



超强激光科学卓越创新简报

(第三百八十一期)

2023年4月19日

上海光机所在利用反谐振空芯光纤实现超短脉冲激光精密同步方面取得进展

近期，中国科学院上海光学精密机械研究所强场激光物理国家重点实验室、杭州光学精密机械研究所罗素先进光波科学中心、艾菲博（宁波）光电科技有限责任公司与武汉理工大学在利用反谐振空芯光纤实现超短脉冲激光精密同步方面取得进展。研究团队首次报道了基于反谐振空芯光纤的超短脉冲激光主动同步技术，实现了宽带超短脉冲激光的低噪高效传输和精密时间控制，同步精度达到2.23 fs (RMS)。相关研究成果以“Highly stable, flexible delivery of microjoule-level ultrafast pulses in vacuumized anti-resonant hollow-core fibers for active synchronization”为题发表于*Optics Letters*。

基于超短脉冲激光的高精度同步控制技术已广泛应用于各种加速器和强激光装置，极大地提高了大型科学装置的时间控制精度。高精度时间同步的关键是确保超短脉冲激光的长距离稳定传输。而传统的石英光纤难以实现单脉冲能量微焦以上超短脉冲激光的高性能传输。这是因为微焦量级的超短脉冲激光具有较高的峰值功率，脉冲在纤芯为熔融石英的光纤中传输时会迅速积累过多的非线性，导致脉冲在时域和频域上失真。

针对这一问题，研究团队使用反谐振空芯光纤实现单脉冲能量微焦量级，脉冲宽度小于200 fs的超短激光脉冲的稳定高效传输，并成功用于高精度激光脉冲同步研究。超短激光脉冲在抽真空的反谐振空芯光纤中传输时，由于气体非线性效应得到有效抑制，其光谱和脉宽基本保持不变，光纤输出端激光脉冲在平均功率和光谱稳定性方面与输入端相当。得益于波导特性，输出激光指向稳定性从6 μ rad提升到1 μ rad。经10 m空芯光纤传输后，激光脉冲在90分钟内抖动可以控制在2.23 fs (RMS)。该研究验证了基于反谐振空芯光纤超快光-光同步的可行性，指出了反谐振空芯光纤在大型激光和加速器装置时间同步控制方面的应用潜力。

相关工作得到了国家自然科学基金，国家博士后创新人才支持计划，中国博士后科学基金，中国科学院基础研究领域青年团队计划，上海市科技创新行动计划基础研究项目，张江实验室建设与运行项目的支持。

[原文链接](#)

