

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 5 期

(总第 104 期)

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室编

2026 年 7 月 8 日

新闻动态

广西钦州市人民政府副市长王文泽一行来实验室参观调研.....	1
以光为媒启未来 实验室开展公众开放日科普活动	2

研究进展

发光理论与机制

王志明研究员团队：基于分子构象工程在中心 8π -电子体系中实现半高峰宽仅为 13 nm 的聚集诱导超窄发射.....	6
李远研究员团队：十元开壳双自由基共轭聚合物的合成及其光热转换性能研究	9

新型显示、探测与成像

李宁教授团队：高通量优化水相有机纳米颗粒实现可溶液加工深蓝光“热激子” OLED	13
--	----

有机光伏材料与器件

黄飞&樊宝兵教授团队：金属有机框架与聚合物集成实现高效且稳定的有机太阳能电池	16
--	----

前沿交叉

秦安军教授团队：分子工程调控有机材料中的电子振动耦合实现高温太阳能光热转换	18
宁莹莹教授团队：一种自旋态可调、适用于生物正交催化激活成像的铁基磁共振成像探针 ..	21
马东阁教授团队：单重态裂过程中的自旋演化动力学过程.....	23
李远研究员团队：新颖的稳定开壳富氧共轭自由基（ORCR）聚合物的高效构筑及应用	25

人员介绍

实验室新引进人才简介：宋波教授.....	31
----------------------	----

境内外来访参观与学术交流	32
--------------------	----

新闻动态

广西钦州市人民政府副市长王文泽一行来实验室参观调研

6月22日下午，广西钦州市人民政府副市长王文泽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吴波陪同调研。



王文泽副市长参观实验室

实验室副主任秦安军对王文泽一行的到来表示热烈欢迎，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。

秦安军为调研组介绍了多项代表性成果，包括：高性能单频光纤激光、有机光伏材料与器件、热激子蓝光材料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、超快光学平台、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。

以光为媒启未来 实验室开展公众开放日科普活动

为深入贯彻习近平总书记关于科技创新的重要论述，积极响应国家科普号召，发光材料与器件全国重点实验室于 2026 年 5 月 29 日至 2026 年 6 月 6 日，面向广大科技爱好者开展以“奋进‘十五五’科技谱新篇”为主题的公众开放日科普活动。

本次活动通过实验室参观、科普讲座、实验演示等形式，集知识与趣味为一体，带领公众近距离接触前沿科技。活动吸引了广州市铁一中学、广州天省实验学校和华南理工大学附属实验中学多所中学的共 220 余名中学学子前来参加。

在成果展示厅，老师们深入浅出地向同学们讲解高性能单频光纤激光、指纹快速显现试剂、毒品检测试剂盒、细胞器荧光染料、热激子蓝光材料等成果的研究背景与应用，让晦涩的科研知识变得通俗易懂，让同学们对发光领域有了初步认知。

在科普讲座环节，叶俊志教授以“光电器件介绍”为主题，带领师生走进光电子学的奇妙世界，了解光与电子相互作用的基本规律，认识发光二极管（LED）、太阳能电池、光电探测器等典型光电子器件的工作原理。叶俊志教授结合照明显示、智能手机、光通信等生活实例，展现光电技术对现代社会的深远影响。同时，

通过介绍前沿光电材料与新型器件的发展趋势，帮助同学们感受科技创新的魅力，激发探索光电科学与未来信息技术的兴趣，勉励大家勤学善思、勇于创新，以科技助力数字绿色未来。



叶俊志教授作报告

王志明研究员以《聚集诱导发光 (AIE)：从书架走上货架》为题，从日常生活中常见的发光现象切入，通俗解析光的基本概念，系统讲解 AIE 技术的科学原理、产业化路径, 及其在生命健康、公共安全、防伪辨识等领域的应用前景，让师生们直观了解前沿科技如何走出实验室、迈向产业化。此外，王志明教授还分享了 AIE 技术融入科学教育、纳入学科考试的典型案例，拉近了前沿科研与日常学习的距离，并勉励同学们勤学深耕，敢于探索创新。



王志明教授作报告

刘高超博士以“从萤火虫到 5G —— 一场关于光的奇幻冒险”为主题，从“自然界的闪光魔法师——萤火虫”切入，阐释了萤火虫通过化学反应将化学能高效转化为光能的神秘机理，引导同学们思考其发光行为背后的“摩斯密码”与高效能量转换对现代光通信的深刻启示。围绕“如何快速传递信息”这一核心问题出发，刘博士详细介绍了光通信的基本方式，借助生动的比喻揭示了光纤依靠全反射原理传导光线的奥秘，系统阐述 5G 大容量、高带宽等核心特性，以及其在自动驾驶、远程手术、VR 等场景的未来应用。从光纤通信到 5G 网络，再到量子通信，同学们仿佛经历了一场奇妙的光之旅。



刘高超博士作报告

老师们将深奥的科学理论转化为一个个通俗易懂的实例。讲座现场气氛热烈，同学们积极提问做笔记，展现出了极高的热情与敏锐的洞察力，在互动环节踊跃提问、思维碰撞出精彩的火花。

同学们在这里不仅了解了华南理工大学发光材料与器件科学研究发展历程，实验室研究方向、建设成就等知识，还通过理论小讲座、动手操作等近距离感受到了光的神奇魅力，激发出对科学知识的浓厚兴趣，纷纷表示要把加入华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室作为自己的奋斗目标。

研究进展

发光理论与机制

王志明研究员团队：基于分子构象工程在中心 8π -电子体系中实现半高峰宽仅为 13 nm 的聚集诱导超窄发射

随着超高清显示市场需求持续攀升，开发适配 BT.2020 色域标准的超窄发射有机发光二极管（OLED）材料已成为光电领域的研究前沿。当前主流的窄发射体系虽然在低浓度下 ($\leq 2 \text{ wt}\%$) 具备高色纯度，但是在聚集态下普遍存在严重的光谱展宽效应，显著制约了其应用范围。现有的抑制聚集策略仅能有限缓解该问题，但最优效果也仅能与低浓度下的 FWHM 持平。因此，也引发了一个根本性的思考：是否能够将抑制聚集转变为利用聚集，实现一种越聚集越窄的光物理现象，即聚集诱导超窄发射（AIUNE）。

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的王志明研究员课题组，发现了一种 AIUNE 的新光物理现象，并成功构筑均相聚集态超窄发射材料，其 FWHM 仅为 13 nm (0.074 eV)。所制备的高掺杂 OLED 器件保留了 AIUNE 性质，高掺杂 ($>10 \text{ wt}\%$) 浓度器件的 FWHM 仍保持 13 nm，显著优于已报道的同等掺杂浓度下的 OLED 器件。

根据 Hückel 规则和 Baird 规则， 8π 电子体系基态呈现反芳香性，而在激发态会发生芳香性翻转，进而表现出芳香性。通过引入氮原子的孤对电子，研究人员相继开发了多种 8π 电子衍生

物，包括但不限于八元环 π -扩展环辛四烯（COT），七元环二苯并氮杂卓和六元环氮取代吩嗪（DHPZ）。

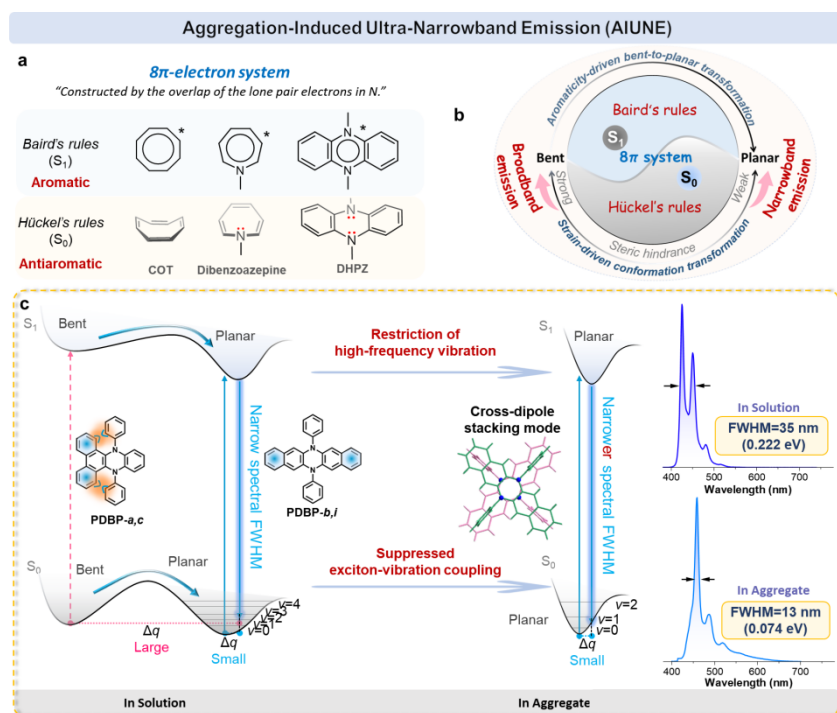


图 1 具有 8π 电子结构特征的分子设计策略，光物理调控机制和光物理现象

此研究以经典的具有 8π 电子中心的 DHPZ 衍生物 PDBP-*a,i*（DPAC）的同分异构体为研究对象，通过逐级消除空间位阻，实现了宽发射到窄发射材料的定向构筑。其中， 8π 电子中心是光谱调控的核心单元，主要作用为调节发光骨架的芳香性和诱导特定分子堆积模式。在单分子层面，基于“基态应力释放诱导平面化”与“激发态芳香性翻转诱导平面化”的协同作用，有效地缩小了基态和激发态的结构差异，成功构建新型窄发射材料。在聚集体层面，分子采取“交叉偶极堆积模式”，在规避分子间的 π - π 相互作用的同时引入了大量的分子间氢键相互作用。这种堆积模式可有效地抑制高频振动和弱化激子-振动耦合，最终实现了

