

神光-III 激光装置时标激光和任意反射面速度干涉仪探针光源产生技术

张锐 田小程 周丹丹 朱娜 王振国 李宏勋 王建军 李明中 许党朋 党钊 胡东霞 朱启华 郑万国 王峰

Research of time fiducial laser and probe laser of velocity interferometer system for any reflector for Shenguang-III laser facility

Zhang Rui Tian Xiao-Cheng Zhou Dan-Dan Zhu Na Wang Zhen-Guo Li Hong-Xun Wang Jian-Jun Li Ming-Zhong Xu Dang-Peng Dang Zhao Hu Dong-Xia Zhu Qi-Hua Zheng Wan-Guo Wang Feng

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, 65, 024203 (2016) DOI: 10.7498/aps.65.024203

在线阅读 View online: <http://dx.doi.org/10.7498/aps.65.024203>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn/CN/Y2016/V65/I2>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于模糊控制的自适应光学校正技术

[Adaptive optic correction technique based on fuzzy control](#)

物理学报.2016, 65(1): 014206 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.65.014206>

Nd:LuYAG 混晶 1123 nm 被动调 Q 激光器

[A diode pumped passively Q-switched Nd:LuYAG laser emitting at 1123 nm](#)

物理学报.2015, 64(17): 174203 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.174203>

部分相干双曲余弦厄米高斯光束在非 Kolmogorov 大气湍流中的传输特性

[Propagation properties of partially coherent Hermite-cosh-Gaussian beams in non-Kolmogorov turbulence](#)

物理学报.2015, 64(3): 034208 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.034208>

激光二极管双端直接抽运混合腔板条激光器

[Laser diode double-end-direct-pumped slab laser with hybrid resonator](#)

物理学报.2015, 64(1): 014203 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.014203>

激光二极管抽运的高重频高平均功率 Nd:YAG 激光器

[Laser diode pumped Nd:YAG laser with high repetition and high average power](#)

物理学报.2014, 63(22): 224204 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.63.224204>

神光-III激光装置时标激光和任意反射面速度干涉仪探针光源产生技术*

张锐 田小程 周丹丹 朱娜[†] 王振国 李宏勋 王建军 李明中
许党朋 党钊 胡东霞 朱启华 郑万国 王峰

(中国工程物理研究院激光聚变研究中心, 绵阳 621900)

(2015年4月6日收到; 2015年9月20日收到修改稿)

在惯性约束聚变研究中, 时标激光是对物理诊断数据进行分析的重要时间标尺, 而任意反射面速度干涉仪 (VISAR) 光源则是冲击波精密诊断必不可少的探针光源. 通过对物理需求的分析, 提出对时标激光与 VISAR 光源共用脉冲产生单元, 采用时分复用技术实现二者在同一台幅度调制器上的精密整形, 经 1×2 分束后再通过声光开关进行选择输出, 从而降低了系统造价, 便于集中控制. 采用了脉冲稳偏、高稳定空间放大、高精度温控谐波转换技术及可快速插拔精密复位的光纤耦合和传能技术, 实现了时标和 VISAR 光源脉冲的高稳定输出. 研制的时标激光系统可产生与主激光高精度同步的 12 路二倍频、4 路三倍频时标信号, 为神光-III 激光装置物理实验提供了重要的时间基准. 产生的 VISAR 光源脉冲在经过光纤系统和 Nd:YAG 棒状放大器后, 通过温控 LBO 晶体倍频, 然后经 1 mm 芯径的多模传能光纤传输至成像型 VISAR 系统, 为物理实验提供了单纵模、高亮度、可精密整形的脉冲激光. 系统已用于 VISAR 诊断物理实验, 获得了完整的冲击加载、减速的图像, 从而为冲击波调速及相关高压物理实验提供了可靠的技术手段.

关键词: 时标激光, 任意反射面速度干涉仪光源, 冲击波测量

PACS: 42.55.-f, 42.62.-b, 42.55.Wd, 52.57.-z

DOI: 10.7498/aps.65.024203

1 引言

在惯性约束聚变 (inertial confinement fusion, ICF) 物理实验中, 直接采用同步电脉冲触发示波器和条纹相机的方式由于电同步脉冲与主激光的晃动大, 且在强电磁环境下易受干扰, 测得的物理过程的起始时间与主激光关系相对模糊. 因此 ICF 精密物理实验要求采用与主激光精确同步的激光脉冲作为时间参考, 从而为示波器、X 光条纹相机、可见光条纹相机、X 光分幅相机和软 X 射线谱仪等诊断设备提供高精度时标信号, 实现所测物理量与打靶主激光的时间关联^[1-3].

