



## 长余辉发光——闪耀人生的那颗夜明珠

潘梅, 朱诚逸, 王政

引用本文:

潘梅, 朱诚逸, 王政. 长余辉发光——闪耀人生的那颗夜明珠[J]. *发光学报*, 2020, 41(9): 1087–1092.

PAN Mei, ZHU Cheng-yi, WANG Zheng. Long Persistence Luminescence: Shining Pearl of Life[J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 2020, 41(9): 1087–1092.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/fgxb20204109.1087>

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 亚微米 $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 的水热共沉淀制备及发光性能研究

Hydrothermal-precipitation Synthesis and Optical Properties of Submicron  $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$  Phosphors

*发光学报*. 2013, 34(8): 988–993 <https://doi.org/10.3788/fgxb20133408.0988>

### $\text{Sm}^{3+}$ 掺杂对 $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$ 自身长余辉发光性质的影响

Effect of Doping  $\text{Sm}^{3+}$  on Long Afterglow Properties of  $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$

*发光学报*. 2018, 39(3): 287–292 <https://doi.org/10.3788/fgxb20183903.0287>

### $\text{Li}^{+}$ 掺杂 $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$ 长余辉材料的发光性能

Luminescent Properties of  $\text{Li}^{+}$  doped  $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7 : \text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$  Phosphors

*发光学报*. 2017, 38(9): 1143–1148 <https://doi.org/10.3788/fgxb20173809.1143>

### $\text{CaSnO}_3 : \text{Tb}^{3+}$ 绿色长余辉荧光粉的制备与发光性质的研究

Preparation and Luminescent Properties of Green Long Lasting  $\text{CaSnO}_3 : \text{Tb}^{3+}$  Phosphor

*发光学报*. 2013, 34(1): 30–34 <https://doi.org/10.3788/fgxb20133401.0030>

### 红外波段的长余辉发光

Long Persistent Luminescence in The Infrared

*发光学报*. 2018, 39(11): 1487–1495 <https://doi.org/10.3788/fgxb20183911.1487>

文章编号: 1000-7032(2020)09-1087-06

# 长余辉发光——闪耀人生的那颗夜明珠

潘 梅\*, 朱诚逸, 王 政

(中山大学化学学院 莱恩功能材料研究所, 广东 广州 510275)

**摘要:** 长余辉发光材料因其独特的光学性质在显示、防伪、成像等不同领域显示出巨大的应用前景。本文结合作者的科研经历和文献概览,介绍了无机、有机、金属-有机类长余辉发光材料的基本概念和前沿,包括长余辉发光的新机制和理念、不同材料体系的利弊和争议、以及面向未来的需求和展望。如同在黑夜中熠熠生辉的那颗夜明珠,科学和真理的光芒将永远激励科学家们不忘初心,探索奋进。

**关键词:** 发光材料; 长余辉; 无机; 有机; 金属-有机

**中图分类号:** O482.31      **文献标识码:** A      **DOI:** 10.37188/fgxb20204109.1087

## Long Persistence Luminescence: Shining Pearl of Life

PAN Mei\*, ZHU Cheng-yi, WANG Zheng

(Lehn Institute of Functional Materials, School of Chemistry, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

\* Corresponding Author, E-mail: panm@mail.sysu.edu.cn

**Abstract:** Long persistent luminescent (LPL) materials have shown great promise in various fields due to their unique optical properties. Based on our own and literature research, we herein organize the basic understanding and cutting-edge findings in inorganic, organic, metal-organic LPL materials, including the frontiers of LPL mechanism, disputes, pros and cons of different fields, and facing the future demands and prospects. Like the shining pearl in the night sky, the light of science and truth is always the power to encourage scientists to strive hard and work along.

