

基于神光 III 原型的背向散射实验技术研究*

王峰[†] 彭晓世 杨冬 李志超 徐涛 魏惠月 刘慎业

(中国工程物理研究院激光聚变研究中心, 绵阳 621900)

(2013 年 1 月 9 日收到; 2013 年 5 月 8 日收到修改稿)

激光与等离子体相互作用研究是惯性约束聚变 (ICF) 研究中的重要研究内容. 为了定量研究神光 III 原型实验中激光与等离子体相互作用产生的散射光能量和光谱, 研制了全孔径和近背向散射诊断系统, 并介绍了全孔径和近背向测量系统的光路结构. 对采用连续相位板技术后引起的激光焦斑变化进行了分析. 介绍了采用全孔径和近背向散射诊断系统在神光 III 原型上完成的考核束匀滑实验效果的实验, 对比了使用束匀滑前后背向散射系统获得的散射光份额和散射光谱分布. 实验发现, 在神光 III 原型使用 800 J 能量 8 束打靶的条件下, 使用束匀滑后背向散射光份额可以降低到 5% 以下, 其散射光谱也更加集中. 这些数据为黑腔能量学等研究的进一步发展起到重要的促进作用.

关键词: 激光散射, 连续相位板, 黑腔, 光谱

PACS: 52.38.-r, 52.57.-z, 52.38.Dx

DOI: 10.7498/aps.62.175202

1 引言

在激光惯性约束聚变 (ICF) 研究中, 激光与等离子体相互作用可以产生大量的不稳定性, 尤其是受激布里渊散射 (SBS, 光谱范围 $351 \pm 3\text{nm}$) 和受激拉曼散射 (SRS, 光谱范围 $400\text{—}700\text{nm}$), 它们降低了激光能量的吸收和激光等离子体的耦合效率, 从而降低了辐射场的温度^[1-4]. 激光散射是 ICF 实验长期关心的问题之一, 由于散射光和等离子体的状态密切相关, 散射光的特性反映了等离子体状态随时间的演化过程, 因此精密诊断各种散射光的能量及时间变化过程对于激光等离子体耦合的研究十分重要^[5-9]. 全孔径背向散射光是位于入射激光全孔径范围内的散射光. 在散射光诊断研究中, 由原型装置倍频晶体反射的注入光与散射光一起进入诊断系统, 原有的全孔径背向散射诊断系统 (full aperture backscatter system, FABS) 难以将该反射光以及其它杂散光过滤分离, 严重影响了测量数据的准确性. 近背向散射光 (near backscatter imaging system, NBI) 是超出终端光学组件收光立体角而在

一定收光立体角范围内散射的光. 由于实验条件的限制, 还没有在神光 III 原型上准确测量到过全孔径背向散射和近背向散射光的能量和 SBS, SRS 光谱演化过程.

本文介绍了基于神光 III 原型装置的背反诊断系统, 对采用的新型技术路线进行了较详细的分析. 对使用连续相位板 (CPP) 以后的焦斑分布进行了分析, 发现使用 CPP 后焦斑分布中的高频调制明显降低, 功率密度也显著下降. 比较了大能量打靶条件下, 有无束匀滑时背向散射光的能量份额. 通过实验数据发现, 在无束匀滑条件下, 背向散射的份额可以在 20%—40% 之间大范围变动, 而使用连续相位板 (CPP) 以后背向散射份额可以降低到 5% 以下. 同时, 对同样能量束匀滑前后背反光谱分布进行了分析, 发现使用束匀滑后 SRS 光谱明显变窄, 说明使用束匀滑打靶后真空黑腔内的等离子体密度已经比较均匀了. 这些数据为大范围使用 CPP 提供了直接支持, 也为下一步全面开展激光等离子体相互作用研究打下了良好的基础. 对黑腔能量学等研究的进一步发展起到重要的促进作用.

* 国家自然科学基金 (批准号: 10805041)、等离子体重点实验室基金 (批准号: 9140C6801021001) 和中国工程物理研究院科学技术发展基金 (批准号: 2011B0102020) 资助的课题.