在 ICF 研究中, 冲击波测量具有小尺度、超高压、超高速、短持续时间和高时间分辨的特点. 目前

可测量任意反射面的速度干涉仪 (velocity interferometer system for any reflector, VISAR) 已成为诊断冲击波作用下样品自由面速度剖面或粒子速度剖面的主要技术, 可用于激光打靶中一系列冲击相关现象的诊断, 如自由面运动速度历程、高压状态方程和材料特性实验等. 成像型 VISAR 于 20 世纪 90 年代开发出来, 通过 VISAR 和成像系统的耦合得到. 利用成像型 VISAR 可对待测面的一段线型区域进行具有空间分辨的速度测量. 如果测量面为平面或是轴对称的, 就可以再现整个表面连续运动的速度变化^[4-7].

前期在神光-III 原型装置上针对不同阶段的物理需求分别独立开发了时标激光^[8]和 VISAR 光源系统^[9]. 基于新的物理需求, 从激光系统免调试的角度出发, 在神光-III 激光装置上对时标激光和

* 国家自然科学基金 (批准号: 61475145) 资助的课题.

[†] 通信作者. E-mail: zhangrui8s-1@caep.cn

VISAR 光源进行了整体设计, 并采用了时分复用、脉冲稳偏、高稳定空间放大、高精度温控谐波转换及可快速插拔精密复位的光纤耦合和脉冲保形传输技术, 大幅提高了时标激光和 VISAR 光源的输出能力和稳定性, 方便了物理使用. 这里系统梳理了神光-III 激光装置时标激光和 VISAR 光源采用的各项关键技术, 对今后有类似需求的激光系统研制有一定的借鉴意义.

2 实验研究

2.1 系统光路

神光-III 激光装置时标激光系统主要由脉冲产生组件、脉冲放大组件、谐波转换组件、分束耦合组件及控制与同步组件构成, 分别承担脉冲序列的产生、放大、谐波转换、分束与耦合及同步控制等功能. 图 1 给出了神光-III 激光装置时标激光系统的光路示意图. 连续激光从单纵模 DFB 激光器产生后, 通过波导幅度调制器后产生精密整形光脉冲. 幅度调制器由采样率为 10 GS/s 的任意波形发生器产生的整形电脉冲驱动. 整形脉冲在通过光纤放大后进入

入 1×2 分束器, 一束进入时标激光系统, 一束进入 VISAR 光源. 通过采用时分复用和声光开关选单, 选取每路所需的种子脉冲. 然后通过光纤放大器和棒状放大器对脉冲能量进行放大, 经 LBO 晶体实现谐波转换, 最终通过色分离镜和滤波片实现二倍频与三倍频光的分离和分束, 并通过一体化设计的耦合单元实现光纤耦合输出. 系统输出二倍频光能量 13.4 mJ, 输出三倍频光能量 5.5 mJ; 二倍频光经集束光纤输出 12 路; 三倍频光经空间分束 1 分 4 输出, 每束光能量大于 1 mJ; 二倍频和三倍频光传能光纤长度均大于 30 m, 可柔性传输至各类物理诊断设备.

VISAR 光源系统的光路示意图如图 2 所示. 种子脉冲经 1×2 分束后经过两级光纤放大器和声光开关, 获得 20 nJ 的输出. 在经过带有反馈控制功能的脉冲稳偏器后, 经由铠装保偏光纤注入功率光纤放大器, 进一步放大至 $1 \mu\text{J}$. 在通过闪光灯抽运的 Nd:YAG 棒状放大器逐级放大至 100 mJ 后, 通过温控 LBO 晶体倍频. 之后耦合进 1 mm 芯径的传能光纤, 经 30 m 传输, 输出至成像型 VISAR 系统, 供物理诊断使用.

