

制造全息光栅的新装置

祝 绍 箕

(上海光学仪器厂)

提 要

本文报道一种利用洛埃镜原理制造全息光栅的新装置及其调整方法。该装置具有光学系统简单,干涉条纹定位精度高和调整方便等优点,可制造性能良好的全息光栅。

关键词: 全息光栅; 洛埃镜。

一、前 言

利用全息照相术制造的光栅与刻划光栅相比具有杂散光低、无鬼线、刻划面积大、槽密度高、消像差和在较宽光谱范围内衍射效率变化平缓等优点,已广泛用于光谱仪器和激光器,并为其发展开拓了新前景。

二、全息光栅的制造原理

如果相干的两束平行光以一定的夹角 2α 相遇,则在它们的重叠空间形成明暗交替的、平行和等间距的直条纹系统,其光强呈正弦分布。条纹的间距

$$d = \frac{\lambda}{2n \sin \alpha} \quad (1)$$

式中 λ 为激光波长, n 为记录空间的折射率。

从(1)式可知,若改变 α 、 λ 或 n ,可改变条纹间距 d ,也就是可制造不同槽距的全息光栅。若增大夹角并使用更短的激光波长或增大折射率,那么可制造槽密度更高的全息光栅。目前已达 10000 groove/mm。

在经光学抛光的白坯上涂敷感光材料,例如光刻胶,并把它放在干涉场中,经曝光和显影处理后形成浮雕轮廓,再蒸镀铝或其他反射膜层制成反射式全息光栅。

三、制造全息光栅的新装置

光学系统的误差将直接影响干涉条纹,也即光栅刻槽的质量,因此对光学系统的波像差提出很高要求,一般要求波像差小于 $\lambda/10$ 。作者提出一种利用洛埃镜原理制造全息光栅的新装置(见图1)。从 Ar^+ 激光器 S 发出的光束通过扩束透镜 L_1 和准直透镜 L_2 形成平行光束 B 。平行光束中的一部分经反射镜 M 反射后与另一部分相遇,在重叠空间产生干涉条

纹,把涂有光刻胶的光栅白坯 G 放在干涉场中,经曝光、显影处理和镀铝制成反射式全息光栅。

四、装置的调整

首先调整透镜 L_1 和 L_2 的相对位置(图 1),发出均匀的平行光束,并使系统的光轴通过反射镜 M 与光栅白坯 G 的交线。这样可制造刻划面积最大的全息光栅。然后调整反射镜 M 相对于平行光束 B 的夹角,以制造所需槽密度的全息光栅。为达到所需的槽密度,对调整机构提出很高的要求,例如制造 1200 groove/mm 全息光栅,当槽密度要求精确到 0.1 groove/mm 时,那末两相干光束的夹角调整精度 $\Delta\alpha$ 可按式(1)写出:

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{2d} \cdot \left[\alpha = \arcsin \left(\frac{\lambda}{2d} \right), \alpha' = \arcsin \left(\frac{\lambda}{2d'} \right) \right] \quad (2)$$

式中 $\lambda = 0.4579 \mu\text{m}$, $d = \frac{1000}{1200} \mu\text{m}$, $d' = \frac{1000}{1200.1} \mu\text{m}$, 则: $\Delta\alpha = 2(\alpha - \alpha') = 10''$ 。即夹角调整精度为 $10''$, 这就要求反射镜座能精确地转动和锁紧定位。

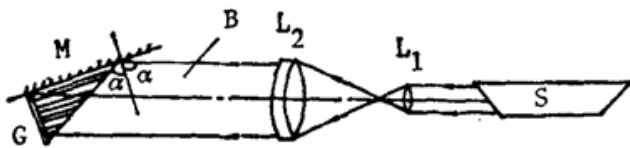


Fig. 1 The optical system for manufacturing holographic gratings based on the principle of Lloyd's mirror

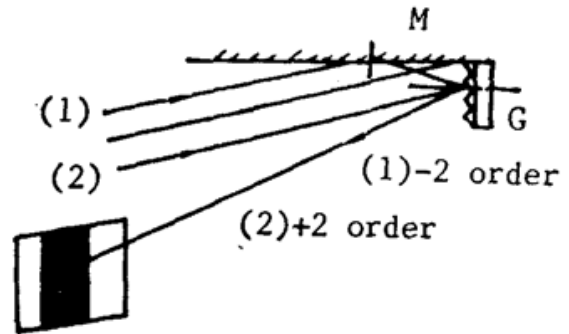


Fig. 2 The setting mounting for the groove density of holographic gratings

作者提出新的调整槽密度的方法,实验证实它不仅调整简便而且精度很高。在制造 1200 groove/mm 全息光栅时,要用一块 1200 groove/mm 的刻划光栅作为基准进行槽密度的调整。先把刻划光栅放在干涉场中光栅白坯的位置上(见图 2)。边调整反射镜 M 和刻划光栅,边观察经刻划光栅衍射的光束,使其中一束光的 +2 级和另一束光的 -2 级的衍射波面相重叠,直到干涉条纹展宽和移出视场(假设为一个条纹)。此时取下列刻划光栅,放上光栅白坯,完成了调整工作。

