

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 7 期

(总第 106 期)

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室编

2026 年 10 月 15 日

新闻动态

广东省委常委、广州市委书记冯忠华调研华南理工大学.....	1
紫光国芯陈杰董事长做客发光明师讲堂.....	4
华南理工大学主办期刊 Aggregate 入选 2025 年度世界一流科技期刊名录.....	7
启科研新程 筑安全防线 —— 实验室举办 2026 级新生系列培训会.....	8
深圳市吉林大学校友会企业家专委会来访实验室.....	13

研究进展

发光理论与机制

林志伟教授团队：鸟嘌呤缺陷精准调控碳纳米管近红外发光.....	17
---------------------------------	----

新型显示、探测与成像

段春晖教授团队：大偏压工作条件下具有超低暗电流密度的短波红外有机光电探测器.....	21
夏志国教授团队：热致可恢复锰基杂化卤化物力致发光材料用于结构健康监测.....	21
段春晖教授团队：基于硒取代的醌式分子半导体实现高灵敏深短波红外有机光探测器.....	28
马东阁教授&陈江山研究员团队：外量子效率超过20%的近红外锡基钙钛矿发光二极管.....	30
马东阁教授&陈江山研究员团队：KSCN 埋底界面增强偶极实现超亮蓝光钙钛矿发光二极管...	32

有机光伏材料与器件

应磊研究员&钟文楷副教授团队：二维纳米晶动力学模板调控自组装实现有机太阳能电池效率 21%34	
李宁教授团队：多变量加工协同策略实现有机太阳能电池效率-稳定性协同提升.....	36

前沿交叉

李宁教授团队：钙钛矿光伏器件中基于物理学的闭环优化和可解释的工艺洞察.....	38
---	----

冯光雪教授团队：纳米隔离策略实现肿瘤激活光动力治疗——基于聚集门控型 I 型光敏剂.. 41

赵祖金教授团队：位置异构编码生物选择性，赋能靶向光动力治疗..... 45

冯光雪教授团队：非共轭侧链工程通过空间相互作用实现刺激响应型光动力治疗..... 49

马於光教授团队：揭示有机铁磁半导体中聚集结构调控自旋耦合机制..... 53

马於光教授团队：揭示萘酰亚胺自由基晶体磁耦合结构指纹..... 55

人员介绍

实验室新引进人才简介：赵汝艳教授..... 58

境内外学术交流..... 59

新闻动态

广东省委常委、广州市委书记冯忠华调研华南理工大学

9月17日下午，广东省委常委、广州市委书记冯忠华到华南理工大学走访调研，就深入学习贯彻习近平总书记重要讲话重要指示精神，认真落实全省高等教育高质量发展座谈会部署要求，进一步深化市校高水平合作，一体推进教育科技人才发展进行深入交流。学校党委书记于祥成、校长杨中民参加活动。



冯忠华书记与学校领导班子座谈交流

冯忠华来到华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室，听取学校科研成果转化情况介绍，随后与学校领导班子座谈交流。他代表市委、市政府向华南理工大学长期以来为广州发展作出的重要贡献表示感谢。他说，华南理工大学扎根广州、服务广州，一代代莘莘学子薪火赓续、探索求新，为城市发展注入勃勃生机和强劲动力。站在新的起点上，广州坚定扛起习近平总书记、党中央赋予的使命任务，扎实推动“产”“城”“人”高质量发展，

奋力在新征程上当好排头兵、领头羊、火车头。希望学校始终牢记为党育人、为国育才的初心使命，厚植文化底蕴、传承红色基因，抓好抓实思想政治工作，教育学生筑牢理想信念根基，促进学生身心健康全面发展，培养更多堪当大任的栋梁之材；紧紧围绕粤港澳大湾区建设和广州高质量发展需要，深度对接广州生物医药、脑机接口等新兴产业、未来产业布局，优化学科专业结构，深化工程硕博士产教融合培养改革，积极参与全国高校区域技术转移转化中心（粤港澳大湾区）广州分中心等创新平台建设，发挥科研资源、人才资源、校友资源优势，推动更多技术成果在穗转化；聚焦城市规划建设治理、文化传承、民生服务等领域持续深化合作，助力广州发展取得更大成效。广州将一如既往做好服务保障，全力支持学校建设中国特色、世界一流大学。



听取学校科研成果转化情况介绍

于祥成代表学校感谢广州一直以来对学校发展的关心支持。他指出，城市因大学而兴，大学因城市而盛。长期以来，华南理工大学一校三区扎根广州，坚持“服务广州、服务湾区就是服务

国家战略”，与广州经济社会发展深度互动、协同共进，形成了水乳交融的紧密联系。面向“十五五”发展，学校制定了服务支撑广州现代化产业体系建设行动方案，体系化推动有组织科研攻关、有组织成果转化和有组织人才培养，着力将科教资源优势转化为产业发展、经济增长胜势。学校将坚持“以产兴城、以城聚人、以人促产”，全面对接广州“十五五”发展战略，建立市校常态化对接交流机制，坚持工程化部署、项目式推进，把最优秀的人才、最前沿的成果、最硬核的产业留在广州，携手打造新时代市校合作典范，为广州在推进中国式现代化建设中走在前列，实现老城市新活力、“四个出新出彩”贡献更多华工智慧和华工力量。

杨中民介绍了华南理工大学的办学基本情况，特别是在支撑国家和广东、广州发展中走在前、作示范、挑大梁的做法和成效。他指出，学校一方面做强科研创新，通过优化学科布局全面支撑区域产业发展，以学科交叉融合前瞻对接新兴、未来产业，强化原始创新夯实广州基础研究创新根基，集聚高水平人才提升广州科技创新策源能力，以广州国际校区为新引擎，服务广州高水平对外开放；另一方面做实创新创业与成果转化，通过建设校外实践基地、国家卓越工程师学院、产业技术研究院、国家大学科技园、粤港澳大湾区科创产业院、科技商学院等一揽子举措，培养高水平创新创业人才，打造新型成果转化模式，推动高水平科技成果在地转化，全力服务广州“十五五”高质量发展。

市委副书记陈向新，市委常委、秘书长边立明，副市长江智涛，天河区委书记谭明鹤，番禺区委书记黄彪，学校党委副书记、纪

委书记徐国正，副书记麦均洪，副书记、副校长李卫青，副校长李正、晋刚、许勇、林艺文，广州市委、学校相关部门负责人参加调研。（信息来源：华南理工大学官网 广东省委常委、广州市委书记冯忠华调研华南理工大学）

紫光国芯陈杰董事长做客发光明师讲堂

9月23日，发光材料与器件全国重点实验室发光明师讲堂第二十三期在华南理工大学逸夫人文馆二楼报告厅举办。本次论坛特邀新紫光集团有限公司董事、联席总裁，紫光国芯微电子股份有限公司董事长陈杰莅临现场，与师生开展专题交流。



陈杰董事长作报告



颁发纪念品

陈杰以“集成电路产业发展历程、机遇与挑战”为题作专题报告。他指出，集成电路产业具有技术密集、产业链长、协同程度高等特点，近年来，我国集成电路产业基础和自主创新能力持续提升。面向未来，随着新技术、新应用不断涌现，集成电路产业正在迎来新的发展阶段，需要以系统思维统筹技术创新与产业生态建设，不断提升自主创新能力，把握产业发展带来的新机遇。

随后，陈杰以长江存储等企业的发展历程为例，分享了中国集成电路企业在技术创新和产业发展方面的探索与实践，并重点介绍了新紫光集团在集成电路领域的业务布局。结合产业发展趋势和企业实践，他进一步分析了中国集成电路产业面临的机遇与挑战，为在场师生深入了解集成电路产业发展提供了产业视角和实践参考。

陈杰的报告内容丰富，既有对集成电路产业发展脉络的系统梳理，也有对产业实践与前沿趋势的深入解读。中国科学院院士

曹镛教授，中国科学院院士、发光材料与器件全国重点实验室主任马於光教授出席讲堂，并与陈杰围绕集成电路技术演进及未来突破方向展开深入讨论，就先进制程面临的物理极限、新型半导体材料的技术突破与应用潜力等交流了观点。此次讲堂进一步拓宽了师生了解集成电路产业发展的视野，加强了高校与产业界之间的交流联系，为推动学术研究与产业实践融合提供了新的思路。

本次讲堂由马於光院士主持，他为陈杰颁发发光材料与器件全国重点实验室“发光明师讲堂”纪念品。他表示，集成电路作为支撑信息技术发展的战略性基础产业，对于推动科技创新和产业升级具有重要意义。

报告结束后，陈杰参观了发光材料与器件全国重点实验室，了解实验室科研布局、科技成果转化及产业应用情况，并与实验室团队围绕科技成果转化、产学研合作等方面进行了深入交流。

报告人简介

陈杰，男，哈尔滨工程大学学士、日本国立电气通信大学博士。1988年开始从事信号处理、图像处理、数模混合大规模芯片研发与研发管理工作。历任日本 YOZAN 公司芯片研发高级主管、日本国立电气通信大学副教授、中科院微电子研究所“百人计划”研究员、副总工程师等职务。主持多项国家重大科技项目、发表学术论文/申请发明专利超百篇/项。获国家杰出青年基金、入选国家高层次人才计划并被评为国家特聘专家。创办了北京思比科微电子公司，带领团队研制成功系列图像传感器产品并实现大规模量产销售。现任新紫光集团有限公司董事、联席总裁，紫光国芯微电子股份有限公司董事长等职务。

华南理工大学主办期刊 *Aggregate* 入选 2025 年度世界一流科技期刊名录

近日，中国科学技术信息研究所正式发布 2025 年度世界一流科技期刊目录。由华南理工大学主办、发光材料与器件全国重点实验室学术委员会委员唐本忠院士为主编、实验室副主任秦安军教授为责任主编的英文科技期刊 *Aggregate*（《聚集体》）入选。

2025 年度世界一流科技期刊目录基于中国科学技术信息研究所自主建设的世界科学引文数据库和全新评价指标体系，从全球约 7 万种活跃出版的科技期刊中遴选出 6132 种，分布于 55 个国家和地区，覆盖 23 种语言；其中，中国入选期刊 353 种，占比 5.8%。

该评价体系从学术组织力、学术引领力、学术影响力、社会影响力四个维度出发，采用 9 项核心指标，为不同国家、不同语种的科技期刊提供了公平、公正的评价标准。

Aggregate 是全球首本聚焦聚集体科学的国际开放获取旗舰期刊，2020 年 12 月创刊，倡导“从孤立分子走向功能聚集体”的全新学术范式，面向化学、材料、物理、生物、工程等交叉领域，持续发表高质量原创成果，致力于搭建高水平国际化学术交流平台。

该刊已连续五年位列科睿唯安期刊引证报告（JCR）“化学 - 综合”“化学 - 物理”“材料科学 - 综合”三个学科 Q1 区；入选 2023 年度中国科技期刊卓越行动计划高起点新刊项目；位列中国科学院文献情报中心期刊分区表化学大类一区 TOP 期刊。

期刊 2025 年影响因子为 14.5，年发文量稳定超 200 篇，呈现量质齐升的良好态势。

此次入选是权威评价机构对 *Aggregate* 学术质量、国际影响力与学科引领作用的高度认可，也是华南理工大学长期重视学术期刊建设、服务国家科技自立自强战略取得的重要成果。学校将继续支持高水平学术期刊发展，为学校“双一流”建设和国家科技事业发展贡献力量。

启科研新程 筑安全防线——实验室举办 2026 级新生系列培训会

为帮助新生尽快熟悉实验室运行管理要求，掌握实验室安全知识和急救技能，规范实验室准入管理，9 月 29 日下午，发光材料与器件全国重点实验室在 N308A 报告厅举办 2026 级研究生新生系列培训会。相较往年培训，本次培训在实验室运行、管理、制度、安全培训基础上，新增了实验室急救技能专项内容，进一步丰富培训体系。

“做什么样的科研？如何紧跟国家的重大需求做科研？怎么做到不可替代？”中国科学院院士、实验室主任马於光以科研新征程上的“三问”开启了实验室新生培训的“院士第一课”，向即将进入实验室学习的 200 余名硕士、博士新生送上了修身治学的人生箴言。



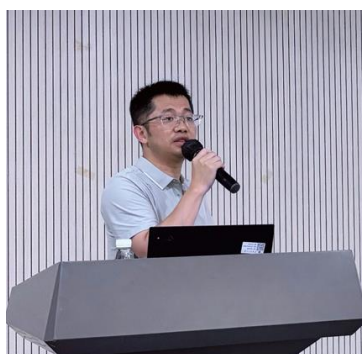
马於光院士作讲座

讲座中，马院士引用习近平总书记《在国家科学技术奖励大会、两院院士大会、中国科协第十一次全国代表大会上的讲话》中“增强科技创新体系化攻关能力。聚焦人工智能、量子科学、生命科学等前沿领域，集成电路、先进制造等重点领域，深海、深空、深地等战略领域。不盲目跟风追热点、搞‘内卷式’竞争、同质化发展”相关论述为切入点，向同学们提出“三个问题”，引导同学们树立正确科研认知、明确科研定位，强调学术为先，追求真理。他希望同学们要锤炼“平静的心态、潜心钻研的能力；锲而不舍的精神，勇于面对失败；解决重大难题的能力”。最后，马院士寄语新生“努力学习、增强能力、乐观心态、快乐生活”，既鼓励同学们立志深耕学术，也提醒大家要保持积极心态、平衡生活与科研。



秦安军副主任作讲座

为进一步提升新生安全防范意识和应急自救互救能力，夯实校园安全防护基础，助力新生快速适应实验室新生活和工作。新生培训会还安排实验室副主任秦安军教授，实验室张杰工程师、王剑斌工程师、梁立老师分别讲解“实验室安全教育”“化学实验室规章制度解读”“物理、超净室规章制度解读”“实验室运行管理介绍”。



张杰工程师作讲座



王剑斌工程师作讲座



梁立老师作讲座

此外，新生培训会还特别邀请校医院副院长曾雪梅作“急救培训”，为同学们系统普及急救相关知识并设置了实操演练环节。

在专业人员的指导下，同学们依次上台参与心肺复苏、AED 设备操作实操练习。



急救培训

本次新生系列培训兼具专业性与实用性，贴合学生日常学习生活需求，有效弥补了新生应急急救知识短板，不仅帮助新生快速掌握实验室平台使用规范，也为其筑牢实验室安全防线。实验室专职副主任周玉主持培训会。



周玉副主任主持



培训会现场

讲座结束后，全体新生前往实验室大楼前空地，开展消防疏散及灭火演练。



消防演练

深圳市吉林大学校友会企业家专委会来访实验室

9月4日上午，深圳市吉林大学校友会企业家专委会组织校友企业家走进实验室参观调研。此次交流活动以“探访前沿科研，共谋产业创新”为主题，旨在深度了解我室在光电显示领域的科研成果，并务实探讨产学研融合的新路径。

本次走访由深圳市吉林大学校友会会长、深圳迅销科技股份有限公司董事长王冠鸿带队，企业家专委会会长、雄帝科技创始人高晶，雄帝科技创始人郑志新，校友会工学分会会长、瑞达国际集团董事长胡家达，瑞达国际集团副董事长胡维斌，深圳市云创业投资管理有限公司创始合伙人、深圳市福永云创孵化器有限公司董事长李嘉，深圳市吉林大学校友会秘书长马闯等校友企业家共同参与。



