

# 华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室

## 工作简报

2025 年第 7 期

(总第 95 期)

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室编

2025 年 9 月 12 日

### 新闻动态

实验室党员干部赴广州党员干部纪法教育基地开展警示教育主题党日活动.....	1
祝贺! 实验室固定成员黄飞教授获“科学探索奖”.....	3
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
诺贝尔化学奖得主 Ben L. Feringa 教授做客华南理工“麟鸣论坛”.....	7
北京市科学技术协会青年科技人才国情研修班一行来实验室参观调研.....	10
探秘神奇之光 中学学子走进发光材料与器件全国重点实验室.....	11
浙江大学竺可桢学院本科生来实验室参观学习.....	15

### 研究进展

#### 发光理论与机制

夏志国教授团队: 基于烷基热裂解创新窄带发射 Eu(II) 基杂化卤化物.....	18
马东阁教授团队: 分子取向对热激子蓝色荧光 OLED 稳定性的影响.....	21
苏仕健教授团队: 反芳香性氮杂萘并吡啶的 $\pi$ 延展分子工程: 高效稳定 BT. 2020 绿光 OLEDs. 24	

#### 新型显示、探测与成像

何志才教授团队: 超低暗电流短波红外有机光电探测器助力高品质无创血压监测与光通信 ..	26
马东阁教授&陈江山研究员团队: 双胍分子稳定富氟准二维钙钛矿实现高性能纯蓝光 LED. ...	28

朱旭辉教授团队：含葱单元的有机电子传输材料的耐热性及其 OLED 器件特性研究 ..... 30

## 有机光伏材料与器件

李远研究员团队：非掺杂空穴传输材料助力高效稳定全无机钙钛矿/有机叠层太阳能电池 ... 34

段春晖教授团队：协同外围取代基策略助力完全非稠环电子受体太阳电池实现 18% 光电转换效率 36

马东阁教授&陈江山研究员团队：多位点添加剂提升钙钛矿太阳能电池的效率和稳定性 ..... 38

李宁教授团队：空气氛围喷涂制备高效且形貌稳定的有机太阳电池 ..... 40

段春晖教授团队：有机太阳电池中的聚噻吩类电子给体材料 ..... 42

## 前沿交叉

殷盼超教授团队：拉伸诱导分子颗粒材料结构取向 ..... 44

周城教授&冯光雪教授团队：基于可嵌膜的共轭齐聚电解质分子的光激活机械疗法 ..... 46

马东阁教授团队：用于有机无定形固体量子信息处理的室温长相干五重态量子比特 ..... 48

## 仪器设备

超快激光三维微加工系统 ..... 51

境内外学术交流来访 ..... 54

## 新闻动态

### 实验室党员干部赴广州党员干部纪法教育基地开展警示教育主题党日活动

“党员干部一定要深刻认识到作风建设永远在路上，必须常怀律己之心、筑牢思想防线。”为深入学习贯彻习近平总书记关于全面从严治党的重要论述精神，推动深入贯彻中央八项规定精神学习教育走深走实，进一步强化纪法观念，筑牢拒腐防变的思想防线，7月15日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室组织党员干部赴广州党员干部纪法教育基地开展警示教育主题党日活动。实验室副主任、材料科学与工程学院副院长苏仕健，副主任秦安军、专职副主任周玉，全重有机光电材料党支部、全重光电系党支部党员，行政科研管理人员等33人参加活动。



在讲解员的引导下，全体人员满怀敬畏之心，有序参观了“纪法源流篇”“纪法固本篇”“纪法知行篇”“纪法镜鉴篇”“纪法楷模篇”以及“纪法守护篇”六大主题展厅。各展厅运用VR、互动屏幕等现代技术手段营造沉浸式教育场景，既有党的优良传统、革命先辈事迹和当代勤廉楷模的正面教育，又有违反中央八项规定精神案例的反面警示。特别是广州市查处的违纪违法案例真实展现了党员干部从理想信念滑坡到违法堕落的过程，这些“身边人”“身边事”让大家深刻认识到必须时刻严守纪律底线。

作为承担国家重大科研任务的全国重点实验室，发光材料与器件实验室肩负着服务国家重大战略需求、突破关键核心技术的重要使命。党员同志们深感这是一次深刻的思想洗礼和党性锤炼，纷纷表示要在科研创新和实验室管理中始终坚持廉洁自律，严格遵守科研诚信和学术道德规范，将纪法要求内化于心、外化于行，为实验室高质量发展营造风清气正的良好环境，为建设科技强国贡献力量。

此次主题党日活动不仅要求全重实验室全体党员参加，还特别邀请了实验室行政办公室工程、财务等关键岗位、重点环节的工作人员一同参加学习教育。

### **基地简介：**

广州市党员干部纪法教育基地位于广州市花都区赤坭镇，占地16614平方米，由广州市纪委监委与广州市司法局联合筹建，于2020年12月17日正式投入运营。该基地是全国面积最大、功能最齐全的党员干部纪法教育基地之一，以“纪法·人生”为主题，其核心功能聚焦于

提升党员干部政治境界、思想境界与道德境界，通过构建沉浸式教育场景实现纪法教育的常态化与制度化。

基地建有主体建筑大楼、文化广场和“荷溪湖”，主楼包含面积约9100平方米的纪法教育展览，设有门厅、总序厅及六个主题展厅，分别为第一展厅（源流纪法）、第二展厅（正视纪法）、第三展厅（知行纪法）、第四展厅（镜鉴纪法）、第五展厅（尊崇纪法）、第六展厅（抉择纪法）以及尾厅等九个纪法教育模块，是教育引导广大党员干部不忘初心、牢记使命的重要阵地。

## 祝贺！实验室固定成员黄飞教授获“科学探索奖”

近日，第七届“科学探索奖”获奖名单正式揭晓，50位来自23家不同高校、科研院所的青年科学家，从1238名申报者中脱颖而出获得该奖。其中，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室固定成员，黄飞教授获得化学新材料领域“科学探索奖”。



“科学探索奖”是一项由新基石科学基金会出资、科学家主导人才遴选的公益奖项，是目前国内金额最高的青年科技人才资助项目之一。奖项面向基础科学和前沿技术领域，支持在中国内地及港澳地区全职工作的杰出青年科学家（男性 45 周岁及以下、女性 48 周岁及以下）。“科学探索奖”设置十个领域，分别是：数学物理学、化学新材料、天文和地学、生命科学、医学科学、信息电子、能源环境、先进制造、交通建筑、前沿交叉。

奖项每年遴选不超过 50 位获奖人，每位获奖人在 5 年内获得总计 300 万元人民币奖金，且可自由支配。至 2024 年，奖项共资助了 297 位杰出青年科学家，覆盖了基础科学和前沿技术领域的青年领军人物。

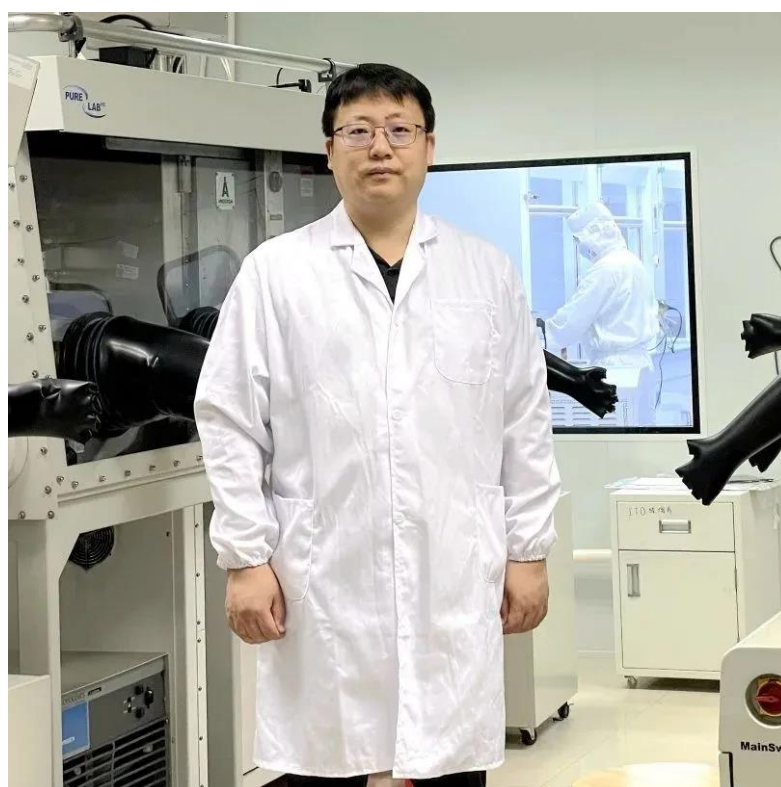
秉承“面向未来、奖励潜力、鼓励探索”的宗旨，“科学探索奖”鼓励青年科技工作者心无旁骛地探索科学技术“无人区”。在人才遴选方面，严格遵循“科学家说了算”的原则；在奖金使用方面，由获奖人自由支配；在奖项运营方面，采用公益运作，不求商业回报，坚持长期运营。

“科学探索奖”于 2018 年腾讯成立 20 周年之际，由杨振宁、饶毅、陈十一、程泰宁、高文、何华武、李培根、毛淑德、潘建伟、施一公、邬贺铨、谢克昌、谢晓亮、张益唐等 14 位科学家与腾讯公司创始人马化腾共同发起。

### **获奖人简介：**

黄飞，华南理工大学材料科学与工程学院教授、博导，发光材料与器件全国重点实验室常务副主任。长期从事新型有机高分

子光电功能材料领域的研究，具体包括高分子发光材料及器件、光伏材料及器件等，特别在新型 n 型导电高分子、水醇溶性共轭聚合物界面材料、高效聚合物光伏材料与器件等方面做了系列创新工作。在 Nature、Nature Energy、Nature Photon. 等杂志上发表 SCI 学术论文 500 余篇，被 SCI 他人引用超过 40000 次，H 因子 113，获授权国内外发明专利 100 余项，2016 至今连续入选 ESI 全球高被引科学家。



2011 年获国家自然科学基金委杰出青年基金资助（结题优秀），2013 年在科技部 973 项目“高效有机/聚合物太阳能电池材料与器件研究”中担任首席科学家（结题优秀），2016 年获聘教育部长江学者特聘教授，2019 年担任国家重点研发计划变革性项目“可隔热发电的新一代有机光伏材料与应用研究”项目负责人。先后获得中国化学会青年化学奖（2011 年度）、美国化学会 Arthur K. Doolittle Award（2014 年度）、教育部高等学校

科学研究优秀成果奖青年科学奖（2015 年度）、广东省自然科学一等奖（2023 年度）、国际材料联合会电子材料大会青年科学奖（2024 年度）、国家自然科学基金二等奖（2010 年度，排名第五；2015 年度，排名第三）。现任高分子学报、Advanced Nanocomposites 副主编，中国化学会高分子学科委员会委员、中国化工学会电子化学品专业委员会委员等。

## 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

7 月 14 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林艺文陪同调研。



王文泽副市长参观实验室

实验室副主任夏志国对王文泽一行的到来表示热烈欢迎，并围绕实验室的发展历程、组织架构、核心研究方向展开详细介绍，同时阐述了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。

调研组参观了实验室的成果展示厅，夏志国为王文泽一行介绍了多项代表性成果，包括聚集诱导发光的指纹快速显现试剂、毒品检测试剂盒，热激子蓝光材料、柔性 OLED 显示和有机光伏电池等成果的研究背景及应用，让调研组对实验室的科研实力有了更直观的认识。

王文泽一行对实验室在人才培养方面的显著成效以及在原创性科研成果等方面取得的成绩给予高度的评价。

## 诺贝尔化学奖得主 Ben L. Feringa 教授做客华南理工“麟鸿论坛”

7月12日，诺贝尔化学奖得主、荷兰皇家科学院院士、中国科学院外籍院士、荷兰格罗宁根大学 Ben L. Feringa 教授访问华南理工大学，做客材料科学与工程学院“麟鸿论坛”。中国工程院院士、学校校长唐洪武在五山校区会见来宾，并为其颁发荣誉教授聘书。

唐洪武表示，华南理工大学近年来在教育科技人才一体推进方面取得显著成效，学校积极践行“在地国际化”与“双向国际化”互促双强，致力于打造新时代中国高等教育对外开放的标杆，国际影响力持续提升。学校与格罗宁根大学合作历史悠久，未来两校可重点聚焦新材料与新能源等前沿交叉领域拓展合作，强化科技协作，促进人文交流。



唐洪武校长向 Feringa 教授颁发聘书

Feringa 教授首次到访华南理工大学，就对学校在材料科学及工程领域取得的成就给予高度评价。他非常荣幸受聘为荣誉教授，成为学校的一员。他认为双方在基础研究与工程应用方面具有高度互补性，未来他将继续推动两校进一步拓展合作空间，加强在材料、化学、能源等前沿领域的交流与合作。



Feringa 教授作报告

随后, Feringa 教授来到材料科学与工程学院“麟鸿论坛”, 围绕“构建微观世界的艺术”的主题为师生带来学术报告。报告中, Feringa 教授深入阐述了他多年来在微观世界领域的科学探索与心得, 特别是他多年来在分子马达领域的前沿探索与突破。他分享了团队如何开创性地设计并合成世界首个可单向旋转的人工分子马达, 同时详细介绍了如何通过精密的分子结构工程实现对马达转速、旋转方向等关键参数的精准调控。他重点展示了基于这些分子马达和光响应分子开关(如二芳基乙烯)研发的一系列智能材料, 包括可在光照下实现宏观运动传导的液晶驱动器、具有自修复潜力的智能涂层原型, 以及能实现光控物质传输的金属有机框架动态孔道材料。他还通过生动的动态演示, 阐释了分子马达如何将纳米尺度的旋转运动放大为宏观可见的功能响应。