**Key words:** luminescent materials; long persistent luminescence; inorganic; organic; metal-organic

## 1 引 言

光,一直以来都是文学、建筑、视觉艺术以及人类思想的核心元素,它不仅使我们可以看到这个世界,而且还孕育了世界上所有文化。随着对光本质的理解不断加深,科技工作者将光应用于不同领域。其中,由于对光的吸收而引起的光致发光现象更是广泛应用于日常生活以及工业生产的方方面面。光致发光过程大致经过吸收、能量传递及发射三个阶段,对于光致发光材料来说,

激发源、发光颜色、发光效率、发光寿命是非常重要的指标。因为电子跃迁的速率往往非常快,很多光致发光材料的寿命都集中在纳秒或微秒量级。然而有一类材料,不仅在室温下的发光寿命非常长,而且在移除辐照光源后依然能保持一定的发光时间,这类材料往往被称为长余辉发光材料<sup>[1]</sup>。

长余辉发光材料古已有之,即俗称的夜光材料。许多天然矿石本身就具有长余辉发光特性,并用于制作各种器物,如古诗文中的“夜光杯”、

收稿日期: 2020-08-12; 修订日期: 2020-08-26

基金项目: 国家自然科学基金(21771197, 21821003, 21720102007)资助项目

Supported by National Natural Science Foundation of China(21771197, 21821003, 21720102007)

“夜明珠”等。晋代时期王嘉在《拾遗记》中就有这样的记载:当时大禹凿开龙门治水时,“有兽状如豕,衔夜明之珠,其光如烛”。古人对这一神奇现象百思不得其解,又因其非常稀少,一颗夜明珠往往价值连城。汉光武皇后的弟弟郭况也曾“悬明珠与四垂,昼视之如星,夜望之如月”以炫耀其富有。随着人们对长余辉现象的研究与理解不断加深,“夜明珠”的神秘面纱被逐渐揭开。如今,除了作为夜明珠等装饰用途,长余辉发光材料在发光显示、防伪、成像等领域的应用也日益引起人们的关注<sup>[1-2]</sup>。目前,长余辉发光材料可以大致分为无机长余辉、有机长余辉、金属-有机长余辉几个大类。

## 2 无机长余辉

1866年,法国化学家 Sidot 首次制备出 ZnS:Cu 长余辉发光粉,在当时引起了极大的轰动。这一类长余辉荧光材料很快便广泛地应用于日常生活中<sup>[3]</sup>。为了进一步提高发光亮度和余辉时间,卤素、铝、金等元素被相继引入<sup>[3]</sup>。1996年,Matsumura 等报道了铕(Eu)和镝(Dy)掺杂的铝酸锶( $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ )体系,其余辉衰减时间可长达 10 h,并具有很高的耐久性<sup>[4]</sup>。随后这种掺杂稀土元素激活的铝酸盐长余辉材料就成为商业发光涂料的主要组成部分,广泛应用在仪表显示、光电子器件、夜间应急指示以及国防军事等领域,再次掀起了长余辉发光材料的研究热潮。

尽管很多无机长余辉材料早已进入商业化,但对于其发光机理还有很多争议。稀土掺杂的无机长余辉发光材料属于电子俘获机制,其发光现象是由材料中的陷阱能级决定的,目前一些经典的理论模型有电子转移模型、电子陷阱模型和位置坐标模型等<sup>[5]</sup>。在电子转移模型中,基态电子受外界激发源(热源、光源、机械振动等)激发跃迁至激发态,由于激发态的电子处于高能状态,很容易被位于导带附近的陷阱所捕获。而在被捕获的电子从陷阱中逃逸并跃迁回基态的过程中往往伴随着长余辉发光现象。一般来说稀土掺杂的无机长余辉发光材料主要由两部分组成:基质和激活中心。常见的长余辉发光材料的基质主要有硫化物、铝酸盐、硅酸盐等<sup>[6]</sup>。激活中心主要包括陷阱和发光中心。通过引入晶体缺陷、杂质和共掺杂剂等方法可以有效地实现陷阱,而常见的发

