

---

# 尺寸均匀的超稳定铜碘团簇基微立方闪烁体

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24379.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！*

尺寸均匀的超稳定铜碘团簇基微立方闪烁体。 导读

闪烁体是一种能够通过吸收高能粒子或电磁辐射而发出光的材料。当高能粒子或电磁辐射进入闪烁体时，它们与闪烁体中的原子或分子相互作用，将其能量转移给闪烁体中的电子。这些电子被激发到高能级，然后迅速返回基态，释放出能量。这种能量以光子的形式释放出来，形成可见光或紫外光。闪烁体在核物理、高能物理、医学成像等领域具有广泛的应用。

近日，西北工业大学柔性电子研究院和南开大学、韩国蔚山科学技术学院合作发展了单分散铜碘团簇基微立方闪烁体，这种微立方闪烁体对X射线表现出高响应性和耐辐射性，并且对环境湿度表现出超高稳定性，这些性质使其在静态和动态X射线成像中表现出巨大的应用前景。

## 研究背景

传统含有重金属的无机闪烁体通常具有优异性能，但它们对大块晶体生长的高温要求阻碍了它们在柔性X射线探测器中的应用。此外，传统闪烁体如CsI:TI和LaBr<sub>3</sub>:Ce等具有吸湿性，增加了器件制造过程的难度。尽管金属卤化物纳米晶体（如CsPbBr<sub>3</sub>和Cs<sub>4</sub>PbBr<sub>6</sub>）因具有良好的闪烁体性质以及溶液可加工性而在柔性X射线探测器构筑方面表现出良好的应用前景。然而，开发形貌均匀、成分环境友好、化学性质稳定、闪烁体性能优异且可集成到柔性系统的微纳闪烁体仍具有挑战性。

解决上述问题需要考虑：（1）提高X射线吸收能力和闪烁材料中高能X射线到低能光子的转换效率；（2）可以进行晶体生长动力学控制，实现微纳闪烁体的粒径和形貌的调控。我们推测铜碘团簇晶体有望成为满足要求的闪烁体：这是因为：（1）由无机核和有机配体组成的铜碘团簇具有大的有效原子序数，保障了X射线吸收能力；（2）铜碘团簇晶体具有高效的X射线转换效率，这主要来源于它良好的光致发光和半导体性质；（3）通过铜碘团簇中化学键的调控，可以构筑化学性质稳定的晶体，为利用动力学方法控制微纳结构生长提供可能性。

