

华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室

工作简报

2024 年第 1 期

(总第 85 期)

华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室编

2024 年 4 月 1 日

广东省高等学校能源与信息高分子材料基础研究卓越中心学术指导委员会第一次会议召开.....	1
实验室举办第二十期“发光明师讲堂”	4
广东省副省长张少康慰问马於光院士	6
揭阳市委书记王胜、市长支光南一行来实验室参观调研.....	8
中山火炬开发区科促局苏炳洪局长一行来实验室参观调研.....	9
重庆市教育委员会代表团来实验室参观调研.....	9
宁德时代研发体系联席总裁、21C 创新实验室常务副主任欧阳楚英一行来实验室参观调研.....	10
实验室主要研究进展介绍	11
I. 夏志国教授团队：创制高性能透明陶瓷，取得大功率近红外光源研究新进展	11
II. 李志远教授团队：提出电磁增强和化学增强协同工作新策略，实现单分子拉曼光谱观测 .	13
III. 周博教授团队：交叉弛豫介导的上转换光色时空调控.....	16
1-3 月份境内外学者来国重室访问交流情况.....	20

广东省高等学校能源与信息高分子材料基础研究卓越中心 学术指导委员会第一次会议召开



会议现场

1月27日，广东省高等学校能源与信息高分子材料基础研究卓越中心(以下简称卓越中心)学术指导委员会第一次会议在华南理工大学召开。学校校长张立群，广东省科学技术厅二级巡视员夏奇峰，卓越中心学术指导委员会主任杨万泰院士、副主任李永舫院士，卓越中心管理委员会主任马於光院士、副主任陈军武，中国科学院院士曹镛出席会议，学校党委副书记陶韶菁主持会议。



张立群校长致辞

华南理工大学校长张立群院士在致辞中指出，卓越中心获批建设是学校学科建设创新发展的新起点、新契机，此次会议的召开是卓越中心建设发展的一个重要里程碑。希望卓越中心利用这次宝贵的机会，多向各位专家请教学习，紧密对接教育部“高等学校基础研究珠峰计划”和广东省基础研究十年“卓粤计划”，通过深度凝练方向、人员交叉融合、创新体制机制等举措，持续加强有组织科研，集聚力量进行原创性引领性科技攻关，实现更多“从0到1”的突破，为科技强国、科技强省建设贡献华工力量。

会议举行了学术指导委员会聘任仪式，陶韶菁宣读学术指导委员会名单，张立群为各位委员颁发聘书。

马於光、陈军武汇报了卓越中心未来的发展规划，详细介绍了卓越中心在卓越人才培养、重大成果培育、人才团队建设、创新平台建设、国际交流合作等五个方面的目标和思路。中心将聚

聚焦国家重大战略需求，突破高分子材料性能极限，引领高分子材料的未来发展，成为全球领先的能源与信息高分子研究平台，培养有全球影响力的领军人才，为打造粤港澳大湾区国际科技创新基地提供支撑。



专家讨论

在讨论环节，夏奇峰巡视员、杨万泰院士、李永舫院士、任咏华院士、田禾院士、王琪院士、朱美芳院士、章明秋教授以及曹镛院士围绕“如何建设好卓越中心”这一主题，展开了深入探讨，就目前存在的问题和建设思路提出了指导性建议。