光中心以稀土离子和过渡族金属离子为主。到目前为止, $\text{Eu}^{3+}$ 掺杂的铝硅酸盐仍然是商业化应用最广的长余辉发光材料<sup>[6]</sup>。

稀土离子掺杂的碱土铝酸盐、硅酸盐长余辉材料早已商业化。无机长余辉材料的形态也不仅仅局限于粉末,还包括薄膜、玻璃等等;其应用也从显示、照明等逐步扩展到信息存储、生物成像等领域<sup>[7]</sup>。然而,这种基于无机体系的长余辉发光材料不仅需要引入昂贵的稀有元素,而且所需制备温度往往高达 1 000 °C 以上,能耗较高。另外,大多数无机长余辉金属盐加工至成品需要很多步骤。此外,金属盐粉末的光散射也不利于长余辉材料成品的透明度。为了解决这些问题,很多研究者开始将目光集中在基于有机体系的长余辉材料之上。

## 3 有机长余辉

与无机长余辉材料相比,纯有机长余辉材料合成条件简单、易于加工、成本低廉且具有较好的生物相容性,近年来逐渐引起了人们的关注。众所周知,有机分子的长寿命发光通常是磷光,其衰减寿命大多在毫秒甚至微秒级别,这远远无法与无机材料的长余辉发光相提并论。大部分有机分子从激发态到基态的辐射跃迁通常只产生荧光、磷光和延迟荧光,并不适合产生长余辉发光。然而,2011年 Adachi 等研究者发现,当光照下的有机分子内能够产生电离态和电荷分离态时,有机分子也可以获得很长的发光寿命<sup>[8]</sup>。他们开发了世界首例弱辐射下就可以在室温持续发光超过 1 h 的有机长余辉发光材料。这种材料可以被标准的白色 LED 光源激发,甚至在高于 100 °C 条件下也能长时间发光。这一发现掀起了有机长余辉发光材料的研究热潮。

2010年,唐本忠教授课题组在纯有机小分子发光体中观察到了一种“结晶诱导磷光”现象:二苯甲酮及其衍生物等化合物在室温溶液和无定形态下均无磷光产生,而在有序的晶态时却有效地发出磷光。结晶诱导磷光发射机制归因于晶体中的分子间相互作用限制了分子内运动,这有助于固定和刚性化分子构象,抑制三重态激子的非辐射衰减,从而增强磷光发射<sup>[9]</sup>。2011年,密歇根大学的 Kim 等也发现了类似的由芳香醛和溴化物共晶中的重原子效应引起的余辉现象<sup>[10]</sup>。2015

年,安众福教授等报道了一种不含重原子的高效纯有机长余辉材料4,6-二苯基-2-咪唑-1,3,5-三嗪,发现其在晶态下具有长达1.35 s的室温发光寿命,并提出H-聚集的晶态结构是稳定和通过系间窜越过程形成的三重态激子的有效手段<sup>[11]</sup>。

目前,有机长余辉的发生机理还存在较大争议。总体而言,有机长余辉是由三重激发态辐射跃迁引起的超长室温磷光现象,其发光过程包括:首先,受激发后的 $S_1$ 态激子通过有效的系间窜越转变为 $T_1$ 态激子;随后,聚集态通过一系列作用捕获并稳定 $T_1$ 态激子;最后,被俘获的 $T_1$ 激子缓慢释放,回到基态并发光<sup>[12]</sup>。由于这一过程需要克服跃迁禁阻以及聚集态对激子的稳定作用,辐射跃迁速率非常慢,故而出现长时间的持续发光,即长余辉现象。为了揭示这种不同寻常的有机长余辉发光机制,研究者们提出多种设计策略来发展高性能有机长余辉材料,通过主客体共结晶、卤素相互作用、刚性基质掺杂、强分子间相互作用和H-聚集态等改善长余辉的策略被陆续报道<sup>[13-14]</sup>。