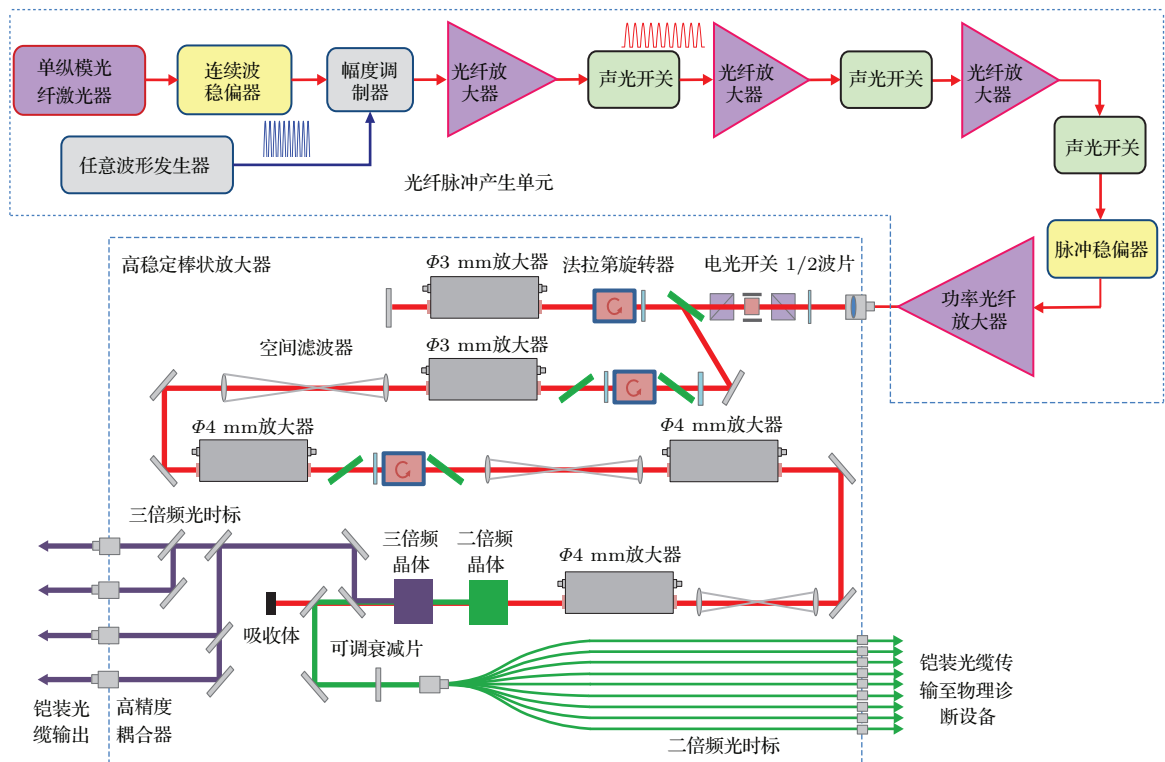


图 1 神光-III 激光装置时标激光系统光路示意图

Fig. 1. Schematic drawing of the time fiducial laser system for SG-III laser facility.

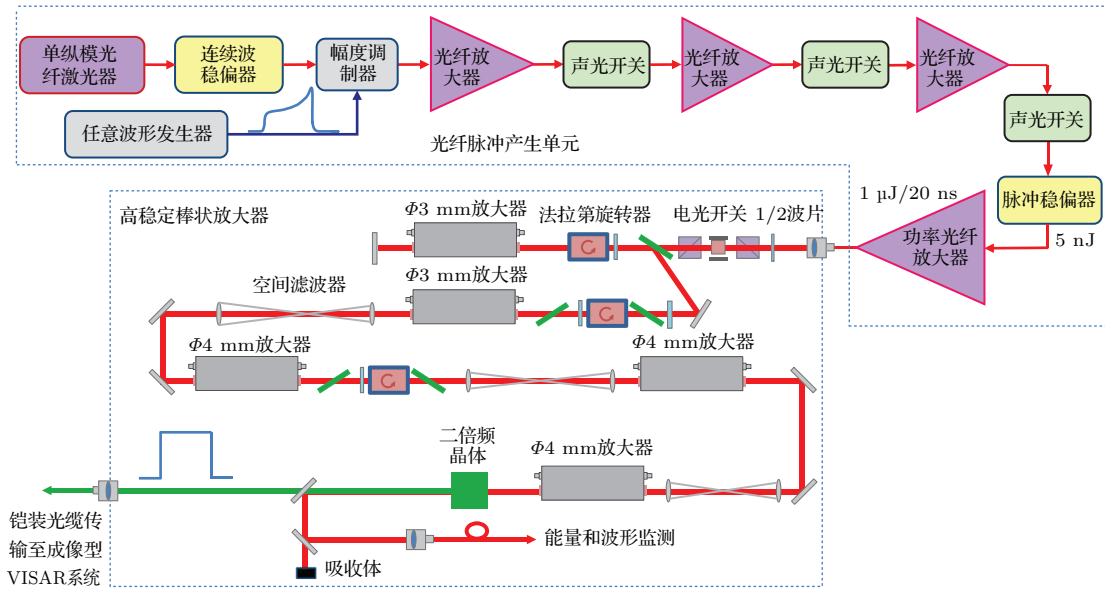


图2 神光-III激光装置成像型VISAR光源系统光路示意图

Fig. 2. Schematic drawing of the probe laser system of imaging VISAR for SG-III laser facility.

