

新型稀土上转换发光压力计研究获进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41364.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！

新型稀土上转换发光压力计研究获进展。高压科学是凝聚态物理和材料学等领域的重要研究方向。准确、灵敏地监控极端条件下的压力信息，对于理解物质结构演化、揭示材料高压行为并开发新型功能材料具有重要意义。传统光学压力计多依赖紫外光激发，存在压力灵敏度较低、紫外激光成本较高、激发光/发射光易与背景荧光发生光谱重叠等问题，限制了其在复杂环境和高精度压力监测中的应用。因此，发展基于近红外激发、具有高灵敏度和良好稳定性的新型光学测压材料具有重要意义。

近期，中国科学院福建物质结构研究所结构化学全国重点实验室和福建省纳米材料重点实验室陈学元团队涂大涛研究员、商晓颖助理研究员等与南方科技大学权泽卫教授团队合作，发展了一类基于 $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6:\text{Yb}^{3+}/\text{Mn}^{2+}$ 双钙钛矿的新型超灵敏压力响应上转换发光材料，并将其用于可视化光学测压研究（图1）。

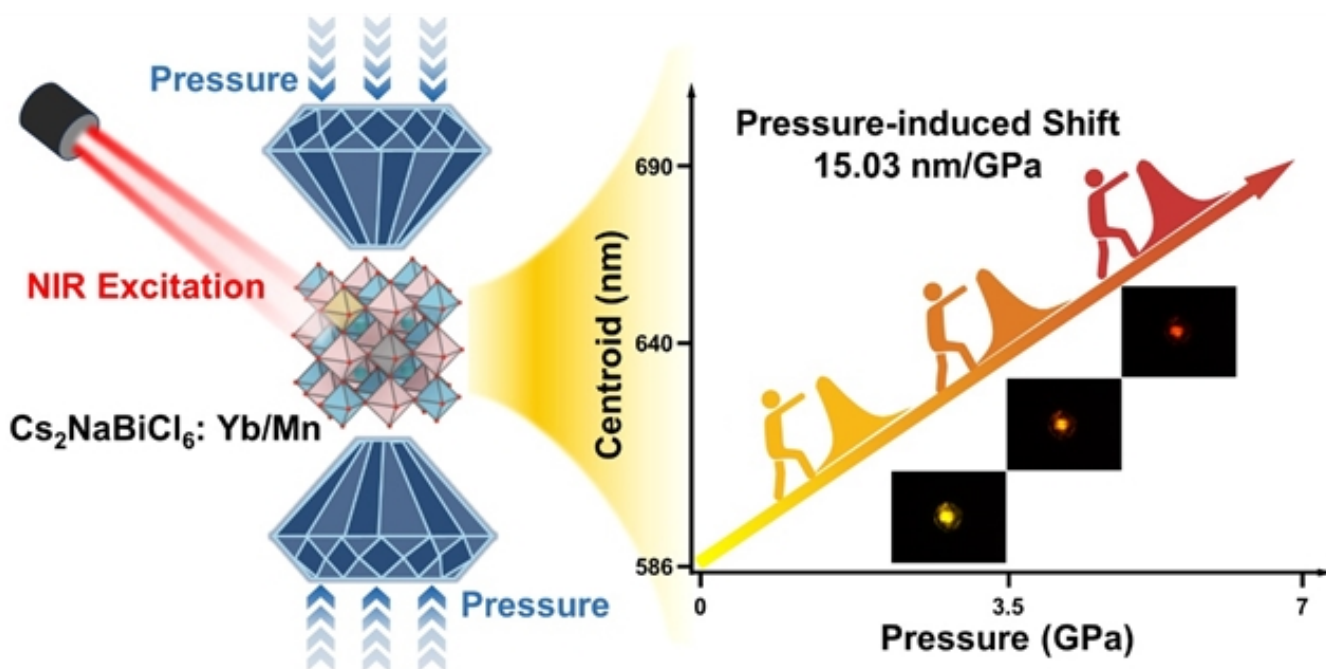


图1 $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6:\text{Yb}^{3+}/\text{Mn}^{2+}$ 双钙钛矿的可视化光学测压示意图。

研究团队开发的 $\text{Yb}^{3+}/\text{Mn}^{2+}$ 共掺杂 $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6$ 双钙钛矿上转换压力响应体系，充分利用了 $\text{Cs}_2\text{NaBiCl}_6$ 软晶格特性，通过 Yb^{3+} 敏化实现了 Mn^{2+} 的压力敏感上转换发光。在该体系中， Yb^{3+} 能够

有效吸收980 nm近红外光并将能量传递至Yb³⁺ – Mn²⁺二聚体，使材料产生峰值位于586 nm的黄色宽带上转换发光。由于Mn²⁺的发光受晶体场环境影响较大，其3d能级能够灵敏响应压力诱导的局域晶体场环境变化。Cs₂NaBiCl₆的软晶格特点则进一步放大了压力对Mn²⁺局域晶体场的调控幅度，显著增强了发光光谱对压力的响应灵敏度。基于这种多元协同设计，材料在0 – 7.19 GPa范围内表现出发射光谱的连续红移和清晰可辨的发光颜色变化，发射带质心与压力保持良好线性关系，灵敏度达到15.03 nm/GPa，是目前已报道的线性可见压敏材料的最高值（图2）。该体系将近红外激发和高灵敏压力响应发光进行有机结合，为高精度光学压力传感提供了普适的材料设计策略。