[†] 通讯作者. E-mail: xiaozei7566@163.com

2 背向散射诊断系统介绍

2.1 全孔径背向散射诊断系统

神光 III 原型装置入射激光到腔壁的传播过程会被腔内低密度等离子体中的各种散射影响. 在等离子体中, 入射光波能共振衰变为一个背向散射光波和一个等离子体中的离子声波或电子等离子体波^[9]. SBS 与 SRS 分别是入射激光在离子声波和电子等离子体波上的散射, 由于离子声波频率远小于电子等离子体波频率, 因此 SBS 与 SRS 的散射光频率差别较大, 可利用这一性质对散射光进行频率分离^[9]. 这里 FABS 和 NBI 设计的收光立体角参考了美国 NOVA 装置的实验结果. 而 NBI 的 F 数达到了 1.4, 可以使该系统收集超过 90% 的背向散射光^[10].

全孔径背向散射诊断系统利用终端光学组件对从靶点散射的光进行收集, 对收集的散射光进行色分离后再进行空间滤波和缩束, 最后通过能量计和光谱仪等设备对 SBS 和 SRS 的散射光能量和光谱进行测量. 全孔径背向散射测量系统主要由收光系统、缩束系统、分频系统和记录系统几部分组成. 其总体技术路线如图 1 所示. 离子声波频率较小, 发生 SBS 时散射光频率在入射光 (351 nm) 频率附近, 因此可在图 1 光路中利用 351 nm 全反镜将

散射光分两个支路分别进行测量, 反射光为“受激布里渊散射光”, 称为 SBS 支路; 透射光为“受激拉曼散射光”, 称为 SRS 支路. 在 SBS 和 SRS 两支路取光并通过光纤输入到光谱仪, 散射光经谱仪分光后进入条纹相机即可获得时间分辨的 SBS 和 SRS 光谱.

改进后的背向散射诊断系统光路排布如图 1 所示. 全孔径背反光经注入反射镜 M_1 透射后通过长焦离轴抛物镜 M_2 进行汇聚, 利用楔形平板 M_3 取光后通过中心波长为 351 nm 的窄带高反镜 BS_1 将背反光路分为 SRS 和 SBS 两个支路, 然后通过空间滤波器 1 和空间滤波器 2 分别对 SRS 和 SBS 进行滤波, 再通过透镜缩束后进入能量卡计 1 和能量卡计 2 进行记录. 将终端光学组件小角度倾斜安装后, 在 SBS 支路可通过空间选通滤掉晶体反射光. 由于 SRS 谱较宽, SRS 支路通过空间滤波可能不能完全滤掉二倍频杂散光. 可通过窄带 ($526 \text{ nm} \pm 3 \text{ nm}$) 高反镜进行滤除, 再在数据处理时根据 SRS 谱估算损失的能量. 为测量背反光的空间分布及时间、光谱信息, 在 SRS 和 SBS 两个支路中还各加了两片取样镜 BS_2/BS_3 , BS_4/BS_5 进行分光. 通过快光电管 1 和快光电管 2 测量背反光的的时间特性, 通过谱仪配条纹相机 (OMA+OSC) 测量光谱的时间分布, 通过光束分析相机进行背反光的的空间分布 (图 1 中未画出).

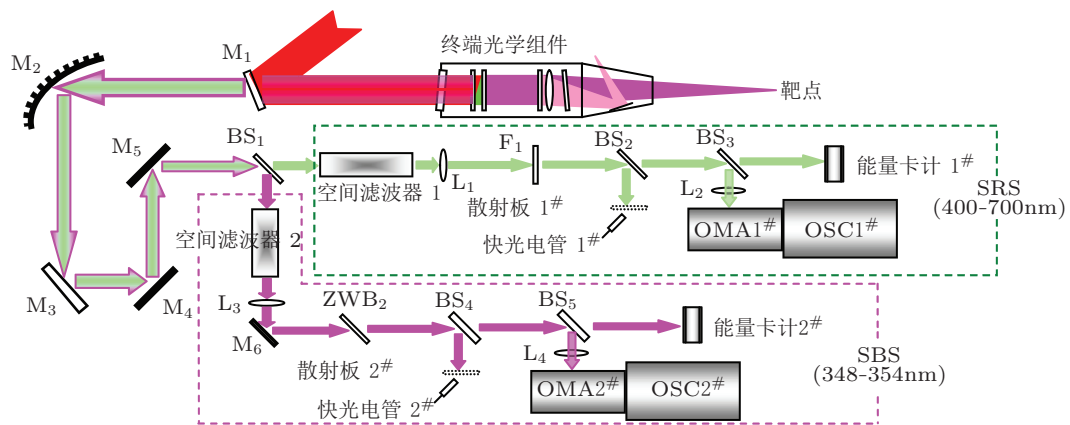


图 1 全孔径背向散射测量系统示意图

在背反诊断系统的改进上, 我们采用大光斑标定与单点标定技术相结合的方式, 尽量获得准确的背反系统透过率数据. 为了使标定参数尽可能的准确, 全孔径标定时光束分布必须与实际打靶测量时的光束分布相同, 这样得到的标定系数才可用.

