

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 2 期

(总第 90 期)

华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室编

2025 年 3 月 7 日

新闻动态

- 张少康副省长慰问实验室马於光院士..... 2
- 实验室承办 IUPAC 全球女化学家早餐会广州会场活动..... 3

研究进展

- 严克友教授团队：在锂金属电池领域获重大进展..... 6
- 马於光教授团队：非富勒烯受体中的强孤子特性——对未来分子设计的新光化学见解..... 8
- 殷盼超教授团队：拓扑复合策略精准调控材料受挫堆积..... 10
- 陈军武教授团队：厚度不敏感紫外线阻挡层载流子提取和深陷阱实现稳定的有机太阳能电池 12
- 马东阁教授团队：基于 TTA 和 hISC 双通道利用三线态激子的高效蓝光 OLED..... 14
- 马东阁教授团队：基于配体工程的高效抗热型绿光钙钛矿²⁺纳米晶 LED..... 15
- 马东阁教授团队：基于结晶调控的高效绿光钙钛矿²⁺ LED..... 17
- 夏志国教授团队：具有宽带近红外发光的纳米晶玻璃复合光纤光源..... 19
- 黄飞教授团队：基于膜模拟的共轭电解质分子木马用于刺激响应性药物释放..... 23

仪器设备

- EM10 和 3311 磁体系统..... 27

- 境内外学术交流来访..... 29

新闻动态

张少康副省长慰问实验室马於光院士



座谈交流

2月8日下午，广东省人民政府副省长、九三学社广东省委会主任委员张少康来校，慰问中国科学院院士、九三学社社员马於光教授，并代表九三学社省委会向他致以诚挚问候和新春祝福。九三学社省委会专职副主委董美玲，学校副校长李卫青参加了慰问。

张少康对马於光院士在有机光电材料与器件领域取得的突出成就表示高度赞赏，并指出，马於光院士是九三学社的杰出代表，也是广东省科技创新的领军人物，为国家和广东的科技发展作出了重要贡献。他希望马於光院士继续发挥专业优势，带领团队在关键核心技术攻关上取得更大突破，为广东高质量发展提供强有力的科技支撑。

李卫青对张少康副省长一行的到来表示热烈欢迎，并介绍了学校近年来在学科建设、科研创新和人才培养方面取得的成果。她表示，学校将一如既往地支持马於光院士团队的工作，为高层次人才创造更好的科研环境，助力学校“双一流”建设和广东科技创新强省建设。

马於光院士对张少康副省长的慰问表示感谢。他表示，将带领团队继续深耕科研领域，瞄准国际前沿，力争在有机光电材料与器件领域取得更多原创性成果，为国家和广东的科技发展贡献更多力量。

学校党委办公室（学校办公室）、党委统战部，发光材料与器件全国重点实验室，九三学社省委会和华工基层委有关负责人陪同慰问。

实验室承办 IUPAC 全球女化学家早餐会广州会场活动

2月11日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室承办的“2025年IUPAC全球女化学家早餐会-中国分会场”广州会场活动举行。会上，共有约30位在科研领域取得优异成绩的女化学工作者汇聚一堂，她们分别来自华南理工大学、中山大学、香港中文大学（深圳）和深圳大学等10所湾区高校，围绕“学科交叉研究与创新”“构建和谐导学关系”“（青年）女科技工作者的职业发展”“女性的科技贡献和力量”等主题交流思想，分享心得，共同探讨女性在化学科技领域的发展机遇与挑战。



IUPAC 全球女化学家早餐会广州会场活动

在特邀嘉宾主旨演讲中，中国科学院院士唐本忠介绍了从分子论到聚集体科学的范式转移，阐释了两种研究范式所蕴含的哲学思想。中国科学院院士马於光深入分析了女化学工作者面临的现状和挑战，并呼吁为女性发展创造更有利的社会环境。IUPAC 执行委员兼中国化学会副理事长、香港中文大学（深圳）的帅志刚教授介绍了 IUPAC 在国际化学交流中的重要地位以及历年获得 IUPAC 奖项的中国女性化学工作者所取得的科学进展。



唐本忠院士、马於光院士、帅志刚教授作主旨演讲

据介绍，“IUPAC 全球女化学家早餐会”（以下简称“早餐会”）是由国际纯粹与应用化学联合会（IUPAC）组织的一项面向化学领域女科技工作者的公益性活动，由 IUPAC 全球的成员单位分别组织，并通过跨国连线、主题分享等活动，共同探讨女性在化学科技领域的机遇与挑战，以期促进全球范围内女化学科技工作者的成长与信心。

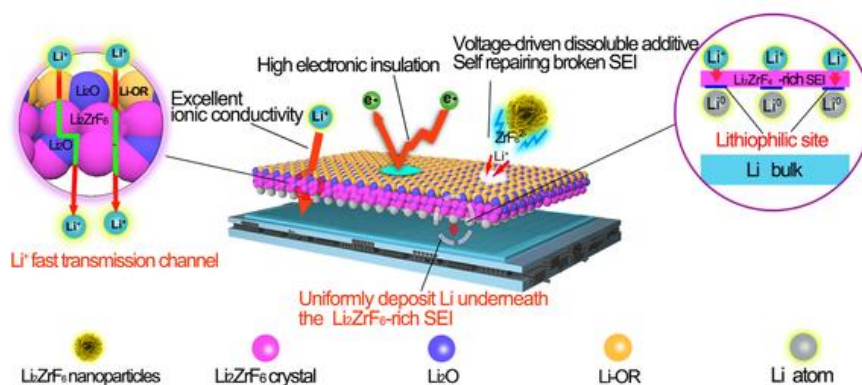
早餐会于 2011 年发起，中国化学会女化学工作者委员会从 2019 年开始加入组织中国分会场活动。今年，以“加速推动科学领域的公平性”为主题，全球共有约 400 场早餐会在世界不同城市同时举行，参加人数达约三万人。中国分会场在北京、长春、兰州、南京、无锡、苏州、上海、武汉、杭州、广州、香港等 11 个城市同时召开，共有包括 18 位两院院士在内的 260 余位化学科技工作者参加活动。

