

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 6 期

(总第 105 期)

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室编

2026 年 9 月 9 日

新闻动态

广东省委副书记、省长孟凡利调研发光材料与器件全国重点实验室	1
大湾区大学余艾冰院士一行来实验室参观调研	3

研究进展

发光理论与机制

马於光教授团队: 窄光谱强吸收荧光染料: 分子设计策略和电致发光应用	5
赵祖金教授团队: 纯有机室温磷光敏化材料在有机发光二极管中的应用	7
马於光教授团队: 双态共振深红光窄带 OLED 发光材料	11

新型显示、探测与成像

夏志国教授团队: 异配体杂化玻璃闪烁光纤实现远程 X 射线成像	13
赵祖金教授团队: 折叠型空间共振热活化延迟荧光材料实现高性能红光 OLED	18
夏志国教授团队: 锰基杂化卤化物发光玻璃实现基于寿命的热成像	22

有机光伏材料与器件

李宁教授团队: 解耦有机光伏器件中能量无序和分子结构有序的竞争作用	27
李宁教授团队: 有机太阳能电池高维加工空间的闭环多目标贝叶斯优化	29

无机发光与光纤激光

董国平教授团队: 基于配位聚合物复合玻璃微腔实现多波长超低阈值上转换激光	31
--	----

前沿交叉

应磊研究员&李宁教授团队: 电沉积自组装分子界面构筑策略	34
宋恩海研究员&张勤远教授&何志才教授团队: 窄带红光 pc-LED 助力高精度血压监测	37

殷盼超教授团队：表面限域水构建单锂离子传导水系电解质..... 38

殷盼超教授团队：超小纳米粒子/聚合物动力学耦合实现光学膜精准加工..... 41

蒋尚达教授团队：铈掺杂纳米晶的圆偏振自旋-光学界面..... 44

林志伟教授团队：AI 结合纳米发光技术，几滴血就能查癌症..... 47

殷盼超教授团队：软物质中的“快转”秘密——纳米棒在软硬胶体中的扩散动力学研究.... 50

人员介绍

实验室新引进人才简介：叶俊志教授..... 53

境内外来访参观与学术交流..... 54

新闻动态

广东省委副书记、省长孟凡利调研发光材料与器件全国重点实验室

7月14日，广东省委副书记、省长孟凡利来校调研，详细了解学校助力广东制造业当家、培育发展新质生产力等方面的情况。学校校长杨中民介绍了学校办学发展成果，党委副书记、纪委书记徐国正，副校长许勇、林艺文一同参加调研。

当天，孟凡利先后到中山大学、广东工业大学、华南理工大学、中国科学院广州能源研究所，围绕研发创新、成果转化、人才培养等工作开展走访调研。他强调，要深入学习贯彻习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示精神、在加强基础研究座谈会上的重要讲话精神，认真落实省委“1310”具体部署，加快建设一流大学和高水平科研机构，努力在构建以先进制造业为骨干的现代化产业体系中发挥重要作用。

在调研走访中，孟凡利对各高校、科研院所近年来所取得的成绩给予充分肯定。他指出，各高校、科研院所要牢记国家赋予的职责使命，坚持为党育人、为国育才，一体推进教育科技人才发展，聚焦科技前沿领域和产业发展急需，努力产出更多原创性颠覆性成果，更好发挥在基础研究和关键核心技术攻关中的主力军作用，有力助推粤港澳大湾区国际科技创新中心和高水平人才高地建设，在服务国家重大战略和粤港澳大湾区建设、全省高质量发展中作出更大贡献。要全面加强产学研政合作，推动科技创新和产业创新深度融合，加强高校、科研机构和企业及政府的密

切对接互动，做到产中有学有研、学和研中有产，鼓励市县政府和企业在把科研平台放到高校和科研院所，支持高校和科研院所在企业中设立转化基地和平台，积极探索以多种方式联合开展技术攻关、成果转化、市场推广等，打通从实验室成果到产业发展的全链条，争取有更多的新技术、新产品、新业态、新模式不断涌现，鼓励和支持驻粤高校和科研机构在广东产业科技创新中有更大作为、在建设以先进制造业为骨干的现代化产业体系上贡献更大力量。

孟凡利要求，各地各有关部门要持续做好服务保障，积极搭建产学研合作平台，促进供需紧密对接，进一步优化创新生态，为高校和科研院所在粤开展高水平研究、培养高素质人才、产出高质量成果提供更优更好环境。

在华南理工大学，孟凡利到广东省精密装备与制造技术重点实验室调研精密加工、智能制造等领域最新研究成果，到发光材料与器件全国重点实验室了解显示驱动与集成、光电成像与传感、先进激光光源等领域技术成果应用情况。

杨中民围绕“创新是科学发现、创造是技术突破、创业是价值实现”，介绍了学校的工作成效。他表示，华南理工大学坚持融入发展促发展，聚焦国家和区域经济社会发展需要，推动学科建设、人才培养、科技创新和成果转化等工作迈上新台阶。近年来，学校深化“从0到1”的突破，强化学科交叉融合，建设学科群和交叉学科研究院，构建基础学科与前沿交叉互促共进的“生长极”，为关键核心技术突破夯实根基；推动“从1到10”的跨越，联动校外基地，依托国家大学科技园，建立创新创业学

院，不断提升创造能力、丰富创造实践、释放创造活力；强化“从10到100”的放大，设立产业技术研究院、粤港澳大湾区科创产业院、科技与产业学院等平台，推动科技创新和产业创新深度融合，尤其是校友经济支撑产业集群，成为区域新质生产力发展的中坚力量。

杨中民表示，在广东省高度重视和大力支持下，华南理工大学将扎根中国大地，奋力挺进全球百强大学，在支撑国家和广东发展中走在前、作示范、挑大梁。（信息来源：广东省人民政府门户网站）

大湾区大学余艾冰院士一行来实验室参观调研

7月29日，大湾区大学余爱冰院士一行来发光材料与器件全国重点实验室参观调研。



参观实验室

实验室主任马於光院士对余爱冰一行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做出的努力与取得的进展。

马於光为余爱冰一行介绍了实验室在先进激光光源、发光材料与器件、显示驱动与集成、光电成像与传感等多个研究方向取得的最新研究成果。

余爱冰一行对实验室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

马於光教授团队:窄光谱强吸收荧光染料:分子设计策略和电致发光应用

强的吸收光谱能够在低的客体掺杂浓度下,保证主客体间激子能量的充分转移,这最大限度地降低了客体对主体材料载流子迁移性能的影响。窄的发射光谱则可避免 OLED 显示器中滤光片或谐振腔的使用,减少能量损耗并获得高的发光色纯度。在此背景下,开发兼具强吸收与窄发射光谱性能的荧光材料成为 OLED 研究的重点。

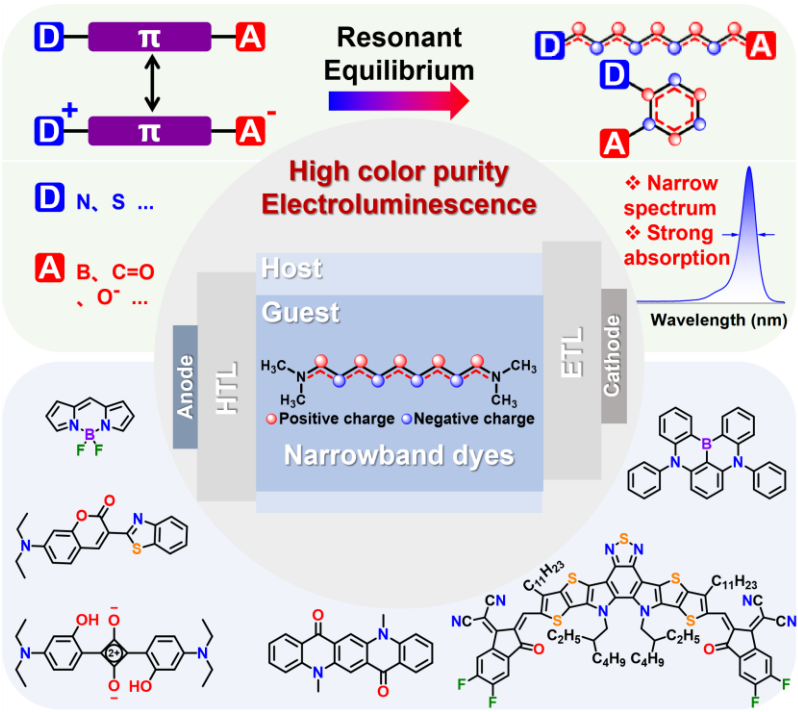


图 1. 窄光谱强吸收荧光染料的共振平衡设计策略、分子结构和 OLED 应用

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的马於光教授课题组基于菁染料的共振平衡调控，分析了强吸收、窄光谱荧光染料的吸收\发射光色、强度、半峰宽与电子结构间的关系。该论文将菁染料共振平衡与调控的理念拓展到 **BODIPY**、吡啶酮、香豆素、多共振材料、**A-D-A** 结构染料等体系，总结了这些染料在 **OLED** 中最新的应用进展（图 1）。

窄光谱、强吸收荧光染料有效地满足了有机发光二极管（**OLED**）对颜色纯度和激子能量利用的要求，显示出未来显示应用的巨大潜力。以菁染料为代表，其吸收和发射光谱行为与其内在的电子结构特征密切相关：均匀的键长和交替的原子电荷。进一步的研究表明，这些电子结构特征源于两种基态共振形式的共振平衡，这种平衡可以通过供体-受体取代基来调节。如图 2 所示，通过在共轭骨架两端连接不同强度的给受体基团，可以诱导共轭链由聚烯向花菁极限的转变，获得高的摩尔消光系数和窄的吸收/发射光谱。该综述也总结了发光分子共振平衡的判定方法：共振参数 c^2 越接近 0.5，表明共振结构越接近花菁极限。通过调控共振平衡的方法，可以很好地理解花菁等多种染料、多共振材料等 **D-A** 型染料的光谱行为与电子结构间的关联。

由于具有高极性基团，许多窄带荧光染料在环境友好的水、醇溶剂中表现出优异的溶液加工性能，并具有分子量低、制备成本低和结构丰富多样等优势。这些荧光染料有望为高色纯度 **OLED** 的发展注入新的动力，推动 **OLED** 领域新型窄光谱材料的发展。

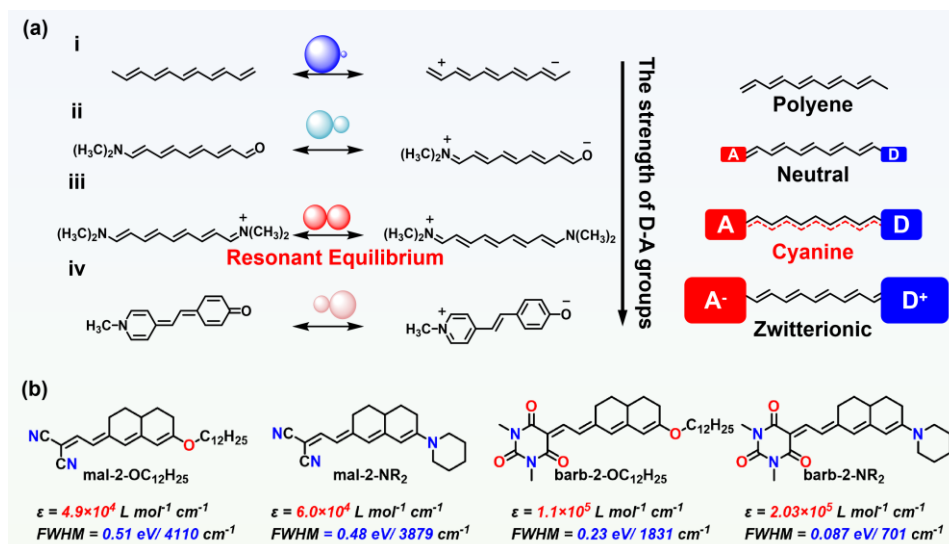


图 2. (a) 随着共轭链两端给受体 (D-A) 基团的增强, 共轭体系逐渐由中性结构向花菁极限、两性离子结构转变; (b) 通过 D-A 基团调控共振平衡获得强吸收、窄光谱材料的实例

相关研究成果以 “*Narrow-spectrum and strong-absorptive fluorescent dyes: molecular design strategy and electroluminescence applications*” 为题发表在 *Chem. Soc. Rev.* 上, 其中通讯作者为马於光教授、俞越副教授, 第一作者为谭文乐博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金 (52503365 和 92463310), 广东省基础与应用基础研究基金 (2024A1515110241) 和发光材料与器件国家重点实验室基本科研业务费专项资金 (Skllmd-2025-14) 的资助。

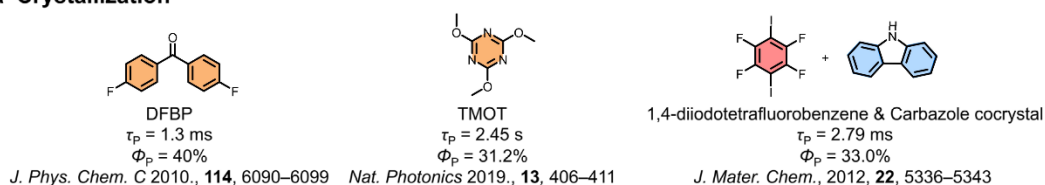
原文链接: [10.1039/d6cs00570e](https://doi.org/10.1039/d6cs00570e)

赵祖金教授团队：纯有机室温磷光敏化材料在有机发光二极管中的应用

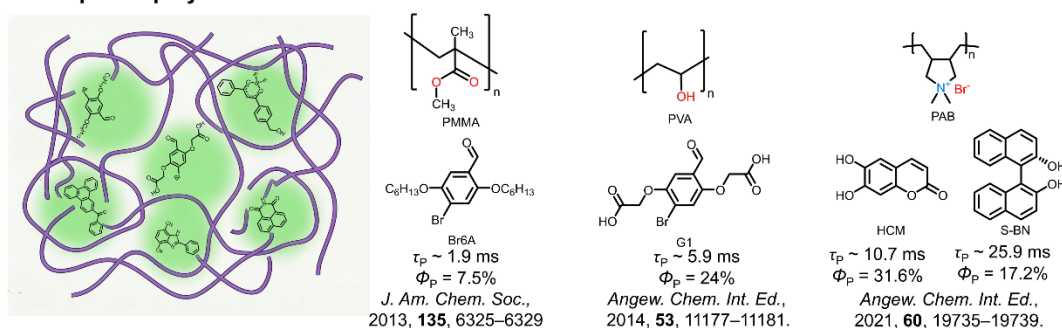
纯有机室温磷光 (RTP) 材料因其高激子利用率、单向激子辐射通道的优势, 成为潜在的有机发光二极管 (OLED) 领域的

核心发光材料。目前为止，RTP 材料在 OLED 中的应用主要围绕其本征的发光特性开展，而将 RTP 材料作为敏化材料也是其潜在的应用价值之一。因此，关于 RTP 敏化材料的研究与发展亟待系统性的讨论和展望。

a Crystallization



b Amorphous polymer



c Host-guest interaction

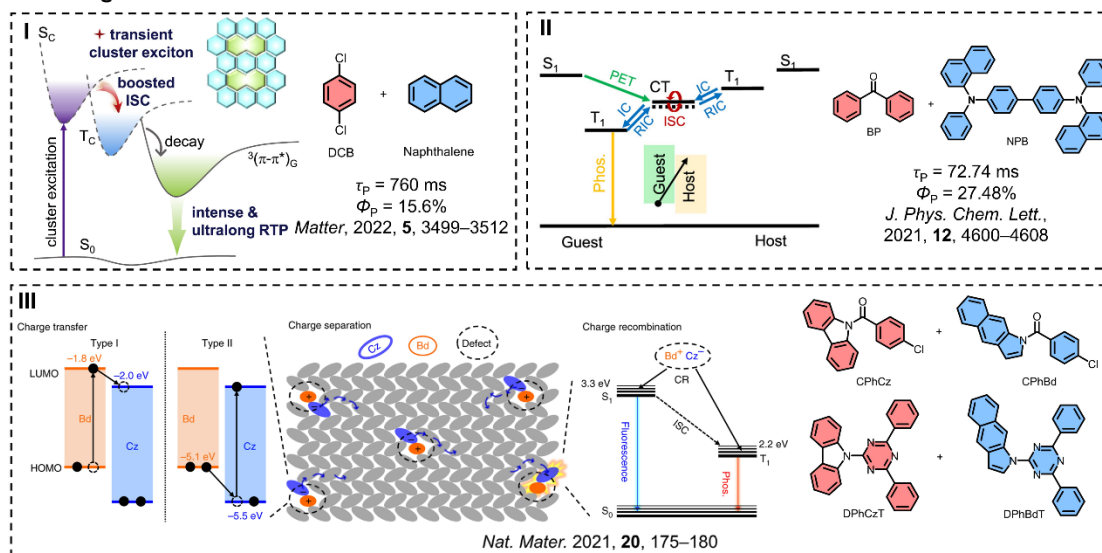


图 1. a) 晶体诱导磷光 b) 无定形聚合物相实现 RTP 发射 c) 主-客体相互作用诱导 RTP 发射

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总结了 RTP 材料的发展历程，以及这类材料在 OLED 器

