
Mo⁴⁺+Ag⁺协同敏化实现超宽激发近红外发光双钙钛矿

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41021.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

Mo⁴⁺+Ag⁺协同敏化实现超宽激发近红外发光双钙钛矿。 导读

近红外光在夜视成像、生物检测、信息加密等领域具有不可替代的应用价值。稀土离子（Ln³⁺）因其稳定的4f-4f能级结构和特征近红外发射而备受关注，但其本征跃迁为宇称禁阻跃迁，吸收截面小、激发效率低，且激发波段狭窄，严重制约了其在近红外光源中的实际应用。近年来，结构稳定、组分可调的无铅金属卤化物双钙钛矿被认为是构建稀土近红外发光体系的理想平台，但如何同时实现宽波段激发、高发光效率与良好稳定性仍是该领域面临的关键科学问题。

近日，中国科学院长春应用化学研究所林君研究员、党佩佩副研究员团队和中国地质大学（武汉）李国岗教授团队联合提出了一种Mo⁴⁺/Ag⁺协同敏化策略。通过在无铅双钙钛矿Cs₂NaMCl₆（M = In, Bi）中构建多通道能量传递，实现了稀土离子在250-850 nm超宽波段激发下的高效近红外发光，光致发光量子效率接近100%。相关研究成果以Sensitizing effect of lanthanide luminescence by Mo⁴⁺/Ag⁺ in double perovskites: great enhancement of near-infrared emission via wide range of excitation (250-850 nm)为题发表于《Light: Science Applications》。

研究背景

稀土离子掺杂是拓展无铅双钙钛矿发光功能的重要手段，其可赋予材料从可见光到近红外区域的特征发射。然而，由于Ln³⁺的4f-4f跃迁具有宇称禁阻特性，其光吸收能力较弱，通常只能在紫外或特定窄波段可见光激发下实现发光，导致发光效率和应用场景受限。同时，双钙钛矿体系中普遍存在的暗态自陷态激子，进一步加剧了非辐射复合过程，限制了发光性能的提升。

为突破上述瓶颈，研究者尝试通过引入过渡金属离子作为敏化剂来增强光吸收并促进能量传递，但已有体系多存在激发波段有限、发光模式单一或量子效率仍不足等问题。因此，发展一种能够同时拓宽激发范围、提升近红外发光效率并保持体系稳定性的新型敏化策略，成为该领域亟待解决的核心问题。