报告会现场座无虚席, 来自材料、化工、轻工、食品、机械、软物质等学院师生 200 余人参加讲座。报告深入浅出, 现场师生互动踊跃, 气氛热烈。同学们就报告中涉及到的化学、物理、生物等方面的问题积极与教授展开探讨, 并就终身学习等内容争相向教授请教。Feringa 教授耐心解答, 引发现场积极而深入的学术讨论。报告尾声, Feringa 教授以自身花甲之年研读细胞生物学教材的实践为例, 勉励师生勇于突破学科壁垒, 强调“终身学习是探索前沿科技的关键”, 点燃现场青年学子的科研热情。

Feringa 教授对华南理工大学学生的学术能力和求知精神表示肯定。他在接受采访时强调, “学生最重要的一点是热爱学习, 敢于提问, 不断问‘如何’和‘为什么’。要培养创造力, 运用想象力, 同时扩展认知。”

Feringa 教授还专程参观了发光材料与器件全国重点实验室，并与实验室团队展开深入交流。

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，华南理工大学材料科学与工程学院、科学技术研究院、国际交流与合作处负责人，华南师范大学化学学院有关负责人参加相关活动。

## 北京市科学技术协会青年科技人才国情研修班一行来实验室参观调研

7 月 30 日上午，北京市科学技术协会青年科技人才国情研修班一行 50 余人，走进发光材料与器件全国重点实验室，开展实地参观调研活动。



### 苏仕健教授介绍实验室基本情况

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，并围绕实验室发展脉络展开系统介绍，详细介绍了实验

室的发展历程、重点介绍了以院士团队为核心、青年学者为骨干的人才梯队建设情况、实验室研究方向及近年来实验室承担的国家重大科技任务。

在成果展示厅，调研组一行近距离观摩了实验室的代表性科研成果。苏仕健重点为调研组介绍了聚集诱导发光的指纹快速显现试剂、细胞器荧光染料，Micro-LED 显示、热激子蓝光材料等成果的研究背景及应用。

随后，调研组参观了实验室超净室公共平台，实地了解了分子束外延系统、手套箱蒸镀系统、探针式表面轮廓仪等实验设备的运行情况，直观感受了实验室先进的技术支撑体系。

调研组对实验室在基础研究及应用基础研究上取得的原创性成果给予了高度评价，并表达了未来加强交流合作的强烈意愿。

## **探秘神奇之光 中学学子走进发光材料与器件全国重点实验室**

近日，110 余名来自汕头市澄海中学、阳江市程村中学和福建省龙岩市“红蓝青科会”的师生怀着激动与好奇的心情，走进发光材料与器件全国重点实验室，开启了一段探秘神奇之光的科技旅程。

一场场精彩的科普讲座为同学们带来了丰盛的科学盛宴。



### 周城教授作科普讲座

周城教授以“太阳光在电子器件中的应用”为主题，带领同学们踏入了能源的世界。他详细解析了太阳光谱与光伏原理，用通俗易懂的语言向同学们介绍三代太阳能电池效率与成本演进，还通过大量图片展示了太阳能电池在屋顶、建筑一体化以及太空等领域的应用，凸显太阳能在低碳未来中有着关键价值。他鼓励同学们将来能以创新材料和工程思维投身绿色科技，为环保事业贡献力量。



### 黄雄健副教授作科普讲座

黄雄健副教授以“稀土掺杂无机发光材料”为主题，通过列举生活中的实例、实操演示，向同学们科普了稀土掺杂无机发光材料的发光原理、制备方法、发展现状及应用，展示了稀土掺杂荧光粉的光致发光以及无源光纤的导光性能。



汪玉珍副教授作科普讲座

汪玉珍副教授、陈炜彬老师以“从萤火虫到 5G —— 一场关于光的奇幻冒险”为主题的讲座充满趣味性。讲座以萤火虫的生物发光为起点，带领同学们走进人类科技对光的精妙运用世界。从光纤通信到 5G 网络，再到量子通信，同学们聚精会神地听着，仿佛经历了一场奇妙的光之旅。



### 陈炜彬老师作科普讲座

讲座现场的互动环节气氛热烈。“光纤只能是玻璃做的吗？”“能实现无线传电吗？”“转化太阳能的同时是否可以把热量也转化了？”“未来会不会有 6G 或更高的 20G?.....”同学们一个个充满好奇的问题接连抛出，展现出他们对科学知识的强烈渴望。老师们通过列举生活中的实例，耐心地引导同学们思考，解决问题。

在实验室成果展示厅，陈炜彬、王剑斌、梁立老师深入浅出地向同学们介绍了指纹快速显现试剂、毒品检测试剂盒、热激子蓝光等成果的研究背景与应用，并向同学们进行《光纤导光、荧光粉发光》《AIE 绿色荧光磁性指纹粉末实操》科普演示。当听到这些科研成果在公安刑侦、毒品检测以及显示技术等领域发挥着重要作用时，同学们脸上满是惊叹，纷纷感叹科技的神奇力量。



### 科普演示

活动结束后，同学们纷纷表示，这次参观学习让他们开阔了眼界，感受到了科学的魅力，科学的种子也因此大家在心中播下。相信在不久的将来，这些种子会生根发芽、茁壮成长，孕育出更多热爱科学、勇于创新的人才。未来，实验室将持续发挥平台优势，通过“实地参观、科普讲座、实操演示”等多元形式，传播科技知识、普及科学方法、弘扬科学家精神，激发全社会对科技创新的热情与关注。

## 浙江大学竺可桢学院本科生来实验室参观学习

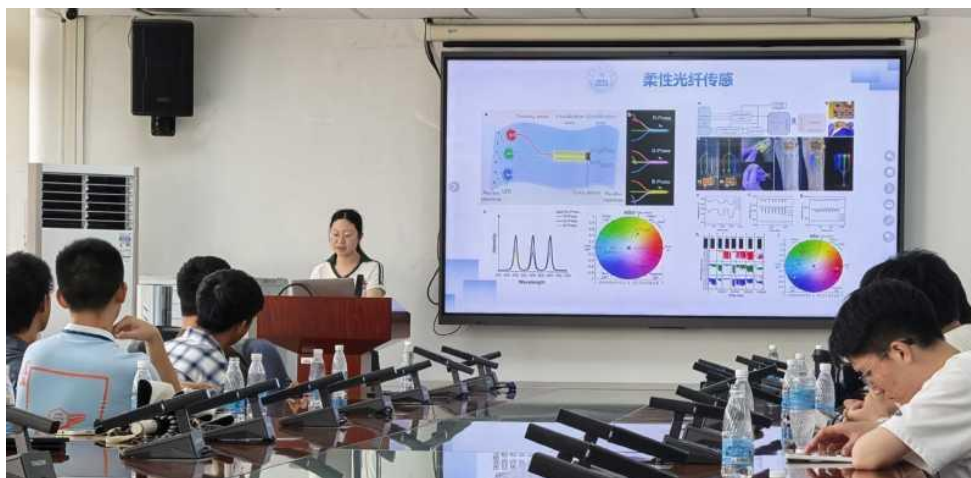
7月29日下午，浙江大学竺可桢学院15名本科生来实验室参观学习，了解发光材料与器件领域的前沿科技进展。

实验室姚亮教授对同学们的到来表示热烈的欢迎，并结合多项代表性研究成果，用通俗易懂的语言，向同学们讲解了聚集诱导发光的指纹快速显现试剂、毒品检测试剂盒，Micro-LED显示、热激子蓝光材料、柔性OLED显示等成果的研究背景及应用。这些细致的介绍，帮助同学们构建起对发光领域的系统认知，加深了他们对该领域的理解。



姚亮教授介绍光电方向基本情况

随后，姚亮教授和汪玉珍副教授带领各自课题组成员，与同学们在301会议室进行座谈交流。姚亮教授首先介绍了实验室在光电方向的基本情况，包括人才队伍构成和研究内容，并重点展示了有机发光材料与器件、有机太阳能电池以及高导电率聚合物等领域取得的突破性研究成果。让同学们对光电方向的研究有了更具体的认识。汪玉珍副教授则聚焦实验室的光纤方向，详细介绍了该方向的人才队伍建设情况，以及团队在稀土光学功能材料、玻璃光纤与器件、光纤激光、柔性光纤传感等领域的研究进展和应用前景，拓宽了同学们的学术视野。



汪玉珍副教授介绍光纤方向基本情况

座谈现场气氛热烈，同学们展现出强烈的求知欲，围绕专业知识积极提问“发光材料显示不同内容的原理是什么？”“柔性发光材料怎么抵抗折叠损伤？”“光纤在生物医学成像有什么应用？”“Micro-LED 显示在商业化道路上取得的进展如何？”……面对同学们提出的一个个问题，老师们都耐心细致地进行了解答。

同学们纷纷表示，通过近距离接触科技成果和与科研团队的深入交流，对发光材料与器件领域的前沿科技进展有了更直观、更深刻的认识，不仅丰富了他们的专业知识，更为他们未来规划学习和科研之路提供了宝贵的参考和有力的指引。

## 研究进展

### 发光理论与机制

#### 夏志国教授团队：基于烷基热裂解创制窄带发射 Eu(II) 基杂化卤化物

有机-无机杂化金属卤化物已成为多功能光子应用领域的新一代发光材料。近年来，一类新型的基于 5d-4f 跃迁的稀土 Eu(II) 基杂化卤化物发光材料获得研究者的关注，特别是其具有光谱可调、高发光效率和窄发射半峰宽等优点，在新型显示、闪烁体等领域具有应用潜力。然而，杂化发光卤化物的结构设计和合成策略仍受限于有限的组分工程和欠佳的相结晶质量，进而不能满足相应的光子学应用。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的夏志国教授课题组提出了一种适用于杂化金属卤化物的烷基热裂解合成策略，通过 25 种不同烷基链长度的有机化合物，制备出一系列高效窄带发射（半峰宽 34-52 nm）的 Eu(II) 基杂化卤化物晶体。基于镧-卤多面体的构型、配位半径和畸变程度共同调控，本研究中设计合成的晶体实现了蓝-青-绿光范围内的可调发射。因此，该研究为杂化发光卤化物的组分设计与高质量晶体生长提供了新的思路。

有机-无机杂化发光卤化物在照明、显示、传感和闪烁体等领域已展现出重要的应用前景。固相烧结是杂化卤化物单晶生长

的传统方法之一,该方法无需有机溶剂,易于大规模制备。然而,短烷基链有机阳离子自身较高的熔点,导致固相烧结过程需要较高的反应温度与较长的反应时间,且易生成质量差的粉末状晶体。为克服上述技术瓶颈,该研究另辟蹊径,选用低熔点的长链有机阳离子替代短链阳离子,从而实现高质量单晶的生长。

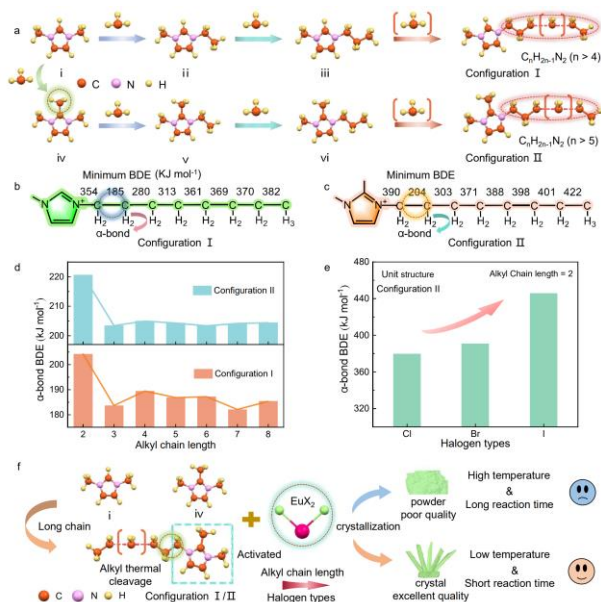


图 1. 烷基热裂解合成策略的设计机制与优势

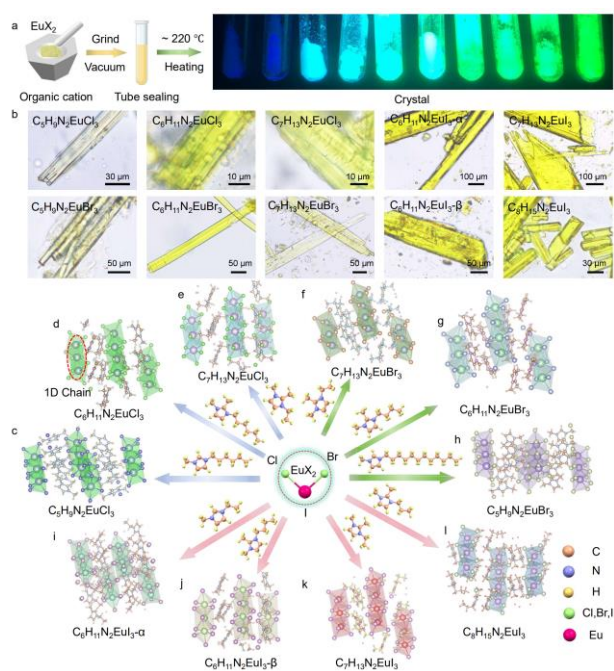


图 2. Eu(II) 基杂化卤化物单晶合成路线与典型发光材料

随着烷基链长度的增加，有机阳离子中邻近五元环的碳-碳键的键解离能显著降低。因此，在较低的反应温度下，该碳-碳键即可发生断裂，实现烷基热裂解。裂解后，生成了具有高反应活性的短链有机阳离子自由基中间体。随后，该中间体与金属卤化物原料结合，快速结晶出高质量单晶。这一过程通过理论计算和单晶 X 射线衍射数据在 25 种有机化合物上得到了验证。该烷基热裂解合成策略不仅延续了固相反应无需有机溶剂的特点，还具有反应温度低、生长时间短和晶体质量高等优势。

