

图3 样品介质写入特性实验结果

了材料的存贮点小于 $1\mu\text{m}$; 图 5(b) 表示在不同能量密度下, 光斑尺寸变大和出现破坏的情况。图中, 点与点的间距为 $5\mu\text{m}$, 由样品台标尺读出。

本工作得到了干福熹教授的关心和指导, 陈芳枝、赵书江参加了部分工作。

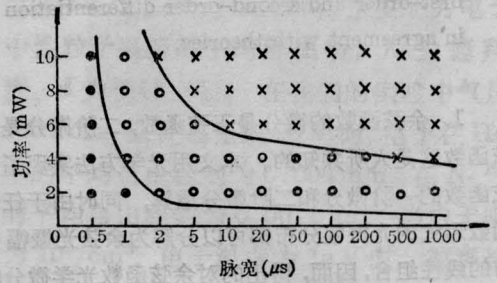
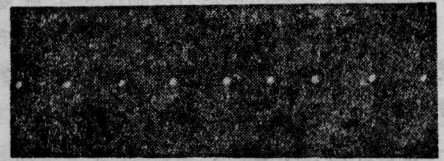


图4 写入区试验

● 固定斑; ○ 写入斑; × 烧蚀斑



(a) 光斑尺寸 $< 1\mu\text{m}$



(b) 烧蚀斑和相变斑

图5 样品介质显微图

参 考 文 献

- [1] 侯印春, 干福熹; 《中国激光》, 1985, 12, No. 12, 705.
- [2] A. H. Firester *et al.*; *Appl. Opt.*, 1977, 16, No. 7, 1971.
- [3] Jozef Brat *et al.*; *SPIE*, 1982, 421, 206.
- [4] Nobutake Imamura *et al.*; *Japanese J. of Appl. Phys.*, 1980, 39, No. 12, 731.
- [5] N. Koshino *et al.*; *SPIE*, 1985, 529, 40.
- [6] Koichi Yamada *et al.*; *SPIE*, 1982, 329, 242.

(1986年5月29日收稿)

余弦物体的光学微分

冯郁芬

(陕西师范大学)

Optical differentiation of cosine objects

Feng Yufen

(Shanxi Teachers University, Xian)

Abstract: In this paper we present theoretical analysis and experiments on the optical

first-order and second-order differentiation operation of cosine objects. Experimental results are in agreement with theories.

1. 余弦函数的微分是正弦函数, 二阶微分是余弦函数这是人所共知的。本文用光学方法实现了余弦函数的一阶微分和二阶微分运算, 同时由于任何函数形式的光振幅分布都可以分解为余弦光振幅分布的线性组合, 因而, 得出的对余弦函数光学微分的结论有助于对光学微分的问题做进一步的研究。

2. 微分滤波器是用全息方法制作的全息复合光栅。该光栅的主衍射方向是 x 方向, 差频方向在 y 轴方向, 二者互相垂直。采用双曝光, 两次的曝光量相同。总曝光量为 E :

$$E = \left[1 + m \cos 2\pi \left(\varepsilon x + \frac{\Delta\eta}{2} y \right) + m \cos 2\pi \left(\varepsilon x - \frac{\Delta\eta}{2} y \right) \right] \quad (1)$$

采用非线性记录, 得到的复合光栅的振幅透射率为^[1]:

$$\begin{aligned} t(E) = & T_0 + T_1 \cos 2\pi \left(\varepsilon x + \frac{\Delta\eta}{2} y \right) \\ & + T_1 \cos 2\pi \left(\varepsilon x - \frac{\Delta\eta}{2} y \right) \\ & + T_2 \cos 4\pi \left(\varepsilon x + \frac{\Delta\eta}{2} y \right) \\ & + T_2 \cos 4\pi \left(\varepsilon x - \frac{\Delta\eta}{2} y \right) \\ & + T_{12} \cos 4\pi \varepsilon x + T_{12} \cos 2\pi \Delta\eta y \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $T_0 = K_0 + 2K_1 + 4K_2 + K_2 m^2;$

$T_1 = mK_1 + 4K_2 m;$

$T_2 = \frac{1}{2} K_2 m^2; T_{12} = K_2 m^2。$

式中 $\Delta\eta$ 为复合光栅莫尔条纹的空间频率, x 方向的空间频率 ε 远大于 $\Delta\eta$ 。

对 $t(E)$ 进行傅里叶变换, 即得到全息复合光栅的衍射谱

$$\begin{aligned} T(x', y') = & \mathcal{F}t(E) = T_0 \delta(x', y') \\ & + T_1 \delta \left(x' \pm \varepsilon \lambda f, y' \pm \frac{\Delta\eta}{2} \lambda f \right) \\ & + T_1 \delta \left(x' \pm \varepsilon \lambda f, y' \mp \frac{\Delta\eta}{2} \lambda f \right) \\ & + T_2 \delta(x' \pm 2\varepsilon \lambda f, y' \pm \Delta\eta \lambda f) \\ & + T_2 \delta(x' \pm 2\varepsilon \lambda f, y') \\ & + T_2 \delta(x' \pm 2\varepsilon \lambda f, y' \mp \Delta\eta \lambda f) \end{aligned}$$

$$+ T_{12} \delta(x', y' \pm \Delta\eta \lambda f), \quad (3)$$

从(3)式可以看出, 一级衍射是两个振幅为 T_1 的分量, 二级衍射三个分量的光振幅分别为 T_2, T_{12}, T_2 , 其中 $T_{12} = 2T_2$ 。非线性记录得到的光栅衍射谱如图 1 所示。