研究进展

严克友教授团队：在锂金属电池领域获重大进展

锂金属电池凭借锂金属负极极低的电化学还原电位和超高的理论比容量，而被认为是最有潜力的下一代电池候选者，它有潜力将现有锂离子电池的能量密度提升一倍。然而，现有基于锂离子电池的碳酸酯基电解液体系，与锂金属电池仍然无法很好地兼容。其根本原因在于，目前的商业电解液无法在锂金属负极表面形成稳定的固态电解质界面。这种缺陷不仅会造成锂枝晶的生长，带来电池爆炸的风险，还会严重影响锂金属电池的循环寿命。如何在锂金属负极界面表面构建同时具有高电子绝缘性、高离子电导率和高化学稳定的理想型固态电解质界面，一直是这一领域中的关键难题。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室严克友教授团队在高能量密度锂金属电池领域又取得重大进展。该成果为研发、制造新一代高性能锂电池、推动新能源汽车以及光伏-储能一体化等领域发展提供了新的关键技术。该团队针对锂金属负极在碳酸酯电解液的界面稳定性难题，利用单斜相 $m\text{-Li}_2\text{ZrF}_6$ 纳米颗粒作为添加剂，成功在锂金属负极表面构建了具有优异电化学性能的基于三方相 $t\text{-Li}_2\text{ZrF}_6$ 固态电解质界面，实现了锂金属电池在高载量、低 N/P 值和超高倍率下的稳定循环，能够在 2C 的倍率下循环 3000 次后依然拥有 80% 的容量保持率，达到同级别最高水平。



该工作创新点及其展示的作用机理示意图

针对以上难点，研究团队基于理论计算，验证了以 $t\text{-Li}_2\text{ZrF}_6$ 晶体构建理想型固态电解质界面的可行性，首次提出用电场驱动 $m\text{-Li}_2\text{ZrF}_6$ 转化为 $t\text{-Li}_2\text{ZrF}_6$ 来构筑固态电解质界面的策略。相关实验表明，这一策略不仅能够凭借优异的电子绝缘性阻止电子击穿固态电解质界面进而抑制电解液的分解，还能够为 Li^+ 提供快速迁移的通道，提高锂金属电池的倍率性能。此外， $t\text{-Li}_2\text{ZrF}_6$ 晶体表面丰富的亲锂位点能够和其内部的离子通道一起，诱导锂金属均匀沉积，抑制锂枝晶的生长，从而提高锂金属电池的安全性。同时，过量 $m\text{-Li}_2\text{ZrF}_6$ 添加剂不仅能够改善传统添加剂在循环中被耗尽的缺陷，还能够通过 ZrF_6^{2-} 离子及时修复破损的固态电解质界面，为锂金属负极的界面稳定性提供长期保护。

基于上述优势， $m\text{-Li}_2\text{ZrF}_6$ 纳米添加剂能够使 $\text{Li}||\text{LiFePO}_4$ 电池在普通商业碳酸酯电解液中，以 2C 的倍率稳定循环 3000 次，且拥有超过 80% 的容量保持率。这项作为锂金属负极界面保护提供了新的研究材料和思路。

相关研究成果以 “*Li₂ZrF₆ based electrolytes for durable lithium metal batteries*” (六氟锆酸锂基耐用型锂金属电池) 为题发表在国际顶尖学术期刊 *Nature* 上。其中徐庆帅博士为第

一作者，丘勇才、严克友教授领导了该项目团队，严克友为通讯作者。该工作得到了海外高层次人才计划、国家自然科学基金和重点研发计划，广东省创新创业团队及青年拔尖人才计划、兴华人才计划的基金的大力支持。

马於光教授团队：非富勒烯受体中的强孤子特性——对未来分子设计的新光化学见解

非富勒烯受体 (NFAs)，特别是受体-供体-受体 (D-A-D) 结构的 NFAs，如 ITIC 和 Y6，具有刚性骨架、近红外 (NIR) 吸收、高摩尔消光系数 (ϵ) 和陡峭的带边等优点 (图 1 a)。高的消光系数和弱的带边系数有助于改善短路电流密度 (J_{sc}) 和开路电压 (V_{oc})，从而提升有机太阳能电池 (OPV) 的器件性能。目前，基于 ITIC 和 Y 系列 NFA 的最先进 OSC 的功率转换效率 (PCE) 分别超过了 15% 和 20%，这主要是由于材料设计和器件工程的创新。然而，NFA 的设计机制仍然是研究人员打破性能瓶颈的巨大挑战，包括效率、稳定性和工业化。鉴于此，分子结构和性质之间的关系迫切需要在下一阶段的发展中建立起来。

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受花菁染料启发，提出 ITIC 和 Y6 等典型非富勒烯受体中强的类孤子电子结构特征是其高摩尔消光系数、陡峭吸收带边的内在原因，有望为未来高性能有机光伏活性层材料的设计提供新的视角。

花菁染料通常由连接电子供体 (D) 和受体 (A) 基团的一维 π 共轭链组成，表现出高消光系数和低带尾吸收。这些特性恰好

符合 NFA 的要求 (图 1 b)。大量的研究表明,菁染料的光谱行为源于其类孤子电子结构特征,具体表现为均匀的碳-碳 (C-C) 键长和交替的正负原子电荷。

对 ITIC 和 Y6 的单晶结构分析发现,他们的 π 共轭骨架呈现均匀的 C-C 键长,计算的原子电荷分布表明 π 共轭骨架的碳原子携带交替的正负部分电荷,揭示了这些分子中类似孤子的电子结构特征 (图 1 c)。受菁染料的启发,这些类孤子特征被认为是 ITIC 和 Y6 大消光系数、弱尾带吸收光谱的起源。进一步的分析表明,与 ITIC 相比,引入受体基团 (苯并噻二唑) 在共轭骨架 (Y6) 中诱导了更广泛的孤子波,导致更强的吸收和更陡峭的带边。孤子型 NFA 材料有望为设计高性能有机光伏材料提供新的见解。

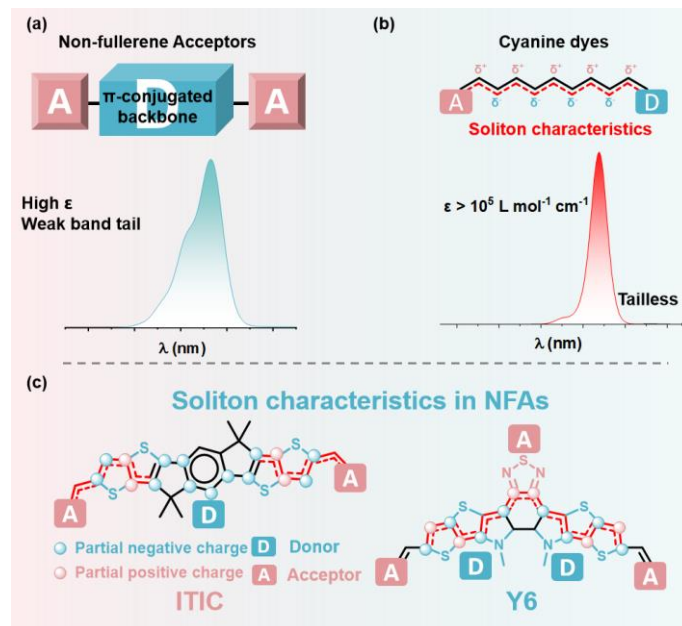


图 1. (a) 典型 NFA 的吸收光谱特性; (b) 菁染料的孤子型电子结构特征和光谱行为; (c) ITIC 和 Y6 的 π 共轭骨架中的类孤子电子结构特征。

