕士生。该研究工作得到了中国国家自然科学基金会（52302177 和 52425206）、广东省基础与应用基础研究基金（2024A1515011070）等科研项目的资助。

赵祖金教授团队：多共振骨架工程实现高色纯度、视觉舒适的深蓝光 OLED

为满足超高清显示对高饱和色彩的严苛要求，有机发光二极管（OLED）领域亟需开发兼具高效率 and 窄光谱的蓝光材料。多共振热活化延迟荧光（MR-TADF）材料因其能实现窄带发射而备受关注。然而，蓝光 MR-TADF 材料在追求高色纯度的同时，还需兼顾视觉舒适度，避免因发射波长过短（低于 455 nm）而引发“蓝害”。如何在保持高效率的同时，将发射波长调控至视觉友好区域，是该领域面临的关键挑战。



分子设计策略及光物理性质概览

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的赵祖金教授课题组利用提出了一种新颖的分子工程策略：将主 MR 骨架与辅助调控单元相结合，通过对辅助单元结构的微调，成功开

发一系列兼具窄光谱、高效率及视觉舒适度的深蓝光 MR-TADF 材料。

该工作以经典 MR-TADF 材料 BNCz 为主骨架，引入羰基及氮/氧原子构建辅助调控单元，设计并合成了三种新型 MR-TADF 材料，CBN-A、CBN-C 和 CBN-P。在甲苯溶液中，三个分子的光致发光(PL)峰分别位于 466、463 和 458 nm，半峰宽(FWHM)仅为 21-23 nm，相比 BNCz 这一模型分子 (483 nm, 24 nm) 实现了显著的蓝移和更窄的发射。尽管分子结构修饰微小，但三种材料的激发态动力学行为却发生了戏剧性变化。其中，CBN-C 的反向系间窜越 (RISC) 速率常数高达 $19.0 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ ，比 CBN-A 和 CBN-P 高出一个数量级，但其光致发光量子产率 (57%) 却明显低于 CBN-A (99%) 和 CBN-P (89%)。这表明 CBN-C 的 S_1 激子更倾向于通过自旋翻转循环 (系间窜越-反向系间窜越, ISC-RISC) 消耗，而非直接辐射跃迁至基态。

为进一步揭示其内在机制，借助飞秒瞬态吸收光谱与理论计算进行了深入剖析。瞬态吸收光谱显示，CBN-C 的受激辐射信号缺失，直接证实其辐射速率 (k_F) 较慢。理论计算则揭示了关键原因：在 CBN-C 的 S_1 态激发态弛豫过程中，其自然跃迁轨道发生重组，特别是氧原子的 n 轨道参与了辐射跃迁，形成了罕见的 (n, π^*) 跃迁特征。这种 n 轨道的参与极大地增强了 CBN-C 的自旋-轨道耦合效应，从而加速了 ISC 和 RISC，同时由于 n 轨道与 π 轨道的近乎正交的空间取向，减小了轨道重叠，抑制了辐射跃迁。这种独特的激发态行为首次在高度共轭的 MR-TADF 材料中被报道。

基于上述材料制备了掺杂 OLED 器件，CBN-P 基器件的发射波长位于 464 nm，色坐标为 (0.131, 0.088)，最大外量子效率 (η_{ext}) 达 22.4%，契合 NTSC 蓝光标准且处于视觉友好波长。CBN-A 器件则实现了 30.2% 的更高 η_{ext} ，色坐标为 (0.117, 0.157)。为进一步提升性能，采用敏化策略， η_{ext} 大幅提升至 37.4% 和 32.4%。

综上所述，该研究提出的“主骨架-辅助单元”集成策略，为精准调控 MR-TADF 材料的发射光谱和深入理解其激发态动力学提供了有效途径。通过该策略获得的 CBN-P 材料，在实现高色纯度、高效率的同时，兼顾了视觉友好性，展现了在超高清显示领域的巨大应用潜力。

相关研究成果以“*Multi-Resonance Skeleton Engineering for Highly Efficient Blue OLEDs With High Color Purity and Visual Comfort*”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为赵祖金教授，第一作者为付燕博士后。该研究工作得到了国家自然科学基金（项目资助号：U23A20594, 22375066）、广东省基础与应用基础研究基金（项目资助号：2023B1515040003）以及华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室（项目编号：Skllmd-2024-06）的资助。