实验室主任马於光院士亲自接待并对深圳吉大校友企业家一行的到访表示诚挚欢迎，姚亮教授、叶俊志教授、俞越副教授、王博涵副教授等核心骨干全程陪同。姚亮教授向企业家们系统介绍了实验室的发展沿革、国家战略定位、科研布局以及近年来实验室在新型 OLED 材料、Micro LED 显示技术、光电器件集成、先进激光光源等方向取得的突破性进展。通过现场讲解与成果展示，

企业家们对我室的基础研究能力与硬件平台有了直观而深刻的认识。



参观实验室

参观结束后，双方在实验室中心会议室举行了深度座谈交流，围绕发光材料技术产业化落地、显示技术场景创新、产学研协同机制搭建等议题展开了务实且富有成效的探讨，现场互动热烈，共识频现。



座谈交流

马於光院士再次对深圳吉大校友企业家一行的到访表示诚挚欢迎。他回顾了吉林大学与华南理工大学在光电、化学学科领域源远流长的合作根基与学术情谊，结合自身研究历程分享了我国发光材料领域从跟跑到并跑、再到部分领跑的发展历程。他表示，发光材料与器件全国重点实验室始终坚持面向国家重大战略需求，一边锚定基础研究的国际前沿，一边高度重视成果的产业化转化。当前实验室在新型 OLED 材料、Micro LED 显示技术、光电器件集成、先进激光光源等方向已经产出一批具备产业化潜力的成果，但也普遍面临“实验室到生产线”最后一公里的衔接痛点。深圳是全球显示与智能硬件产业的核心聚集地，吉大校友企业又在相关产业链中深耕多年，具备丰富的量产与市场经验，期待双方能以本次交流为起点，打通技术端与产业端的信息通道，让更多原创技术落地深圳、赋能产业。

深圳市吉林大学校友会会长王冠鸿代表校友会对实验室团队的热情接待与详实分享表示感谢。他表示，深圳作为粤港澳大湾区的核心引擎，拥有全球最完整的显示产业链、智能硬件产业集群，市场需求活跃、产业化效率高，是科研成果落地的最佳土壤。深圳市吉林大学校友会凝聚了大批在深光电、智造、投资领域的校友企业，始终致力于搭建“校-校-企”协同创新的桥梁。本次走进国家级重点实验室，是企业家专委会成立后“探前沿、接资源、促合作”的首场活动，希望后续能推动校友企业的真实技术需求与实验室的科研能力精准匹配，既助力企业突破技术瓶颈、实现产品升级，也助力科研成果快速走出实验室、走向市场。

企业家专委会会长、雄帝科技创始人高晶结合企业实践与专委会定位发言。她提到，当前智能终端、车载显示、智慧出行等领域对新型发光器件、低功耗显示技术的需求迭代极快，很多企业都面临核心材料“卡脖子”与技术迭代的双重压力。企业家专委会汇聚了深圳吉大各细分领域的头部企业，正是要搭建一个产业需求的“汇总端口”。后续专委会将系统梳理校友企业的技术痛点与合作需求，常态化与实验室开展对接，既可以针对具体项目开展联合攻关，也可以探索共建联合实验室、成果孵化平台等深度合作模式，真正把科研优势转化为产业优势。（信息来源 深圳市吉林大学校友会公众号 深圳市吉林大学校友会企业家专委会首访华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室）

研究进展

发光理论与机制

林志伟教授团队：鸟嘌呤缺陷精准调控碳纳米管近红外发光

如何利用缺陷调控碳纳米管的发光性能是领域中一大挑战。过去通常依赖于随机引入缺陷来改变碳纳米管的发光特性，但往往会破坏原本完美的晶格和电子网络(π 共轭系统)。更令人头疼的是，每次修饰后材料的最终性能犹如“开盲盒”，往往需要依靠反应结束后的测试来进行倒推，缺乏前瞻性的设计。

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利用 DNA 引导的鸟嘌呤特异性反应，在保持碳纳米管骨架完整性的基础上，实现了对晶格结构的温和且精准的调控。这一方法赋予了碳纳米管高达 ± 1 nm 精度的发光波长调控能力，标志着纳米材料的缺陷工程正式告别“盲盒时代”，迈向“极致精准”的定制化新阶段（图 1）。

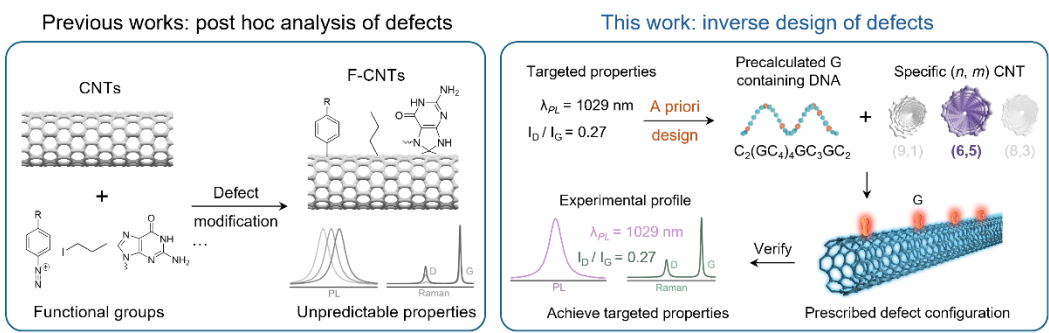


图 1 传统“盲盒式”随机修饰方法与 DNA 引导的鸟嘌呤精准定制策略对比

研究团队选取高纯度单手性碳纳米管，通过调整 DNA 序列中鸟嘌呤的比例控制缺陷密度。拉曼、吸收与发光光谱表明，随着缺陷增多，原有发射峰连续红移，而主要光学跃迁仍被保留。密度泛函理论计算和飞秒瞬态吸收结果进一步表明，引入鸟嘌呤构建的缺陷极为温和，不仅没有破坏原有的电子结构，反而为跃迁的载流子巧妙地“开辟”了一条全新的衰减通道（即带尾态）。在这条通道中，电子可以缓慢流向能量更低的位置，从而发出波长更长、能量更低的光。

为了实现碳纳米管光学性能的精准定制，团队对多种不同手性结构的单壁碳纳米管进行了系统研究，并成功推导出了一个具有普适性的“修饰指数公式”。不仅实现了误差在 $\pm 1\text{ nm}$ 以内的光致发光波长（PL）精准控制，同时对另一种关键的光学信号——拉曼光谱（Raman）特征，也实现了偏差不到 1% 的高精度预测。

团队将精确调控的发光峰位与拉曼 D 带信号用于双通道编码：同一阵列在荧光和拉曼成像下分别显示“CHINA”和“WORLD”；另一阵列以近红外荧光呈现熊猫图案，并在拉曼图案中隐藏可解码文字。这些结果展示了精准缺陷设计在光学图案切换和多层信息加密中的可行性。

相关研究成果以“*Inverse design of guanine-defects in carbon nanotubes for high-resolution emission tuning*”为题发表在 *Science Advances* 上，其中通讯作者为林志伟教授，第一作者为李依浓博士后。工作获国家重点研发计划、国家自然科学基金、广东省基础与应用基础研究基金及国家发光材料与器件重点实验室基金

等资助。

原文链接: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aee8922>

新型显示、探测与成像

段春晖教授团队：大偏压工作条件下具有超低暗电流密度的短波红外有机光电探测器

短波红外光探测在生物成像、工业检测和光通信等领域具有重要应用前景。与传统无机探测器相比，有机光电探测器具有材料结构可调、可溶液加工和柔性兼容等优势。然而，集成于读出电路的商用光电探测器通常需要在反向偏压下运行。如何克服这一工作条件带来的暗电流升高问题，实现低噪声探测，是其迈向实际应用的重大挑战。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室段春晖教授团队设计并合成了一种新型窄带隙 **p** 型共轭聚合物 **PDCBT-DTO2F**，并通过形貌调控与器件界面工程的协同优化，构筑了在偏压工作条件下具有超低暗电流密度的短波红外有机光电探测器。

该工作设计并合成了一种新型窄带隙 **p** 型共轭聚合物 **PDCBT-DTO2F**（图 1）。该聚合物以二氰基取代苯并噻二唑为受体单元、四噻吩为给体单元，构筑了典型的推拉型共轭骨架。通过将烷基侧链替换为烷氧基侧链，不仅增强了分子内电荷转移效应，还利用多重非共价相互作用提高了主链共平面性和分子堆积有序度，从而实现了强短波红外吸收、高结晶性、低陷阱态密度

和低能量无序的协同优化。

在此基础上，通过精细调控活性层厚度并引入空穴阻挡层，协同抑制反向偏压下的外部载流子注入和漏电流。优化后的PDCBT-DTO2F基有机光电探测器表现出优异的暗电流抑制能力，其暗电流密度 (J_d) 在 -2 V 下低至 15.6 nA cm^{-2} ，即使偏压增大至 -5 V ，仍仅为 58.1 nA cm^{-2} 。得益于超低暗电流和有效的短波红外光响应，器件在 1100 nm 、 -2 V 条件下实现了 $1.04 \times 10^{12}\text{ Jones}$ 的比探测率，处于偏压工作条件下短波红外有机光电探测器的国际领先水平。

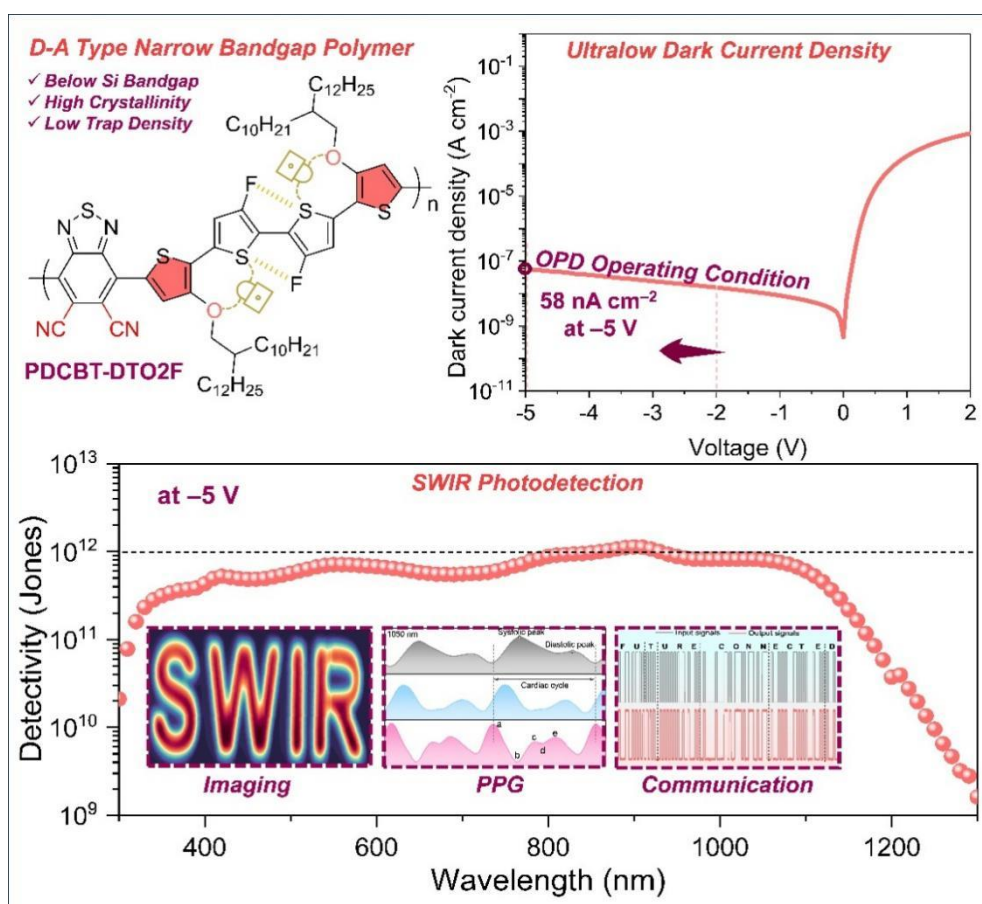


图 1. 窄带隙聚合物的分子设计及其高灵敏短波红外光探测器

进一步的应用验证表明，该器件可用于短波红外成像、光通信和生理信号检测，展现出在成像传感、信息传输和健康监测等

领域的应用潜力。该工作通过分子聚集态调控与器件界面工程的协同设计，为兼顾短波红外响应与偏压下低暗电流提供了新的材料体系和技术路径。

相关研究成果以“*Short-Wave Infrared Organic Photodetectors With Ultralow Dark Current Density Under Biased Operating Conditions*”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为华南理工大学段春晖教授、尹冰艳博士以及大湾区大学刘莎研究员，华南理工大学博士生刘康哲、硕士生罗湘和尹冰艳博士是该论文的共同第一作者。该研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、广东省科技计划项目、广东省基础与应用基础研究基金、中国博士后科学基金及广州市科技计划项目等科研项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1002/adma.73895>

夏志国教授团队：热致可恢复锰基杂化卤化物力致发光材料用于结构健康监测

断裂型力致发光（FML）材料可将机械刺激直接转化为可见光信号，在应力感知和结构健康监测等领域具有重要应用潜力。然而，FML 通常伴随晶体断裂，机械作用后材料内部结构受损，发光强度随之衰减，限制了其进一步使用。因此，如何恢复机械疲劳后的力致发光性能，是提升材料实用性的关键问题。同时，FML 信号能够反映不同机械事件的特征，为结合机器学习实现智能化结构健康监测提供了新的研究思路。

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

教授团队基于锰基杂化卤化物 $\text{EPB}_2\text{MnBr}_4$ 构筑了柔性断裂力致发光复合薄膜。研究发现，材料在多次机械作用后出现明显的 FML 强度衰减，而经热处理后，其发光强度可恢复至初始值的约 75.5%。结合结构表征与热力学分析，团队提出并验证了基于 Ostwald ripening（奥斯特瓦尔德熟化）的热致恢复机制。与此同时，团队进一步利用 FML 信号结合一维卷积神经网络，对不同机械事件进行分类识别，展示了该类材料在结构健康监测中的应用潜力

研究团队选用零维锰基杂化卤化物 $\text{EPB}_2\text{MnBr}_4$ 作为发光组分，并将其分散于聚二甲基硅氧烷(PDMS)中制备柔性复合薄膜。该材料在按压、拉伸和折叠等机械刺激下均可产生明显的绿色断裂力致发光。随着机械作用次数增加，FML 强度逐渐衰减；经过 100 次机械循环后，其发光强度降至初始值的约 10.1%，而在 80-90 °C 下热处理 30 min 后，可恢复至初始值的 75.5%以上。

结构表征表明，热处理过程中材料未发生明显相变或新的化学反应。研究进一步提出，机械作用产生的高曲率微小晶体和缺陷区域在加热后优先溶解，并通过 PDMS 基体中的局域传质过程向较大晶体迁移和重新沉积，发生 Ostwald ripening，从而促进晶体重新生长并部分恢复 FML 性能。