入射激光与等离子体发生相互作用时, 非线性效应将导致背向散射光分布不均匀. 在进行透过率标定时, 系统采用全口径大光斑模拟打靶散射光, 避免了单点及逐点标定时散射光因空间分布不均匀而透过率系数差别较大的影响. 单点标定就是利用光

点很小的激光器模拟背反光路的一根光线,从靶点反穿,通过终端光学组件、背反系统,最后到达能量记录系统.通过标定单点标定的透过率,可以分析极限不均匀条件下的背反激光的透过率.将大光斑标定与单点标定的数据相结合,可以得到一个比较准确的透过率和不确定度数据.

2.2 近背向散射诊断系统

系统整体结构如图 2 所示,其整个光路的工作过程是:一块环状离轴椭球镜安装在靶室内的打靶透镜边缘,从靶室中心靶点 (TCC) 散射出的散射光部分会由椭球镜进行收集并缩束,通过靶室法兰口的密封玻璃窗口传递到靶室外的诊断包内.诊断包中包含一个进行能量衰减和光路转折的楔形反射镜.由于散射光能量很强 (大于 10 J),楔形镜前表面镀有反射率较低的介质膜,散射光到达此介质膜时会有较大一部分能量的光从前表面透射进入楔形镜,从镜子不镀膜的后表面穿透出光路,这样进入后续光路的光能量会比较小,避免了散射光对光学元件及能量卡计的损害.通过对楔形反射镜二维方向的调节,使得散射光能依次通过后续光学元件的通光口径范围.经楔形镜前表面反射的散射光由一块二向色镜进行分光,该二向色镜对 400—700 nm 的光具有很好的透过性,透过率大于 95%,而对小

于 400 nm 的光具有较高的反射性能,透过率小于 0.5%.光路在此后分成 SBS 和 SRS 两支路,两支路中分别利用透镜组对靶点进行二次成像,控制散射光光束,以形成大小合适、强度分布较为均匀的光斑,便于安装在支路末端的能量卡计收集.诊断包设置在靶室外并密闭,系统采集得到的散射光能量因此不会受外界杂散光的干扰.

3 X 射线焦斑特性

激光以短脉冲方式入射平面靶时,由于作用时间较短,等离子体横向热传导还来不及显著改变激光的能量沉积和 X 射线发射位置,一般认为这种条件下的 X 射线发射位置与激光焦斑功率密度强区一致,通过 X 射线针孔和 X 射线分幅相机获得的 X 射线焦斑特性,能够表征激光的光学焦斑特性.

神光 III 原型的上四路激光相对平面靶法线成 45° 角方向入射靶中心.三倍频激光 100 J 能量,0.2 ns 方波.图 3 是激光脉冲为 0.2 ns 方波条件下,不同焦斑尺寸和激光能量对应的平均功率密度.实际打靶时,由于短脉冲条件下激光为高斯形状,所以峰值功率密度比下图所示要高. Au 平面靶尺寸 3.0 mm × 3.0 mm,厚度大于 3 μm.针孔相机的配置采用了大于 10 倍的放大倍数和针对金 M 带的滤片组合.