AIUNE。通过对比分散态和聚集态下的 Huang-Rys 因子和重组能，将 AIUNE 现象的机理归属于聚集诱导高频振动受限。

最终，将目标分子 PDBP-*b,i* 应用于 OLED 器件中，其 AIUNE 性质得以保留。在 10 wt% 的高掺杂浓度条件下，器件的电致发光波长为 432 nm，FWHM 仅为 13 nm，具有超窄深蓝光发射性质，相应的色坐标 CIE = 0.156, 0.045，满足 BT.2020 色域标准。当掺杂浓度提升到 20 wt%、30 wt% 时，其 FWHM 仍稳定维持在 13 nm。此研究不仅拓展了有机窄发射材料体系，也为设计兼具溶液态与聚集态窄发射特性的有机发光材料提供了全新策略。

相关研究成果以 “*Molecular conformation engineering in central 8 π -electron system toward unique aggregation-induced ultra-narrowband emission with a FWHM of 13 nm*” 为题发表在 *Light: Science & Applications* 上，其中通讯作者为王志明研究员，张翰博士和唐本忠教授，第一作者为刘露博士生，张翰博士和肖陈发博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金（52473173），广东省自然科学基金（2022B1515020084）、广东省基础与应用基础研究基金（2023B1515040003）、云南省科技厅重点项目（202303AC100021）、华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室（Skllmd-2024-10、Skllmd-20125-05）、广州市科技计划项目（2023A04J0988）、广东省重点领域研究发展计划项目（2024B01010400001）和香港创新技术委员会项目（ITC-CNERC14SC01）的资助。

李远研究员团队：十元开壳双自由基共轭聚合物的合成及其光热转换性能研究

2017 年，李远课题组报道了强“供体-受体 (D-A)”型有机半导体具有开壳“醌式-双自由基”电子自旋基态及其热激发三线态（唯一通讯作者，*J. Phys. Chem. C*, 2017, 121, 8579-8588）。2021 年，李远研究员课题组提出了“聚集诱导自由基 (AIR)”机制，揭示了 D-A 共轭体系中分子聚集和“色散力自由基煎饼键”促进基态电子转移、形成并稳定“醌式-双自由基”结构的新机制（唯一通讯作者，*J. Phys. Chem. Lett.*, 2021, 12, 9783-9790）。近三十年，传统共轭 D-A 聚合物主要为一元、二元或三元共轭分子体系，包含四种及以上组分的共轭聚合物鲜有报道，多元 D-A 共轭有机半导体的设计、合成、性能及其电子自旋基态研究鲜有报道。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的李远研究员课题组提出多组分共轭聚合物设计策略，利用 Stille 偶联聚合方法，成功构筑了十元共轭聚合物体系：P10-FTTPA、P10-FTBT 和 P10-FTBBT。通过增强受体单元的吸电子能力（三苯胺 TPA < 苯并噻二唑 BT < 苯并双噻二唑 BBT），研究团队实现了对聚合物开壳层双自由基特征和光物理性质的精准调控。其中，最强受体 BBT 基聚合物 P10-FTBBT 展现出显著增强的开壳层双自由基特征和优异的光热转换性能。该工作为多组分开壳共轭有机半导体的设计提供了全新的分子设计策略，开辟了“多组分”共轭聚合物的新研究方向。

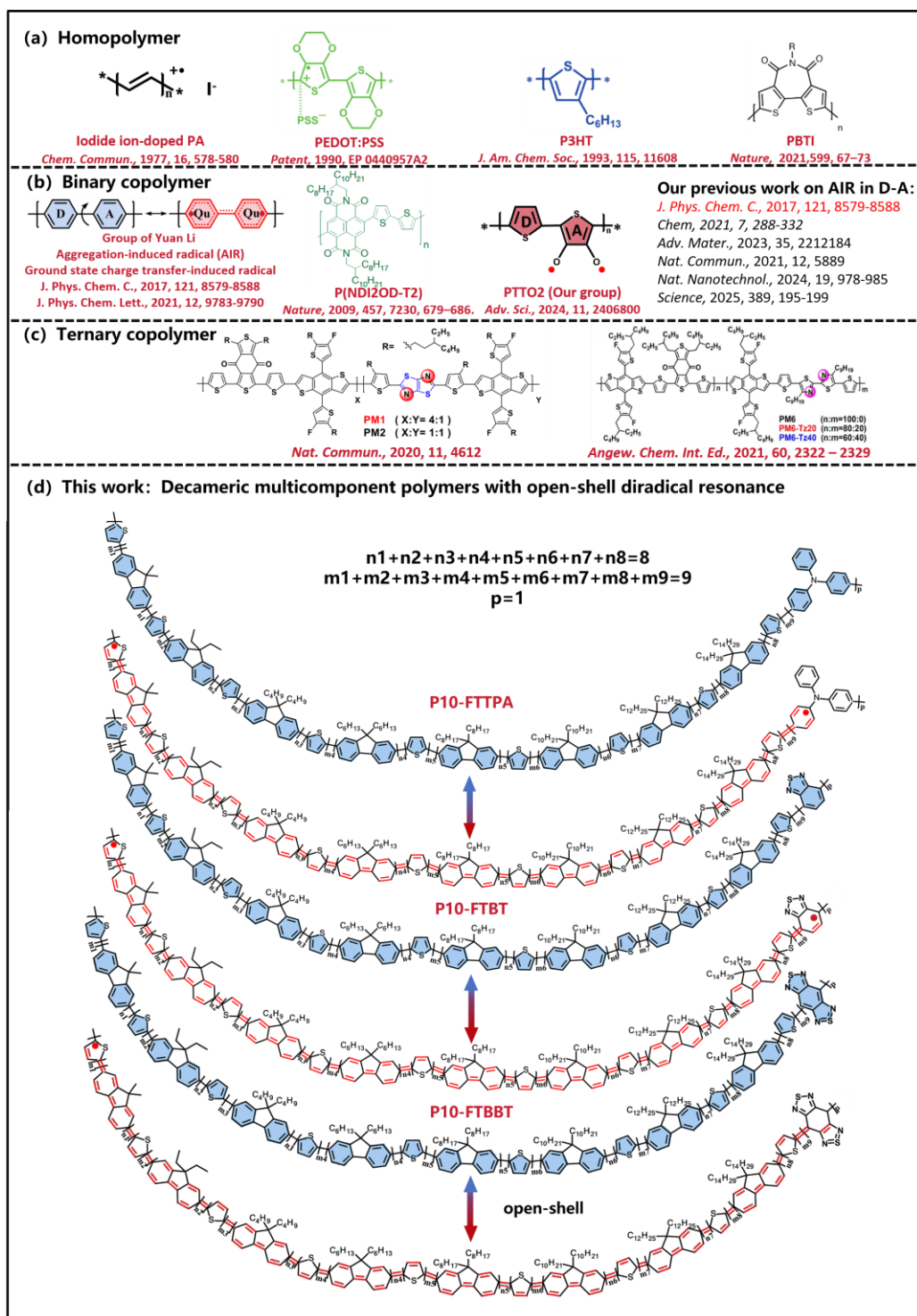


图 1 共轭聚合物按组分数分类、十元开壳双自由基共轭聚合物的设计、合成及其“醌式-双自由基”共振分子机制

共轭聚合物可根据其构筑单元的数量分为一元、二元和三元体系。早期的研究聚焦于一元均聚物，如掺杂聚乙炔和聚(3-己基

噻吩)(P3HT); 随后, 二元供体-受体 (D-A) 交替共聚物的研究取得了显著进展, 研究最为广泛; 三元共聚通过引入第三单体进一步精细调控能级、吸收光谱等物化性质。然而, 包含四种及以上组分的共轭聚合物至今鲜有报道。

