

2025 年度中国光学学会科技创新奖简介

项目名称：超快光纤激光器非线性动力学及应用

获奖类别：自然科学奖

获奖等级：一等奖

主要完成单位：华东师范大学

主要完成人：曾和平、彭俊松、吴修齐、张颖

学科分类：光学工程、物理学（光学）

推荐单位：华东师范大学

项目简介：

具有超高时间分辨的飞秒激光已成为前沿科研和先进制造领域必不可少的重要工具。纵观飞秒激光器的发展，飞秒激光器性能的提升和底层物理的突破密切相关。项目面向精密制造等国家战略需求，解决超快激光领域基础非线性物理问题，实现超短脉冲激光器的精密控制，满足航空航天应用需求。主要学术创新工作如下。

(1) 锁模如何建立是激光领域一个未解之谜。斯坦福大学 Siegman 教授的著名教科书《Lasers》对此提出了假设。瑞士联邦理工学院的 Keller 教授在其综述里 (Nature 424, 831 2003) 指出 “The obvious remaining question is how does passive modelocking start”。项目开发了超快探测技术被欧盟物理学会主席 J. Dudley 评价为拥有 “A particular advantage” (Nat. Rev. Phys. 1, 675 2019)，结合理论模拟，解决了锁模如何建立这一激光领域基本的科学问题，发现了六个非线性过程参与其中，揭示了教科书《Lasers》中锁模建立于噪声涨落假设的局限性。成果被 Commun. Phys. 选为封面，入选该杂志评选的《激光诞生 60 周年精选论文》。

(2) 发现锁模阈值以下存在一种新型激光—呼吸子超快激光。系统研究了连续呼吸子，分立呼吸子，分形呼吸子，呼吸子分子以及呼吸子爆炸恢复动力学。呼吸子激光打破了传统激光器能量均匀化分布限制，单脉冲最大能量比传统孤子激光高了一个数量级，为高能量飞秒脉冲的产生提供了新思路。被基金委科学新闻以“科学家首次捕捉到会‘呼吸’的激光”为题报道。呼吸子超快激光引起了学界的广泛关注，澳大利亚技术科学与工程院院士 David Moss 教授[AOP 17, 526-622 (2025)]、以色列 B. Malomed 教授和密歇根大学 S. Cundiff 教授等[PRL126, 224101 (2021)]也对呼吸子激光工作进行了后续研究。相关成果入选第五届国际先进光纤激光研讨会 “Fiber Laser in 2022 Winner” 奖项。

(3) 基于以上对飞秒激光器探测与机理研究，利用锁模启动控制，设计开发了超稳定飞秒光源，已经用于太赫兹辐射驱动源，可搬运野外飞秒光梳。飞秒光源稳定方案为飞秒激光的星载应用打下了基础。开发的超快探测技术为电力设备运行安全特征气体在线监测提供新方案，具有检测时间短、非接触式、精确度高的优点。

项目发表的 5 篇代表性论文包括，Science Advances (他引 284 次，高被引论文)、Laser & Photonics Reviews (2 篇，他引分别为 183, 81 次)、Communications Physics (他引 140 次)、Nature Communications (他引 48 次)。