此外，团队利用不同机械事件产生的 FML 信号构建 1D-CNN 模型，实现对 Impact、Static load、Vibration 和 Ambient 四类机械事件的分类识别，验证集准确率达到 98.75%，展示了该材料在结构健康监测中的应用潜力。

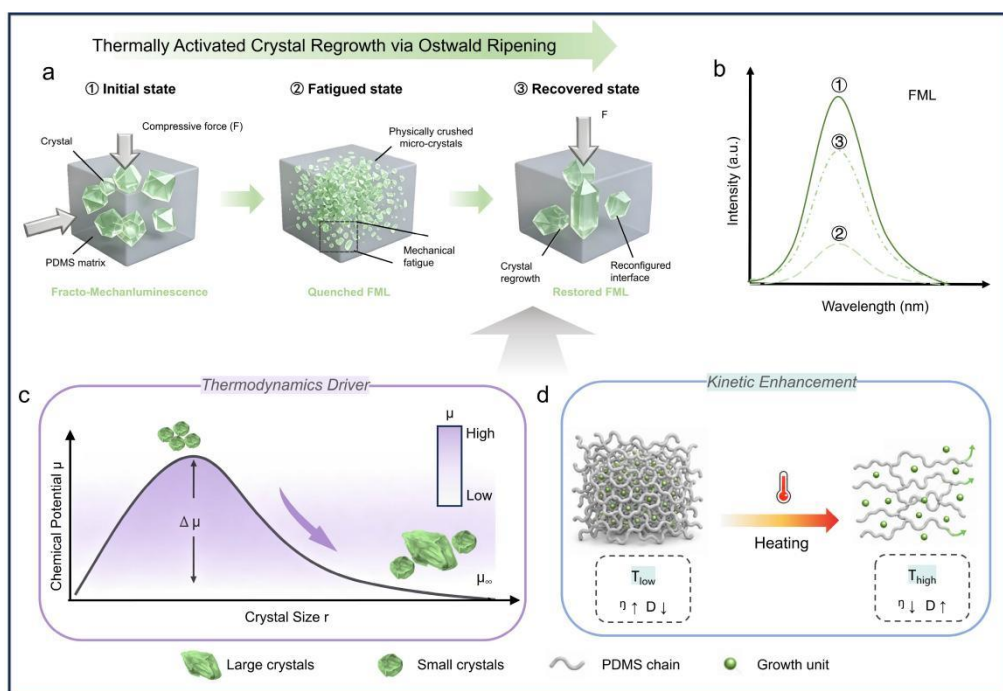


图 1 热诱导 FML 恢复过程中 Ostwald ripening 介导晶体再生的机制示意图。(a) 晶体/PDMS 复合材料由初始状态，经机械疲劳状态，再到热恢复状态的演变示意图。反复机械载荷使嵌入的晶体破碎为微晶，导致 FML 明显猝灭；热处理促进晶体重新生长及界面重构，从而部分恢复 FML 响应；(b) 初始状态 (①)、疲劳状态 (②) 和热恢复状态 (③) 对应的 FML 发射光谱示意图，展示加热后发光强度的恢复；(c) 晶体熟化的热力学起源；(d) PDMS 基体中重结晶过程的动力学增强机制。

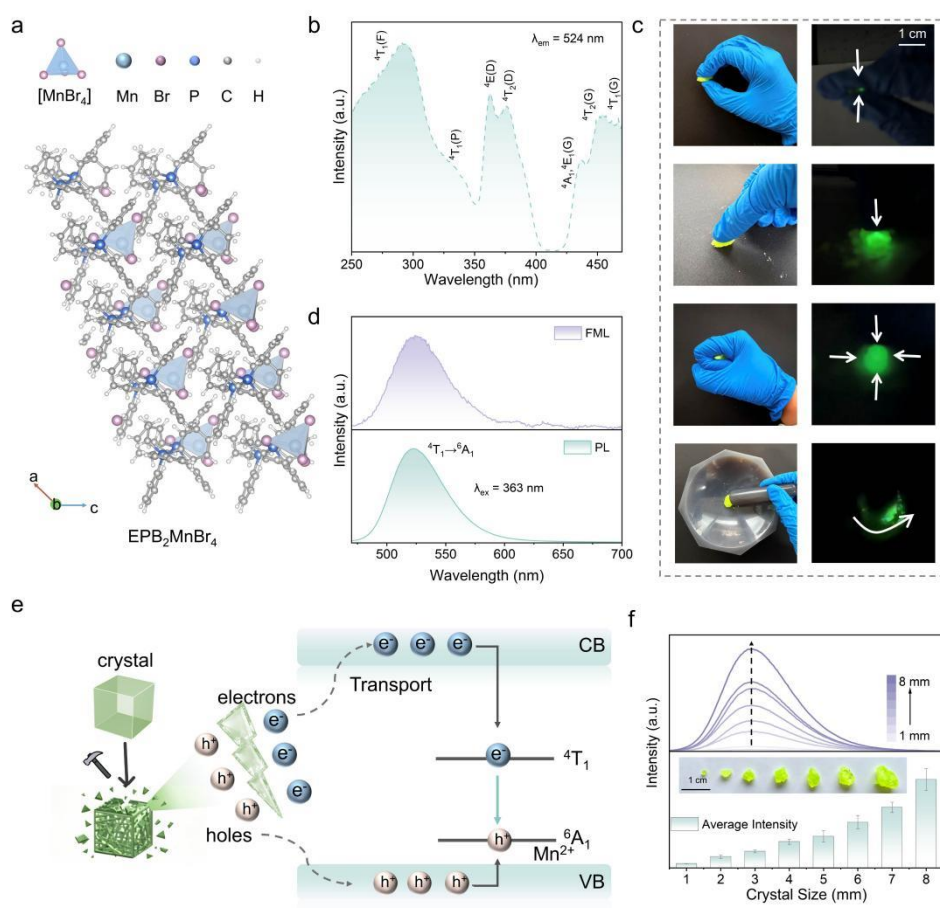


图 2 EPB₂MnBr₄ 晶体的结构与光学性质。(a) 晶体结构；(b) PLE 光谱；(c) 晶体在不同机械作用方式下产生发光的照片；(d) FML 光谱（上）与 PL 光谱（下）；(e) FML 机制示意图；(f) 不同尺寸晶体的 FML 光谱（上）及 FML 强度与晶体尺寸关系的柱状图（下）。

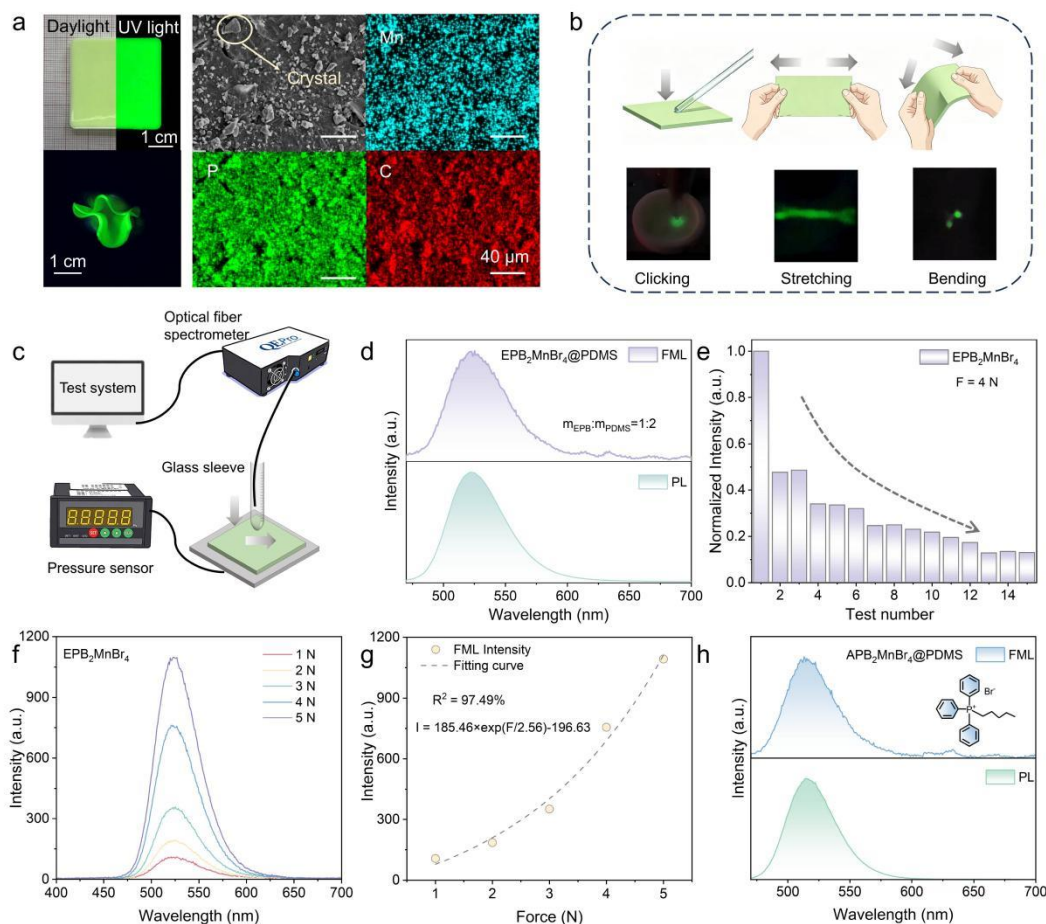


图 3 $\text{EPB}_2\text{MnBr}_4@\text{PDMS}$ 的 PL 与 FML 性能。(a) 热固化制备的 $\text{EPB}_2\text{MnBr}_4@\text{PDMS}$ 薄膜均匀性表征，包括自然光和紫外光下的发光照片、SEM 图像及 EDS 元素分布图；(b) 不同机械作用下的 FML 图像；(c) 自搭建 FML 测试系统；(d) FML 与 PL 光谱；(e) $\text{EPB}_2\text{MnBr}_4@\text{PDMS}$ 在疲劳测试过程中的 FML 强度变化；(f) 不同外力下的 FML 光谱；(g) FML 强度与外力的散点图及拟合关系曲线（1-5 N 应力范围）；(h) $\text{APB}_2\text{MnBr}_4@\text{PDMS}$ 的 FML 与 PL 光谱。

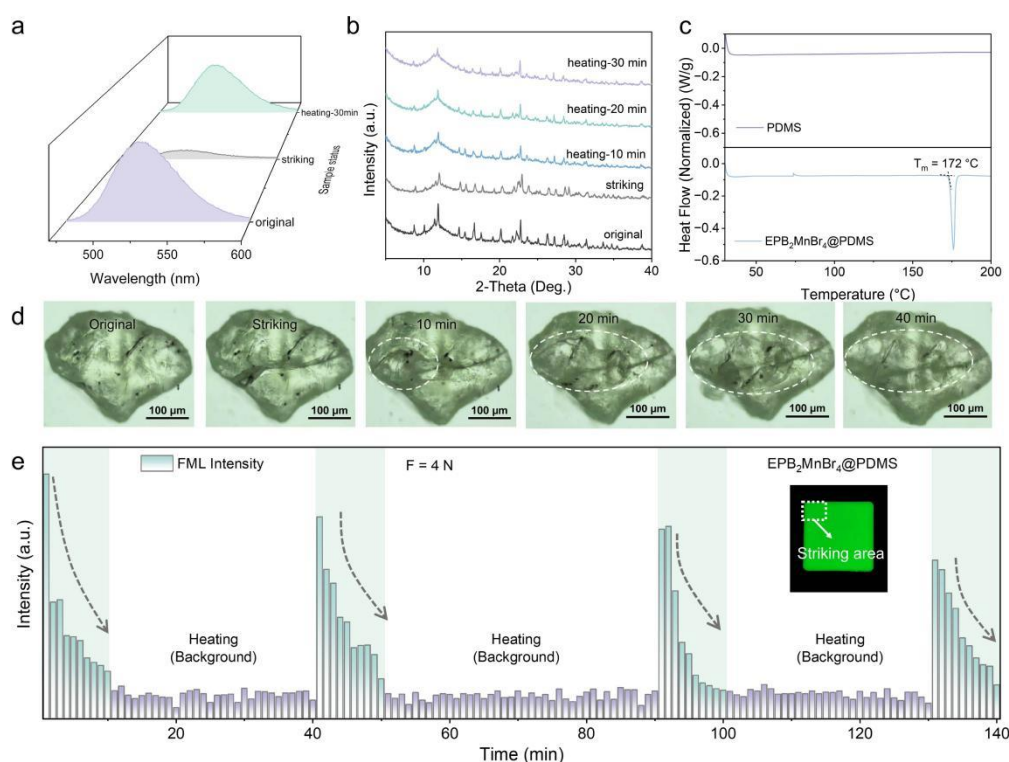


图 4 EPB₂MnBr₄@PDMS 的可恢复 FML 性能；(a) 初始状态、机械敲击后以及加热 30 min 后的 FML 光谱；(b) 初始状态、机械敲击后以及分别加热 10、20 和 30 min 后的 XRD 图谱；(c) PDMS 与 EPB₂MnBr₄@PDMS 的 DSC 曲线；(d) 嵌入 PDMS 中单个晶体在初始状态、机械敲击后以及分别加热 10、20 和 30 min 后的光学显微图像；(e) 三个“机械敲击-加热 30 min”循环过程中 FML 强度变化的柱状图。

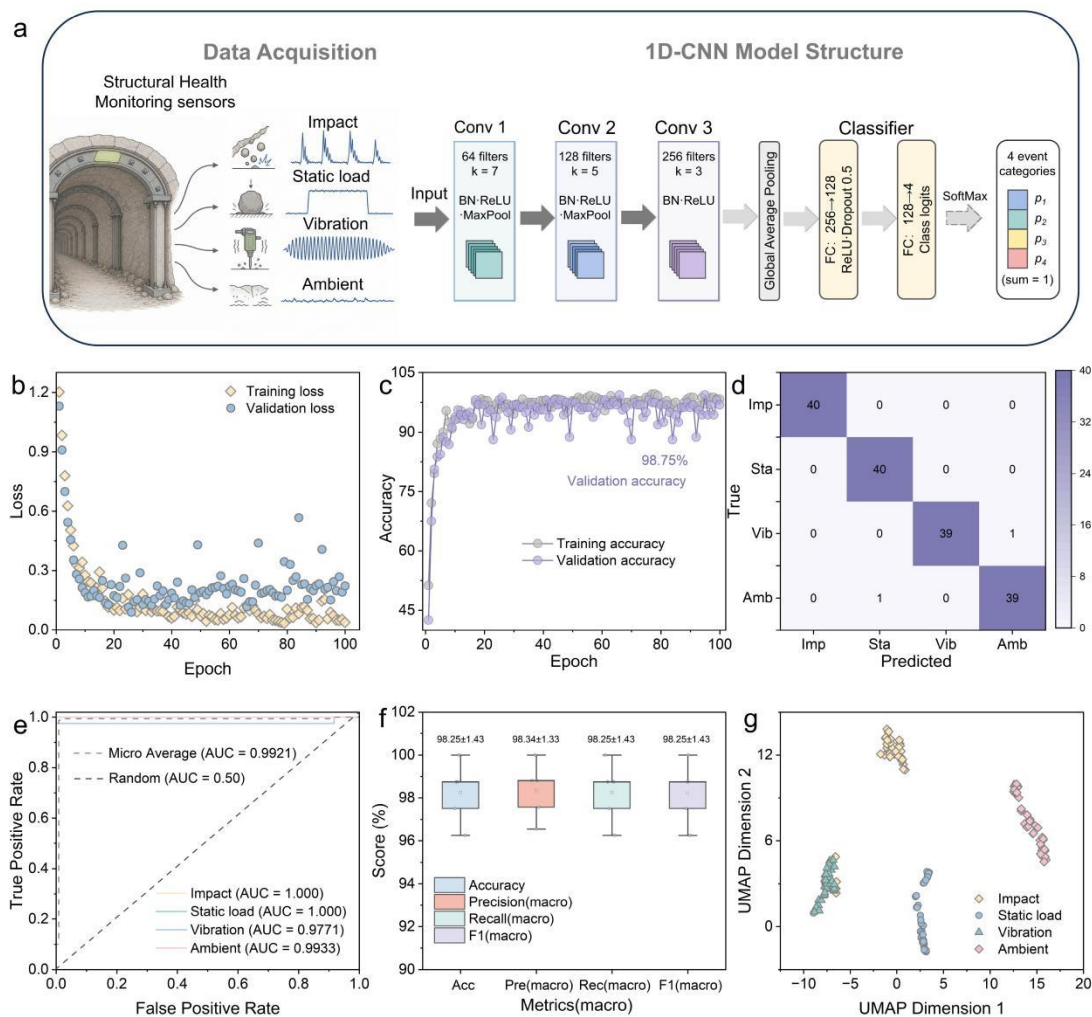


图 5 机器学习辅助的弹性体用于矿洞结构健康监测。(a) 数据采集流程及 1D-CNN 模型结构示意图；(b, c) 100 个训练周期内训练集与验证集的损失和准确率变化曲线；(d) 1D-CNN 在验证集上的分类混淆矩阵；(e) ROC 曲线；(f) 四项评价指标——准确率、精确率、召回率和 F1 值的五折交叉验证结果（宏平均）；(g) 验证集中 CNN 提取特征的 UMAP 可视化结果。