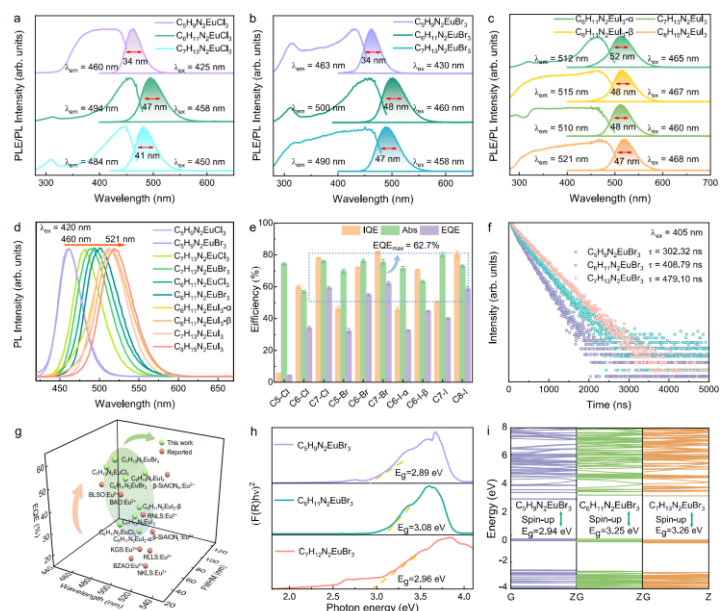


图 3 .Eu(II) 基杂化卤化物单晶的光致发光特性

所合成的晶体具有窄带发射与高发光效率等优点，其外量子效率最高达 62.6%。此外，该研究阐明了其可调发射特性源于卤化物中八面体的构型、配位半径和畸变程度的协同效应。

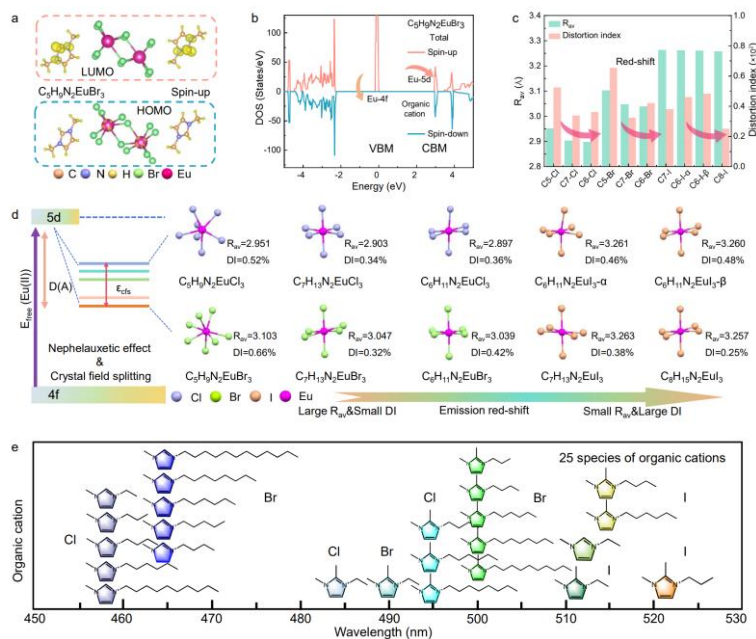


图 4. Eu(II) 基杂化卤化物可调发射的机理

相关研究成果以“*Rational design and synthesis of narrow-band emitting Eu(II)-based hybrid halides via alkyl thermal cleavage*”为题发表在 *Nature Communications* 上，其中通讯作者为夏志国教授，第一作者为李亮博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金（52425206 和 22361132525）和中国博士后科学基金（2024M760954）的资助。

## 马东阁教授团队：分子取向对热激子蓝色荧光 OLED 稳定性的影响

有机发光二极管（OLED）因其独特的优势在显示领域有着大规模应用，展现出卓越的发展前景。然而，目前蓝光 OLED 的稳定性明显低于红光与绿光 OLED，这对其商业化构成了重大障碍。最近，热激子材料作为新兴的材料体系，有助于解决蓝光 OLED 的稳定性问题。因此，深入研究热激子蓝光 OLED 的

稳定性问题及其影响机理迫在眉睫。

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课题系统性研究了分子极化取向与热激子蓝光 OLED 寿命之间的关系。通过瞬态电致发光 (TREL)、导纳谱和光致衰减等研究结果表明，分子极化取向的提高有利于降低 OLED 器件中的缺陷并抑制其生成，实现器件寿命的提高，有望拓展在显示照明领域的应用。

系统性探究分子极化取向与器件寿命的构效关系，是当前显示领域极具前景的研究策略。该方向的突破不仅能够构建分子结构参数与器件稳定性之间的直接关联，更可为后续学术界开展高通量虚拟筛选、定向设计高性能有机分子提供理论支撑与技术路径指引。然而，关于有机分子偶极方向调控 OLED 稳定性的内在机制，尚未形成明确的关联。实际上，有机分子的偶极方向本应与分子在薄膜中的堆积方式、排列有序性密切相关，进而决定有机薄膜的宏观形态；同时，具有高度定向排列特征的有机分子体系，往往能够形成更优异的薄膜微观结构（如更低的缺陷态密度、更均匀的组分分布），而这一特性会直接影响所制备 OLED 器件的电荷传输效率、激子复合稳定性及长期工作寿命。但目前尚未见相关问题的明确报道。本研究通过 TREL、导纳谱分析及光致衰减测试等多维度表征手段，首次从实验层面证实了分子偶极取向与 OLED 器件稳定性之间的直接关联，并揭示了其内在调控机理。研究结果表明：随着分子偶极取向程度的提升，发光层内有机分子的排列有序性显著增强，这一微观结构的优化直接降低了有机薄膜中的缺陷密度；同时，有序分子堆积结构可有效缓解材料

在器件工作过程中的退化速率，抑制缺陷的动态生成，最终实现器件使用寿命的显著延长。此外，为进一步提升器件光电性能，本研究通过在发光层中引入 TTA 上转换材料，实现了对传统器件中损失三重态激子的高效利用。基于上述优化策略，所制备的蓝色 OLED 器件性能得到大幅提升：其最大外量子效率（EQE）高达 10.01%，且寿命（T50，亮度衰减至初始值 50%的时间）达到 42 小时。本项工作不仅明确了分子偶极取向在提升热激子材料蓝色 OLED 效率与寿命中的关键作用，更从微观结构调控与激子管理的角度，为高性能热激子功能材料的设计及相应蓝光 OLED 器件的开发提供了重要的实验依据与理论参考。

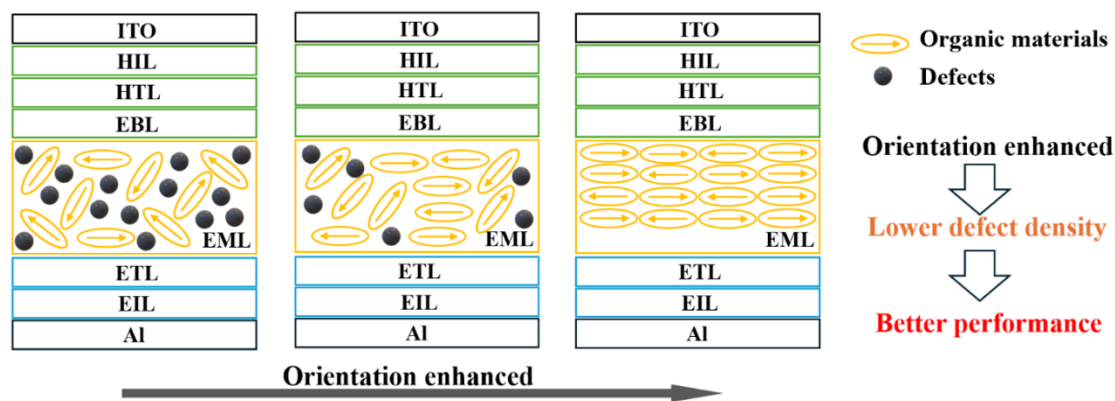


图 1. 分子极化取向对器件影响的机理示意图

相关研究成果以“*Effects of molecular orientation on stability of blue fluorescent OLEDs based on hot exciton materials*”为题发表在 *ACS Applied Materials & Interfaces* 上，其中通讯作者为马东阁教授，第一作者为硕士生谢丹禹。该研究工作得到了国家自然科学基金、广东省分子聚集体发光省级重点实验室以及广州市科技计划项目等科研项目的资助。