相关研究成果以“*Strong Soliton-like Characteristics in Non-Fullerene Acceptors - A New Photochemical Insight for Future Molecular Design*”为题发表在《先进光学材料》上，其中通讯作者为马於光教授和俞越博后，第一作者为谭文乐博士生和甘汉麟博后。该研究工作得到了国家重点研发计划（2020YFA0714604）、中国博士后科学基金（2023M731163）、广东省分子聚集体发光重点实验室基金（2023B1212060003）、华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室基础研究基金（Sk11md-2023-09）等科研项目的资助。

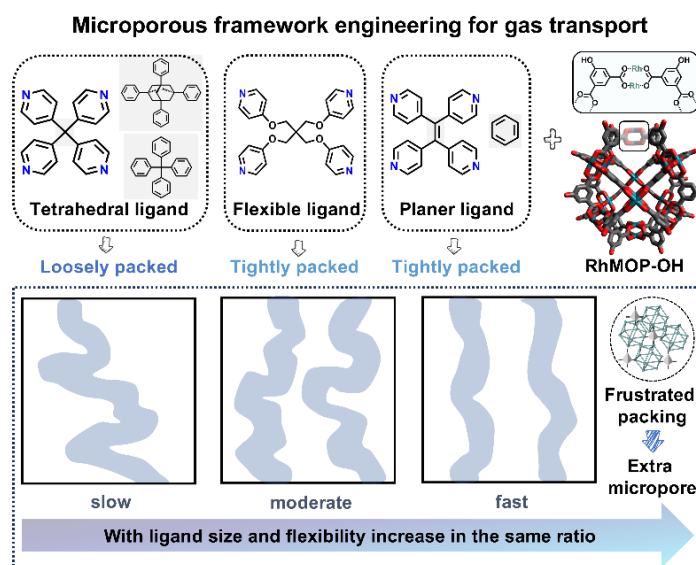
殷盼超教授团队：拓扑复合策略精准调控材料受挫堆积

多孔材料中孔结构对气体吸附和分离至关重要，合理设计和调控孔结构为实现高性能的气体吸附和分离材料提供了可能。框架材料由于其高的比表面积、广泛可调节的孔隙以及易于功能化的孔表面，在气体吸附和分离方面显示出巨大的潜力。然而，由于缺乏对其微观孔结构与宏观气体传输之间的关系，限制了其进一步的应用。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室殷盼超教授课题组利用拓扑超分子复合策略，实现超分子框架中孔结构的调控，有望拓展超分子框架在气体吸附和分离领域的应用。

以铈基金属有机多面体（MOP）为基本单元，通过氢键和配位相互作用与四端含吡啶的配体进行复合构筑超分子框架结构。MOP（截半立方体）与立体配体（正四面体）之间的拓扑错配不利于紧密堆积，受阻堆积可产生外部微孔，外部微孔与MOP内部微

孔相互连通，从而优化气体吸附和分离性能。同时，MOP 与配体之间超分子拓扑相互作用的多种模式导致了框架的非晶态结构，从而增强了机械性能和可加工性能。通过改变配体的拓扑结构、尺寸和柔性以及配体与 MOP 的比例可以调控孔径分布以及孔的连通性。利用超小角、小角和广角 X 射线散射技术对框架从分子堆积到介观尺度聚集形态的多级结构进行表征，从而能够定量评估微孔的连通性，将散射拟合得到的相关长度与气体透过性能相关联，以定量理解框架的结构与性能之间的关系。最后，通过构效关系的建立可以制备出气体透过选择性超越罗伯森上限的复合膜。我们的工作不仅为设计用于气体分离的多孔框架膜提供了新的策略，而且还为研究多孔材料的结构与性能之间的关系提供了方法。



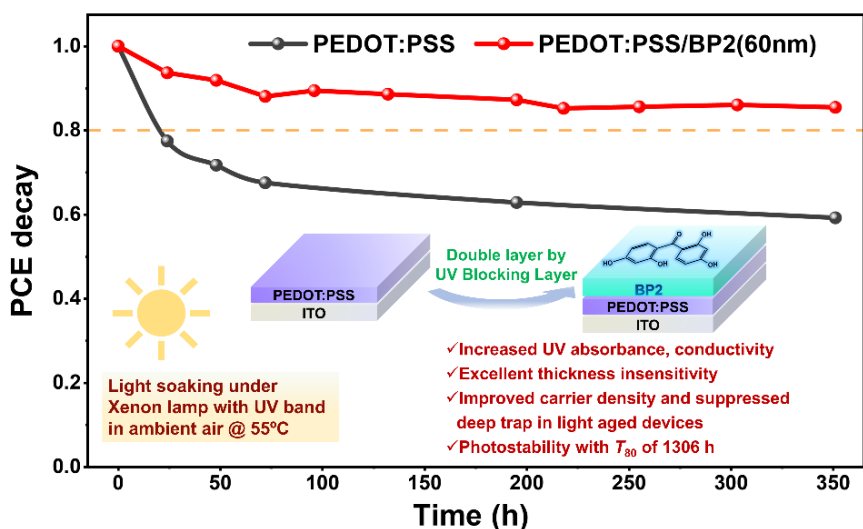
相关研究成果以“*Topological Supramolecular Complexation of Metal-Organic Polyhedra for Tunable Interconnected Hierarchical Microporosity in Amorphous Form*”为题发表在 *Angewandte Chemie, International Edition* 上，其中通讯作者为殷盼超教授，第一作者为刘媛博士

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。

陈军武教授团队：厚度不敏感紫外线阻挡层载流子提取和深陷阱实现稳定的有机太阳能电池

有机太阳能电池（OSCs）凭借轻质柔性、低成本制造等优势备受关注，但其稳定性不足严重阻碍商业化。尽管单结器件效率突破 20%，光照引发的活性层和界面材料光氧化会导致吸收衰减、能级偏移及器件内部陷阱增多等问题，其中紫外线造成的损伤尤为显著。现有光稳定性研究多采用不含紫外的 LED 光源或在氮气环境测试，无法真实反映 AM 1.5G 全光谱（含紫外）及空气暴露下的衰减机制。此外，紫外吸收剂在阳极界面层的改性研究匮乏，亟需开发兼具合适功函数、高导电性、紫外屏蔽和易加工特性的新型界面材料，这对提升 OSCs 实际应用可靠性至关重要。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室陈军武教授课题组通过逐层处理构建了具有紫外吸收剂 BP2 的双层阳极界面层（DL-AIL），以同时提高 OSC 的功率转换效率（PCE）和光稳定性，有望拓展有机太阳能电池领域的应用。