时标和VISAR光源的棒放组件均采用闪光灯抽运的Nd:YAG风冷放大器. 以图2中的VISAR光源为例, 光纤准直器将光纤系统输出的激光准直, 输入一对格兰棱镜和KDP晶体组成的普克尔盒, 以隔离大模场光纤放大器(LMA)的ASE噪声, 同时选出1 Hz重频脉冲. 偏振片、法拉第隔离器、空间滤波器和五级Nd:YAG放大器构成了棒状放大组件, 将输入的1 μJ整形脉冲放大至100 mJ后通过LBO晶体倍频. 经色分离镜进行波长选择后, 波长532 nm的绿光透射, 1064 nm光反射并被光束陷阱吸收. 绿光信号被可调焦距的透镜组缩束后耦合进1 mm芯径的石英传能光纤为成像型VISAR系统提供光源. 由于采用了高效耦合结构, 传能光纤耦合输出的二倍频光能量可大于20 mJ.

2.2 时标和VISAR光源与主激光的高精度同步技术

物理实验要求时标与VISAR光源信号与主激光高精度同步. 神光-III激光装置采用三台任意波形发生器6个通道实现六个束组的主激光输出, 三台任意波形发生器由同步系统提供10 GHz的外时钟信号使其工作在外时钟模式以提高束组间光脉冲的高精度同步. 而时标激光和VISAR光源系统由于位于靶场, 远离前端, 因此也需要采用一台任意波形发生器实现脉冲精密整形. 该任意波形发生器同样由同步系统提供10 GHz外时钟信号, 从而

实现了时标和VISAR光源脉冲与主激光脉冲间的高精度同步, 结构框图如图3所示. 采用这种方式后, 实现了同步参考信号与时标和VISAR光源脉冲同步抖动小于7 ps (RMS)的精密控制, 从而保证了时标和VISAR光源脉冲与主激光间的精密同步关系.

2.3 基于时分复用的同源脉冲产生技术

由于时标和VISAR光源精密整形脉冲均基于电光调制产生, 因此采用了时分复用技术. 将时标激光与VISAR光源共用振荡器、任意波形发生器、幅度调制器及一台光纤放大器, 经1 × 2分束后通过声光调制器分别选单独立输出, 从而降低了系统造价. 光纤脉冲产生组件的光路示意图如图4所示.

通过采用便捷的一键运行和一键待机软件设计, 实现了时标和VISAR光源运行的简化操作. 同时, 通过软件对系统安全输出工作点进行了操作限制, 有效避免了操作失误可能带来的非线性损伤.

2.4 高稳定脉冲放大与谐波转换技术

由于采用了单模光纤放大体系, 在注入线偏振光放大的棒状放大器组件前, 脉冲的偏振稳定性控制至关重要. 在系统中该功能主要由脉冲稳偏器实现. 脉冲稳偏器由电动可调偏振控制器、控制电路等组成, 其光路示意图如图5所示. 输入光经99 : 1

的光分路器分光, 将1%的光输出至光电探测器检测输入光功率波动, 其余光进入四单元电动可调偏振控制器. 其中电动可调偏振控制器为挤压光纤式, 位移元件采用压电陶瓷, 通过改变压电陶瓷驱动电压挤压光纤, 从而实现光纤中光信号偏振态的

改变. 电动可调偏振控制器输出光经起偏器起偏, 再经过保偏分束器分光, 95%光作为输出, 5%的光再通过 50 : 50 分束器, 一半用于在线监测偏振态的变化情况, 以便实时控制输出光偏振态稳定, 一半用于光监控输出.

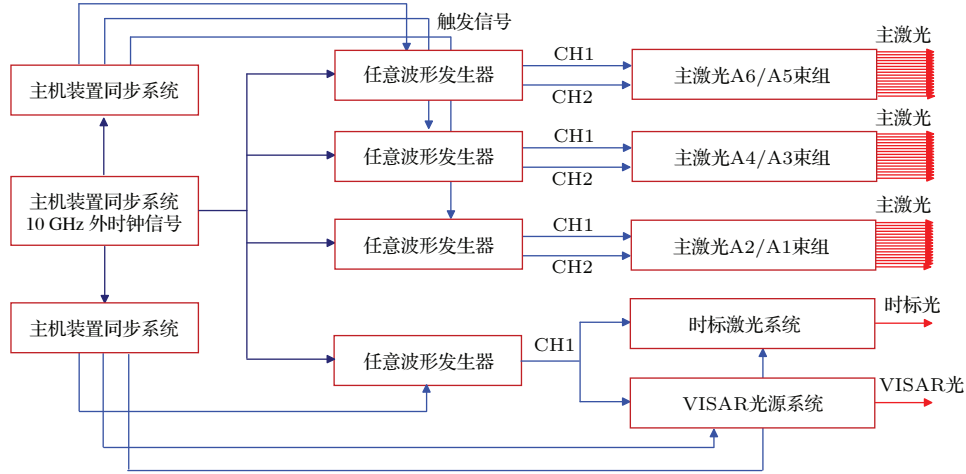


图3 神光-III激光装置时标和VISAR光源与主激光间的精密同步技术

Fig. 3. Precise synchronization technology adopted for time fiducial laser, imaging VISAR probe laser and the main laser pulse of SG-III laser facility.