苏仕健教授团队：反芳香性氮杂萘并咔唑的  $\pi$  延展分子工程：

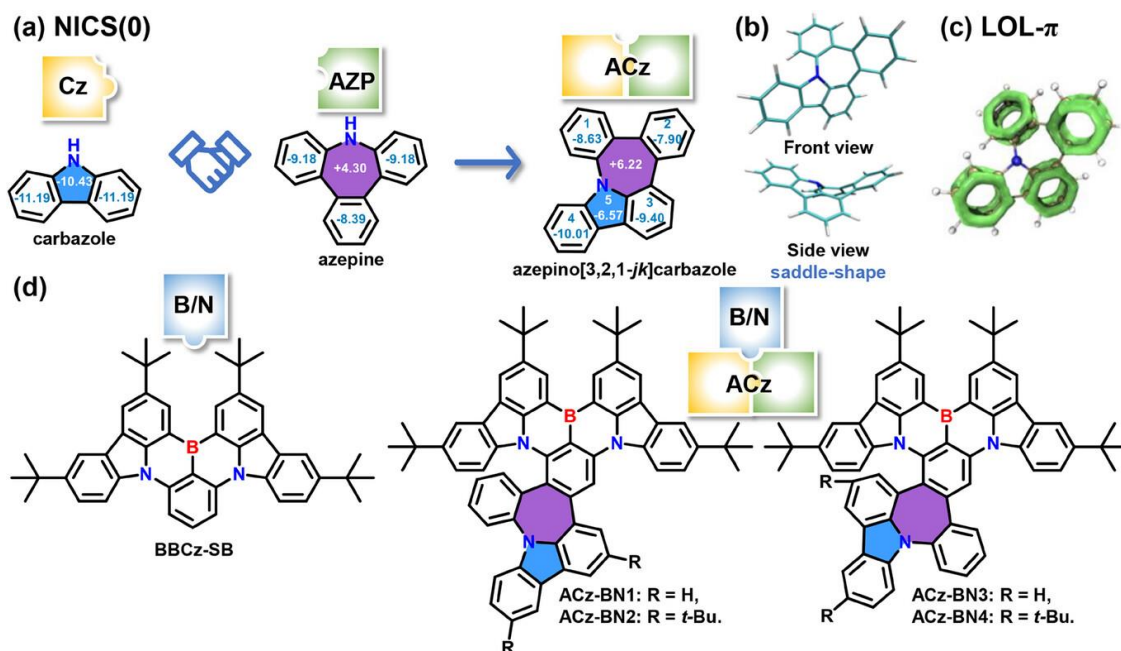
高效稳定 BT. 2020 绿光 OLEDs

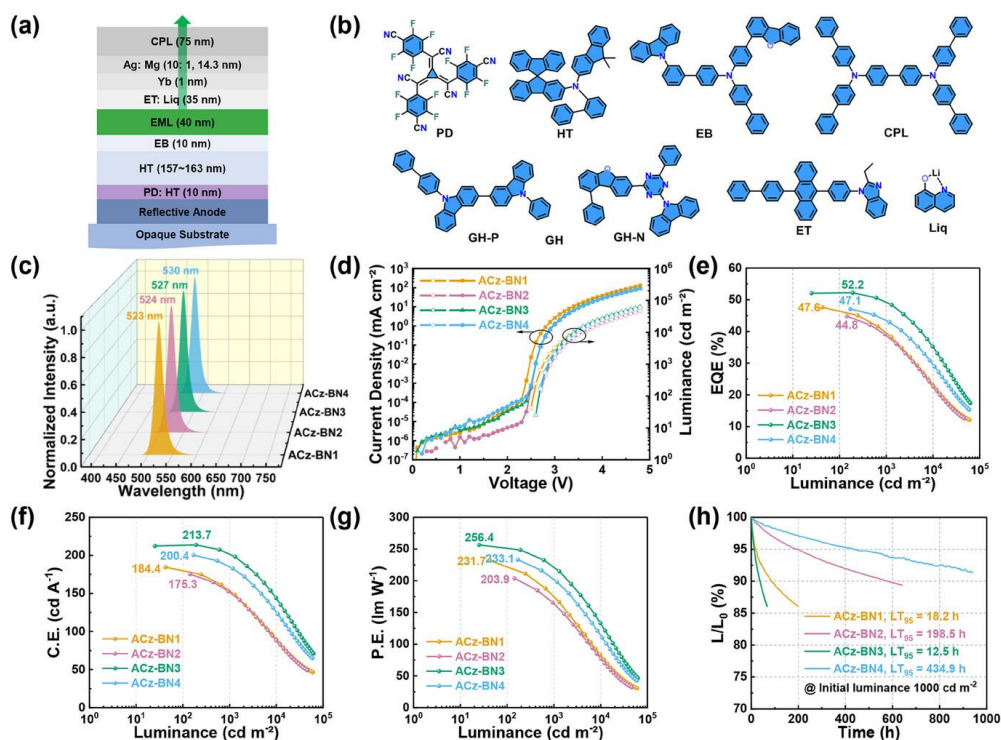
随着显示技术的快速发展，广播服务电视 2020 (BT. 2020) 标准为行业设立了新标杆，强调更广的色域和超高清 (UHD) 显示，从而对显示质量和色彩精度提出了更高要求。要实现有机发光二极管 (OLED) 对 BT. 2020 标准的兼容，需同时精确调控发射波长并大幅压缩半峰宽 (FWHM)，这对材料设计提出了重大挑战。传统荧光材料和常规热活化延迟荧光 (TADF) 材料因基态与激发态间显著的结构弛豫，其 FWHM 通常超过 50 nm，难以满足 BT. 2020 对色彩纯度的严苛要求。而多重共振 TADF (MR-TADF) 机制因其刚性杂环骨架能将最高占据分子轨道 (HOMO) 和最低未占分子轨道 (LUMO) 空间分离并局域在给电子与受电子原子周围，成为开发高效窄谱带发光材料与器件的理想候选方案。尽管近年研究进展显著，同时满足 BT. 2020 标准的高效、窄谱带且长寿命材料仍面临挑战。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的苏仕健教授课题组基于反芳香性氮杂萘并 [3,2,1-*jk*] 咔唑的  $\pi$  延展分子工程策略，实现高效率 and 稳定 BT. 2020 绿色 OLEDs，有望拓展 OLED 领域的应用。

本研究通过融合咔唑与氮杂萘单元，首次构建了一种新型多环片段——二苯并 [4,5:6,7] 氮杂萘并 [3,2,1-*jk*] 咔唑 (ACz)。该结构中非芳香性的七元环形成不对称马鞍构型并呈现反芳香性，这一特性对调控分子共轭和电子离域起到关键作用。

通过将 ACz 引入经典多重共振 (MR) 母核骨架, 成功开发出基于反芳香结构的高效窄谱带发光材料体系。基于该策略的材料实现理想绿光区光谱红移 (发射峰 516 - 518 nm), 半峰宽 (FWHM) 压缩至 33 - 38 nm, 同时具备快速辐射衰减速率、低非辐射衰减率及超过 90% 的光致发光量子产率 (PLQY), 展现出优异 OLED 应用潜力。以 ACz-BN1 为发光层的底发射 OLED 器件发射纯绿光 (520 nm), 最大外量子效率 ( $EQE_{\max}$ ) 达 34.8%。在顶发射 OLED 器件中: ACz-BN1 实现超纯绿光发射 (峰值 523 nm, FWHM 19.9 nm), 色坐标 (0.142, 0.782) 接近 BT.2020 绿光标准 ( $CIE_y \approx 0.797$ ); ACz-BN3 器件性能突破:  $EQE_{\max}$  高达 52.2%, 最大电流效率 ( $CE_{\max}$ ) 213.7  $cd A^{-1}$ , 最大功率效率 ( $PE_{\max}$ ) 256.4  $lm W^{-1}$ ; ACz-BN4 在初始亮度 1000  $cd m^{-2}$  下  $LT_{95}$  运行寿命达 434.9 小时, 创下非敏化纯有机绿光 OLED 的器件寿命纪录。





相关研究成果以“*Antiaromatic Azepino[3,2,1-jk]Carbazole-Based  $\pi$ -Extended Molecular Engineering for High-Efficiency and Stable BT.2020 Green OLEDs*”为题发表在 *Advanced Optical Materials* 上，其中通讯作者为苏仕健教授，第一作者为胡俊涛博士。该研究工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金以及中国博士后创新人才支持计划等科研项目的资助。

## 新型显示、探测与成像

何志才教授团队：超低暗电流短波红外有机光电探测器助力高品质无创血压监测与光通信

近红外有机光电探测器（NIR OPDs）以其器件柔性与光谱响应可调性在光通信和生物医学传感等领域展现出巨大应用潜力。

然而，窄带隙受体材料虽可拓宽光谱响应，却面临暗电流抑制、探测率提升及特定波段响应设计等关键挑战，噪声与响应度的平衡关系限制了器件探测率的进一步提升，难以满足实际应用需求。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室何志才教授课题组通过分子结构形貌和器件界面协同调控策略，制备出在响应波长达到 1200 nm、探测率高达  $7.19 \times 10^{11}$  Jones 的超低暗电流短波红外有机光电探测器，并成功实现了高精度的无创血压监测和低误码率的实时近红外光通讯。

短波红外 (SWIR) 有机光电探测器长期面临暗电流高、噪声大及响应速度受限的挑战，本研究通过分子设计与器件工程的协同优化提出新的突破路径：利用新型非富勒烯受体 BTT-DTPn-2F 中氟化端基增强分子间  $\pi-\pi$  堆叠和偶极的作用，协同溶剂蒸汽退火 (SVA) 调控体异质结形貌，显著降低陷阱态密度并提高热激活能屏障。多重表征手段揭示了改进机制：变温暗电流测试显示  $E_a$  由 0.33 eV 提升至 0.46 eV，漏电流受陷阱限制机制明显减弱； $C-\omega$  与陷阱态密度分析表明深能级陷阱有效减少并抑制；SCLC 迁移率测试验证了电荷输运的均衡提升；AFM-IR 测试进一步证明相分布更均匀、界面缺陷被抑制。协同优化后，器件在 -0.1 V 下实现超低暗电流 ( $4.93 \times 10^{-8} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ )、高比探测率 ( $7.19 \times 10^{11} \text{ Jones}@1200 \text{ nm}$ )、亚微秒级响应时间 (1.44/1.20  $\mu\text{s}$ )、超高的 648 kHz 截止频率。课题组基于该器件自主开发了近红外实时光通信平台和人体健康监测平台，利用器件在 1100 nm 波段实现了文本与图像数据的稳定交互，以及利用 1100 nm 近红外光的高组织穿透性，通过提取高质量光电容积脉搏波 (PPG)

信号，实现了更精准的高质量无创血压监测。这项工作为下一代高性能、多用途的有机光电探测器开发提供了全新思路，推动了有机光电器件在生物健康监测与信息传输等实际场景中的应用研究发展。

相关研究成果以“*Molecular-Device Co-Engineering of Ultra-Low Dark Current SWIR Organic Photodetectors for High-Quality Blood-Pressure Monitoring and Optical Communication*”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为华南理工大学何志才教授、广东技术师范大学谢锐浩教授，第一作者为华南理工大学曾俊豪博士生。该研究工作得到了科技部重点研发计划国际合作专项、广东省基础与应用基础研究基金等科研项目的资助。

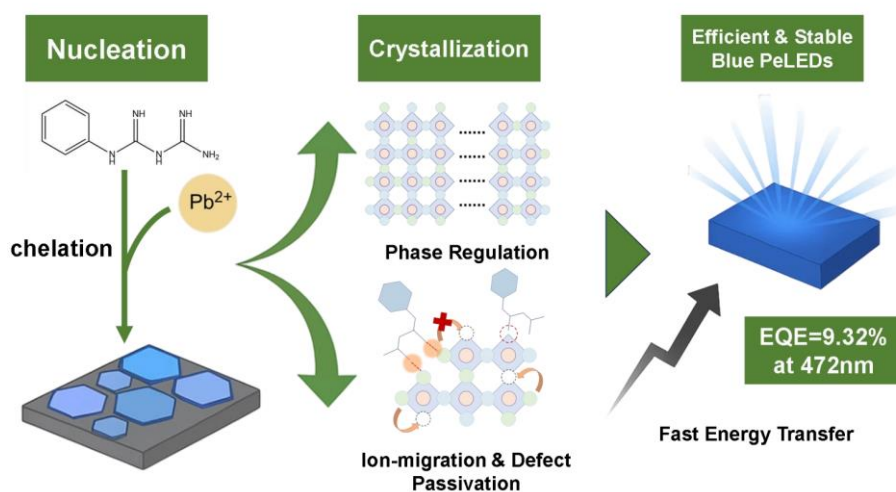
## 马东阁教授&陈江山研究员团队：双胍分子稳定富氯准二维钙钛矿实现高性能纯蓝光 LED

近年来，钙钛矿发光二极管（PeLEDs）在绿光、红光和红外领域的外量子效率已超 30%，但纯蓝和深蓝发射仍受限。准二维钙钛矿通过量子阱结构实现蓝移，但增加间隔阳离子会削弱电导率并造成多量子阱引发的光谱展宽。提升 Cl 含量可拓宽带隙，却带来薄膜覆盖率差、深能级缺陷和稳定性下降等问题。离子迁移进一步导致相分离与寿命缩短，因此开发能稳定晶格并抑制迁移的分子添加剂成为关键策略。

近日，华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室的马东阁教授&陈江山研究员课题组利用多功能添加剂苯基双胍 PBG 实现缺陷钝化、抑制离子迁移及调控结晶动力学，得到高效稳定的

纯蓝 PeLED (EQE 9.32%, 寿命提升 10 倍), 有望拓展高性能蓝光显示与固态照明应用。

本研究通过多功能添加剂工程技术, 利用苯基双胍 (PBG) 来解决这些相互关联的挑战。具有双  $\text{-NH}_2/\text{=NH}$  基团的共轭分子结构赋予其三重功能: 首先, 强烈的  $\text{Pb-PBG}$  配位作用有效钝化未配位的卤化物空位, 抑制非辐射复合, 实现高达 76.6% 的光致发光量子产率 (PLQY)。其次, PBG 与  $[\text{PbX}_6]^{4-}$  框架之间的氢键网络固定卤素离子, 抑制电场驱动的  $\text{Cl/Br}$  相分离。第三, PBG 调节结晶动力学, 产生窄量子阱分布, 实现 472 nm 处窄发射 (FWHM=21 nm) 及高效福斯特共振能量转移。这些协同效应产生了纯蓝色的 PeLED, 在 472 nm 处具有 9.32% 的惊人 EQE, 与没有 PBG 的原始器件相比, 具有稳定的发射和 10 倍的寿命提升。这项工作为使用准二维钙钛矿开发高性能蓝色 PeLED 提供了有前景的方法。



相关研究成果以“*Multifunctional Biguanide Additive Stabilizes Chloride-Rich Quasi-2D Perovskites for Efficient and Stable Pure-Blue LEDs*”为题发表在 *ACS Applied Materials & Interfaces* 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、广东省自然科学基金等科研项目的资助。

## 朱旭辉教授团队：含蒽单元的有机电子传输材料的耐热性及其 OLED 器件特性研究

有机电子传输材料(electron-transport material, ETM)是 OLED 器件的基本组成部分，协助电子从阴极注入到发光层，避免由阴极和发光层直接接触而引起的发光猝灭。同时，ETM 影响电致发光效率、工作电压和长期稳定性等 OLED 特性。面向应用需求，ETM 须具备以下特点：(1) 低 LUMO 能级，如引入缺电子的氮杂环，有利于电子注入；(2) 在热蒸发下，形成稳定的非晶态薄膜。其玻璃化转变温度  $T_g \geq 120$  °C；(3) 与 8-羟基喹啉锂配合物 (Liq) 掺杂，作为高迁移率电子传输层 ( $\geq 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/V<sup>1</sup> · s<sup>-1</sup>)，提升 OLED 稳定性；(4) 强耐热性。除了高热分解温度 ( $T_d$ ) 之外，还需经受住长达约 240-300 小时的连续热蒸发周期，具有挑战性。为此，须避免残留的低热分解温度的有机小分子杂质，以及在高真空和高温条件下，容易产生解离的潜在的水、有机溶剂分子，以及离子盐等。

蒽衍生物在 OLED 功能材料的发展史中占据重要地位。早期，双(萘基)蒽因具有双极性，并且显示出三线态-三线态湮灭(TTA)发光特性，而用来作为高性能蓝光发光层主体。虽经持续迭代，蒽基蓝光主体依然是当下 OLED 产品中不可或缺的功能材料。另

外，通过引入强吸电子基团或缺电子的氮杂环，蒽基衍生物亦可作为 OLED 电子传输材料。蒽具有低三重态能级 ( $E_T \approx 1.8 \text{ eV}$ )，因此避免蒽基电子传输材料和绿色/红色磷光发光层之间的能量转移显得尤其重要。蒽衍生物的原料来源广泛，方便易得。在蒽的 9,10-位引入 (杂) 芳环基团，导致分子结构严重扭曲，阻碍了与发光层之间的强相互作用，为设计制备高性能含蒽单元的有机电子传输材料提供了可能。