相关研究成果以 “*Thermally Recoverable Fracto-Mechanoluminescence in Manganese Based Hybrid Halides for Fatigue-Resistant Structural Health Monitoring*” 为题发表在 *Advanced Functional 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）、广东基础应用基础研究基金会（2024A1515011070）等科研项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1002/adfm.78863>

段春晖教授团队：基于硒取代的醌式分子半导体实现高灵敏深短波红外有机光探测器

近年来，有机光探测器（OPD）以其质量轻薄、可溶液加工、不含有毒重金属等优点，引起了研究者的广泛关注。其中探测波长在 1.3–3.0 μm 的深短波近红外（deep-SWIR）有机光探测器在遥感、夜视、健康监测、生物成像及光通信等领域具有广阔的应用前景。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的段春晖教授课题组利用杂原子取代策略，报道了一类含硒深短波红外醌式有机半导体，在 0.5–1.4 μm 波长范围实现超 1011 Jones 的高灵敏光探测，有望拓展柔性电子、光通信等领域的应用。

该课题组前期工作开发了一个短波红外有机光探测材料 TBzIC，光谱范围覆盖至 1300 nm，基于该材料制备的光探测器在 1100 nm 处实现了超过 40% 的外量子效率 (*Adv. Mater.* 2024, 36, 2310811)，然而其光响应范围仍难以覆盖深短波红外波段。该工作中，研究人员通过硒原子取代策略，设计合成了一例新型电子受体 SeBz-4Cl。研究发现，硒原子的引入不仅能够增强材料的分子刚性，而且使得共轭骨架的“芳香-醌式”共振效应显著增强，实现了光学带隙的有效降低。SeBz-4Cl 薄膜的光吸收深入到

了深短波近红外波段，其吸收起始边达到 1450 nm。基于 SeBz-4Cl 的有机光探测器在 1310 nm 处实现了高达 13.8% 的外量子效率，在 0.5–1.4 μm 的波长范围内实现了超过 10^{11} Jones 的比探测率，该性能处于世界领先水平。此外，研究人员进一步展示了 SeBz-4Cl 在柔性器件、光通信，以及短波近红外单像素成像仪等领域的应用。本研究为光响应范围超过 1.3 μm 的高性能深短波近红外有机半导体提供了新的设计思路，也展现了其在柔性电子、光通信等领域良好的应用前景。

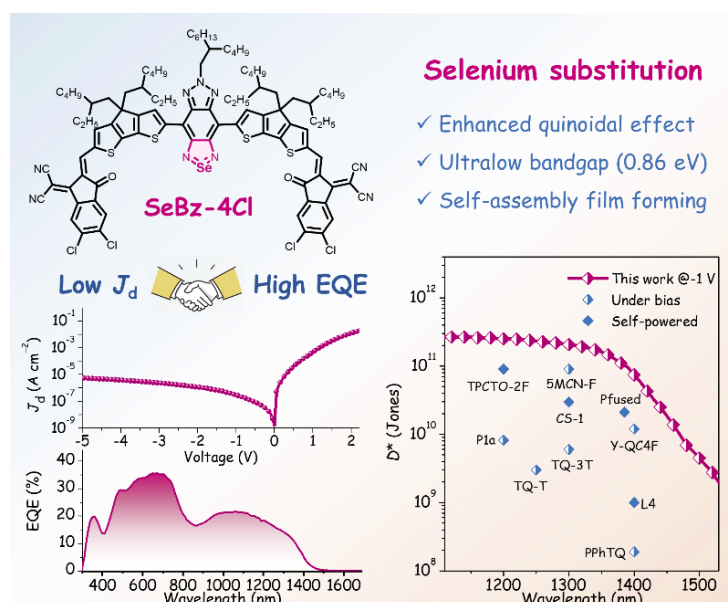


图 1. 含硒深短波红外醌式有机半导体研究

相关研究成果以“*High-Sensitivity Deep Shortwave Infrared Organic Photodetectors Enabled by Selenium-Integrated Quinoidal Molecular Semiconductor*”为题发表在 *Nature Communications* 上，其中通讯作者为段春晖教授，华南理工大学魏文魁博士、尹冰艳博士、王晔晔博士，以及浙江大学博士生王静为论文的共同第一作者。该研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、广东省基础与应用基础研究基金、中国博士后科学基金等科研项

目的资助。

原文链接: <https://www.nature.com/articles/s41467-026-78139-y>

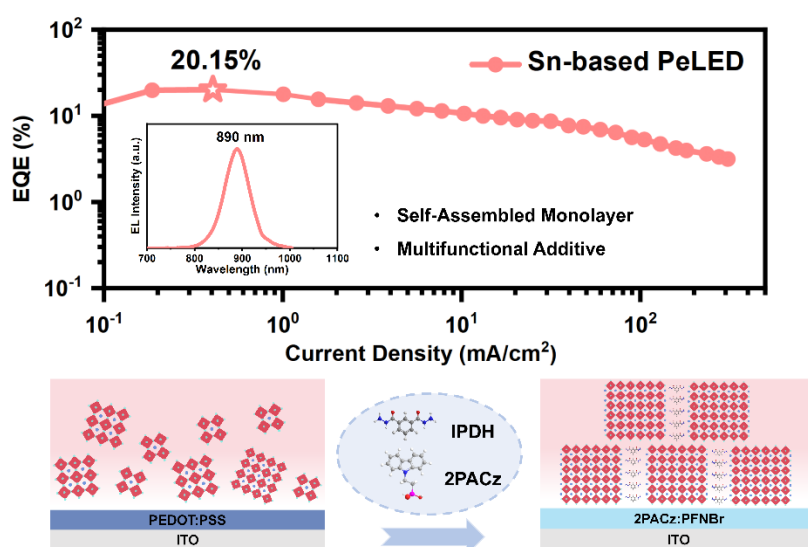
马东阁教授&陈江山研究员团队：外量子效率超过 20%的近红外锡基钙钛矿发光二极管

环保型锡 (Sn) 基钙钛矿在近红外发光二极管 (PeLEDs) 领域极具潜力，但由于其不可控的快速结晶动力学和严重的 Sn^{2+} 氧化问题，导致薄膜缺陷密度高，其电致发光性能目前仍显著落后于铅基钙钛矿 LED。此外，常用的 PEDOT:PSS 空穴传输层由于其强酸性和吸湿性，会加剧锡基钙钛矿的化学降解和界面非辐射复合，从而限制了器件效率。因此，亟需开发有效的界面与体相协同调控策略，从根本上改善锡基钙钛矿薄膜的晶体质量。

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和陈江山研究员团队利用 2PACz:PFNBr 自组装单分子层 (SAM) 作为埋底界面，并引入间苯二甲酰肼 (IPDH) 作为体相添加剂，有效调控了锡基钙钛矿结晶动力学和显著抑制了 Sn^{2+} 的氧化，实现外量子效率超过 20% 的锡基近红外发光二极管，有望拓展环保无铅钙钛矿在高效近红外发光二极管领域的应用。

在制备高质量锡基 PeLEDs 的过程中，界面的性质从根本上决定了钙钛矿的成核与结晶动力学。该研究采用 2PACz:PFNBr 自组装单分子层替代传统的 PEDOT:PSS，降低了底表面的润湿性，从而增加了异质成核的势垒，抑制了过度成核现象。这为后续的晶体生长提供了充足的生长空间，不仅释放了界面处的残余晶格应变，还促使生成了晶粒更大、致密度更高且晶体取向高度

一致的钙钛矿薄膜。同时，研究人员在钙钛矿前驱体中引入了多功能添加剂 IPDH。IPDH 中的羰基和相邻的胍基充当电子供体，能与配位不足的 Sn^{2+} 形成稳定的双配位五元螯合环结构。这种强烈的螯合作用进一步延缓了钙钛矿的结晶速度，确保了钙钛矿 3D 相的受控生长，有效抑制了聚集诱导的荧光猝灭。此外，该配位作用显著提高了锡空位 (V_{sn}) 的形成能（从 5.24 eV 提升至 5.77 eV），从而极大地抑制了 Sn^{2+} 向 Sn^{4+} 的氧化，减少了因氧化造成的 p 型自掺杂带来的缺陷密度。



得益于自组装单分子层界面与体相添加剂的协同优化，锡基钙钛矿薄膜中的非辐射复合损失被大幅降低。最终制备的器件展现出破纪录的 20.15% 的外量子效率 (EQE)，最高辐射亮度达到 125 W sr⁻¹ m⁻²，并且在 3 V 至 8 V 的不同驱动电压下，电致发光峰始终稳定在 890 nm 左右，展现出了优异的光谱稳定性和工作寿命。

相关研究成果以 “*Self-Assembled Monolayer and Multifunctional Additive Improve Tin-Perovskite Crystallization for Near-Infrared LEDs Exceeding 20% EQE*” 为题发表在 *ACS Energy*

Letters 上, 其中通讯作者为马东阁教授和陈江山研究员, 第一作者为刘嘉诚博士生。该研究工作得到了国家重点研发计划 (2022YFE0206000)、国家自然科学基金 (U2001219)、广东省基础与应用基础研究基金 (2023B1515040003 和 2024A1515010262)、广东省自然科学基金 (2023B1212060003) 以及华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室 (Skllmd-2023-05) 等科研项目的资助。

原文链接: <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.6c01804>

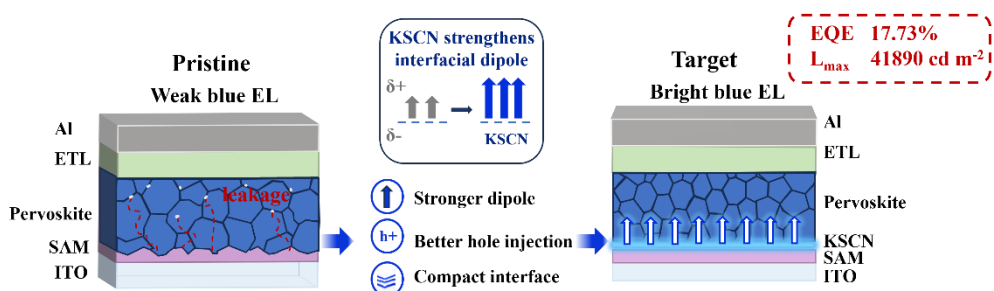
马东阁教授&陈江山研究员团队: KSCN 埋底界面增强偶极实现超亮蓝光钙钛矿发光二极管

金属卤化物钙钛矿具有高色纯度、带隙可调和溶液可加工等优势, 是新一代显示与照明领域的重要发光材料。近年来, 钙钛矿发光二极管 (PeLEDs) 的器件效率快速提升, 但蓝光器件在高电流密度下仍面临空穴注入势垒大、载流子注入不平衡及非辐射复合严重等问题, 导致器件亮度和稳定性难以兼顾, 制约其在微显示、虚拟/增强现实及可见光通信等领域的应用。

近日, 华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室马东阁教授和陈江山研究员团队提出 KSCN 埋底界面偶极层策略, 协同优化能级匹配、界面传输与钙钛矿结晶, 最终蓝光 PeLED 获得 17.73% 的最大外量子效率、41890 cd m⁻² 的超高亮度以及 5 倍提升的工作寿命, 为兼顾蓝光 PeLED 的高效率、高亮度和稳定性提供了新的界面工程思路。

传统 2PACz 自组装单分子层偶极矩较小且易聚集, 限制 ITO

功函数调控和均匀界面构筑。团队在 2PACz 上引入 KSCN 界面层，DFT 表明体系偶极矩由 1.90 D 增至 9.67 D，UPS 显示功函数由 4.33 eV 提高至 4.62 eV，显著改善了空穴注入能级匹配，有利于实现更加平衡的电子和空穴注入。KSCN 层对埋底界面和钙钛矿结晶过程发挥协同作用。KSCN 修饰后，界面粗糙度由 0.35 nm 降低至 0.11 nm，形成更加均匀致密的底部界面，并有效减少薄膜中的漏电通道。同时，SCN⁻能够与未配位 Pb²⁺形成配位作用，调节钙钛矿成核和结晶过程，抑制界面及晶界缺陷。由此，钙钛矿薄膜的平均载流子寿命由 266.7 ns 延长至 585.4 ns，最高 PLQY 由约 34.8%提高至 61.8%，陷阱态密度由 $1.28 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 降低至 $2.98 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。得益于界面电子结构和钙钛矿薄膜质量的协同改善，优化后的蓝光 PeLED 在 491 nm 处实现窄带蓝光发射，半高全宽仅 15 nm，最大外量子效率达到 17.73%，最高亮度由 18702 cd m^{-2} 提升至 41890 cd m^{-2} ；在初始亮度 100 cd m^{-2} 条件下，器件 T50 寿命由 18 min 提高至 90 min。该工作实现了蓝光 PeLED 高效率、超高亮度与稳定性的兼顾，为面向微显示和高电流密度发光应用的器件设计提供了新的界面调控策略。



相关研究成果以“*Buried Layer Enhances Interfacial Dipole Toward Ultrabright Blue Perovskite Light-Emitting Diodes*”为题发表在 *Advanced Optical Materials* 上，其中通讯作者为马东阁教授和陈江山研究员，第一作者为余不凡博士生。该研究工作得到了