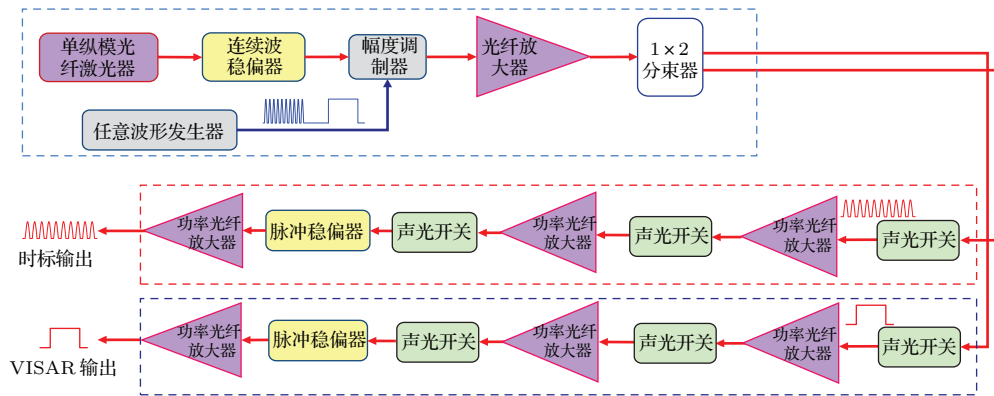


图4 基于时分复用的时标激光与VISAR光源脉冲同源产生技术

Fig. 4. Pulse generation technology using time division multiplexing for time fiducial laser and VISAR probe laser system.

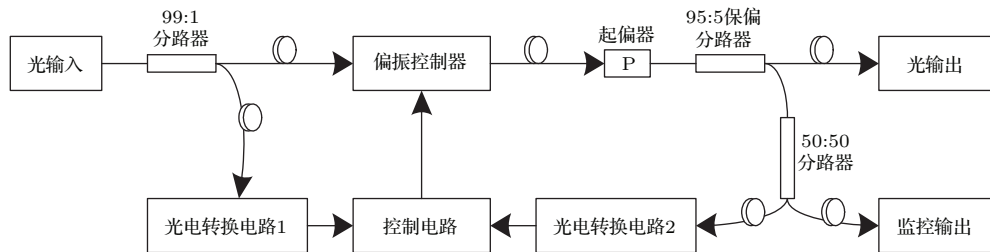


图5 脉冲稳偏器光路示意图

Fig. 5. Schematic drawing of the pulse stabilizer.

光纤系统末级的功率放大器光路示意图如图6所示. 采用模场适配技术, 实现了功率光纤放大器的微焦级严格基横模输出, 为Nd:YAG放大器提供了优质的注入种子光.

光纤系统输出激光经15倍固定衰减后接入能

量计测试了输出稳定性, 结果如图7所示. 时标激光光纤脉冲产生组件输出能量1.986 μJ , 2 h稳定性为0.81%(RMS), 如图7(a); VISAR光源脉冲产生组件输出能量1.605 μJ , 2 h稳定性为1.206%(RMS), 如图7(b).

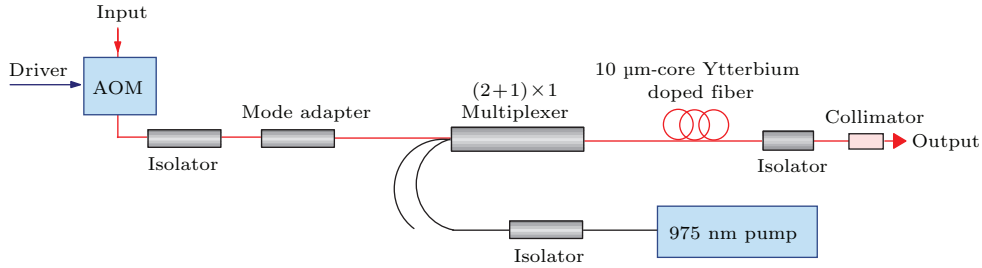


图6 功率光纤放大器光路示意图

Fig. 6. Schematic drawing of the 10 μm core fiber power amplifier.