件中的应用。除了传统的 OLED 应用，关于 RTP 材料作为在敏化型 OLED 器件中的应用得到了系统性的整理，并做出了对未来发展的展望。

本文围绕 RTP 材料的分子设计、激发态调控及其在 OLED 中的应用展开，重点梳理了影响 RTP 性能的关键因素。

首先，文中从 RTP 的基本机理出发，分析了三重态激子的非辐射失活、三重态-三重态湮灭以及氧气淬灭等过程，并总结了提高磷光效率的主要策略，包括增强分子刚性、构建有利的晶体或聚合物环境，以及利用主客体相互作用限制分子运动（图 1）。

随后，文章系统讨论了自旋翻转过程的调控方法。根据 El-Sayed 规则，孤对电子、重原子效应以及通过 D-A 结构对分子轨道的调控均有利于增强自旋轨道耦合，促进系间窜越。此外，D-A 型分子能够通过建立分子内电荷转移的特性，缩小单重态和三重态之间的能级差，进一步促进系间窜越过程。基于这些设计策略，在分子设计中引入推-拉电子基团、羰基等含有孤对电子的基团以及硫和硒等重原子，能够有效提升磷光辐射速率。

在 OLED 器件应用方面，本文介绍了 RTP 材料在 OLED 中的发展历程，并分析了长寿命的三重态激子引发的 TTA、STA 和 TPA 等损耗机制。相比传统 TADF 敏化材料，RTP 材料由于其单向激子辐射通道的特性，能够减少激子在不同自旋态之间的反复循环，从而降低能量损失，提高 OLED 器件性能。

最后，文章总结了近年来以赵祖金教授为代表的学者开发的一系列含羰基受体的 RTP 材料的发展（图 2）。这类含羰基的 RTP 材料不仅作为发光材料能够在 OLED 中实现卓越的性能，作为

敏化材料时也能有效提升窄谱带材料的 OLED 器件效率，最高能够实现 43.8% 的外量子效率，超越了传统金属磷光材料的敏化效果。

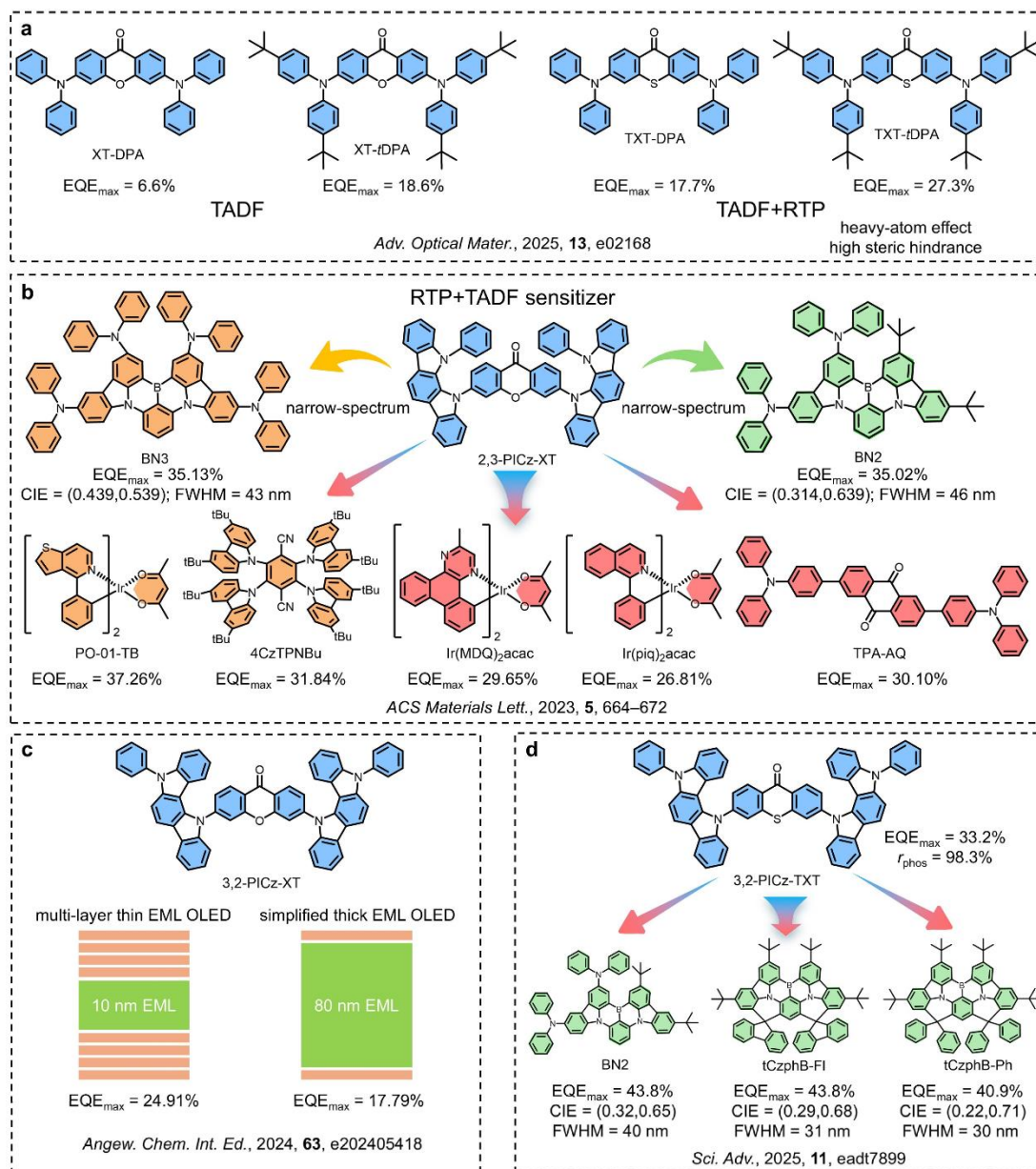


图 2. 含羰基的高效 RTP 材料的分子式及 OLED 器件性能：a) XT-DPA, XT-*t*DPA, TXT-DPA 和 TXT-*t*DPA 的器件性能 b) 2,3-PICz-XT 及其敏化的客体材料的性能 c) 基于 3,2-PICz-XT 的非掺杂 OLED 器件性能 d) 3,2-PICz-TXT 及其敏化的客体材料的 OLED 器件性能

相关成果以“*Purely organic room-temperature phosphorescence sensitizers for OLEDs*”为题发表在 *Chemical Science* 上，其中通讯作者为赵祖金教授，第一作者为刘昊博士。该研究工作得到了国家自然科学基金，广东省基础与应用基础研究基金，创新科技署和中国博士后科学基金的支持。

原文链接：

<https://pubs.rsc.org/sc/article/17/31/14834/1266268/Purely-organic-room-temperature-phosphorescence>

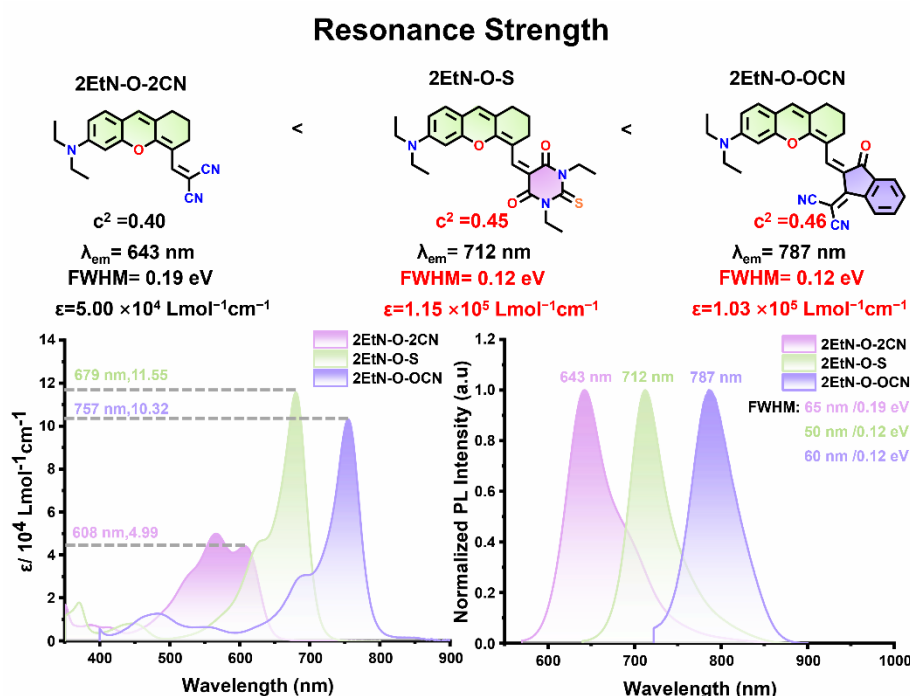
马於光教授团队：双态共振深红光窄带 OLED 发光材料

在 OLED 器件中，窄带发射意味着优异的色纯度。然而，传统有机发光体大多存在固有的碳-碳双键高频振动，造成能量耗散，进而引发光谱展宽，同时使摩尔消光系数下降。较弱的光吸收能力会阻碍高效能量传递，因此发展同时具备强吸收能力与窄谱带发射的客体材料对 OLED 器件的提升至关重要。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的马於光教授课题组利用双态共振理论，实现了深红光波段的高摩尔消光系数与窄发射，证实了双态共振型材料在 OLED 领域的应用潜力。

广色域有机发光二极管（OLED）材料需要具备较小的半高全宽（FWHM），以实现优异的显示性能；同时高摩尔消光系数有利于提升能量转移效率，进一步降低功耗。部花菁衍生物可通过给-受体调控，调节分子在中性态与两性离子态之间的双态共振，而共振强度可通过共振组合系数 c^2 进行定量表征。当时对应

两个近简并的能级；此时强共振效应能够抑制基态能量耗散，促进强发光，同时实现高摩尔消光系数与小半高全宽。本文基于双态共振理论，以氧杂蒽作为发色团母核、苯胺作为给体，引入不同吸电子受体，设计构建了三种新型窄带发射分子(2EtN-O-2CN、2EtN-O-S、2EtN-O-OCN)，该类分子与硼-氮类材料体系有所区别。随着受体强度逐步提升，三种分子的理论计算 c^2 值分别为 0.40、0.45、0.46。光物理测试结果表明，共振作用更强的 2EtN-O-S 与 2EtN-O-OCN，吸收峰处摩尔消光系数可达约 $10^5 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ，FWHM 仅 0.12 eV，性能显著优于 2EtN-O-2CN (FWHM=0.19 eV, $\epsilon=5 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)。基于 2EtN-O-S 制备的 OLED 器件实现了 712 nm 深红光发射，半高全宽仅 0.16 eV。本研究说明了双态共振发光材料在窄带深红光 OLED 领域巨大的应用潜力。



相关研究成果以“Two-State Resonance Deep-Red Narrowband

OLED Emitters”为题发表在 *Chemical Science* 上，其中通讯作者为马於光教授与俞越副教授，第一作者为王馨瑜博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金（52503365、92463310）、广东省基础与应用基础研究基金（2024A1515110241），以及发光材料与器件国家重点实验室基本科研业务费专项资金（Skllmd-2025-14、Skllmd-2026-09）的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1039/d6sc03830a>

新型显示、探测与成像

夏志国教授团队：异配体杂化玻璃闪烁光纤实现远程 X 射线成像

从核设施运维、介入放射诊疗到复杂装备无损检测，X 射线探测正向“柔性化、远程化和复杂空间适应”方向发展。传统单晶和闪烁屏虽具备高效辐射-光转换能力，但受限于刚性结构，难以进入狭窄腔体、曲面结构及高辐射区域。光纤闪烁体凭借一维波导特性，可兼具辐射转换、空间像素化和远距离信号传输优势，被视为突破传统探测瓶颈的重要载体。然而，无机玻璃光纤发光效率有限，有机闪烁光纤又存在 X 射线吸收弱和辐照稳定性不足等问题，因此，亟需研制新一代闪烁光纤材料以满足实际应用场景。

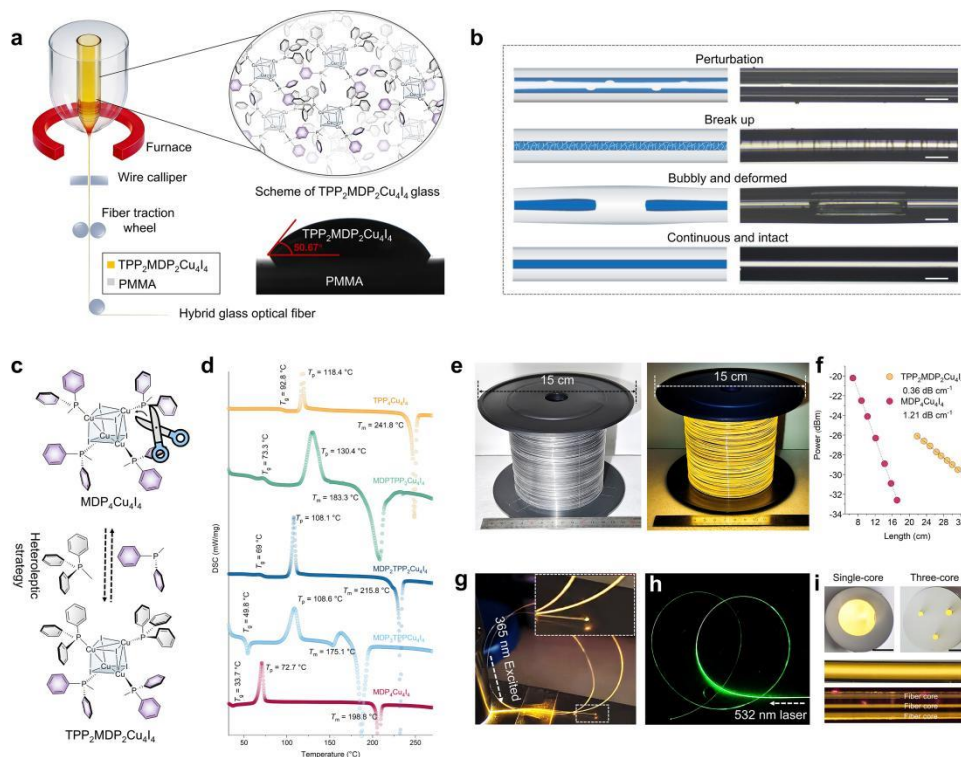


图 1 异配体杂化玻璃光纤的设计与制备

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室夏志国教授团队提出异配体协同空间位阻设计，实现了单次拉制百米级连续且低损耗的 $\text{TPP}_2\text{MDP}_2\text{Cu}_4\text{I}_4$ 杂化玻璃光纤，并同步获得 $38598 \text{ photons MeV}^{-1}$ 的高光产额、 62.2 nGy s^{-1} 的低 X 射线探测限以及优异的环境和辐照稳定性。团队进一步构筑了柔性闪烁光纤阵列，实现中空器件内部缺陷远程成像，完成了从分子设计、玻璃热力学调控到光纤制造和场景化探测的全链条验证。

研究团队通过引入具有大空间位阻的 **TPP** 配体，利用不同配体对分子堆积、构象自由度与自由体积的协同调节，将 Cu_4I_4 玻璃熔融温度连续调控 $175.1\text{-}241.8 \text{ }^\circ\text{C}$ 。其中 $\text{TPP}_2\text{MDP}_2\text{Cu}_4\text{I}_4$ 的熔点为 $218.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，与 PMMA 在 $225 \text{ }^\circ\text{C}$ 附近的最佳拉丝条件高度匹配，同时保持良好的润湿和玻璃形成能力，由此实现百米级超长、连续且结构完整的芯包层光纤。所得光纤数值孔径达到 **0.88**,