李远研究员团队设计了多元共轭聚合物, 基于 Stille 偶联聚合方法, 以八种不同烷基链修饰的苈衍生物作为共聚单体、2,5-双(三甲基锡基)噻吩作为桥联单元, 同时分别引入三苯胺(TPA)、苯并噻二唑(BT)和双苯并噻二唑(BBT)作为共轭组分之一, 成功构筑了三种十元共轭聚合物 P10-FTTPA、P10-FTBT 和 P10-FTBBT。具体而言, 研究团队获得了以下三方面的研究发现:

1. 十元共轭聚合物的高效合成

以八种不同烷基链修饰的苈单体与噻吩桥联单元, 通过一锅法 Stille 偶联聚合, 高效合成了三种聚合物, 均表现出良好的溶解性和成膜性。

2. 开壳双自由基特征的系统表征

通过紫外-可见-近红外吸收光谱、循环伏安法和电子顺磁共振等手段对三种聚合物进行了系统表征。随着结构单元吸电子能力增强 ($\text{TPA} < \text{BT} < \text{BBT}$), 聚合物的 HOMO 能级从 -5.43 eV 逐渐下移至 -5.60 eV, LUMO 能级从 -2.85 eV 显著下降至 -4.35 eV, 带隙明显降低。EPR 测试表明 P10-FTBBT 呈现出显著增强的 EPR 信号。不同于传统 BBT 双自由基的“芳香性恢复”驱动的双自由基形成机制, 这三种聚合物的开壳层双自由基特征可归因于我们课题组提出的“醌式-双自由基”和“聚集诱导自由基(AIR)”机制。

3. 光热转换性能的显著提升

P10-FTBBT 粉末在功率为 1.0 W cm^{-2} 的 808 nm 激光持续照射 60 秒后，温度可升至 80°C ，而 P10-FTTPA 和 P10-FTBT 仅升至 $60\text{-}65^\circ\text{C}$ 。粉末及薄膜的光致发光测试表明 P10-FTBBT 在红光和近红外区无荧光发射，强 D-A 相互作用产生的开壳层双自由基特征促进了光热转换性能的提升，进一步提升受体含量将进一步提升光热转换性能。

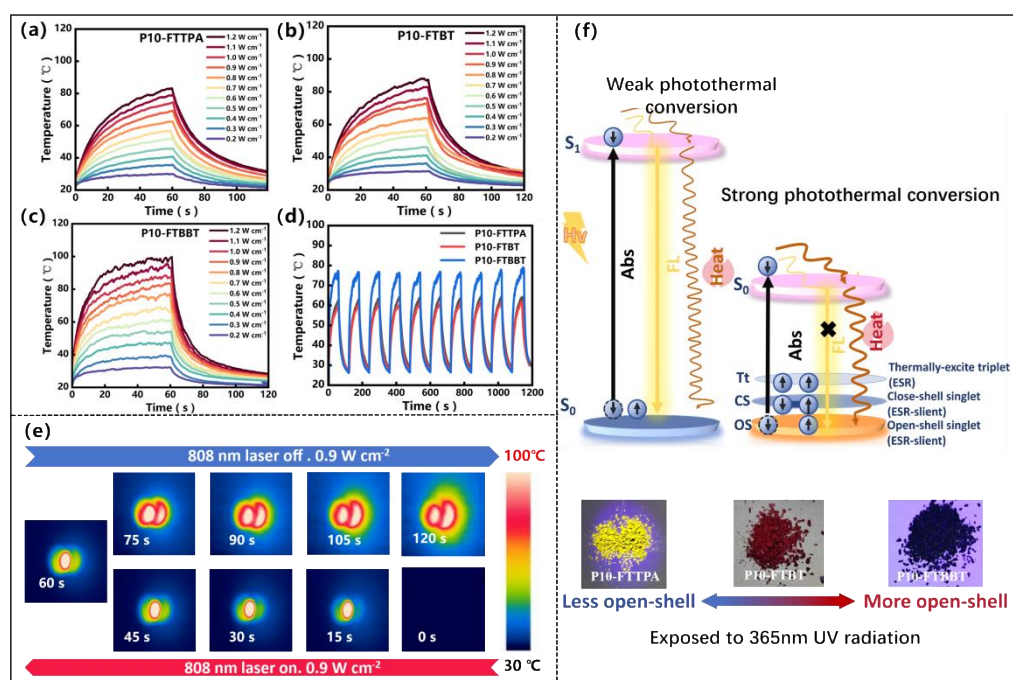


图 2 十元共轭聚合物的光热性能及其光热转换机制

总体而言，基于十组分共轭聚合物设计策略，李远研究员团队成功开辟了“多组分”共轭聚合物的新研究方向。该工作揭示了多组分有机半导体的“开壳-双自由基”电子自旋特征和光热转换性能的调控规律，为设计高效有机光热材料提供了新思路。未来，本课题组将深入探索这类超多组分体系与传统一元、二元、三元聚合物之间的物化性质差异，并拓展至非共轭多元聚合物体系，开拓“多元高熵聚合物”的新领域。

相关研究成果以“*Multicomponent Open-Shell Donor-Acceptor Diradical Polymers: Design, Synthesis, and Characterization*”为题发表在 *Macromolecular Rapid Communications* 上，通讯作者为李远研究员，第一作者为硕士生曾欣悦。

该工作得到了国家重点研发计划(2024YFB3612400)和国家自然科学基金面上项目(22375065)等项目的资助。

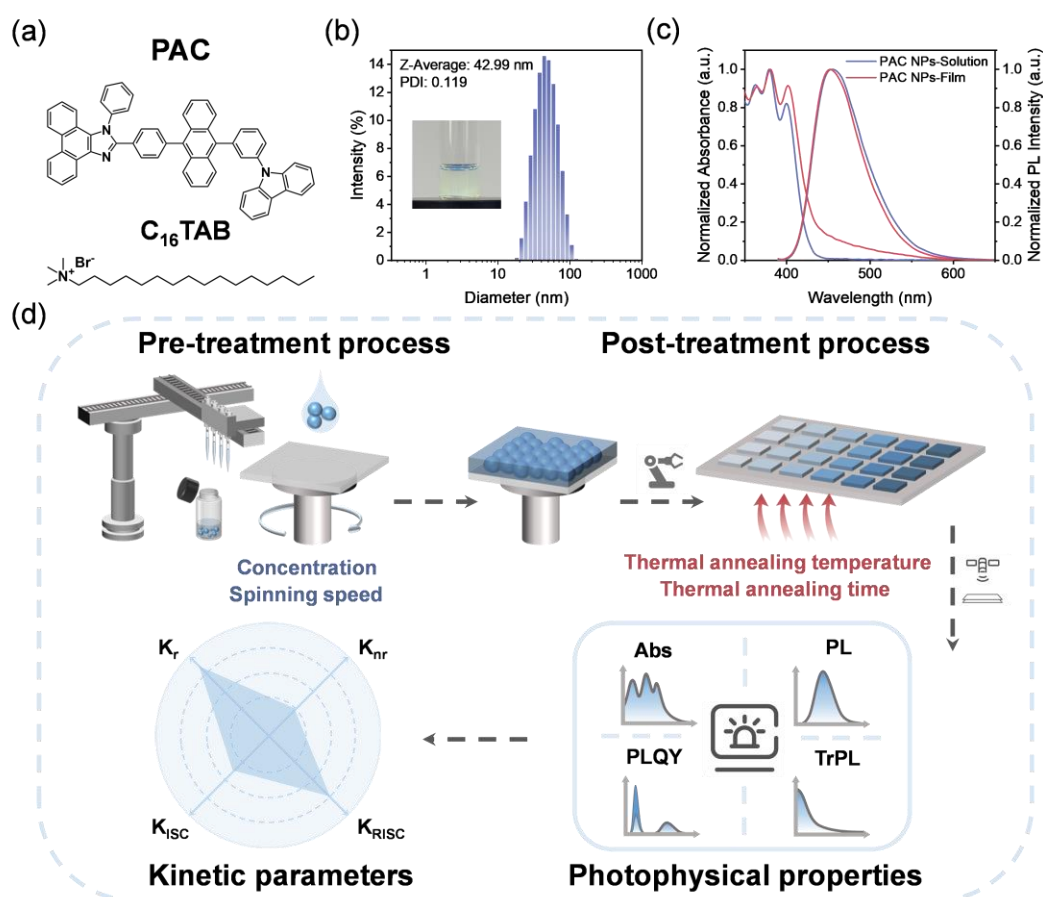
新型显示、探测与成像

李宁教授团队：高通量优化水相有机纳米颗粒实现可溶液加工深蓝光“热激子” OLED

深蓝光有机发光二极管（OLED）是新型显示与固态照明的重要组成部分，而高效率深蓝光器件长期受限于发光层制备工艺。目前，溶液法制备 OLED 通常依赖氯仿、氯苯等有毒有机溶剂，不利于绿色制造和产业化推广。近年来，水分散有机纳米颗粒（Organic Nanoparticles, NPs）为环保型 OLED 制备提供了新的思路，但其薄膜质量、激子动力学及器件性能仍缺乏系统优化策略。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室李宁教授课题组提出了一种基于高通量自动化实验平台的水相有机纳米颗粒优化策略，实现了深蓝光“热激子”OLED 发光层的快速筛选与精准优化。通过建立工艺参数—光物理性质—器件性能之间的关联关系，获得了兼具低驱动电压和高发光效率的水相加工 OLED 器件，为绿色、高性能 OLED 制造提供了新的技术路线。