赵祖金教授团队：螺环稠合占吨酮受体构筑浓度不敏感型 TADF 材料及高性能 OLED

有机发光二极管 (organic light-emitting diode, OLED) 是一种自发光、轻薄、柔性、节能的新型显示和照明技术，在学术界和

产业界都受到广泛关注。纯有机热活化延迟荧光（TADF）材料能够实现 100% 激子利用率，在 OLED 发光材料和敏化剂方面具有相当大的应用前景。然而，大多数 TADF 材料需要以低浓度精确地掺杂到主体材料中，来抑制发光猝灭和激子湮灭过程，大幅增加了工艺难度。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的赵祖金教授课题组通过螺环稠合的分子设计策略，开发了一类具有高刚性、大位阻、载流子传输平衡和浓度不敏感的 TADF 材料，作为发光体和敏化剂都表现出优异的性能，充分显示了其在下一代超高清显示中的应用潜力。

将 9,9'-螺二芴（SBF）和占吨酮（XT）以两种不同的方式稠合，构建全新的刚性大位阻螺环受体 *m*SBFXT 和 *p*SBFXT。随后，将这些受体与螺环吡啶给体（SFAC 和 SXAC）相连，合成了四种新型 TADF 分子：*m*SBFXT-SFAC、*m*SBFXT-SXAC、*p*SBFXT-SFAC 和 *p*SBFXT-SXAC（图 1）。

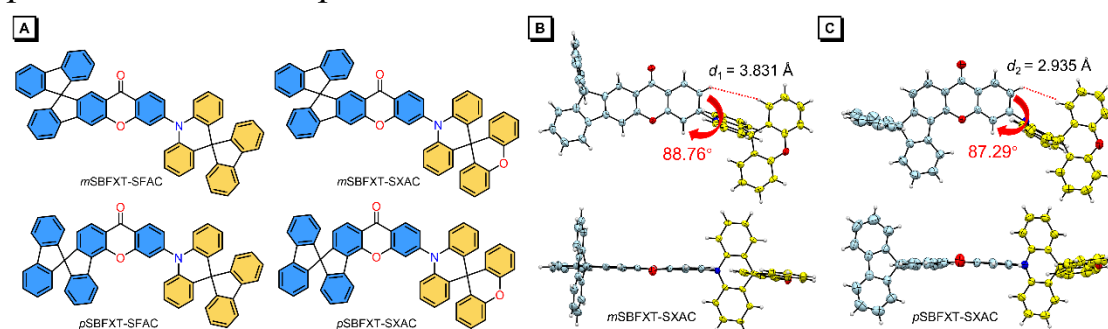


图 1 分子结构与单晶结构

这些分子在纯膜下的荧光量子产率（PLQY）高达 91%，掺杂膜 PLQY 甚至达到 99%，并展现出典型的 TADF 特性，纯膜的反向系间窜越（RISC）速率高达 $1.37 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ （图 2）。