国家自然科学基金 (U2001219, 51973064), 广东省基础与应用基础研究基金 (2023B1515040003, 2024A1515010262), 广东省自然科学基金 (2023B1212060003), 以及华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室 (Skllmd-2023-05)等科研项目的资助。

原文链接: <https://doi.org/10.1002/adom.71645>

有机光伏材料与器件

应磊研究员&钟文楷副教授团队：二维纳米晶动力学模板调控自组装实现有机太阳电池效率 21%

有机太阳电池的功率转换效率已突破 20%，然而在溶液加工的非平衡成膜过程中，活性层互穿网络结构往往连续性差、取向相关性弱，并伴随无定形混合区。现有调控策略多依赖分子设计、溶剂添加剂或后处理以提高结晶度，但单纯提升结晶度难以在快速动力学冻结过程中构建方向相关的纤维网络，如何调控分子致密化与相分离的时间序列，成为高性能 OSCs 形貌控制的核心难题。

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、钟文楷教授等利用二维三硫代磷化钴 (CoPS_3) 纳米晶作为动力学模板，在成膜过程中重编程分子自组装，实现 21.0% 的功率转换效率，为有机体异质结形貌调控提供了新策略。不同于传统通过提高结晶度调控形貌的思路，该工作提出“动力学模板化自组装”新机制。二维 CoPS_3 纳米晶具有各向异性、电子可交互的原子级平整表面（平均尺寸约 18 nm），与聚合物给体 D18 和

小分子受体 L8-BO 发生弱而位点选择性的界面非共价电子耦合。

在不提高结晶度的前提下,该策略重塑了介观纤维网络自组装, Hermans 取向因子由 0.41 升至 0.81, 纤维长度由 121 nm 增至 143 nm、宽度由约 17 nm 降至约 12 nm。基于 D18:L8-BO 体系仅需 0.5 wt%低负载溶液共混, CoPS₃ 纳米片延缓了 D18:L8-BO 的聚集动力学, 给分子留出更长的有序排列时间(图 1), 器件即获得 21.0%的功率转换效率, 第三方认证效率 20.53%。该策略在 PTzBI-dF:L8-BO、PM6:Y6 等多个给受体体系中普适, 实现了效率与稳定性的同步提升。

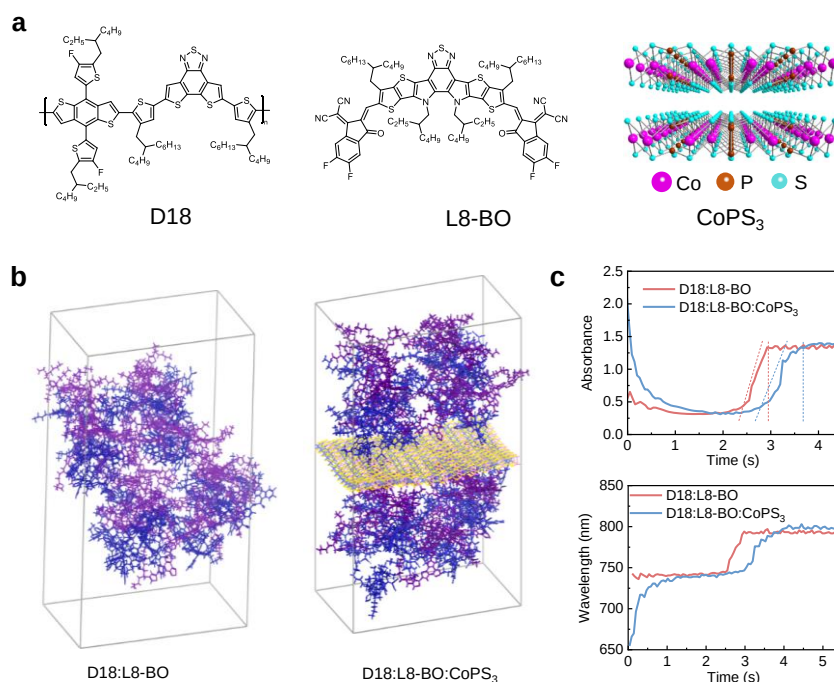


图 1 (a) 二维 CoPS₃纳米晶动力学模板化自组装机理示意图 (a: D18、L8-BO 分子结构与 CoPS₃晶体结构; (b)分子动力学模拟; (c) 薄膜特征吸收峰强度与峰位波长随时间的演化曲线

相关研究成果以“*Kinetically templated fibrillar self-assembly via two-dimensional nanocrystals enables 21% efficient organic solar cells*”为题发表在 *Nature Communications* 上, 其中通讯作者为华

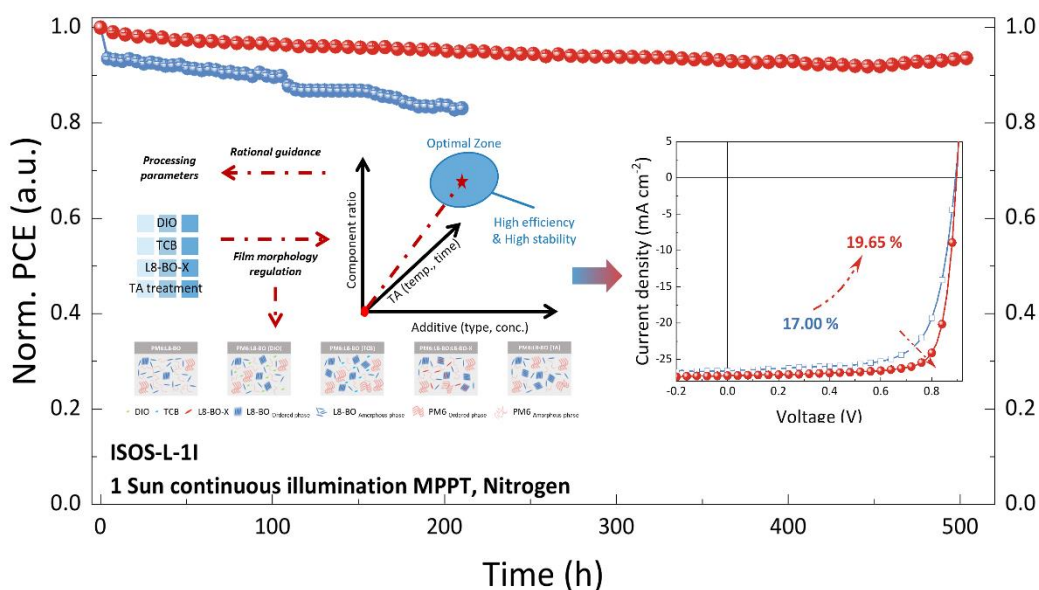
南理工大学应磊研究员、钟文楷副教授及李振业教授，第一作者为华南理工大学博士李振业（现任南华大学教授）。该研究工作得到了国家自然科学基金（项目号：62404094，22575092）、广东省基础与应用基础研究基金等科研项目（项目号：2023B1515040026）的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1038/s41467-026-75699-x>

李宁教授团队：多变量加工协同策略实现有机太阳能电池效率-稳定性协同提升

有机太阳能电池的商业化应用要求同时具备高光电转换效率和长期运行稳定性。然而，效率与稳定性之间长期存在此消彼长的权衡关系，其根源在于光活性层 BHJ 纳米尺度形貌对加工条件极为敏感。尽管添加剂、三元组分和热退火等加工策略已被广泛研究，但多种加工参数如何协同调控薄膜形成动力学、最终形貌及器件稳定性，仍缺乏系统性的定量理解，导致器件优化长期陷入“试错”模式。

提出机制引导的多变量加工框架，系统解耦添加剂、三元组分及热退火的独立与协同效应，首次建立“加工参数-薄膜形貌-器件稳定性”的定量关联，实现了 19.65% 的器件效率且稳定的有机太阳能电池。



针对实现有机太阳能电池“效率-稳定性”协同提升这一核心难题，研究团队创新性地提出了机制引导的多变量加工框架。以 PM6:L8-BO 高效体系为模型，采用原位吸收光谱技术，解析旋涂成膜过程中薄膜形成的三个阶段，溶剂蒸发与分子成核、溶质快速结晶、固态薄膜稳定。通过系统调控 DIO 溶剂添加剂、TCB 固体添加剂、L8-BO-X 三元受体组分及热退火四个关键参数，研究揭示了三个关键发现：其一，单一加工参数无法同时最大化效率和稳定性；其二，“Ternary + TCB + TA”的协同组合可构建高度有序、热力学稳健的 BHJ 形貌；其三，该策略成功实现了“效率-稳定性”协同提升。基于该策略制备的器件实现 19.65% 的器件效率，且器件在 ISOS-L-1 条件下老化 500 小时后仍保持 93% 的初始效率。

相关研究成果以“*Decoupling Processing-Morphology-Stability Relationships Enables 19.65% Organic Solar Cells With Exceptional Photostability*”为题发表在 *Small* 上，通讯作者为浙大宁波理工学院王海桥教授、华南理工大学李宁教授，第一作者为尹志鹏博士。

该研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、TCL 科技创新基金、教育部基础与交叉学科突破计划等科研项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1002/sml.74409>

前沿交叉

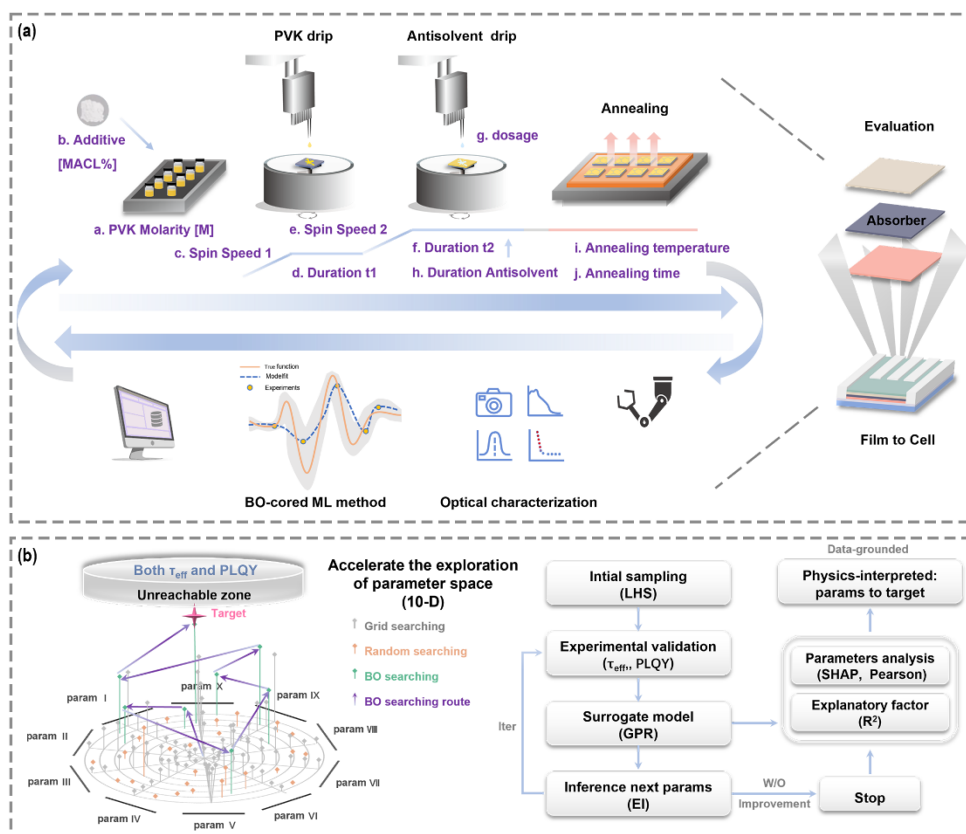
李宁教授团队：钙钛矿光伏器件中基于物理学的闭环优化和可解释的工艺洞察

钙钛矿薄膜性能受前驱体组成、旋涂、反溶剂和退火等多种工艺参数协同影响，传统经验试错难以高效探索复杂高维空间。机器学习虽可提升优化效率，但往往缺乏物理可解释性。因此，如何兼顾高效工艺搜索与物理规律提取，是推动钙钛矿光伏从经验试错走向数据驱动研究的重要问题。

近日，华南理工大学李宁教授团队构建了一套物理可解释的钙钛矿光伏闭环自主优化平台，将机器人自动制备、高通量光物理表征、贝叶斯优化与可解释机器学习相结合，实现了高维钙钛矿制备工艺的快速优化，并进一步从数据中提取工艺参数、结晶过程与载流子复合行为之间的关联，为钙钛矿光伏从经验试错向数据驱动和可解释工艺设计转变提供了新的研究范式。

钙钛矿薄膜形成涉及溶液流动、溶剂挥发、成核结晶、中间相转变和热退火等多个连续且相互耦合的过程，使不同工艺参数之间存在显著的非线性关联。针对这一问题，研究团队建立了自动化制备-表征-算法决策闭环，以载流子有效寿命 (τ_{eff}) 和光致

发光量子效率 (PLQY) 作为反映非辐射复合损失的关键光物理目标, 在包含前驱体浓度、MAI 添加量、多阶段旋涂、反溶剂处理及退火条件等参数的十维工艺空间中开展贝叶斯优化。对于 FAPbI₃ 体系, 闭环平台仅经过约 40 组迭代即可在高维空间中快速定位高质量工艺区域, 获得有效载流子寿命达 1.74 μ s、PLQY 达 45.1% 的钙钛矿薄膜, 并实现 24.82% 的器件光电转换效率。进一步将所建立的方法迁移至 FA_{0.95}CS_{0.05}PbI₃ 体系后, 器件最高效率达到 26.53%, 表明该框架具有一定的跨材料体系迁移能力。区别于仅追求最优参数组合的传统“黑箱”优化, 该研究进一步结合参数相关性分析和可解释机器学习, 对闭环实验数据进行物理解析。结合结构与光谱表征, 研究建立了从“工艺参数-薄膜形成-载流子复合”的可解释关联, 使自主实验平台不仅能够寻找最优工艺, 还能够从实验数据中提炼可用于后续材料设计优化的物理规律。



相关研究成果以“*Physics-interpreted closed-loop optimization and interpretable process insight in perovskite photovoltaics*”为题发表在 *Energy & Environmental Science* 上，其中通讯作者为李宁教授、孟伟博士、毛霖研究员，第一作者为熊梓余博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金会（52394273 和 52373179）、TCL 科技创新基金（20242065）、中国教育部基础与交叉学科突破规划（JYB2025XDXM410）、中国博士后科学基金会博士后项目（GZB20240229）和中国博士后科学基金（2025M770101）等科研项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1039/d6ee02587k>

冯光雪教授团队：纳米隔离策略实现肿瘤激活光动力治疗——基于聚集门控型 I 型光敏剂

光动力治疗（PDT）因微创性和时空选择性在肿瘤精准治疗中备受关注，但目前存在三大难以兼顾的关键痛点：传统光敏剂持续产生活性氧，极易造成正常组织脱靶光损伤；主流 II 型光敏剂高度耗氧，在实体瘤乏氧微环境下疗效大幅衰减；现有响应型光敏剂释放后易二次聚集，直接抑制活性氧生成，形成难以破解的聚集淬灭悖论。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的冯光雪教授团队创新提出“纳米-隔离”策略，通过将具有超聚集光敏性能越强的 I 型光敏剂 MTPAON 封装于谷胱甘肽（GSH）响应的纳米载体中，利用高分子基质抑制光敏剂堆积，从而在血液循环和正常组织中“冻结”ROS 生成以消除脱靶毒性。纳米载体到达肿瘤后由肿瘤高表达的 GSH 触发分解，从而释放光敏分子，通过其在肿瘤处的特异性聚集从而按需激活 I 型 ROS，实现乏氧耐受的精准杀伤，巧妙化解了安全性与有效性的固有矛盾。