2级 1级 0级
图 1 复合光栅的衍射图

3. 实验装置如图 2 所示。用 Mach-Zehnder 干涉仪获得余弦型物体。微分处理用 $4f$ 系统来完成, P_1 平面是输入平面, P_2 平面是滤波平面, P_3 是输出平面。

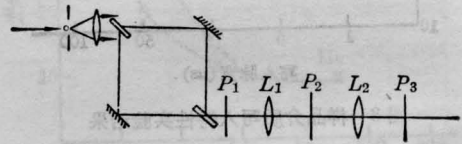
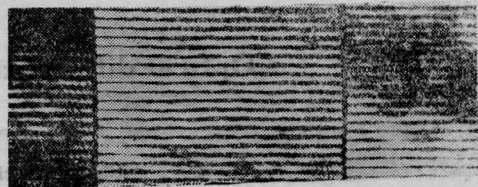


图 2 微分实验装置

图 3 是在输出平面上拍摄得到的照片。实验用的复合光栅莫尔条纹的空间频率为 2.5 条/mm, $f = 320$ mm。当余弦分布的空间频率约为 1 条/mm 时得到最亮的微分像。由于主衍射方向和微分方向垂直, 因而物与各微分像在 x 方向彼此分开, 而在 y 方向无错位。因而可以准确地观察到物函数与一阶微分像衬度反转, 二阶微分像与一阶微分像衬度反转。

4. 如图 2 所示, 设物函数振幅分布为



2级 1级 0级
图 3 余弦物体的微分实验结果

$$g(x, y) = c \cdot \cos 2\pi f_0 y \quad (4)$$

在 P_2 平面上得到物体的频谱

$$G(x, y) = \mathcal{F}[g(x, y)] \quad (5)$$

与复合光栅振幅分布的乘积

$$U(x_2, y_2) = G(x_2, y_2) \cdot t(x_2, y_2) \quad (6)$$

当复合光栅的莫尔暗条纹与光轴重合时^[1], 在 P_3 平面上得到微分结果。一级衍射处得到的一阶微分的强度为:

$$I_1 = c \left\{ \cos 2\pi f_0 y \otimes \left[T_1 \delta \left(x + \varepsilon \lambda f, y + \frac{\Delta \eta}{2} \lambda f \right) - T_1 \delta \left(x + \varepsilon \lambda f, y - \frac{\Delta \eta}{2} \lambda f \right) \right] \right\}^2 \\ = c' \delta(x + \varepsilon \lambda f) \cdot \sin^2(\pi \Delta \eta \lambda f \cdot f_0) \sin^2 2\pi f_0 y \quad (7)$$

在复合光栅二级衍射处得到的二阶微分强度分布为

$$I_2 = c_2 \left\{ \cos 2\pi f_0 y \otimes \left[T_2 \delta(x + 2\varepsilon \lambda f, y + \Delta \eta \lambda f) + T_2 \delta(x + 2\varepsilon \lambda f, y - \Delta \eta \lambda f) - T_{12} \delta(x + 2\varepsilon \lambda f, y) \right] \right\}^2 \\ = c_2' [\sin^2(\pi \Delta \eta \lambda f \cdot f_0) \cdot \cos 2\pi f_0 y]^2 \cdot \delta(x + 2\varepsilon \lambda f) \quad (8)$$

由式(7)、(8)式可知, 余弦函数的一阶光学微分是正弦函数, 其光强分布与原物相比衬度发生反转。

余弦函数的二阶光学微分是一余弦函数分布, 其光强分布与一阶微分衬度反转, 这一点已从图3所示的实验结果看出。

同时, 一阶和二阶微分像的亮度均与因子 $\sin(\pi \cdot \Delta \eta \lambda f \cdot f_0)$ 有关, 当 $\Delta \eta \lambda f$ 一定时, 微分像的亮度随物体空间频率 f_0 的不同而不同。只有当余弦物体的周期等于 $2\Delta \eta \lambda f$ 时, 才能得到最亮的微分像。

用差分法进行光学微分, 其本质是两束位相差 π 的光的干涉, 其中 $\Delta \eta \lambda f$ 是剪切量, 对于一般光分布都可以分解为若干余弦型光复振幅分布的线性组合。当微分处理系统 $\Delta \eta \lambda f$ 给定时对物体不同空间频率余弦分量微分, 其微分像亮度由因子 $\sin(\pi \Delta \eta \lambda f \cdot f_0)$ 决定, 当 f_0 接近零或等于零时, 微分像最暗, 而当 $\Delta \eta \lambda f = \frac{1}{2f_0}$ 时微分像最亮。这一点说明光学微分过程类似于高通滤波。

参 考 文 献

- [1] 冯郁芬;《中国激光》, 1984, 11. No. 3, 131.

(收稿日期: 1986年5月23日)

钢和铸铁的激光表面合金化研究

郑启光 杨 扬 李再光

曹书云

(华中工学院激光研究所)

(华中工学院微观分析教研室)

Study on laser surface alloying of steel and cast iron

Zheng Qiguang, Yang Yang, Li Zaiguang

(Laser Institute, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan)

Cao Shuyun

(Microanalysis Teaching and Research Section, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan)

Abstract: Alloying of the sample surface of 45# steel and high phosphorus cast iron with a high-power CW CO₂ laser have been studied. Our analysis shows that a uniformly dendritic structure is exhibited for the sample surfaces of 45 steel and a finer ledeburite microstructure for high phosphorus cast iron. The sample surfaces have a higher nickel content after laser alloying.