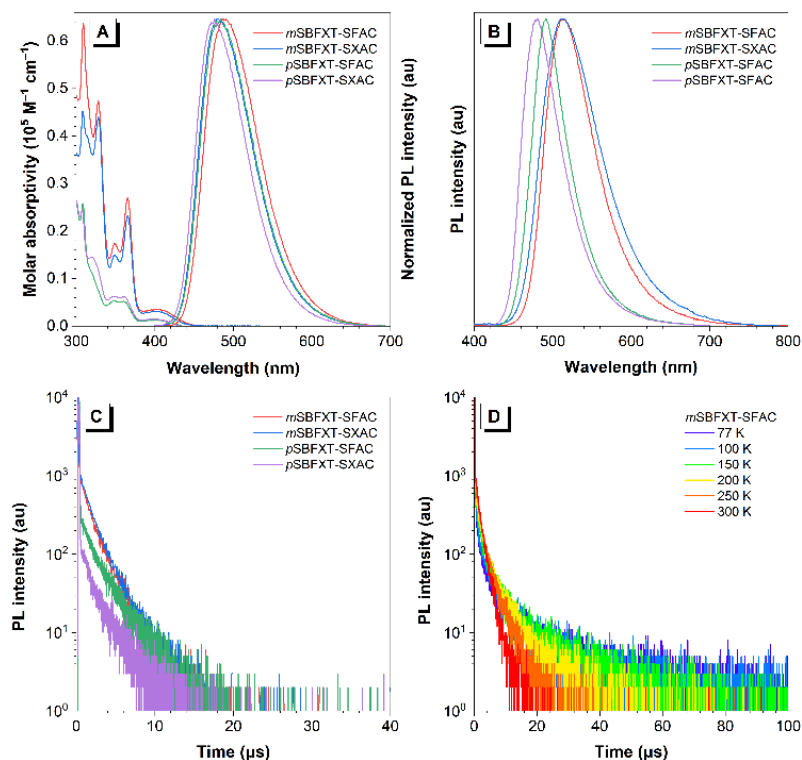


图 2 四个分子的光物理性质

理论计算（图 3）结果表明，这些分子的 HOMO 和 LUMO 轨道实现了有效的分离，减小了分子的单线态-三线态能级差，促进了 RISC 过程。另外，*m*SBFXT 系列分子相比 *p*SBFXT 系列分子具有更小的均方根位移 (RMSD)，表现出更小的激发态结构弛豫，且分子内 C-C 键伸缩振动显著减弱，这使得 *m*SBFXT 与 *p*SBFXT 系列分子表现出差异较大的光物理性质，*m*SBFXT 系列的 PLQY 显著高于 *p*SBFXT 系列。