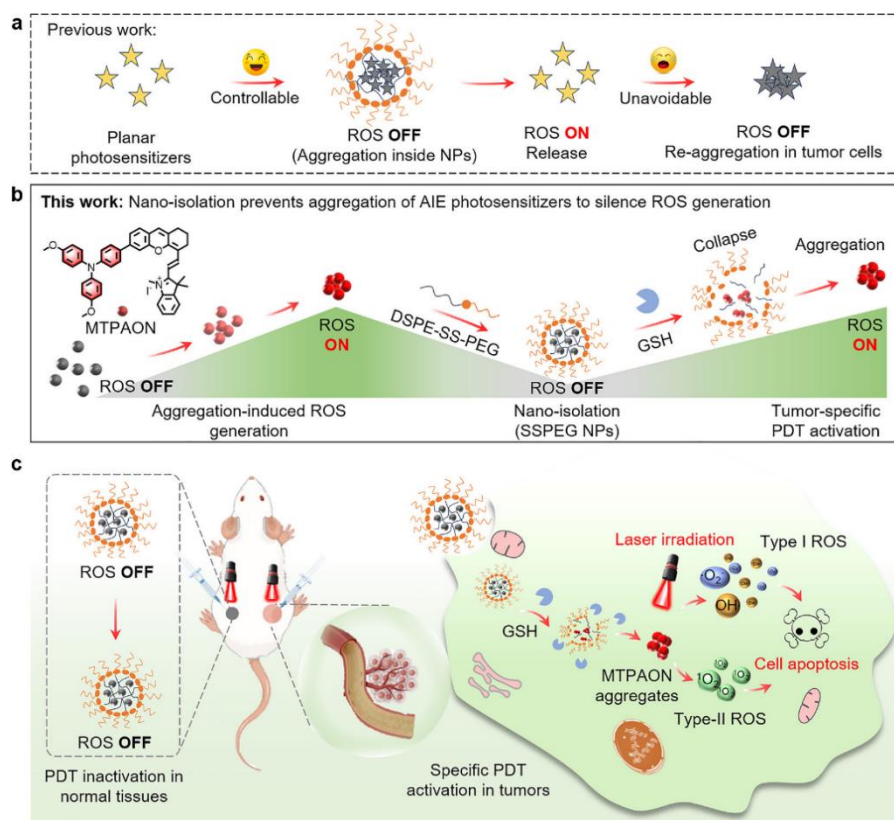


图 1：肿瘤激活型光动力疗法中纳米隔离策略的示意图

该团队将聚集诱导发光（AIE）基元引入平面半花菁衍生物中，构建了扭曲的给体- π -受体型光敏剂。其中，具有最大构象扭曲度的 MTPAON 表现出最优的 AIE 效应和最高的活性氧(ROS)产生能力,且其产生的 ROS 主要为对氧气依赖性较低的 I 型 ROS。研究表明，MTPAON 的 ROS 生成受其聚集状态的门控调控——仅当分子形成紧密堆积的聚集体时，ROS 才会被有效激活。基于此独特的“聚集门控”特性，研究团队提出并实现了“纳米-隔离”策略，将 MTPAON 以高聚合物比例封装于对谷胱甘肽（GSH）响应的纳米颗粒（SSPEG-7 NPs）中，从而淬灭其活性氧产生。

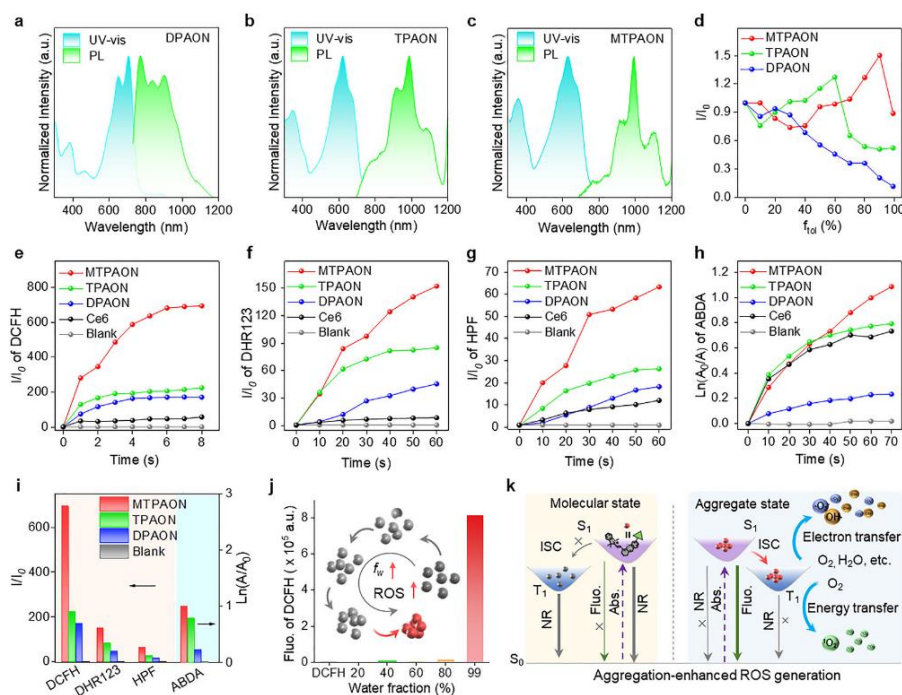


图 2. 材料光物理性质、ROS 产生能力及聚集门控机制

在血液循环过程中，纳米隔离效应有效抑制了 MTPAON 的紧密聚集，从而使其 ROS 产生处于静默状态，消除了对正常组织的脱靶光毒性。当 SSPEG-7 NPs 到达肿瘤部位后，肿瘤微环境中过表达的 GSH 触发纳米颗粒解体，释放出的 MTPAON 在肿瘤细胞内形成具有 I 型 ROS 生成能力的聚集体。实验结果表明，SSPEG-7 NPs 在低剂量激光照射下即可展现出显著的抗肿瘤疗效，同时对正常组织无明显光毒性。该“纳米-隔离”策略通过刺激响应触发的聚集行为，在空间上精确调控 PDT 的激活，从而调和了系统安全性与治疗效力之间的矛盾，为精准光动力治疗提供了全新范式。

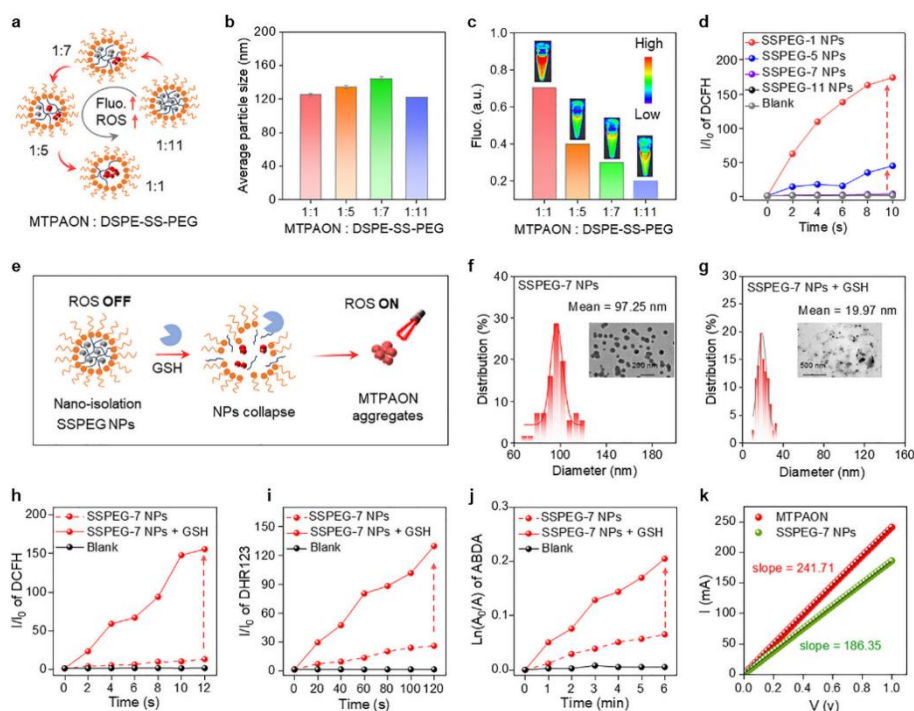


图 3. SSPEG NPs 在不同 MTPAON 负载比例下的性能比较、GSH 响应性解聚与聚集激活及其 I 型 ROS 产生能力的表征

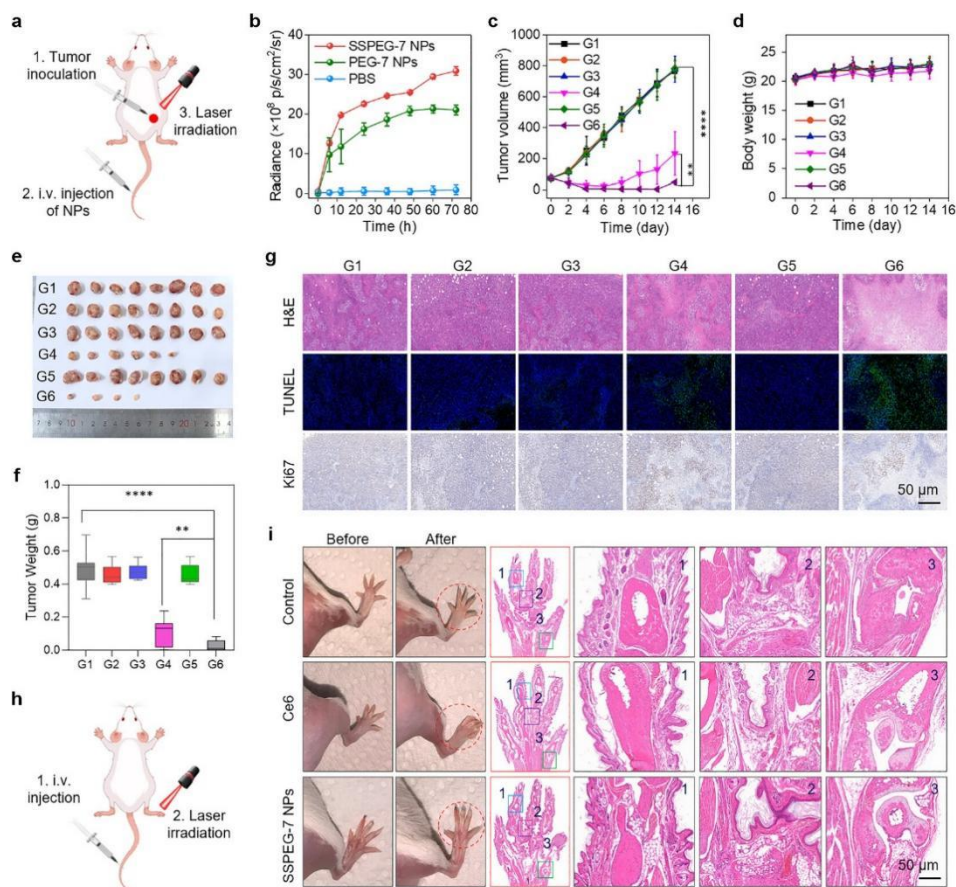


图 4: 静脉注射后 SSPEG-7 纳米颗粒的体内安全光动力治疗

相关研究成果以“*A Nano-Isolation Strategy for Tumor-Activatable Photodynamic Therapy via Aggregation-Gated Type I Photosensitizers*”为题发表于 *Advanced Materials*, 通讯作者为冯光雪教授, 共同第一作者为梁萍博士和刘隆采博士。该研究工作得到了国家自然科学基金(22595402, 52473300)、广东省基础与应用基础研究基金(2023B1515040003)、广东省重点领域研发计划(2024B0101040001)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。

原文链接: <https://doi.org/10.1002/adma.73771>

赵祖金教授团队：位置异构编码生物选择性，赋能靶向光动力治疗

精准区分正常组织与病理靶标是当代精准医学的核心命题之一。近年来，基于生物物理性质差异的识别方式，为广谱低廉的靶向干预和早期诊断开辟了新路径。但现有识别差异的分子调控策略多止步于简单线性改变，限制了结构多样、功能拓展和机制探索。近期，区域异构、构型异构、手性异构等精细调控手段已进入研究视野。但相关研究以经验性试错为主，尚未建立特定结构与靶标生物物理响应的理性设计框架。

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位置异构的氧化磷啉（PIO）衍生物调控聚集体结构，实现对不同细胞/细菌的选择性染色，有望拓展靶向光动力治疗领域的应用。

本研究基于 PIO 骨架设计了一系列位置异构体，利用 α/β 位

点固有的构象差异 (α 位刚性平面, β 位扭曲柔性) 调控亲/疏水取代基 (吡啶鎓盐/二甲基三苯胺) 的结构约束效果, 进而引导分子在水相中形成结构各异的纳米聚集体, 在堆积致密性、结构适应性和表面电荷分布上均呈现显著区分, 以实现对不同生物物理特征的生物靶标的选择性识别。以 MeTPA-PyBu 为例: α -MeTPA-PyBu 中, 刚性的 MeTPA-PIO 骨架堆叠形成致密疏水内核, 柔性的 PyBu 单元随之暴露于外围, 使得结构稳定, 但适应性低、阳离子暴露相对有限, 因而倾向于完整跨膜转运, 而非与膜发生适应性融合; β -MeTPA-PyBu 则呈现相反的组装模式, 刚性的 PIO-PyBu 外壳包裹松散柔性的 MeTPA 内核, 赋予聚集体高结构适应性和阳离子暴露能力, 使其能够动态重构, 从而高效整合并穿透生物膜。这种精细的位置异构设计最终转化为截然不同的生物染色行为。 α -MeTPA-PyBu 对癌细胞的荧光标记强度较正常细胞高出约 6–8 倍, 其选择性源于该分子依赖于癌细胞高膜电荷与高流动性方能实现高效跨膜; 同时, 其紧凑稳定的纳米结构有利于穿透革兰氏阳性菌的肽聚糖层, 因而对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌 (MRSA) 亦表现出优先染色能力, 而对正常哺乳动物细胞兼具低细胞毒性与低溶血活性。相比之下, β -MeTPA-PyBu 因松散柔性的组装模式赋予其非选择性的膜融合能力, 对癌细胞与正常细胞均呈现高效染色, 具有广谱特征, 而生物相容性因而欠佳; 也正因其松散的堆积结构, 对细菌细胞壁的穿透效率不及 α -MeTPA-PyBu, 对细菌染色效果明显较弱。凭借 PIO 体系固有的光动力活性, α -MeTPA-PyBu 在细胞层面对癌细胞表现出显著的光毒性, 而暗毒性极低, 呈现出可控的光依赖性杀伤特