研究亮点

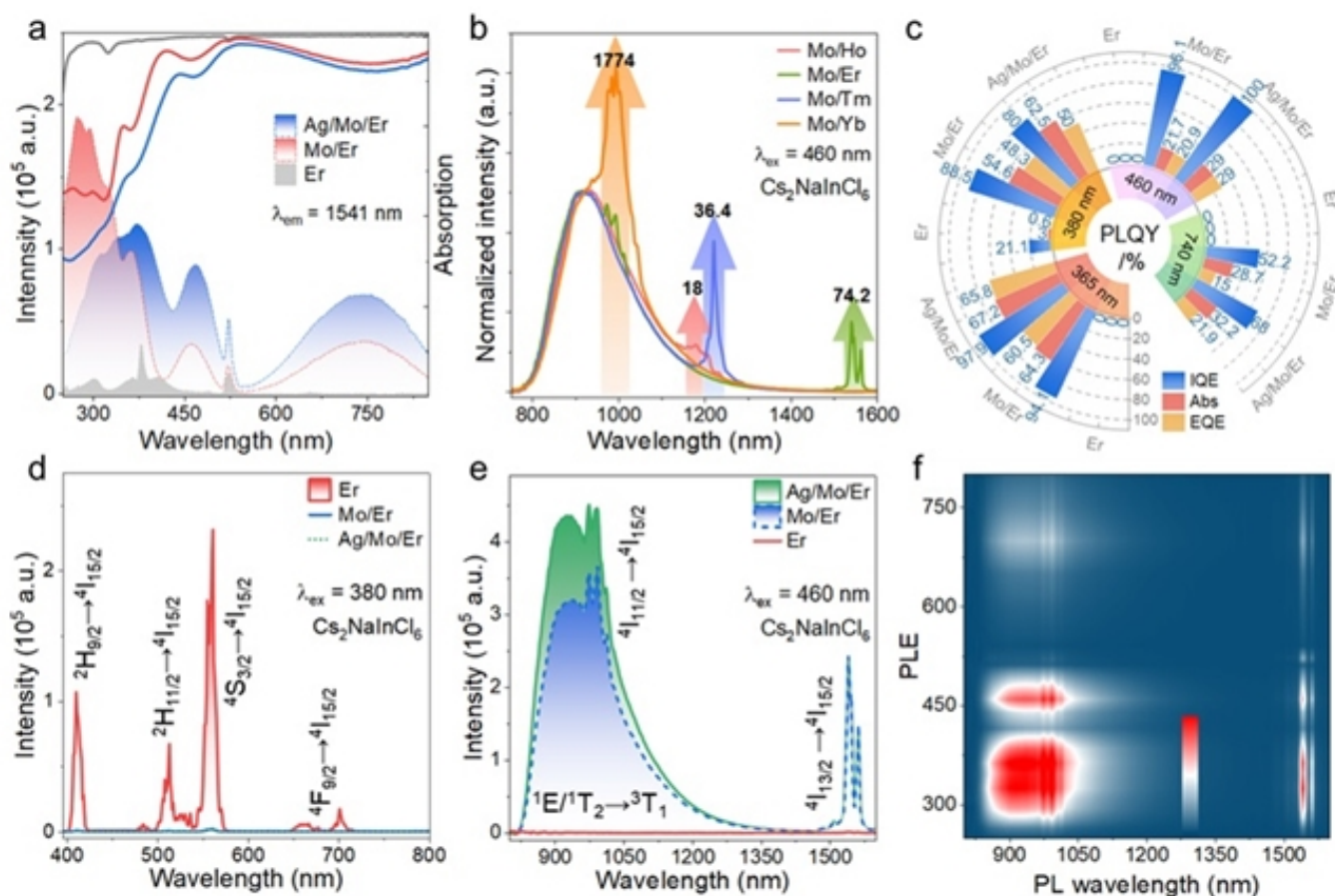


图1. $\text{Cs}_2(\text{Na/Ag})\text{InCl}_6:\text{Mo}^{4+}/\text{Er}^{3+}$ 的光学性质表征。

研究团队在 $\text{Cs}_2\text{NaInCl}_6:\text{Er}^{3+}$ 双钙钛矿中依次引入 Mo^{4+} 与 Ag^{+} 离子，构建了一个多级能量传递体系。其中， Mo^{4+} 离子凭借其d-d跃迁特性，在紫外-可见-近红外区域具有强吸收能力，并可作为能量传递媒介向 Ln^{3+} 离子传递能量； Ag^{+} 的引入则通过诱导Jahn-Teller畸变，将原本不发光的暗态自陷态激子转化为可辐射的明态自陷态激子，从而进一步提升材料的光吸收与辐射复合概率。

