

# 后处理中坚膜与溶胀对明胶全息图的影响\*

张卫平

(广西大学物理系 南宁 530004)

王科太 朱建华 庞霖 郭履容

(四川大学信息光学研究所 成都 610064)

**摘要** 对明胶全息图后处理过程中坚膜与溶胀环节进行了实验研究,结果表明,对于使用稀释的 F-5 定影液坚膜,可使全息图对应最大衍射效率所需的曝光量向低值方向移动;水显溶胀程度对全息图的衍射效率的影响至关重要。提出了根据溶胀极限温度来确定溶胀温度以获取最佳溶胀效果的方法。

**关键词** 重铬酸盐明胶(DCG),后处理,全息图

## 1 引言

重铬酸盐明胶(DCG)具有高衍射效率、高信噪比、高分辨率、低吸收等优良特性,是目前最好的体积位相型全息记录材料之一。但在制作明胶全息图的过程中,有多种因素会对明胶这些优良特性的发挥带来影响<sup>[1~3]</sup>。对于同一批明胶板,后处理过程的各种因素也会对其成图效果带来不同程度的影响。欲充分发挥明胶全息记录材料的优良特性,获得优质全息图,研究后处理过程是十分重要的,特别是后处理中坚膜与溶胀环节对全息图的最终成图影响很大。但这方面的资料很少见到,本文针对这两个环节进行了实验研究。

我们采用红敏重铬酸盐明胶(MBDCG)作为全息记录材料,在不同曝光量下拍摄了空间频率为 1000 line/mm 的光栅,然后进行后处理实验研究。用不同浓度的柯达 F-5 酸性定影液进行坚膜,对制成后的全息光栅测出其衍射效率随曝光量的变化曲线。结果显示,采用稀释的 F-5 定影液,可使全息图最高衍射效率所对应的曝光量向低值移动。对于后处理中的水显溶胀过程,本文采取根据具体的溶胀极限温度确定溶胀温度的方法,可使全息图在后处理过程中得到充分的溶胀而不致于使胶膜融化,以达到最佳的溶胀效果,从而获得高衍射效率全息图。

## 2 实验

本文采用自制的红敏明胶感光材料(MBDCG)<sup>[4]</sup>,以 He-Ne 激光为曝光源,记录具有不同曝光量的非倾斜透射光栅。由 He-Ne 激光器( $\lambda = 633 \text{ nm}$ )发出的光经分束器分成等光强的两束光,分别经透镜准直后照射在全息干板上相干叠加形成全息光栅,两束光之间的夹角  $\theta = 37^\circ$ ,对应光栅空间频率为 1000 line/mm。

\* 广西教委、广西大学科研基金及国家教委博士点基金资助项目。

收稿日期: 1998-03-23; 收到修改稿日期: 1998-06-01

## 2.1 考察后处理中不同坚膜液浓度对全息图衍射效率的影响

将上述光路拍摄的若干组具有不同曝光量的光栅,按坚膜→清水冲洗→热水溶胀→异丙醇脱水→热风吹干的步骤进行后处理。对明胶的坚膜有无机物坚膜剂和有机物坚膜剂等若干种,我们对目前采用比较多的柯达 F-5 酸性坚膜定影液进行实验条件研究。坚膜选择了 I, II, III 三种不同浓度的 F-5 定影液, I 为柯达 F-5 酸性坚膜定影液原液, II 与 III 为 I 液的稀释液,它们与水的比例分别为 1:3, 1:5。后处理的具体过程见表 1。

表 1 MBDCG 全息图后处理过程

Table 1 Processing schedule

(1) Soak in solution I (or II, III) for 30 s	(5) Dehydrate in 90% isopropanol at 30°C for 2 min
(2) Rinse in running water for 1 min	(6) Dehydrate in 100% isopropanol at 30°C for 2 min
(3) Soak in hot water at 30°C for 2 min	(7) Dry with hot wind
(4) Dehydrate in 50% isopropanol at 30°C for 2 min	

以上步骤,除特别说明的均为 20°C。

处理完成后的 MBDCG 透射全息光栅采用 He-Ne 激光器照射,在 Bragg 角测量其衍射效率。衍射效率定义为  $\eta = I_1/I_0$ , 其中  $I_1$  为全息光栅 +1 级的衍射光强,  $I_0$  为透过光的总强度。根据所测结果,作出衍射效率随曝光量变化曲线。

## 2.2 考察后处理中热水溶胀温度对全息图衍射效率的影响

仍按上述光路拍摄若干组具有不同曝光量的非倾斜透射光栅,按表 1 过程进行后处理,其中 F-5 定影液选 II,对表中第 3 项热水溶胀温度取不同值进行实验研究。根据具体处理的全息图的热溶胀极限温度  $T_j$ (由试验找出  $T_j$ ),实验选择了  $T_j-1^\circ\text{C}$ ,  $T_j-2^\circ\text{C}$ ,  $T_j-3^\circ\text{C}$  三种温度。后处理完成后的全息光栅,同样按前述方式对衍射效率进行测量并作出曲线。