研究团队以深蓝光热激子发光材料 PAC 为模型体系，通过微乳液法制备稳定的水分散有机纳米颗粒，并构建集自动配液、旋涂、退火及光学表征于一体的高通量自动化实验平台，将实验效率提高近 300 倍。平台围绕纳米颗粒浓度、旋涂速度、退火温度及退火时间四个关键工艺参数开展系统筛选，并利用光致发光量子效率(PLQY)、时间分辨荧光(TRPL)及辐射跃迁速率(K_r)、非辐射跃迁速率(K_{nr})、系间窜越速率(KISC)和高能级反系间窜越速率(KRISC)四项动力学参数建立工艺评价体系。



研究发现，适中的纳米颗粒浓度和旋涂速度能够获得连续致密、表面平整的发光薄膜，有效降低非辐射复合并提高热激子反系间窜越效率；进一步优化退火过程后，可促进纳米颗粒重新排列及表面活性剂重分布，进一步提升激子利用效率和辐射复合概

率。最终获得的最佳工艺窗口为 20 mg mL⁻¹、3000 rpm 旋涂，并在 90-120 °C 退火 5-15 min，实现了薄膜形貌和光物理性能的协同优化。

基于优化后的水相纳米颗粒薄膜制备 OLED 器件，器件开启电压降低至 3.8 V，外量子效率（EQE）达到 4.1%，发射峰位于 448 nm，实现了深蓝光发射，同时相比传统氯仿溶液加工器件表现出更低驱动电压和更高峰值效率。机理分析表明，纳米颗粒薄膜不仅优化了界面能级匹配，而且改善了电子传输层沉积后的界面形貌，从而协同促进电子和空穴注入，提高器件发光性能。该工作证明了高通量实验结合水相纳米颗粒加工技术在绿色 OLED 制造中的巨大潜力，为环保型高性能有机光电子器件的发展提供了新的研究思路。

相关研究成果以“*Unlocking solution-processable deep-blue ‘hot-exciton’ electroluminescence via high-throughput optimized aqueous organic nanoparticles*”为题发表在《*Advanced Materials Technologies*》。论文通讯作者为李宁教授，第一作者为张洪宇硕士生。该研究得到了国家自然科学基金、教育部基础学科突破计划、TCL 科技创新基金、中央高校基本科研业务费及广东省分子聚集发光重点实验室等项目资助。

有机光伏材料与器件

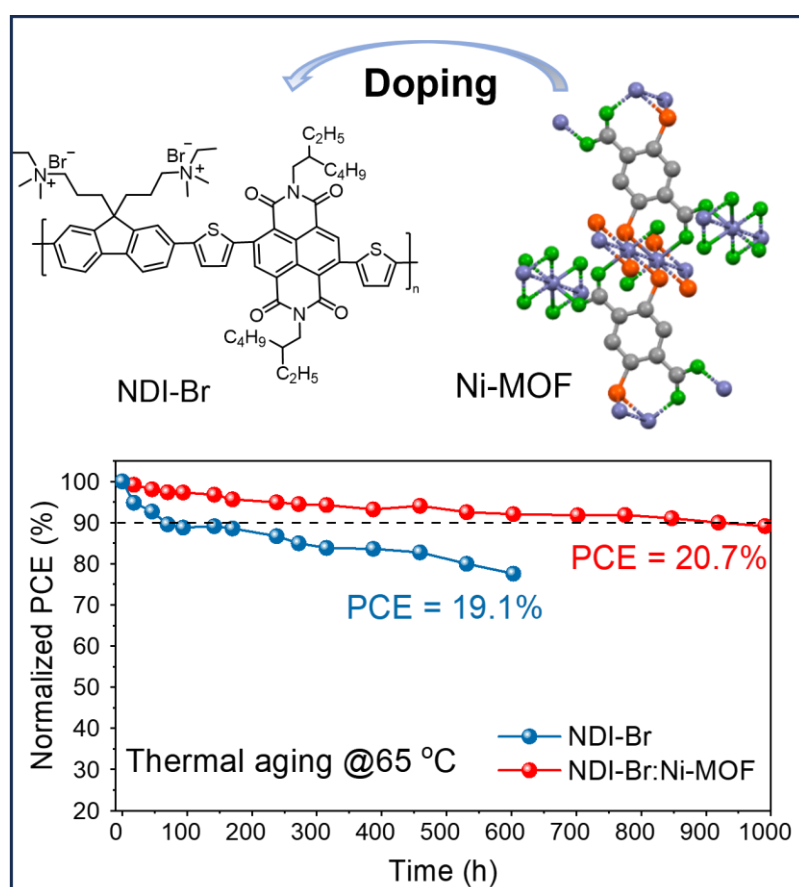
黄飞&樊宝兵教授团队：金属有机框架与聚合物集成实现高效且稳定的有机太阳能电池

电子传输层（ETLs）在有机太阳能电池（OSCs）体系中承担降低界面能级势垒、调控电荷传输的关键作用，是实现高性能光伏器件不可或缺的界面材料。然而现有聚合物基电子传输层普遍存在本征导电性能有限以及界面缺陷较多等问题，二者共同造成电荷提取受阻、非辐射复合加剧，极大限制了器件光电转换效率与长期稳定性的同步提升。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的黄飞、樊宝兵教授课题组通过将一种镍基金属有机框架（Ni-MOF）引入聚合物电子传输层 NDI-Br 中，构筑复合型电子传输层。Ni-MOF 的引入带来了丰富的 Ni 活性位点，这些 Ni 中心与 NDI-Br 中的溴阴离子形成配位作用，借助强相互作用有效优化界面电荷输运能力，抑制界面电荷复合，以此破解有机太阳能电池效率与稳定性难以兼顾的行业痛点。

本文提出一种通用性极强的 MOF 复合聚合物电子传输层界面工程新策略，将 Ni-MOF 与经典聚合物电子传输材料 NDI-Br 按 10:1 最优质量比复合构建杂化 ETL，借助 $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}^{3+}$ 空轨道与 NDI-Br 侧链 Br^- 的配位作用实现分子间高效电子掺杂，同步实现导电性能提升与界面缺陷钝化；基于 D18:L8-BO 二元活性层的目标器件实现 20.7% 的冠军光电转换效率，相较纯 NDI-Br 对照器件 19.1% 的效率，开路电压、短路电流密度、填

充因子三项核心光伏参数同步提升；该杂化 ETL 还表现出优异的膜厚容忍性，ETL 厚度提升至 80 nm 时器件仍可维持 17.3% 的光电转换效率。此外，在 65 °C 持续热老化 1000 h 后器件可保留 90% 初始效率，热稳定性大幅优于仅 500 h 效率便衰减至 80% 的对照组。该工作提供了一种通用的界面工程策略，可有效解决 OSCs 中效率与稳定性之间的权衡问题，为推动有机太阳能电池的实际应用提供了新的思路。



相关研究成果以“*Integration of Metal-Organic Framework With Polymer Electrolyte Enables Efficient and Robust Organic Solar Cells*”为题发表在 *Angewandte Chemie International Edition* 上，其中通讯作者为黄飞教授、樊宝兵教授，第一作者为王婷博士、刘溢哲博士、吴济发博后。该研究工作得到了中国教育部基础学科

与交叉学科突破计划 (JYB2025XDXM410)、国家自然科学基金 (52573193、52433012)、国家重点研发计划 (2022YFB4200400)、新基石科学基金会 (青年科研人员 XPLOER 奖)、广东省能源与信息高分子材料基础研究卓越中心等科研项目的资助。