学校科学技术研究院、材料科学与工程学院、前沿软物质学院、前沿弹性体研究院相关负责人及卓越中心学术骨干参加会议。

卓越中心简介：

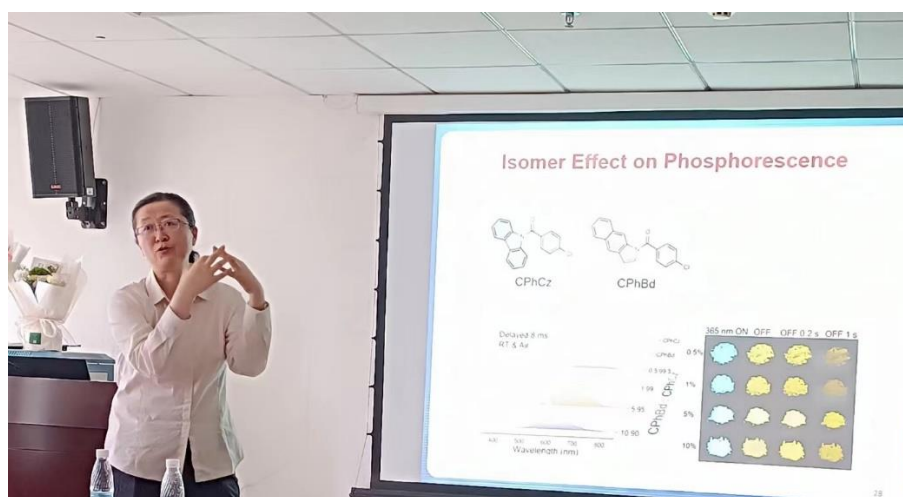
2023年9月，广东省高等学校能源与信息高分子材料基础研究卓越中心获广东省教育厅批复建设。卓越中心以华南理工大学材料科

学与工程学院为依托，整合前沿软物质学院、前沿弹性体研究院、发光材料与器件国家重点实验室等多学科强大的力量和丰富的资源，集聚全校能源与信息高分子材料相关优势研究方向，旨在构建具有国际领先水平的能源与信息高分子材料创新研究平台。

实验室举办第二十期“发光明师讲堂”

3月29日上午，发光材料与器件国家重点实验室举办第二十期“发光明师讲堂”，邀请新加坡国立大学常务副校长刘斌院士，为师生作题为“Iso-structural Induced Ultralong Organic Phosphorescence”的学术报告。

此次报告由发光材料与器件国家重点实验室主任马於光院士主持，马於光院士对刘斌院士的来访表示热烈的欢迎，并简要介绍了刘斌院士在有机纳米功能材料领域的杰出贡献，以及在高分子化学及有机材料在生物医药研究、环境监测暨能源配备等方面的应用研究。



刘斌院士作报告

在报告中，刘斌院士首先介绍了超长有机室温磷光材料研究的理论基础与进展，提出杂质效应对有机室温磷光性能的重要影响及杂质难题对有机余辉材料研究者的长年困扰。重点介绍了其课题组在商用咔唑和实验室制备的咔唑中无意间观测到的极为不同的光物理行为及其就此开展的一系列巧妙且深入的研究。

接着，刘斌院士结合自己早年的科研经历以及学生的实验研究历程，勉励科研人员要善于抓住实验过程中的细小差异，多与老师同学交流并进一步思考，对有疑问的事情要敢想敢做。在科研中遇到困难不要气馁、要树立坚定的信心。

最后，刘斌院士与大家就掺杂策略是否具有普适性、纳米结晶中如何掺杂、掺杂策略在压力传感器中的应用以及实验中是否需要特别处理等具体问题展开了深入探讨。



报告现场

刘斌院士丰富的研究成果和清晰明了的演讲让在场的师生赞叹不已，大家纷纷表示在此次报告中收获颇丰。与会师生针对报告中各自关心的学术问题积极提问，刘斌院士认真回答了与会

师生的问题，并寄语同学们在未来的研究生活中要善于发现细小差异，并勇于采取措施解决问题。



颁发纪念品

报告结束，马於光院士为刘斌院士颁发“发光明师讲堂”纪念品。

广东省副省长张少康慰问马於光院士



座谈现场

在新春佳节即将到来之际，1月31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马於光

院士，并代表九三学社省委会送上新年祝福。九三学社省委会专职副主委董美玲、学校党委副书记麦均洪一同参加慰问。



合影留念

张少康详细了解了马於光在科研领域的最新进展和成果，并对马於光在有机聚合物光电功能材料领域的研究成果给予了高度评价。他表示，马於光院士是全省社员的杰出代表和模范，是九三学社的光荣与骄傲，祝愿马於光在科研领域取得新的成就，为推动广东高质量发展作出新的贡献。