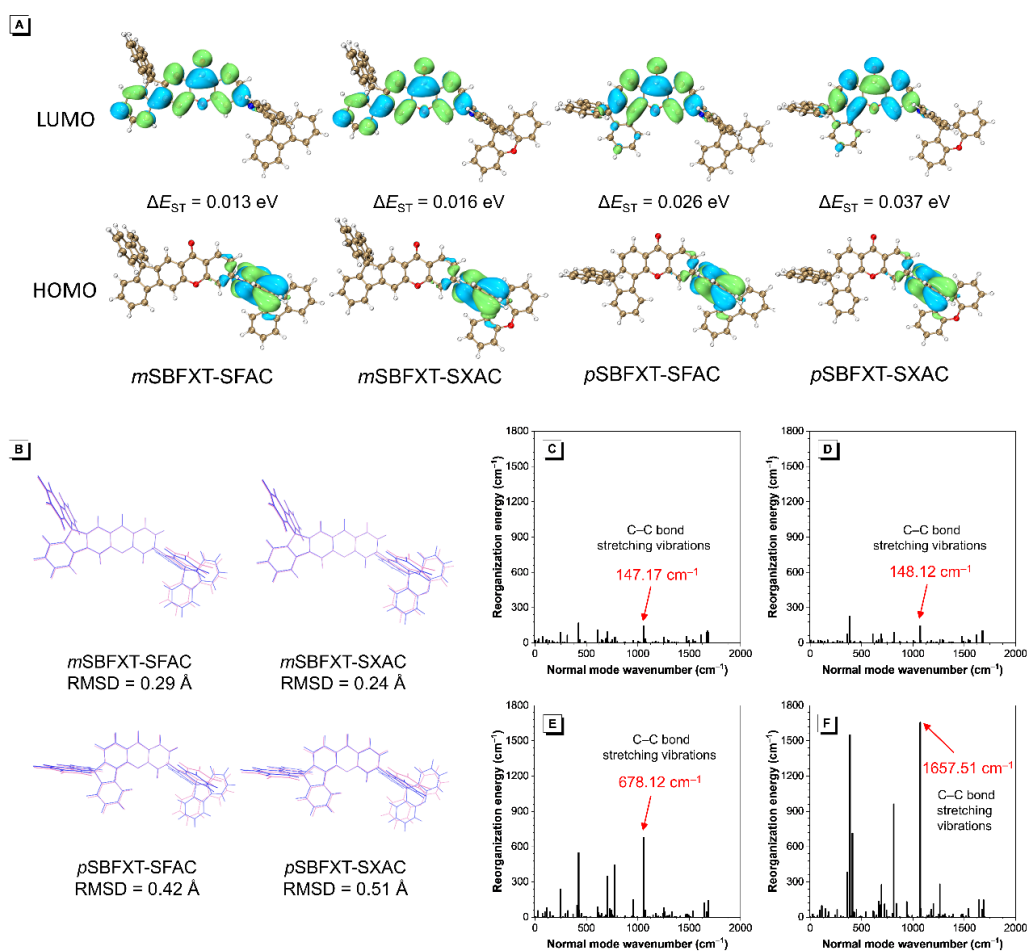


图 3 理论计算结果

利用这些分子构筑了多种类型的 OLED 器件（图 4-6）。以 *m*SBFXT-SFAC 为例，其纯膜具有平衡的载流子传输特性和较高的水平偶极取向率（82.5%），在非掺杂器件中实现了 30.6% 的外量子效率（EQE），且效率滚降极小，在 1000/5000 cd m^{-2} 亮度时仍能保持 30.0%/28.0% 的外量子效率，效率滚降仅为 1.96%/8.50%。此外，*m*SBFXT-SFAC 在掺杂器件中表现出优异的浓度不敏感性，在 10~90 wt% 浓度范围内，器件的峰值 EQE 稳定在 29.1%~36.8%，对器件掺杂工艺偏差的容忍度较高，有利于实际生产。*m*SBFXT-SFAC 还能作为多重共振热活化延迟荧光（MR-TADF）器件中的敏化剂，实现高达 41.0% 的最大 EQE，有效抑制效率滚降。

