

提高全息图衍射效率的一种方法

赵 霖 阎书琴 汪淡莲 肖敬孝

(中国科学院计算技术研究所)

张 洪 钧 戴 建 华

(中国科学院物理研究所)

1980年7月16日收到

提 要

本文介绍用稀释显影提高全息图衍射效率的方法。给出了稀释显影的特性曲线以及衍射效率与显影时间、曝光量之间的关系。得到了三种全息干板的高衍射效率。

一、引 言

在图象三维再现、干涉计量、全息滤波以及全息存储等应用中,为了提高再现光源的利用效率,都希望全息图有较高的衍射效率。但是用银盐介质来记录全息图时,它的衍射效率较低,对一薄振幅透射全息图,理论最大衍射效率为0.0625^[1]。为了提高衍射效率,常常采用漂白方法,把振幅全息图变成相位全息图,这样理论最大衍射效率可达0.339。但是漂白方法,一般地会降低全息图的信噪比。Smith^[2]等提出在显影液中加入一定量卤化银溶剂,能使全息图的衍射效率增加。本文介绍一种稀释显影方法,能使全息图衍射效率有较大提高。例如,对Kodak 120-02全息干板,衍射效率达0.10左右,天津I型全息干板为0.07左右,使用中国科学院计算技术研究所自制全息干板,衍射效率可高达0.28左右。

二、稀释显影方法

显影液D-76, D-72, D-11, D-19等都能适用于稀释显影,可根据不同干板类型选择之。下面实验都用表1配方,它是以D-76为基础的一种改进配方。以5—20倍或更大的比例稀释。显影温度为20℃,显影时间为6—16分。

对Kodak 120-02, 天津I型和自制干板这三种干板用15mW, 氦-氖激光, 在光束比1:1, 夹角为30°, 拍摄全息光栅。全息光栅的衍射效率由积分球, 硅光电池接收, 通过检流计读出。干板特性曲线由三十阶标准密度光楔($\Delta D = 0.15$)接触曝光, 并由TD-504数字密度计测定。信噪比是用电视测试卡复制品作为物体, 拍摄全息图, 并测量再现图象中

表 1 显影液配方

水(30—45℃)	750ml	硼 砂	8g
米 吐 尔	2g	硼 酸	8g
无水亚硫酸钠	100g	溴 化 钾	0.5g
对苯二酚	5g	水 加 至	1000ml

黑线条与亮背景的光强比,用此光强比作为全息图的信噪比。

三、实 验 结 果

1. 稀释显影处理的全息图呈棕红色,而原液显影呈灰黑色. 全息干板的 $H-D$ 特性曲线如图 1 所示. 为比较起见,也给出了相同曝光条件下原液显影的特性曲线. 由图 1 可见,稀释显影与原液显影两者特性曲线有极大差异. 原液显影的线性区,在稀释显影中不再出现. 稀释显影的光密度 D 较低,一般 ≤ 0.5 , 并随曝光量 E 的增加缓慢增加,经一峰值后又缓慢下降,峰值光密度一般 < 0.5 .

2. 图 2 为不同显影时间对衍射效率 η 的影响.

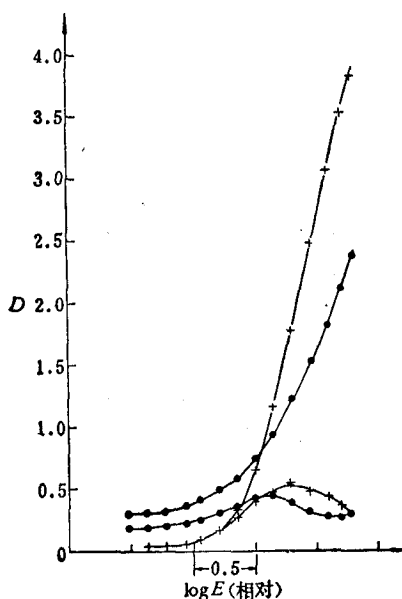


图 1 $H-D$ 特性曲线
向上的两条曲线为原液显影;
下面两条曲线为稀释显影;
• 为 Kodak 120-02;
+ 为自制干板

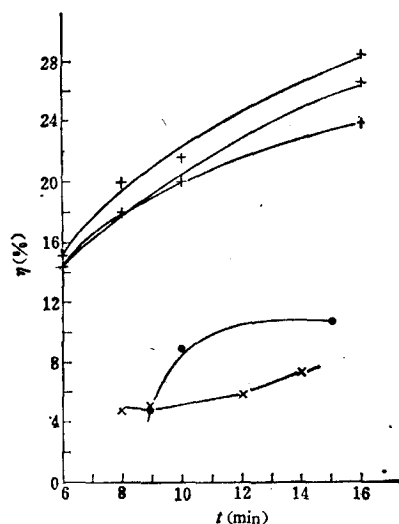


图 2 衍射效率 η 与显影时间关系
• 为 Kodak 120-02;
× 为天津 I 型;
+ 为自制干板

3. 图 3 为自制干板曝光量对衍射效率的影响. 同时也画出了特性曲线. 有趣的是随曝光量的增加,衍射效率单调上升,当曝光量很大时衍射效率趋于饱和. 大家知道,原液显影的 $\eta-\log E$ 曲线有一窄峰(宽容度小),其峰值位于振幅透过率特性曲线 $T-\log E$ 的