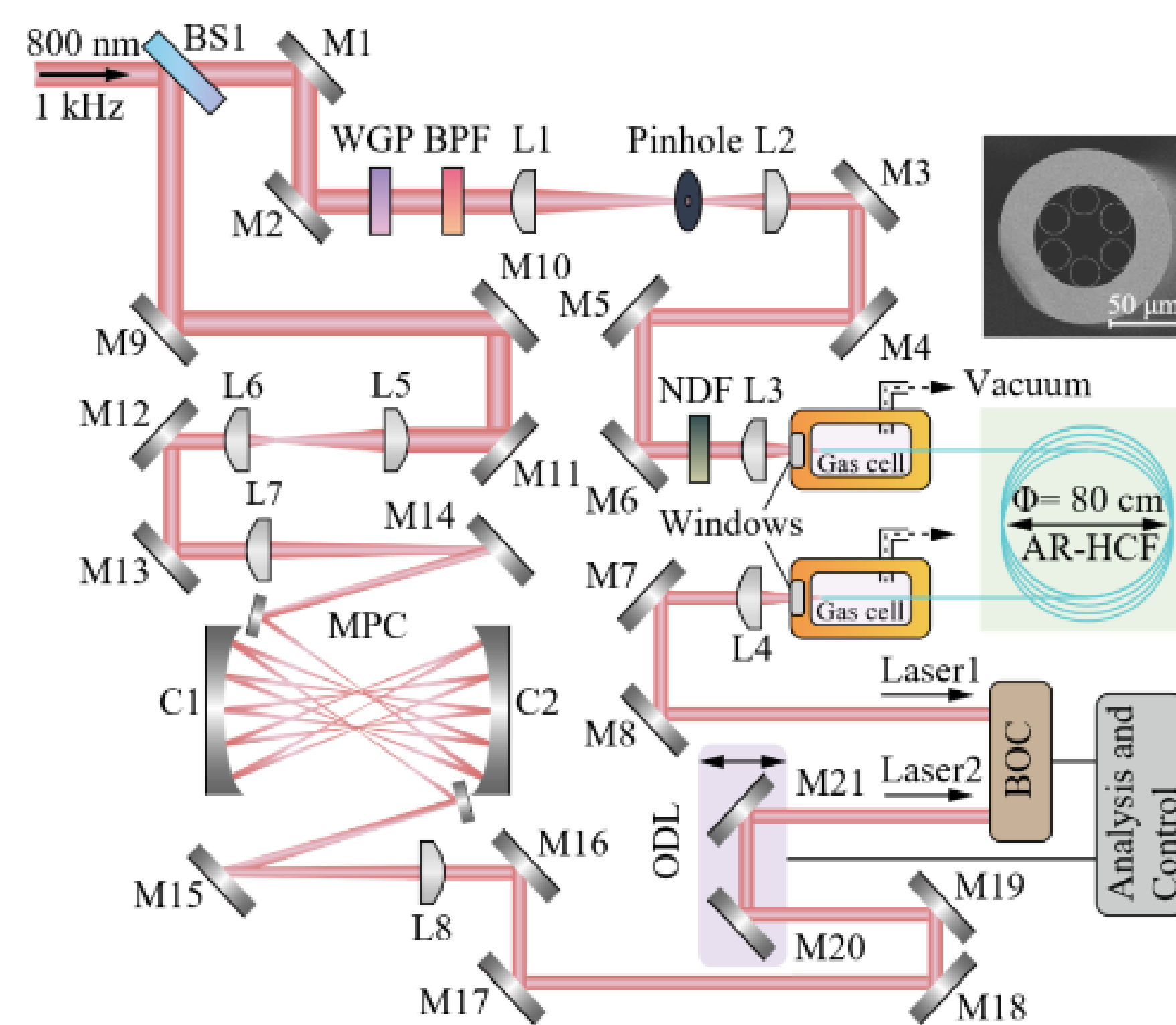


图1 实验光路及反谐振空芯光纤截面图

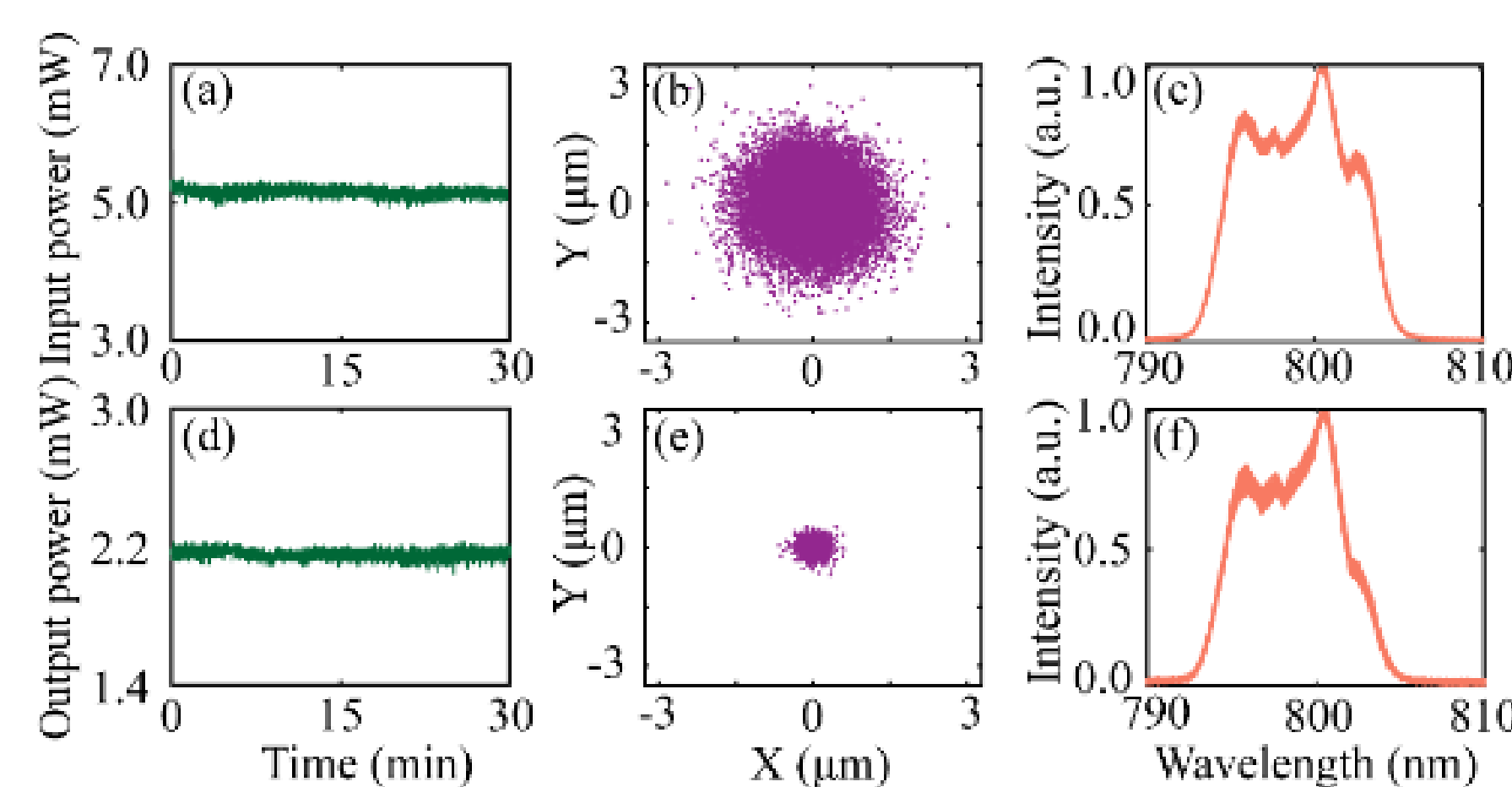


图2 光纤入射端(a-c)和出射端(d-f)脉冲