## 创新研究

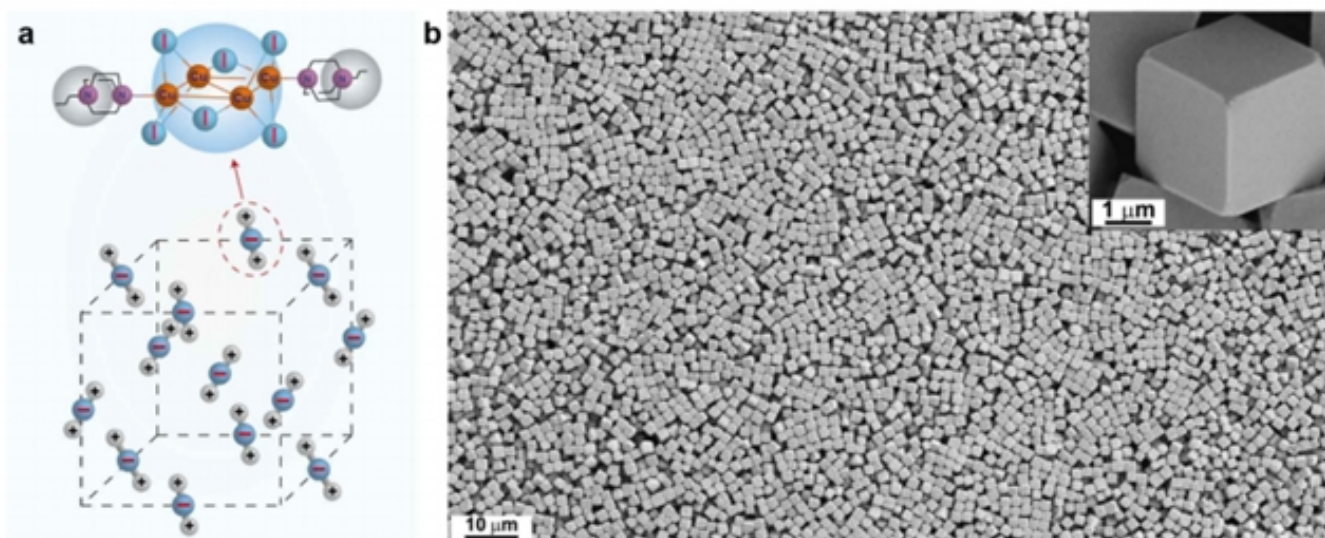


图1  $\text{Cu}_4\text{I}_6(\text{pr-td})_2$ 微立方闪烁体的晶体结构示意图 (a) 和SEM照片 (b)

在本文中，作者报道了高性能单分散copper iodide-(1-propyl-1,4-diazabicyclo[2.2.2]octan-1-ium) $_2$  ( $\text{Cu}_4\text{I}_6(\text{pr-td})_2$ ) 闪烁体的制备，其晶体结构如图1a所示。通过热注射进行微纳米晶生长动力学控制，可制备出粒径分布均匀的微立方体 (图1b)。

对所制备微立方体的光谱表征表明：其发光中心位于535 nm，量子产率 (PLQY) 为40.6%，低量子产率的原因可能为微立方体的快速生长，在其内部产生缺陷。通过 $\text{N}_2$ 气氛中的热处理来消除缺陷，可以使PLQY达到97.1%。进一步的研究表明：在水溶液中浸泡18 h后，微立方体发光强度没有明显变化，表明它们具有良好的抗水性，这是传统闪烁体和钙钛矿类闪烁体所不具备的。

图2 Cu<sub>4</sub>I<sub>6</sub>(pr-td)<sub>2</sub>微立方体激发-发射二维谱图 (a)，其中的插图为紫外激发下材料的发光照片、在N<sub>2</sub>气氛下热处理时间和PLQY的关系 (b) 微立方体在水中的发光强度随时间的变化 (c)

