

中国科学院大连化学物理研究所
优秀博士后支持计划申请表

申请人： 李顺顺

研究组： 十一室 1121 组

学科专业： 物理化学

中国科学院大连化学物理研究所制

姓名	李顺顺		性别	男
出生日期			民族	汉族
学历/学位	博士研究生		授予博士学位时间	2024年06月19日
博士毕业院校	中国科学技术大学		专业	物理化学
(拟)进站时间	2024年07月16日		进站性质	<input checked="" type="checkbox"/> 统招统分 <input type="checkbox"/> 在职人员
E-Mail			联系电话	
学习经历 从本科起	起止年月	所在单位/专业		所获学位
	2012.09-2016.06	中国石油大学(华东)/材料化学		理学学士
	2016.09-2019.06	中国石油大学(华东)/材料工程		工程硕士
	2021.09-2024.06	中国科学技术大学/物理化学		理学博士
工作经历	起止年月	所在单位		职务
	2019.07-2021.02	中科院福建物质结构研究所		研究实习员
	2021.03-2021.08	中科院宁波材料技术与工程研究所		高级客聘助理
博士学位论文摘要				
	<p>(限 800 字)</p> <p>金属卤化物材料具有独特、优异的光电性能，在太阳能电池、LED、辐射探测和光催化等领域展现出广阔的应用前景。然而，无论全无机还是有机-无机杂化金属卤化物材料，都是有序的脆性晶体材料，通常表现出较差的加工性和固定组分发光的难以调谐性，同时其水、热稳定性也有待提高。因此，开发新的、具备特殊功能的 A 位阳离子，将金属卤化物材料从晶体领域拓展至无定形领域，有望解决金属卤化物材料加工性差、稳定性低的问题。同时，无定形结构可以不受晶格作用的限制，实现固定组分发光的可调性。</p> <p>本文通过向金属卤化物材料中引入聚合物阳离子，来替代无机或有机小分子阳离子，设计得到了一系列具有无定形结构的聚合物金属卤化物材料，并研究了其可塑性、固定组分发光可调谐性、稳定性，同时探索了其潜在应用。另外，通过理性的分子设计，成功制备了一种单晶-玻璃相变诱导的红-绿光可调的金属卤化物玻璃，并探究了其构-效关系，具体内容如下：</p> <p>1.将聚阳离子引入到铋基金属卤化物材料中，得到了一系列无定形结构的铋基聚合物金属卤化物，材料在保持铋基卤化物优异发光性质的同时，表现出聚合物特有的优异可塑加工性。</p> <p>2.将聚合物金属卤化物概念推广至锰基金属卤化物，借助聚阳离子链的包容性，提出一种“二合一”的策略，在锰基聚合物金属卤化物中同时引入$[\text{MnX}_4]^{2-}$四面体绿光发射组分和$[\text{MnX}_6]^{4-}$八面体红光发射组分，通过简单地调控锰的投料，即可实现材料发射光谱从绿光到红光的连续调谐。</p>			