由 BP2 和 PEDOT:PSS 组成的 DL-AIL 表现出良好的紫外线吸收率和光子利用率，后者主要得益于从 BP2 到聚合物供体的有效 Förster 能量转移。DL-AIL 还表现出高电导率、良好功函数和改进的表面粗糙度。基于 DL-AIL 的器件还实现了更高的 PCE 和出色的厚度不敏感性，这归因于 DL-AIL 电导率的显著提高和器件传输电阻的降低。更令人印象深刻的是，即使在空气中用紫外线氙灯照射，基于厚度为 85 nm 的 DL-AIL 的器件的外推 T_{80} 寿命也可以达到 1306 小时，约为基于 PEDOT:PSS 的器件的 54 倍，实现了传统结构器件在空气中和含紫外光光源下出色的稳定性。此外，通过瞬态电荷提取、开路电压和短路电流光强依赖曲线、电容-电压和电容-频率测试揭示了具有不同 AIL 的 OSC 的降解机制。BP2 层的加入抑制了器件老化时电荷载流子密度的下降并限制了深陷阱态密度展宽，从而显著抑制了开路电压的衰减。因此，这一新发现表明基于 BP2 的 DL-AIL 策略可以提高 OSC 的光电转换效率和长期光稳定性。

相关研究成果以 “*Thickness Insensitive UV Blocking Layer Meliorating Carrier Extraction and Deep Trap*”

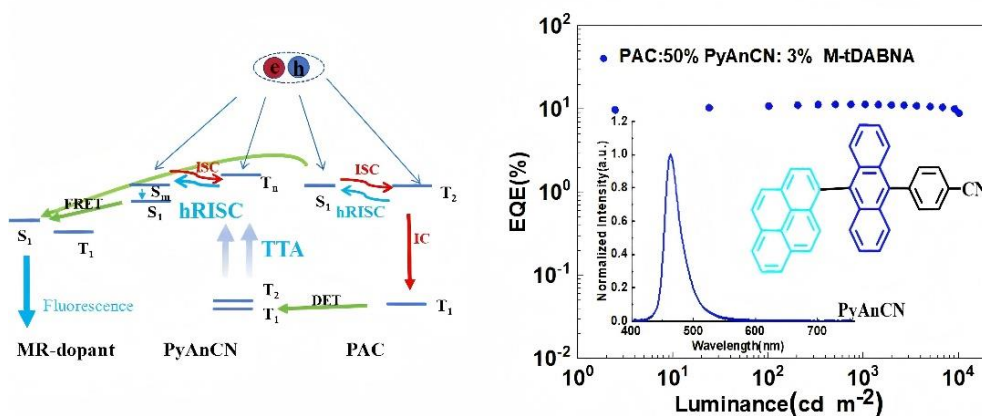
towards Stable Organic Solar Cells”为题发表在 *Advanced Functional Materials* 上，其中陈军武教授和张连杰副教授为论文共同通讯作者，博士生解向仑、王新康为论文共同第一作者。该研究工作得到了国家自然科学基金项目、国家重点研发计划、广东省基础与应用基础研究重大项目、贵州省科技计划等科研项目的资助。

马东阁教授团队：基于 TTA 和 hISC 双通道利用三线态激子的高效蓝光 OLED

TTA 上转换和高能态反向系间窜越（热激子）均是有效提高蓝光有机发光二极管外量子效率的途径，然而，如何进一步利用三线态激子以及减小三线态激子的损耗仍具有挑战性。

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构建了快速的 TTA 上转换和高能态反向系间窜越多通道，制备了高效蓝光有机发光二极管，有望拓展 OLED 蓝光领域的应用。

通过在 TTA 材料中引入多个 TTA 通道，提升了 TTA 速率并减小了三线态激子无辐射跃迁速率，在低电流密度下，TTA 延迟荧光比例达到较高值，提升了激子利用率，并通过与热激子材料共混，进一步提升其高能态反向系间窜越速率并抑制系间窜越和三线态无辐射跃迁失活。通过掺杂原子多重共振材料，制备的深蓝光器件最大外量子效率达到 11.4%，在 5000cdm^{-2} 亮度下仍保持 10.7%，CIE 坐标为 (0.13, 0.11)，实现了高效蓝光有机发光二极管发光。



相关研究成果以“*Efficient harvesting of triplet excitons by fast TTA up-conversion and high-lying reverse intersystem crossing multi-channels for efficient blue fluorescent organic light-emitting diodes*”为题发表在 *Chemical Science* 上，其中通讯作者为马东阁教授和乔现锋副研究员，第一作者为覃建文博士生。该研究工作得到了国家重点研发计划等科研项目的资助。

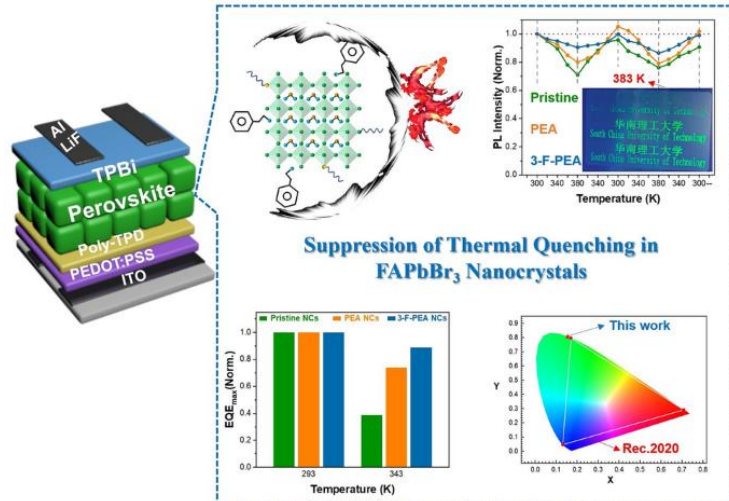
马东阁教授团队：基于配体工程的高效抗热型绿光钙钛矿纳米晶 LED

发光器件在工作过程中不可避免会产生焦耳热，而热致荧光猝灭效应会导致其发光性能随温度升高显著降低。这是发光材料与器件在实际应用中亟需解决的关键问题之一。金属卤化物钙钛矿作为一种新兴的半导体材料，虽然在发光效率上取得了长足进步，但抑制其热致荧光猝灭效应仍然面临巨大挑战。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室马东阁

教授团队采用室温合成方法结合芳香胺配体调控策略，开发出具有高质量和优异光电性能的纯绿光 FAPbBr₃ 纳米晶，能够满足 Rec. 2020 标准。提出的配体调控策略成功抑制了 FAPbBr₃ 纳米晶的热致荧光猝灭效应，使其在 380 K 时仍能保持室温荧光强度的 90%。基于开发的 FAPbBr₃ 纳米晶制备出抗热型 LED 器件，室温时其外量子效率在亮度 1580 cd/m² 时达到了 21.9%，343 K 时效率损失低于室温初始值的 10%。