平均功率(a, d)、指向稳定性(b, e)及光谱稳定性测量(c, f)。

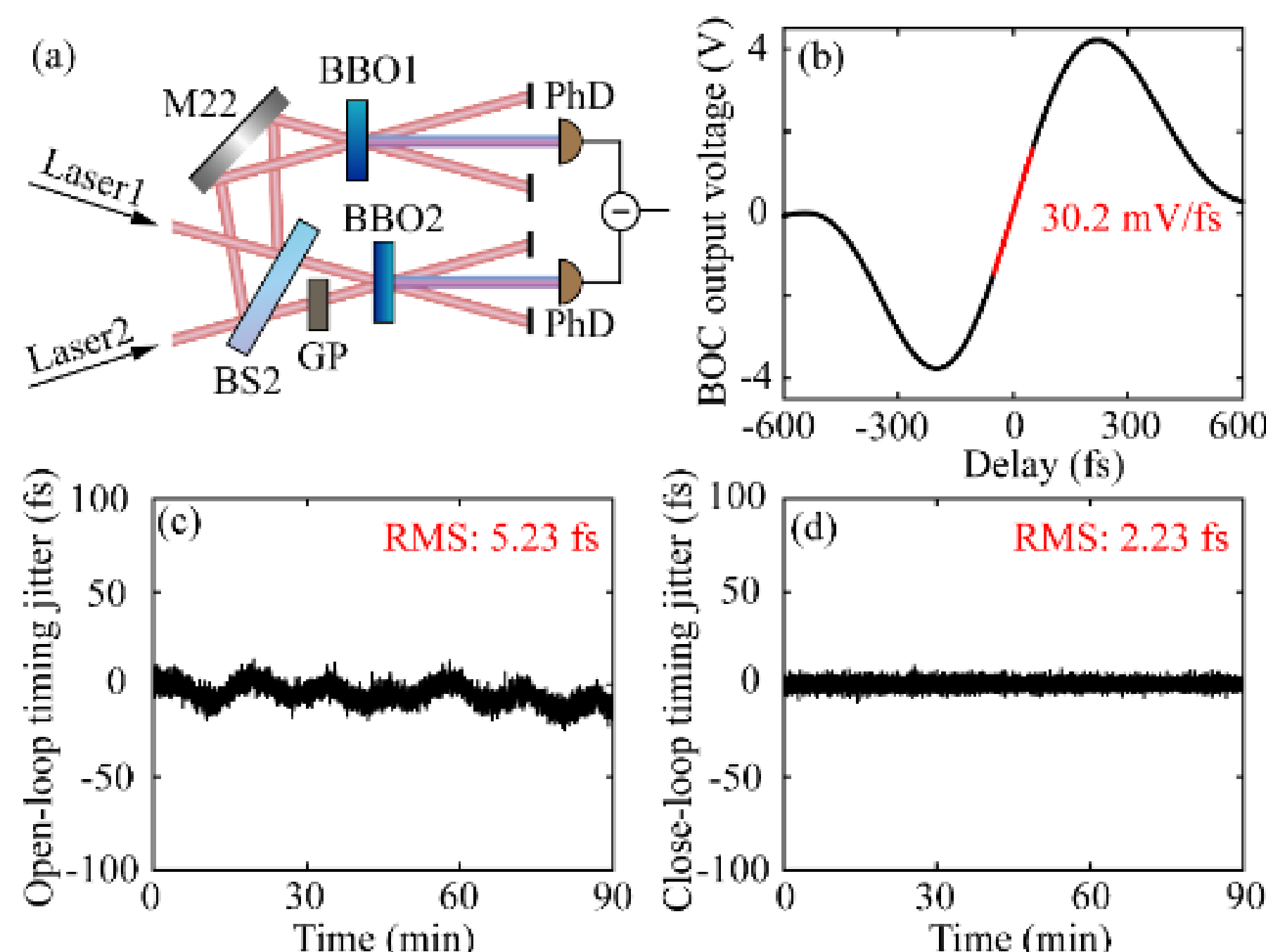


图3 (a)平衡光学互相关原理图，(b)互相关曲线，(c)开环时间抖动，(d)闭环时间抖动。