光学损耗约 0.36 dB cm^{-1} ，并可实现 $50\text{-}450 \mu\text{m}$ 纤径、单芯/多芯等结构定制。

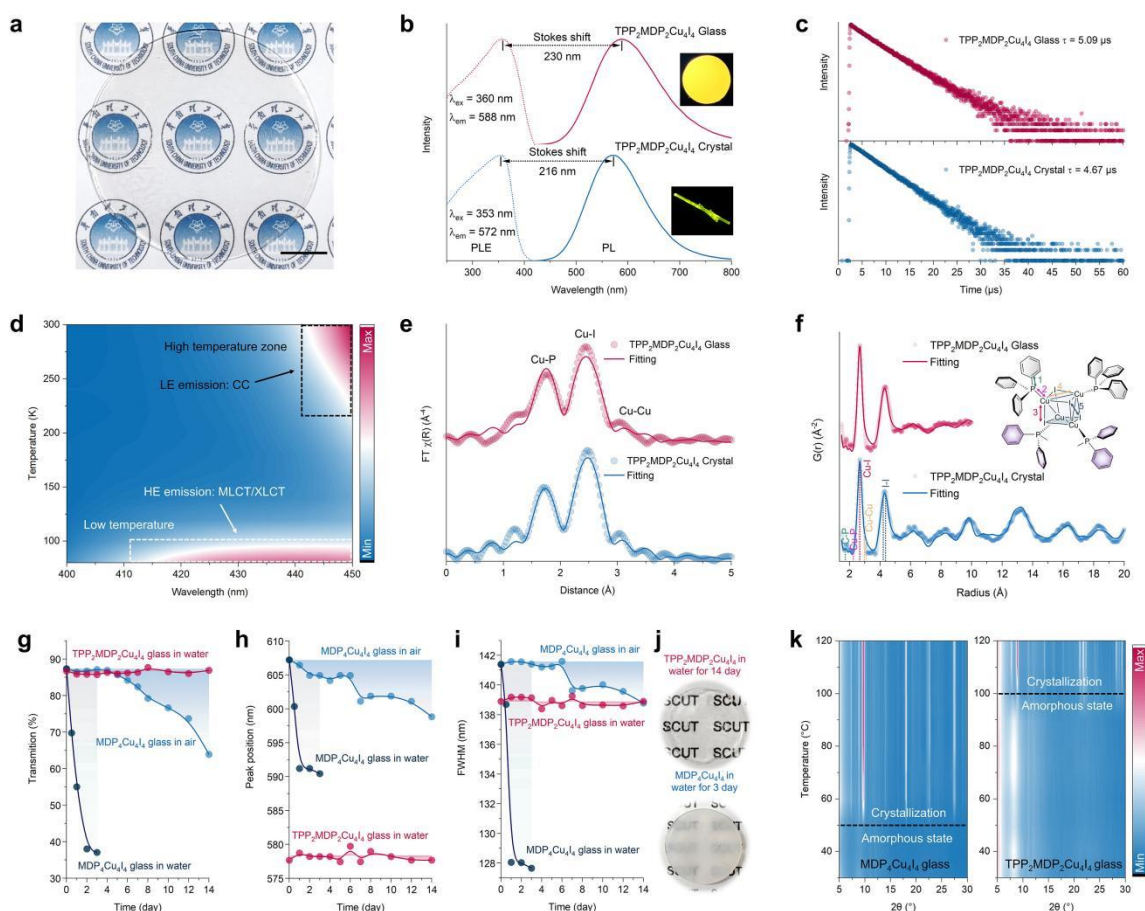


图 2 TPP₂MDP₂Cu₄I₄ 玻璃的光物理、局域结构与稳定性

作为功能光纤芯材，材料必须在可加工的同时保持高效的激发态动力学和长期结构稳定。TPP₂MDP₂Cu₄I₄ 玻璃光致发光量子效率达到 72.9%，寿命仅 $5.09 \mu\text{s}$ ，为高效快速辐射响应提供基础。更关键的是，EXAFS 与基于晶体结构的 PDF 精修共同揭示：玻璃化虽消除了长程周期性，但 Cu-I 和 I-I 等关键短程关联位置基本保持，Cu₄I₄ 团簇骨架在无序网络中仍高度保真。更重要的是，异配体设计同时显著提升了杂化玻璃长期稳定性。分子空间约束、较低表面润湿性和更高热稳定性的协同作用，使长期困扰杂化玻璃的环境敏感性得到有效缓解。

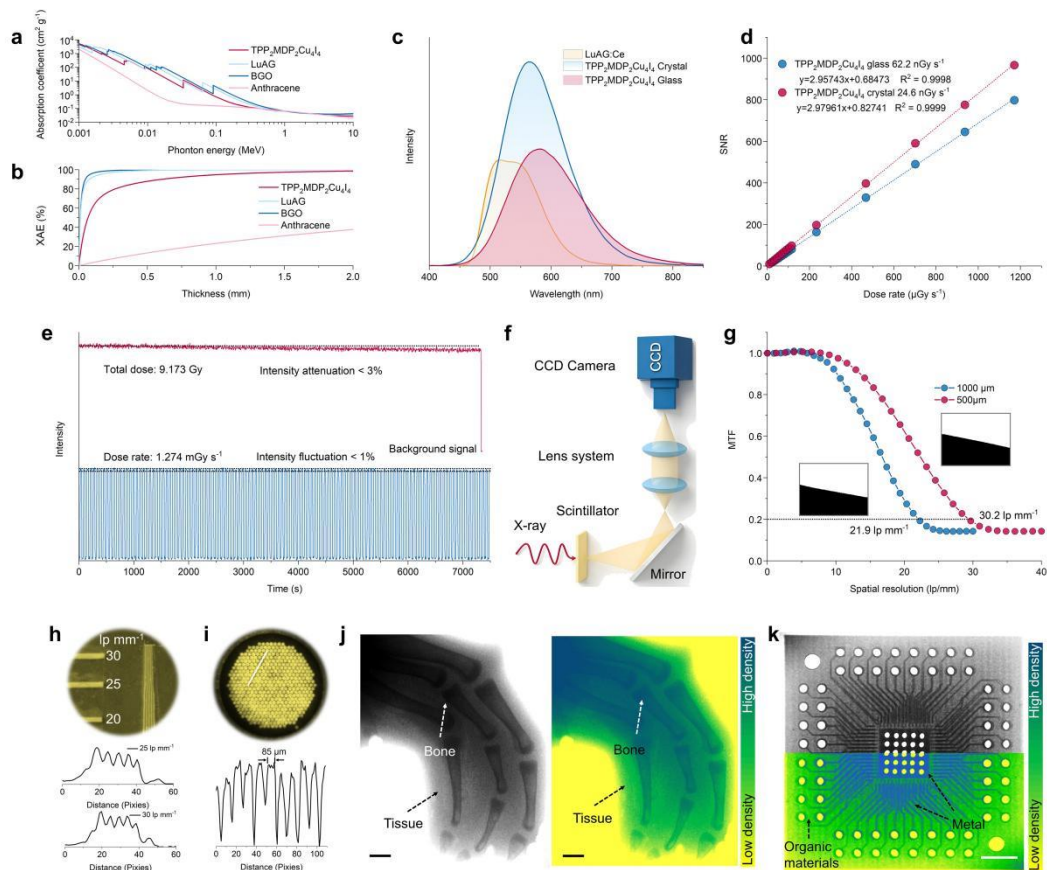


图 3 TPP₂MDP₂Cu₄I₄ 晶体和玻璃的 X 射线闪烁性能

TPP₂MDP₂Cu₄I₄ 玻璃光产额达到 38598 photons MeV⁻¹，X 射线探测限低至 62.2 nGy s⁻¹，约比常规医学诊断剂量率低两个数量级。基于块体玻璃构建的 X 射线成像系统中，500 μm 厚样品在 MTF=0.2 时空间分辨率达到 30.2 lp mm⁻¹。进一步地，闪烁光纤还可通过端面对接与石英光纤耦合，实现至少 20 m 的辐射信号远距离传输，为“探测端置于辐射区、读出端位于安全区”的分布式监测提供技术基础。

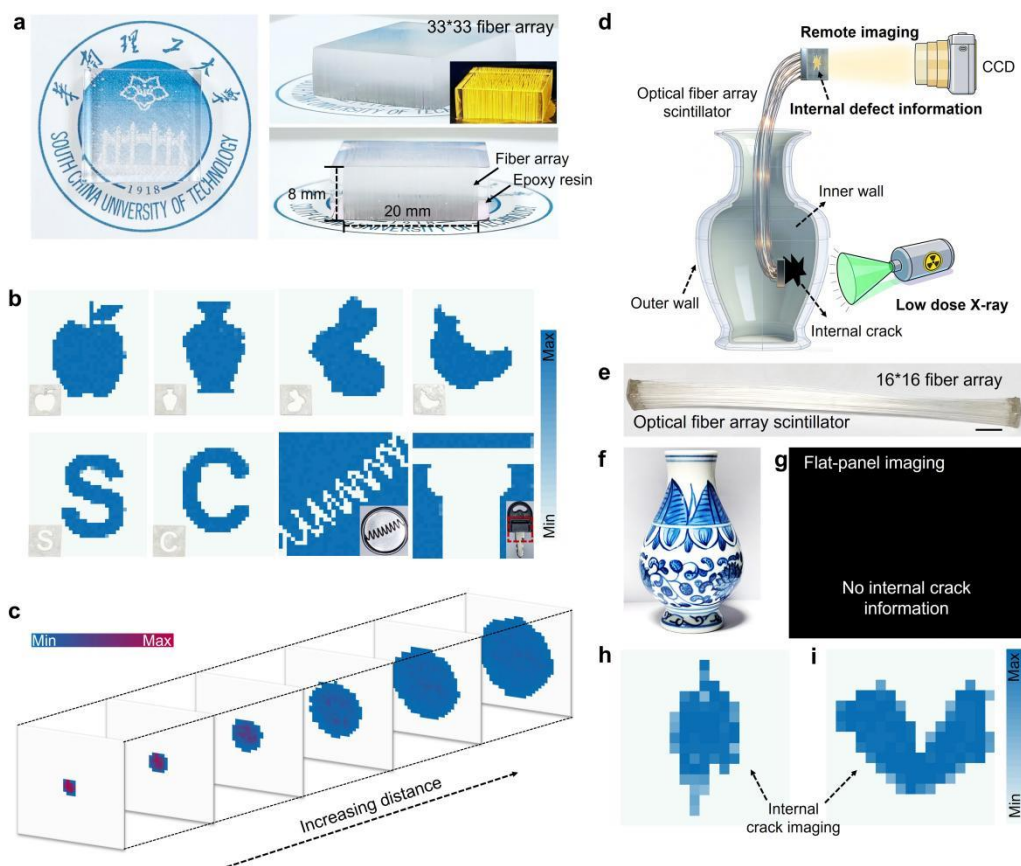


图 4 TPP₂MDP₂Cu₄I₄玻璃光纤阵列及远程 X 射线成像

光纤阵列的核心优势并非单纯柔软，而是每根光纤同时充当独立的闪烁像素和波导通道，使产生的光被限制在各自纤芯内传播，从物理机制上抑制横向串扰，并削弱传统块体闪烁体中“厚度增加—光扩散增强—空间分辨率下降”的矛盾。团队首先构建了由 1089 根光纤组成的 33×33 阵列，可清晰识别封装在不同材料中的复杂结构，并通过不同传播截面的光斑测量实现 X 射线束包络和强度分布的三维重构。进一步制备的 16×16 柔性阵列长度约 15 cm，可沿弯曲路径进入中空或狭窄结构。对于预先设置在陶瓷瓶内壁的裂纹和孔洞，常规外置平板 X 射线成像几乎无法获得有效缺陷信息，而柔性光纤阵列可直接进入瓶体内部并重建缺陷位置与形貌，展示出传统二维探测架构难以具备的“深入目标内部、远端读取信号”的成像能力。

这项工作建立了“配体分子设计—玻璃热力学调控—连续光纤制造—高效闪烁—柔性远程成像”的完整材料与器件路线，为稳定有机-无机杂化玻璃光纤提供了可扩展的设计范式，并为核设施远程监测、介入放射学和工业复杂构件无损检测等应用提供新的技术路径。

相关研究成果以“*Scintillating Fibers From Stable Heteroleptic Hybrid Glasses for Remote X-Ray Detection*”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为华南理工大学夏志国教授，西安交通大学孙敏副研究员，第一作者为孙永胜博士。该研究工作得到了国家自然科学基金（No. 52425206、22361132525）、广东省科技项目（2025A0505020006）及发光材料与器件国家重点实验室自主课题（Skllmd-2026-07）等资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1002/adma.74844>

赵祖金教授团队：折叠型空间共轭热活化延迟荧光材料实现高性能红光 OLED

面向超高清全彩显示需求，有机发光二极管（OLED）领域亟需开发高效、低滚降的红光材料。纯有机热活化延迟荧光（TADF）材料可通过反系间窜越（RISC）实现理论上 100% 的激子利用率。然而，红光 TADF 材料受能隙定律制约，非辐射衰减加剧，传统线性价键共轭结构亦难以兼顾强辐射跃迁与快速 RISC。因此，突破传统共轭模式，探索新的电子耦合与激发态调控机制，是发展高性能红光 TADF 材料的重要路径。

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

金教授课题组突破传统线性价键共轭的分子设计思路，提出基于刚性折叠构型的空间共轭策略，开发了一类兼具高发光量子产率与快速 RISC 的红光 TADF 材料。刚性折叠骨架通过空间电子耦合调控激发态性质，并有效限制分子内运动、抑制非辐射跃迁能量耗散，为开发高性能红光 TADF 材料提供了新的设计思路。

分子设计与结构特征：以喹噁啉-6,7-二氰基作为电子受体，二(4-联苯基)胺作为电子供体，并以具有空间共轭特性的联苯作为桥连基团，设计合成了 DCQ-DBPA、F-DCQ-DBPA 和 CN-DCQ-DBPA 三种折叠型红光 TADF 分子。单晶结构显示，三个分子均呈现规整的反向平行堆叠构象，两个联苯桥在空间上紧密靠近，最短的 C-C 距离小于 3.5 Å，说明联苯桥之间存在空间共轭作用（图 1）。

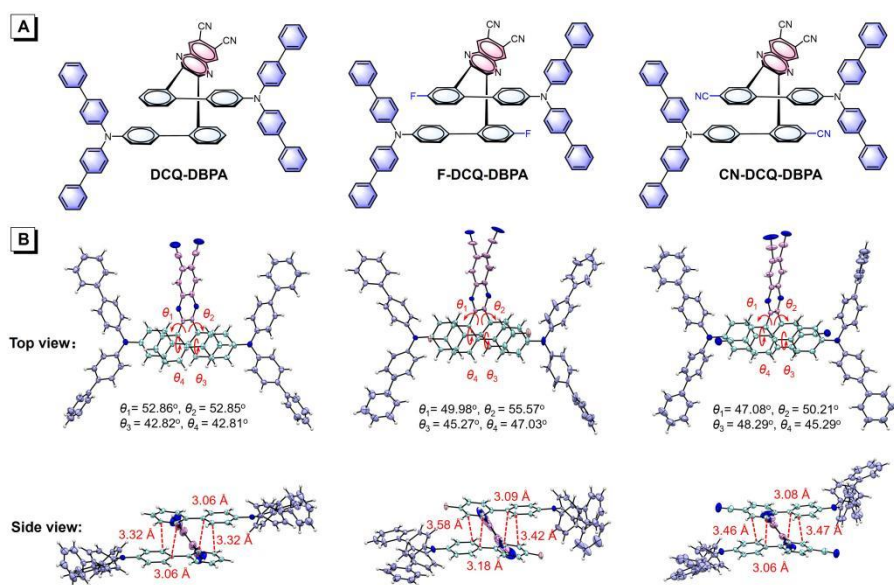


图 1 分子结构与单晶结构

空间共轭调控激发态电子结构：理论计算进一步揭示了折叠构型对激发态性质的调控，三个分子的 HOMO 与 LUMO 轨道保持有效的空间分离，有利于减小分子的单线态 - 三线态能级差；同时， T_1 态具有杂化局域-电荷转移 (LE/CT) 特征，有助于激发态之间

的振动耦合及 RISC 过程。RDG 分析表明两个联苯桥之间存在明显的分子内空间相互作用（图 2）。

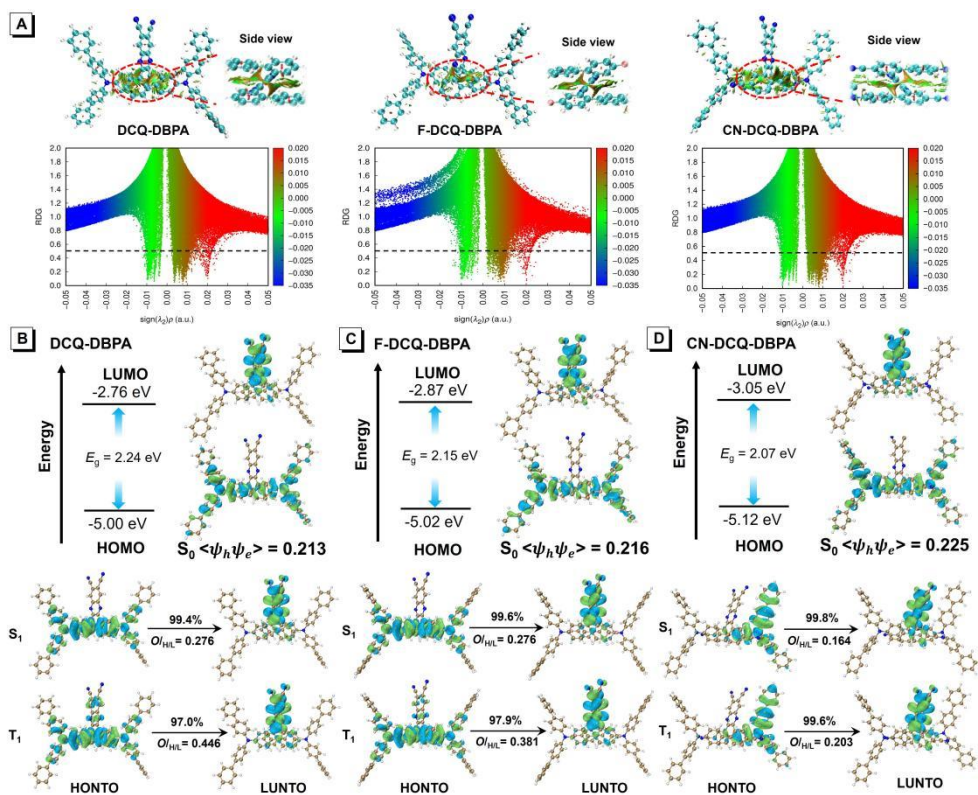


图 2 理论计算结果

高效红光发射与快速 RISC：得益于刚性折叠骨架对分子内运动的有效限制，三个分子在保持红光发射的同时表现出较高的荧光量子产率。DCQ-DBPA、F-DCQ-DBPA 和 CN-DCQ-DBPA 在掺杂膜中的发射峰分别位于 602、620 和 627 nm。与此同时，较小的单线态-三线态能级差及有利的激发态耦合促进了三线态激子的快速上转换，RISC 速率最高达到 $9.44 \times 10^6 \text{s}^{-1}$ （图 3）。这些结果表明，折叠空间共轭结构不仅能够通过构象刚化抑制非辐射能量损失，还能够协同调控激发态电子结构与自旋转换动力学，从而在红光区实现“高发光效率”与“快速 RISC”之间的有效平衡。