前沿交叉

秦安军教授团队：分子工程调控有机材料中的电子振动耦合实现高温太阳能光热转换

太阳能的利用对于解决能源危机具有重要意义，而太阳能光热转换在其中展示出了巨大潜力。作为实现光热转换的载体，新型光热材料的开发至关重要。近年来，有机光热材料因其出色的可加工性和生物相容性得到了广泛关注。然而，材料性能和应用的局限性阻碍了有机材料向更高光热温度的发展及其在太阳能转换领域的应用，其高温光热转化的机理还需要进一步阐述。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的秦安军教授课题组利用乙炔基 π 桥扩展传统给受体型光热分子共轭结构，制备了一种 D- $\equiv$ -A- $\equiv$ -D 型材料 BTDA。相较于传统的 D-A-D 型分子 BTDA，BTDA 表现出更宽的固态吸收光谱、更快的激发态衰减速率、更强的电子-振动/声子耦合，从而能更高效地将吸收的光子能量转化为分子振动能，表现出更高的光热温度。在户外聚光太阳光 (18 suns) 的照射下，BTDA 可以达到 330 °C，创造了已报道的有机太阳能光热材料中的记录，并被成功地

应用于对无机盐的熔融，将太阳能转换为无机盐的相变焓，有望拓展有机高温太阳能光热转换材料在可再生能源转换和存储中的应用。

通过乙炔基 π 桥扩展给受体结构策略，BTDA 分子的摩尔吸光系数提高至 $26400 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 。此外，该材料还表现出更宽的固态吸收光谱，有助于其吸收更低能量的光子。值得注意的是，BTDA 在户外聚光太阳光 (18 suns) 的照射下可以达到 330°C ，创造了已报道的有机太阳能光热材料中的记录。在 1064 nm 激光照射下，它的光热温度还可进一步提升至 377°C ，而 BTDA 却不足 60°C 。为解释这种巨大差异，研究团队建立了一种能量衡算方法，证明了 BTDA 在 1064 nm 激光下更为优异的光热转换性能源于其更强的光吸收能力和更高的光热转换效率。

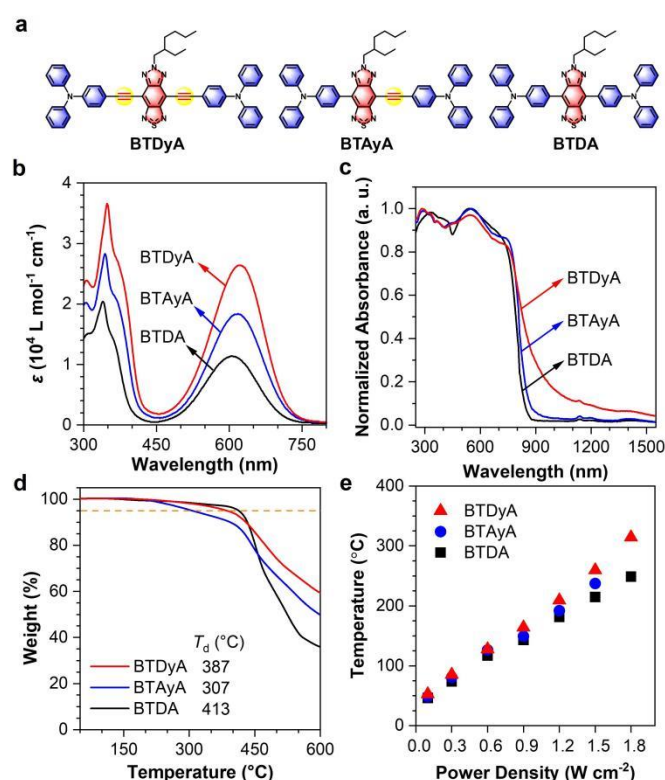


图 1 材料化学结构、吸收光谱、热稳定性以及太阳能-热能转换性能

对于光热转换机理，研究团队将有机固体中的光热转换细化为两个连续的过程：①光子的吸收与电子的激发，②激发态电子的振动耦合以及激发态能量向热能的转换，并利用瞬态吸收光谱和拉曼光谱进行了深入对比。结果表明，**BTDA** 表现出更宽的吸收光谱、更快的激发态衰减速率，并伴随更强的电子-振动耦合以及电子-声子耦合，从而能够高效地将光子能量转化为分子振动能，表现出更高的光热温度。最后，**BTDA** 被加工为光热涂层，在户外聚光太阳光照射下实现了对太阳盐的熔融，成功地将来自太阳的光能转换并储存在无机盐的相变焓中，凸显了其在可再生能源利用中的巨大潜力。

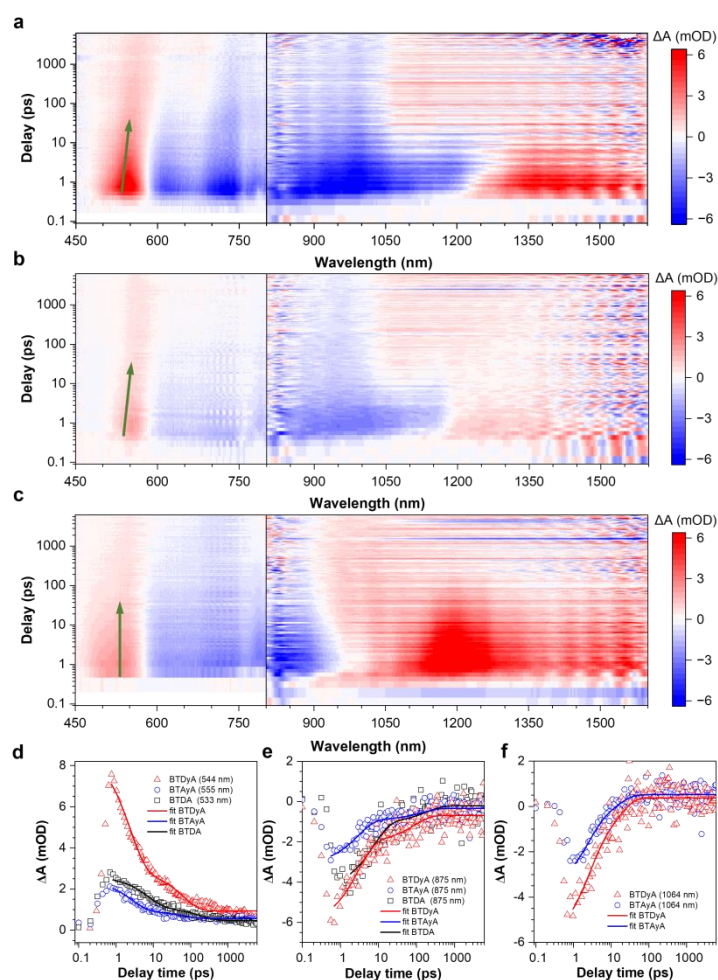


图 2 瞬态吸收光谱及激发态衰减动力学曲线

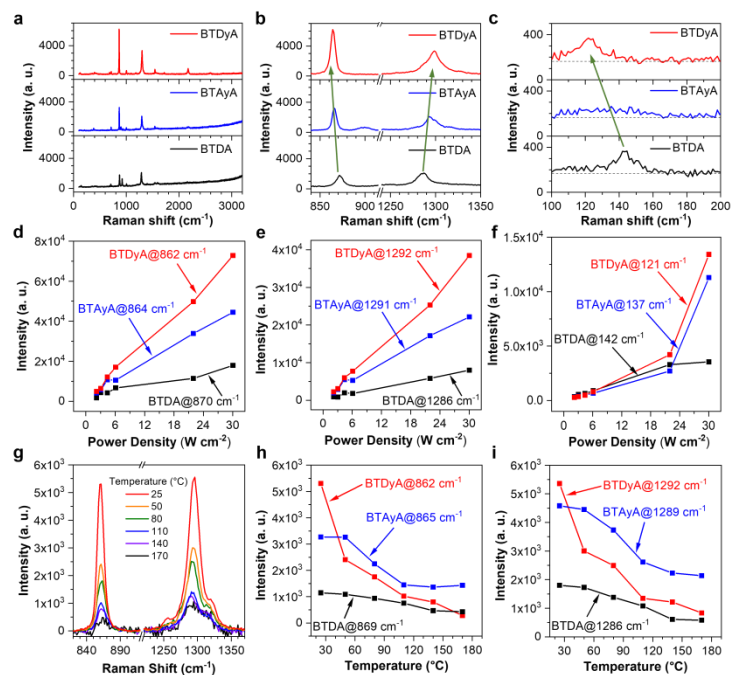


图 3 拉曼信号强度随激发光强度或温度的变化

相关研究成果以“*Molecular Engineering of Vibronic Coupling Enables High-Temperature Solar–Thermal Conversion in an Organic Material*”为题发表在 *Angewandte Chemie International Edition* 上，其中通讯作者为秦安军教授，胡斌教授和湖南师范大学翟亚新教授，第一作者为徐赫博士生，共同第一作者为湖南师范大学刘宇瀚硕士和华南理工大学姜旭生博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金（21788102，62522404，12421005）和广东省分子聚集发光重点实验室基金(2023B1212060003)等科研项目的资助。