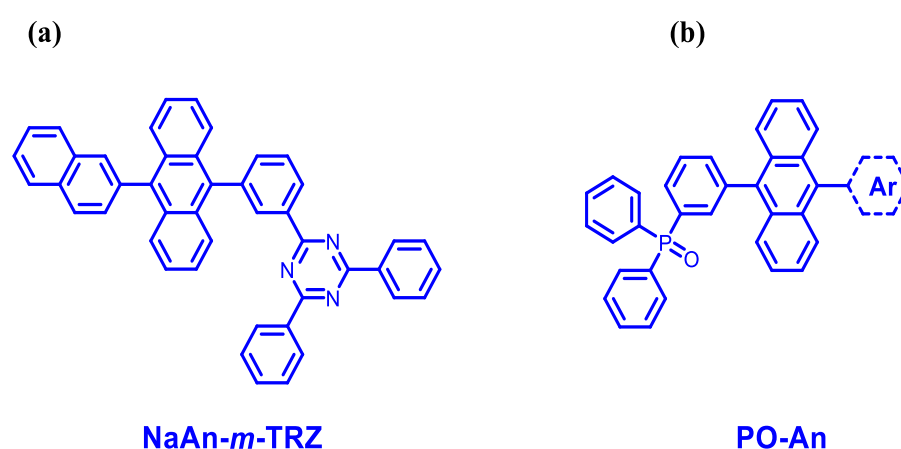


图 1: 所研究的含蒽单元的有机电子传输材料的分子结构

因此，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室朱旭辉教授，与广东阿格蕾雅光电材料有限公司合作开展了系列含蒽单元的有机分子电子传输材料的研究（如图 1 所示），重点关注其合成纯化、耐热性及其 OLED 器件稳定性。

2-(3-(10-(萘-2-基)-蒽-9-基)苯基)-4,6-二苯基-1,3,5-三嗪 (NaAn-*m*-TRZ, 图 1a) 作为电子传输材料，其  $T_g$  和  $T_d$  (0.5% 失重) 分别为 150 / 413 °C，HOMO  $\approx - 5.76 \text{ eV}$ ，LUMO  $\approx - 2.84 \text{ eV}$ 。与 Liq 掺杂电子迁移率 ( $\mu_e$ ) 高达  $7.19 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 。在模拟 OLED 热蒸发条件下 (@ 335°C &  $1.7 \times 10^{-6} \text{ torr}$ , 图 2)，对 NaAn-*m*-TRZ 进行了 48 h 耐热实验。经观察样品耐热前后颜

色、 $^1\text{H}$  NMR 和 HPLC 表征 (图 3), NaAn-*m*-TRZ 在长时间受热后, 并未发现明显分解。

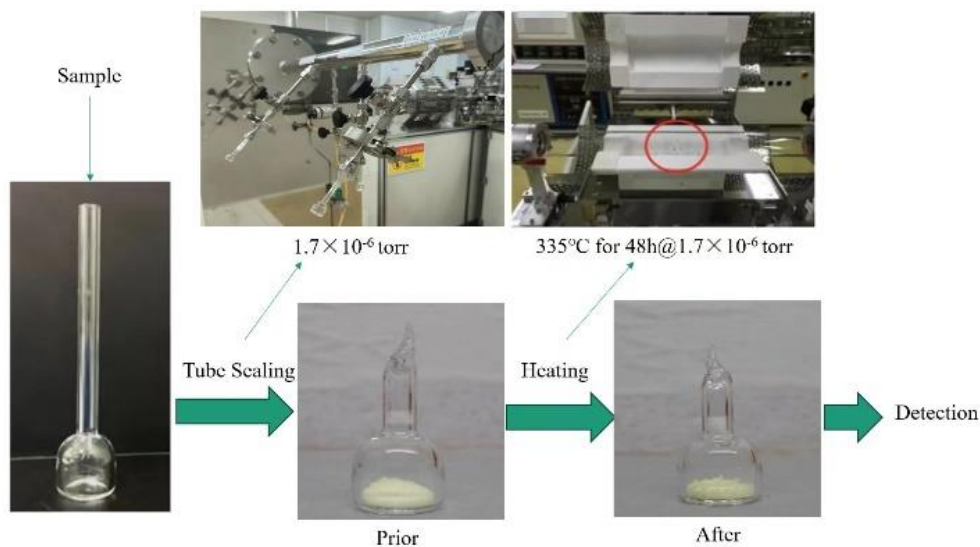


图 2. 模拟产线蒸镀条件下耐热稳定性的试验过程

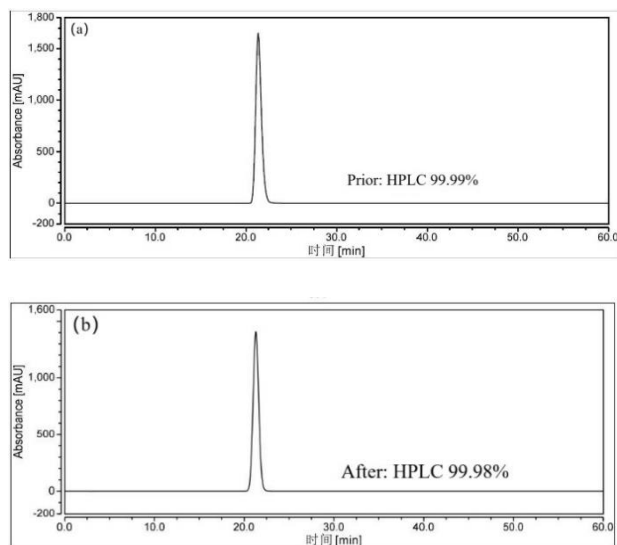


图 3. NaAn-*m*-TRZ 在模拟产线蒸镀条件下耐热稳定性试验前 (a) 和后 (b) 的高效液相色谱图。色谱柱: C18 (5  $\mu\text{m}$ , 250  $\times$  4.6 mm)。流动相: 甲醇/异丙醇 = 70/30 (V/V), 流速: 1.0 mL/min, 运行时间: 60 min。温度: 40  $^{\circ}\text{C}$ 。检测波长 (UV): 254 nm

以耐热前后的 NaAn-*m*-TRZ 样品分别作为 ETM，应用于底发射蓝光 OLED 器件，在 ca. 1100 nits 亮度条件下，实现了低工作电压 (3.4 V)， $LE = 5.5 \text{ cd/A}$ ， $EQE \approx 6.2\%$ ，和长寿命  $LT95 \approx 450 \text{ h @1000 nits}$  (图 4)

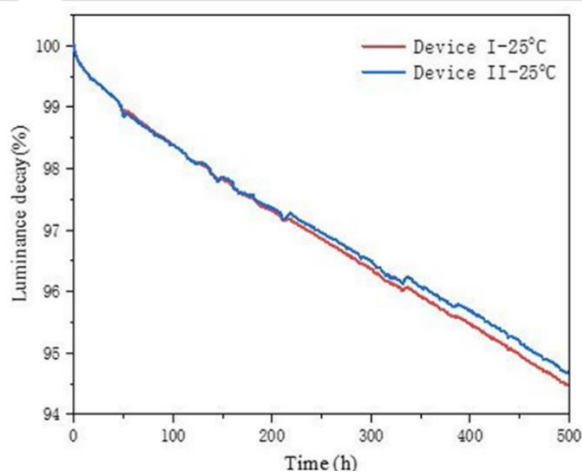


图 4 耐热前后的 NaAn-*m*-TRZ 在 25°C 测试时的器件寿命

近期，我们还合成制备了另一种 9-(*m*-二苯基磷酰基苯基)葱基取代的有机电子传输材料，如图 1 所示的化合物 PO-An。在模拟 OLED 热蒸发条件下 (@ 285 °C &  $2.0 \times 10^{-6}$  torr)，HPLC 等测试表明，PO-An 经受住 240 h 的耐热试验，相关 OLED 器件表征正在进行中。

相关研究成果以“2-(3-(10-(naphth-2-yl)-anthracen-9-yl)phenyl)-4,6-diphenyl-1,3,5-triazine as a promising electron-transport material for OLEDs”为题发表在 *2025 International Conference on Display Technology*，其中通讯作者为朱旭辉教授，第一作者为谭海见博士生。该研究工作得到了国家重点研发计划 (2021YFB3602702)、国家自然科学基金广东联合项目 (U1801258)、广东省能源与信息高分子材料基础研究卓越中心与广东省重点领域研发计划 (2019B010924003) 的资助。

## 有机光伏材料与器件

### 李远研究员团队：非掺杂空穴传输材料助力高效稳定全无机钙钛矿/有机叠层太阳能电池

近年来，钙钛矿太阳能电池（PVSCs）因光电性能优、制造成本潜力低，成光伏研究热点。全无机钙钛矿太阳能电池（如CsPbI<sub>3-x</sub>Br<sub>x</sub>）热稳定性、光吸收及载流子传输佳，商业化潜力大。但多数高效 PVSCs 依赖掺杂空穴传输材料（HTMs），掺杂剂（如锂盐）虽提性能，却加速钙钛矿降解，且掺杂 HTMs 合成复杂、成本高，限制大规模应用。开发无掺杂 HTMs 成关键，其能简化工艺、降成本、抑离子迁移，提器件稳定性。但当前无掺杂 HTMs 空穴迁移率低，制约应用。故设计合成高迁移率、优热稳定性、好缺陷钝化能力的无掺杂 HTMs，对高效稳定全无机 PVSCs 意义重大。

近日，华南理工大学李远研究员课题组开发出 D-A-D'-A-D 型无掺杂 HTM (IDTT-PhCz)，可解决此前问题。该材料 HOMO 能级深、分子间堆积与空穴传输佳，还能钝化钙钛矿表面未配位铅离子、抑碘离子迁移，提升器件稳定性与效率。基于它的全无机 PVSCs 光电转换效率达 21.0%（迄今最高之一），高温光照下稳定性优。此设计策略为开发高效稳定无掺杂 HTMs 提供前景，助力钙钛矿太阳能电池商业化。

本研究开发 IDTT-EtCz 和 IDTT-PhCz 两种 D-A-D'-A-D 结构无掺杂空穴传输材料，用于全无机钙钛矿太阳能电池。IDTT-PhCz

空穴迁移率更高、HOMO 能级 (-5.48 eV) 更深、分子堆积更紧密，其芳香化末端基团缩短分子接触，且与噻吩单元有强相互作用，利于电荷传输；HOMO 能级与钙钛矿价带匹配，2.04 eV 光学带隙适配钙钛矿吸收，可促空穴提取、提开路电压。XPS 表征显示其能钝化钙钛矿表面缺陷、减电荷复合，抗氧化碘能力优于掺杂 Spiro-OMeTAD，还能抑碘离子迁移，提升器件稳定性。基于它的 CsPbI<sub>3</sub> 基 PVSCs 光电转换效率达 21.0%，未封装器件 60°C 氛围下 500 小时仍保 90% 以上效率；用于串联电池也实现 25.0% 效率（认证 24.66%）。

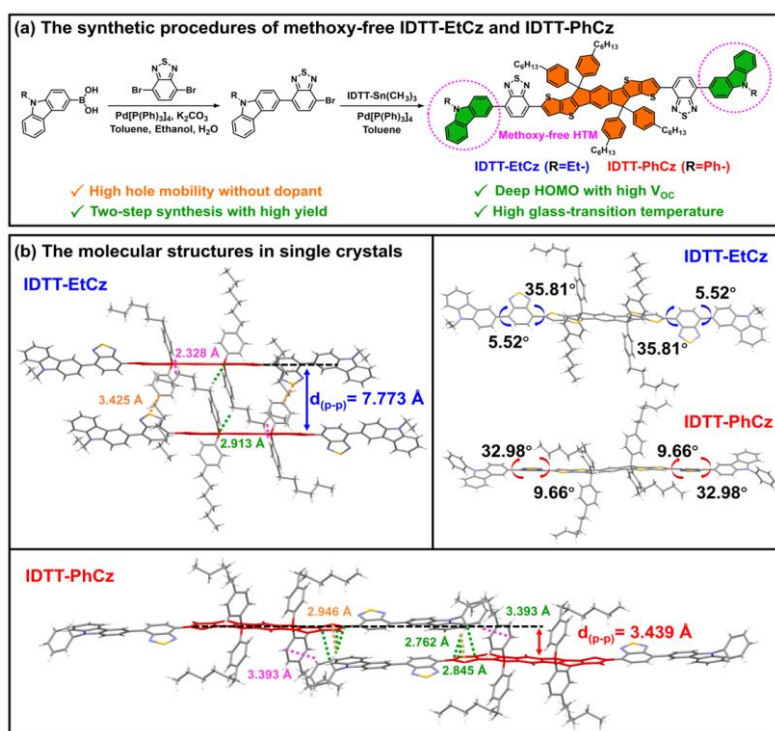


图 1. (a) IDTT-EtCz 和 IDTT-PhCz 的合成路线示意图 (b) IDTT-EtCz 和 IDTT-PhCz 的单晶结构及分子堆积模式示意图