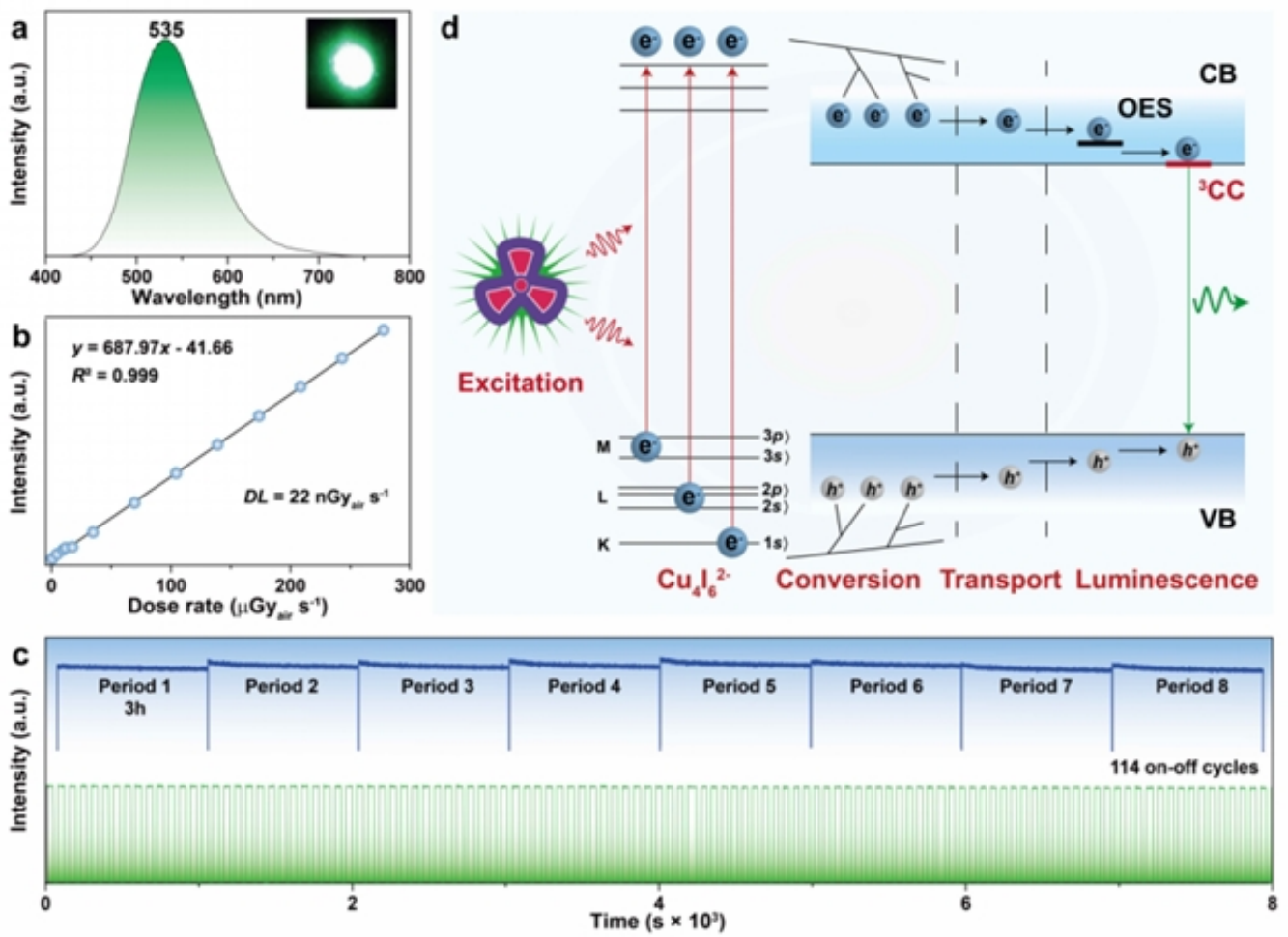


图3 Cu<sub>4</sub>I<sub>6</sub>(pr-td)<sub>2</sub>微立方体的闪烁性能表征及其辐射发光机制

Cu<sub>4</sub>I<sub>6</sub>(pr-*ted*)<sub>2</sub>微立方体的辐射发光峰位与荧光光谱一致，并且表现出低检测极限（22 nGyair s<sup>-1</sup>）和良好的耐辐射性。辐射发光机制为：在X射线照射下，团簇中的Cu和I等吸收高能光子，产生大量的高能初级电子，并通过光电吸收、康普顿散射和电子对产生的形式生成二次电子。当高能二次电子在主晶格内移动时，它们会与晶格和其他电子的相互作用而失去能量产生激子，这些激子通过3CC态的辐射复合产生绿色闪烁光子。

