

# 大面积无支撑式 X 射线透射光栅\*

王晓方 张正泉 徐至展 侯先斌 刘亚青

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

傅绍军 洪义麟 田扬超 陶晓明

(中国科技大学国家同步辐射室实验室, 合肥 230026)

**摘 要** 大面积无支撑式透射光栅在 X 光学中具有重要应用。对自行研制的这种光栅的实验测试表明, 这种光栅已可成功制作, 可用于从实验室到天文学的 X 光测量或应用中。

**关键词** 大面积, 无支撑, 透射光栅, X 射线。

高分辨透射光栅是软 X 射线光学重要色散元件之一。而大面积、特别是无支撑式大面积高分辨透射光栅因其大的集光效率和高衍射效率在实验室和天体 X 光观测, 以及 X 光光刻和显微成像等方面具有重要应用。而且透射光栅所摄光谱反映光源较真实的谱分布, 它也是进行 X 光真实发射谱测量的重要手段之一。

上海光机所与国家同步辐射实验室协作, 于 1994 年 10 月底在国家同步辐射实验室研制出大面积无支撑式透射光栅, 材料为金。光栅有效面积  $1\text{ mm} \times 4\text{ mm}$ , 光栅参数的设计指标: 刻线周期  $1000\text{ l/mm}$ , 线空比  $1 \pm 0.2$ , 刻线厚度  $> 0.3\text{ }\mu\text{m}$ 。对光栅的扫描电镜检验表明, 光栅刻线均匀、光滑, 线空比约 1.2, 加强筋约占光栅总面积的 30%。

在上海光机所的小型化脉宽可调的超短脉冲高功率激光系统上对这种大面积无支撑式透射光栅进行了考核实验。在紧贴光栅前置一  $50\text{ }\mu\text{m}$  宽狭缝, 与光栅刻线平行。光栅距激光等离子体 X 光源与 X 光底片的距离分别为  $700\text{ mm}$  和  $308\text{ mm}$ 。实验中采用激光正入射点聚焦打靶, 激光波长  $1.06\text{ }\mu\text{m}$ , 脉宽约  $450\text{ ps}$ , 靶面平均功率密度  $2 \times 10^{14}\text{ W/cm}^2$ 。光栅观察方向与入射激光成  $90^\circ$ , 光谱记录在国产无保护膜软 X 光底片上。

图 1 给出典型的 X 光谱照片及光谱的黑度扫描。从照片可见, 光谱清晰, 表明这种光栅所摄光谱的质量优质。结合黑度扫描和底片标定数据, 并按文献[3]的方法可确定光栅参数并对其摄谱性质进行分析。实验确定, 光栅刻线周期  $1100 \pm 60\text{ l/mm}$ , 线空比约 1.5, 刻线厚度  $> 0.5\text{ }\mu\text{m}$ ; 在  $1.1\text{ nm}$  附近, 光栅的一级衍射相对零级的效率  $\geq 25\%$ , 而一级衍射效率近 10%。这些数据接近甚至优于设计要求, 表明这种大面积无支撑透射光栅已研制成功并可实

\* 国家科委 863 高科技项目和上海市科委启明星项目资助课题。

\*\* 有关光栅的制作工艺参见[1, 2], 更详细的研制报告将另文发表。

收稿日期: 1995 年 1 月 12 日

际应用。进一步优化改进是研制线空比为 1 的透射光栅,在此情况下,光栅的二级衍射效率为零,有利于真实光谱的测量和光谱分析。

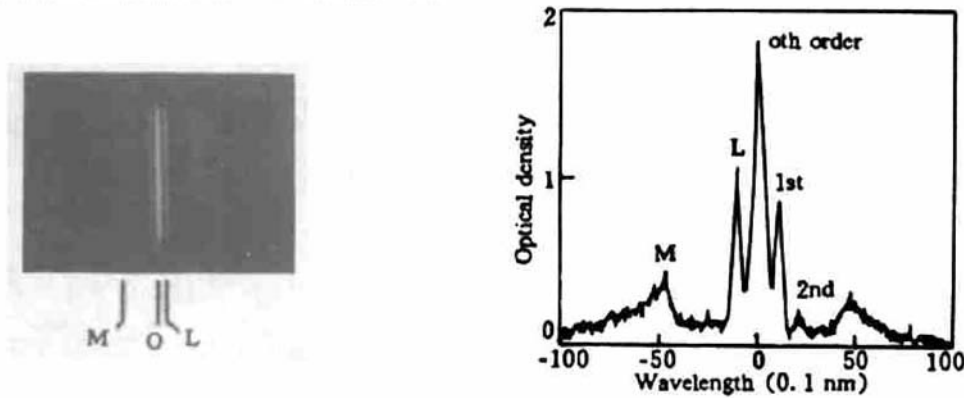


Fig. 1 (a) Typical X-ray spectra from Cu laser plasma measured by the large-area, free-standing transmission grating. L and M emission bands are denoted, (b) Microdesitometer trace of the spectra in (a)

上述大面积无支撑式透射光栅可用于实验室各类 X 光源的探测及应用,惯性约束核聚变研究中 X 光辐射能谱(流)测量和辐射温度诊断,以及天文学 X 射线和极紫外光谱的观测中。

作者感谢上海光机所小型化脉宽可调的超短脉冲高功率激光系统运行人员陆海鹤,江云华等的实验协助。

### 参 考 文 献

- [1] 傅绍军,洪义麟,陶晓明等, 离子束刻蚀软 X 射线透射光栅实验研究. 光学学报, 1992, 12(9): 825~829
- [2] 傅绍军,洪义麟,陶晓明等, 自支撑软 X 射线针孔透射光栅研究. 光学学报, 1994, 14(1): 112
- [3] 王晓方, A. Pachtmann, 徐至展等, X 射线透射光栅谱仪用于激光等离子体辐射特性的研究. 中国激光, 1990, 17(7): 407~411; 1991, 18(3): 186~191

## Large-Area, Free-Standing X-Ray Transmission Gratings

Wang Xiaofang      Zhang Zhengquan      Xu Zhizhan

Hou Xianbing      Liu Yaqing

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

Fu Shaojun      Hong Yilin      Tian Yangchao      Tao Xiaoming

(National Synchrotron Radiation Laboratory,

University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

(Received 12 January 1995)

**Abstract** Large-area, free-standing X-ray diffraction gratings are of great importance in X-ray optics. Experimental tests on the large-area, free-standing transmission gratings made by Hefei National Synchrotron Radiation Laboratory manifest their success in manufacturing. This kind of gratings can be used for X-ray measurements and applications in various fields from laboratory X-ray sources to astronomy.

**Key words** large-area, free-standing, transmission grating, X-rays