本研究通过配体工程策略，在室温条件下制备出了具有低热致荧光猝灭特性的 FAPbBr₃ 纳米晶。通过引入 β -苯乙胺 (PEA) 或 3-氟苯乙胺 (3-F-PEA) 作为短链配体，加快了 FAPbBr₃ 纳米晶的结晶速率并控制其尺寸分布。采用这种配体调控方法，合成了具有均匀晶粒尺寸的高质量 FAPbBr₃ 纳米晶，有效抑制了钙钛矿纳米晶薄膜的热致荧光猝灭效应。当温度从室温升高至 380 K 时，3-F-PEA 改性的 FAPbBr₃ 纳米晶薄膜的 PL 强度仍然能够保持初始强度的 90%。基于这种室温合成的 FAPbBr₃ 纳米晶，成功制备出可以满足 Rec. 2020 标准的超纯绿色发光二极管 (LED)，其室温下的外量子效率 (EQE) 在亮度 1580 cd/m² 时达到了 21.9%，温度升高到 343 K 时其 EQE 的损失小于初始值的 10%。这项研究为开发抗热型钙钛矿发光材料与器件奠定了良好基础。



相关研究成果以“*Ligand Engineering Achieves Suppression of Temperature Quenching in Pure Green Perovskite Nanocrystals for Efficient and Thermostable Electroluminescence*”为题发表在《*Nano-Micro Letters*》上，其中通讯作者为华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室的陈江山研究员和马东阁教授，第一作者为陈凯旺博士生。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、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）、武汉光电国家实验室开放项目（2021WNLOKF014）以及华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室（Sk11md-2023-05）科研项目的资助。

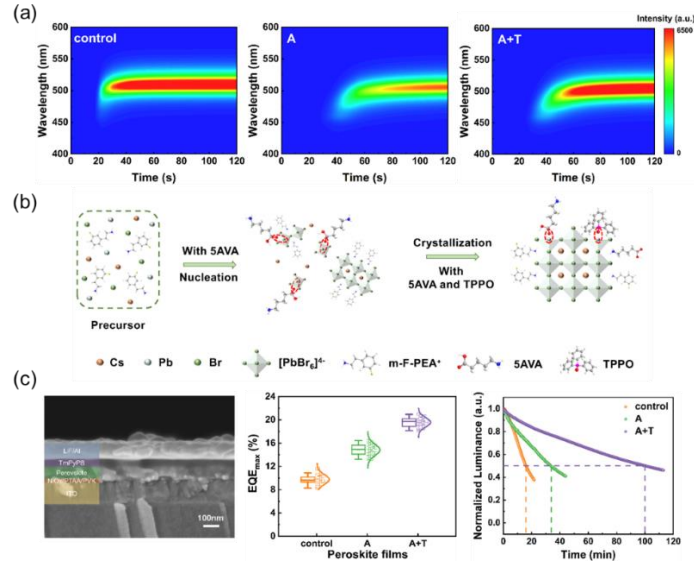
马东阁教授团队：基于结晶调控的高效绿光钙钛矿 LED

由于带隙均匀性和强电荷限制效应，尺寸大于玻尔激子直径的钙钛矿纳米晶粒在实现高性能发光二极管（LED）方面具有显著优势。然而，通过简单的一步旋涂法制备的钙钛矿纳米晶粒薄

膜由于结晶过程难以控制，导致薄膜结晶质量差、晶粒尺寸分布不均匀、容易产生大量缺陷导致严重的非辐射复合，进而大大降低了 LED 的性能。因此，调控结晶过程和抑制晶体缺陷对于实现高性能钙钛矿纳米晶粒 LED 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马东阁教授课题组利用一种协同双添加剂策略来调控 CsPbBr₃ 基纳米晶粒薄膜的结晶生长并有效钝化晶粒缺陷，最终钙钛矿 LED 实现了 20.95% 的最大外部量子效率 (EQE) 和接近 20% 的平均 EQE，器件工作寿命也提高了近 7 倍，有望拓展钙钛矿光电领域的应用。

本研究提出一种创新性协同双添加剂策略用于调控 CsPbBr₃ 基纳米晶粒薄膜的结晶动力学过程。我们首先引入了具有多重配位功能的 5-氨基戊酸 (5AVA) 作为结晶调控剂，通过分子间相互作用有效减缓 CsPbBr₃ 的结晶速率；随后进一步添加三苯基氧化膦 (TPPO) 作为缺陷钝化剂，与 5AVA 协同实现晶粒表面缺陷的全面钝化。得益于这种协同作用策略，我们成功制备了晶粒尺寸均一的高质量 CsPbBr₃ 基钙钛矿薄膜，双添加剂的引入不仅显著提高了辐射复合速率，同时还大大抑制了缺陷诱导的非辐射复合，从而显著改善薄膜的光电性能。最终，基于 5AVA 和 TPPO 共改性的高质量纳米晶粒薄膜制备的钙钛矿 LED 器件实现了 20.95% 的最大外部量子效率 (EQE) 和接近 20% 的平均 EQE，表现出优异的可重复性，此外器件工作寿命 T₅₀ (达到初始亮度 50% 的工作寿命) 也提高近 7 倍。这项研究为钙钛矿纳米晶粒的结晶调控和缺陷钝化以及器件性能的进一步提高提供了新的见解。



相关研究成果以“*Synergetic Dual-Additive Strategy for Regulating Crystallization and Defect Passivation of Perovskite Nanograin Toward Efficient Light-Emitting Diodes*”为题发表在 *Advanced Optical Materials* 上，其中通讯作者为陈江山研究员和马东阁教授，第一作者为梁钺博士生。该研究工作得到了国家重点研发计划项目（2022YFE0206000）、国家自然科学基金项目（U2001219、51973064）、广东省基础与应用基础研究基金项目（2023B1515040003、2024A1515010262）、广东省自然科学基金（2023B121206003）、澳门特别行政区科学技术发展基金（FDCT）（0010/2022/AMJ）、武汉光电国家实验室开放项目（2021WNLOKF014）、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。

夏志国教授团队：具有宽带近红外发光的纳米晶玻璃复合光纤光源

荧光成像因其高灵敏度和高时空分辨率，在光子学和生命科

学领域受到广泛关注。然而，目前的成像造影剂通常依赖高功率激光或 X 射线激发，这可能导致信号衰减、光照不均和生物损伤等问题。相比之下，650~1100 nm 范围的宽带发射的近红外光源能够同时激发多种荧光造影剂，简化多通道荧光成像系统。同时，现有荧光成像技术受生物组织光子衰减的限制，仍需大创口手术暴露手术区域，影响成像可靠性并增加感染风险。内窥镜技术通过集成微型工具，有效解决了这些问题，但高效宽带近红外微型光源的缺乏，限制了荧光成像与内窥镜技术的完美融合与发展。