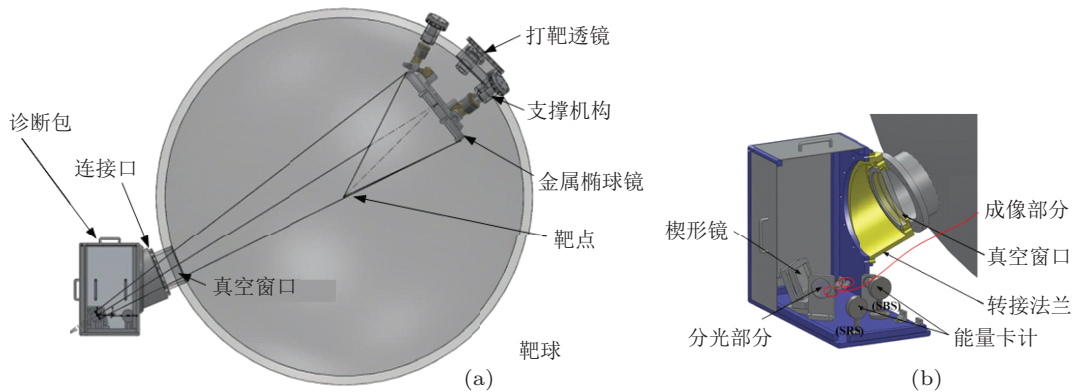


图 2 (a) 近背以诊断系统整体结构与布局图; (b) 诊断包部分细节图

X 射线针孔相机 (XPHC) 获得的原始数据如图 3 所示.图 3(a) 是四路激光聚焦焦斑图像.可以看到,四路激光焦斑形状明显不同. N1 路的焦斑形状最好,很少有调制.分析图 3(a) 和 (b) 后发现, N1 路即使在离焦 1.0 mm 后的光强分布仍然较好,高

频调制比较少.而 S1 路的焦斑明显出现了分裂,从而有可能产生很强的背向散射光.同时,分析图 3(b) 和 (c) 以后可以看到,使用 CPP 以后 N2 路的焦斑形状在 1.0 mm 离焦量的情况下并没有什么变化,说明使用 CPP 以后的光束在光路上的光

强分布具有比较好的稳定性. 而且明显看出, 使用束匀滑条件后焦斑的分布匀滑了, 而且高频分布明显减少. 离焦量较大时 (离焦 +1 mm/离焦 +2 mm), 焦斑的整体轮廓尺寸较大 (大于 $\phi 500 \mu\text{m}$), 但是

其发光强度随空间分布很不均匀 (甚至出现了类似“脚掌”的中空焦斑), 因此光束的实际功率密度也远大于其按照轮廓尺寸计算出的“名义”功率密度.

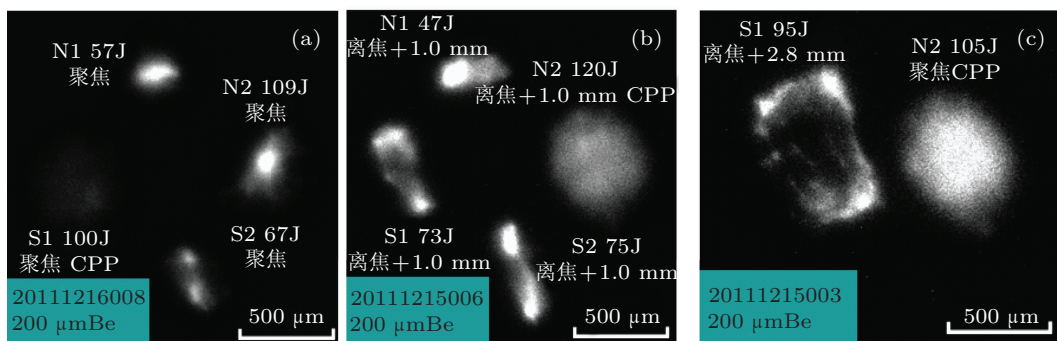


图3 不同光束特性条件下获得的 X 光焦斑图像 (a) 四路激光聚焦; (b) N1, S2, S2 路离焦 1.0 mm, N2 路用 CPP 离焦 1.0 mm; (c) S1 路离焦 2.8 mm, N2 路用 CPP

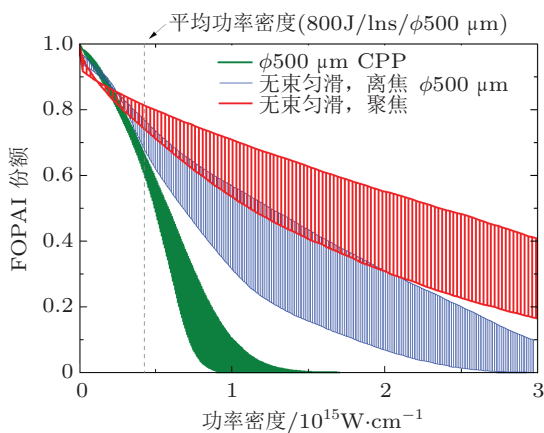


图4 有无束匀滑条件下焦斑数据的 FOPAI 结果

用于激光驱动 ICF 的大型激光器由于光程长、光学元件多, 输出的激光在未进入靶室时其波阵面就已经远远偏离理想的平面或球面, 造成聚焦或者离焦的焦斑光强空间分布不均匀. 因此, 仅寄希望于通过离焦增大焦斑尺寸来降低激光功率密度, 进而抑制激光等离子体相互作用 (laser and plasma interaction, LPI) 是不现实的, 这也是大型激光器必须使用 CPP 等束匀滑技术改善光束质量的原因之一.