征。在荷瘤小鼠模型中，局部光照后该分子显著抑制肿瘤发生。同时，体外抗菌实验显示， α -MeTPA-PyBu 对 MRSA 兼具本征杀菌活性与光增强灭菌效果。在 MRSA 感染伤口模型中，该分子有效促进创面愈合。上述体外与体内结果共同验证了该分子在实现精准光动力治疗中的可行性与优越性。

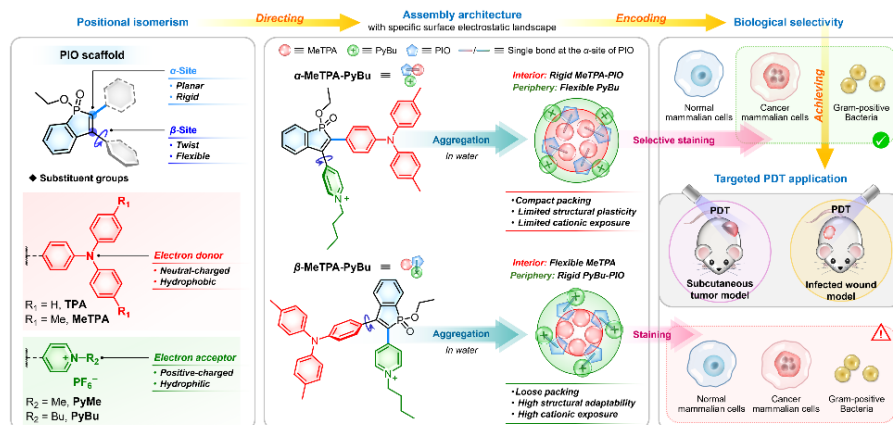


图 1. 设计策略示意图

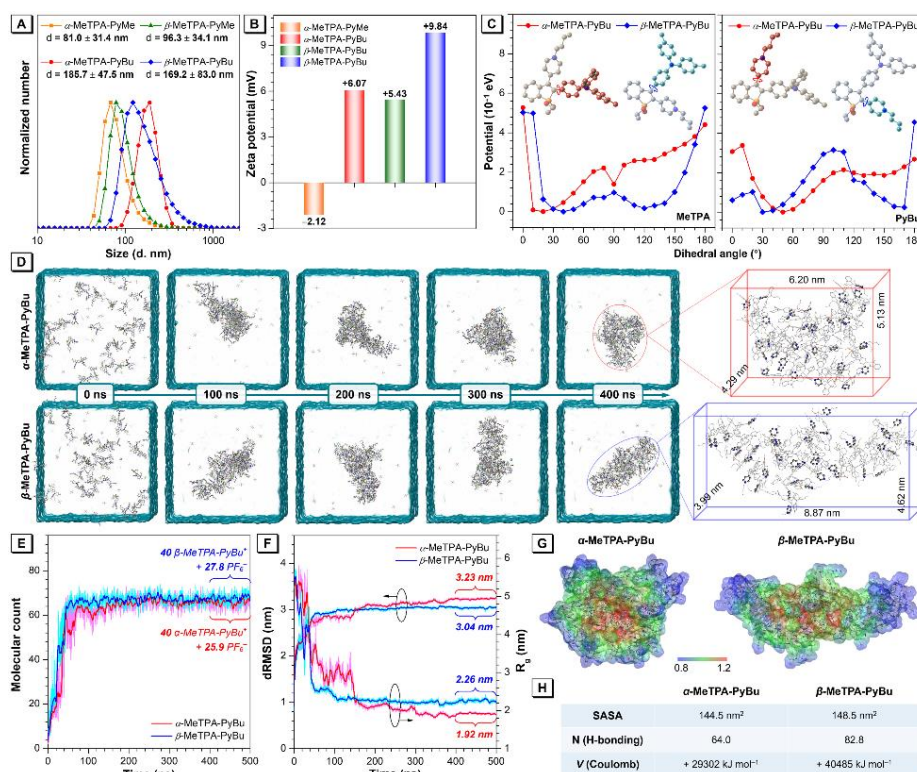


图 2. 自组装结构分析

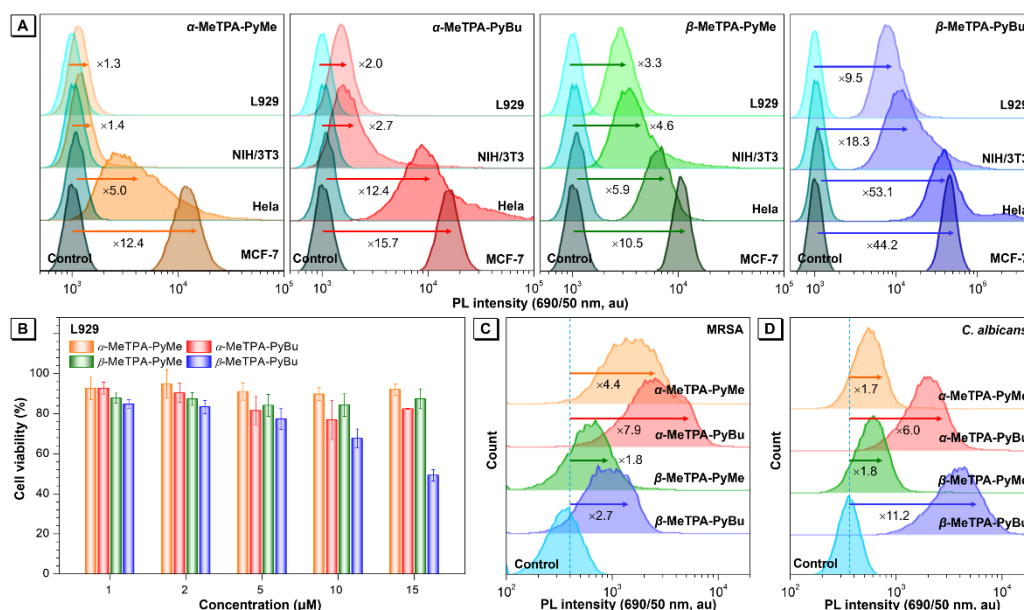


图 3. 生物选择性差异

相关研究成果以“*Encoding Biological Selectivity Through Positional Isomerism of Phosphindole Oxide AIEgens for Targeted Photodynamic Therapy*”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为赵祖金教授、庄泽燕博士和江平博士，第一作者为李建清博士、庄泽燕博士和廖伊雯博士。该研究工作得到了国家自然科学基金（U23A20594、22375066）和广东省基础与应用基础研究基金自然科学基金项目（2023B1515040003）等科研项目的资助。

原文链接：

<https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.7429>

冯光雪教授团队：非共轭侧链工程通过空间相互作用实现刺激响应型光动力治疗

光动力治疗 (PDT) 具有微创、时空可控和系统毒性低等优势，其核心在于光敏剂经光照激发后通过系间窜越 (ISC) 产生具有细胞毒性的活性氧 (ROS)。目前，提高光敏剂 ISC 和 ROS 产生效率通常依赖重原子引入、 π 共轭骨架调控或分子聚集方式改变，但这些策略往往需要直接改变光敏剂的共轭结构或聚集状态，限制了响应型光敏剂的分子设计自由度。因此，如何在不改变 π 共轭骨架和聚集模式的情况下，实现对光敏剂激发态过程和 ROS 产生的精准调控，成为光敏剂设计新的方向。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室冯光雪教授联合香港中文大学（深圳）唐本忠院士团队，利用非共轭侧链介导的分子内空间静电相互作用，构建了一种酸响应型茚二酰亚胺 (PDI) 光敏剂，在不改变分子 π 骨架和聚集模式的条件下实现了调控了分子的系间窜越和 ROS 生成。该策略通过质子化的二甲胺侧链与 PDI 酰亚胺羰基之间的空间阳离子-羰基相互作用，重塑局部电子分布并显著降低单重态-三重态能隙，从而促进 ISC 并增强 ROS 生成；进一步构建纳米颗粒后，实现了酸性溶酶体增强的光动力治疗，有望为激活响应型光敏剂和精准光动力治疗提供新的分子设计策略。

光动力治疗中，光敏剂的系间窜越 (ISC) 效率直接影响活性氧 (ROS) 的产生，而传统调控策略主要依赖重原子引入、 π 共轭骨架改造或分子聚集调控。这些方法主要对分子的共轭结构和

组装方式进行调控从而改变了分子的光物理性能。而本项研究提出了一种区别于传统的调控手段的利用非共轭侧链通过空间相互作用对分子光物理性能进行调控的新策略。

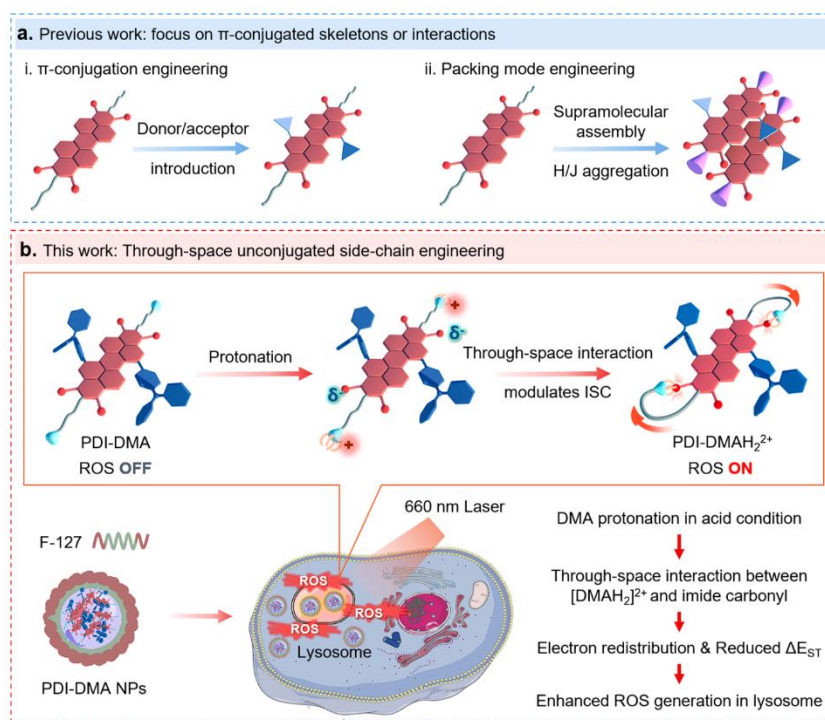


图 1 非共轭侧链工程通过空间相互作用实现刺激响应型光动力治疗示意图

在茚二酰亚胺的海湾位和酰亚胺位分别引入扭曲的三苯胺给体和可质子化的二甲胺侧链构建了 AIE 光敏剂 PDI-DMA。酸性条件下，二甲胺侧链发生质子化，并与邻近的酰亚胺羰基形成空间阳离子-羰基相互作用，产生局部静电场，进而调节 PDI 核心电子分布、降低单重态-三重态能隙 (ΔE_{ST})，促进 ISC 和 ROS 生成。PDI-DMA 的 ROS 生成能力较烷基侧链对照物 PDI-Bt 提高超过一个数量级。通过分子对照、主客体屏蔽实验及理论计算，进一步验证了该空间静电相互作用在 ROS 增强中的关键作用。进一步将 PDI-DMA 制备成纳米颗粒后，其酸响应 ROS 特性得

到保留，并可优先定位于细胞溶酶体，在荷瘤小鼠中表现出良好的光动力抗肿瘤效果。该研究揭示了非共轭侧链调控激发态过程的新机制，为刺激响应型有机光敏剂的设计提供了新的思路。

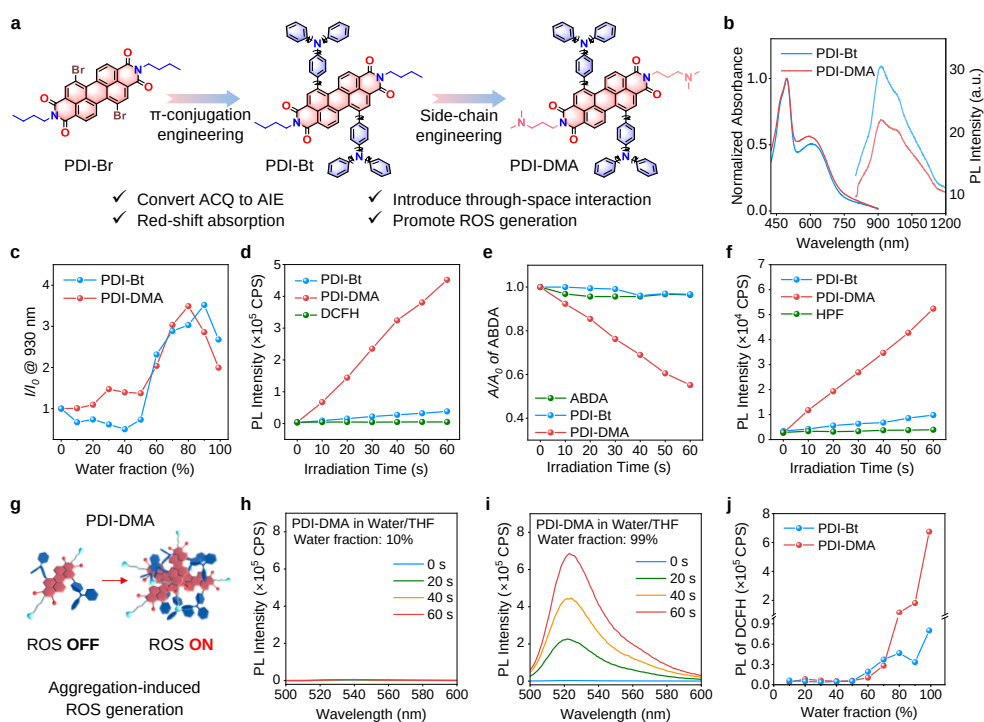


图 2 光敏剂的分子设计及性能表征

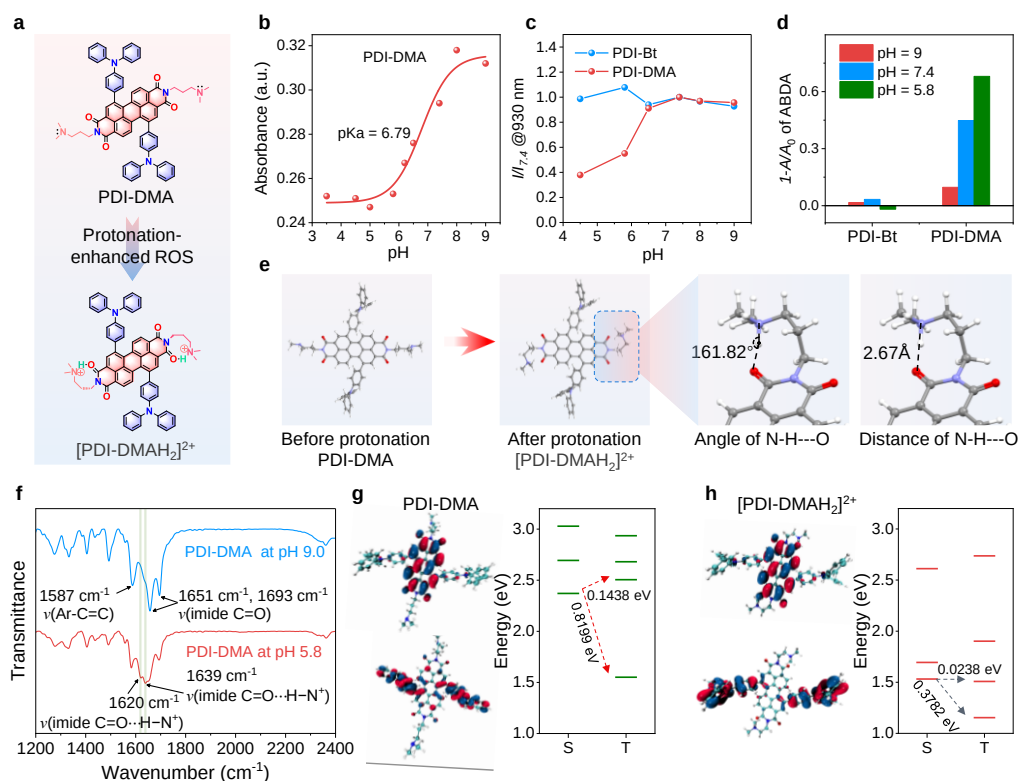


图 3 光敏剂的分子的空间作用酸响应行为探究

相关研究成果以“*Nonconjugated Side-Chain Engineering Enables Through-Space Interactions for Stimuli-Responsive Photodynamic Therapy*”为题发表在 *Journal of the American Chemical Society* 上，其中通讯作者为冯光雪教授和香港中文大学（深圳）唐本忠院士，第一作者为葛子宁博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金、广东省重点领域研发计划、广东省分子聚集体发光重点实验室基金等科研项目的资助。

