

快 讯

类锂离子 $6f-3d$ 与 $6d-3p$ 软 X 射线激光

类锂离子复合泵浦是实现 X 射线激光的主要技术途径之一。迄今已有实验成功演示的类锂复合软 X 射线激光仅限于 $5f-3d$ 、 $5d-3p$ 及 $4f-3d$ 等跃迁, 例如 $Mg^{9+}5f-3d(12.79nm)$; $Al^{10+}5f-3d(10.57nm)$ 及 $5d-3p(10.38nm)$ 、 $4f-3d(15.47nm)$; $Si^{11+}4f-3d(12.9nm)$ 等。另外, 我们也曾在中国科学院上海光机所 LF12[#] 激光装置上, 首次成功地演示了复合泵浦类锂 Si^{11+} 离子的 $5f-3d(8.89nm)$ 和 $5d-3p(8.73nm)$ 跃迁的软 X 射线激光(参见: 中国激光, 16(10), 1989, 616)。本文报道最近我们首次从实验上发现类锂硅离子的 $6f-3d(7.58nm)$ 和 $6d-3p(7.46nm)$ 跃迁的软 X 射线激光的结果。

复合泵浦类锂离子软 X 射线激光的系统实验是 1989 年 10~11 月期间在 LF12[#] 激光装置上完成的。 $1.05\mu m$ 单束激光到达靶面上的能量为 30~130J, 激光脉宽约 900ps, 相应的靶面激光强度为 $(1.0\sim5.0)\times 10^{12}W/cm^2$ 。实验中, 采用了多单元组合柱面透镜聚焦系统, 能获得有照明均匀性优良的线聚焦激光焦线。打靶用的线聚焦焦线有 20mm(长) \times 130 μm (宽)和 31.5mm(长) \times 180 μm (宽)两种。实验所用靶为表面抛光的 1mm 厚的条状平面靶, 改变靶的宽度可以得到同一激光辐照强度条件下产生的不同长度的线状等离子体。实验用的主要诊断仪器为一维空间分辨的掠入射光栅(2400L/mm)光谱仪和带针孔的 X 光透射光栅(2000L/mm)光谱仪, 它们相向放置在水平焦线两端且与其同轴的方向。摄谱用 X 光软片采用已有系统定标数据的 Kodak101-01 软片, 本实验中一发打靶即可摄得清晰的软 X 光谱照片。

实验中, 我们不仅观察到类锂 Si^{11+} 离子的 $5f-3d$ 跃迁(8.89nm)和 $5d-3p$ 跃迁(8.73nm)的显著自发发射放大, 而且也同时观察到类锂 Si^{11+} 离子的 $6f-3d$ 跃迁(7.58nm)和 $6d-3p$ 跃迁(7.46nm)的显著自发发射放大。对于线聚焦激光焦线为 20mm 的打靶条件, 实验中所用的线状等离子体的最大长度为 18mm, 测量到的上述各跃迁波长的软 X 射线激光增益系数为 $(1.5\sim2.0)cm^{-1}$, 此时对应的靶面激光强度约为 $2.5\times 10^{12}W/cm^2$ 。当采用长度为 31.5mm 的线聚焦焦线时, 线状等离子体的最大长度为 30mm, 我们同样也能观察到 $6f-3d$ 跃迁(7.58nm)和 $6d-3p$ 跃迁(7.46nm)的明显激光放大, 相应的增益系数约为 $1.0cm^{-1}$ 。该值低于线聚焦激光焦线长度为 20mm 时的结果, 这很可能是由于焦线横向更宽(180 μm)而带来的物理效应所致。

本文同时观察到类锂离子 $5f-3d(8.89nm)$ 、 $5d-3p(8.73nm)$ 、 $6f-3d(7.58nm)$ 和 $6d-3p(7.46nm)$ 四个跃迁的软 X 射线放大, 尤其是第一次发现复合泵浦类锂离子软 X 射线激光的新的跃迁能级对 $6f-3d$ 和 $6d-3p$ 。这不仅使软 X 射线激光进一步向更短波长推进, 而且也大大更新了人们对复合泵浦类锂离子 X 射线激光机制的认识。

本文的实验研究是在上海光机所高功率激光物理实验室 LF12[#] 激光装置运行组的密切配合下完成的, 尤其是 LF12[#] 靶场组为实验提供了高质量的激光线聚焦系统。本文研究一直得到了王之江所长的直接支持和指导。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、国家高技术项目和国家自然科学基金资助。

(中国科学院上海光机所)

徐至展 张正泉 范品忠 陈时胜
林礼煌 陆培祥 余加进 王晓方
钱爱娣 孙 岚 吴敏春 冯贤平

1989 年 1 月 4 日收稿)