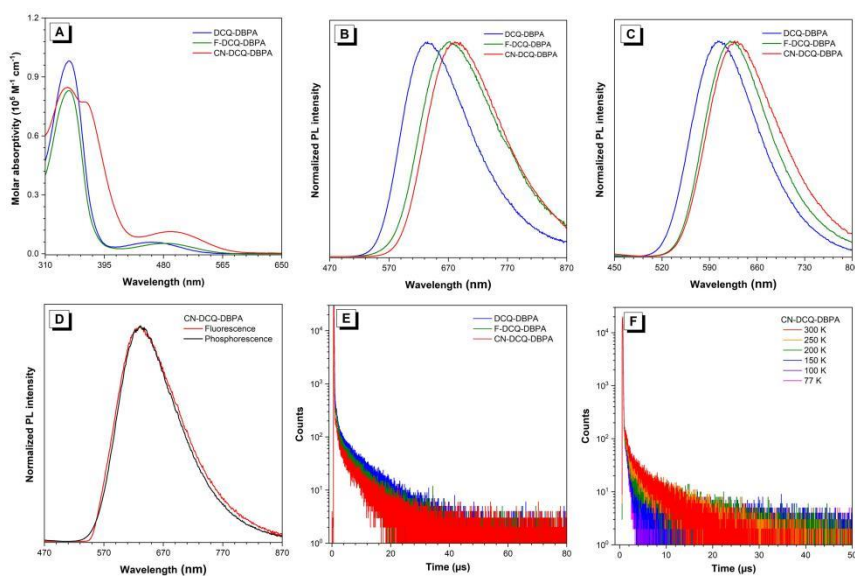


图 3 分子光物理性质

高效率、低滚降红光 OLED：以三种材料作为发光客体制备掺杂 OLED 器件，器件分别实现 602、618 和 624 nm 的橙红光至红光发射。得益于较高的光致发光效率与较快的 RISC 动力学过程, CN-DCQ-DBPA 器件实现了高达 27.7% 的最大外量子效率, CIE 色坐标为 (0.61, 0.38)。该器件在 1000 cd m^{-2} 高亮度下仍能保持 18.5% 的外量子效率, 表现出较低的效率滚降 (图 4)。

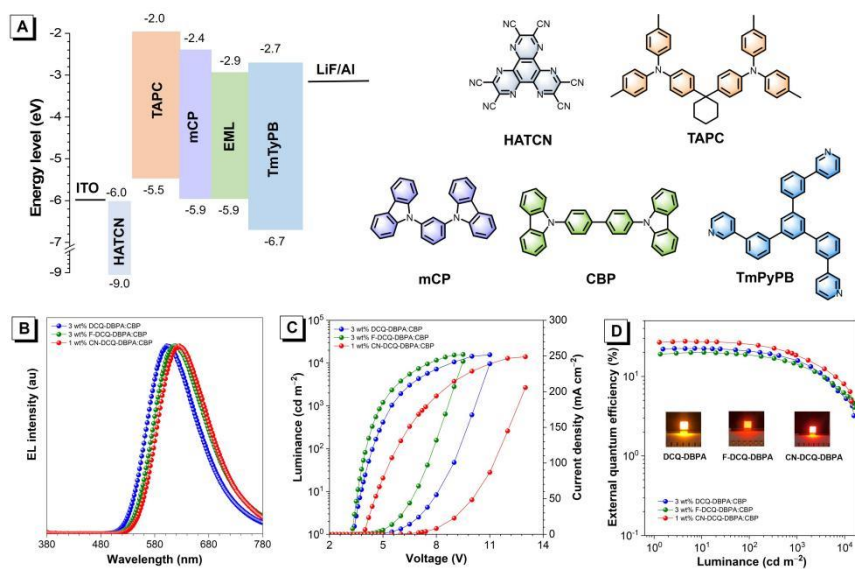


图 4 掺杂器件性能

上述结果表明，折叠型空间共轭策略可通过构象刚化与空间电子耦合，协同抑制非辐射衰减并调控激发态过程，为兼顾红光TADF材料的发光效率与RISC动力学提供了新的分子设计思路。

相关研究成果以“*Through-Space Conjugated Red Thermally Activated Delayed Fluorescence Materials for Efficient OLEDs*”为题发表在 *Advanced Functional Materials* 上，其中通讯作者为赵祖金教授，第一作者为博士研究生伍俊琪。该研究工作得到了国家自然科学基金（U23A20594、22375066）及广东省基础与应用基础研究基金（2023B1515040003）的资助。

原文链接：

<https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.77566>

夏志国教授团队：锰基杂化卤化物发光玻璃实现基于寿命的热成像

接触式温度传感在微电子热管理、生物医学和工业过程监控等领域具有重要需求。荧光寿命测温法因其信号不受激发功率、探针浓度和光路波动影响，被认为是定量热成像的最可靠手段之一。然而，传统稀土掺杂荧光材料的寿命温度灵敏度普遍偏低，且其刚性晶体结构难以贴合复杂曲面，限制了在电子器件热点监测等实际场景中的应用。如何在提升灵敏度的同时赋予材料柔性适配能力，是该领域面临的核心挑战。

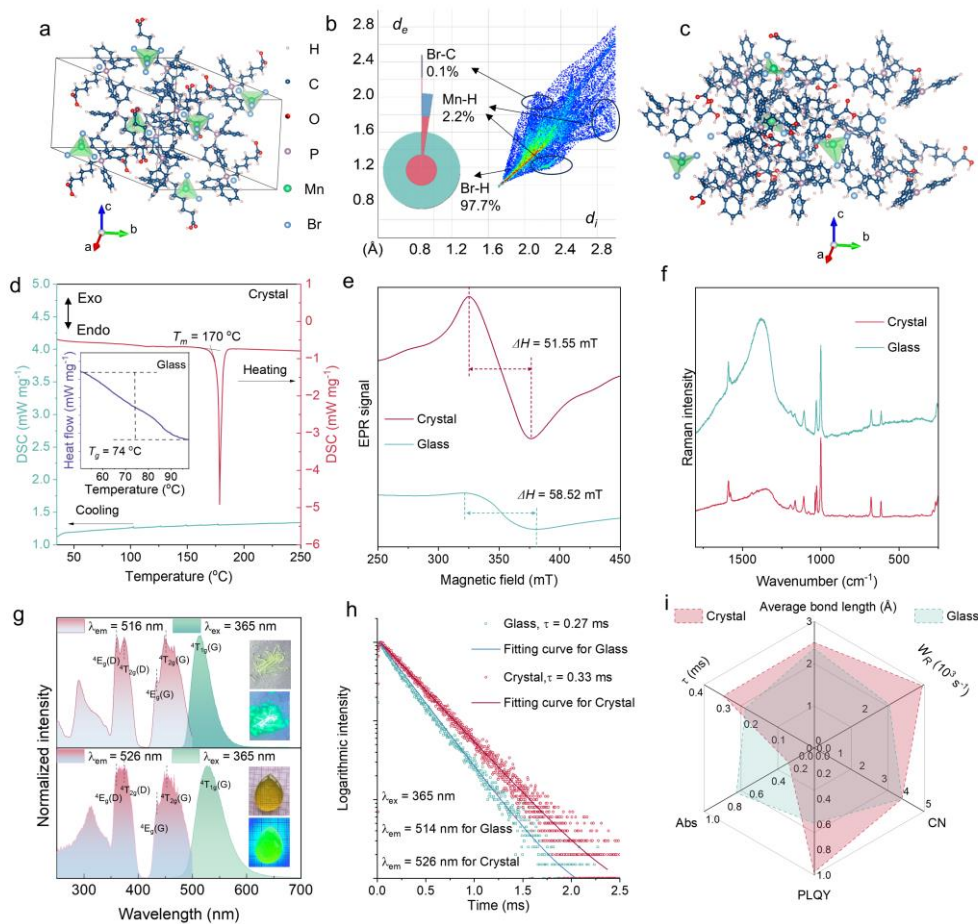


图 1 $(5CTP)_2MnBr_4$ 单晶及玻璃的结构与发光性能

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室夏志国教授团队报道了一种可低温熔融加工的零维锰基杂化卤化物玻璃 $(5CTP)_2MnBr_4$ 。该玻璃通过熔融淬火将高度有序的晶体转化为无序玻璃网络，引入密集陷阱态并增强电子-声子耦合，使其 Mn^{2+} 荧光寿命对温度的灵敏度较晶态大幅提升，相对灵敏度达 $6.62\% K^{-1}$ 。得益于玻璃优异的低温加工性能，团队实现了在曲面基底上的共形涂覆，并结合高速相机逐像素提取荧光寿命，首次在杂化卤化物玻璃体系中实现了全场面温度分布远程成像。

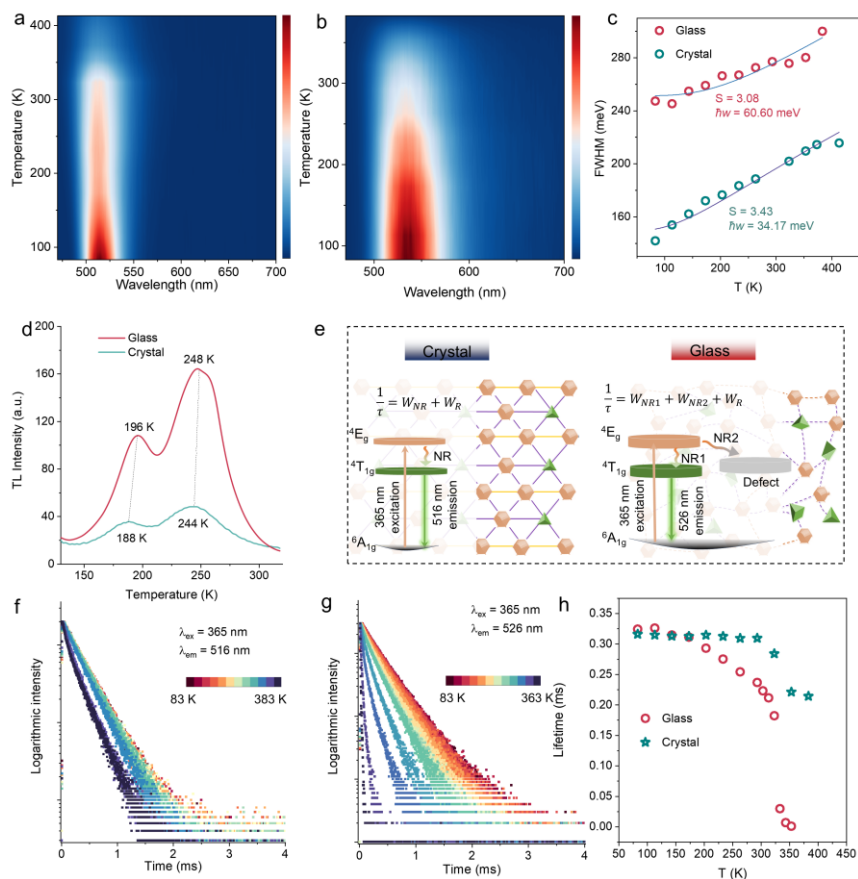


图 2 (5CTP)₂MnBr₄ 单晶及玻璃的变温发光性能

研究团队以蒸发结晶法合成了(5CTP)₂MnBr₄单晶,其具有零维结构, [MnBr₄]²⁻四面体被有机阳离子隔离。通过 250 °C 熔融淬火,团队成功将该晶体转变为透明玻璃态。虽然 Mn²⁺的四面体配位得以保持,但玻璃化引起 Mn—Br 键长缩短、键角畸变,发射峰从 516 nm 红移至 526 nm,半高宽由 40.6 nm 展宽至 56.7 nm。热释光谱显示,玻璃的陷阱密度远高于晶体,陷阱深度也略有增加。这种结构无序诱导的密集陷阱态为激发态载流子提供了额外的热激活非辐射弛豫路径,使玻璃的荧光寿命(0.27 ms)在 83–413 K 范围内随温度升高呈现极为灵敏的衰减,最大相对灵敏度达 6.62% K⁻¹。

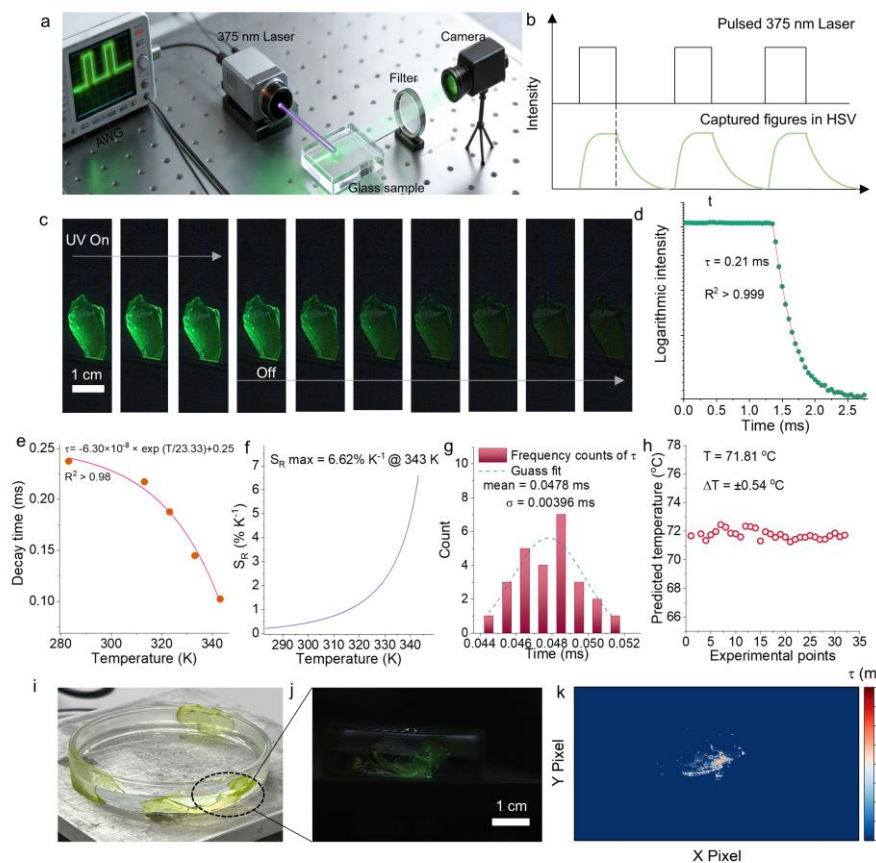


图 3 (5CTP)₂MnBr₄ 玻璃基于荧光寿命的温度传感性能

团队进一步利用该玻璃低熔点和优异玻璃形成能力，将其熔融涂覆于曲面玻璃表面及电路板电子元件上。在脉冲 375 nm 激光激发下，高速相机采集时间分辨发光图像，逐像素提取荧光寿命并利用校准曲线转换为温度，成功实现了对不规则表面温度分布的远程成像，温度测量精度达 0.54 °C。