有机长余辉材料虽然在近年来得到了快速发展,然而上述材料主要集中在结晶态的有机小分子或主客体掺杂体系。由于有机分子的结晶性和主客体掺杂体系的相分离等问题,在很大程度上限制了有机长余辉材料的应用范围。很多研究人员将目光放在了非晶态纯有机长余辉材料的研究上。2015年,黄维教授课题组报道了一例通过离子键稳定发光单元,并在聚合物中共价键的协同作用下,得到了长余辉发光的离子型聚合物,寿命长达2.1 s。这一研究成果赋予传统的聚合物材料新的性能,在柔性显示、照明、数据加密以及生物医学等领域具有很大的应用前景<sup>[15]</sup>。蒲侃义教授等在2017年报道了首例基于H-聚集结构设计的水溶性超长磷光有机纳米粒子OSN,用于活体小鼠的淋巴成像<sup>[16]</sup>。2018年,南洋理工大学赵彦利教授等利用室温无可见荧光和无磷光的主客体自组装,在客体分子上引入芳香羰基与羧基单元,与聚乙烯醇形成氢键相互作用,得到了一系列长寿命、高量子产率的长余辉纯有机非晶态薄膜<sup>[17]</sup>。

近年来,碳量子点(CQDs)作为一类新型的纳米发光材料因为其较强的光稳定性、纳米级的尺寸以及温和的合成条件也引起了越来越多的关注。CQDs一般情况下具有较强的荧光,在室温条件下观察到的磷光则极其微弱。但是,通过将

CQDs固定在诸如聚乙烯醇或聚氨酯等特定基质中,在紫外光激发下就可以检测到明显的磷光<sup>[18]</sup>。2016年,周明教授课题组报道了CQDs和复合基质相结合实现了超长的磷光寿命并观测到了绿色的长余辉发光<sup>[19]</sup>。随后,他们课题组又报道了一种利用水分子在CQDs和三聚氰酸颗粒之间构建氢键网络制备长寿命的长余辉材料的简便方法<sup>[20]</sup>,极大地促进了CQDs长余辉材料在生物成像和化学传感器领域的应用。

## 4 金属-有机长余辉

金属-有机长余辉材料因具有金属节点以及有机配体共同构建的空间结构,既能实现不同发光中心和发光机制的协同耦合,又能通过结构本身及与溶剂、客体、光热压等外界刺激的相互作用产生目标性光学响应,因而在设计智能、可调谐长余辉发光材料方面具有独特的优势,近年来吸引了很多研究者的目光。最近几年,基于金属-有机材料的长余辉发光逐步得到了发展<sup>[21]</sup>。

2016年,闫东鹏教授课题组成功利用配位相互作用来提高有机生色团的长余辉性质。与原始的有机配体相比,配位后的金属-有机材料可以产生更长的寿命以及更持久的长余辉发光<sup>[22]</sup>。其所得的金属-有机框架(MOFs)样品还呈现出基于不同的金属离子和有机配体的堆积方式的可调谐磷光(波长和衰减寿命),这些发现为设计合成MOFs基的长余辉发光材料提供了思路。闫东鹏教授课题组还利用带电MOFs的离子吸附特性,通过 $(Me_2NH_2)^+$ 阳离子静电相互作用进行交换,在阴离子框架纳米孔中负载 $Mn^{2+}$ 离子,并根据掺杂剂的浓度调节所得复合材料的长余辉发射。通过增加孔隙中 $Mn^{2+}$ 的含量,实现了复合材料的发光寿命(1.6~10.5 ms)和发光颜色(从绿色到红色)的调谐<sup>[23]</sup>。

