
激光晶体的声子工程与波长拓展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25008.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！

激光晶体的声子工程与波长拓展。 近日，山东大学晶体材料国家重点实验室的研究团队提出一种新型激光产生机制，通过量子化的声子工程调制电子跃迁，可将激光辐射范围拓展至增益介质的本征荧光光谱之外。基于多声子耦合过程和谐振腔设计，团队在 $\text{Yb}^{3+}:\text{La}_2\text{CaB}_{10}\text{O}_{19}$ (Yb:LCB) 晶体中实现了多声子辅助的宽带激光辐射，并阐明了激光晶体中的关键功能基元和序构关系。该工作拓展了激光增益的边界，为设计新型可调谐激光器和超快激光器开辟了新的前景。

研究背景

世界因激光而不同。1960年，梅曼发明了世界上第一台红宝石激光器【Nature 187, 493-494 (1960)】。60多年以来，激光被称为最快的刀、最准的尺、最亮的光，它改变了世界工业生产的格局，

为人类认识自然和改造自然提供了重要的工具。

激光波长是决定激光应用场景的重要因素，探索新激光晶体并满足实际应用对特定波长激光的需求，是当今科技竞争的热点。长期以来，荧光光谱范围被认为是评估激光材料的重要参数，决定了可获得的激光波长范围。1982年，Peter Moulton发明了钛宝石激光晶体【Optics News, 8, 9. (1982)】，它具有超宽的荧光发射范围，是当前最为成功的可调谐固体激光器之一。然而对于荧光外的激光，目前主要借助非线性光学技术，如倍频、差频、光参量振荡等。为此，中国科学家相继发明了BBO、LBO、KBBF等系列中国牌晶体，在国际科学界产生了广泛的影响，奠定了我国在非线性光学晶体领域的领先地位。但是非线性光学技术对晶体种类和相位匹配方向要求苛刻，这无疑限制了激光效率和整机简易度，不能满足当前信息社会高集成、小型化的时代需求。

2022年，山东大学研究团队提出了激光产生新机理，将多声子耦合效应引入到电子跃迁过程中，从而突破荧光光谱限制，在Yb:YCOB晶体中获得新波长激光【Nature Physics, 18, 1312-1316 (2022)】，并发现了一种能显著增强电子-声子耦合的功能基元free-oxygen（图1）。然而，含有free-oxygen的激光晶体非常罕见，大约只占激光晶体总量的1%。因此，探索更为普遍的电子-声子耦合功能基元，总结电声耦合与激光效果之间的规律，对于阐明多声子耦合激光物理机制具有重要意义。

图1 电子-声子耦合荧光与激光物理模型。

创新研究

研究团队基于多声子耦合激光物理模型，建立了电声耦合强度与配位电荷和键长之间的联系，找到了更为普适的quasi-free-oxygen功能基元。通过在无机晶体数据库搜索，最终选定Yb:LCB晶体为研究对象，这是一种由中国科学家在1998年发明的功能晶体材料。基于精准的谐振腔设计，逐级放大微弱的多声子跃迁过程，在Yb:LCB晶体中实现了声子数 $n = 1 \sim 6$ 的宽带激光发射，激光波长范围覆盖996至1280 nm，远远超过了其本征的荧光光谱范围（图2）。同时，根据第一性原理方法计算了LCB晶体的声子色散和态密度，结合原位拉曼光谱测试，证明了参与多声子耦合的声子是quasi-free-oxygen位点对应的振动模式（图3）。该研究结果证明了多声子耦合激光的普适性，扩大了激光增益介质的选择范围，为多声子激光器的设计和应用提供了重要的参考，在高功率激光、超快激光、量子纠缠光源等方面有应用前景。