原位高压X射线衍射研究表明，Cs₂NaBiCl₆:Yb³⁺/Mn²⁺在加压过程中保持良好的结构稳定性，其体积模量仅为23.69 GPa，说明该材料具有较高的可压缩性，这也是该材料具有高灵敏压力响应发光的主要因素。原位高压拉曼光谱和压力循环测试结果证实Cs₂NaBiCl₆:Yb³⁺/Mn²⁺具有优异的压力响应稳定性和重复性，在多次加压—卸压过程中的压力传感参数保持稳定。该材料具有线性响应、高灵敏度、可视化输出和良好循环稳定性等优势，有望应用于高压物理、深海探测、地球与行星内部环境模拟研究等高精度压力监测领域。

相关成果以Ultrasensitive Pressure-Responsive Upconversion Luminescence in Cs₂NaBiCl₆:Yb³⁺/Mn²⁺ Optical Manometry为题发表在《先进材料》上（Adv. Mater.2026, 38, e73505）。论文第一作者为中国科学院福建物构所/福州大学联培硕士研究生杨仟淇和中国科学院福建物构所/上海科技大学联培博士李忱亮，通讯作者为中国科学院福建物质结构研究所涂大涛研究员、商晓颖助理研究员、陈学元研究员以及南方科技大学权泽卫教授。该工作得到国家自然科学基金、福建省自然科学基金和中国科学院海西研究院杰出青年基金等支持。

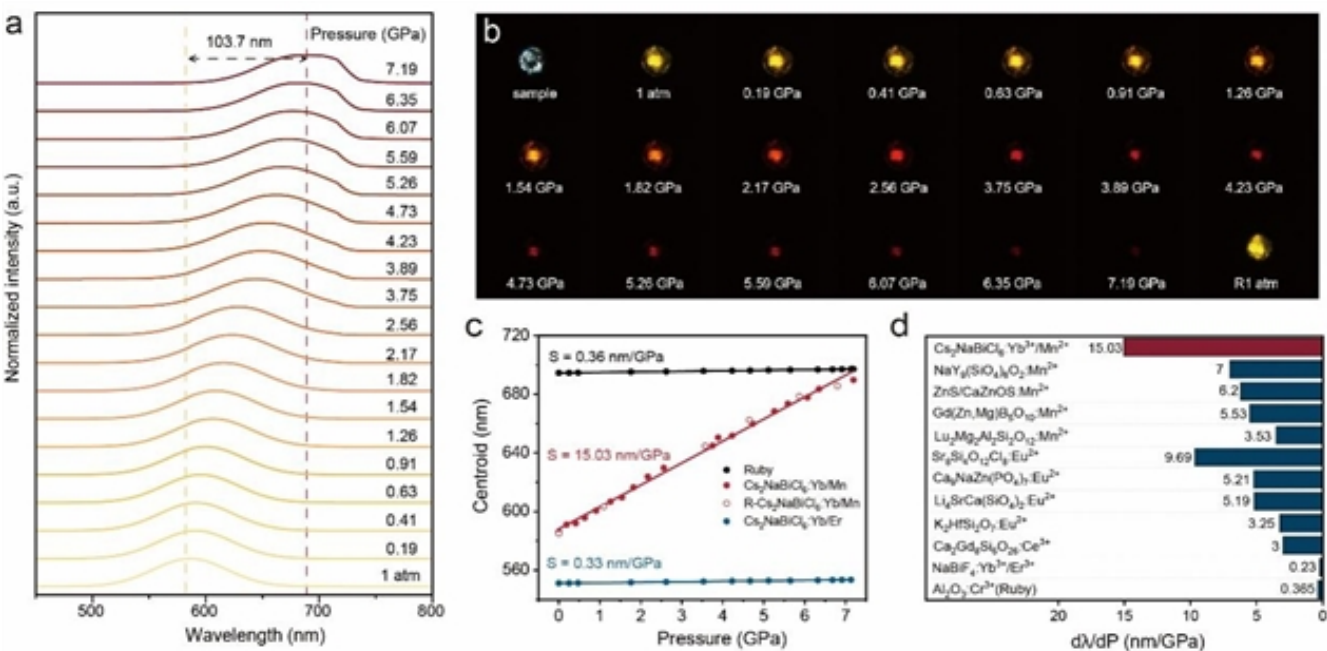


图2 不同压力下，980 nm激光激发样品的（a）归一化发射光谱图和（b）发光照片。（c）不同材

料的发射峰质心与压力的响应关系图。（d）不同材料的压敏性能对比图。

此前，陈学元团队在金属卤化物材料的设计、合成及应用中已取得系列重要进展。例如，采用Na/Ag合金化和Cl-Yb电荷转移跃迁敏化等策略，实现了卤化物双钙钛矿材料中稀土离子的高效近红外发光（Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61, e202205276；Adv. Sci. 2022, 9, 2203735）；通过在有机-无机杂化金属卤化物中引入疏水有机分子三苯基膦（TPP），设计合成水稳定性优异的Cu(I)基杂化金属卤化物，实现了高灵敏荧光寿命温度监测（Light Sci. Appl. 2025, 14, 224）；利用Li⁺掺杂，在Cs₂NaScCl₆基质中实现了高效蓝光/近红外双波段STE发光（ACS Energy Lett. 2025, 10, 2150-2159），成果入选2025年度中国稀土十大科技新闻。（来源：中国科学院福建物质结构研究所）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/adma.73505>

作者：陈学元等 来源：《先进材料》

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