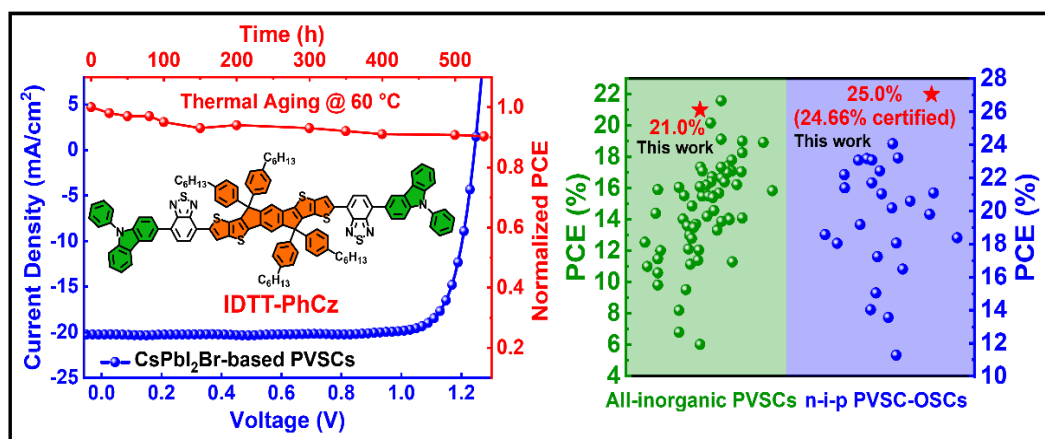


图 2. 基于 IDTT-PhCz 器件的稳定性测试（左）以及单/双结 PSCs 的效率统计（右）

相关研究成果以“*Suppression of radical cation formation in dopant-free hole-transporting materials to inhibit iodine migration for efficient and stable perovskite solar cells*”为题发表在 *Nano Energy* 上，其中通讯作者为李远研究员、薛启帆副研究员、王晶副教授和蔡万清高级讲师。华南理工大学黄嘉兴博士生和张益衡硕士生为共同第一作者。该研究工作得到了中国自然科学基金（22379045, 22375065, 51973063, 52303223, 62375057, 62074060, 22405174 和 22461142139）等科研项目的资助。

### 段春晖教授团队：协同外围取代基策略助力完全非稠环电子受体太阳能电池实现 18%光电转换效率

全非稠环电子受体（FNEAs）仅通过碳-碳单键扩展其主链，这有效避免了复杂且低产率的关环反应，有助于降低光伏材料的成本。但其也面临分子构象不稳，结晶性弱、电荷传输差、与给体过度混溶阻碍纤维状双连续网络形成等关键发展瓶颈，导致

PCE 落后。因此，精确调控 FNEA 分子构象与结晶性，协同优化分子堆积及相分离形貌，是突破效率瓶颈、实现高性能低成本有机光伏器件的关键。

近日，华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室的段春晖教授课题组通过系统调控外围取代基，即中心核封装结构和外侧烷基侧链长度，有效增强受体结晶性并精细调控纤维网络形貌，使完全非稠环电子受体太阳能电池实现了 18.04% 的破纪录光电转换效率。

考虑到 FNEAs 的低 PCE 主要源于受体结晶度弱和活性层形貌差，设计并合成了四种 FNEAs 分子 (NEH-4F, EEH-4F, NBO-4F, EBO-4F)，旨在通过系统调控外围取代基协同解决上述关键挑战（其化学结构见图 1）。具体而言，包封的中心核保证了共轭骨架的平面性并提高了受体结晶度，而延长的外侧链调节了分子堆叠并调节了 FNEA 与聚合物供体 PTTz 之间的热力学相容性。因此，在 PTTz:EBO-4F 的共混物中发现了具有双连续互穿纤维网络结构的纳米级相分离形貌，有助于促进太阳能电池中的激子扩散和电荷传输。由此获得了破纪录的 18.04% 的 PCE，这大大减小了 FNEAs 和稠环电子受体之间的效率差距。这些结果表明，通过合理的分子设计，具有成本效益的 FNEAs 在实现高效太阳能电池方面的良好前景。

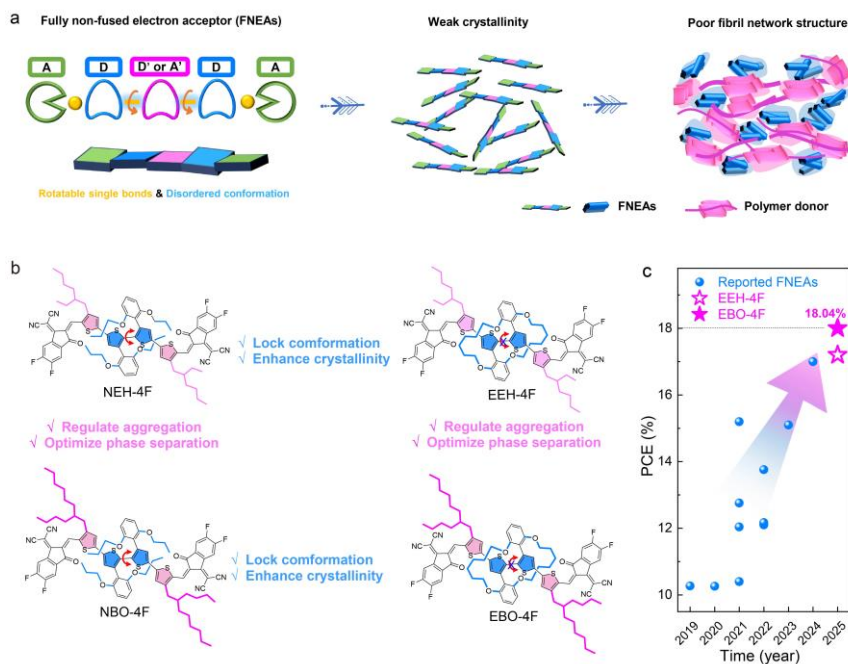


图 1. 全非稠环电子受体的分子设计

相关研究成果以“*Fully non-fused electron acceptor solar cells with 18% efficiency via a synergistic peripheral substituent strategy*”为题发表在 *Nature Communications* 上，其中通讯作者为段春晖教授，第一作者为华南理工大学博士生王晔晔、博士生杨明群以及武汉工程大学交流博士生陈志力。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、中央高校基本科研业务费、中国博士后科学基金等科研项目的资助。

## 马东阁教授&陈江山研究员团队：多位点添加剂提升钙钛矿太阳能电池的效率和稳定性

钙钛矿太阳能电池 (PSCs) 因其优异的光电特性而成为光伏领域的研究热点。然而，多晶钙钛矿薄膜在低温结晶过程中难以

控制速率，易产生大量缺陷，使得薄膜结晶质量变差，进而导致严重的非辐射复合，限制了器件性能。因此，调控结晶和钝化钙钛矿缺陷对于实现高性能 PSCs 至关重要。

近日，华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室的马东阁教授/陈江山研究员课题组采用一种多活性位点添加剂策略来调控钙钛矿薄膜的结晶生长并有效钝化钙钛矿缺陷，制备出高质量的钙钛矿薄膜。传统单一活性位点添加剂只能针对某一类缺陷，且可能干扰结晶过程。最终采用多活性位点添加剂制备的 PSCs 实现了 23.02% 的光电转换效率 (PCE)。此外，未封装的器件在  $50 \pm 5\%$  相对湿度环境中放置 1320 小时后仍能保持初始效率的 91%，展现出卓越的环境稳定性。因此，开发具有多活性位点的添加剂，实现协同钝化与结晶调控，是提升 PSCs 性能的有效策略。

本研究提出一种创新性多活性位点添加剂策略用于调控  $\text{Cs}_{0.05}(\text{FA}_{0.98}\text{MA}_{0.02})_{0.95}\text{Pb}(\text{I}_{0.88}\text{Br}_{0.15})_3$  钙钛矿薄膜的结晶以及钝化钙钛矿缺陷态。将 5,5'-二溴-2,2':5',2''-三噻吩 (DBTT) 引入钙钛矿前驱体溶液中延缓了结晶速率，有利于形成高质量薄膜，减少晶界，提升载流子传输效率。此外，DBTT 分子中的溴 (Br) 和硫 (S) 原子提供了多个活性位点：Br 原子可填补碘 (I) 空位，S 原子能够与未配位的  $\text{Pb}^{2+}$  形成配位键，S 与 I 的相互作用抑制 I-Pb 反位缺陷的形成。理论计算与 XPS、FTIR 等实验共同证实了 DBTT 能够有效钝化钙钛矿缺陷，有效的抑制非辐射复合。得益于这种缺陷钝化和调控结晶的协同作用策略，最终基于 DBTT 的 PSCs 实现了 23.02% 的 PCE。此外器件在  $50 \pm 5\%$  RH 湿度条件下放置 1320 h 后仍能保持初始效率的 91%，展现出卓越的空气稳

定性。这种通过单一分子钝化多种缺陷并增强结晶的协同策略，为制备高质量钙钛矿薄膜以实现高性能钙钛矿太阳能电池提供了一种有效途径。

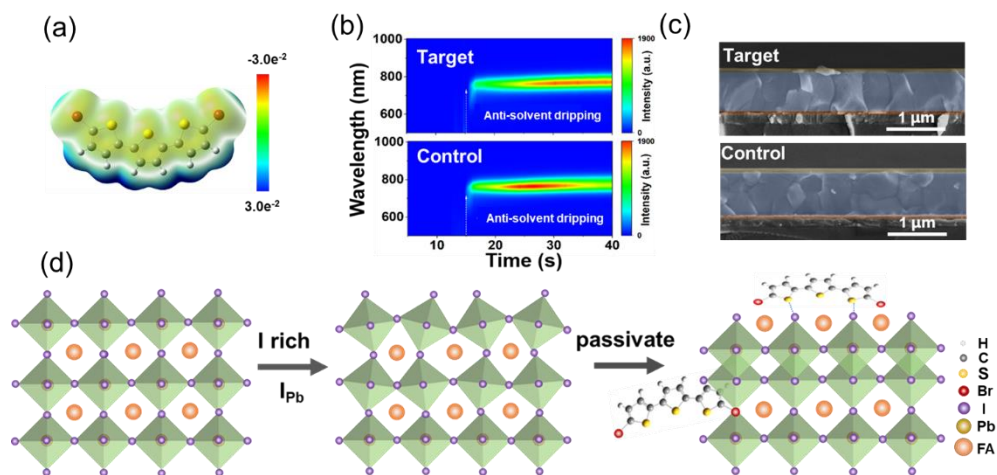


图 1 DBTT 分子结构式，结晶调控以及作用机理图

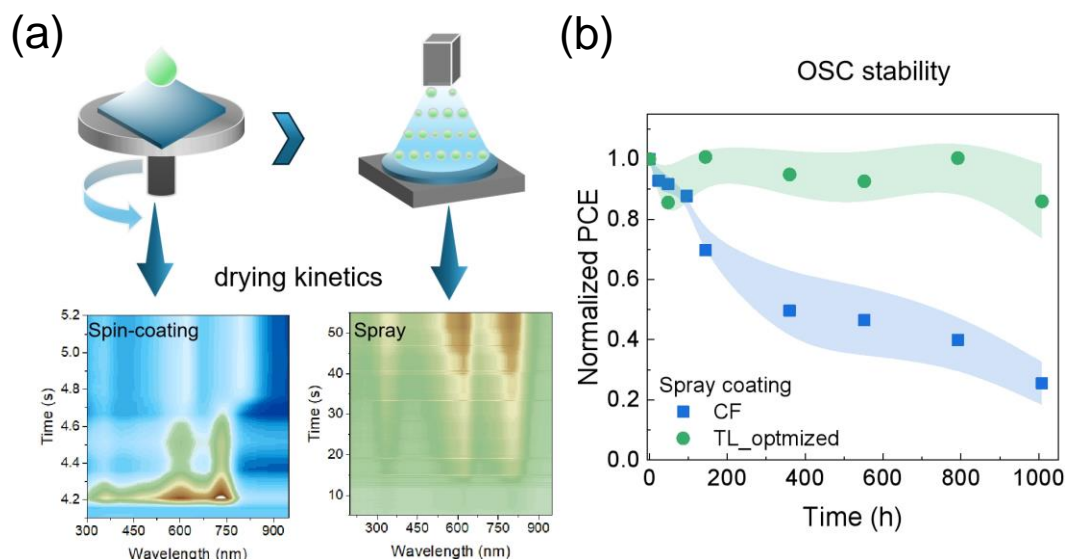
相关研究成果以“*Collaborative passivation of defects and enhancing crystallization enabled by an additive with multiple active sites for inverted perovskite solar cells*”为题发表在 *Chemical Engineering Journal* 上，其中通讯作者为马东阁教授、陈江山研究员，第一作者为杜青博士生。该研究工作得到了国家重点研发计划项目、国家自然科学基金项目、广东省基础与应用基础研究基金项目、广东省自然科学基金等科研项目的资助。

## 李宁教授团队：空气氛围喷涂制备高效且形貌稳定的有机太阳能电池

近年来，有机太阳能电池（OSCs）在新型活性材料和器件工程推动下取得显著进展。然而，高效器件多依赖在氮气手套箱内以旋涂（SC）在小面积衬底上制备，难以满足大规模生产需求。因

此，开发兼容大气环境的大面积涂层技术是实现高通量、低碳足迹 OSCs 的关键。喷涂（SP）因对多种衬底的高度适配性而具备广阔前景，但旋涂经验难以直接迁移，且对喷涂过程中薄膜形成动力学与稳定性的理解仍有限。因此，建立“形貌—效率/稳定性”的关系，并深入认识喷涂 BHJ 薄膜的成膜机制对推 OSCs 至关重要。