用这种方法调整刻划宽度 100 mm、1200 groove/mm 的全息光栅的槽密度时,精度可达 $0.3''$ 。这是机械调整难以达到的。下面分析调整精度(如图 3 所示):

$$\sin(\Delta\theta) = \frac{\lambda}{2 \times 100}, \quad (\Delta\theta = 0.5'') \quad (3)$$

按图 4,对于光束 1: $d(\sin \alpha - \sin \theta) = K\lambda$, 取 $K = 2$, 则:

$$\sin \theta = - \left(\frac{2\lambda}{d} - \sin \alpha \right) \quad (4)$$

由(2)式得 $\alpha = 17.71836^\circ$, 由(4)式得 $\theta = -16.67721^\circ$ 。对于光束 2: $d'(\sin \alpha' + \sin \theta') =$

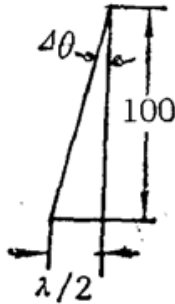


Fig. 3 The wavefront diffracted by the ruled grating

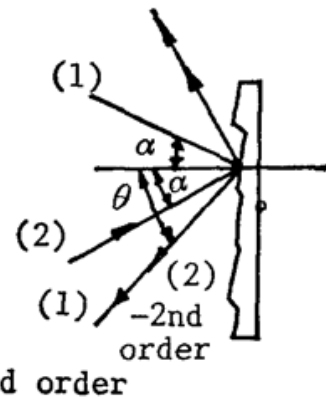


Fig. 4 The beam diffracted by the ruled grating

$K\lambda$, 取 $K = -2$,

$$\text{则: } \sin \alpha' = -\left(\frac{2\lambda}{d} + \sin \theta'\right) = -\left[\frac{2\lambda}{d} + \sin(\theta + \Delta\theta)\right]. \quad (5)$$

$\alpha' = -17.71842^\circ$, 两相干光束夹角调整精度 $\Delta\alpha = \alpha - \alpha' = 0.3''$ 。那么全息光栅的槽距 $d' = \frac{\lambda}{2 \sin\left(\frac{\alpha + \alpha'}{2}\right)} = 0.833331367 \mu\text{m}$ 。则槽密度 $n' = 1200.003 \text{ groove/mm}$, 即在 100 mm 刻

划宽度内全息光栅的总刻槽数与基准刻划光栅仅相差 0.3 groove, 远远超过光谱分析对槽密度的要求。

五、新装置的特点

1. 利用洛埃镜原理布置光学系统, 可把反射镜和光栅白坯紧凑地装在同一底座上, 所

Table. 1 The first order efficiencies of holographic gratings No. 861 and No. 871(1200 g/mm and 45×45 mm in ruled area)

Wavelength	365 nm	435.8 nm	546.1nm
Holographic gratings			
Grating No. 861	43%	47%	40%
Grating No. 871	29%	33%	32%
Grating(Jobin-Yvon)	36%	35%	21%

以减小振动和空气湍流对干涉条纹的影响, 提高了干涉条纹的定位精度和稳定性。该装置可制造性能良好的全息光栅(见表 1 和图 5)。

2. 具有相当高的槽密度调整精度, 可达 0.003 groove/mm。

3. 新装置的结构要比其他装置简单^[1~3], 调整方便而且稳定。



Fig. 5 The first order diffracted wavefront quality of holographic grating

感谢李永贵工程师的帮助。

参 考 文 献

- [1] Rudolph D, G. Schmahl; *Optik*, 1970, **30**, No. 5 (Feb), 475~487.
[2] 祝绍箕等; “衍射光栅”, (机械工业出版社, 北京, 1986), 250~254。
[3] M. C. Hutly; “*Diffraction Gratings*”, (Academic Press, England, London, 1982).

A new device for manufacturing holographic gratings

ZHU SHAOJI

(Shanghai Optical Instrument Factory)

(Received 5 April 1989; revised 11 October 1989)

Abstract

A new device and its setting method for manufacturing holographic gratings have been demonstrated based on the principle of Lloyd mirror. The advantages of the device are of simple in optical system, high in locating accuracy of interference fringe and convenient to setting, etc. It can be used in manufacturing holographic gratings suitable for spect oscopy.

Key words: holographic gratings; Lloyd mirror.