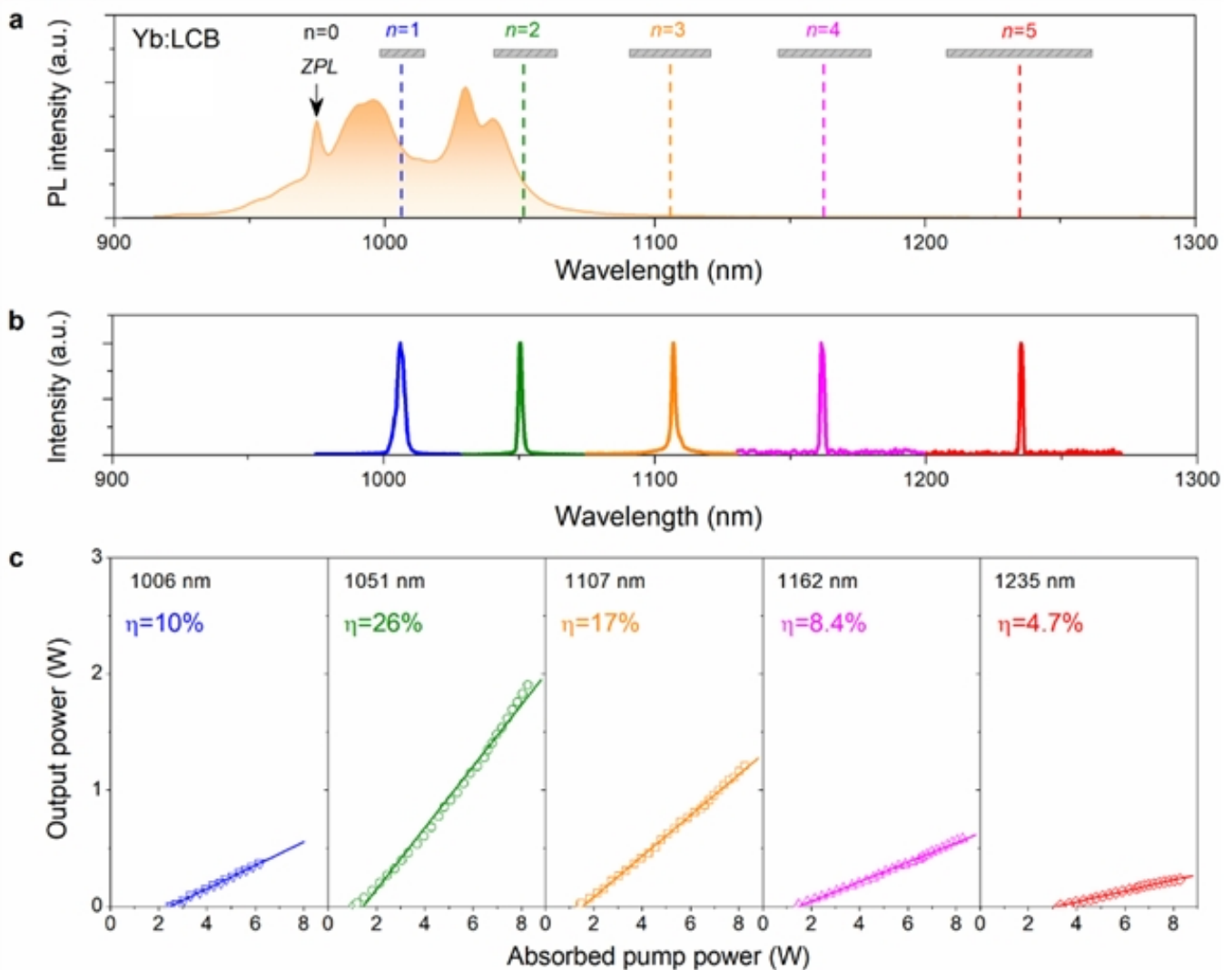


图2 Yb : LCB晶体多声子耦合激光，ZPL是零声子线， n 表示声子数。

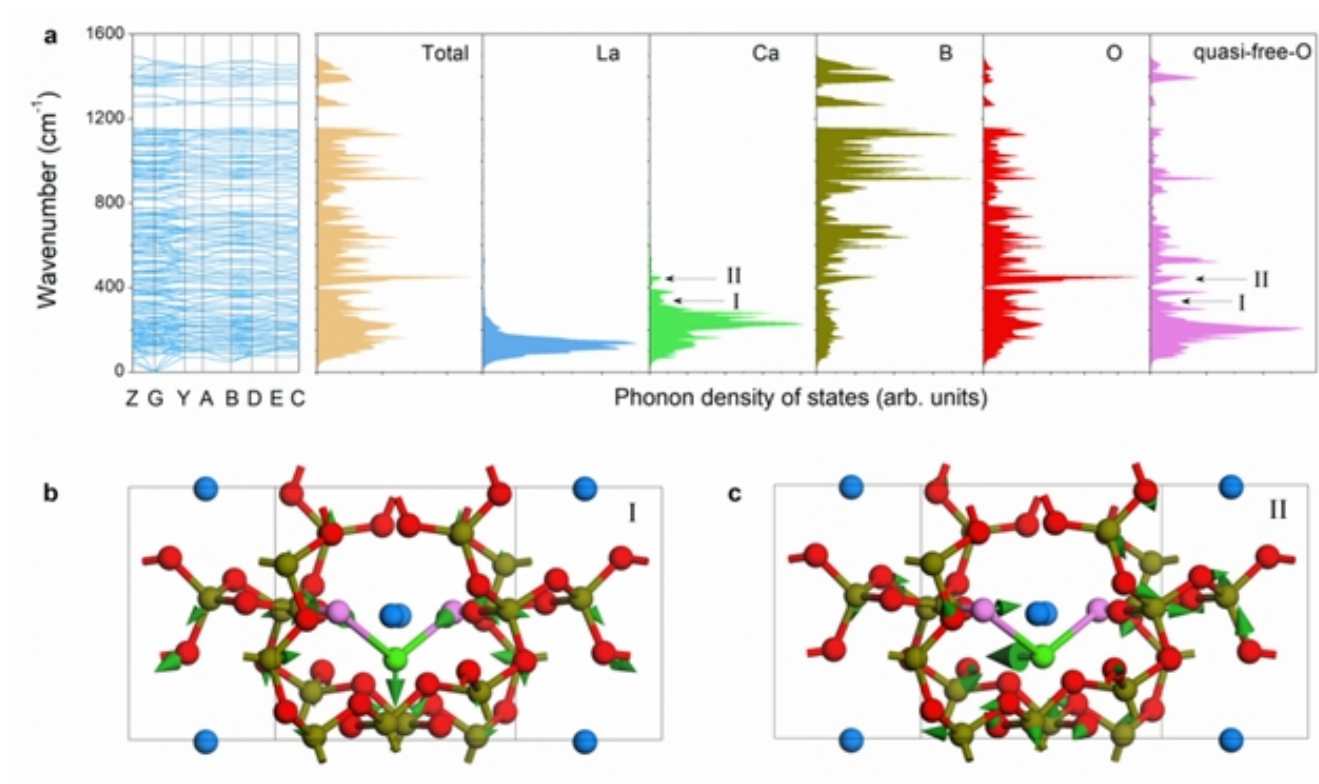


图3 LCB晶体声子谱计算与晶格振动模式分析。

该研究成果以Phonon engineering in Yb:La₂CaB₁₀O₁₉ crystal for extended lasing beyond the fluorescence spectrum为题发表在《Light: Science Applications》上。山东大学程艳玲为本文第一作者，梁飞、于浩海教授和张怀金教授为本文的共同通讯作者。中国科学院理化所冯景程和张国春研究员生长了高质量Yb:LCB晶体。本工作得到了吴以成院士的悉心指导。

研究工作得到国家自然科学基金（92163207, 52025021, 51890863），科技部重点研发计划（2021YFB3601504, 2021YFA0717800），和山东大学晶体材料国家重点实验室的大力支持。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01243-x> 特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：张怀金等 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