麦均洪向张少康一行介绍了学校的发展情况，他表示，学校将继续加大对科研工作的投入和支持，为院士专心科研做好服务和保障，为国家和广东省的发展提供人才和智力支撑。

马於光院士感谢省委会的关心和关怀，并表示将继续努力工作，瞄准世界科技前沿，不断探索新的科研领域，为建设科技强国作出更大贡献。

学校党委办公室（学校办公室）、党委统战部、人事处以及九三学社华工基层委相关负责人陪同慰问。

揭阳市委书记王胜、市长支光南一行来实验室参观调研

3月1日上午，揭阳市委书记王胜、市长支光南一行来发光材料与器件国家重点实验室参观调研。



彭俊彪教授介绍实验室情况

实验室副主任彭俊彪教授对王胜书记一行来访表示欢迎。并详细介绍了实验室的整体情况，近年来在队伍建设、人才培养、研究方向及科研创新等方面取得的成绩。

王胜一行参观了实验室的成果展示厅。彭俊彪教授为王胜一行介绍了热激子蓝光材料、柔性 OLED 显示、聚集诱导发光的指纹快速显现试剂、毒品检测试剂盒等成果的研究背景及应用。

王胜一行对华南理工大学科技成果转化的成绩给予了高度赞赏，并对发光材料与器件国际重点实验室原创性成果取得的成绩给予了充分的肯定。希望学校继续发挥科技、人才、校友等资源和优势，在科技创新、招才引智、人才培训、城乡建设等方面

给予揭阳市大力支持；希望与学校加强科技创新方面的合作，助力揭阳市经济社会发展。

中山火炬开发区科促局苏炳洪局长一行来实验室参观调研

1月11日下午，中山火炬开发区科促局苏炳洪局长一行来发光材料与器件国家重点实验室参观调研。

实验室叶柿教授对调研组的来访表示欢迎。并详细介绍了实验室的整体情况，近年来在队伍建设、研究方向及科研创新等方面取得的成绩。

调研组对发光材料与器件国家重点实验室的建设、运行管理给予了很高评价。

重庆市教育委员会代表团来实验室参观调研

1月5日下午，重庆市教育委员会代表团来发光材料与器件国家重点实验室参观调研。

实验室王磊副研究员对调研组的来访表示欢迎。并详细介绍了实验室的整体情况，近年来在队伍建设、研究方向及科研创新等方面取得的成绩。

调研组参观了实验室的成果展示厅及超净室公共测试平台。在成果展示厅，王磊副研究员向调研组介绍了聚集诱导发光的指纹快速显现试剂、柔性 OLED 显示、热激子蓝光材料、有机光伏电池等成果的研究背景及应用。

调研组对发光材料与器件国家重点实验室的建设以及取得的原创性成果给予了很高评价。

宁德时代研发体系联席总裁、21C 创新实验室常务副主任欧阳楚英一行来实验室参观调研

3月29日下午，宁德时代研发体系联席总裁、21C 创新实验室常务副主任欧阳楚英一行来发光材料与器件国家重点实验室参观调研。

实验室副主任黄飞教授对欧阳楚英一行来访表示欢迎。并详细介绍了实验室的整体情况，近年来在队伍建设、人才培养、研究方向及科研创新等方面取得的成绩。

欧阳楚英一行参观了实验室的成果展示厅，超净室、小角 X 射线衍射仪设备、核磁室等公共测试平台。

在成果展示厅，黄飞教授为欧阳楚英一行介绍了柔性 OLED 显示、热激子蓝光材料、有机光伏电池等成果的研究背景及应用。



黄飞教授介绍实验室情况

欧阳楚英一行对发光材料与器件国家重点实验室原创性成果取得的成绩给予了充分的肯定。

实验室主要研究进展介绍

1. 夏志国教授团队：创制高性能透明陶瓷，取得大功率近红外光源研究新进展

近日，华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室夏志国教授团队在 *Nature Photonics*（《自然·光子学》）在线发表了题为“*Laser-Driven Broadband Near-Infrared Light Source with Watt-Level Output*”（激光驱动的瓦级宽带近红外光源）的研究论文。