	<p>3.在聚合物阳离子中同时引入蓝光发射单元[Cu₂I₅]³⁻和黄光发射单元[Cu₂I₃]⁻，通过简单调节铜的含量，即可实现材料从蓝光到黄光发射的连续可调谐性，中间经过白光区，得到的白光发射表现出高达 95.3 的显色指数。</p> <p>4.通过分子设计，选择合适尺寸的有机阳离子，使得晶体熔融后由于晶格塌缩导致孤立的[MnX₄]²⁻之间的距离变近，形成[MnX₄]²⁻-[MnX₄]²⁻耦合对，实现了材料由单晶态的绿光发射转换为无定形玻璃态的红光发射。</p>					
入站前期及入站后科研情况简介	1、主持或参与项目情况：					
	序号	项目名称	项目来源	项目金额	起止年度	角色
	1	基于共聚诱导自组装方法的聚丙烯腈基碳材料的可控制备及其电容性能研究	国家自然科学基金青年科学基金项目	26 万	2019-2021	参与
	2	具有白光发射的全无机非铅金属卤化物及其电致发光器件研究	国家自然科学基金青年科学基金项目	30 万	2022-2024	参与
	2、代表性论文（5 篇以内）					
	注：“作者排序”中，如为通讯作者请填写“C”。					
序号	论文题目	期刊名	影响因子	发表年度/卷期/页码	排序	
1	Polymeric Metal Halides with Bright Luminescence and Versatile Processability	Angewandte Chemie International Edition	16.1	2024/63/e202319969	1	
2	Barbier Hyperbranching Polymerization-Induced Emission toward Facile Fabrication of White Light-Emitting Diode and Light-Harvesting Film	Journal of the American Chemical Society	14.4	2019/141/16839-16848	2(共一)	
3	Exploitation of Monofunctional Carbonyl Resources by Barbier Polymerization for Materials with Polymerization-Induced Emission	Cell Reports Physical Science	7.9	2020/1/100116	1	
4	Barbier Self-Condensing Ketyl Polymerization-Induced Emission: A Polarity Reversal Approach to Reversed Polymerizability	iScience	4.6	2020/23/101031	1	

5	Well-controlled polymerization of tri-vinyl dynamic covalent boroxine monomer: one dynamic covalent boroxine moiety toward a tunable penta-responsive polymer	Polymer Chemistry	4.1	2020/11/2914-2922	1
其他论文发表情况					
1	Borinic Acid Polymer: Simplified Synthesis and Enzymatic Biofuel Cell Application	Macromolecular Rapid Communications	4.2	2017/38/1600-687	2(共一)
2	Synthesis of Electron-Deficient Borinic Acid Polymers with Multiresponsive Properties and Their Application in the Fluorescence Detection of Alizarin Red S and Electron-Rich 8-Hydroxyquinoline and Fluoride Ion: Substituent Effects	Macromolecules	5.1	2017/50/6872-6879	2
3	Design of pH-responsive "on-off" emulsions using CTAB/PPA emulsifiers by simulations and experiments	Colloids and Surfaces A	4.9	2017/33/140-146	2
4	Pincushion of Tubule Discovery and Tubular Morphology Landscape Establishment of Block Copolymer Self-Assemblies	Macromolecular Rapid Communications	4.2	2017/38/1700-424	3
3、专利情况:					
序号	专利名称	授权/申请	授权/申请号	起始日期	排序
1	一种梯基聚合物金属卤化物及制备方法和应用	申请	CN 117946401 A	2023.12.11	1
2	一种杂化聚合物的制备方法	申请	CN 112812309 A	2021.05.18	2
3	一种具有微量水检测性质的高分子及其制备方法和应用	授权	CN 106589184 B	2018.09.11	2
4、获奖情况:					
序号	奖励名称	奖励等级	授奖单位	奖励年度	排序
1	延长石油优秀博士生奖学金	三等奖	中科院大连化物所	2024年	
2	中国石油奖学金		中国石油大学(华东)	2018年	
博士后研究题目: 聚合物金属卤化物的理性设计及光学性质调控研究					

(简述研究计划的可行性、先进性和创新性，理论和现实意义)

1.理论和现实意义

金属卤化物钙钛矿 (MHPs) 材料因其具备强的吸光能力、高的缺陷容忍度和大的载流子迁移率等优异光电性能, 以及成本低廉、制备方法简单和可溶液加工等优势, 在太阳能电池、显示照明、辐射探测和光催化等诸多领域表现出广阔的应用前景 (如图 1 所示)。然而, 受其固定的 ABX_3 结构限制, MHPs 新材料的开发进展缓慢。由此衍生而来的金属卤化物材料, 从化学结构 (全无机和有机-无机杂化) 和分子水平的维度 (三维、二维、一维和零维) 上均表现出丰富的可调性和设计性。