图 4 是所有的焦斑的剩余能量份额随激光功率密度 (fractional power above intensity, FOPAI) 的分析结果. FOPAI^[11] 表示超过阈值强度的统计曲线, 用于表征超过焦斑平均功率的不同峰值热斑占焦斑总功率的份额. 根据 800 J/lns 的神光III原型典型输出能力计算了横坐标的激光功率密度. 可以看到, 无束匀滑聚焦时的 FOPAI 最差 (焦斑

尺寸 $\phi 150\text{—}\phi 300 \mu\text{m}$), 有约 40% 激光能量处于大于 $3 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ 的区域中, 部分光束甚至还有约 10% 能量处于大于 $6 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ 的区域中. 无束匀滑离焦时的 FOPAI 次之 (焦斑尺寸约 $\phi 500 \mu\text{m}$), 约有 10% 激光能量处于大于 $3 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ 的区域中. 加 CPP 后的 FOPAI 最好 (焦斑尺寸约 $\phi 500 \mu\text{m}$), 只有约 10% 激光能量处于大于 $1 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ 的区域中, 而且几乎没有处于大于 $1.5 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ 的激光能量.

该结果与之前我们对 CPP 效果的定性理解一致, 使用 CPP 显著降低了激光焦斑中位于较高功率密度的能量份额, 极大改善了光强空间分布特性, 这种效果也反映在了后续黑腔实验的散射光结果中. 值得注意的是, 由于激光靶作用过程中等离子体横向热传导会让焦斑的小尺度不均匀得到一定程度的“匀滑”, 因此 X 射线图像不能正确反映束匀滑条件下焦斑的小尺度功率密度强区 (speckle) 的信息. 将来我们会使用空间分辨较高、动态范围较大的光学成像方法进行测量, 获得更准确的焦斑信息.

4 束匀滑物理效果考核 —— 散射光份额

4.1 实验简介

激光间接驱动 ICF 中, 使用束匀滑的根本目的是抑制 LPI, 降低散射光份额. 我们在黑腔物理实验

中获得了散射光份额随光束特性变化的数据, 直接考核了原型装置束匀滑在典型实验条件下的效果. 本内容是在 2011 年神光III原型第二轮物理实验的“真空黑腔能量学配套数据研究”中, 通过对光束加入束匀滑来完成的.

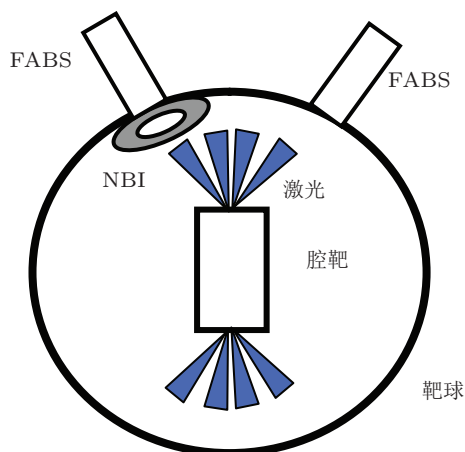


图5 束匀滑实验诊断设备排布

神光III原型八束激光分别从上、下两个方向相对腔轴线成 45° 角方向注入腔内, 激光焦点重合于注入孔中心. 激光波长 0.351 μm; 脉冲宽度

1 ns; 能量为两档, 分别为小能量 8 × 260 J 和大能量 8 × 800 J. 靶参数黑腔尺寸为 φ1.0 mm × 2.1 mm, 注入孔大小为 φ0.8 mm, 腔壁厚度 25 μm.

靶和诊断设备排布示意图如图 7 所示, 主要诊断设备为散射光测量系统 (FABS+NBI). 该测量系统包括测量入射光束立体角内 (F/5.4) 的全口径背向散射光诊断系统 (FABS) 和测量入射光束立体角外 (F/1.5) 的近背向散射光诊断系统 (NBI). 其中 FABS 为两套, 分别安装在 N2 路和 S1 路; NBI 为一套, 安装在 N2 路. 所有发次中我们都使用能量卡计测量了 SRS 和 SBS 时间积分能量份额, 部分发次中还使用光电管、光谱仪 + 条纹相机等测量了散射光的光谱和时间波形.