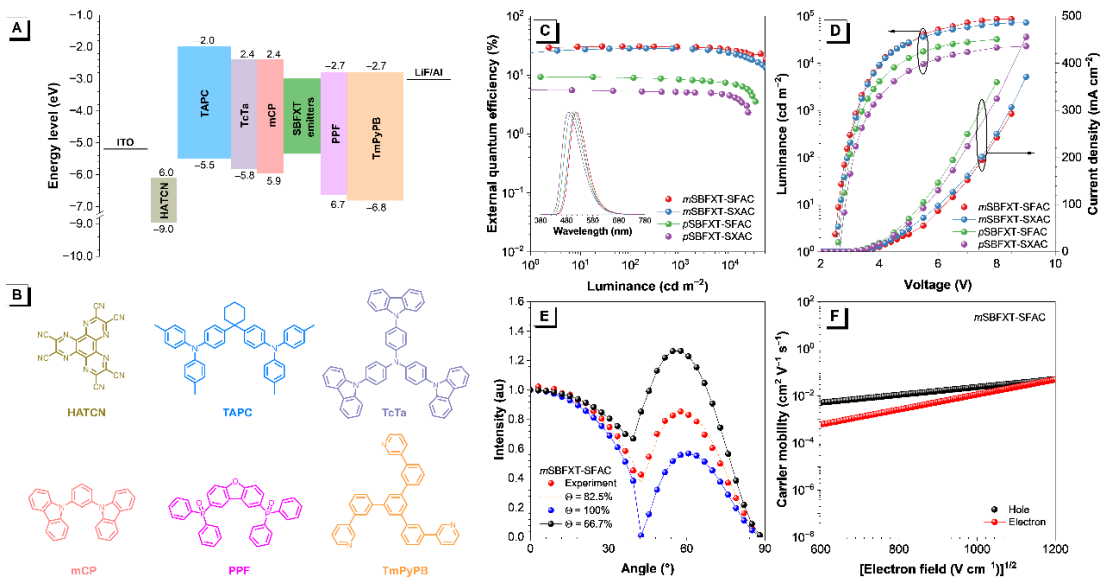


图 4 非掺杂器件性能

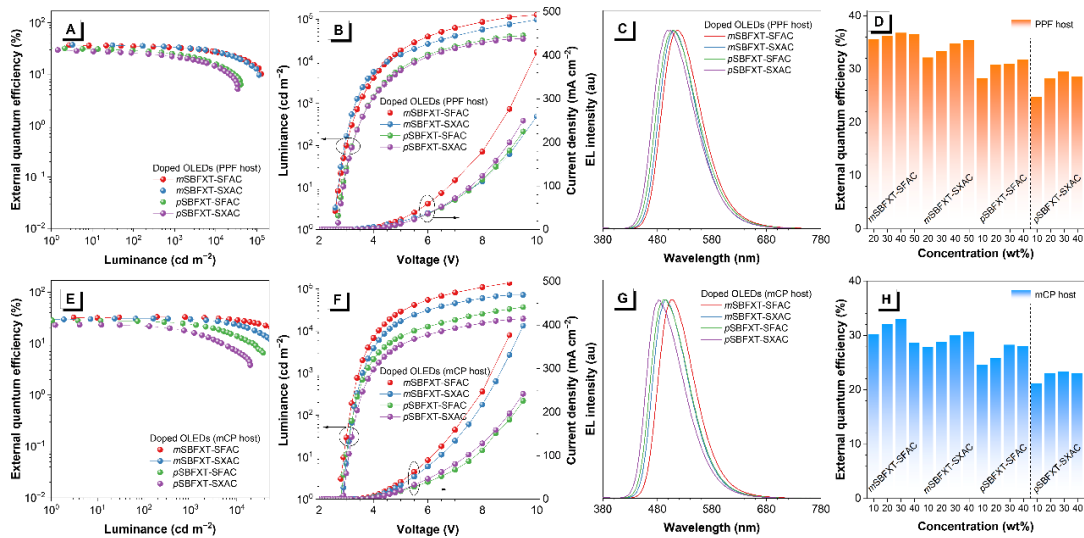


图 5 掺杂器件性能

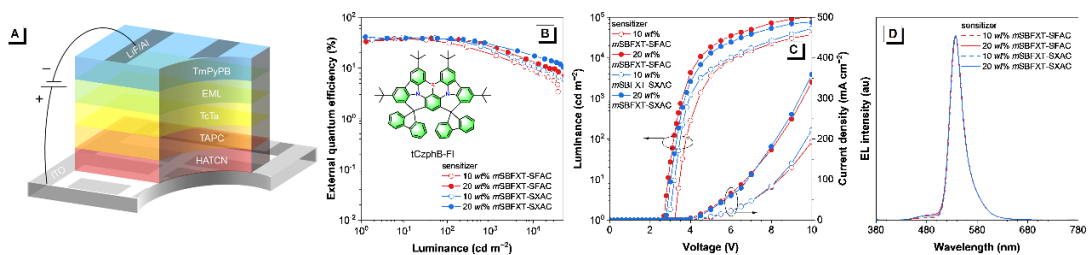


图 6 敏化器件性能

相关研究成果以“*Creating Concentration-Insensitive TADF Lumino-gens With Spiro-Fused Xanthone Acceptors for Highly Efficient OLEDs*”为题发表在 *Angewandte Chemie International*

Edition 上，其中通讯作者为赵祖金教授和许乐天副研究员，第一作者为曾嘉杰博士、科研助理吴源源和博士研究生陈紫薇。该研究工作得到了国家自然科学基金（22375066、U23A20594、22355079、22405091）和广东省基础与应用基础研究基金（2023B1515040003）等科研项目的资助。

有机光伏材料与器件

钟文楷副教授&李宁教授&应磊研究员团队：面向可穿戴的填料交联协同增强可拉伸有机光伏

可拉伸有机光伏器件兼具轻质、柔性和可穿戴适配等优势。然而，现有本征可拉伸活性层通常依赖“软化”来提升延展性，虽然可以增大断裂伸长率，却常常伴随模量下降、形貌失稳和光电性能损失，导致器件在拉伸状态下效率衰减明显。如何同时提升活性层的延展性、抗裂韧性和光伏性能，是该领域面临的关键挑战。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室钟文楷副教授、李宁教授、应磊研究员团队利用“分子交联-纳米填料增韧协同”策略，实现了可拉伸有机光伏活性层在高模量、高抗裂性与高效率之间的同步优化，获得了效率达 16.5%、在约 40% 应变下仍可保持 80% 初始效率的本征可拉伸器件，有望拓展可穿戴能源与自供能电子系统的应用。

该工作的创新点在于突破了“越柔软越可拉伸”的传统思路，提出通过化学交联与无机纳米填料增韧协同增强活性层力学性

能。研发团队设计了可交联聚合物给体 **PzA5** 和可交联小分子受体 **Y5TV**，并借助点击交联反应构建共价互穿网络；同时引入表面修饰的气凝胶二氧化硅纳米颗粒 (**ASH**)，形成兼具应力传递与裂纹阻断功能的填料互穿网络结构。