全无机金属卤化物是以 Cs^+ 、 Rb^+ 、 K^+ 等半径较大的无机阳离子为 A 位阳离子, 通过降温结晶或水热合成等方式生长出来的结晶性材料, 这类材料制备简单快速, 可大规模合成。同时, 材料本身纯度高, 发光性能优异, 但水稳定性相对较差, A 位阳离子的选择受到元素种类的限制。以有机阳离子 (如季铵盐、季磷盐、叔铯盐等) 为 A 位阳离子, 通过降温结晶或反溶剂扩散的方式制备得到的有机-无机杂化金属卤化物材料, 凭借 A 位有机阳离子丰富的可选择性和较高的设计性, 展现出巨大的研究价值。所得到的材料在保留了金属卤化物出色的光电性能的同时, 又能引入有机阳离子自身的性质, 例如室温磷光、力致发光和电致发光等。然而, 无论全无机还是有有机-无机杂化金属卤化物材料, 它们作为一类有序的晶体材料, 均表现出较差的加工性和单组分发光不具可调谐性, 同时材料水、热稳定性也有待提高。因此, 寻找新的、具备特殊功能的 A 位阳离子成为该领域的研究热点方向之一。此外, 探究其中的激发态动力学行为对于理解材料的发光机理, 优化材料的光电性能, 拓展材料的应用场景具有重要意义。

博士
后工
作的
研究
计划

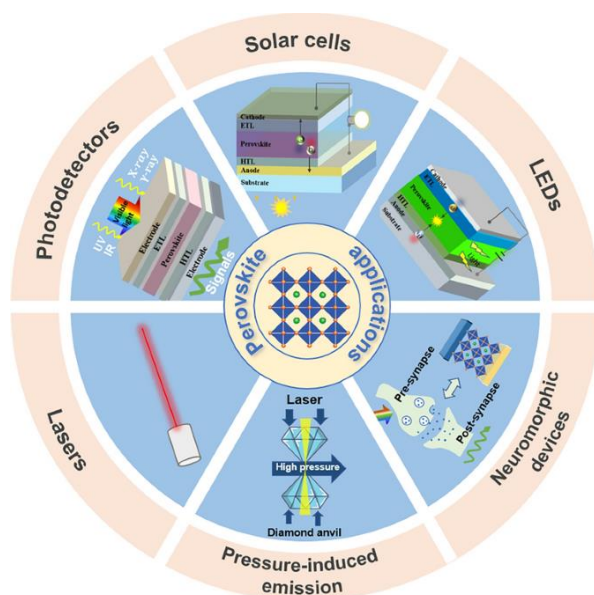


图 1 卤化物钙钛矿分类和应用

综上所述，本研究计划拟将聚合物阳离子引入到金属卤化物材料中，充当 A 位阳离子，将其与 BX_n 金属卤化物阴离子单元以“自下而上”的方式进行“组装”，制备得到聚合物金属卤化物。这种高分子化学与无机化学从分子尺度的学科交叉，有望催生出一系列无定形结构、加工性优异、发光可调谐的高稳定性的新材料。在此基础上，结合稳态光谱和多尺度时间分辨光谱技术，深入探究其中的激发态动力学过程，阐明其发光机制和构-效关系，为非晶态金属卤化物材料的理性设计提供指导。

2.先进性和创新性

本研究计划拟将聚合物阳离子引入到金属卤化物领域，通过对高分子化学和无机化学以“自下而上”的方式进行交叉融合，有望为金属卤化物材料的设计提供全新的思路，具体的特色与创新点如下：

(1) 本研究计划区别于常规的全无机和有机-无机杂化类金属卤化物，创新性地使用聚阳离子直接作为 A 位阳离子，打破了常规金属卤化物均为晶体这一“定律”，设计得到一系列无定形结构的聚合物金属卤化物。这类材料在保持传统金属卤化物优异发光性能的同时，还具备出色的加工性、较高的稳定性和丰富的光谱可调谐性。

(2) 本研究计划着眼于动力学研究与调控的独特视角，拟采用多尺度时间分辨光谱技术，对聚合物金属卤化物材料的激发态动力学过程进行系统全面地观测，从而建立起新材料结构与光学性质之间的本质关联，实现对其光学性质的精准调控，为设计和开发非晶态金属卤化物提供理论指导。