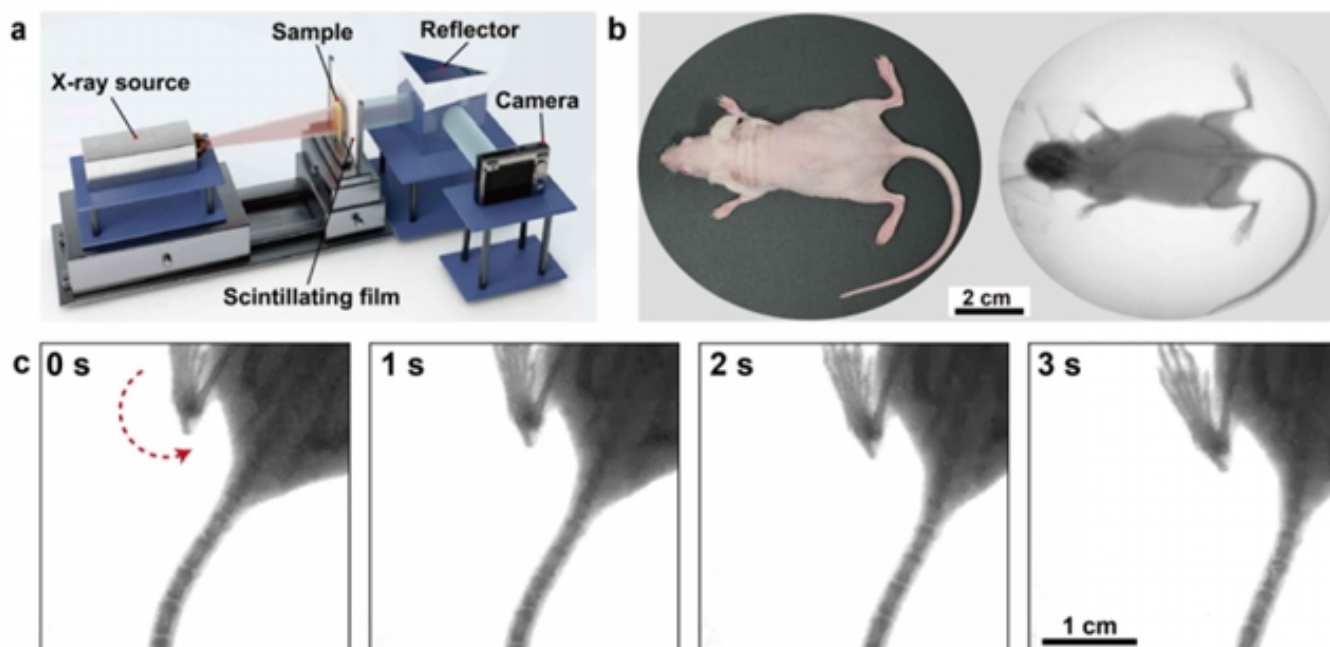


图4 所搭建的X射线成像系统和对裸鼠的静态和动态X射线成像

所制备的Cu<sub>4</sub>I<sub>6</sub>(pr-*ted*)<sub>2</sub>微立方体具有的良好闪烁性能，使其在X射线成像领域具有很大潜力。随后，作者将其作为X射线敏感材料与聚二甲基硅氧烷（PDMS）进行复合，制备出柔性的X射线闪烁体薄膜，并搭建出X射线成像系统，成功对裸鼠进行了静态和动态X射线成像。

## 应用与展望

本文报告了铜碘团簇微晶由于其组成和光学特性而作为一类新型高效闪烁体的潜力。另外，铜碘团簇在化学性质稳定性、对水稳定性以及环境友好性等方面也较传统的闪烁体有一定的优势。利用动力学控制制备出的单分散Cu<sub>4</sub>I<sub>6</sub>(pr-*ted*)<sub>2</sub>微立方体，在开发柔性X射线探测器方面具有广阔的前景。本研究结果可以进一步促进对铜碘团簇闪烁体材料性质研究，探索适用于下一代X射线成像应用的新型闪烁体。

该研究成果以Efficient X-ray luminescence imaging with ultrastable and eco-friendly copper(I)-iodide cluster microcubes为题在线发表在Light: Science Applications。

本文第一作者为西北工业大学柔性电子研究院博士生王岩泽，通讯作者为刘小网教授和黄维院士。合作者包括西北工业大学的徐巍栋教授、吴忠彬教授、胡文博教授，南开大学李希艳教授和U NIST的Yung Doug Suh教授。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-023-01208-0>

---

作者：刘小网等 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](http://www.iikx.com)转发