大多数已探索的长余辉发光材料的激发光源多为紫外光。直到近年来,一些研究才将激发光源扩展到可见光和白光<sup>[24]</sup>。相比之下,具有能量低、穿透性深等优点的近红外激发光源更适用于生物成像、军事防伪等领域。本课题组设计了一种基于D- $\pi$ -A型配体的金属-有机超分子盒MOC-38,配体的电子结构赋予其同时具有良好的单光子吸收和双光子吸收的双路径发光特性<sup>[25]</sup>。在配体与Cd(II)组装构筑的 $M_2L_2$ 超分子盒中,配体的双路

径发光得以保持,并通过金属中心的重原子效应,以及超分子组装中的  $\pi$  堆积和 J 聚集态得以强化、放大和优化,可以有效地利用低能近红外光激发实现长余辉发光。在动态调控长余辉方面,利用金属-有机框架独特的可逆结构转变,本课题组进一步将 MOFs 的动态呼吸结构转换与可逆的长余辉发光调制相结合,获得了独特的“呼吸”唤醒长余辉现象。金属有机框架 LIFM-WZ-1 由 D- $\pi$ -A 配体 HTzDPTpy 和 Cd(II) 金属离子组装而成,在加热或真空条件下,MOFs 的框架可以发生动态呼吸,而伴随着框架的弹性结构转变,MOFs 材料的发光性能也可以由初始的无长余辉发光,转变至“呼吸”后的明亮红色长余辉发光<sup>[26]</sup>。

总的来说,得到理想的金属-有机长余辉材料不仅需要产生稳定的三重态,而且还需要减少非辐射跃迁和激子猝灭,这两方面原因都使得选择合适的有机配体成为了关键。通常用作配体的磷光有机分子需要满足两个条件:(1)存在具有孤对电子的原子(例如 O、N 和 P)以增强自旋轨道耦合;(2)有利于晶体构建中产生超分子间相互作用以捕获、稳定和保护所产生的三重态激子。另一方面,配位金属的重原子效应所带来的自旋轨道耦合,以及配位刚性和柔性结构之间的动态

平衡与相互转化,对于长余辉发光的产生和调节具有非常大的促进作用。因此,结合金属-有机材料自身特点来获得智能、精准可调的长余辉发光,是该类型材料的一个重要设计目标和思路。

## 5 展 望

经历了长时间的发展,长余辉发光材料已然发展成为一个庞大的家族,以其自身独特的“魅力”崭露头角,并且显现出广阔的应用前景。虽然近年来长余辉材料已经成为研究热点,但是仍然有许多方面值得进一步研究、探索。对于各类长余辉材料的机理一直备受争议,尚未有统一定论,这也对科研人员提出了高要求:既要保持谨慎,又要拥有开放的思想,对机理的归纳或拓展永远要保持“大胆假设、小心求证”的态度。同时,如何设计得到理想的长余辉发光材料? 发光寿命、激发光源、发光效率几个关键参数如何兼顾、如何取舍? 如何得到“更亮、更长、更强”的长余辉发光材料? 我们还远没有到达终点。长余辉材料由于其独特的性质,在生物医药、国防科技等前沿高精尖领域毫无疑问具有巨大的应用潜力,而长余辉材料在这些领域的商业化进程还需要更多的探索。科研之路,道阻且长;长余辉发光材料,大有可为。