机理上，共价交联网络提高了分子间连接与应力传输能力，**ASH** 则作为“裂纹终止器”和形貌调控单元，一方面分散并重分配局部应力，另一方面促进给受体聚集、有序堆积和更优相分离。结果表明，该策略可同时改善结晶性、纤维网络连续性和相区纯度，从而提升电荷生成、传输与提取效率。最终，材料薄膜的开裂起始应变提升至 **40%** 以上，模量提高至 **1090 MPa**；本征可拉伸器件效率达到 **16.5%**，并成功用于可穿戴无线肌电监测系统供能验证，展现出面向实际应用的潜力。

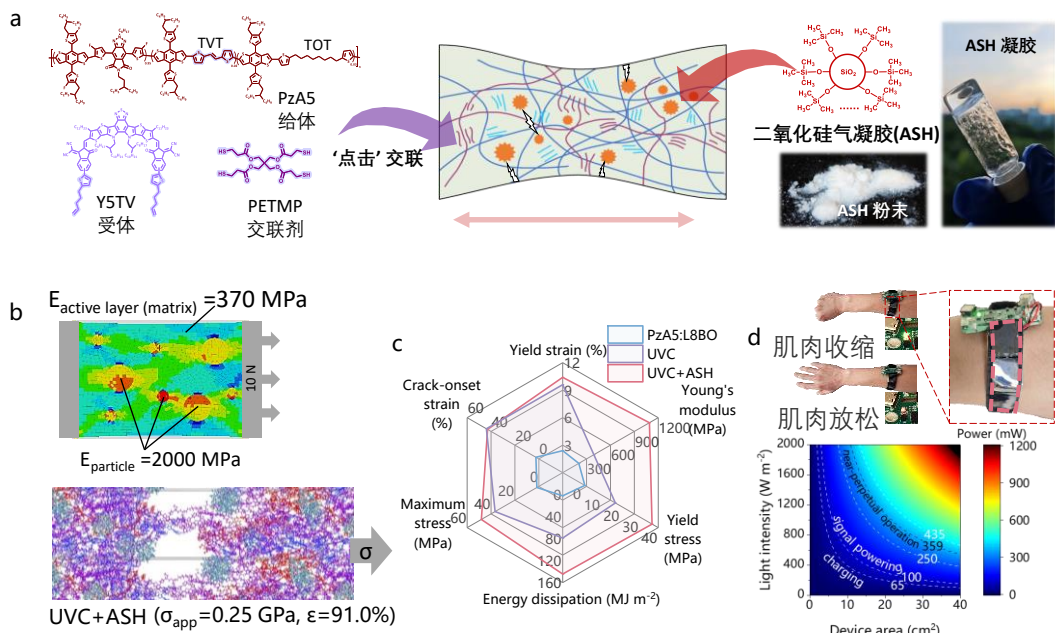


图 1 (a) “分子交联-纳米填料增韧协同”策略机理示意图 (b) “分子交联-纳米填料增韧协同”的有限元和分子动力学拉伸模型 (c) 参比、交联、交联填料协同三种活性层薄膜的力学性能测试结果汇总 (d) 使用交联填料增韧协同增强的有机光伏

供电的肌电原型机和功率估算

相关研究成果以“*A synergistic strategy of crosslinking and filler toughening enabling stretchable organic photovoltaics for wearable applications*”为题发表在 *Nature Communications* 上，其中通讯作者为钟文楷副教授、李宁教授、应磊研究员，第一作者为罗轩昂博士。该研究工作得到了 Guangdong Basic and Applied Basic Research Foundation (2023B1515040026), National Natural Science Foundation of China (52394273, 52373179), Fundamental Research Funds for the Central Universities (2024ZYGXZR076 and 2025ZYGXZR024), the TCL Science and Technology Innovation Fund (20242065), the Fundamental and Interdisciplinary Disciplines Breakthrough Plan of the Ministry of Education of China. 等科研项目的资助。