3.可行性分析

本研究属于高分子化学与无机化学的交叉科学领域，而申请人在硕博期间先后从事智能高分子的设计、聚合方法学的开发和有机-无机杂化光电材料的设计合成，在有机化学和无机化学领域均积累了丰富的研究经验，这为本计划的稳步开展奠定了扎实的研究基础。在近 5 年来，申请人主要从事新型聚合物荧光材料的开发和有机-无机杂化金属卤化物的设计与开发，其中与本计划相关的研究工作主要包括：(1) 报道了一系列超支化结构的三苯甲醇类高分子，并提出了“聚合诱导发光”的全新概念，即以不发光的单体，开发荧光聚合物，且聚合物随分子量增大发光颜色逐渐红移，基于此类聚合物实现了白光 LED 的开发和大于 14 的天线效应 (*J. Am. Chem. Soc.* 2019, 141, 16839-16848)；(2) 成功将酯类和二卤代烃作为单体用于聚合物的开发，得到一系列高苯环密度的聚集诱导发光型聚合物，并基于此实现了超高灵敏度的爆炸物检测 (*Cell Rep. Phys. Sci.* 2020, 1, 100116)。对高分子物性的深刻理解和对聚合物的开发经验，有助于申请人在本计划中理性设计和选择性能优异的聚阳离子，用于聚合物金属卤化物的制备，以提高聚合物金属卤化物材料的光电性能；(3) 报道了一系列无定形铋 (III) 基聚

合物金属卤化物材料，这类材料在保持了镨基金属卤化物优异发光性能的同时，表现出聚合物特有的出色加工性 (*Angew. Chem. Int. Ed.* 2024, 63, e20231996)。这一成功尝试，为本计划的顺利开展打下了坚实的基础。

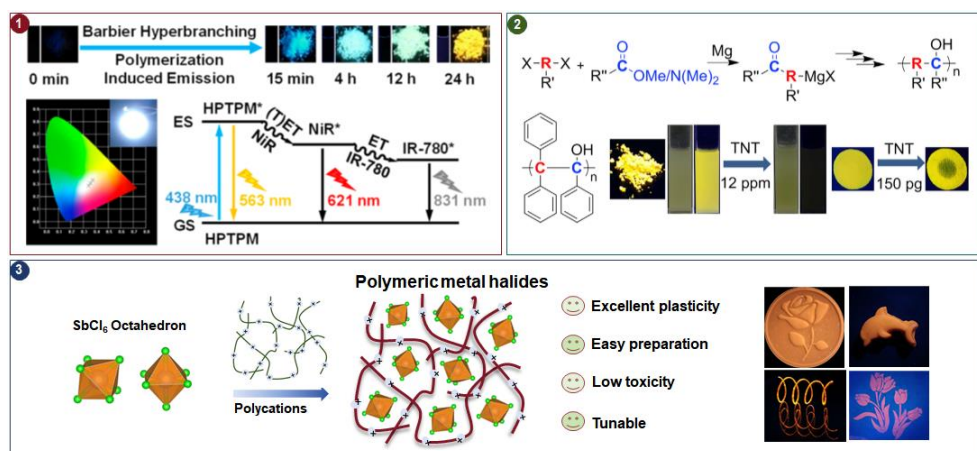


图 2 申请人与本研究计划相关的研究工作简介

申请人所在的研究组具备专门的材料合成、器件制备和材料性能评估平台。此外，组内还拥有自主研发的时间相关的单光子计数器、纳秒瞬态吸收光谱仪、飞秒瞬态吸收光谱仪和飞秒荧光上转换光谱仪等时间分辨光谱设备，能对载流子在各个时间尺度的动力学行为进行深入研究。同时，组内的合作导师在光电材料领域造诣深厚，科研水平高，可为本计划的开展提供必要的指导和建议。

本人承诺

本人承诺：申请表所填内容均真实可靠。对因虚报、伪造等行为引起的后果及法律责任均由本人承担。

本人签字：

李顺顺

2024 年 9 月 25 日