## 参 考 文 献:

- [ 1 ] LI Y, GECEVICIUS M, QIU J. Long persistent phosphors—from fundamentals to applications [J]. *Chem. Soc. Rev.*, 2016, 45(8):2090-136.
- [ 2 ] ARRAS J, BRASE S. The world needs new colors: cutting edge mobility focusing on long persistent luminescence materials [J]. *ChemPhotoChem*, 2018, 2(2):55-66.
- [ 3 ] 刘兵. 铕掺杂硅酸盐基长余辉发光材料的合成及应用 [D]. 上海:华东理工大学, 2013.  
LIU B. *Synthesis and Application of Europium, Dysprosium Doped Silicate-based Luminescence* [D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2013. (in Chinese)
- [ 4 ] YAMAMOTO H, MATSUZAWA T. Mechanism of long phosphorescence of  $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Dy}^{3+}$  and  $\text{CaAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}, \text{Nd}^{3+}$  [J]. *J. Lumin.*, 1997, 72-74:287-289.
- [ 5 ] 刘兵, 黄建国, 刘坐镇. 稀土掺杂无机长余辉发光材料研究概况 [J]. *材料导报*, 2013, 27(S1):178-182.  
LIU B, HUANG J, LIU Z Z. The overview of research on rare earth doped inorganic long afterglow luminescent materials [J]. *Mater. Rep.*, 2013, 27(S1):178-182. (in Chinese)
- [ 6 ] 王荣. 近红外长余辉纳米发光颗粒的研究 [S]. 济南:山东大学, 2018.  
WANG R. *Study on Near-infrared Persistent Luminescent Nano-particles* [D]. Jinan: Shandong University, 2018. (in Chinese)
- [ 7 ] 刘应亮, 雷炳富, 邝金勇, 等. 长余辉发光材料研究进展 [J]. *无机化学学报*, 2009, 25(8):1323-1329.  
LIU Y L, LEI B F, KUANG J Y, et al. Advances in long lasting phosphorescent materials. [J]. *Chin. J. Inorg. Chem.*, 2009, 25(8):1323-1329. (in Chinese)
- [ 8 ] KABE R, ADACHI C. Organic long persistent luminescence [J]. *Nature*, 2017, 550(7676):384-387.

- [9] YUAN W Z, SHEN X Y, ZHAO H, *et al.*. Crystallization-induced phosphorescence of pure organic luminogens at room temperature [J]. *J. Phys. Chem. C*, 2010, 114(13):6090-6099.
- [10] BOLLTON O, LEE K, KIM H J, *et al.*. Activating efficient phosphorescence from purely organic materials by crystal design [J]. *Nat. Chem.*, 2011, 3(3):205-10.
- [11] AN Z, ZHENG C, TAO Y, *et al.*. Stabilizing triplet excited states for ultralong organic phosphorescence [J]. *Nat. Mater.*, 2015, 14(7):685-90.
- [12] 袁杰. 有机长余辉材料的设计、制备及性能研究 [D]. 南京:南京邮电大学, 2019.  
YUAN J. *Organic Ultralong Room-temperature Phosphorescence Materials: Design, Preparation and Performance Study* [D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2019. (in Chinese)
- [13] GU L, SHI H, BIAN L, *et al.*. Colour-tunable ultra-long organic phosphorescence of a single-component molecular crystal [J]. *Nat. Photon.*, 2019, 13(6):406-411.
- [14] ZHAO W, CHEUNG T S, JIANG N, *et al.*. Boosting the efficiency of organic persistent room-temperature phosphorescence by intramolecular triplet-triplet energy transfer [J]. *Nat. Commun.*, 2019, 10(1):1595.
- [15] CAI S, MA H, SHI H, *et al.*. Enabling long-lived organic room temperature phosphorescence in polymers by subunit interlocking [J]. *Nat. Commun.*, 2019, 10(1):4247.
- [16] ZHEN X, TAO Y, AN Z, *et al.*. Ultralong phosphorescence of water-soluble organic nanoparticles for *in vivo* afterglow imaging [J]. *Adv. Mater.*, 2017, 29(33):1606665.
- [17] SU Y, PHUA S Z F, LI Y, *et al.*. Ultralong room temperature phosphorescence from amorphous organic materials toward confidential information encryption and decryption [J]. *Sci. Adv.*, 2018, 4(5):eaas9732.
- [18] JIANG K, ZHANG L, LU J, *et al.*. Triple-mode emission of carbon dots: applications for advanced anti-counterfeiting [J]. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2016, 55(25):7231-5.
- [19] LI Q, ZHOU M, YANG Q, *et al.*. Efficient room-temperature phosphorescence from nitrogen-doped carbon dots in composite matrices [J]. *Chem. Mater.*, 2016, 28(22):8221-8227.
- [20] LI Q, ZHOU M, YANG M, *et al.*. Induction of long-lived room temperature phosphorescence of carbon dots by water in hydrogen-bonded matrices [J]. *Nat. Commun.*, 2018, 9(1):734.
- [21] SAN SEBASTIAN E, RODRIGUEZ-DIEQUEZ A, SECO J M, *et al.*. Coordination polymers with intriguing photoluminescence behavior; the promising avenue for greatest long-lasting phosphors [J]. *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2018, 20-21:2155-2174.
- [22] YANG X, YAN D. Strongly enhanced long-lived persistent room temperature phosphorescence based on the formation of metal-organic hybrids [J]. *Adv. Opt. Mater.*, 2016, 4(6):897-905.
- [23] YANG X, YAN D. Long-lasting phosphorescence with a tunable color in a  $Mn^{2+}$ -doped anionic metal-organic framework [J]. *J. Mater. Chem. C*, 2017, 5(31):7898-7903.
- [24] CAI S, SHI H, LI J, *et al.*. Visible-light-excited ultralong organic phosphorescence by manipulating intermolecular interactions [J]. *Adv. Mater.*, 2017, 29(35):1701244.
- [25] WANG Z, ZHU C Y, YIN S Y, *et al.*. A metal-organic supramolecular box as a universal reservoir of UV, WL, and NIR light for long-persistent luminescence [J]. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2019, 58(11):3481-3485.
- [26] WANG Z, ZHU C Y, WEI Z W, *et al.*. Breathing-ignited long persistent luminescence in a resilient metal-organic framework [J]. *Chem. Mater.*, 2019, 32(2):841-848