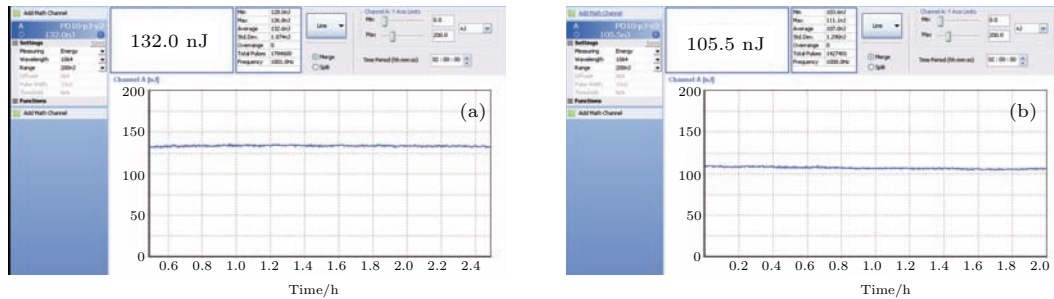


图7 光纤脉冲产生组件输出稳定性测试结果 (a) 时标脉冲; (b) 20 ns VISAR 脉冲

Fig. 7. Stability results tested after the 10 μm core fiber power amplifier: (a) Time fiducial laser pulse; (b) 20 ns VISAR laser pulse.

对于棒放组件, 针对其使用特点, 充分利用固体激光器发展的多项新技术, 解决了时标和VISAR光源系统长期使用免调试、高鲁棒性运行的技术难题.

由于神光-III激光装置主激光发射时间间隔长(≥ 2 h), 时标激光与VISAR光源系统打靶时为与主激光同步的单次工作模式, 而打靶前物理诊断设备调试时5 s一发即可满足使用需求. 从研制性价比、维护便捷性、系统鲁棒性等角度出发, 空间放大段采用了氙灯抽运的风冷Nd:YAG放大器. 在系统设计时, 在棒放组件中引入级间空间滤波器, 抑制了非线性增长, 改善了输出光束质量; 加强了Nd:YAG放大器的级间隔离, 有效抑制了自激振荡, 降低了注入光纤头的SBS损伤风险. 研制中还重点解决了高稳定腔体结构、镜架调节机构、散热风道设计、电源稳定性控制等关键技术问题, 解决了时标和VISAR光源系统长期免调试、高稳定运行的技术难题. 同时, 采用温控精度优于0.1 $^{\circ}\text{C}$ 的高精度温控谐波转换技术保证了系统倍频和三倍频光

的长期稳定输出. 以时标激光系统为例, 连续测量15发的测量结果表明: 二倍频光能量不稳定性为1.96% (RMS), 三倍频光的能量不稳定性为1.18% (RMS).

2.5 与光纤脉冲产生组件和各类诊断设备的柔性对接技术

光纤脉冲产生组件内的脉冲稳偏器与功率光纤放大器之间采用保偏光纤柔性连接, 实现脉冲偏振态的稳定传输, 从而保证了注入棒状放大器组件激光脉冲的偏振态稳定. 采用即插即用、一体化设计的空间光与传能光纤高效耦合技术, 解决了数十毫焦二倍频和三倍频激光脉冲与诊断设备的柔性对接问题, 方便了物理实验人员使用.

2.6 物理应用情况

神光-III激光装置时标激光与VISAR光源目前均已应用于物理实验. 图8(a)给出了示波器和光电探头结合测得的基频时标激光脉冲, 序列脉

冲共包含10个子脉冲,子脉冲间隔500 ps,宽度123 ps.图8(b)给出了采用X光条纹相机动态下测得的 3ω 时标激光信号,图中水平方向为X光条纹相机的时间轴,垂直方向为X光条纹相机的空间轴.每个光斑对应于时标序列脉冲中的一个子脉

冲.由图可知,X光光斑清晰可辨,每个光斑无拖尾.由于时标信号与主激光精密同步,因此与条纹相机上主激光激发的X光信号之间也有了精密同步关系,从而为X光条纹相机测得的物理诊断数据建立了精确的时间基准.

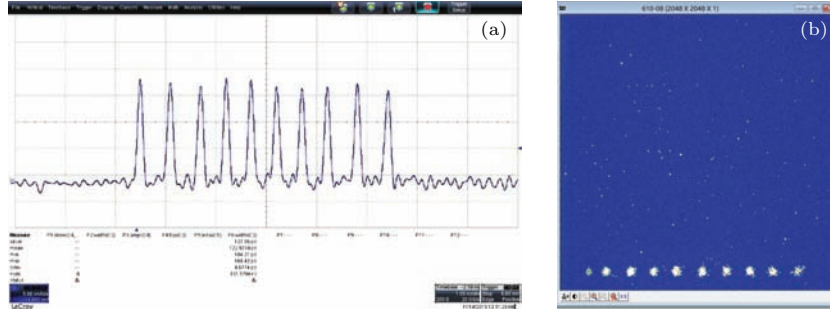


图8 (网刊彩色) (a) 时标激光系统输出脉冲波形; (b) X光条纹相机测得的 3ω 时标信号
Fig. 8. (color online) (a) Output waveform of the time fiducial laser system; (b) 3ω time fiducial laser signal measured by an X-ray streak camera.