4.2 散射光份额

实验获得的散射光份额结果如图 6 所示, 在绝大部分发次中, 大部分散射光都集中在神光III原型 F/5.4 的光束立体角中, FABS 测量到了散射光的大部分, NBI 测量到小部分. 大部分发次中 (尤其是真空黑腔) 测量到的散射光以 SBS 为主, SRS 份额相比 SBS 可以忽略.

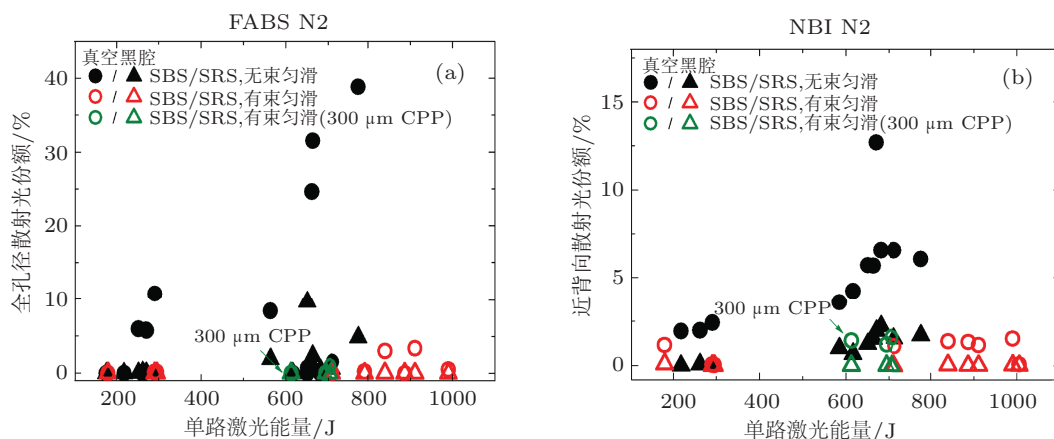


图6 N2路全口径背向散射光测量(FABS)系统获得的不同条件下的散射光份额(真空腔实验结果, 无束匀滑: 黑色实心; 束匀滑: 红色空心; 用 300 μmCPP 束匀滑; 绿色空心) (a) 全口径背反份额; (b) 近背反份额.

通过分析图 6 的数据, 可以得到有无束匀滑和 8 × 260 J 与 8 × 800 J 打靶条件下的背向散射光数据, 从而对束匀滑应用的效果有量化的认识. 可以看到, 小能量 (8 × 260 J) 无束匀滑条件下, SBS 散射光份额 5%—10%, SRS 散射光份额小于 0.1%, 其中 FABS 测到的占全部散射光的比例为 70%—80%. 小能量束匀滑, 散射光份额约 0.2%, 显

示出了抑制 LPI 的能力. 大能量 (8 × 800 J) 无束匀滑, 聚焦时的激光功率密度很高 (图 4), 约 40% 的激光能量处于大于 $3 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ 的区域, 因此散射光份额较大, 发次之间结果差异也较大. 大部分发次, SBS 散射光 20%—35% (FABS 测到 15%—30%, NBI 测到 4%—7%), SRS 散射光 2%—5% (FABS 测到 1%—4%, NBI 测到 1%—2%). 较大的散射光份

额反映了两个问题,一是无束匀滑条件下的激光远场光束质量很差;二是腔内 LPI 可能已经发展到了饱和阶段. 应该注意,少部分发次中测到很大或者很小的散射光能量,这可能上述两个因素在发次之间差别很大造成的.

大能量束匀滑,使用 CPP 后光束 FOPAI 特性得到了大幅改善,几乎没有处于大于 $1.5 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ 的激光能量,有效抑制了 LPI 及其相应的散射光. 总散射光份额 3%—5%,SBS 散射光 2%—5%(FABS 测到 1%—3%,NBI 测到 1%—2%),SRS 散射光小于 0.1%.

本轮实验还利用少量发次考核了焦斑 $\phi 300 \mu\text{m}$ 的 CPP. 实验结果都显示出 N2 路与 S1 路有明显差别,N2 路结果与 $\phi 500 \mu\text{m}$ 的 CPP 类似,散射光(包括 FABS 和 NBI)较小;S1 路结果接近无束匀滑,散射光较大. 初步分析认为 N2 与 S1 的差异可能与它们光束质量的差异有关.

