

类氩锺等离子体中软X激光 饱和增益实验研究*

王世绩 顾 援 周关林 倪元龙
余松玉 傅思祖 毛楚生 陶祖聪

(上海激光等离子体研究所, 上海 201800)

陈万年 林尊琪 范滇元

(中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光物理实验室, 上海 201800)

张国平 盛家田 张覃鑫 杨明伦 彭惠民 邵云峰 贺贤士

(北京应用物理与计算数学研究所, 北京 100088)

进入“水窗”波段和获得饱和增益输出是当前实验室研究X激光的目标。考察X激光输出的强度随靶长的变化规律,是判断是否达到饱和增益的重要依据,但必须排除折射等因素造成的假像。为了校正折射等的影响,我们曾经提出并实施了“双靶对接”方案,在功率为 10^{13} W的LF-12#钽玻璃激光装置上,获得了高增益的类氩锺等离子体中软X激光输出^[1]。最近,在饱和增益研究实验中,我们发展了双靶对接的概念。设计了“多靶串接”方案,获得了趋于饱和的类氩锺等离子体中软X激光输出。

这一轮实验采用的是“四靶串接”方案,其中,靶1与靶2及靶3与靶4之间,取“顺接”的方式,即两段靶等离子体电子密度梯度方向是相同的;靶2与靶3之间则取“对接”的方式,即两段靶等离子体电子密度梯度方向是相反的。每一块锺平面靶厚为2 mm,宽为6 mm;单靶中最长的靶长1.4 cm,四靶总长最长为5.6 cm。为了有效地校正折射的影响,获得最佳的串接效果,采用了专用的靶架,建立了相应的调靶监测手段,以实现各靶靶面间距和夹角的精密调节,保证各块靶形成的等离子体增益区的准确衔接。

实验在高功率激光物理联合实验室LF-12#装置上进行,其单路输出激光的波长 ~ 1.05 μm ,脉宽 ~ 1 ns,靶面焦线长 ~ 30 mm,宽 ~ 120 μm ,激光辐照强度 $\sim (0.8\sim 1.0) \times 10^{13}$ W/ cm^2 。

实验主要用平焦场软X光光栅谱仪作为时间积分的激光谱线记录^[2],并采用不同厚度的铝箔作为软X光衰减片,以保证入射到光谱仪的(柯达101软X光)底片上的曝光量合适。在多靶串接实验中,参照双靶对接实验和计算机模拟的结果,用改变各靶靶面的间距和夹角,以获得最佳的串接效果。

实验得到了最佳串接情况下的波长为19.6 nm、23.2 nm、23.6 nm的三根类氩锺软X激光谱线的强度与靶长的关系。其中波长为23.2 nm、23.6 nm的两根谱线,在靶长从1.0

cm 增加到 4.8 cm 时, 它们的强度随靶长一直呈指数增长, 增益系数 G 分别为 3.45 cm^{-1} 和 3.36 cm^{-1} ; 在靶长为 4.8 cm 时, 它们的增益-长度乘积值 GL 分别达到 16.6 和 16.1。靶长继续增加到 5.6 cm, 这两根谱线的强度继续增长, 计及铝箔的透过率, 入射到底片平面的谱线峰值积分强度最高分别达到 2×10^8 和 $1.5 \times 10^8 \text{ photon}/\mu\text{m}$ 。但是, 这时它们的增益系数已经明显减小, 呈现出显著的饱和趋势。若按小信号增益规律, 靶长 5.6 cm 时, 它们的 GL 值可达 19 左右, 实验得到的等效 GL 值则分别为 17.3 和 16.7。

与 23.2 nm 和 23.6 nm 的谱线不同, 波长为 19.6 nm 的这根类氦锗软 X 激光谱线, 靶长从 1.0 cm 增加到 5.6 cm, 其强度随靶长始终按指数增长, 并未呈现明显的饱和迹象。它的增益系数为 2.65 cm^{-1} , 最大的 GL 值为 14.9, 谱线峰值积分增益最高约为 4×10^7 。

根据光谱仪的底片记录, 还推算了这三个波长的类氦锗等离子体中软 X 激光光束沿靶面的垂直方向的发射角, 结果表明, 随着靶长的增加, 它们的发射角都明显减小。这说明多靶串接得到的软 X 激光, 不仅强度大大提高, 而且方向性也明显改善。

参 考 文 献

- [1] 王世绩等;《中国科学(A辑)》, 1991, No. 2, 151。
 [2] 倪元龙等;《强激光与粒子束》, 1991, 3, No. 2 (Apr~Jun), 242。

Experimental investigation on saturated gain of soft X-ray laser from Ne-like Ge plasma

WANG SHIJI, GU YUAN, ZHOU GUANLIN, NI YUANLONG,
 YU SONGYU, FU SIZU, MAO CHUSHONG AND TAO ZUCONG
 (Shanghai Institute of Laser Plasma, Shanghai 201800)

CHEN WANNIAN, LIN ZUNQI AND FAN DIANYUAN
 (High Power Laser and Physics Laboratory, Shanghai Institute of Optics and
 Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

ZHANG GUOPING, SHENG JIATIAN, ZHANG TANXIN, YANG MINGLUN,
 FENG HUIMIN, SHAO YUNFENG AND HE XIANTU
 (Beijing Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing 100088)

(Received 9 October 1991)

Abstract

Using the technique of "Mulxi-Target cascade", an output of near saturated gain of soft X-ray laser from Ne-like Ge plasma was obtained.