VISAR光源已成功应用于神光-III激光装置VISAR诊断技术探索物理实验.图9给出了无主激光时成像型VISAR系统自身动态下测得的20 ns条纹图片,纵坐标为时间轴,满屏为20 ns,横坐标为空间轴.由图可知,在不加载主激光的条件下,成像型VISAR系统给出的条纹数据对比度高,时间维上光脉冲强度均匀、顶部平坦,从而极大地方便了主激光加载下的数据分析.

程.多发次的物理实验考核结果表明,VISAR光源产生的条纹图强度稳定,波形精密可控,从而为在神光-III激光装置上开展冲击波调速^[10]及激光加载下的高压物理实验^[11]提供了可靠的技术手段.

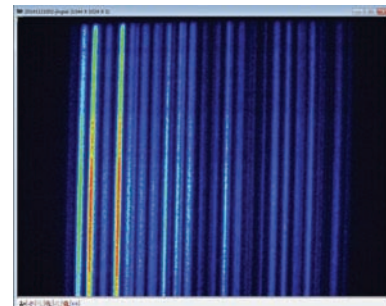


图9 (网刊彩色) 成像型VISAR系统动态下测得的20 ns条纹图像
Fig. 9. (color online) 20 ns VISAR probe laser signal measured by the imaging VISAR system.

在神光-III激光装置两束组、共16束主激光的注入条件下(每束光能量2.85 kJ,波长351 nm,脉宽3 ns),实验测得了成像型VISAR系统完整的冲击加载、减速图像,如图10所示.图10(a)为装置正式打靶时成像型VISAR系统获得的实测数据,图10(b)为经图像分析和程序处理后得到的石英晶体中的冲击波速度曲线.由图可以清晰地看到主激光加载后冲击波加载、减速各阶段的速度历

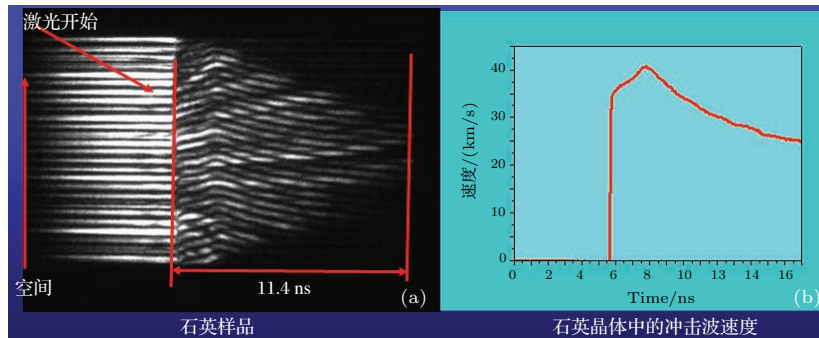


图10 (网刊彩色)(a) 打靶时成像型VISAR系统的实测数据; (b) 石英晶体中的冲击波速度曲线
Fig. 10. (color online) (a) Streak camera data measured in a SG-III laser shot using VISAR probe laser and imaging VISAR system; (b) velocity curve of the shock wave in quartz calculated from Fig. 10(a).

3 结 论

系统梳理了神光-III激光装置时标激光和VISAR光源采用的关键技术,解决了系统免调试、高鲁棒性运行的技术难题.产生的时标激光和VISAR探针光信号与主激光高精度同步.系统工作稳定,光路长期免调节,并在控制上实现了一键开机和一键待机功能,方便了物理实验人员的使用.时标和VISAR光源均已应用于神光-III激光装置物理实验.时标激光为物理实验提供了重要的时间基准;VISAR光源应用后获得了完整的冲击加载、减速图像,从而为冲击波调速及相关高压物理实验提供了可靠的技术手段.