近日，华南理工大学李宁教授团队在空气中通过喷涂制备活性层，实现了 15.39% 的效率和优异光热稳定性，为有机太阳能电池的大面积制备及应用提供了新思路。



图一. (a) 旋涂与喷涂工艺示意图及其对应的原位 UV-Vis 光谱; (b) 有机光伏器件的热稳定性

本研究系统探讨了 PM6:DTY6:L8-BO 体系从旋涂到喷涂的工艺转变。通过非卤素溶剂、三元共混合溶剂退火调控喷涂薄膜形貌。结果表明，氯仿（CF）制备的薄膜因形貌不佳导致 PCE 与稳定性降低，而甲苯（TL）则带来更渐进均匀的成膜过程，生成纤维结构并改善分子取向，减少无序聚集，从而提升载流子传输并

抑制复合。结合 UV-vis、PL、AFM 和 GIWAXS 等表征与电荷动力学分析，进一步揭示了两种溶剂在成膜动力学上的显著差异。这些发现为喷涂 OSCs 的高性能与长期稳定性设计提供了重要指导。

相关研究成果以“*Organic Solar Cells Spray-coated in Air with Enhanced Efficiency and Morphology Stability*”为题发表在 EES Solar 上，其中通讯作者为安康博士、姜鑫宇博士、蒋友宇博士和李宁教授，第一作者为王钦硕士研究生。该研究工作得到了中国国家重点研发计划（2022YFB4200400）、国家自然科学基金（52394273 和 52373179）、TCL 科技创新基金（20242065）以及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。

## 段春晖教授团队：有机太阳能电池中的聚噻吩类电子给体材料

近年来，有机太阳能电池（OSCs）领域的研究进展凸显出对低成本、易获取的聚合物给体材料的迫切需求，以推动其商业化进程。在多种光伏材料中，聚噻吩（PT）及其衍生物因其合成成本低、易于规模化制备，被视为最具商业化潜力的候选材料之一。尤其在过去的几年中，将 PT 类材料与非富勒烯受体（NFAs）相结合，显著提高了 OSCs 的光电转换效率。

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团队受邀在英国皇家化学会旗舰期刊 *Chemical Science* 上综述了基于非富勒烯 OSCs 中聚噻吩电子给体的设计策略，重点探讨能级调控与聚集特性的优化方法。同时，评估了 PT:NFA 共混

体系薄膜形貌调控的最新研究进展，着重分析了活性层中给/受体相容性、溶液态聚集控制及成膜动力学等关键影响因素。此外，本文还探讨了聚噻吩电子给体在全聚合物有机太阳电池、大面积有机太阳电池中的应用及其器件稳定性问题。最后，针对聚噻吩太阳电池面临的科学挑战进行了深入剖析，为后续研究提供理论指导并激发创新思路。

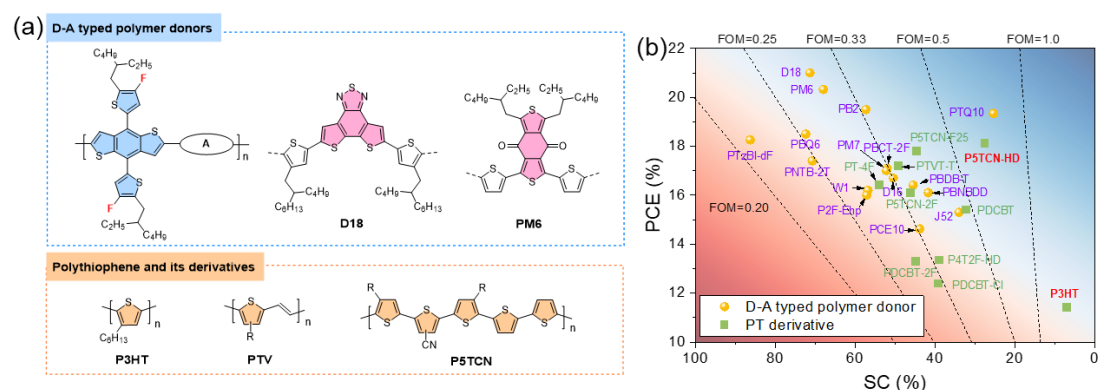


图 1. 聚噻吩的分子结构和成本-性能分析

针对聚噻吩分子能级偏高、聚集行为不可控、与高性能 NFAs 相容性差等挑战，作者从官能团（卤素原子、酯基、氰基等）修饰和侧链工程两部分进行分子设计的讨论，优化聚噻吩及其衍生物的分子能级和溶解性，改善电荷传输性能。进一步，作者从相容性匹配、溶液聚集控制、成膜工艺优化等角度，评估了调控聚噻吩预聚集行为的有效方法，提升其结晶性和电荷传输效率。最后，作者提出可通过计算模型（如分子动力学）和先进表征技术系统预测并揭示聚噻吩的光电性质和形貌演化规律，以进一步提升聚噻吩的光电转化效率；开发绿色溶剂加工的大面积光伏器件，减少生产对环境的影响，实现高性能与低成本的平衡。

该工作以“*Polythiophenes as electron donors in organic solar cells*”为题发表在 *Chemical Science* 上，其中通讯作者为段春晖教

授，第一作者为袁熙越博士。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、广东省“珠江人才计划”创新创业团队项目、中国博士后科学基金、中央高校基本科研业务费等科研项目的资助。

## 前沿交叉

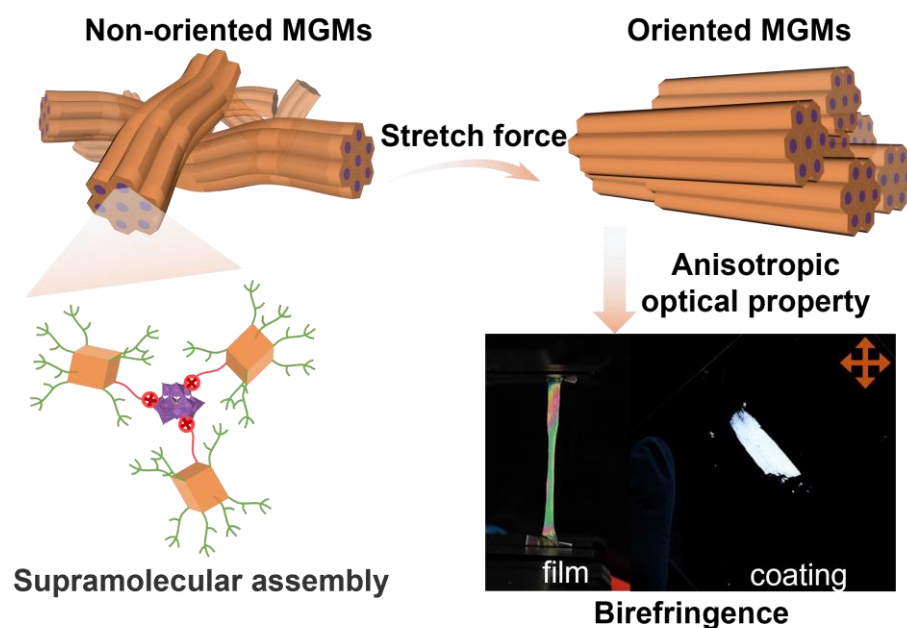
### 殷盼超教授团队：拉伸诱导分子颗粒材料结构取向

以具有极小尺寸的分子簇为基本构建单元，通过化学键合可以制备具有不同拓扑结构的分子颗粒材料，该类分子颗粒材料可以在远高于玻璃化转变的温度下保持弹性，但是这往往在合成上需要巨大的努力。同时对于分子颗粒材料的研究更多停留在准静态阶段，目前缺乏对其在形变过程中的结构演变的研究，不利于拓展其应用。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的殷盼超教授课题组利用超分子相互作用制备了具有多级结构的分子颗粒材料，实现了分子颗粒材料的动态结构监控，并指导了该分子颗粒材料的多样性加工，有望拓展该类分子颗粒材料在光学领域的应用。

以尺寸约 1 nm 的磷钨酸 (PTA) 和单端氨基功能化的笼状寡聚倍半硅氧烷 (OPOSS-NH<sub>2</sub>) 为基本构建单元，采用简单的物理共混代替繁杂的化学合成，一步法简便地制备了具有多级结构的分子颗粒材料。该分子颗粒材料具有出色加工性和具有类似聚合物的粘弹性。同时借助于同步辐射的高通量和高时间分辨率的特性，

通过原位小角 X 光散射拉伸实验 (in-situ SAXS) 研究了该材料的拉伸力场下的动态结构, 揭示了该材料在拉伸诱导下可以高度结构取向, 诱发相转变, 形成堆积更加致密的六方相, 赋予材料出色的力学性能。同时流变揭示了该材料在远高于玻璃化转变温度下保持弹性平台, 相结构的存在抑制了应力松弛, 所以该分子颗粒材料具有出色的拉伸性能。这些动态结构演变的认识和来源于流变和宽频介电的结构松弛行为的认识, 成功指导了该分子颗粒材料被加工成具有光学异质性的高度取向的膜或者涂层, 高度取向的膜和涂层都具有显著的双折射现象。灵活的加工方式和高度取向的结构, 这些在纳米颗粒材料是罕见的, 揭示了其未来在光学领域的应用前景。



相关研究成果以“*Stretch-Induced Structural Ordering and Orientation for Tensile Yield Behavior and Anisotropic Optical Property of Molecular Granular Materials*”为题发表在 *Angewandte Chemie International Edition* 上, 其中通讯作者为殷盼超教授, 第

一作者为刘付卫博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金、粤港澳中子散射科学与技术联合实验室、中国散裂中子源松山湖科学城开放基金、TCL 科技创新基金等科研项目的资助。

## 周城教授&冯光雪教授团队：基于可嵌膜的共轭齐聚电解质分子的光激活机械疗法

癌症治疗长期面临耐药性挑战，传统疗法常因肿瘤细胞修复机制、药物外排泵激活等限制疗效。光动力疗法（PDT）和光热疗法（PTT）虽具精准优势，但肿瘤抗氧化防御与热休克蛋白上调仍可削弱其效果。

针对这一困境，近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室周城教授团队与冯光雪教授团队及新加坡南洋理工大学 Guillermo C. Bazan 教授合作，创新性地利用膜仿生共轭齐聚电解质（COEs），开发出一种光触发分子机械疗法，通过物理破坏癌细胞膜结构规避耐药机制，为肿瘤治疗提供了新策略。

本研究开发了一种基于膜仿生共轭齐聚电解质（COE）的光控分子机械疗法，利用低剂量白光（20 mW/cm<sup>2</sup>，10 分钟）激活可嵌入细胞膜的 COE 分子 BT，实现对癌细胞的快速物理杀伤。其作用机制经验证独立于传统光疗途径：通过活性氧清除实验（ROS 清除剂处理前后 BT 对细胞杀伤率一致）和光热效应排除实验，证实该效应非光动力或光热作用所致。结合原位 X 射线衍射观测到膜厚度从 3.5 nm 减薄至 2.9 nm 的结构变化，以及飞秒瞬态吸收光谱检测到时间常数为~5 ps 的分子构象变化新物种，

共同证实该效应源于光控机械力作用。

BT 在黑暗条件下表现出优异生物相容性( $IC_{50} > 256 \mu M$ ), 而在光照下展现出强效癌细胞杀伤能力——在 A549 肺癌细胞中使半抑制浓度骤降至  $0.6 \mu M$ , 活性提升超 400 倍。该疗法通过机械力诱导的细胞焦亡通路发挥协同治疗作用: BT 的光激活不仅直接破坏细胞膜, 更触发 caspase-1 介导的焦亡过程。动物实验证实, 经 BT 治疗的 4T1 荷瘤小鼠肿瘤体积显著抑制, 同时伴随肿瘤内  $CD8^+$  T 细胞浸润增加及血清  $TNF-\alpha / IFN-\gamma$  水平升高, 系统性激活了抗肿瘤免疫应答, 为克服癌症耐药性提供了新策略。

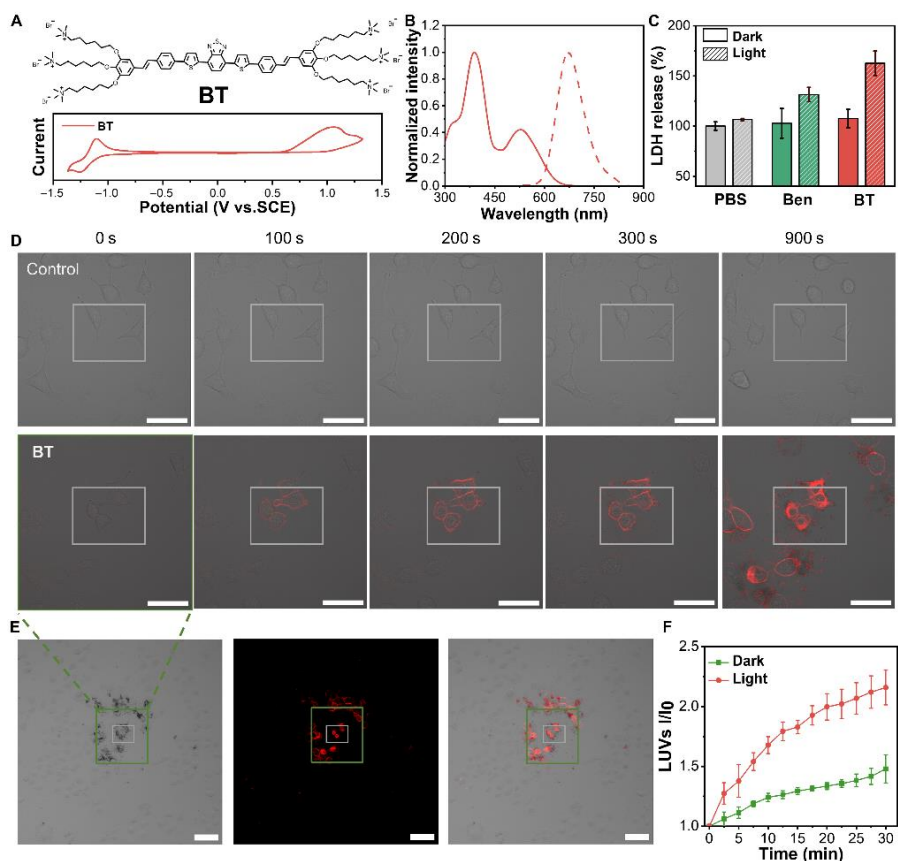


图 1. 光触发的膜嵌入和 BT 的膜破坏

相关研究成果以“*Light-triggered Molecular Mechanotherapy of Tumor Using Membrane-mimicking Conjugated Oligoelectrolytes*”