该文章报道了一种组成极为简单的 $\text{MgO}:\text{Cr}^{3+}$ 近红外荧光透明陶瓷，所制作的蓝光激光驱动近红外光源器件输出功率达到目前最高纪录的 6W，并展示了其在远距离夜视补光和无损检测成像等领域的应用。

nature photonics

Article

<https://doi.org/10.1038/s41566-024-01400-7>

Laser-driven broadband near-infrared light source with watt-level output

Received: 13 September 2023

Gaochao Liu¹, Weibin Chen¹, Zhan Xiong¹, Yuzhen Wang², Shuai Zhang¹ &

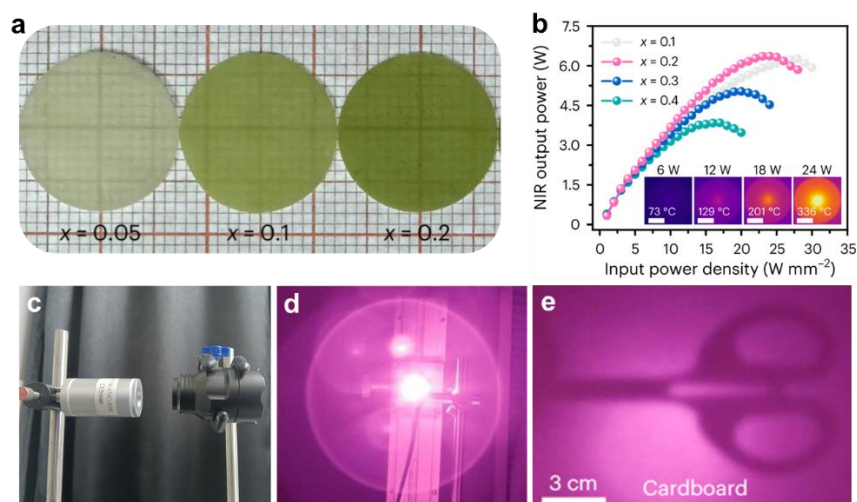
Accepted: 1 February 2024

Zhiguo Xia^{1,2}✉

Published online: 01 March 2024

夏志国教授团队相关成果在 *Nature Photonics*（《自然·光子学》）在线发表

蓝光发光二极管 (LED) 催生了第四代半导体照明技术, 新应用需求对光源器件提出了更高的要求。蓝光激光二极管 (LD) 结合荧光转换材料成为一个重要的发展方向. 它由极亮的蓝光 LD 泵浦荧光转换材料制作, 并在航空航海照明、水下照明、激光荧光显示投影仪以及大功率近红外光源器件等应用中具有巨大的潜力。



论文报道的 $\text{MgO}:x\%\text{Cr}^{3+}$ 荧光透明陶瓷 (a)、陶瓷耐受激光及输出功率关系 (b)、制作的近红外光源器件及其在成像领域的应用 (c-e)

该项研究发明了一种接近“性能完美”的高稳定性 $\text{MgO}:\text{Cr}^{3+}$ 荧光透明陶瓷 (中国发明专利, ZL202211147958.4), 其宽带近红外发光发射峰值 810nm, 取得了迄今为止的最高外量子效率 (81%)。通过掺杂引入的 Cr^{3+} 离子在 Mg^{2+} 格位异价取代, 使得结构中存在丰富的阳离子空位缺陷, 形成了不同局域环境的 Cr^{3+} 发光中心。与此同时, 发光中心之间的声子辅助激发态能量传递过程, 弥补了长波长发射的非辐射弛豫, 克服了能隙率的影响, 提升了发光