4.3 散射光光谱

本轮实验部分发次在 FABS 中测量了 SBS 和 SRS 的时间分辨光谱. 由于测量的光谱范围较宽(SBS 散射光光谱范围为 349—353 nm,SRS 散射光为 400—700 nm),而本次测量所使用的光纤较长(10 m),造成测量结果中由于光纤色散带来的不同波长的时间延迟非常明显. 已知光纤材料、长度

和条纹相机扫速,根据光纤群速度色散公式和 Sellmeier 方程修正之后的结果如图 7 所示. 修正后的结果排除了光纤色散的影响,获得的是散射光在光纤入射端的真实时间行为.

图 7 是大能量条件下(1 ns,约 6 kJ),用 CPP 与未用束匀滑条件下的 SRS 时间分辨光谱. 我们在测量光路中使用了一片 $527 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ 的带阻滤片,来消除驱动器终端光学组件中晶体表面反射的 527 nm 光对测量结果的干扰,因此测量结果中 $527 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ 没有信号. 通过图 7(a) 发现,未用束匀滑时 SRS 份额 2%—5%,SRS 光谱范围从 420 nm 到 600 nm. 根据 LPI 理论,较短波长的 SRS 散射光来自于等离子体密度非常小的区域(以波长 420 nm 的 SRS 为例,它产生于等离子体密度小于 $0.01n_c$ 的区域, n_c 表示临界密度),而这些区域的 LPI 增长率是比较小的. 或者说,未用束匀滑时光束中处于较高功率密度的能量份额太多,LPI 在原本较难激发的区域也得到了显著增长. 分析图 7(b) 后,发现使用 CPP 后 SRS 份额小于 0.1%,远小于无束匀滑,而且 SRS 光谱主要集中在波长较长(大于 550 nm)、增长率较大的高密度区域. 根据图 7,SRS 散射光主要产生于激光作用的最后时间范围内(0.7—1.0 ns),这可能是由于在真空黑腔中形成具有一定尺度且比较均匀的小于 $0.25n_c$ 等离子体区域需要一定时间. 目前我们还在对该结果进一步细致分析.

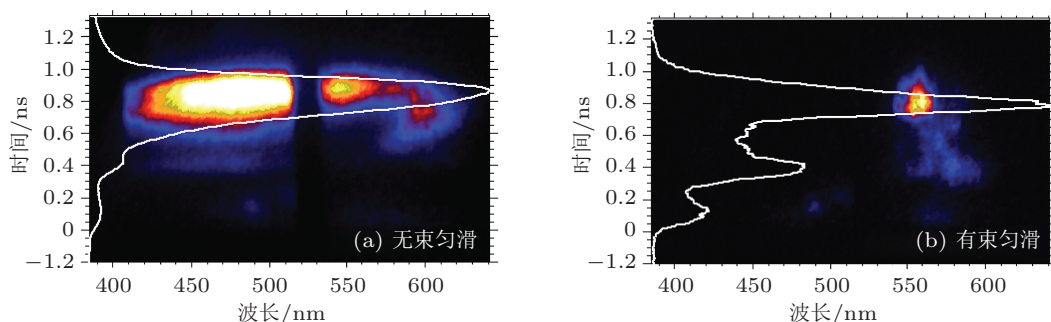


图 7 背向散射 SRS 时间分辨光谱结果

5 结论

介绍了在神光 III 原型装置上的背反诊断系统,对光路和标定方法都进行了介绍. 对在神光 III 原型装置上进行的黑腔实验结果进行了介绍. 发现不用束匀滑条件下光斑分布具有明显的不均匀性. 经过 CPP 以后光斑分布明显变大,功率密度降低,高频成分减少. 另外,我们发现在没有 CPP 束匀滑的

条件下,在无束匀滑条件下,背向散射的份额可以在 20%—40%之间大范围变动,而使用连续相位板(CPP)以后背向散射份额可以降低到 5%以下. 通过分析光谱分布后发现,使用 CPP 束匀滑之后,光谱集中于很小的区域,说明使用束匀滑打靶后黑腔内的等离子体密度比较均匀,这也为下一步使用束匀滑后分析黑腔 LPI 过程提供了很好的条件. 这些数据为大范围使用 CPP 提供了直接支持,