宁莹莹教授团队：一种自旋态可调、适用于生物正交催化激活成像的铁基磁共振成像探针

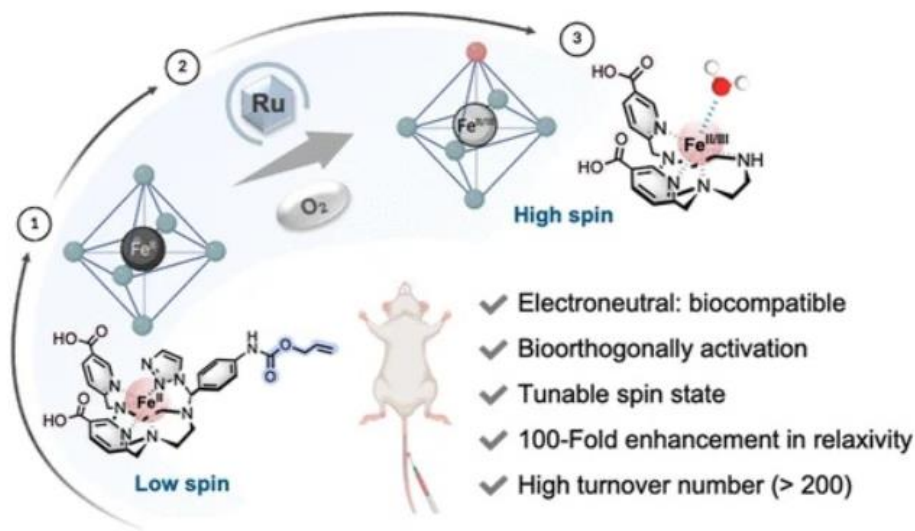
MRI 临床多用钆基造影剂，但特异性不足。现有两类靶向探

针各有短板：直接靶向探针受 MRI 低灵敏度限制，适用靶点极少，纳米颗粒改造又存在体内滞留问题；酶、pH 响应型智能造影剂仅能检测酶类靶点，无法识别蛋白受体等靶标。为此本文提出生物正交催化激活 MRI 新策略：先向病灶递送生物正交催化剂，再注射低弛豫背景的胞外铁探针，探针仅在病灶处被催化激活，剩余探针经肾脏排出，同时该成像体系需满足生物正交、低背景、高弛豫差值、快速反应、高催化转化数、低毒六大标准。

该体系融合生物正交化学的靶向特异性与铁探针自旋可调的优势，有效降低成像背景、提升病灶对比度，充分说明自旋调控型铁基探针在靶向分子磁共振成像中拥有良好的发展前景。

传统钆基磁共振造影剂存在检测灵敏度不足、背景信号干扰强的缺陷，极大限制了靶向 MRI 探针的研发与应用。针对这一痛点，本研究首次提出并验证了“生物正交催化激活 MRI”这一创新策略，成功开发了一种基于铁配合物的可激活 MRI 探针，其核心机制在于通过自旋态的可控转换实现信号的“从无到有”式激活：配合物在未激活时处于低自旋态，弛豫率极低 ($0.01 \text{ mM}^{-1}\text{s}^{-1}$)，背景信号几乎为零；当与钌催化剂特异性相遇后，触发自旋态转换并伴随自氧化反应，弛豫率提升超过 100 倍 ($>1 \text{ mM}^{-1}\text{s}^{-1}$)，转换数超过 200，从而在靶标部位产生显著且可放大的 MRI 对比增强。该策略有效克服了传统 MRI 探针灵敏度不足和背景信号偏高的瓶颈问题。虽然目前催化剂 (Ru-BSA) 仍需通过瘤内注射局部递送，但作者指出未来可通过将靶向配体（如靶向细胞表面受体或胞外基质标志物）偶联至催化剂，实现系统给药后的主动靶向，从而将适用范围扩展至多种疾病和器官系统；

同时，进一步优化铁配合物的结构以提升弛豫率，将有助于增强成像灵敏度。总而言之，这项工作为开发高特异性、低背景、可激活的 MRI 探针提供了全新思路，并有望在分子影像和疾病早期精准诊断中发挥重要作用。



相关研究成果以“An Iron-Based MRI Probe with Tunable Spin State for Bioorthogonally Catalyzed Activation Imaging”为题发表在《Journal of the American Chemical Society》期刊上，其中通讯作者为宁莹莹教授，第一作者为郭艳慧博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金优秀青年科学基金（海外）项目、华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室自主研究课题（Skllmd-2024-08）等科研项目的资助。

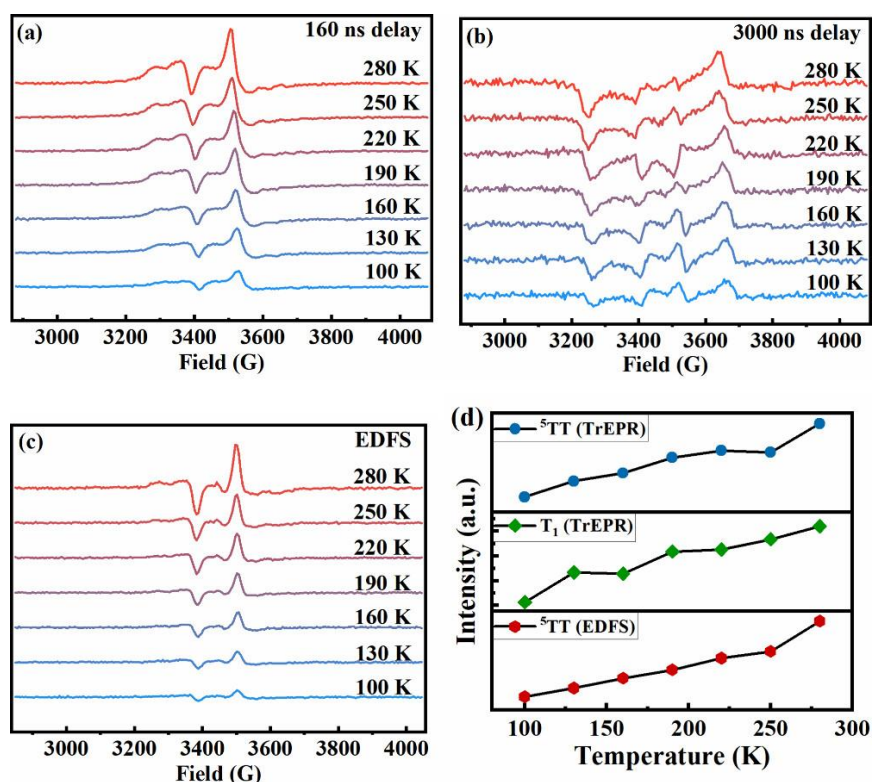
马东阁教授团队：单重态裂过程中的自旋演化动力学过程

单线态裂分（SF）是一个光生单线态转化为两个三线态的多激子产生过程，是光伏领域一个利用高能能量的科学思路和技术路线，同时也为量子信息科学提供了一个具有长相干时间的五重

态。作为一个涉及能量守恒和自旋守恒的多步过程，典型并五苯衍生物 TIPS-Pn 中 SF 的热力学性质仍然尚不清楚，难点在于高自旋态的实验可视化。常规的超快光谱并不能分辨自旋态的演化，时间分辨电子自旋共振技术（TrEPR）是一个有力的工具。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的马东阁教授团队利用 TrEPR 测量无定形固体状态的 TIPS-Pn/TNB，阐明了多步 SF 过程的热力学，并突出了 TrEPR 技术在可视化自旋相关过程的强大作用。

SF 是一个典型的多步过程。从 S_1 到 1TT 的第一步是自旋允许的，并由能量守恒决定，这一步已通过瞬态吸收光谱（TAS）进行了广泛研究。下一步是从 1TT 到 5TT 的自旋相关演化。由于 1TT 和 5TT 能级近乎简并，依赖于紫外-可见-近红外的光学技术无法区分它们，导致对这一涉及自旋演化的步骤知之甚少。TrEPR 可捕捉带自旋的 5TT 特征信号，是有效的表征手段。课题组利用瞬态 EPR 和瞬态 PL 光谱技术，探索了模型分子 TIPS-Pn 中的多步 SF 过程。通过将 TIPS-Pn 与 TNB 主体共熔制备的非晶固体样品提供了增强的信号，以便进行精确研究。PL 寿命的温度依赖性表明， S_1 初始分裂为 1TT 是一个放热步骤，而 5TT 信号的正温度依赖性证明，从 1TT 到 5TT 的自旋演化是一个吸热步骤，如图 1 所示。因此，TIPS-Pn 中的总 SF 过程表现出吸热特性，导致三重态信号呈现正温度依赖性。证明除了电子能级外，三重态对态之间的自旋能级和自旋演化在 SF 过程中也至关重要。