效率。进一步得益于 MgO 荧光透明陶瓷所具有的超高导热率，在 $22\text{W}/\text{mm}^2$ 蓝光 LD 泵浦下获得了超过 6W 的宽带近红外输出功率，光转换效率达 29%。

采用该项技术搭建的原型器件可穿透 3cm 厚的不透光硬纸板，实现剪刀模型成像，其成像分辨率为 6 lp/mm。这种全新的激光驱动大功率近红外光源在夜视补光、工业探伤设备及医疗器械的无损检测成像等领域具有广泛应用前景。

华南理工大学材料科学与工程学院/发光材料与器件国家重点实验室博士研究生刘高超为第一作者，夏志国教授为通讯作者。该项研究工作得到了国家自然科学基金、国家重点研发计划和广东省珠江人才计划资助。

11. 李志远教授团队：提出电磁增强和化学增强协同工作新策略，实现单分子拉曼光谱观测

近日，华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室固定成员李志远教授团队在光学领域国际顶刊 *Photonix* 上在线发表了题为 “*Observation of Single-Molecule Raman Spectroscopy Enabled by Synergic Electromagnetic and Chemical Enhancement*” 的研究成果。本成果通过电磁增强机制 (EME) 和化学增强机制 (CME) 协同工作，实现了单分子拉曼光谱观测，为本领域的研究开辟了十分广阔的前景。

RESEARCH

Open Access

Observation of single-molecule Raman spectroscopy enabled by synergic electromagnetic and chemical enhancement



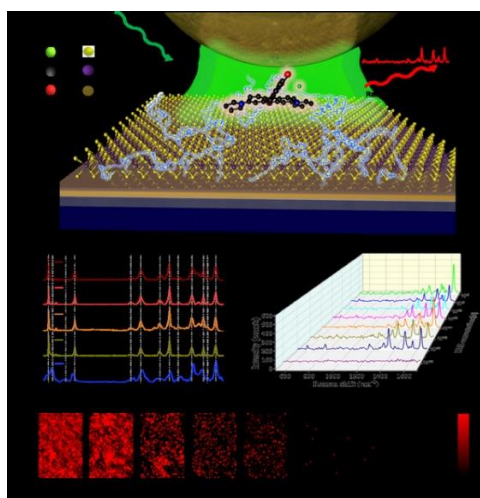
Haiyao Yang¹, Haoran Mo¹, Jianzhi Zhang¹, Lihong Hong¹ and Zhi-Yuan Li^{1,2*}

拉曼光谱学有着悠久的历史，是当代分析化学的一个标准技术。拉曼散射携带了分子结构中许多关键的特征信息，是分子独一无二的指纹谱，然而过于微弱的信号强度掣肘了拉曼散射用于实际的光谱应用。上世纪六十年代，激光器的发展提供了更强的激发光源，使较高分子浓度下的拉曼光谱采集成为了现实，但与吸收和荧光等其他光谱相比，其强度仍然很弱，无法达到单分子级别的探测。过高的检测限和激发光能量限制了利用拉曼光谱技术对分子的各种物理化学过程进行连续、快速及原位表征的能力。

1974年，表面增强拉曼效应（SERS）的发现为解决这种困境带来了曙光，经过近五十年的发展，研究取得了巨大进步，但是距离终极目标——将拉曼信号增强到可媲美荧光强度的水平，以实现快速可靠的单分子识别及检测，仍然有相当大的距离。为实现这一目标，还需要继续探索新拉曼增强机制。

业界公认，SERS的增强来源可以总结为两种机制：电磁增强机制（EME）和化学增强机制（CME）。电磁增强机制源自于贵金属的纳米结构之间形成的等离激元共振，可以呈数量级地增强局域内的电磁场强度，形成所谓的“热点”。“热点”的强度取决于金属的成分、纳米结构和尺寸以及结构中间隔的距离，是一种与待测分子无关的远程效应。目前，基于这种机制的增强已经可