潘梅(1976-),女,山东济南人,中山大学化学学院教授,博士研究生导师,《发光学报》第一届青年编委。2004年于中国科学院上海技术物理研究所获得博士学位,2006年进入中山大学化学学院工作。目前主要开展发光功能配位超分子的结构、机制与性能研究。发展了金属-有机多路径光子吸收转换机制,开发了基于激发态质子转移的超灵敏光探测新方法,提出了空间定向耦合光发射和响应机制,拓展了金属-有机长余辉发光的新体系和新应用。在 *J. Am. Chem. Soc.*, *Angew. Chem.*, *Nat. Commun.*, *Chem. Rev.* 等期刊发表通讯/第一作者论文 80 余篇,他引超过 4 000 次。任中国晶体学会青年工作委员会主任, *Inorg. Chem. Commun.* 主编, *Chem. Res. Chin. Univ.*, 《高等学校化学学报》和《发光学报》青年编委。

E-mail: panm@mail.sysu.edu.cn



朱诚逸(1995 -),女,山东青岛人,博士研究生。2017 年于华中科技大学化学学院应用化学专业获得理学学士学位,2017 年进入中山大学化学学院 Lehn 功能材料研究所攻读博士学位,师从潘梅教授和 Jean-Maire Lehn 教授。主要从事金属-有机发光材料的合成与表征、复杂体系的光学性能调控等方面的研究。目前在斯特拉斯堡大学超分子科学与工程研究所进行学术访问。

E-mail: zhuchy25@mail2.sysu.edu.cn



王政(1986 -),男,陕西咸阳人,博士。2020 年于中山大学获得物理专业博士学位,师从潘梅教授和 Dieter Fenske 教授,毕业后就职于陕西科技大学。致力于金属-有机长余辉发光材料的设计、合成及光学性能的研究。已在 *Angew. Chem.*, *Chem. Mater.*, *J. Mater. Chem. A* 等国际知名期刊发表 SCI 论文 20 多篇,其中第一/通讯作者论文 10 篇。

E-mail: wangzhengnw@126.com