相关研究成果以“*Dynamics of Singlet Fission in the TIPS-Pn Cluster: Endothermic or Exothermic?*”为题发表在 *The Journal of Physical Chemistry Letters* 上，其中通讯作者为乔现锋副研究员和马东阁教授，第一作者为黄浩贤硕士研究生。该研究工作得到了国家自然科学基金、广东省自然科学基金等科研项目的资助

李远研究员团队：新颖的稳定开壳富氧共轭自由基（ORCR）聚合物的^①高效构筑及应用

开壳共轭有机自由基半导体因其独特的开壳电子自旋基态，在有机光电、储能及光热转换等领域展现出巨大的应用潜力。2017 年，我们报道了强“供体-受体（D-A）”型有机半导体具有开壳“醌式—双自由基”电子自旋基态和热激发三线态（李远研究员为唯一通讯作者，*J. Phys. Chem. C*, 2017, 121, 8579-8588），在 *Science* 等期刊发表了一系列相关基础与应用探索研究进展。然

而，这类 D-A 型双自由基半导体材料通常对空气敏感，易发生氧掺杂、氧化、交联或降解，在有机电致发光、有机太阳电池和有机场效应晶体管等器件中的稳定性亟待提高，是有机印刷电子学产业化面临的最大挑战之一。

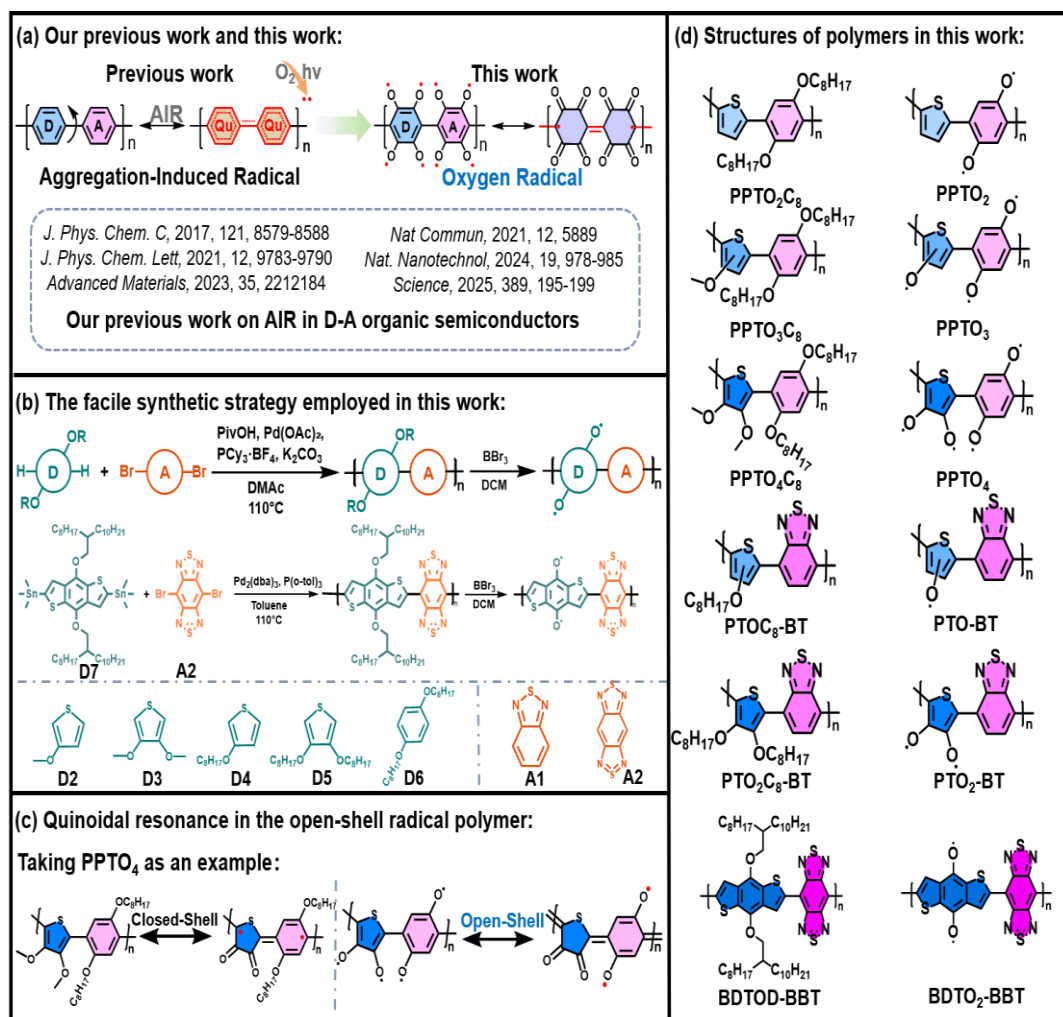


图 1 代表性富氧共轭自由基聚合物及合成策略

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的李远研究员课题组基于共轭含氧自由基的多重共振稳定策略，利用简易的聚合与脱烷基化反应，成功构筑了一系列无需大位阻保护、空气中稳定的富氧共轭自由基（ORCR）聚合物。该系列聚合物材料在光热转换、高导电非掺杂半导体以及高容量长寿命锂离子

电池负极等领域中实现了优异的性能，为构筑开壳有机共轭含氧自由基半导体提供了新颖的分子设计策略。

李远研究员团队前期的研究结果表明，经典 D-A 型聚合物具有开壳双自由基基态，稳定性是限制其产业化应用的瓶颈之一。通常，研究者引入空间位阻保护基团以提升稳定性；然而，位阻效应往往导致聚合物主链结构扭曲，阻碍分子间的 π - π 堆积，降低载流子输运性能，限制了其在高性能器件中的实际应用。因此，如何兼顾有机自由基半导体的简易合成、稳定性与导电性是该领域面临的瓶颈问题。

针对经典 D-A 双自由基的氧气敏感性，李远研究员团队基于“以毒攻毒”策略，巧妙地将氧自由基引入到 D-A 型聚合物及聚噻吩等共轭骨架中，提出了一类新颖的 ORCR 设计思路。得益于共轭酚氧自由基与吸电子羰基之间的共振效应，氧自由基占据了共轭聚合物的活泼氢位点，ORCR 聚合物展示出了优异的空气、电化学稳定性；分子平面性和电子离域特性赋予其可调控的电子、离子导电性。具体而言，研究团队取得了以下三方面的研究进展：

1. 一步法制备 ORCR 聚合物 PTO₂

以低成本 3,4-二甲氧基噻吩为原料，通过“一锅法”聚合及脱烷基化反应，一步高效合成了聚（3,4-二氧噻吩）自由基聚合物 PTO₂，产率高达 76%以上，展示出优异的空气稳定性和光热转换性能，HOMO 能级低至 -5.4 eV，电导率高达 2.6×10^{-4} S/cm，展示出在电子导电性方面的巨大潜力。

2. D-A 型 ORCR 聚合物：

高效合成了系列结构可调的烷氧基前驱体聚合物，随后通过

精准的脱烷基化,成功制备出包括 PPTO₄、PTO₂-BT、BDTO₂-BBT 等一系列新型氧自由基共轭聚合物。其中,PTO₂ 带隙低且荧光完全猝灭,在 808 nm 激光照射下 (1 W cm^{-2}),PTO₂ 聚合物在 60 秒内即可从 28 °C 剧烈升温至 205 °C。

3. ORCR 聚合物锂电池负极 PEDOT-TO₂

以廉价的 EDOT 为原料,一步法构筑了自由基聚合物材料 PEDOT-TO₂。在聚集态下,该聚合物具有高度平面的共轭骨架和强分子间聚集特性,使其极不溶于锂电池电解液。作为锂离子电池负极,在 0.1 A g^{-1} 电流密度下可逆比容量高达 340 mAh g^{-1} ,在 2.0 A g^{-1} 高电流下大循环 3500 次后容量保持率达 100%。优异的电子及锂离子传导特性使其在高倍率下 (10.0 A g^{-1}) 仍能保持 159.6 mAh g^{-1} 的高比容量。

总体而言,基于 ORCR 设计策略,研究团队开发了一系列开壳自由基聚合物,实现了高稳定性及可调控的电子/离子电导率,为低成本、多功能的开壳自由基材料的设计和合成铺平了道路,有望实现有机自旋电子学、电子/离子导电、电子超导等领域的突破。