- [1] Lindl D J, Amendt P, Richard L, Berger S, Glendinning G, Glenzer S H, Hann S W, Kauffman R L, Landen O L, Suter L J 2004 *Phys. Plasmas* **11** 339
- [2] Juan C F, Bruno S B, James A C, DuBois D F, Kyrala G A, Montgomery D S, Rose H A, Vu H X, Watt R G, Wilde B H, Wilke M D, Wood W M, Faylor B H, Kirkwood R, MacGowan B J 1997 *Phys. Plasmas* **4** 1849
- [3] Stevenson R M, Suter L J, Oades K, Kruer W, Slark G E, Fournier K B, Meezan N, Kauffman R, Miller M, Glenzer S, Niemann J G, Davis J, Back C, Thomas B 2004 *Phys. Plasmas* **11** 2709
- [4] Wang C K, Jiang X H, Wang Z B, Liu Y G, Li S W, Li W H, Liu S Y 2010 *High Power Laser and Particle Beams* **22** 1896 (in Chinese) [王传珂, 蒋小华, 王哲斌, 刘永刚, 李三伟, 李文洪, 刘慎业 2010 强激光与粒子束 **22** 1896]
- [5] Wang C K, Jiang X H, Liu S Y, Kuang L Y, Wang Z B, Liu Y G, Li S W, Li W H 2006 *High Power Laser and Particle Beams* **18** 1113 (in Chinese) [王传珂, 蒋小华, 刘慎业, 况龙玉, 王哲斌, 刘永刚, 李三伟, 李文洪 2006 强激光与粒子束 **18** 1113]
- [6] Stevenson R M 2005 *Phys. Rev. Lett.* **94** 085005
- [7] Mackinnon A J, McCarville T, Piston K, Niemann C, Jones G, Reinbachs I, Costa R, Celeste J, Holtmeier G, Griffith R, Kirkwood R, MacGowan B, Glenzer S H, Latta M R 2004 *Rev. Sci. Instru.* **75** 4183
- [8] Moody J D, MacGowan B J, Berger R L, Estabrook K G, Glenzer S H, Kirkwood R K, Kruer W L, Stone G E, Montgomery D S 2000 *Phys. Plasmas* **7** 3388
- [9] Li Z C, Zheng J, Jiang X H, Wang Z B, Yang D, Zhang H, Li S W, Wang F, Peng X S, Yin Q, Zhu F H, Guo L, Yuan P, Liu S Y, Ding Y K 2011 *Chin. Phys. Lett.* **28** 125202
- [10] Kirkwood R K, Back C A, Blain M A, Desenne D E, Dulieu A G, Glenzer S H, MacGowan B J, Montgomery D S, Moody J D 1997 *Rev. Sci. Instru.* **68** 636
- [11] Zhang R, Li P, Su J Q, Wang J J, Li H, Geng Y C, Liang Y, Zhao R C, Dong J, Lu Z G, Zhou L D, Liu L Q, Lin H H, Xu D P, Deng Y, Zhu N, Jing F, Sui Z, Zhang X M 2012 *Acta. Phys. Sin.* **61** 054204 [张锐, 李平, 粟敬钦, 王建军, 李海, 耿远超, 梁樾, 赵润昌, 董军, 卢宗贵, 周丽丹, 刘兰琴, 林宏焕, 许党朋, 邓颖, 朱娜, 景峰, 隋展, 张小民 2012 物理学报 **61** 054204]

Backscattered Light diagnostic technique on Shen Guang-III prototype Laser Facility*

Wang Feng[†] Peng Xiao-Shi Yang Dong Li Zhi-Chao
Xu Tao Wei Hui-Yue Liu Shen-Ye

(Research Center of Laser Fusion, CAEP, Mianyang 621900, China)

(Received 9 January 2013; revised manuscript received 8 May 2013)

Abstract

Laser and plasma interaction (LPI) is the important part for the study of inertial confinement fusion (ICF). In order to have an investigation for the energy and spectrum of scattered light produced by laser-plasma interaction in Shen Guang- III prototype laser facility, a backscattered light diagnostic system was developed. This paper introduces the design and the damping factor of this system. The laser focus shape after using the coherent phase plate (CPP) has been analyzed. Experimental results with the energy and spectrum of backscattered light have been provided and compared after adding the CPP on the laser beam. It is found that the fraction of backscattered light can be reduced to below 5% under the laser condition 8×800 J after using the CPP. And the spectrum range with CPP is narrower than that without CPP on laser beam. These experimental data can improve the research on hohlraum energy.

Keywords: laser scattering, coherent phase plate, hohlraum, spectrum

PACS: 52.38.-r, 52.57.-z, 52.38.Dx

DOI: 10.7498/aps.62.175202

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 10805041), Science and Technology on Plasma Physics Laboratory (Grant No. 9140C6801021001), and Science and Technology Developing Foundation of China Academic of Engineering and Physics (Grant No. 2011B0102020).

[†] Corresponding author. E-mail: xiaozei7566@163.com