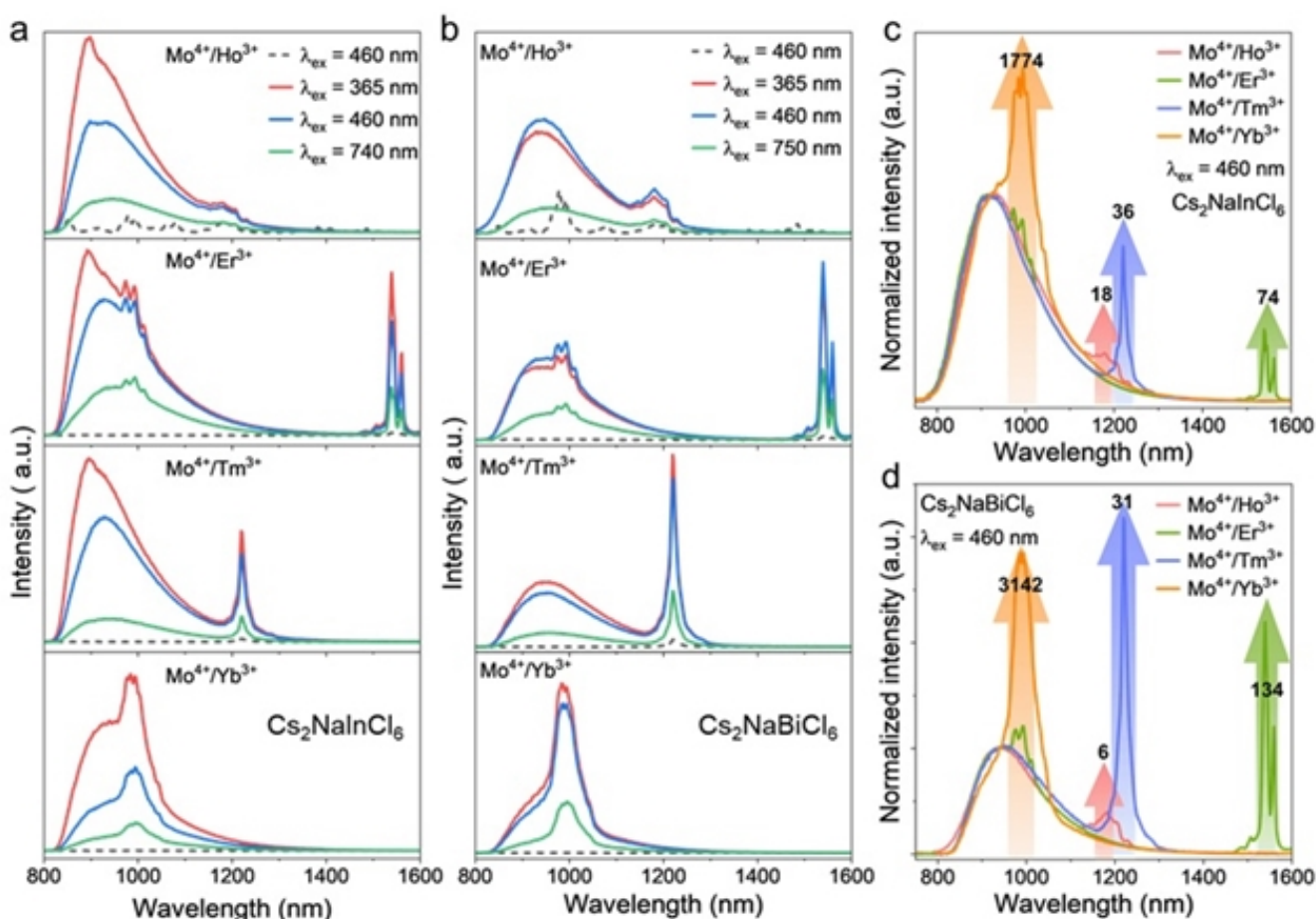


图2. $\text{Cs}_2\text{NaInCl}_6:\text{Mo}^{4+}/\text{Ln}^{3+}$ 的普适性研究。

该策略不仅增强了稀土离子的光吸收能力，而且其近红外发射能力也得到了拓展与提升，发射范围涵盖从800-1600 nm。该策略对 Ho^{3+} 、 Er^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Yb^{3+} 等多种稀土离子以及In基、Bi基双钙钛矿体系均具有良好的普适性。经过光谱表征，算出在In基中， Ho^{3+} 、 Er^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Yb^{3+} 分别增强了18、74、36、1774倍；在Bi基中分别增强6、134、31、3142倍。