以达到 10 个数量级左右。而化学增强机制被认为是待测分子与其吸附的表面之间发生了电荷传递，提升了参与拉曼散射的电子态的数量。化学增强机制是来源于分子和与其直接接触的表面之间的短程效应，分子和表面材料的能级都会对其造成影响。近来获得广泛关注的半导体二维材料——过渡金属硫族化物由于其直接带隙特性，有相当的潜力作为拉曼光谱的化学增强基底，与能级匹配的分子搭配工作，可以提供 3 至 5 个数量级的拉曼增强。这两种增强机制相互平行、独立工作。李志远教授团队深入研究了这两种增强机制，探索了如何最大化每种机制的效用，并提出它们之间的最优协同作用可能是实现单分子拉曼检测的有效途径。



基于这个朴素的加和理念，团队在计算机模拟的辅助下，用金纳米颗粒和镀层金膜并覆盖了一层二氧化硅的硅片搭建了一个简单的等离激元光学纳腔，筛选了罗丹明 B (RhB) 和二维材料二硫化钨作为匹配的待测分子和吸附表面，将两者组合在一起，形成了电磁和化学增强机制协同工作的拉曼增强基底。团队用这种基底和一系列对照样品进行了拉曼光谱测试，实验结果显示，

处于这种增强基底中的 RhB 分子,即使浓度低至 $10e^{-18}$ mol/L,其拉曼光谱仍然清晰可见,可检测并定位到单个分子的拉曼信号。

在增强因子和检测极限这两个根本性指标上,本项实验比起已有文献报道的最好结果均有大幅度的提升,充分展示了电磁增强和化学增强协同工作的拉曼增强机制的强大威力。此外,这种单分子拉曼基底结构简单,并且各部分都很容易进行替换和调整,具有很强的可扩展性,对不同分子和应用进行进一步研究的前景十分广阔。

文章的通讯作者为华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室固定成员李志远教授,博士研究生杨海遥为文章的第一作者。

III. 周博教授团队:交叉弛豫介导的上转换光色时空调控

稀土上转换发光是一种重要的非线性反斯托克斯发光现象,在超分辨成像、光遗传、纳米温度传感、信息安全以及三维显示等领域具有重要应用。研究表明,调制离子之间的能量传递过程是调控发光的重要手段。其中交叉弛豫是一种典型的相互作用,往往容易导致发光衰减甚至猝灭。如何实现交叉弛豫介导的上转换光色调控,并揭示其中的光物理机制是本领域的一个挑战性课题。

近日,本实验室周博教授团队报道了一种基于交叉弛豫介导的上转换光色调控策略。设计了 $\text{NaYF}_4:\text{Gd}@\text{NaYbF}_4:\text{Tm}@\text{NaYF}_4$ 三明治纳米核壳结构,通过调制 Tm^{3+} 离子的交叉弛豫过程实现了时空

调控的光色可切换发光。调节 Tm^{3+} 离子掺杂浓度可改变离子间据进而调控交叉弛豫，在 980 nm 稳态激发时得到 Tm^{3+} 的蓝色到红色的发光颜色转变。研究同时发现，交叉弛豫与自发辐射存在竞争，而交叉弛豫在时域上比自发辐射稍慢，采用脉冲激光非稳态激发实现了红-蓝发光颜色切换。本文深入探讨了高掺杂纳米系统中离子相互作用的时域特征和物理机制，特别是定义了“特征猝灭时间”用于定量描述交叉弛豫的时域特征。时空调控光色输出在信息安全、多模式防伪和纳米光子学等领域展现出重大应用潜力。该研究成果以“*Cross Relaxation Enables Spatiotemporal Color-Switchable Upconversion in a Single Sandwich Nanoparticle for Information Security*”为题发表在著名期刊 *Adv. Mater.* 上。