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课题组成功开发了一种具有高效宽带近红外发光的纳米晶玻璃光纤阵列光源，并构建了全光纤耦合系统，实现了多通道荧光成像。这一成果有助于推动荧光成像技术与内窥镜技术的器件制造与应用。

夏志国教授研究团队报道了一种透明纳米晶玻璃复合材料 (NGC)，该材料可产生源于 Cr^{3+} 团簇的宽带、高效近红外发光，发射峰范围 650-1100 nm (FWHM = 297 nm)，外量子效率高达 44%，显著优于已报道的近红外发射玻璃基复合材料。这种高效近红外发光透明复合材料是后续玻璃光纤拉制的理想体系。

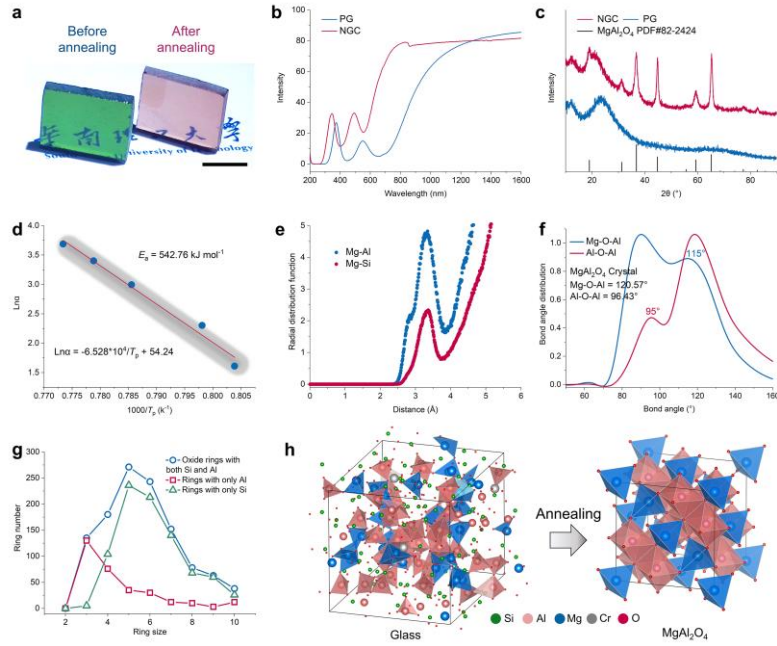


图 1 纳米晶体-玻璃复合材料的制备和成玻特性研究

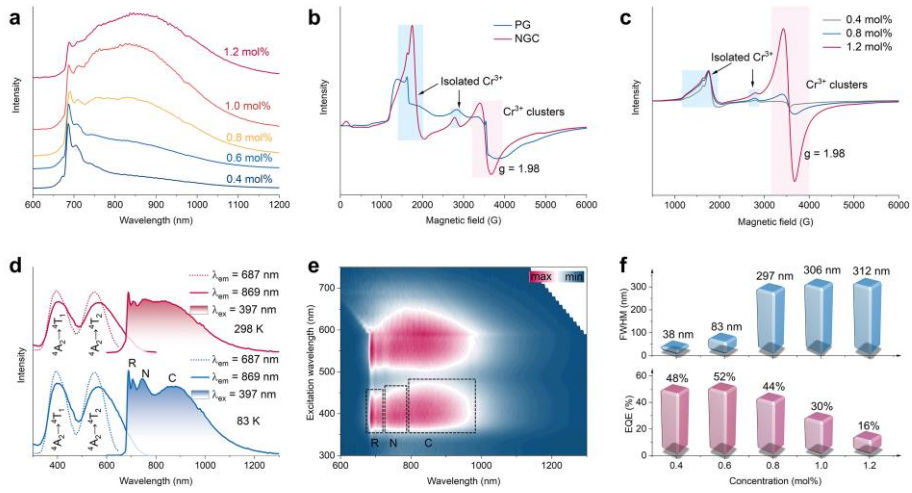


图 2 Cr³⁺掺杂 NGC 的宽带近红外发射特性研究

为有效解决传统内窥镜光源固有的低耦合效率问题，研究团队创新性地提出了光纤-光纤的耦合策略，在成功拉制出高效宽带近红外发光的纳米晶玻璃光纤的基础上，进一步构建出光耦合效率高达 95.2% 的全光纤耦合系统。该耦合效率远高于传统内窥镜的光-光纤耦合策略。此策略还有效降低了系统的复杂性，削减了成本，提高了器件系统的稳定性。

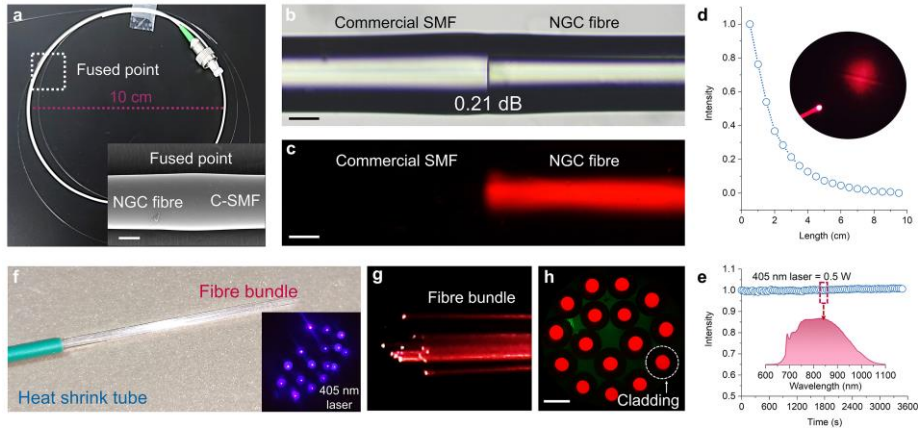


图 3 全光纤耦合系统和 NGC 光纤束的构建

研究团队将 NGC 光纤排列成规则的近红外阵列光源，实现了 4 毫米生物组织穿透的荧光成像，并完成了多通道荧光成像。这一成果展示了 NGC 光纤在多通道荧光内窥镜中的潜在应用价值。本研究为高效宽带近红外纳米晶-玻璃复合光纤的制备及近红外阵列光源的设计提供了理论和实验依据，同时为近红外荧光内窥镜的进一步发展开辟了新的研究方向。