为题发表在 *Science Advances* 上，其中通讯作者为华南理工大学周城教授、冯光雪教授和新加坡南洋理工大学 *Guillermo C. Bazan* 教授，第一作者为华南理工大学周佩蓉博士生和张迪博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金等科研项目的资助。

## 马东阁教授团队：用于有机无定形固体量子信息处理的室温长相干五重态量子比特

在量子信息科学领域，高自旋态被认为是可替代的物理实体。几乎无限的有机分子候选者为打开室温量子操纵的大门留下了巨大的机会。以五重态为例的有机高自旋态可以作为实现量子信息的多量子比特，然而通过单重态裂变产生的五重态需要在严格条件下才能观察到，在室温下实现五重态的长量子相干性仍具有挑战性。

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课题组利用电子顺磁共振（EPR）测量无定形固体状态的 TIPS-Pn/TNB，得到了长相干的电子五重态，有望拓展量子信息科学领域的应用。

自旋电子与邻近电子的自旋相互作用对于调控多自旋量子比特是必要的，但同时也会导致更短的退相干时间，这是自旋操控的瓶颈。有机分子具有长相干性的特点，并且其结构具有无限的可能性，这些优点有利于实现室温量子操纵。有机固体中的单线态裂变（SF）已被证明可产生亚稳态的高电子自旋态，SF 是一个独特的双发色团过程，一个激发的单线态（S1）与相邻的基态

(S0) 共享能量，最终产生两个低能量的三线态激子 (T)。在 SF 的中间过程中，S1 与 S0 共享能量后产生多激子 1TT，随后 1TT 可以通过自旋演化转换 5TT 和 3TT。在实验上，已经通过瞬态电子顺磁共振 (TREPR) 和瞬态吸收技术观测到了 5TT。因此利用 5TT 实现量子门操作是可行的，然而目前 5TT 仍存在相干时间过短的问题。在工作中，我们通过一种简单的共熔法制备出不定形态的 TIPS-Pn/TNB 固体，讨论了自旋相干时间的浓度依赖性，最终优化出 2wt% 的掺杂浓度，其室温下量子相干时间为 505 ns，可在 12 ns 的微波脉冲下进行 54 次的量子门操作，如图 1 所示。

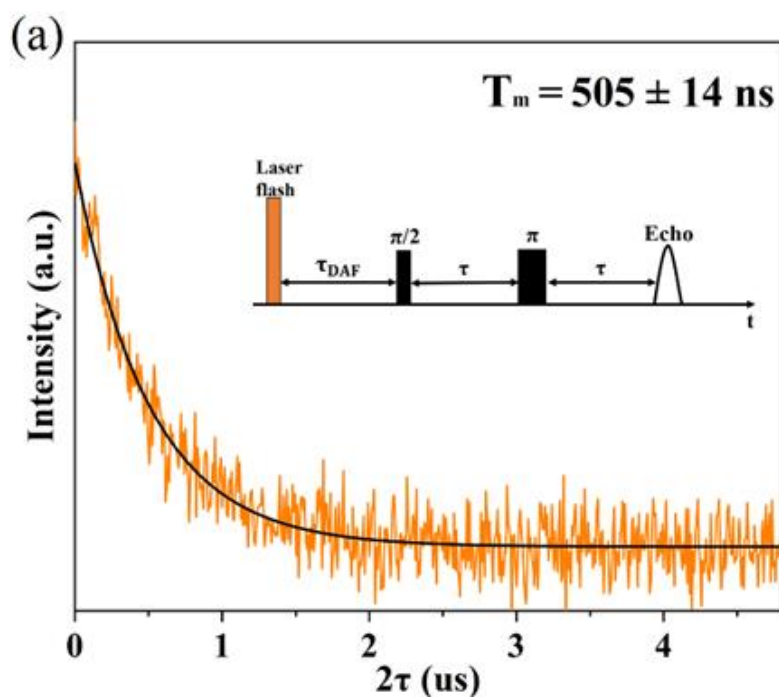


图 1

相关研究成果以“*Room-Temperature Long-Coherence Quintet Qudit for Quantum Information Processing in Organic Amorphous Solids*”为题发表在 *Advanced Quantum Technologies* 上，其中通讯作者为马东阁教授和乔现锋副研究员，第一作者为吴加明硕士研究生。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。

## 仪器设备

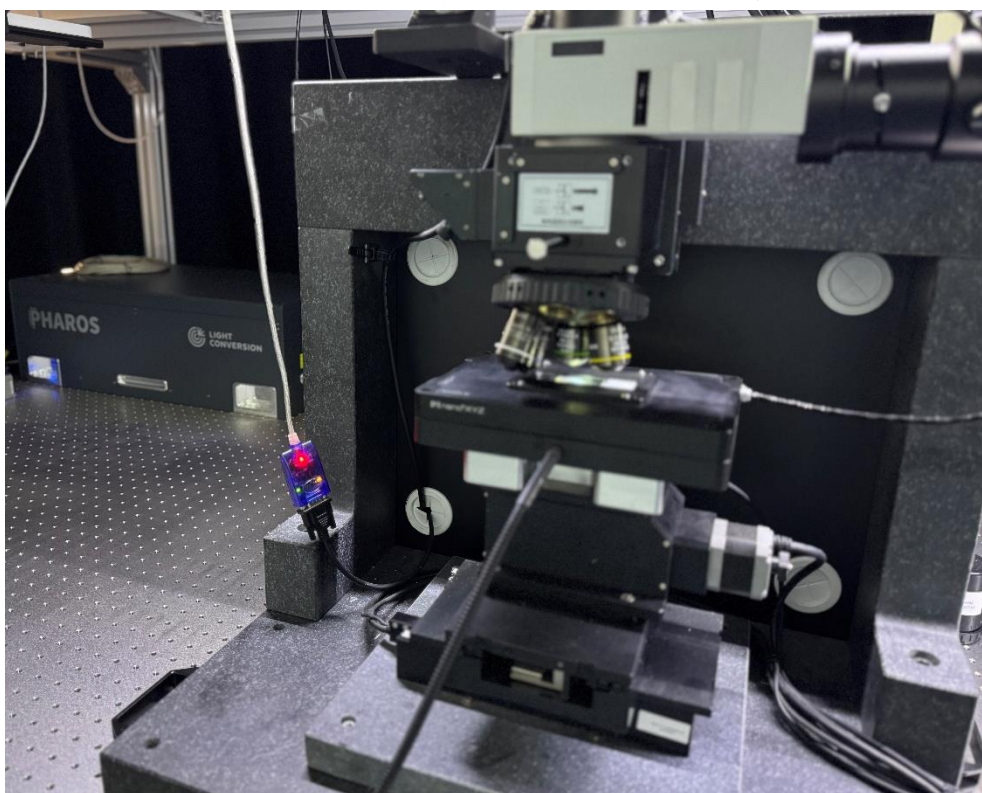
### 超快激光三维微加工系统

#### ●仪器信息：

品牌：Light Conversion

型号：Pharos-10W

放置地点：华南理工大学北区科技园 1 号楼 S209 室



#### ●应用领域：

该系统通过超短脉冲激光的精密操控，能够在多种透明材料内部实现复杂三维微结构的直写加工。在光波导应用中，该技术突破了传统平面工艺限制，可制备任意走向的三维光路，为集成光子器件和量子光学系统提供了新的解决方案；在光栅制造方面，系统能实现高精度周期结构的灵活调控，可加工包

括倾斜、啁啾等特殊构型的光栅，为光通信、光谱分析等领域提供性能优异的器件。

●功能简介：

超快飞秒激光三维微加工系统是基于飞秒级超短脉冲激光（典型脉宽 190fs-10ps）的先进精密制造装备，其核心原理是通过非线性吸收效应（如双光子吸收、多光子电离等）实现材料的三维微纳加工。该系统具有极高的时空分辨率，可实现亚微米级（最小特征尺寸 $\leq 100\text{nm}$ ）的加工精度，同时由于超短脉冲特性（峰值功率可达 GW 级），加工过程中几乎不产生热影响区，特别适用于脆性材料（如玻璃、陶瓷）和热敏感材料（如生物组织）的精密加工。通过集成高精度三维运动平台（定位精度 $\pm 100\text{nm}$ ）和实时监测系统，可完成复杂三维微结构的直写加工，在光学器件、生物医疗、微电子等领域具有重要应用价值。

●技术参数：

激光器：

1. 最大平均功率：10W；
2. 脉冲宽度： $< 290\text{fs}$ ；
3. 脉宽调谐范围：290f-10ps；
4. 最大脉冲能量： $> 200\text{uJ}@ 1-50\text{kHz}$ ；
5. 光束质量：TEM00： $M^2 < 1.2$ ；
6. 重复频率范围：1KHz-200KHz（单脉冲）；
7. 中心波长： $1028\text{nm} \pm 5\text{nm}$ 。

微加工平台：

1. 加工精度：最高可达 100nm；

2. 加工速度：不低于每秒 1000 个扫描数据点；
3. 加工尺寸： $\geq 100 \times 100 \text{ mm}^2$ ；
4. 跨尺度加工能力：从纳米量级至厘米量级的三维结构加工；
5. 载物台移动范围： $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 5\text{cm}$ ；
6. 三维压电扫描平台移动范围： $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ ；
7. 三维压电扫描平台定位精度： $< 1\text{nm}$ 。

●送样要求：

1. 样品表面需无尘无油污，经超声清洗（异丙醇/丙酮）及氮气干燥，平整度起伏 $\leq 10 \mu\text{m}$ ；
2. 硬脆材料：蓝宝石、透明陶瓷等需表面抛光（ $R_a \leq 0.1\mu\text{m}$ ），避免内部裂纹；
3. 薄膜样品：独立薄膜厚度 $\geq 500 \text{ nm}$ ，且必须附着于硅片等刚性基底；
4. 若有特殊要求请联系负责人。

●预约方式：

1. 预约咨询电话：13650736357；
2. 收样地点：华南理工大学北区科技园 1 号楼 S209 室；
3. 收样时间：工作日上午 8:30-12:00，下午 2:30-17:30。

## 境内外学术交流来访

●7月1日，中国科学院大连化学物理研究所聂赫然副研究员，在全重501会议室作题为“聚酰亚胺泡沫的制备与应用”学术报告。报告主要从聚酰亚胺泡沫的研究背景、发展历程、课题组开展的实验室制备方法、构效关系研究、规模化制备与应用等几个方面系统介绍项目组聚酰亚胺泡沫的研究与产业化工作。

●7月5日，英国帝国理工学院 Jenny Nelson 教授，在逸夫夫人文馆报告厅作题为“分子光伏薄膜中电荷产生的控制因素”学术报告。报告分享课题组结合单组分与异质结器件电荷生成实验测量，及离域激发态计算模型，明确助电荷生成的关键分子参数，分析其在最优材料中的优化度，还探讨了异质结特性等多因素影响。并讨论了如何通过发光测量获取这些参数，展望了此类材料的效率极限。

●7月9日，电子科技大学周佩珩教授，在全重W301会议室作题为“基于旋磁材料的非互易拓扑光子阵列”学术报告。报告主要分享课题组通过旋磁光子阵列拓扑相的设计和验证，将有序、无序、损耗、维度等作为光子（电磁波）调控的变量，形成了光子（电磁波）调控的有效手段，为单向波导、分束器、天线等设计提供了新的思路。

●8月28日，澳门大学邢贵川教授，在全重W301会议室作题为“Tailoring the Carrier Dynamics in Metal-halide Perovskites for optoelectronic Applications”学术报告。报告主要介绍课题组在金属卤化物钙钛矿优异发光特性探索、载

流子动力学检测与调控、太阳能电池和发光器件性能优化研究以及新型发光应用开发等方面取得的成果。

●8月30日，吉林大学白雪教授，在全重 W301 会议室作题为“稀土发光材料的多尺度设计与光电器件研究”学术报告。报告介绍系列稀土基半导体材料体系工作，提出量子剪裁高效传能机制，揭示其多尺度构效关系与性能调控规律，及其电子物态调控规律；建立稀土基电致发光器件载流子传输和复合模型，最终研制出电致发光与波导器件。