

## kJ 级宽带低相干激光驱动装置\*

高妍琦, 季来林, 崔勇, 饶大幸, 赵晓晖, 冯伟, 夏兰, 刘栋,  
王韬, 史海涛, 李福建, 刘佳, 杜鹏远, 李小莉, 刘佳妮,  
张天雄, 单翀, 马伟新, 隋展, 傅思祖

(中国工程物理研究院 上海激光等离子体研究所, 上海 201800)

**摘要:** 激光等离子体相互作用的不稳定性将有望通过降低高功率激光装置输出光束的相干性得到大幅缓解。利用低相干光源作为种子源, 采用钕玻璃放大介质, 研制成功国际首台 kJ 级大带宽低相干激光装置, 实现了带宽 13 nm、能量 960 J、脉宽 3~10 ns 可调, 相干时间仅为 300 fs 的大能量光脉冲输出。输出脉冲光谱平滑无纵模结构, 且谱相位随机分布, 可实现脉冲波形和光谱分布的无关联精密调控。该装置不仅成功演示验证了低相干激光驱动器的单元技术及系统集成技术, 同时也为激光等离子体相互作用及高能量密度物理研究提供了全新的实验研究平台。

**关键词:** 宽带; 低相干; 高功率激光; 激光惯性约束聚变

中图分类号: TN248

文献标志码: A doi: 10.11884/HPLPB202032.190427

## kJ low-coherence broadband Nd:glass laser driver facility

Gao Yanqi, Ji Lailin, Cui Yong, Rao Daxing, Zhao Xiaohui, Feng Wei, Xia Lan, Liu Dong,  
Wang Tao, Shi Haitao, Li Fujian, Liu Jia, Du Pengyuan, Li Xiaoli, Liu Jiani,  
Zhang Tianxiong, Shan Chong, Ma Weixin, Sui Zhan, Fu Sizu

(Shanghai Institute of Laser Plasma, CAEP, Shanghai 201800, China)

**Abstract:** The instability of the laser plasma interaction is expected to be greatly suppressed by reducing the coherence of the output pulse of the high-power laser facilities. Using the low-coherence light as the seed source and the Nd:glass as the amplifying medium, the first kJ low-coherence broadband laser was developed delivering 960 J pulses centered at 1 056 nm with a bandwidth of 13 nm. The output pulse has a coherence time of 300 fs and a pulse duration adjustable from 3 ns to 10 ns. The spectrum of laser pulse is smooth with no longitudinal mode structure. And the spectral phase is randomly distributed, which can realize uncorrelated tunable output of pulse waveform and spectral shape. This facility successfully demonstrates the unit and system integration technologies of the broadband low-coherence laser driver and provides a new experimental platform for laser plasma interaction and high energy density physics research.

**Key words:** broad bandwidth; low coherence; high power laser; laser-driven inertial confinement fusion

激光等离子体不稳定性(LPI)是点火受阻的关键因素之一。束匀滑技术是解决上述问题的关键所在。目前, 束匀滑的主流技术方案是通过采用连续相位板(CPP)、谱色散匀滑(SSD)和偏振匀滑(PS)等多种束匀滑方式相结合的方法来降低光束的靶区空间强度调制, 使靶面得到均匀辐照, 从而抑制 LPI。美国国家点火装置(NIF)近年来的实验结果表明, 受限于其匀滑速度及匀滑效果, LPI 的不利影响尚未得到有效缓解。基于大带宽低相干光束的激光驱动技术将有望减轻乃至解决此问题。本文报道本课题组利用低相干光源作为种子源, 采用钕玻璃放大器研制的 kJ 级宽带低相干激光装置。

该装置主要由前端、预放、主放、靶场、测量与准直、集中控制等六大分系统组成, 具备宽带低相干、窄带高相干激光即时切换能力。前端分系统采用低相干光源作为种子源, 可提供宽达 25 nm 的光谱输出, 通过时间、光谱精密控制, 可实现脉冲波形、光谱分布无关联的精密调控, 为后续系统提供高光束质量、精密整形的激光脉冲<sup>[1]</sup>。

\* 收稿日期: 2019-11-14; 修订日期: 2019-12-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(11604317, 11804321)

作者简介: 高妍琦(1983—), 副研究员, 主要从事高功率激光技术研究; liufenggyq@siom.ac.cn。

为实现低相干宽带激光输出, 补偿钨玻璃放大过程中的增益窄化, 在预放段利用双折射光谱滤波的方法对放大前后的光脉冲进行多级光谱调控<sup>[2]</sup>。主放大系统采用“六片五程”的放大构型, 将脉冲能量放大至 kJ 级。低相干宽带基频输出可达 1 000 J/3 ns, 光谱半高宽 13 nm, 具有较好的近场均匀性和可聚焦能力, 如图 1 所示。靶场分系统利用低掺钕的 KD\*P 晶体实现了 70% 的倍频转换效率(功率密度 0.75 GW/cm<sup>2</sup> 条件下), 获得了半高全宽为 3.1 THz (2.9 nm@528 nm) 的转换带宽<sup>[3]</sup>。基于该装置的宽带低相干激光特性, 采用“阵列透镜联合诱导空间非相干匀滑”的束匀滑方案, 实现了 300  $\mu\text{m}$  方形平顶匀滑聚焦斑输出。该装置目前已基本建成, 正在开展相关磨合实验。