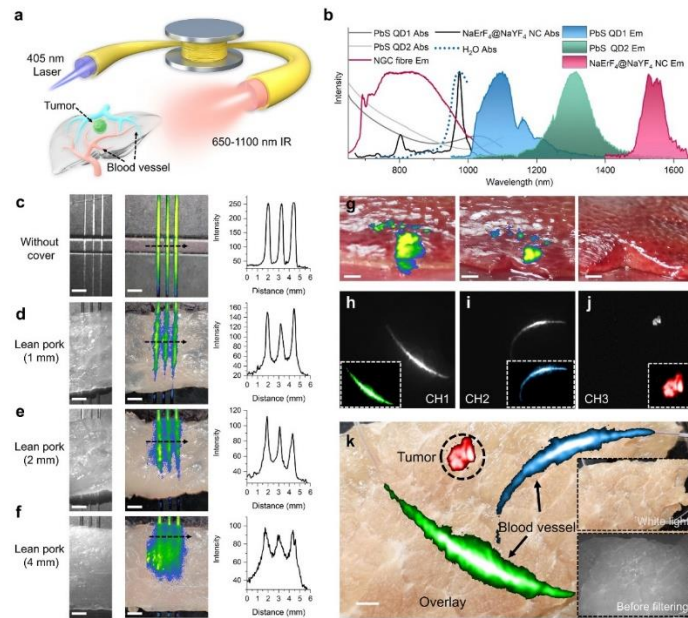


图 4 多路荧光内窥镜应用演示

相关研究成果以 “*Broadband Near-Infrared Fibers*

Derived from Nanocrystal-Glass Composites for Miniature Arrays Light Sources”为题发表在 *Advanced Materials* 上，其中通讯作者为夏志国教授，第一作者为孙永胜博士生。该研究工作得到了国家自然科学基金杰出青年科学基金项目、国家重点研发计划稀土新材料专项等科研项目的资助。

黄飞教授团队：基于膜模拟的共轭电解质分子木马用于刺激 响应性药物释放

药物递送系统在现代药物研发中具有重要意义。为了提高治疗效果，除了确保药物在到达目标前的稳定性外，控制药物的释放同样至关重要。近年来，外源性刺激已成为调控药物释放的热门选择，其中光控系统由于其空间和时间的精准控制，广受关注。然而，现有的光控药物递送系统面临着稳定性不足、药物泄漏等挑战，亟需更稳定且可控的解决方案。

近日，华南理工大学发光材料与器件全国重点实验室黄飞教授、周城教授团队与南方科技大学李凯教授团队合作，在这一领域取得了重要突破。他们设计并合成了一种名为 Zwit 的两性离子共轭电解质 (Conjugated Electrolyte, CE) 分子，成功解决了药物递送系统中的关键难题。

本研究介绍了一种末端引入两性离子基团的近红外二区 (NIR-II) 共轭电解质分子 Zwit。该分子能够通过模拟脂质双层结构，稳定地嵌入脂质体膜中。Zwit 的引入增强了脂质体膜的刚性，进而有效地防止药物如 DOX 的提前释放。然而，在 808 nm 激光照射下，会加速 DOX 释放，这可能是由于光诱导的 Zwit 分

子构象变化或光热效应导致的膜通透性增加。这一特性使得 Zwit 不仅具备良好的药物封装稳定性，同时又能通过外部光刺激实现精确的药物释放，克服了以往药物递送系统中常见的两难问题。此外，与常见的 ICG 染料相比，Zwit 在脂质体膜中的结合更为稳定，能够有效避免药物和染料的泄漏问题，并实现精准的体内成像。这使得 Zwit 在药物递送过程中不仅具备稳定性，还可以为实时追踪药物分布提供有力支持。在动物实验中，Zwit 不仅改善了药物递送效果，还通过光热治疗、化疗和抗肿瘤免疫治疗的协同作用，显著提升了抗癌疗效。

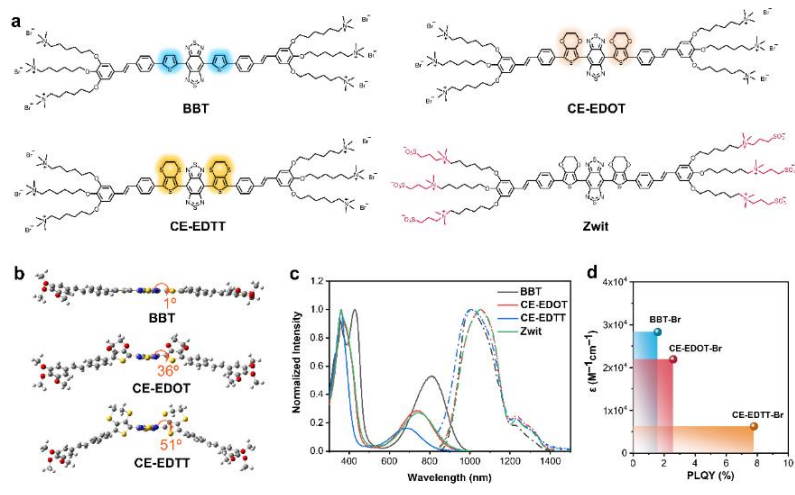


图 1 分子设计和合成

通过这项研究,Zwit 展示了作为药物递送系统中“分子木马”的独特优势，能够模拟并整合到脂质膜中，在到达靶点之前保持药物包封稳定性，同时实现可控和刺激响应的药物释放，以及提供给药系统在体内的实时生物分布数据，为未来的精准医学和肿瘤治疗提供了新的方向。这项研究展示了膜嵌入共轭电解质在药物递送系统中的巨大潜力。