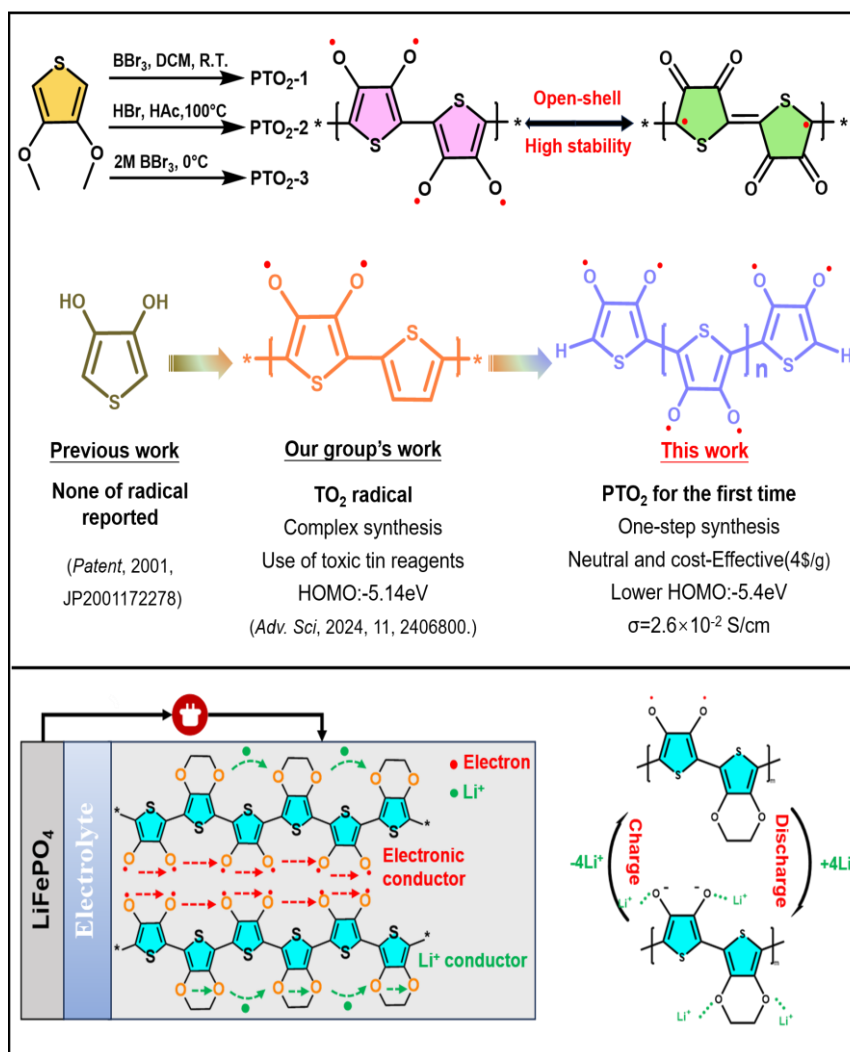


图 2 ORCR 聚合物 PTO₂ 的简易合成及物化性质，ORCR 聚合物
锂离子电池负极 PEDOT-TO₂ 及其工作机理

相关研究成果分别以“*One-Step Polymerized Stable Open-Shell Poly(3,4-dioxythiophene) Radicals for High Photothermal Conversion and Electron Conductivity*”和“*Stable Open-Shell Polymers via Precise Introduction of Oxygen Radicals with Quinoidal Resonance on Conjugated Donor-Acceptor Backbones*”为题发表在 *Macromolecular Rapid Communications* 上，其中通讯作者为李远研究员，第一作者为硕士生钟雨萱；以“*Stable Poly(3,4-Dioxythiophene) Radical With Superior Electron and Ion*

Conductivity as High-Performance Anode for Lithium-Ion Battery”为题发表在 *ChemSusChem* 上，其中通讯作者为李远研究员以及熊训辉教授，第一作者为硕士生钟雨萱。

人员介绍

实验室新引进人才简介：宋波教授



宋波，华南理工大学教授，博士生导师，国家高层次青年人才，“珠江人才计划”青年拔尖人才，广东省优秀青年基金获得者，发光材料与器件全国重点实验室固定成员。2015 年和 2019 年先后在华南理工大学取得学士和博士学位，导师为唐本忠院士和秦安军教授。

2019 至 2025 年先后在华南理工大学、香港科技大学和新加坡国立大学做博士后研究，合作导师分别为唐本忠院士和刘斌院士。以第一或通讯作者（含共同）身份共发表论文 20 余篇，包括 *J. Am. Chem. Soc.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Nat. Commun.*, *CCS Chem.*, *Adv. Sci.*, *Macromolecules* 等。授权中国发明专利 5 项，美国专利 1 项。目前研究兴趣为二氧化碳基新型光电功能高分子的合成与应用。

境内外来访参观与学术交流

- 6月4日，江苏省宿迁市李亮副市长一行到发光材料与器件全国重点实验室参观调研。实验室副主任、材料学院副院长苏仕健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。
- 6月16日，教育部政法司副司长张雪一行到发光材料与器件全国重点实验室参观调研。实验室副主任、材料学院副院长苏仕健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。
- 6月22日，香港城市大学张树君教授一行到发光材料与器件全国重点实验室参观调研。实验室副主任夏志国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。
- 6月1日，美国威斯康辛大学麦迪逊分校蔡伟波教授在全重 501 学术报告厅作题为“*Molecular Imaging, Nanobiotechnology, and Theranostics*”的学术报告。报告介绍了其课题组在癌症和其他疾病的分子成像，利用肽、蛋白质和各种纳米材料进行图像引导药物递送方面的代表性研究成果。
- 6月3日，复旦大学付尧教授在全重 501 学术报告厅作题为“超极化固体核磁探究功能材料多尺度组装”的学术报告。报告主要介绍如何利用固体核磁从不同尺度理解复杂材料中的结构与功能关系的相关研究，并分享了借助固体核磁直接探测电子离域特征，探究电子结构与材料光电性质之间的关联的研究思路。
- 6月4日，上海交通大学姜生伟教授在全重 501 学术报告厅作题为“二维半导体莫尔超晶格中的关联拓扑物态”的学术报告。报告介绍了二维半导体莫尔超晶格的前沿研究进展，重点分享团

队相关实验发现：在该体系中观测到丰富的关联与拓扑基态及其竞争，包括整数/分数量子 Chern 绝缘体、拓扑电子晶体、反铁磁绝缘体等。这些基态可通过载流子填充、电场、转角、静水压以及临近层耦合等手段实现有效调控，表明半导体莫尔超晶格是探索拓扑-关联共同驱动新奇物相的理想平台。

●6 月 10 日，南华大学胡蓉教授在全重 501 学术报告厅作题为“新型有机声敏材料的构筑及应用拓展”的学术报告。报告介绍了课题组在新型有机声敏材料领域的系列研究进展，展示了高性能有机声敏材料在肿瘤免疫治疗及近红外成像引导的声动力治疗中的相关应用，同时，结合微生物结构及代谢特征，介绍了该材料在胞内菌及糖尿病模型中的微生物感染的治疗探索。

●6 月 11 日，南非自由州大学 Hendrik C. Swart 教授在全重 501 学术报告厅作题为“*The use of surface characterization techniques in phosphor materials*”的学术报告。报告展示了不同发光材料在不同应用中的示例，介绍了镧系元素掺杂的氟氧化物纳米颗粒作为多功能材料在远程发光测温中的潜力应用。

●6 月 11 日，南非自由州大学 J.J. Terblans 教授在全重 501 学术报告厅作题为“*Morphology-Controlled Multilayer Deposition for CZTS Solar Cells and Quantitative ToF-SIMS Analysis of Indium Segregation from Copper*”的学术报告。报告介绍了薄膜形态对多层扩散行为的影响，并展示了利用飞行时间二次离子质谱（TOF-SIMS）提取定量偏析参数的方法，分享课题组采用电子束物理气相沉积（EBPVD），在二氧化硅基底上逐层制备铜、锌、锡多层薄膜，面向 CZTS 电池吸收层开展的系列研究工作。

●6 月 13 日，中国科学院新疆理化技术研究所潘世烈研究员在 W301 中心会议室作题为“真空紫外光电功能晶体创制”的学术报告。报告介绍了课题组突破关键晶体原始创新与生长技术，实现关键激光技术用光电功能晶体材料自主可控的系列研究成果。

●6 月 25 日，浙江大学肖丰收教授在全重 501 学术报告厅作题为“多孔高分子功能材料”的学术报告。报告系统介绍了课题组的最新研究进展：通过对传统有机配体单体进行乙烯基功能化修饰，并采用自由基引发的水热聚合方法，成功制备出一系列兼具高比表面积、孔径可调及结构稳定的多孔有机配体功能高分子材料。

●6 月 30 日，中国科学院宁波材料所顾彦伟副研究员在全重 501 学术报告厅作题为“蒽基富碳分子功能材料”的学术报告。报告介绍了课题组针对以蒽为核进行共轭拓展构筑富碳分子，面临的结构稳定性差及化学反应位点受限的难题，开展的系列研究工作：开发了多种高效的化学合成策略，通过提升芳香性以增强分子稳定性，结合多位点区域选择性精准控制，构建了系列多尺寸、多维度蒽基富碳分子，调控了材料的光电磁性质，实现激光增益、近红外手性光学响应、长程反铁磁耦合等功能。