前沿交叉

董国平教授团队：基于可逆量子点玻璃波导的可重构拓扑光子晶格

非厄米系统通过引入增益、损耗等参量，突破了传统厄米量子理论的框架，催生出奇异点、非厄米趋肤效应等新奇物理现象。在此基础上，非厄米拓扑光子学将非厄米效应与拓扑能带理论相结合，实现了对光场前所未有的精准调控。非厄米参数的可调谐性，使得在固定结构中即可按需构建可重构拓扑器件，有效弥合了新颖非厄米拓扑现象与实际应用之间的鸿沟。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的董国平教授课题组提出一种损耗可调、可重构的非厄米拓扑光子晶格，并基于新型可逆钙钛矿量子点波导阵列平台实现了相关设计，为深入研究非厄米拓扑态、推动片上光子学应用发展提供了通用且灵活的研究平台。

拓扑光子绝缘体凭借其拓扑保护边界态与鲁棒的动力学特性，在光子学领域展现出变革性的应用潜力。然而，现有拓扑光子学体系大多基于厄米系统，其拓扑性质由晶格几何结构与材料本征参数共同决定，限制了器件的可调谐性与功能多样性。非厄米系统虽为突破这一局限提供了新思路，但当前多数实现方案依赖外场驱动的开关式调控，对拓扑光子器件的稳定性与集成小型化带来了挑战。

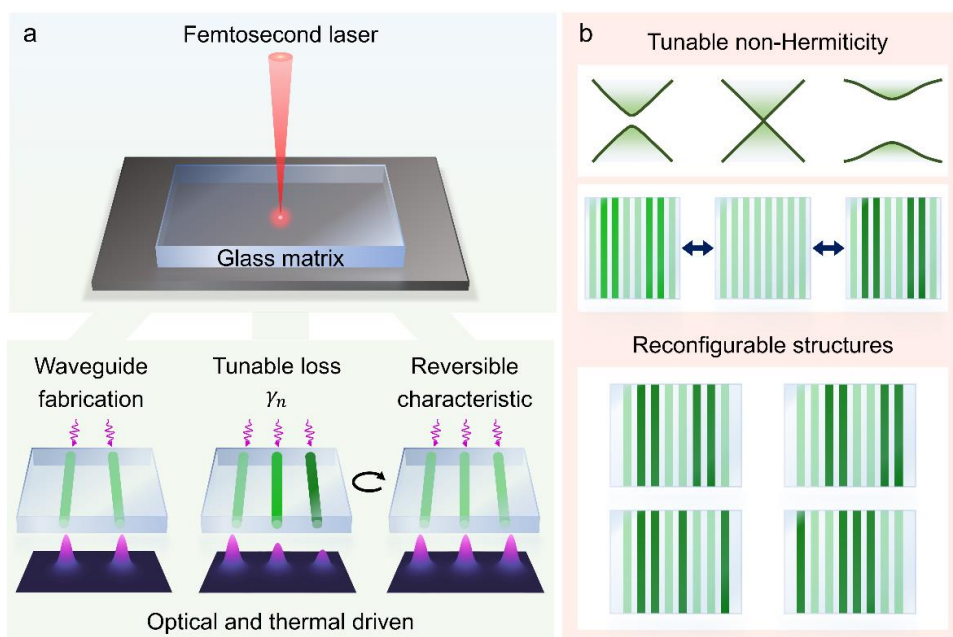


图 1 可重构非厄米光波导阵列平台

针对上述难题，团队提出了一种基于飞秒激光直写钙钛矿量子点波导阵列的可重构光子平台。该平台核心优势在于可实现波

导传输损耗的可逆调控，进而完成对非厄米拓扑光子晶格的可调谐与多功能重构。利用钙钛矿量子点波导这一独特性质，团队设计了两种非厄米调控方案：其一，通过精细调控波导传输损耗，可重塑非厄米拓扑光子晶格的能带结构；其二，借助波导传输损耗的可逆特性，可在单一光子晶格内实现非厄米性的循环重构。同时，飞秒激光加工的三维精准定位能力，支持对非厄米诱导的拓扑结构进行精确构筑。基于该平台，团队在非厄米 Su-Schrieffer-Heeger 拓扑晶格中，成功观测到非厄米诱导的拓扑相变及界面态的形成。这种在晶格几何结构固定的前提下，可逆重构非厄米特性的能力，使钙钛矿量子点波导成为一类通用型材料平台，在集成非厄米性与可重构性的先进片上光子器件领域，展现出重要的发展潜力与应用前景。