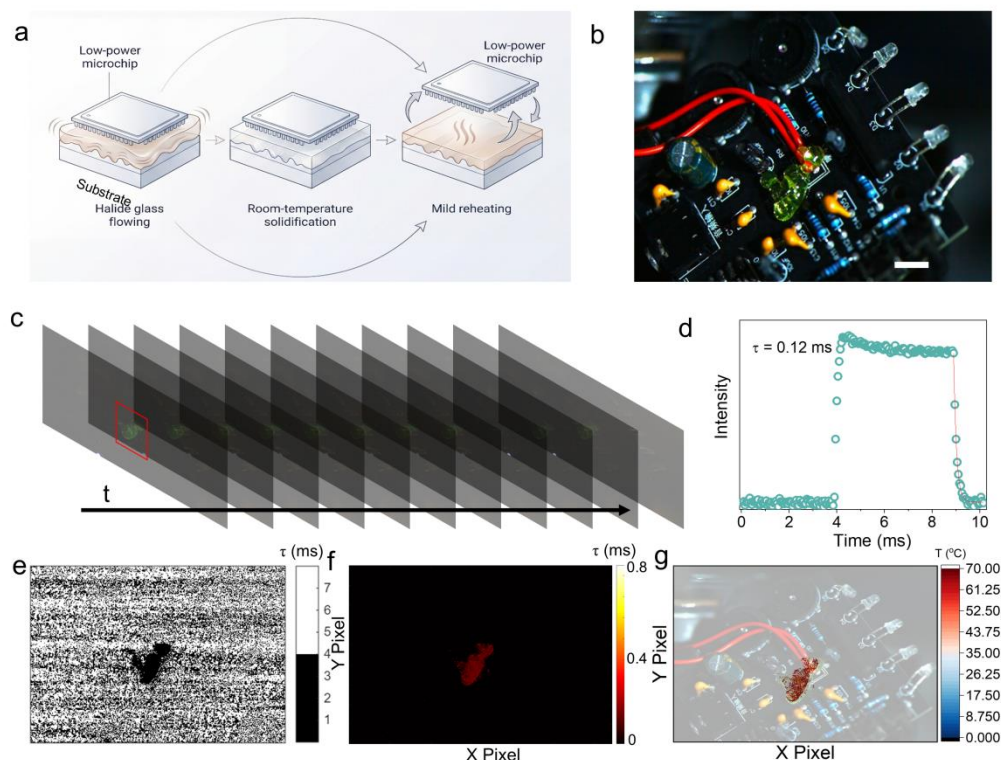


图 4 荧光寿命型温度传感玻璃的热成像应用演示

相关研究成果以“*Melt-Processable Manganese (II)-Based Hybrid Luminescent Glass Enables Lifetime-Based Thermal Imaging*”为题发表在 *Angew. Chem. Int. Ed.* 上，其中通讯作者为夏志国教授，第一作者为汪玉珍副教授。该研究工作得到了国家自然科学基金（No. 52302177, 52425206）、广东省基础与应用基础研究基金（2024A1515011070）、广东省科技项目（2025A0505020006）等项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1002/anie.1758525>

有机光伏材料与器件

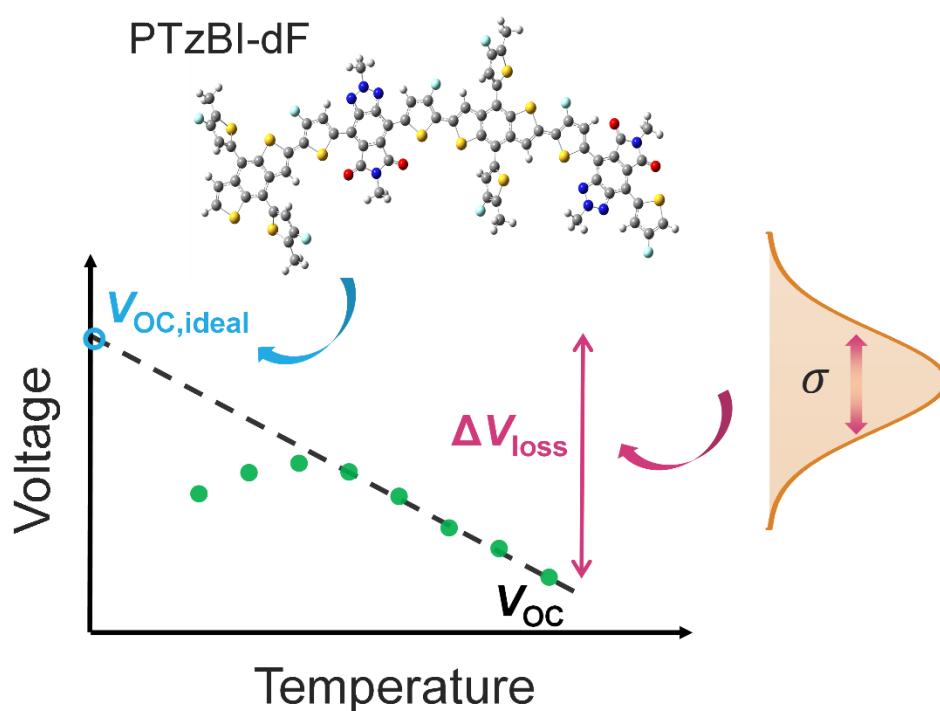
李宁教授团队：解耦有机光伏器件中能量无序和分子结构有序的竞争作用

有机太阳能电池效率虽已突破 20%，但非辐射电压损失仍是制约性能的关键瓶颈。能量无序与分子结构有序被认为是影响损失的核心因素，但二者的竞争机制及协同影响长期不明，尤其难以解释低温下开路电压的异常行为。因此，解耦能量无序与结构有序的作用，对降低能量损失、推动器件效率突破至关重要。

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通过系统研究三种 HOMO 偏移相近的给体-受体体系，实现了分子有序与能量无序的定量解耦。尽管平面聚合物给体可实现较高的理想开路电压，但其固有的静态无序性会导致严重的性能损失。这一结果直接挑战了“提高平面性即能降低电压损失”的传统假设，并建立了一套从变温外推电压极限、提取态密度宽度到迁移率平衡判据的系统性方法，为有机光伏材料设计提供了更精准的筛选逻辑。

该工作通过系统性地改变与 L8-BO 共混的聚合物给体(PM6、PTzBI-dF、D18-Cl)，巧妙控制共混膜的 HOMO 偏移基本一致，排除了电荷分离驱动力的干扰。研究发现，PTzBI-dF 凭借刚性平面骨架，在降温时形成高度有序聚集，使其 0 K 理想电压高达 1.284 V，远超另外两个体系。然而，其固有的静态能量无序过高，高斯态密度展宽高达 0.676 eV，远大于 D18-Cl 的 0.382 eV。更宽

的态密度促使载流子热化进入带尾陷阱，加速非辐射复合；同时，电子和空穴迁移率的严重失衡进一步恶化空间电荷效应。该效应在 200 K 以下被放大，载流子迁移率冻结和带尾态填充共同导致开路电压饱和甚至下降。最终，基于 PTzBI-dF 器件的室温电压损失高达 0.348 V，实际开路电压反被无序度最低的 D18-Cl 超越。结果表明，能量无序对非辐射损失的支配性作用可以完全盖过结构有序的优势。因此，缓解这种无序性对于减少能量损失并推动下一代有机光伏技术的发展至关重要。



相关研究成果以“*Decoupling Competing Roles of Energetic Disorder and Molecular Structural Order in Organic Photovoltaics*”为题发表在 *Advanced Energy Materials* 上，其中通讯作者为李宁教授，第一作者为康兴旺博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金（52373179、52394273）、TCL 科技创新基金（20242065）、中央高校基本科研业务费专项基金（2025ZYGXZR024）以及中

国教育部基础与交叉学科突破计划(JYB2025XDXM410)等科研项目的资助。

原文链接: <http://doi.org/10.1002/aenm.71301>

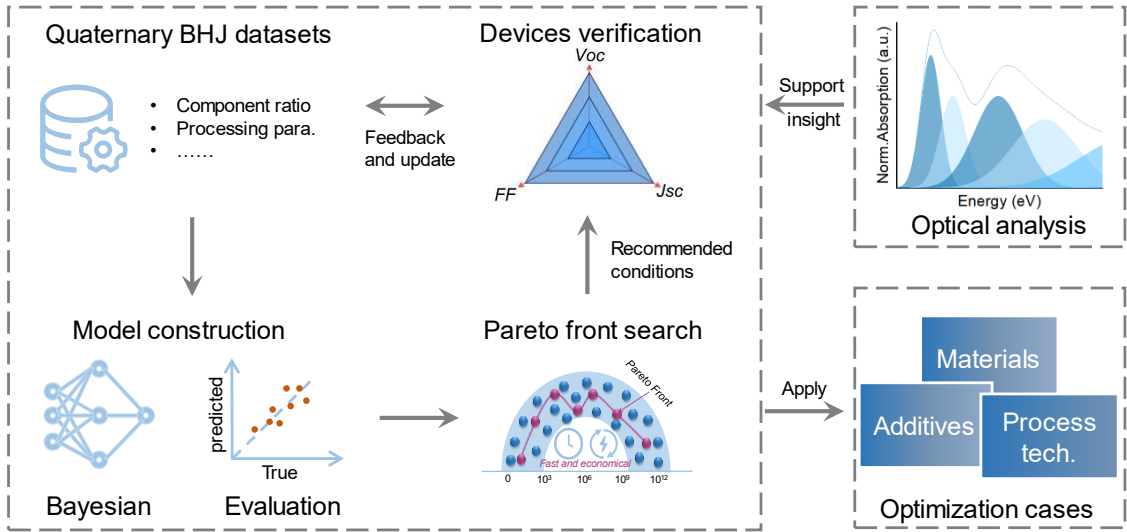
李宁教授团队：有机太阳能电池高维加工空间的闭环多目标贝叶斯优化

有机太阳能电池的功率转换效率已突破 21%，但其光电性能受给/受体能级匹配、活性层形貌及多重加工参数等多种因素共同制约。这些参数之间存在复杂的非线性耦合和性能权衡关系，使得传统“试错式”研发效率低下，严重限制了新材料体系和工艺的探索。因此，亟需引入多目标贝叶斯优化策略，以加速破解这一行业难题。

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利用多目标贝叶斯优化算法，使有机光伏器件效率达到 20.1%，有望拓展有机光伏材料与器件领域的应用。

经验驱动和优化策略在推动有机光伏技术的发展中起到了关键作用。借助化学直觉与处理参数的逐步调谐，研究者能够制备出性能优异的有机太阳能电池。然而，当参数空间高度多维、变量间存在强关联且面临多重性能目标相互制约时，全局最优解的搜寻依旧是一项艰巨挑战。为此，我们提出了一种基于多目标贝叶斯优化的闭环工作流程，旨在实现有机太阳能电池的高效、智能化优化。该流程在由聚合物给体 PM6 和 D18、非富勒烯受体 BTP-eC9 和 L8BO 构成的四元活性层体系中得以验证，能够有效覆盖由组成比例与制备条件共同定义的八维参数空间，该空

间囊括了约 2.2×10^{14} 种潜在组合。仅经过五个主动学习周期，优化即收敛至高性能区域，器件效率成功突破 20%。进一步地，该工作流程在不同材料体系及制备方法中的可迁移性也得到了验证，表明其能够在数次迭代内稳定引导优化过程抵达高性能区间。综上，本研究建立了一个高效、可扩展的闭环框架，为快速锁定有机光伏材料理想加工窗口提供了有力工具。



相关研究成果以 “*Closed - Loop Multi - Objective Bayesian Optimization of High - Dimensional Processing Spaces for Organic Solar Cells*” 为题发表在 *Advanced Functional Materials* 上，其中通讯作者为李宁教授，第一作者为陆飞跃博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金（52394273 和 52373179）、TCL 科技创新基金（20242065）、中央高校基本科研经费（2025ZYGXZR024）、中国教育部基础与跨学科领域突破计划（JYB2025XDXM410）等科研项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1002/adfm.77413>

无机发光与光纤激光

董国平教授团队：基于配位聚合物复合玻璃微腔实现多波长超低阈值上转换激光

微型化、低功耗和多功能上转换激光光源是未来集成光子器件发展的重要方向。稀土掺杂上转换纳米晶作为实现低阈值、多波长微型激光器的核心增益介质，其与光学微腔的有效集成一直面临巨大挑战。如何在保持纳米晶发光效率的同时，构建高品质、低损耗的微腔结构，是实现高效、稳定及多波长激光输出亟待突破的瓶颈。

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室董国平教授课题组利用稀土掺杂上转换纳米晶/配位聚合物复合玻璃微瓶谐振腔，实现了从可见光到近红外区域的多波长超低阈值上转换激光输出，有望拓展其在紧凑型多功能集成光子器件等领域的应用。

传统上转换微腔激光器多依赖在聚合物或氧化物玻璃微腔表面涂覆掺杂纳米颗粒，或通过高温原位析晶在玻璃微腔内部形成纳米晶增益介质。前者因涂层引入界面散射损耗，后者则面临高温处理导致纳米晶尺寸与分布不均、晶相难以控制、非辐射弛豫增强等问题，限制了微腔激光性能的进一步提升。如何在温和条件下实现纳米颗粒的无损、均匀嵌入并保持高品质微腔特性，是该领域长期面临的共性挑战。

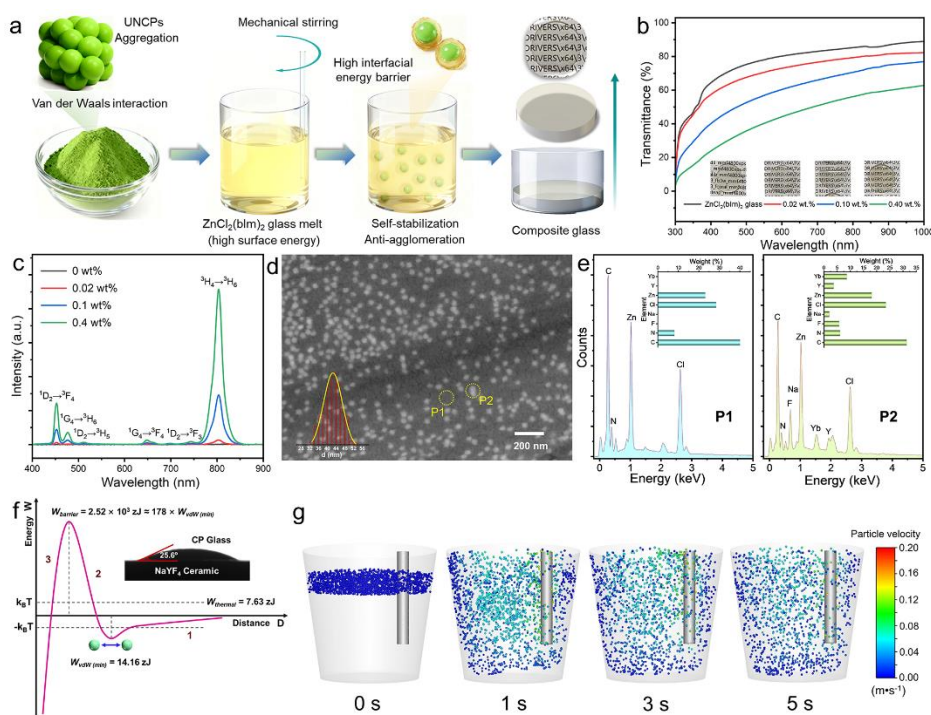


图 1.复合玻璃的制备与性能表征

针对上述难题，该团队创新性地选用 $\text{ZnCl}_2(\text{bIm})_2$ ($\text{bIm} = \text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2$)配位聚合物玻璃作为微腔基质，其低熔融温度 (225.5°C) 使得稀土掺杂上转换纳米颗粒可在温和条件下实现无损嵌入。该玻璃熔体对纳米颗粒表现出优异的界面润湿性（接触角 25.6° ），形成高达 $2.52 \times 10^3 \text{ zJ}$ 的界面能垒，有效抑制颗粒团聚，结合热动能 ($\sim 7.63 \text{ zJ}$) 的协同作用，使纳米颗粒在低黏度熔体中迅速实现均匀分散。复合前后纳米晶结构完整，发光特性无明显变化，且微腔高 Q 值得以保持。基于该复合材料制备的微瓶腔（直径 $\sim 20 \mu\text{m}$ ），在 980 nm 激光泵浦下，实现了覆盖 $400\text{-}850 \text{ nm}$ 范围内的多波长上转换微腔激光输出，泵浦阈值低至 140 nW ，线宽仅 0.14 nm ，且输出波动低于 5% 。该工作通过配位聚合物玻璃的低温加工优势与优异界面相容性，解决了纳米颗粒无损分散与微腔光学性能保持的协同难题，为高性能集成上转换光子器件开辟了新路