原文链接：

<https://pubs.acs.org/jacsat/article/148/33/35705/5253224/Nonconjugated-Side-Chain-Engineering-Enables>

马於光教授团队：揭示有机铁磁半导体中聚集结构调控自旋耦合机制

有机铁磁半导体兼具电荷输运与长程自旋有序，是低功耗自旋电子器件的重要候选。然而，纯有机体系长期面临居里温度低、饱和磁化强度小及电荷输运不足等难题，其核心在于分子聚集结构与分子间自旋耦合关系尚不清晰，难以同时实现强铁磁耦合与有序电荷传输。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室马於光教授团队系统总结了近年来针对稠环酰亚胺自由基磁性半导体的研究，揭示聚集结构调控分子间自旋耦合的关键机制，并建立多尺度“结构-自旋-功能”框架，为高性能纯有机铁磁半导体设计提供新思路。

团队首先通过离子化诱导重构，在 PDI 和 NDI 自由基聚集体中实现室温铁磁性。PDI 体系室温饱和磁化强度达 1.2 emu g^{-1} 、居里温度超过 400 K，并表现出 n 型电荷输运。结合杂质分析、X 射线磁圆二色谱和铁磁共振，团队证实磁性源于有机分子 π 电子自旋极化。

进一步研究表明，仅缩短 π - π 距离或旋转分子不足以稳定铁磁态，“扭转+滑移”的协同堆积才是抑制反铁磁交换、形成铁磁耦合的关键，并由此建立聚集结构调控自旋耦合的定量设计依据。理论研究还表明，这一规律可从 NDI 推广至 PDI，并在多分子组装中产生协同增强效应。

针对自由基生成与有序组装相耦合的加工瓶颈，团队进一步发展拓扑化学还原策略：先构筑有序中性分子薄膜，再原位生成自由基。所得 PDI 薄膜室温饱和磁化强度达 10.5 emu g^{-1} ，约为理论上限的 73%，电导率达 1.05 S cm^{-1} ，并保持半导体特征；该策略也可推广至 NDI 体系。研究最终形成从分子、聚集到加工的多尺度设计框架。

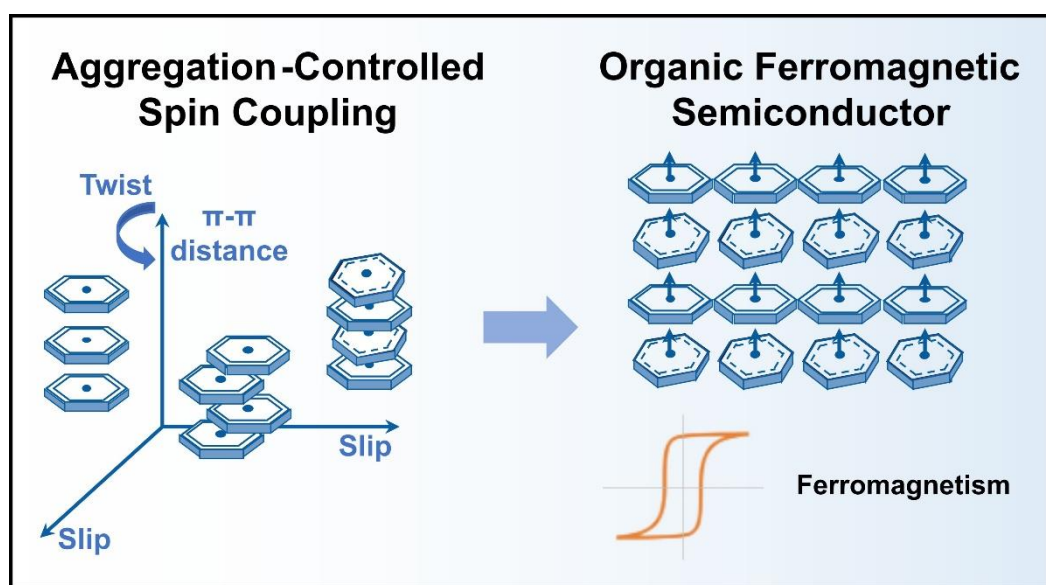


图 1. 通过调控分子聚集参数（包括分子间滑移、扭转以及 $\pi-\pi$ 堆积距离） π 自由基可以由弱关联自旋态转变为具有强 SOMO-SOMO 相互作用的耦合构型。这种由聚集结构调控的自旋耦合能够促成长程铁磁有序的形成，进而产生有机铁磁半导体。

相关研究成果以“*Aggregation-Controlled Spin Coupling in Rylene Diimide-Based Ferromagnetic Semiconductors*”为题发表在 *Accounts of Materials Research* 上，其中通讯作者为马於光教授，蒋庆林副研究员，甘汉麟博士后。博士生朱亚诺和博士后甘汉麟为共同第一作者。该研究工作得到了国家自然科学基金、广东省

量子科学战略专项、广东省基础研究重大项目等科研项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1021/accountsmr.6c00197>

马於光教授团队：揭示萘酰亚胺自由基晶体磁耦合结构指纹

π 共轭自由基是构筑高温有机磁性材料的重要基础，其磁交换作用高度依赖分子间轨道重叠与聚集结构。然而，对于具有强 π - π 相互作用的大共轭自由基体系，晶体堆积、电子离域与磁有序之间的定量关系仍不清晰，限制了有机铁磁材料从经验筛选向理性设计的发展。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室马於光教授团队以萘酰亚胺（NDI）阴离子自由基为模型，通过协同调控分子取代基与还原结晶条件，构筑系列具有不同堆积结构的自由基单晶，并结合 EPR、SQUID 磁学测试和理论计算建立“结构-磁性”关联图谱，揭示分子短轴滑移诱导的“偶然轨道正交”是实现铁磁耦合的重要结构机制，为高温有机磁体的精准晶体工程提供了理论依据。

团队通过调控 NDI 酰亚胺取代基、还原剂及结晶条件，构筑了 9 种具有不同聚集结构的 NDI 阴离子自由基单晶。结合单晶结构解析、EPR、SQUID 磁学测试和理论计算发现，这些晶体表现出低维局域磁性，磁交换常数 J 可在 -397 至 -69 cm^{-1} 范围内调控，表明分子间距、扭转角及滑移等聚集参数对自旋耦合具有决定性作用。

进一步通过 NDI 自由基二聚体模型构建“聚集结构-磁耦合”二维图谱。结果显示，面对面 SOMO-SOMO 重叠倾向于产生反铁磁耦合，而特定的短轴滑移可诱导“偶然轨道正交”，显著削弱反铁磁交换并形成潜在铁磁耦合区域，理论预测最大 J 可达 +58.1 cm^{-1} 。该研究由此提出了可用于指导有机铁磁材料设计的结构“指纹”。

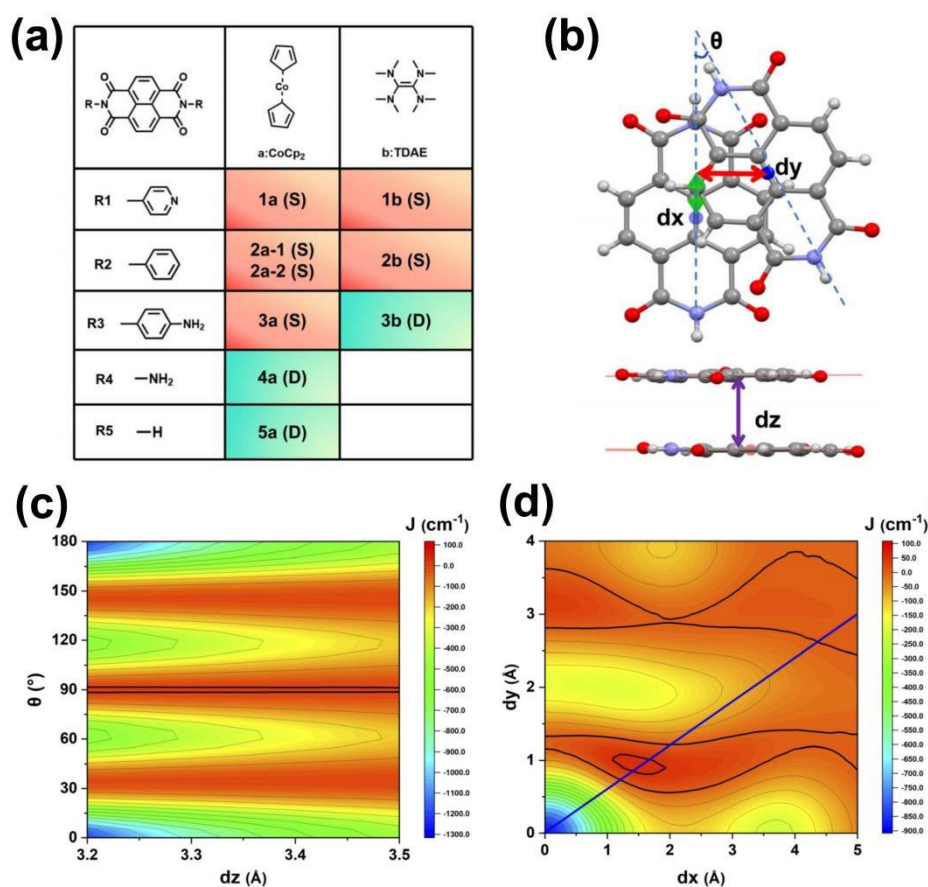


图 1. (a) 不同酰亚胺取代基与还原剂组合形成的 NDI 自由基晶体及其聚集类型，其中 S 表示一维 π 堆积结构，D 表示二聚体结构；(b) 相邻 NDI 分子的相对堆积几何参数示意图，包括长轴方向滑移 dx 、短轴方向滑移 dy 、分子层间距 dz 和扭转角 θ ；(c) 磁交换耦合常数 J 随 dz 和 θ 变化的二维构效关系图；(d) J 随 dx 和 dy 变化的二维构效关系图，揭示特定分子

滑移条件下潜在的铁磁耦合“指纹区域”。

相关研究成果以“*Magnetic fingerprint of naphthalenediimide-based radical crystals*”为题发表在 *Chemical Science* 上，其中通讯作者为马於光教授，蒋庆林副研究员，甘汉麟博士后。贺献东博士和陈棋博士为共同第一作者。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、广东省量子科学战略专项及松山湖材料实验室开放基金等科研项目的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1039/d6sc04366f>

人员介绍

实验室新引进人才简介：赵汝艳教授



赵汝艳，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。2019年毕业于中国科学院长春应用化学研究所，获得高分子化学与物理专业博士学位（导师：刘俊研究员）。随后分别在多伦多大学（合作导师：Dwight S. Seferos 教授；Edward H. Sargent 教授）、德累斯顿工业大学和马普微结构物理研究所（合作导师：冯新亮教授）开展博士后研究。迄今，已发表一作/通讯作者论文 15 篇，包括 *Nat. Mater.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *Nat. Commun.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, *Acc. Chem. Res.* 等，4 篇论文入选 ESI 高被引论文，2 篇被选为热点论文，1 篇论文入选 CJPS 年度十篇热点文章 Top 1，获授权中国发明专利 2 项。中国科学院院长优秀奖获得者；中国旅德学者化学化工学会（GCCCD）常任理事。目前研究方向：有机及杂化半导体材料开发、光电器件制备及物理特性研究。

境内外学术交流

●9月8日,中国科学院上海微系统与信息技术研究所黎华研究员在全重 W301 中心会议室作题为“太赫兹芯片光频梳技术与应用”的学术报告。报告基于大功率 THz QCL 器件与激光自探测实现了窄线宽 THz 芯片光频梳,在国际上率先实现紧凑型 THz 双光梳光谱仪。进一步提出了法里树锁定、相对锁相、自参考、杂化锁定等方法,以提升 THz 光频梳与双光梳信号的长时稳定性。报告还介绍了基于 THz QCL 的三光梳光源与混沌光源及基于 THz QCL 及光频梳的相关应用。

●9月8日,郑州大学刘凯凯教授在全重 W301 中心会议室作题为“三重态激子发光与调控”的学术报告。报告主要介绍课题组近年来在碳点和氧化锌量子点三重态激子发光方面的系列工作。

●9月11日,大连理工大学刘野教授在全重 501 学术报告厅作题为“一氧化碳精准聚合化学”的学术报告。

●9月24日,美国佐治亚理工学院、美国西北大学 Antonio Facchetti 教授在全重 W301 中心会议室作题为“*Performance Enhancement in Mixed Ionic-Electronic Conductors by Molecular Design, Blend and Architecture Engineering*”的学术报告,报告主要介绍新型离子-电子分子及聚合物离子-电子导体的开发进展及其在各类器件中的应用,阐述新型 n 型聚合物在实现高性能且平衡

互补的电化学 OECTs 和反相器中的最新应用，并分享了课题组近期基于将亲水添加剂与疏水半导体混合的策略。

●9 月 24 日，伦敦帝国理工学院 Martyn A. McLachlan 教授应邀在全重 W301 会议室作系列报告，题目为“*Publishing for Impact: Tips from RSC Editors*”和“*Sustainable Routes for the Synthesis and Circularity of Metal Halide Perovskite Materials and Devices*”。他从编辑视角分享了论文发表技巧，并介绍了金属卤化物钙钛矿（MHP）的绿色合成与循环利用研究。MHP 是光伏与新一代光电器件的重要候选材料，但传统制备依赖有毒溶剂和高温退火，制约其规模化绿色制造。McLachlan 教授课题组开发的水相溶剂体系，可在室温空气环境下制备组分、尺寸可调的 CsPbBr_3 纳米晶，光致发光量子产率超过 60%，经阴离子交换可得全系列 CsPbX_3 （ $\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ）纳米晶，发光在 450–660 nm 连续可调；该体系还可回收钙钛矿薄膜并制备高性能器件，为钙钛矿材料循环可持续制造提供了可行方案。