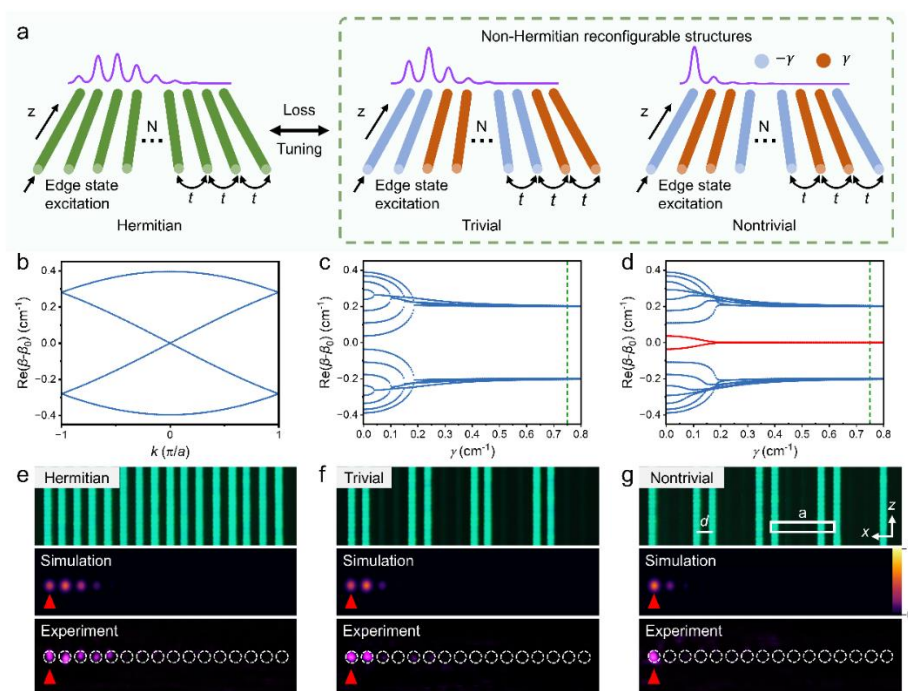


图 2 非厄米诱导的拓扑光子晶格

相关研究成果以“*Reconfigurable Non-Hermitian Topological Photonic Lattice via Reversible Quantum Dot Waveguides*”为题发表

在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为董国平教授，第一作者为卫睿珊博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金委员会(52572162, 52572006, 62205109, 62405092, 12474340, 12204179)、发光材料与器件全国重点实验室(Skllmd-2024-12)、广东省基础与应用基础研究基金(2025A1515010444)、广东省重点领域研究开发计划项目(2026B0101060001)等科研项目的资助。

人员介绍

实验室新引进人才简介：樊宝兵教授



樊宝兵，博士，华南理工大学教授，入选2024年国家海外高层次人才引进人才。2013年于苏州大学获得学士学位，2018年获华南理工大学材料学博士学位，2017-2018在爱尔兰根-纽伦堡大学访学。2018-2020年在华南理工大学开展博士后研究，2020-2025年在香港城市大学从事博士后和副研究员工作，合作导师为 Alex K.-Y. Jen。2025年3月加入华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室。研究方向涵盖有机/无机光电功能材料开发及在新型光电子器件中的应用，以第一/通讯作者在 *Nat. Energy*、*Nat. Commun.* (2 篇)、*J. Am. Chem. Soc.*、*Adv. Mater.* (3 篇)、*Angew. Chem. In. Ed.* (4 篇)、*Joule*、*Energy Environ. Sci.* 等期刊发表 SCI 论文 40 余篇。获 2019 年度化工与材料京博博士论文奖铜奖、2020 年度第 5 届中国科协优秀科技论文、2023 年度广东省科学技术奖自然科学一等奖（排名 6/13）等。

境内外来访参观与学术交流

●3月10日，中山大学50余名本科生来发光材料与器件全国重点实验室参观学习。实验室姚日晖教授热情接待了师生，并向师生详细介绍了实验室整体情况，冯光雪教授、黄雄健副教授、唐浩然副教授分别为师生作学术报告。

●3月25日，福建省政协黄如欣副主席一行来发光材料与器件全国重点实验室参观调研。实验室常务副主任黄飞教授热情接待了调研组，并向调研组详细介绍了实验室整体情况。