

消像散掠入射光栅光谱仪和激光 等离子体极紫外发射光谱

张正泉 范品忠 赵世诚 周锦智 金仁山
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文描述了自制的带环面镜的消像散掠入射球面光栅谱仪的设计和性能,并报告了利用它在 $20\sim 120\text{\AA}$ 波段范围观测铍,硼,锂和氟化钙的激光等离子体极紫外发射光谱的实验结果。
关键词: 极紫外光谱学, 激光等离子体, 掠入射谱仪, 环面镜。

多电荷离子的极紫外光谱的研究对于高温等离子体诊断和 X 射线激光的研究有着重要的意义。在极紫外光谱区(波长小于 300\AA),为克服正入射时各种光学表面反射率的急剧下降,一般采用掠入射结构。但掠入射光栅光谱仪有严重的像散性。为获得光源的空间分辨信息,可以利用环面镜作为聚焦元件并补偿普通掠入射光栅光谱仪的像散性,在极紫外光谱区获得空间分辨光谱^[1]。为此我们研制了一台由环面反射镜和凹面光栅组成的消像散掠入射极紫外光谱仪。仪器的设计波长覆盖范围对 600 line/mm 光栅的一级光谱为 $0\sim 450\text{\AA}$;仪器亦可换用 300 line/mm 或 2400 line/mm 光栅。激光等离子体的轴线在水平方向,故光谱仪的罗兰圆平面设计在竖直方向,而其狭缝在水平方向。环面镜的表面镀金,其顶点位于光谱仪的子午面内,其子午面曲率半径 R' 约为 3300 mm ;弧矢面曲率半径 ρ 约为 30 mm 。点状等离子体光源经环面镜反射后形成两个像散像:一个位于光栅光谱仪的入射狭缝处,另一个位于由球面光栅确定的波长为 λ 的衍射像的放置处。由于环面镜补偿了球面光栅在掠入射时的像散性,结果在波长 λ 处沿平行入射狭缝方向形成一个消像散的像。环面反射镜与等离子体源之间的距离可以调节,通常保持在 40 cm 左右。反射镜和光栅的入射角 ϕ 和 α 分别约为 85.4° 和 87.7° ,以使在 20\AA 波长附近仍有较高的反射率。这样整台仪器的光谱分辨率和空间分辨率以及效率都可以调到最佳状态。仪器的真空度可达 10^{-5} Torr 。

实验中采用一高功率钕玻璃激光系统产生等离子体源。系统输出激光脉冲能量为 $15\sim 20\text{ J}$,脉宽为 15 ns ,波长 $1.06\text{ }\mu\text{m}$ 。激光通过一柱面透镜(焦距为 800 mm)和($F/1$)非球面透镜(焦距为 60 mm)被聚焦在平面靶上,焦线宽约 $100\text{ }\mu\text{m}$,长约 4 mm ,与光谱仪子午面重合。实验中用的凹面光栅曲率半径 R 为 998.8 mm ,刻槽间距 d 为 $(1/2400)\text{ mm}$,闪耀角 θ 为 $2^\circ 0'$ 。表1给出了实验时所用的光栅和环面镜参数,其中 P , P' 和 P'' 分别为环面镜至光源,环面镜至入射缝和环面镜至底片 B_1 的距离。摄谱时所用底片是上海P-5F医用X光软片。靶材选用了铍,硼,氟化锂和氟化钙,得到了分别属于类氢,类氦和类铯的 Be III ,

收稿日期: 1987年10月29日; 收到修改稿日期: 1987年11月23日

BeIV, CV, CVI 和 FVIII 的激光等离子体在 $20\sim 120\text{ \AA}$ 波长范围里的极紫外光谱。由于所用的底片对极紫外波长很不灵敏, 入射狭缝取得比较大, 约 $40\text{ }\mu\text{m}$, 要积分 $10\sim 20$ 才能获得一个光谱。所获得的光谱具有一定的空间分辨。在我们的实验中, 靶面的法线方向形成一个相当长的等离子体羽, 不同的谱线有长短不同的空间发射区域, 而连续谱则主要集中在靶面附近的较高温度区。

Table 1 The parameters of the spherical grating and the toroidal mirror used in the experiment

Bausch & Lomb grating (25*25)		Toroidal mirror (30*55)	
R	998.8 mm	ϕ	85.39°
d	1/2400 mm	R'	3315 mm
θ	2.0°	ρ	30.5 mm
λ_g	290 \AA	p	380 mm
α	87.7°	p'	295 mm
		\bar{p}'	379 mm

参 考 文 献

- [1] G. Tondello; *Opt. Acta*, 1979, **26**, No. 3 (Mar), 357~371.

A stigmatic grazing incidence grating spectrograph and laser plasma XUV emission spectra

ZHANG ZHENGQUAN, FAN PINZEONG, ZHAO SHICHENG, ZHOU JINZHI,
AND JIN RENSHAN,

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

(Received 29 October 1987; revised 23 November 1987)

Abstract

In this paper the design and the performance of a stigmatic grazing incidence spectrograph with a spherical grating and a toroidal mirror, built by our group, are given and the application to the observation of the spectra of beryllium, carbon, Lithium fluoride and calcium fluoride in the range $20\sim 120\text{ \AA}$ is reported.

Key words: XUV spectroscopy; laser plasma; grazing incidence grating spectrograph; toroidal mirror.