径。

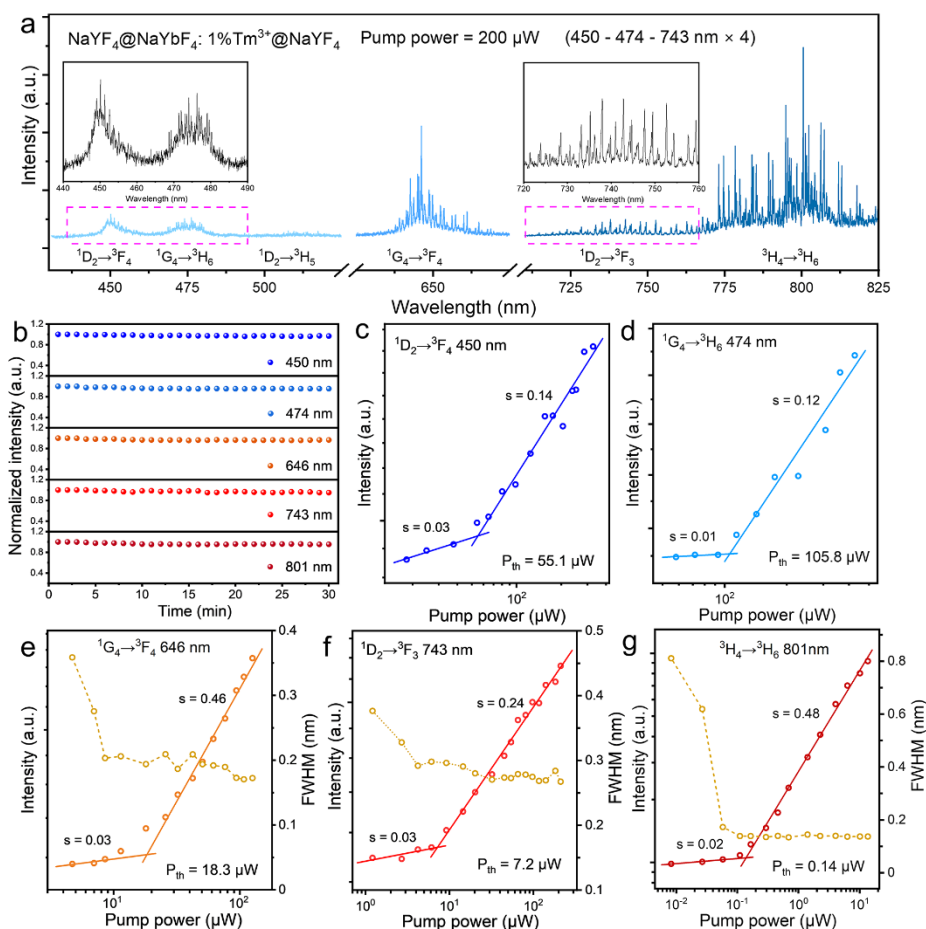


图 2.多波长上转换微腔激光输出

相关研究成果以“*Multi-Wavelength Upconversion Lasers Based on Coordination Polymer Glass Incorporating Lanthanide-Doped Nanoparticles*”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为董国平教授，肖秀娣教授，第一作者为陈为为博士。该研究工作得到了广东省重点研发项目(2026B0101060001)，国家自然科学基金项目(52572162, 62405092, 52572006)等科研项目的资助。

原文链接: <https://doi.org/10.1002/adma.74263>

前沿交叉

应磊研究员&李宁教授团队：电沉积自组装分子界面构筑策略

自组装分子层（Self-assembled Monolayers, SAMs）因具有超薄厚度、高效电荷传输能力以及优异界面调控能力，被广泛应用于新一代钙钛矿太阳电池。然而，传统溶液组装方法主要依赖分子在电极表面的自发吸附过程，受到透明导电电极表面粗糙度、活性位点分布不均以及分子扩散过程限制，容易产生覆盖不足、局域聚集以及界面稳定性下降等问题，成为限制高效率、大面积钙钛矿太阳电池发展的关键因素。

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、李宁教授团队提出了一种电沉积自组装分子界面构筑新策略，利用外加电场主动调控分子的界面形成过程，实现了更加均匀、致密和稳定的分子功能层。

该方法突破了传统自组装过程依赖分子自然扩散和吸附的限制，将自组装分子层的形成由“被动组装”转变为“主动调控”，为高性能光伏器件界面制造提供了新的技术路径。

自组装分子层是一类厚度仅为纳米尺度的功能界面材料，能够有效促进载流子传输并降低界面损失，是近年来高效率钙钛矿太阳电池的重要组成部分。

然而，由于透明导电电极表面存在微观起伏和活性位点分布不均等问题，传统溶液制备方式容易导致分子覆盖不完整、局域堆积以及界面结合不足，从而影响器件进一步提升。

针对上述问题，团队提出利用电化学方法主动构筑自组装分

子界面。研究人员将透明导电氧化物电极置于含有自组装分子的电解液中，通过周期性变化的电信号驱动分子发生去质子化反应，使磷酸头基更容易与电极表面的铟、锡位点形成化学结合。同时，电场作用促进分子在界面上的动态调整，使其能够填补初始覆盖不足区域，实现类似“自修复”的界面构筑过程。

与传统溶液组装方式相比，电沉积方法形成的自组装分子层表现出更加均匀的覆盖特征和更强的界面结合能力。通过 ^{18}O 同位素示踪界面化学键中氧原子的来源的结果表明，旋涂样品更多表现出 ITO 上羟基参与的脱水缩合特征，而电沉积则保留了更多来自分子自身的 ^{18}O ，支持去质子化磷酸根参与界面结合的相对贡献增加。由此，电沉积方法为自组装分子提供了一条对 ITO 表面羟基依赖较低的互补锚定路径，有助于增加有效锚定位点并提高分子层稳定性（图 1）。

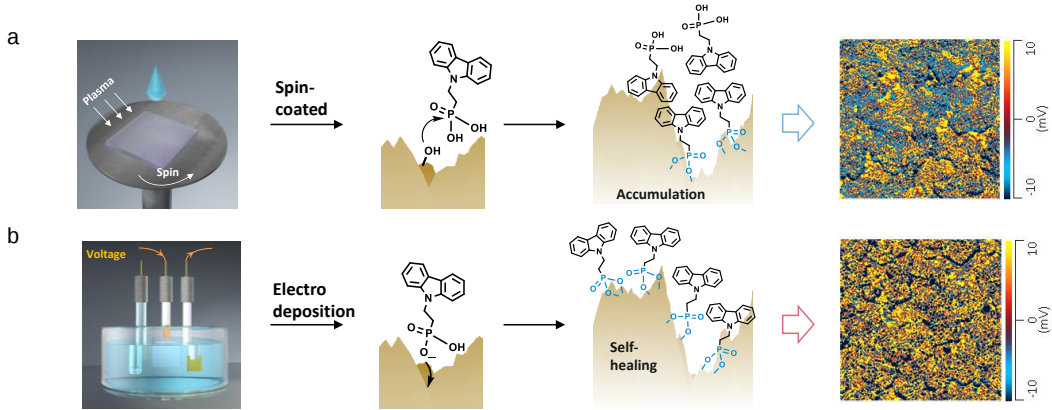


图 1 旋涂法和电沉积法制备自组装分子示意图

在此基础上，团队进一步发展了模块化功能调控策略。通过电化学氧化偶联方法，在基础自组装分子层上进一步引入不同功能基团，例如提高界面润湿性的氰基基团、增强缺陷钝化能力的吡啶基团以及调控晶体生长过程的金刚烷基团，实现了针对钙钛

矿薄膜形成过程和界面性质的精准调控（图 2）。

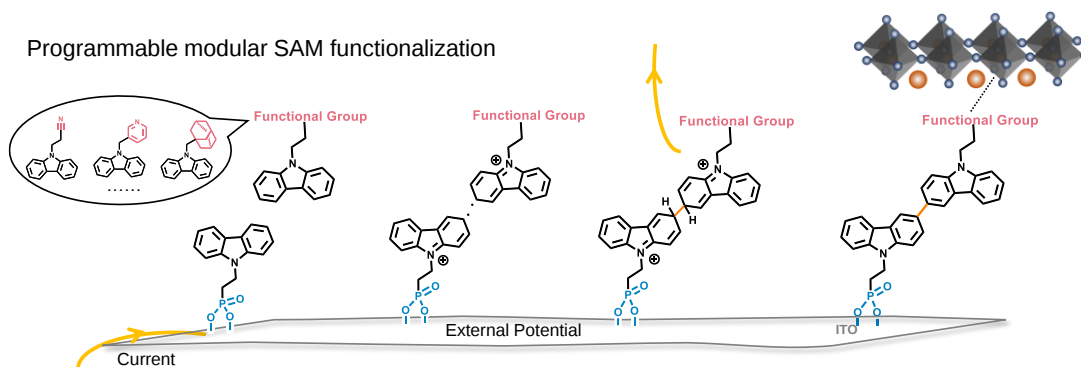


图 2 电沉积提供模块化构筑平台示意图

基于该电沉积功能化分子界面，团队制备的钙钛矿太阳电池实现了 26.8% 的光电转换效率，同时，该方法能够拓展至大面积器件制备，在 65 cm² 钙钛矿组件中实现 21.3% 的光电转换效率，展现出良好的规模化应用潜力。

相关研究成果以“*Electrodeposited self-assembled molecules for perovskite photovoltaics*”为题发表在《*Nature*》上，其中通讯作者为李宁教授、应磊研究员，第一作者为熊志辉、唐溢伸、罗轩昂博士。

本研究工作得到国家自然科学基金项目（批准号：52394273、52373179 和 U23A2092）、广东省基础与应用基础研究基金项目（批准号：2023B1515040026）、中央高校基本科研业务费专项资金项目（批准号：2023ZYGXZR097、2024ZYGXZR076 和 2025ZYGXZR024）、TCL 科技创新基金项目（批准号：20242065）以及教育部基础学科与交叉学科突破计划项目（批准号：JYB2025XDXM410）的支持。

原文链接：<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10844-6>.

宋恩海研究员&张勤远教授&何志才教授团队：窄带红光 pc-LED

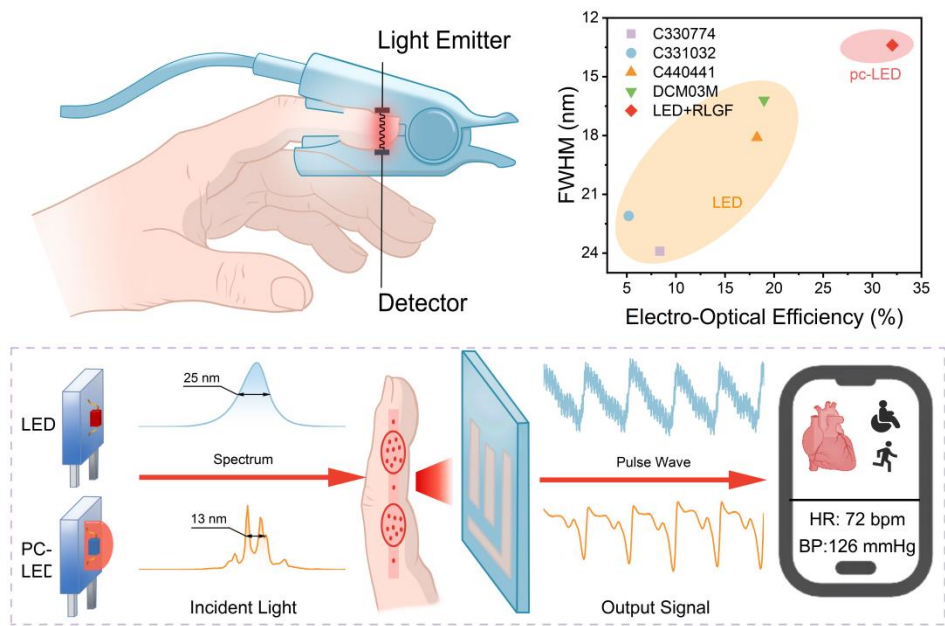
助力高精度血压监测

光电容积脉搏波（PPG）是可穿戴心率、血压监测的重要技术。商用红光 LED 带宽较宽且易热致漂移，容易造成 PPG 波形细节损失。开发窄带、热稳定红光光源，有望从源头提升信号品质，为高精度监测提供基础。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室宋恩海研究员、何志才教授和张勤远教授团队制备 $\text{Rb}_2\text{LiGaF}_6\text{:Mn}^{4+}$ （RLGF:Mn⁴⁺）微晶，并与 InGaN 芯片构筑窄带红光 pc-LED。该器件兼具高效率、窄带发射和热稳定性，显著提升 PPG 波形质量，为无袖带血压等心血管监测提供高质量信号基底。

利用饱和结晶法制备高性能 $\text{Rb}_2\text{LiGaF}_6\text{:Mn}^{4+}$ （RLGF:Mn⁴⁺）红色发光材料，微晶样品外量子效率达到 52%，同时兼具较短发光寿命；将该微晶荧光粉与 InGaN 蓝光芯片结合制备窄带荧光转换 pc-LED，半高宽仅 13.4 nm，电光转换效率 32.03%，20-100 °C 温度区间峰值波长漂移 ≤ 0.3 nm，热光谱稳定性远优于商用普通红光 LED；把该 pc-LED 集成进 PPG 采集样机，相比商用红光光源，可显著提升原始 PPG 波形保真度，脉搏波形关键特征识别率大幅提升；基于该高质量 PPG 数据集，采用严格受试者不交叉划分方案对轻量 CNN 卷积神经网络进行微调训练，独立测试集上收缩压平均绝对误差 2.86 mmHg，舒张压平均绝对误差 2.40 mmHg，实现概念验证级别的无袖带血压估算，建立从发光材料到可穿戴 PPG 设备完整的光谱工程提升生理信号质

量的技术路径。



相关研究成果以“*High-Quality Photoplethysmography Signal Enabled by Narrowband Red Phosphor Converted Light-Emitting Diodes for Accurate Blood-Pressure Monitoring*”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为宋恩海研究员、何志才教授、张勤远教授，第一作者为郭人华博士生。该研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金及广东省基金资助等科研项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1002/adma.202521971>

殷盼超教授团队：表面限域水构建单锂离子传导水系电解质

水系锂离子电池凭借高安全、低成本、环境友好等优势，被视为下一代大规模储能和柔性电子设备的重要发展方向。然而，传统水系电解质的电化学稳定窗口过窄（通常<1.23 V），

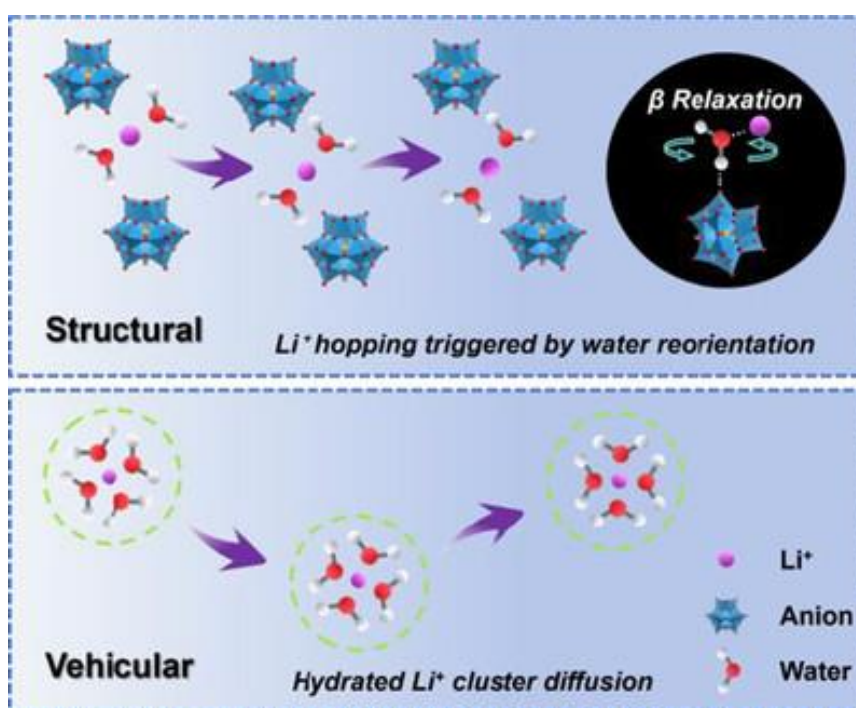
且水分子极易在低温下结冰，导致电池容量骤降。如何同时实现"高电压"与"抗冰冻"，是水系电池领域面临的重大挑战。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室殷盼超教授课题组巧妙利用亚纳米级多金属氧酸盐团簇

($\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}^{4-}$) 构建了具有超低锂负载量（仅约 1 wt%）的新型水系电解质平台，深入剖析了亚纳米表面限域效应对水分子氢键网络及多级弛豫动力学的影响。该研究实现了低至 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的卓越抗冻性，并获得了 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下离子电导率 0.08 S cm^{-1} 、 Li^{+} 迁移数高达 0.92 的单离子传导性能。

以具有 T_d 对称性且表面完全被氧配体占据的 $\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}^{4-}$ 多金属氧酸盐团簇为阴离子骨架，通过调控 LiSiW_{12} 水合物中水合数 n ($n=1, 7, 9$)，系统探究了水含量对微观溶剂化结构及离子传导机制的影响。研究发现，阴离子簇的强限域作用不仅赋予了体系低至 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的卓越抗冻性，其激发的水分子局域快速偶极涨落 (β 弛豫) 更直接介导了 Li^{+} 的高效单离子传输。在极低水合态 ($n=1$) 下， Li^{+} 仅拥有不完整的初级溶剂化鞘，水分子的氢键网络被严重破坏，在 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至常温范围内均无冰晶相变；随着水分子增多，完整的初级和次级溶剂化鞘层形成，体系中高度流动的自由水与界面水分子的 α 弛豫显著增强了 Li^{+} 的扩散动力学。研究通过宽频介电谱 (BDS) 结合复电模量 (M'') 处理方法，成功消除了电极极化和直流电导的宏观掩蔽干扰，揭示了纳米限域下水的多级弛豫动力学。极低水合体系中水分子的 β 弛豫活化能 (0.61 eV) 远高于体相水 (0.30 eV)，固态核磁共振 (SSNMR) 中水分子的自旋-自旋弛豫时间 (T_2) 仅为 0.45 ms ，证明水分子

被极端束缚。离子电导率的活化能 (0.60 eV) 与 β 弛豫活化能高度重合, 提供了离子迁移由水分子局域涨落直接介导的确凿证据。在电化学稳定窗口方面, 低水合体系的水活性低至 0.11 , 但 Nernst 方程计算表明水活性下降仅能提供 28 mV 的拓宽, 2.2 V 的超宽窗口主要是由纳米限域强烈迟滞了水分子的扩散动力学所致。采用 Bruce-Vincent 方法测得 Li^+ 迁移数高达 0.92 , 证实了该体系卓越的单 Li^+ 本征通量能力。



