

激光-等离子体相互作用离子特性研究

唐道源 阎 玲 丁耀南

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

用法拉第电荷收集器和四道静电离子谱仪完成了对束-靶相互作用喷射离子动能、动量、靶面压强、离子烧蚀速度和分布、电离度、平均荷质比 $\langle A/Z \rangle$ 的诊断。给出了离子能量吸收系数、动力学效率,快慢电子温度、快慢电子动能比。

单束强激光由本所的六路激光系统提供,靶面功率密度 I 为 $(1\sim 10)\times 10^{14}\text{W}/\text{cm}^2$ 、脉宽约为 1ns ,平面靶材料用 Au、Ti 和 $(\text{C}_8\text{H}_8)_n$ 。

1. 能量吸收

实验表明:离子动能的吸收系数 η_i 随 I 的增加而减小,并且随 Z 的增大而增加。当 I 在 $(1\sim 10)\times 10^{14}\text{W}/\text{cm}^2$ 间变化时, Au 靶的 η_i 在 $(30\sim 20)\%$ 间变化。

动能角分布很锐,与“二维喷嘴模型”理论一致。且随 I 的增加变得更锐。与 Ti 相比, Au 的角分布“平滑”。

对 Ti 靶,当 $\theta < 30^\circ$ 时,快离子质量与总质量比 $M_{\text{快}}/M_{\text{总}} < 3\%$,能量比 $E_{\text{快}}/E_{\text{总}} \approx 10\%$,当 $\theta > 60^\circ$ 时,前者 $\approx 10\%$,后者 $> 50\%$,Au 快离子能量高达 85% 。

实验测得, Ti 和 Au 的快慢电子温度分别为: $T_e = 400\sim 800\text{eV}$ 和 $300\sim 500\text{eV}$, $T_h = 5\sim 20\text{keV}$ 和 $10\sim 20\text{keV}$ 。

2. 动力学特性

实验测得, Ti 和 Au 的离子烧蚀压力分别在 $10\sim 30\text{MBA}$ 和 $10\sim 20\text{MBA}$ 变化,并随 I 的增加而增加、与 Z 无明显变化。Ti 和 Au 的离子烧蚀速度分别为 $(3\sim 5)\times 10^7\text{cm}/\text{s}$ 和 $(2\sim 3)\times 10^7\text{cm}/\text{s}$,且与角度变化不大。动力学效率小于 10% 。

3. 电离度

谱仪测得 Ti 和 Au 的平均荷质比 $\langle A/Z \rangle$ 分别为 3.6 和 13.0 ,且随 Z 的增加而增加。Ti 和 Au 的平均电离度区分别为 13.5 和 15.2 。Ti 的最大电离度为 17 。

实验表明:对 Au 靶,快离子能量份额大,烧蚀层薄,离子飞行时间波形存在“毛刺”,说明在激光束加热过程中,存在自生磁场,进而证实存在热导受阻。

对六路运行组在实验中的支持和配合表示感谢。