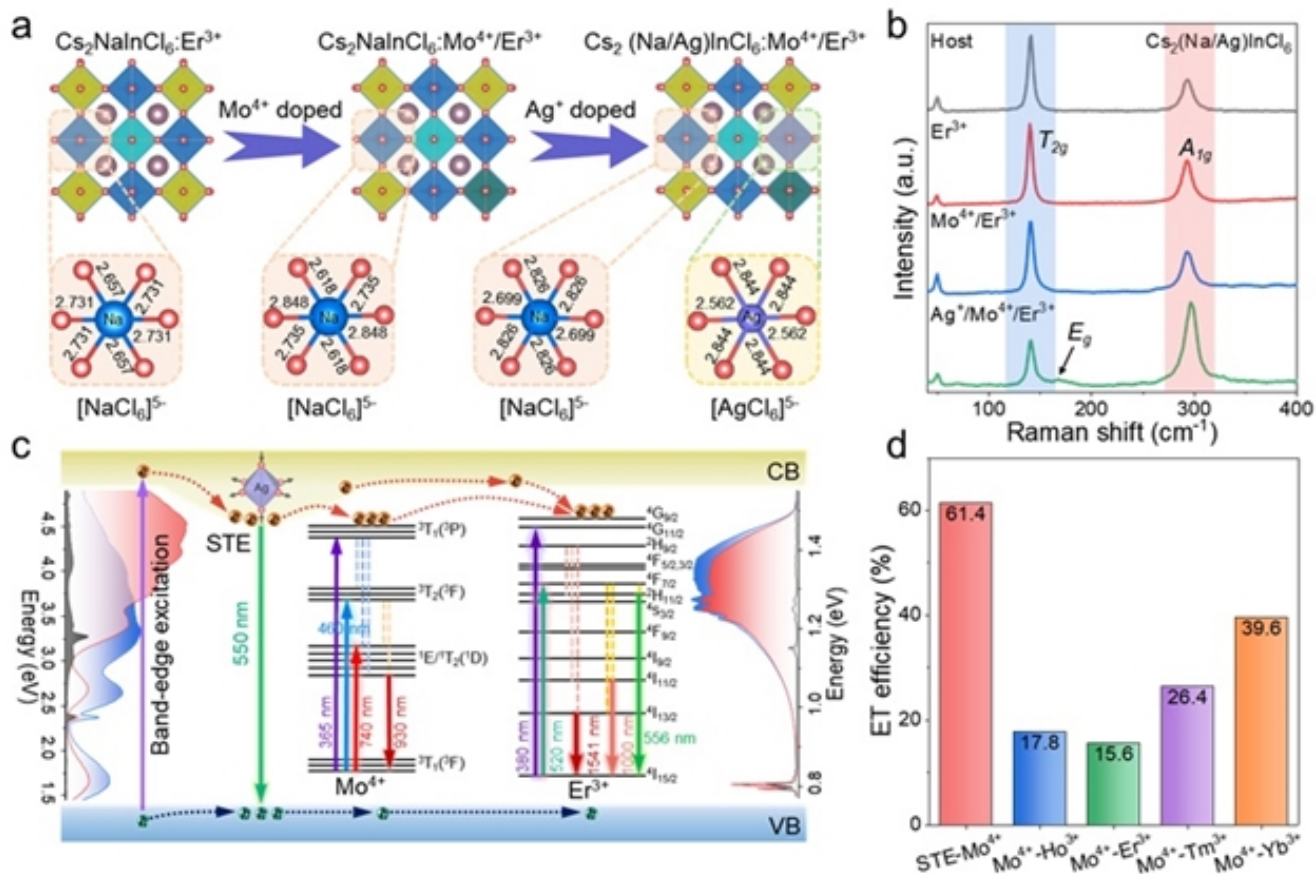


图3. 敏化机理探究。

通过温度依赖发光光谱、寿命测试及第一性原理计算，研究人员系统揭示了材料中自陷态激子发射 $\rightarrow \text{Mo}^{4+} \rightarrow \text{Ln}^{3+}$ 的多通道能量传递路径。计算结果表明， Mo^{4+} 的引入在能带中形成中间能级并增强 Mo-Cl 的共价作用，提高了电子跃迁概率；Ag⁺ 则通过调整局域晶格结构，放宽跃迁选律。多重能量传递通道的协同作用，是实现超宽激发与高效近红外发光的关键物理机制。