相关研究成果以 "*Surface Confined Water by Metal Oxide Cluster for Single Lithium-Ion Conduction*" 为题发表在能源类国际顶尖期刊 *ACS Energy Letters* 上, 其中通讯作者为殷盼超教授, 第一作者为孙伟刚博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金、国家重点研发计划、广东省基础与应用基础研究基金等科研项目的资助。

原文链接:

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsenergylett.5c01234>

殷盼超教授团队：超小纳米粒子/聚合物动力学耦合实现光学膜精准加工

在聚合物纳米复合材料中，纳米填料不仅可以提升材料的力学、光学、电学或界面性能，还可能通过有序组装产生不同于孤立纳米颗粒的集体效应。如何在宏观尺度上精准控制纳米颗粒在聚合物基体中的空间排列，一直是功能复合材料、超材料、催化材料及光电器件领域的重要问题。然而，常规胶体纳米颗粒的尺寸较大，其松弛动力学能垒随粒径增加而显著升高，外加机械场、电场或磁场往往难以在器件相关尺度上有效驱动其有序排列。这使得纳米颗粒的宏观有序构筑仍然不是一种常规可控的加工手段。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室殷盼超教授团队以约 1 nm 的磷钨酸(PTA)多金属氧簇和聚乙烯醇(PVA)为模型体系，报道了一种基于超小纳米粒子(USNP)络合的聚合物复合材料设计策略。该体系通过 PTA 与 PVA 链之间的强氢键/离子相互作用，在溶液态诱导 PVA 链构象重排和反常降黏，在固态中抑制 PVA 结晶并形成湿度响应超分子网络，同时还能够借助单轴拉伸实现 PTA 团簇的有序取向排列。该工作将溶液加工性、残余应力释放、湿度编程光学膜加工以及 USNP 有序组装联系在一起，为功能光学膜的制备提供了新的材料平台和机制依据。

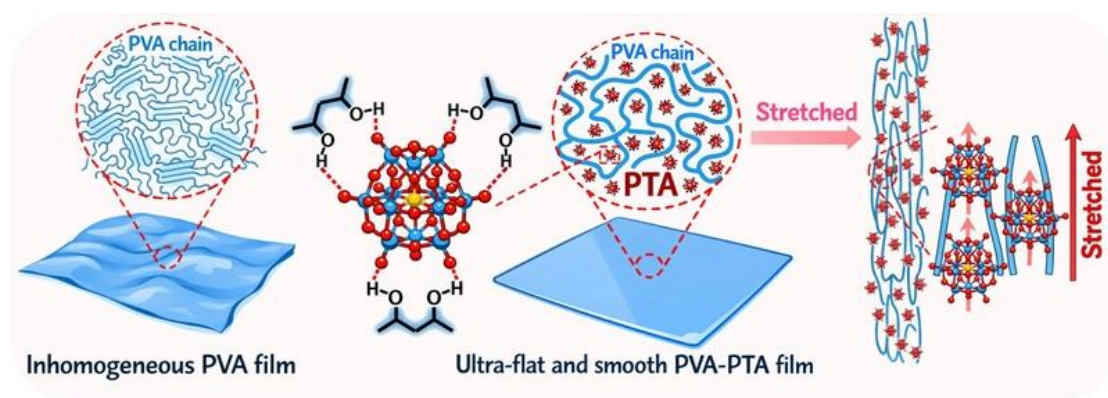
研究团队首先考察 PTA 对 PVA 溶液加工性的影响。随着 PTA 加入，PVA-PTA 半稀溶液黏度呈现“先小幅升高、后显著降低”的反常变化，说明适量 PTA 能明显改善高分子量 PVA 的溶液加工性。这一降黏行为主要源于 PTA 诱导的溶液态 PVA 线团塌缩。约 1 nm 的 PTA 可通过氢键和离子相互作用与 PVA 羟基络合，其尺寸接近 PVA Kuhn 链段而远小于整条分子链，因此更倾向于发生链内络合，使 PVA 线团收缩、表观体积分数降低并削弱链间相互作用。SLS、SANS 与 MD 模拟共同支持这一机制：PVA 单链 R_g 随 PTA 加入而降低；SANS 中 $q \approx 0.1 \text{ \AA}^{-1}$ 的特征峰对应约 6 nm 的 PVA-PTA 缔合结构相关长度。链构象收缩和降黏进一步有利于流延过程中释放残余应力，使 PVA16 薄膜的残余应力双折射明显减弱。

在固态薄膜中，PTA 与 PVA 的强相互作用显著抑制 PVA 结晶，使体系逐渐形成以无定形相为主且对湿度敏感的复合网络。因此，环境相对湿度 (RH) 可直接调控材料的链段运动和力学状态。在 98% RH 下，水分子对 PVA-rich 相产生增塑作用，使薄膜转变为可大幅拉伸的高弹态。PVA16 (PTA 质量分数 61.5 wt.%) 表现出较优平衡，拉伸强度为 $35 \pm 2 \text{ MPa}$ 、韧性为 $96 \pm 5 \text{ MJ/m}^3$ 、断裂应变约 1000%。PVA16 的力学性能可通过湿度实现大范围、可逆调控，当 RH 从 98% 降至 23% 时，模量可由约 1 MPa 提高至约 2 GPa，跨越三个数量级以上。因此，PVA16 可通过简单改变环境湿度，在橡胶态与玻璃态之间可逆切换，为“高湿软化加工—低湿固定结构”的湿度编程提供结构基础。

利用 PVA16 的湿度响应橡胶-玻璃转变，研究团队进一步展

示了湿度辅助光学膜加工。传统 PVA 偏光膜通常依赖 I_2/KI 水溶液浸泡以保持水凝胶态，而 PVA-PTA 薄膜可直接通过环境湿度实现软化与定型。在 98%RH 下薄膜呈橡胶态，可实现均匀拉伸和双折射分布；拉伸后降低环境湿度，即可稳定固定取向结构。作为概念验证，PVA16 经碘蒸气染色后在 98%RH 下单轴拉伸约 4 倍，再于低湿条件下定型，所得 PVA16- I_2 薄膜在 190–1100 nm 范围内呈现与商用光学级偏光片定性相似的光谱特征。

除加工性能外，PTA 在拉伸场中的结构演化也通过 X 射线散射予以揭示。约 1 nm 的 PTA 超小纳米团簇不仅能调控 PVA 链构象，还可在聚合物单轴拉伸场中发生有序取向。二维 X 射线散射显示，低 q 区约 $0.1 \text{ \AA}^{-1}$ 的对称椭球斑表明 PTA-rich 相发生取向排列。正四面体模型拟合证实 PTA 团簇本身形成了有序取向，其两条对棱与拉伸方向的夹角约为 49° 。这种 PTA 团簇取向显著增强了薄膜的双折射，随着拉伸倍率增加，PVA16 的双折射率可升至约 $\Delta n \approx 0.018$ ，并在可见光范围内保持较弱的波长依赖和较高透明性，说明该体系在可控双折射光学薄膜中具有一定的应用潜力。



相关研究成果以“*Polymer Composites of Ultra-Small Nanoparticles:*

Coupled Dynamics for Synergistic Processability”为题发表在国际顶级期刊 *Angewandte Chemie International Edition* 上，其中通讯作者为殷盼超教授，第一作者为邓婕博士生、陈家董博士。该研究工作得到了国家自然科学基金、国家重点研发计划、广东省基础与应用基础研究基金等科研项目的资助。

原文链接：

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.2761225>

蒋尚达教授团队：铈掺杂纳米晶的圆偏振自旋-光学界面

自旋-光学界面（Spin-optical interface）能够实现对材料中自旋态的主动控制，在多功能量子器件、自旋光催化及生物磁传感等领域具有广泛的应用前景。然而，由于可见光与多数自旋相互作用在能量尺度上存在巨大差异，如何在化学体系中实现高效、直接的自旋极化与读出一直是该领域的难点。近年报道的自旋-光学界面多依赖系间窜越（ISC）机制（如金刚石 NV 色心），而利用圆偏振光直接将角动量注入自旋体系的策略，虽然理论上能为自旋-光学界面带来更高的可操控性，但在化学体系中的探索仍十分有限。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室蒋尚达教授团队与夏志国教授团队、韦小明教授团队等合作，在化学合成的纳米晶中首次实现了基于圆偏振光激发的光探测磁共振（ODMR）。研究团队以铈离子掺杂的硫化钙（CaS:Ce³⁺）纳米晶为模型体系，成功验证了此类直接自旋-光学界面的普适性，为开发可化学调控的量子自旋平台开辟了新路径。

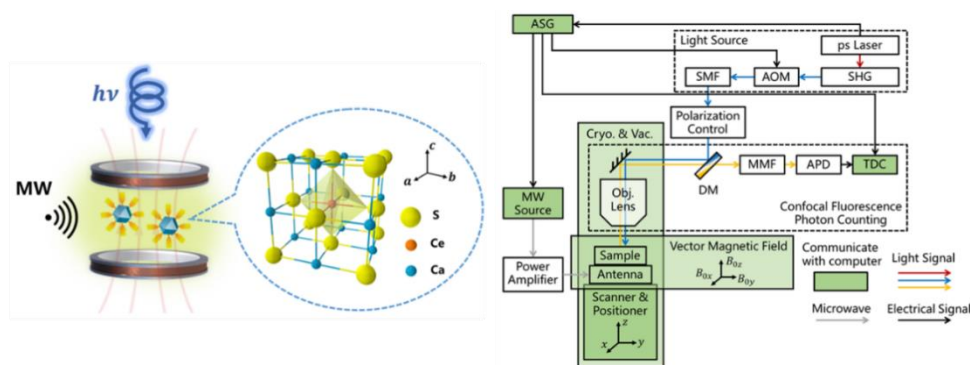


图 1 本研究原理与仪器示意图

$\text{CaS}:\text{Ce}^{3+}$ 纳米晶作为理想的自旋-光学界面具有双重优势：一方面， CaS 基质具有高对称性且几乎不含磁性核，为铈离子的自旋提供了低磁噪声环境；另一方面，碱土金属硫族化合物作为经典半导体换能材料，其组分可调、易于表面修饰，且便于加工成单晶、薄膜或纳米颗粒等多种形态。

研究团队搭建了低温共聚焦 ODMR 波谱仪，在 2.9 K 和 350 G 的条件下，成功实现了 $\text{CaS}:\text{Ce}^{3+}$ 纳米晶的圆偏振光自旋极化，极化率不低于 12%。该极化现象对磁场方向的依赖关系清晰呈现出角动量传递的矢量特点。脉冲实验测得自旋-晶格弛豫时间 (T_1) 为 0.65(2) ms，微波脉冲操控可实现，最高 16.6 MHz 的拉比振荡频率。体系的自旋相干时间 (T_2) 可达 2.5(7) μs ，超过前人报道中 YAG 晶体内掺杂铈离子自旋相干时间的 10 倍，退相位时间 (T_2^*) 可达 45(7) ns。

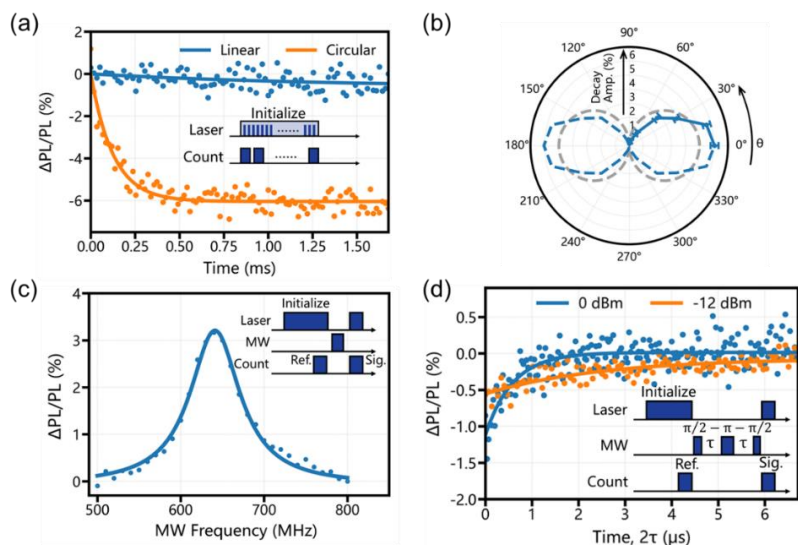


图 2 CaS:Ce³⁺纳米晶的自旋极化、磁场方向依赖性、ODMR 波谱及退相干过程

研究团队对立方晶体场下铈离子的电子结构与圆偏振光激发的自旋选择性机制进行了深入解析，并利用低温荧光光谱，通过声子伴线精确提取了自旋-轨道耦合与晶体场参数。计算发现，立方晶体场中光激发的自旋选择性对入射光和磁场的共同方向存在各向异性。有关结果为此类材料的进一步构效关系研究提供了坚实的理论支撑。

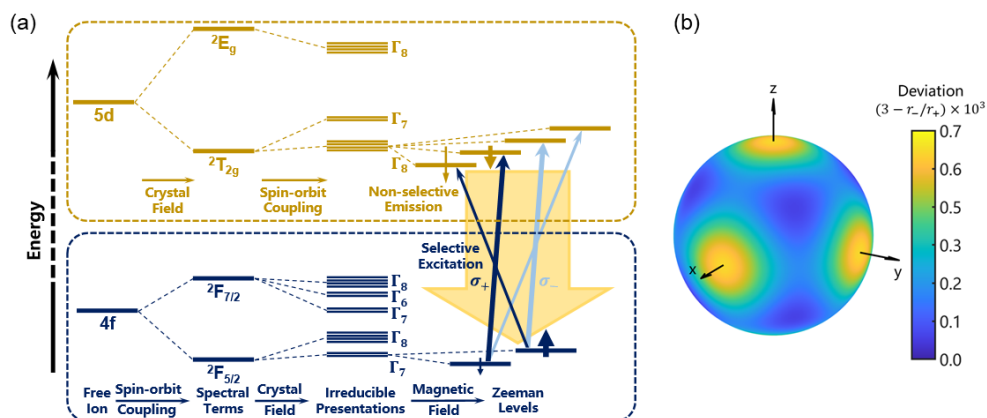


图 3 立方晶体场中铈离子的电子结构与圆偏振光激发的自旋选择性

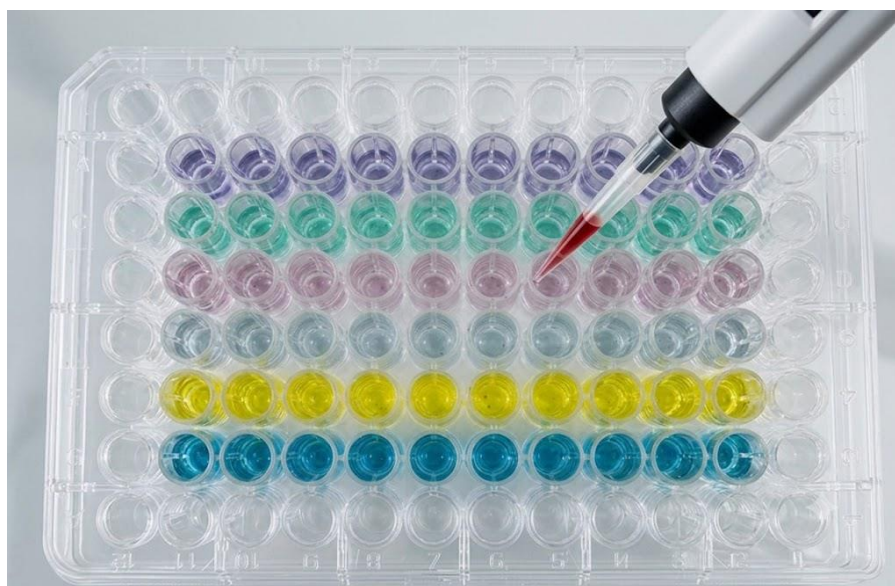
借助光学共聚焦的空间分辨能力和光子计数探测的高灵敏度，当前实验的探测极限可达 10^5 个自旋，是传统电子顺磁共振的约万分之一。 CaS:Ce^{3+} 纳米晶作为静磁场探针的灵敏度可达 $55 \text{ fT} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$ 。本工作为光与化学材料的相互作用及发光材料的功能应用提供了新视角，也为未来开发适用于生物传感、微介观样品分析及多功能量子器件的自旋-光学界面材料奠定了重要基础。

相关研究成果以“*Optically Detected Magnetic Resonance of a Cerium-Doped Nanocrystal: Toward the Generality of a Direct Spin-Optical Interface*”为题发表在《*Journal of the American Chemical Society*》上，通讯作者为蒋尚达教授、刘正副教授和王烨欣助理研究员，博士生陶兴泉和李庚源为共同第一作者。该研究得到了国家自然科学基金、中央高校基本科研业务费、广东省量子科学战略专项及广州市基础与应用基础研究基金等项目资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1021/jacs.6c06612>