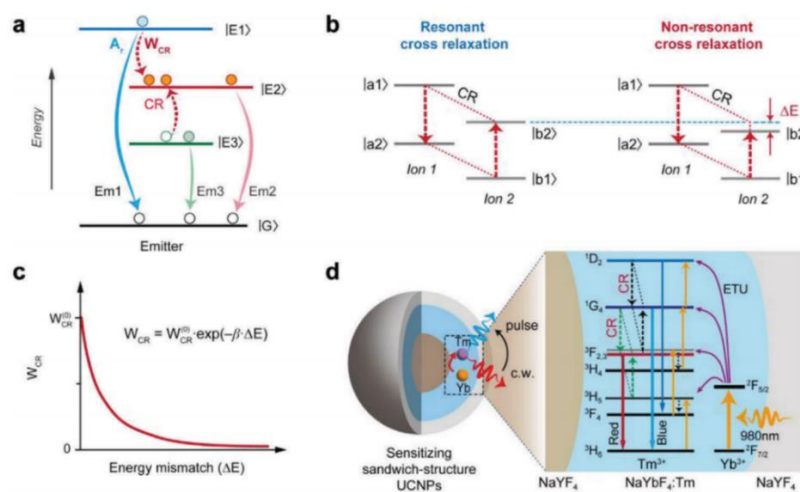


图 1. 交叉弛豫介导的上转换发光调控示意图：a) 交叉弛豫 (W_{CR}) 和自发辐射 (A_r) 的竞争；b) 离子之间共振和非共振交叉弛豫；c) 交叉弛豫速率 (W_{CR}) 与能量失配的关系 (ΔE)；d) $\text{NaYF}_4:\text{Gd}@\text{NaYbF}_4:\text{Tm}@\text{NaYF}_4$ 三明治纳米结构及激发模式调控实现

可调发光。

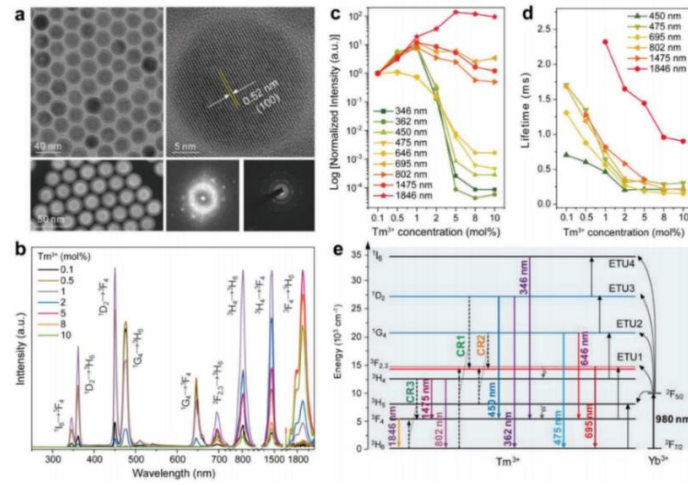


图 2. 样品表征和发光性能：a) 样品表征；b) 不同 Tm^{3+} 浓度掺杂样品的发光光谱；c, d) 发光强度和寿命变化；e) Tm^{3+} 离子之间的部分交叉弛豫过程。