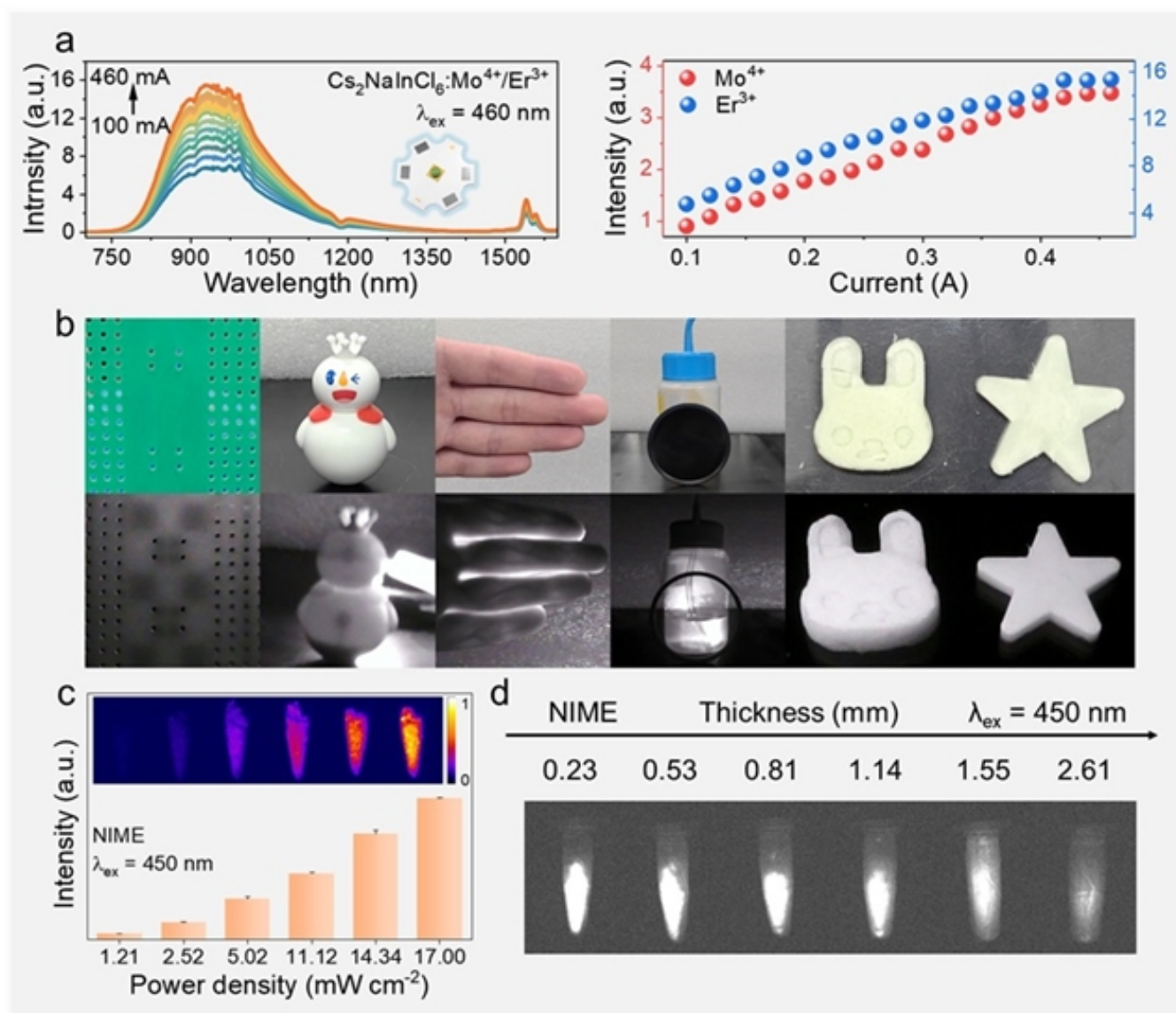


图4. 样品的近红外应用。

基于该材料，研究团队进一步构建了近红外荧光转换LED，实现了在365 nm与460 nm芯片激发下的稳定近红外输出，并成功展示了夜视成像、组织穿透成像以及多模式信息加密与防伪应用，验证了该体系在实际器件和智能光学领域中的应用潜力。

总结与展望

本研究提出的 $\text{Mo}^{4+}/\text{Ag}^{+}$ 协同敏化策略，为突破稀土离子近红外发光体系中吸收弱、激发窄、效率低的固有瓶颈提供了一种通用解决方案。通过构建多级能量传递，实现了无铅双钙钛矿中稀土离子的超宽波段激发与高效近红外发光。该策略在多种稀土离子与不同双钙钛矿体系中的普适性表明其具有良好的可拓展性和应用前景。未来，该类材料有望在近红外光源、夜视成像、信息安全及智能光电器件等领域发挥重要作用。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-02159-4>

作者：林君等 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发