参考文献

- [1] Babushkin A, Seka W, Letzring S A 1997 *Proc. SPIE* **2869** 540
- [2] Okishev A V, Roides R G, Begishev I A, Zuegel J D 2006 *Proc. SPIE* **6053** 60530J
- [3] Schiano Y, Bar E, Richard A, Feral C, Darquey P 2007 *Proc. SPIE* **6584** 65840N
- [4] Barker L M, Hollenbach R E 1972 *J. Appl. Phys.* **43** 4669
- [5] Malone R M, Frogget B C, Kaufman M I, Watts P W, Bell P M, Celeste J R, Lee T L 2004 *Proc. SPIE* **5173** 26
- [6] Celliers P M, Bradley D K, Collins G W, Hicks D G, Boehly T R, Armstrong W J 2004 *Rev. Sci. Instrum.* **75** 4916
- [7] Shui M, Chu G B, Xin J T, Wu Y C, Zhu B, He W H, Xi T, Gu Y Q 2015 *Chin. Phys. B* **24** 094701
- [8] Lin H H, Jiang D B, Wang J J, Li M Z, Zhang R, Deng Y, Xu D P, Dang Z 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 025208 (in Chinese) [林宏奂, 蒋东滨, 王建军, 李明中, 张锐, 邓颖, 许党朋, 党钊 2011 物理学报 **60** 025208]
- [9] Zhang R, Li M Z, Wang J J, Duan W T, Wang F, Peng X S, Tian X L 2011 *Opt. Laser Tech.* **43** 179
- [10] Wang F, Peng X S, Mei L S, Liu S Y, Jiang X H, Ding Y K 2012 *Acta Phys. Sin.* **61** 135201 (in Chinese) [王峰, 彭晓世, 梅鲁生, 刘慎业, 蒋小华, 丁永坤 2012 物理学报 **61** 135201]
- [11] Wang F, Peng X S, Shan L Q, Li M, Xue Q X, Xu T, Wei H Y 2014 *Acta Phys. Sin.* **63** 185202 (in Chinese) [王峰, 彭晓世, 单连强, 李牧, 薛全喜, 徐涛, 魏惠月 2014 物理学报 **63** 185202]

Research of time fiducial laser and probe laser of velocity interferometer system for any reflector for Shengguang-III laser facility*

Zhang Rui Tian Xiao-Cheng Zhou Dan-Dan Zhu Na[†] Wang Zhen-Guo Li Hong-Xun
Wang Jian-Jun Li Ming-Zhong Xu Dang-Peng Dang Zhao Hu Dong-Xia Zhu Qi-Hua
Zheng Wan-Guo Wang Feng

(Research Center of Laser Fusion, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

(Received 6 April 2015; revised manuscript received 20 September 2015)

Abstract

Time fiducial laser is an important timing marker for different diagnostic instruments in high energy density physics experiments. The probe laser in velocity interferometer system for any reflector (VISAR) is also vital for precise shock wave diagnosis in inertial confinement fusion (ICF) research. Here, time fiducial laser and VISAR probe laser are generated from one source in SG-III laser facility. After generated from a 1064 nm DFB laser, the continuous wave laser is modulated by an amplitude modulator driven by a 10 GS/s arbitrary waveform generator. Using time division multiplexing technology, the ten-pulse time fiducial laser and the 20 ns pulse width VISAR probe laser are split by a 1×2 multiplexer and then the time fiducial and VISAR pulses will be selected individually by acoustic-optic modulators. Using this technology, the cost for the system can be reduced. The technologies adopted in the system also include pulse polarization stabilization, high stable Nd:YAG amplification, high precision thermally controlled frequency conversion, fiber coupling, and energy transmission. The fiber laser system is connected to the Nd:YAG rod amplifier stage with polarizing (PZ) fibers to maintain the polarization state. The output laser of Nd:YAG amplification stage is coupled with different kinds of energy transfer fibers to propagate enough energy and maintain the pulse shape for the time fiducial and VISAR probe laser. The input and output fibers are all coupled to the rod amplifiers with high precision and being easy to plug and play for users. Since the time fiducial and imaging VISAR laser system is far from the front end room and located in the target area, the system also uses an arbitrary waveform generator (AWG) to generate the shaped ten-pulse time fiducial laser and 20 ns VISAR laser. This AWG and the other three AWGs used for the main laser pulse of SG-III laser facility will be all synchronized by 10 GHz clock inputs, realizing the smaller than 7-ps (RMS) jitter between the main laser pulse, time fiducial laser and VISAR pulse. After amplification and frequency conversion, the time fiducial laser finally generates 12-beam 2ω and 4-beam 3ω laser beams, providing important reference marks for different detectors in the ICF experiments and making it convenient for the analysis of multiple diagnostic data. The VISAR laser pulse is also amplified by the Nd:YAG amplifiers and frequency-converted to 532-nm green light by a thermally controlled LBO crystal, with output energy larger than 20 mJ. Finally, the 532-nm VISAR probe laser beam is coupled with a 1-mm core diameter fused silica optical fiber, and then propagates 30 meters to the imaging VISAR system. The VISAR probe laser has been used in many high energy density physics experiments. The shock wave loading and slowdown processes are measured. Function for measuring velocity history of shock wave front movement in different kinds of materials was added to the SG-III laser facility.

Keywords: time fiducial laser, probe laser of velocity interferometer system for any reflector, shock wave diagnosis

PACS: 42.55.-f, 42.62.-b, 42.55.Wd, 52.57.-z

DOI: 10.7498/aps.65.024203

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 61475145).

[†] Corresponding author. E-mail: zhangrui8s-1@caep.cn