线性区中央^[1], (即 $\eta \propto \alpha^2(\bar{E})$, $\alpha(\bar{E})$ 是 $T-\log E$ 的斜率, 定义 $\alpha(\bar{E}) = (\alpha T / \alpha \log E)_{\bar{E}} = -(\ln 10/2)T(\bar{E})\gamma(\bar{E})$, 其中 $\gamma(\bar{E})$ 是光密度特性曲线 $D-\log E$ 的局部斜率). 相比之下, 稀释显影有很大曝光量宽容度, 并且最大衍射效率落在大曝光量处.

4. 信噪比为 20:1—80:1. 与测试卡复制品对比度以及光束比有关, 说明稀释显影能得到较高信噪比.

5. 在 10 倍稀释显影下, Kodak 120-02, 天津 I 型和自制干板的衍射效率见表 2.

表 2

干板类型	曝光时间 (min)	显影时间 (min)	衍射效率 η
Kodak 120-02	1	15	0.11
天津 I 型	5	14	0.07 ¹⁾
自制干板	6	16	0.28

1) 实验所用天津干板, 灰雾较大, 因此数据是保守的.

由表 2 可见, 稀释显影方法对三种干板都能得到较高衍射效率, 而且都大于薄振幅透射全息图最高衍射效率.

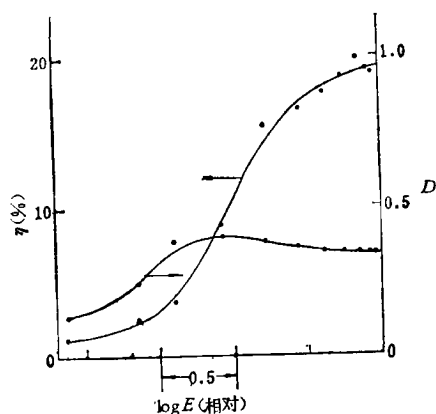


图 3 曝光量对衍射效率影响(自制干板)

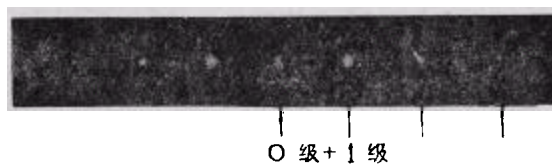


图 4 全息光栅的再现(+1级衍射效率为16.3%)

6. 经温度 (-10°C , 110 小时; $45-50^{\circ}\text{C}$, 100 小时) 和湿度 (相对湿度 95% 100 小时) 试验, 全息图的衍射效率变化小于 5%, 说明这种处理方法具有良好环境稳定性.

7. 图 4 为全息光栅的再现记录 (光束夹角为 5° 时). 可以看出 ± 1 级衍射光强已超过零级衍射光强. 图 4 中高级衍射是由于在 1:1 光束比深度调制下非线性记录造成.

本文介绍的显影液稀释处理, 为提高全息图的衍射效率提供了一种有效方法. 这种方法适宜于多种全息干板, 因而具有一定的普遍性. 我们并不认为稀释显影方法所得结果能动摇衍射效率的理论结论, 我们希望能找到稀释显影提高衍射效率的原因.

参 考 文 献

- [1] H. M. Smith, "Holographic Recording Materials" Topics in Applied Physics, Vol. 20.
- [2] H. M. Smith, C. A. Callari, Sr, *Photo. Sci. Eng.*, 19(1975), 130.

A METHOD OF INCREASING THE DIFFRACTION EFFICIENCY OF HOLOGRAM

ZHAO LIN YAN SHU-QIN WANG DAN-LIAN XIAO JING-XIAO

(Institute of Computing Technology, Academia Sinica)

ZHANG HONG-JUN DAI JIAN-HUA

(Institute of Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

A method of increasing the diffraction efficiency of hologram by using dilute development is presented. Characteristic curve of dilute development, relation between the developing time, the exposure and the diffraction efficiency are given. The high diffraction efficiency of three kinds of holographic plates have been obtained.