

类锂硅离子软 X 射线激光实验研究

我们在中国科学院上海光机所六路激光装置取得初步实验结果的基础上, 1989年8月10日至16日利用 LF-12[#] 激光装置, 成功地实现了复合泵浦类锂硅离子的跃迁波长分别为 8.89 nm 与 8.73 nm 的软 X 射线激光。

在 LF-12[#] 激光装置上进行的类锂硅离子软 X 射线激光增益实验中, 驱动激光波长为 1.05 μm , 脉冲宽度约为 0.9 ns, 靶上的激光能量为 50 J (平均偏差 <15%)。输出激光经六单元组合柱面透镜-非球面透镜系统聚焦到条状平板硅靶上, 产生作为 X 射线激光增益介质的线状高价离化态的激光等离子体。线聚焦焦线的长度为 20 mm, 宽度约为 130 μm , 相应的靶面聚焦激光功率密度约为 $2 \times 10^{12} \text{ W/cm}^2$ 。实验中所用的靶为表面抛光的硅平面靶, 厚度为 1 mm, 改变靶的宽度可以得到不同长度但具有相同激光强度的线状等离子体增益介质。本实验主要诊断仪器为本研究组研制的具有高分辨摄谱能力且一维空间分辨的掠入射光栅 (2400 L/mm) XUV 摄谱仪和一台带针孔的 X 光透射光栅 (2000 L/mm) 摄谱仪, 它们相向放置在水平焦线两端且与其同轴的方向。摄谱 X 光软片采用已有系统定标数据的 Kodak 101-01 软片, 在本实验中, 一发打靶就能获得清晰的 XUV 光谱照片。

利用消像散掠入射光栅光谱仪, 我们观察到激光产生的复合等离子体中类锂 Si^{11+} 离子的 $5f-3d$ 跃迁 (8.89 nm) 和 $5d-3p$ 跃迁 (8.73 nm) 的显著自发发射放大现象。实验

中通过测量不同长度线状等离子体的轴向 XUV 时间积分发射光谱, 发现这两条跃迁谱线的强度随线状等离子体长度的增加呈指数非线性增长, 相应的增益系数分别为 1.5 cm^{-1} 和 1.4 cm^{-1} , 最大增益长度乘积分别为 2.7 和 2.5。利用该谱仪的空间分辨特性, 我们还取得了谱线增益距靶面不同位置处的空间分布信息。

上述跃迁波长的类锂硅离子软 X 射线激光至今尚未有过其它成功的报道。尤为有意义的是, 我们所获得的上述波长短于 10 nm 的类锂硅离子的两条新的激光谱线, 是在低的激光功率密度条件下取得的, 这表明我们现有的强激光装置在 X 射线激光研究中的巨大潜力。

本文的研究工作是在王大珩、陈能宽、王之江、邓锡铭和杨国桢教授的支持下, 在上海光机所 LF-12[#] 激光装置运行组的密切配合下完成的, 尤其要提到的是 LF-12[#] 靶场为我们提供了高质量的激光线聚焦系统。西德马普学会生物物理化学研究所所长 Schäfer 教授为我们提供了 Kodak 101-01 软片。本文作者在此对所有支持者和合作者表示衷心的感谢。

本课题由中国科学院重大项目、国家自然科学基金和国家高技术项目资助。

(中国科学院上海光机所

徐至展 范品忠 张正泉

陈时胜 林礼煌 陆培祥

王晓方 钱爱娣 余加进

收稿日期: 1989年9月26日)