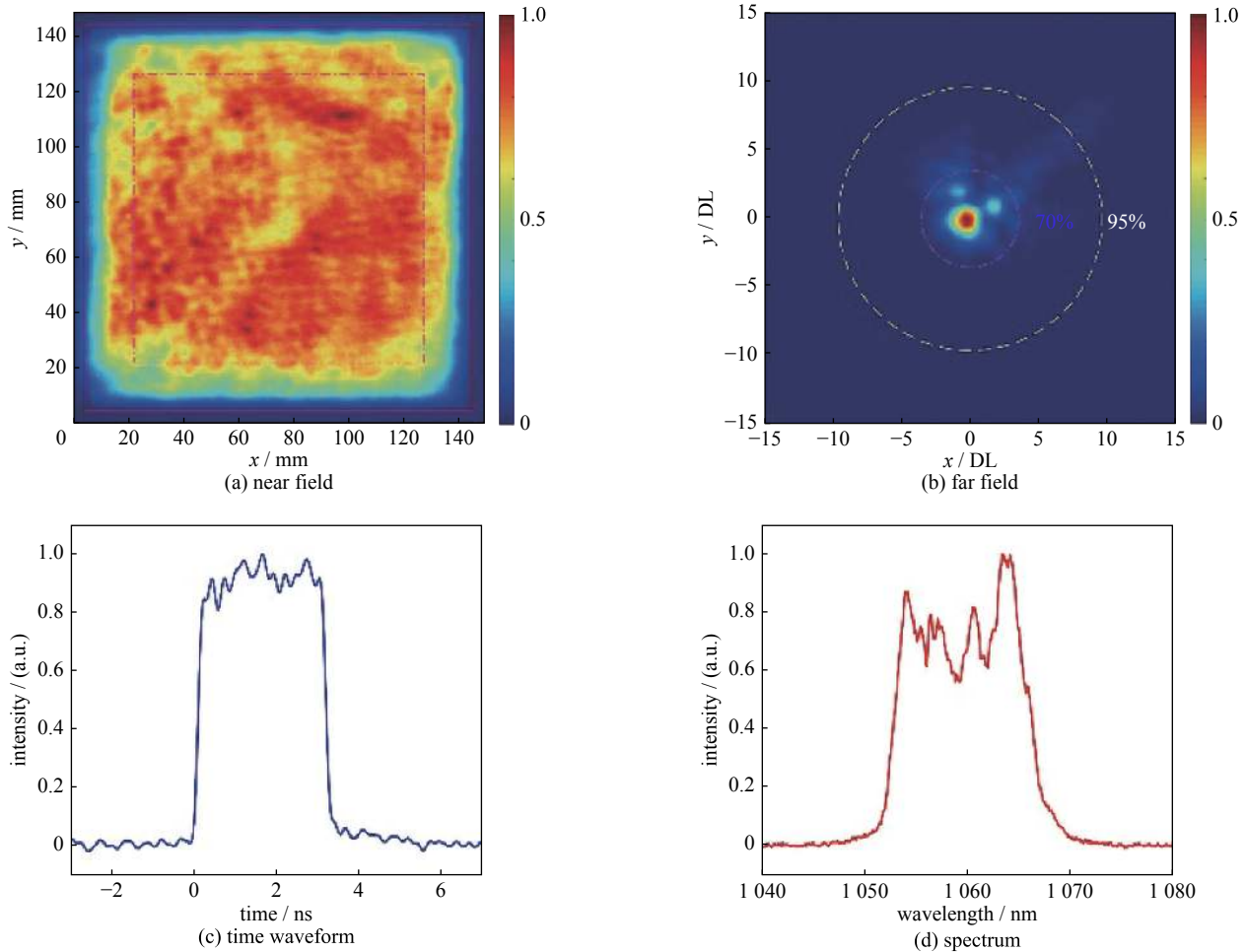


Fig. 1 Fundamental wave output of the kJ low-coherence broadband laser facility

图 1 kJ 宽带低相干激光装置基频输出

本装置演示验证了宽带低相干光的脉冲产生和精密调控技术、高效放大技术、高效倍频技术、基于低相干光脉冲的束匀滑技术以及上述单元技术的系统集成技术。该装置预放系统已工作上千发次, 全系统大能量已工作上百发次, 相关实验结果表明, 该装置具备较好的光束可控性和系统安全性, 该装置的建成必将为激光等离子体相互作用及高能量密度物理研究提供新的机遇和挑战。

#### 参考文献:

- [1] Rao Daxing, Gao Yanqi, Cui Yong, et al. 1  $\mu\text{J}$  nanosecond low-coherent laser source with precise temporal shaping and spectral control[J]. *Optics & Laser Technology*, 2020, 122: 105850.
- [2] Cui Yong, Gao Yanqi, Rao Daxing, et al. High-energy low-temporal-coherence instantaneous broadband pulse system[J]. *Optics Letters*, 2019, 44(11): 2859-2862.
- [3] Ji Lailin, Zhao Xiaohui, Liu Dong, et al. High-efficiency second harmonic generation of low-temporal-coherent light pulse[J]. *Optics Letters*, 2019, 44(17): 4359-4362.