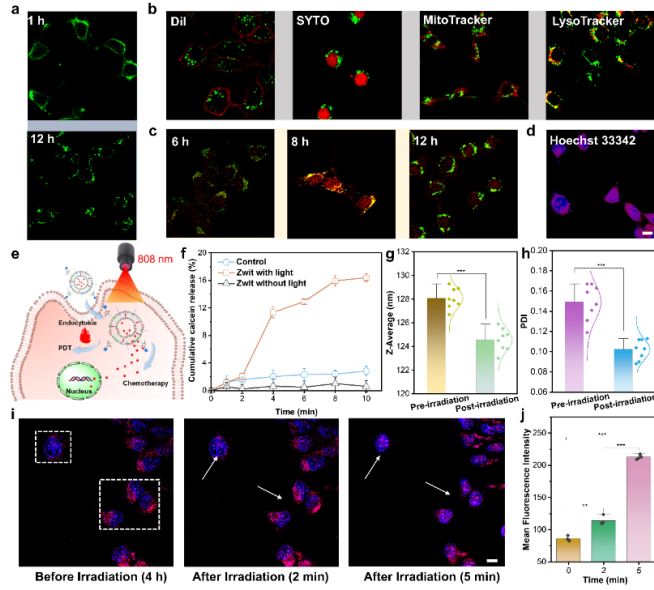


图 2 近红外光引发的药物释放

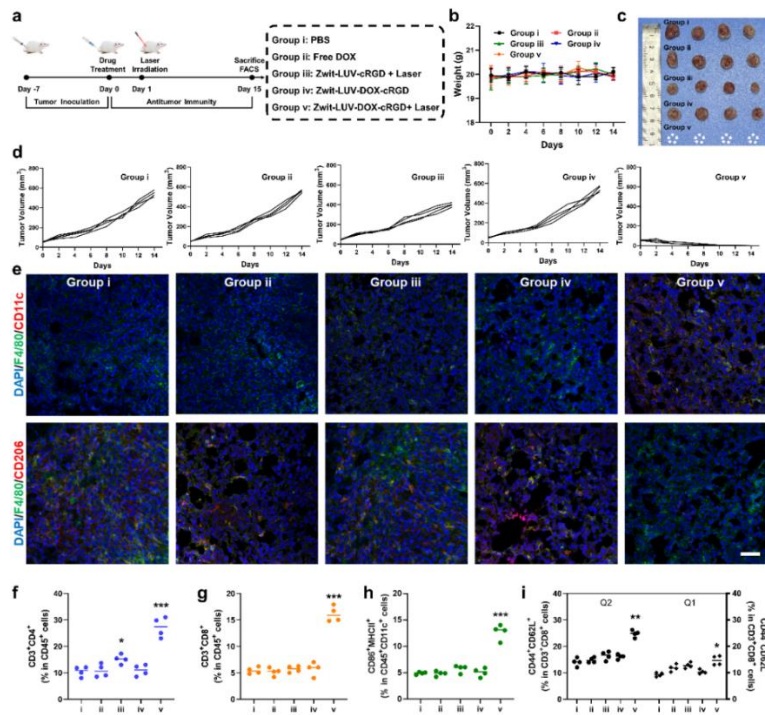


图 3 体内抗肿瘤治疗

相关研究成果以“*Molecular Trojan Based on Membrane-Mimicking Conjugated Electrolyte for Stimuli-Responsive Drug Release*”为题发表在《*Advanced Materials*》期刊上，其中通讯作者为黄飞教授，周城教授和南方科技大学李凯教授，第

一作者为孟莹莹博士生和高继博士生。该研究工作得到了广东省基础与应用基础研究基金（2024A1515011732）、国家自然科学基金（52303229，52394273，U21A2097）以及中国科技部（2023YFF0715400）的支持。

仪器设备

EM10 和 3311 磁体系统

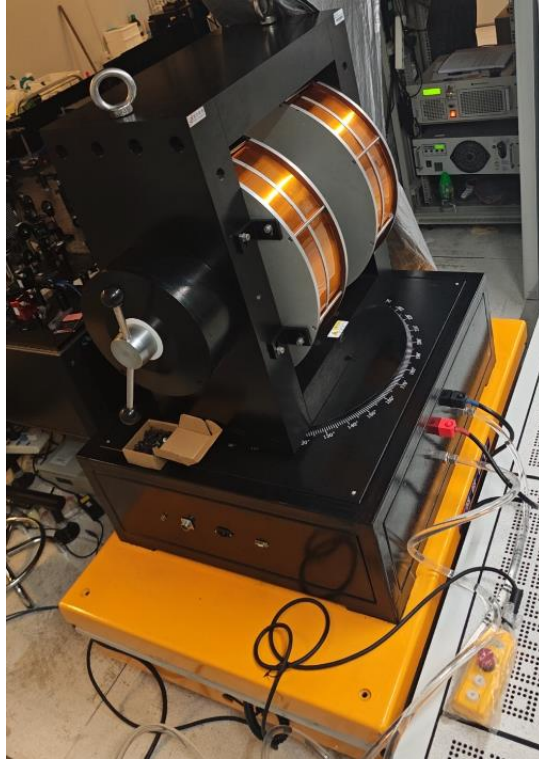
针对有机光电子学前沿重大科学问题，带动实验室在分子聚集态的发光、激光、光伏、光探测、量子材料效应等方面的基础研究，实验室购买了东方晨景的 EM10 和 3311 磁体系统，通过与超快激光平台飞秒 OPA 平台和飞秒 OPO 平台的集成，建立研究自旋角动量激发态和轨道角动量激发态的动态磁-光-电-综合实验平台和实验方法，从而开展深入的光物理和自旋物理研究。

EM10 磁体系统包含了双极性专用励磁电源，电动旋转及升降装置，内置高斯计，循环冷水机等，可实现 40mm 间隙下磁场强度不小于 2T，长时间运行稳定性 $< \pm 1\text{G}$ ，支持磁场模式和电流模式；3311 磁体系统则小巧灵活，方便移动及搭建测试系统，同时磁场强度可达 5000Gs，长时间运行稳定性 $< \pm 0.5\text{G}$ ，支持磁场模式和电流模式。

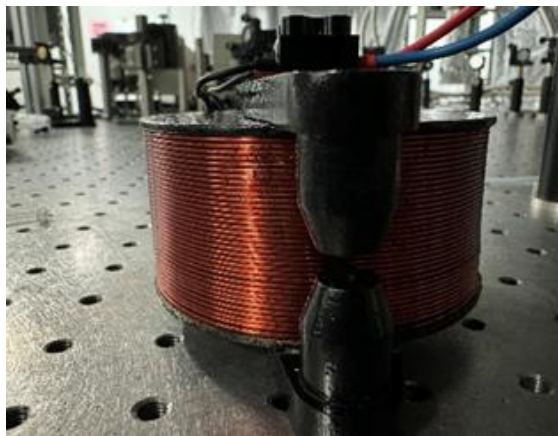
超快平台 通过与 EM10 和 3311 磁体系统的集成化开发升级，完成动态磁-光-电综合效应实验平台的搭建，升级后的测试功能及方法包括如下：

1. 建立和完善泵浦探测在自旋空间和动量空间的激发态动力学过程研究手段：泵浦探测磁场效应、泵浦探测 pump-probe 手性选择光谱技术；

2. 激子在自旋态和 Rashba 能带结构中动力学过程检测手段；动态圆偏振发光光谱、动态圆偏振发光光谱磁场效应。



EM10 磁体系统



3311 磁体系统

仪器目前已经正式投入使用，各项指标符合要求，欢迎实验室内、校内各院系师生及校外单位前来送样检测。

设备存放地：发光材料与器件全国重点实验 N114 房。

设备管理员：王剑斌老师 13570561254

境内外学术交流来访

2月12日，成均馆大学 Jun Yeob Lee 教授在全重 502 会议室作题为 “*Host engineering for blue organic light-emitting diodes*” 的学术报告。报告主要介绍了一系列新型硼系衍生物，这些材料在蓝色有机电致发光器件中展现出优异的热激活延迟荧光发射体性能和蓝色磷光体主体材料特性。通过采用具有硼氧桥联多共振结构的主骨架设计，成功实现了材料体系的高三线态能级特性。