林志伟教授团队：AI 结合纳米发光技术，几滴血就能查癌症

“抽血验癌”（液体活检）为癌症检测提供了便捷路径，但传统方案受限于高成本（5,000–10,000 元/次）、高采血量（10–20 mL）以及严重依赖大型实验室等核心痛点，难以真正走向大众普及。如何以低成本的方式，快速精准检测癌症风险仍是领域内的重要挑战。



近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室林志伟教授团队联合中山大学肿瘤防治中心，在国际顶尖学术期刊《*Science Advances*》发表突破性研究，创新性地开发出一种“感知式”液体活检技术。该技术利用 DNA 修饰的碳纳米管结合机器学习构建了一种人工感知系统（APS），实现了快速、准确、低成本的癌症检测，为癌症的常态化早期预警开辟了全新的路径。

APS 巧妙借鉴了人类的感觉机制：就如同嗅觉，在我们分辨醋、酒还是香水时，鼻腔并不是靠某一种特定“酒精分子受体”，而是由多个嗅觉受体分别捕捉混合气味中的不同分子，经大脑整合后形成独一无二的气味指纹，再与记忆中的指纹比对，完成识别。研究团队借鉴这一原理，利用精确结构的 DNA-CNTs 组成“人工受体阵列”。血液接触时会触发多通道的光信号变化，形成专属的“血液光指纹”，并由机器学习模型识别。

研究共纳入 253 份血清样本，在覆盖肝癌、肺癌、卵巢癌及非癌症人群的多类别识别中，总体准确率为 88.9%；早期肺癌识别敏感性为 92%，特异性为 95%。检测仅需 0.5 mL 血清，研究阶段的成本估算，每次检测费用不到 100 元。

该研究为低成本、大众化的癌症早筛打开了一扇极具潜力的
大门。目前在概念验证阶段取得了很好的效果，后续需要更大规
模临床数据来夯实可靠性。

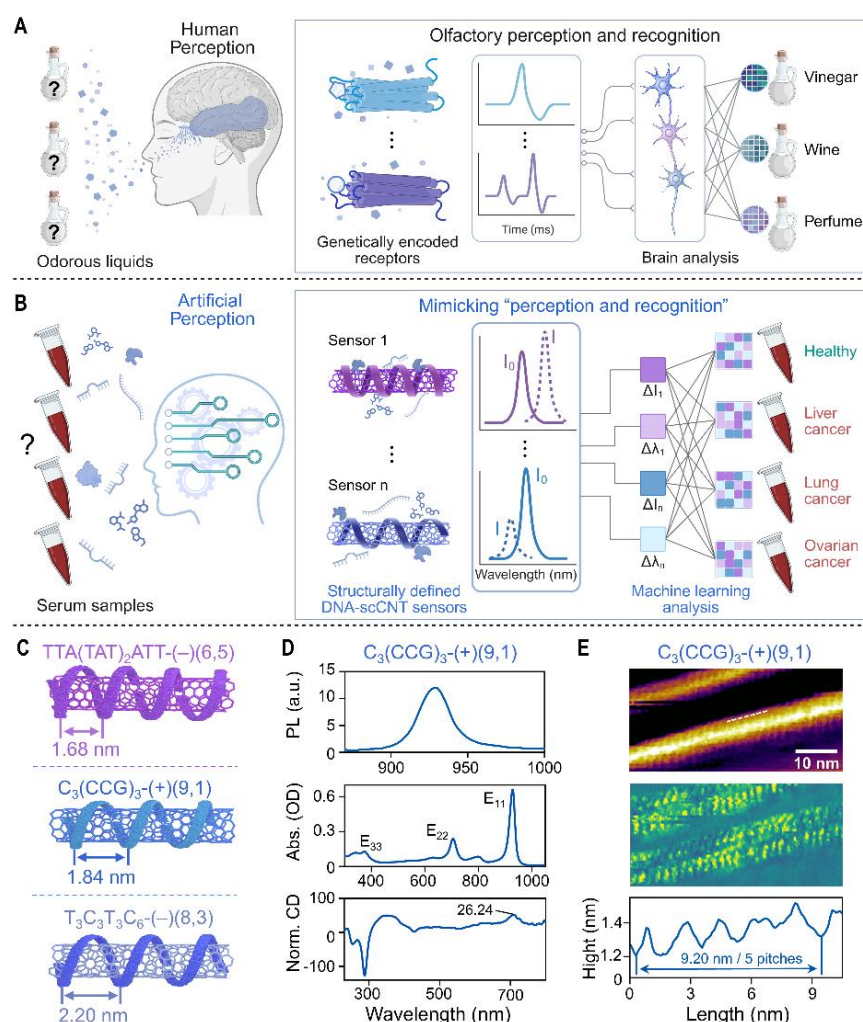


图 1. 人工感知系统的设计与检测原理

相关成果以“*Integrating Structurally Defined DNA-Carbon Nanotube Sensors with Machine Learning for Cancer Detection*”为题发表于 *Science Advances*。华南理工大学博士生陈飘逸为第一作者。该工作得到了国家重点研发项目、国家自然科学基金、广东省基础与应用基础研究项目、广州市科技菁英“领航”项目、广州市 GJYC 项目、中央高校基本科研业务费、华南理工大学发光

材料与器件全国重点实验室基金、小米基金会等多个项目和基金的支持。

原文链接：<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aef9530>

殷盼超教授团队：软物质中的“快转”秘密——纳米棒在软硬胶体中的扩散动力学研究

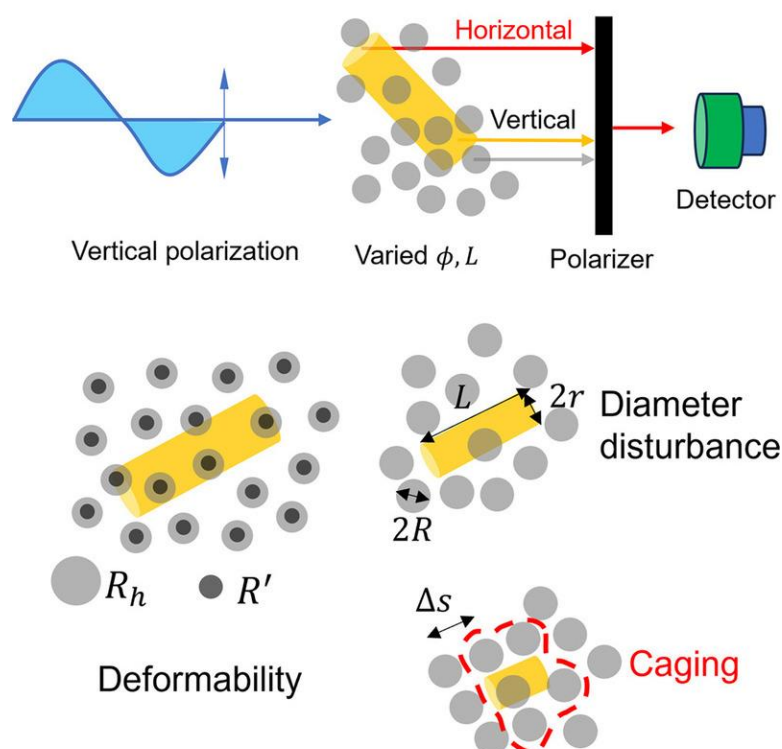
纳米颗粒在复杂生物环境（如细胞质、黏液、血液、组织间隙等）中的扩散行为，是理解微生物感染、纳米药物递送、诊断探针靶向等关键生物过程的基础。与各向同性的球形颗粒相比，各向异性的纳米棒因具有独特的旋转-平动耦合扩散机制，展现出更强的穿透能力和更快的传输速度，在生物医学工程中极具应用潜力。然而，长期以来，相关研究主要集中于固定交联网络等“刚性约束”体系，而生物环境往往表现为具有动态涨落和可变形特征的“软约束”（如血液、关节滑液、细胞质）。传统理论框架虽能描述纳米棒在硬球胶体中的扩散，但在软物质环境中存在明显局限，甚至与微流变学基本原理相悖。此外，纳米棒尺寸、胶体粒径及其软硬度如何协同调控扩散动力学，始终缺乏系统研究和统一理论描述。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的殷盼超教授课题组以金纳米棒（长度从 36 nm 至 230 nm，直径 14–55 nm）为模型探针，以硬质二氧化硅球和软质星形聚合物为模型基底，系统构建了从“硬约束”到“软约束”的模型体系。利用去偏振动态光散射（DDLS）技术，实现了纳米棒在软/硬胶体悬浮液中平动与转动扩散的独立、高精度测量，并结合理论建模，深入解

析了约束环境的拓扑结构与动态特性对纳米棒输运规律的协同调控机制。该研究首次揭示了软约束环境中纳米棒转动扩散的反常加速现象，提出了变形修正的 PD 理论，为纳米药物递送和微流变学测量提供了严格、量化的实验操作指南。

研究团队首先针对纳米棒在硬球胶体中的受限扩散，将实验数据与经典 Pecora-Deutch (PD) 理论进行全面对比，对于长度远大于胶体粒径的长棒，实验结果完美符合 PD 理论预测；对于短棒，经典 PD 理论严重高估了转动扩散系数，通过精细的几何分析发现短棒长度与胶体“笼”尺寸接近，其自身直径对周围胶体排布产生不可忽略的扰动，为此提出修正 PD 理论，成功消除了短棒数据的系统偏差，基于长度与粒径比统一了硬球体系中短棒到长棒的全部动力学行为。当将基底替换为软质星形聚合物时，实验结果展现出挑战传统微流变学的反常现象——纳米棒的转动扩散实测值显著快于经典 PD 理论预测，且体积分数越高加速效应越明显。针对这一反常，研究团队引入赫兹接触理论，结合小角中子散射数据，证实软球在接近纳米棒或相邻软球时会发生显著弹性形变，这种形变等价于为纳米棒的旋转腾出额外“自由体积”，进而推导出变形修正的 PD 理论，该理论不仅完美拟合了金纳米棒在软球中的加速曲线，更成功预测了烟草花叶病毒在软球中的同样加速行为。研究进一步发现，在胶体悬浮液中纳米棒的平移与旋转运动完全解耦：平动扩散由胶体基质的协同慢弛豫模式主导，而转动扩散仅由胶体的局域短时运动主导。基于以上系统性研究，团队提出了微流变学应用的关键修正准则：当基质具有可变形性时，探针/基质尺寸比必须不低于 30，否则软基质

的局部变形将严重干扰微流变学反演的准确性。



相关研究成果以“*Biophysical Revisit of Micro-Rheology via Anisotropic Diffusion in Soft and Hard Colloids*”为题发表在 *Newton* 上，其中通讯作者为殷盼超教授，第一作者为薛炳辉博士。该研究工作得到了国家自然科学基金、国家重点研发计划、广东省基础与应用基础研究基金等科研项目的资助。

原文链接：

[https://www.cell.com/newton/abstract/S2950-6360\(26\)00222-7](https://www.cell.com/newton/abstract/S2950-6360(26)00222-7)

人员介绍

实验室新引进人才简介：叶俊志教授



叶俊志，华南理工大学材料科学与工程学院，发光材料与器件全国重点实验室，教授，博士生导师。国家高层次引进人才，2018年毕业于新西兰奥克兰大学，获得化学与材料工程和商科市场经济双一等荣誉学士学位。2022年毕业于剑桥大学物理系卡文迪什实验室，获得物理学博士学位，导师为 Akshay Rao 教授。2023-2025 年牛津大学无机化学实验室的博士后研究员，合作导师为 Robert Hoyer 教授。以（共同）一作/通讯作者在 Nature, Nat. Photonics, Nat. Commun., JACS, Angew. Chem. Int. Ed., Adv. Mater., Chem. Soc. Rev. 等知名期刊上发表论文 40 余篇。2024 年戈登会议 (Gordon Research Conference) 半导体纳米晶青年学者奖、2025 年教育部优秀自费留学生奖学金 (B 类) 获得者；Nat. Commun., Adv. Mater. 等期刊独立审稿人。目前研究方向：利用先进的超快光谱技术开发新型光电材料和器件。

境内外来访参观与学术交流

●7月10日，泰州市海陵区委常委、组织部部长陈林峰一行到发光材料与器件全国重点实验室参观调研。实验室副主任周玉热情接待了调研组，副主任夏志国教授向调研组详细介绍了实验室整体情况。

●7月14日，京津冀国家技术创新中心主任王芾祥一行到发光材料与器件全国重点实验室参观调研。实验室主任马於光院士热情接待了调研组，并向调研组详细介绍了实验室整体情况。

●7月24日，江西省于都中学150余名师生到发光材料与器件全国重点实验室参观学习。实验室梁立老师热情接待了到访师生，并向师生详细介绍了实验室整体情况，刘高超博士后为师生作科普讲座。

●7月28日，哈尔滨理工大学副校长石颖一行到发光材料与器件全国重点实验室参观调研。实验室党委书记孟勋热情接待了调研组，周城教授向调研组详细介绍了实验室整体情况。

●8月1日，浙江师范大学16名本科生到发光材料与器件全国重点实验室参观学习。实验室主任马於光院士亲切接待了师生，并向师生详细介绍了实验室整体情况。

●7月1日，深圳先进技术研究院张杰研究员在全重501学术报告厅作题为“反式结构钙钛矿光伏器件的异质结界面功函数及稳定性调控研究”的学术报告。报告介绍了课题组利用稳态和瞬态量子效率谱学方法，表征分析反式钙钛矿器件中界面复合行为与器件性能间的关联；证实在反式电池中，相比于界面化学钝

化，界面功函数调控所引发的界面场效应钝化可以有效提升器件内建电场并抑制器件中上界面处的非辐射复合损失，提升器件开路电压与光电转换效率等系列研究工作。

●7月16日，美国盛智律师事务所硅谷和上海分所合伙人陈维国在全重 501 学术报告厅作题为“美国专利申请和美国关于 AI 专利的最新动向”的专题报告。报告介绍了国际专利申请要点，以及如何撰写美国专利申请以争取最大保护范围；同时结合案例，介绍了美国关于 AI 专利申请的最新发展动态。

●7月17日，法国索邦大学教授 André-Jean Attias 在 501 学术报告厅作题为“*Dopant-Tailored Matrix as a New Crystal Engineering Concept: Application and Implications in Organic Room-Temperature Phosphorescent Host-Guest Doped Systems and Beyond*”的学术报告。报告介绍了一种新的晶体工程策略——掺杂剂调控基质（Dopant-Tailored Matrix）策略。该策略通过设计主体晶体基质的分子堆积结构，使其能够与客体掺杂分子形成协同的主体-客体相互作用，从而实现对有机半导体材料光电性能的增强与调控。报告以长寿命有机室温磷光（RTP）主体-客体掺杂晶体体系为代表案例，展示了该策略在构筑高性能 RTP 材料中的应用潜力。同时，报告分享了课题组近年来围绕主客体体系 RTP 产生机制开展的研究工作，讨论了能量转移、电荷转移以及晶体结构调控在长寿命磷光产生过程中的作用。

●7月20日，法国国家科学研究中心 Romain Gautier 教授在全重 W301 中心会议室作题为“*Machine Learning Assisted Design of Low-Dimensional Hybrid Lead Halides with Perovskite Type*

Structures and Specific Photoluminescence Properties”的学术报告。

报告介绍了借助机器学习加速发现新型杂化卤化物钙钛矿光电材料的相关进展，分享了三种可用于指导合成具备特定性质或结构的新型混合卤化铅发光材料的方法。

●7月21日，北京大学郑俊荣教授在全重501学术报告厅作题为“为什么会聚集诱导发光？”的学术报告。报告介绍了课题组利用超快紫外、可见、红外多种脉冲混合次序和非线性光谱原理，针对分子电子激发态的演化路径开展的系列研究。

●7月29日，牛津大学 Robert L. Z. Hoyer 教授在501学术报告厅作题为“*Perovskite Nanoplatelets for Photonics and Future Applications in Quantum Computing*”的学术报告。报告介绍了通过将各向异性 CsPbI₃ 纳米片自组装成边缘向上取向，实现钙钛矿发光二极管（LED）线性偏振发光；同时，报告分享了课题组关于借助激子精细结构分裂来提高量子单光子光源不可区分性的潜力的研究观点。

●8月6日，南京航空航天大学王睿教授在全重501学术报告厅作题为“有机光伏材料高效光电转换机制的超快光谱研究”的学术报告。报告介绍了课题组依托发展的高精度瞬态吸收和太赫兹光谱检测系统，研究有机光电转换中电荷拆分和复合过程的动力学机制，并在模型体系中，发现电荷拆分的空穴转移通道由畴内离域激发态主导，有效降低电荷拆分过程中的驱动能损失，厘清了电荷转移和能量转移在电荷拆分中的关键作用；在电荷复合过程中，甄别了光生电荷双分子复合产生三线态损耗动力学过程，通过调控给受体分子间相互作用成功抑制三线态产生的非辐射

复合通道，降低了电荷复合过程中的能量损失等系列成果。

●8月26日，华东理工大学马骧教授、上海交通大学化学化工学院颜徐州副院长、西安交通大学材料学院张明明教授在全重502会议室分别作题为“组装诱导发光”“共价自适应机械互锁网络”“异配位自组装”的学术报告。