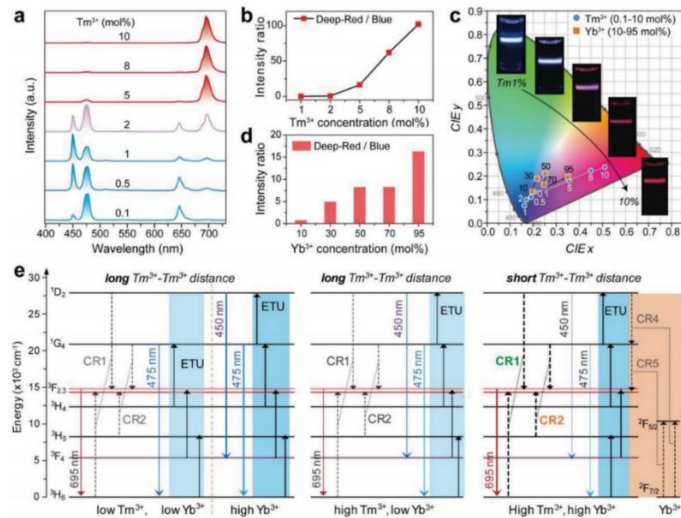


图 3. 稳态激发的光色调控：a, b) Tm^{3+} 浓度掺杂样品 980 nm 稳态激发的发射光谱及红-蓝比变化规律；c) 不同掺杂浓度样品发光对应的 CIE 坐标值和发光照照片；d) Yb^{3+} 浓度掺杂样品的红-蓝比；e) 不同掺杂浓度时的发光和交叉弛豫示意图。

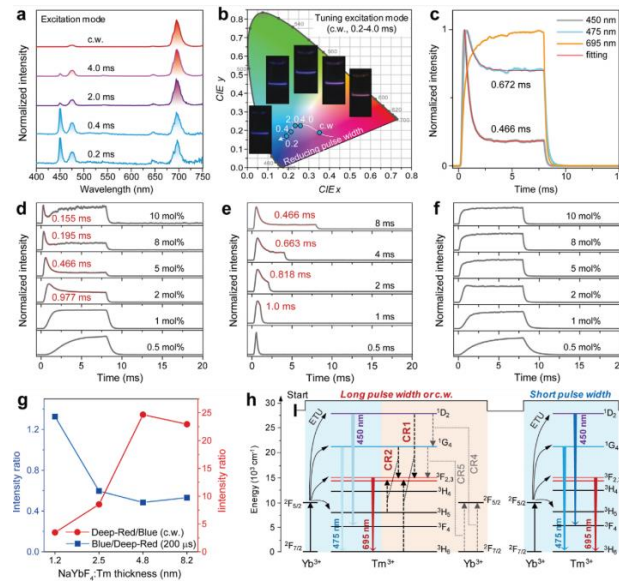


图 4. 非稳态激发的光色调控: a, b) 不同脉宽 980 nm 激光激发的发射光谱、对应的 CIE 坐标以及发光照片; c-f) 发射峰的暂态曲线; g) 发光层厚度变化样品在稳态激发时的红-蓝比和在非稳态激发时的蓝-红比; h) 脉冲调控的可能动力学过程

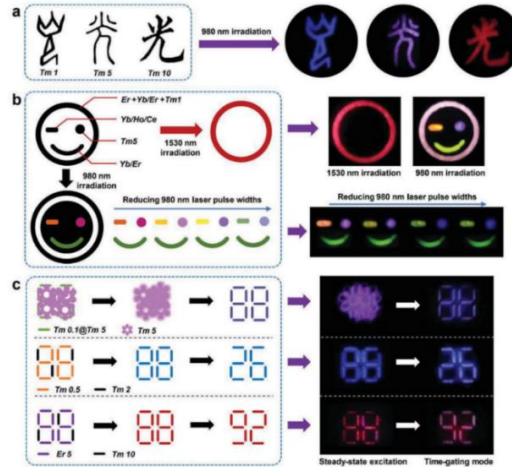


图 5. 前沿应用: a) 稳态防伪演示; b) 脉冲激发的多模式防伪; c) 时域信息存储。

1-3 月份境内外学者来国重室访问交流情况

报告人	工作单位	职称	报告题目	时间
彭笑刚	浙江大学	教授	2023 年诺贝尔化学奖与激子（光子）操控 半导体材料	1 月 6 日
郑子剑	香港理工大学	教授	Soft, Permeable Electronics: Materials, Devices, and Energy	1 月 12 日
马昌期	中科院苏州纳米 所	研究员	印刷与柔性薄膜光伏电池：电子墨水、印刷 工艺与稳定性	2 月 27 日
朱涛	中国科学院物理 所	研究员	中子反射技术及其在薄膜结构表征中的应用	3 月 21 日
Bin Liu	新加坡国立大学	教授	Iso-structural Induced Ultralong Organic Phosphorescence	3 月 29 日