本文对极限温度  $T_j$  的确定:明胶干板在该温度热水中浸泡 2 min 胶膜开始融化。

## 3 结果与讨论

### 3.1 坚膜液浓度对衍射效率的影响

在不同浓度 F-5 坚膜条件下,实验得到了如图 1(a) 所示的三条衍射效率随曝光量的变化曲线。由图 1(a) 可以看到,随着采用稀释的 F-5 定影液坚膜,获得同样衍射效率所对应的曝光量向低值方向移动,而峰值高度基本保持不变。

我们认为,这是由于 F-5 坚膜液越浓,同样时间、温度下坚膜过程使 DCG 膜层硬度增加越大,折射率的调制更困难,使感光区达到同样交联硬化程度所需的曝光能量增加,因此采用浓度较低的坚膜液,对增加 DCG 的感光度有益。

一般认为,明胶全息图在后处理过程中进行坚膜比不坚膜好,因为这样可以使膜层坚韧,不易溶于水,并能抑制噪声。坚膜一般采用 F-5 定影液,采用控制坚膜时间来控制坚膜程度,而当需要坚膜时间较短时,不易控制。本实验采用稀释的 F-5 定影液,起到了调节坚膜程度的作用。

在实验中我们还发现,采用 I 液与 II 液处理得到的全息图,质地优良,无噪声。而采用 III 液所得全息图略有噪声。比较之,采用 II 液坚膜对 MBDCG 感光度的影响及其成图质量两者均具优势。

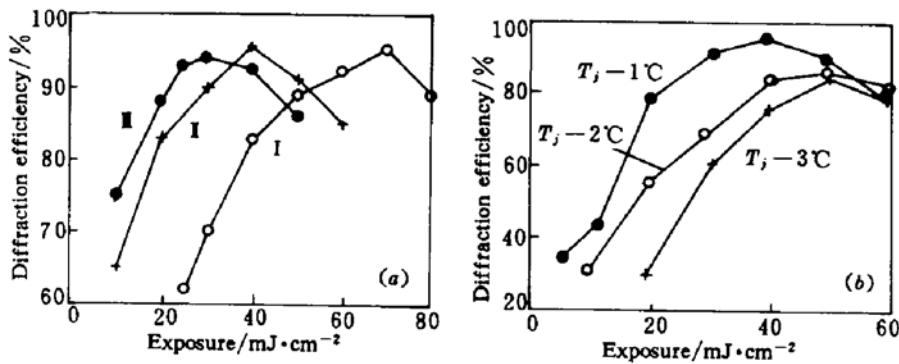


图 1 1000 lines/mm MBDCG 透射光栅的衍射效率随曝光量的变化曲线

(a) 后处理中用不同浓度的 F-5 定影液; (b) 后处理中溶胀温度不同

Fig. 1 Variation of the diffraction efficiency with exposure for transmission gratings on MBDCG with a spatial frequency of 1000 lines/mm

(a) soaked in fixer F-5 of different densities in processing; (b) soaked in hot water of different temperatures in processing

### 3.2 水显溶胀阶段

在制作明胶全息图的过程中,水显溶胀阶段对全息图衍射效率的影响至关重要。从图 1 (b) 的结果可看出,溶胀温度的变化对衍射效率的影响是明显的。在其他条件相同的情况下,溶胀温度越接近  $T_j$ , 全息图所获的衍射效率越高。

由实验得知,大溶胀度有助于高衍射效率的获得。这是由于在曝光过程中,六价的铬离子  $\text{Cr}^{6+}$  还原成三价  $\text{Cr}^{3+}$ , 三价铬离子与邻近的明胶交联,这种交联结合硬化了胶膜导致硬度差异而形成全息图的潜像。在后处理过程中,水显溶胀阶段使胶膜层吸水膨胀,当被异丙醇快速脱水后,造成胶膜层的急剧收缩,因而在材料内部产生很大的应力,进一步加大了硬度差异,结果使全息图获得大的衍射效率。

在溶胀阶段,热水温度直接影响溶胀程度,较高的温度带来较大的溶胀度,但温度过高,超过一极限值  $T_j$  会使明胶膜融化。由于不同的明胶板或同一批明胶板在不同时期其基础硬度不同,致使其溶胀极限温度不同,所以  $T_j$  并非定值,水显溶胀温度不宜采用定值。本文采取先由实验找出所处理的全息图的热溶胀极限温度  $T_j$ , 然后再确定略低于此值的溶胀温度。考虑到实际的可操作性,本实验取最高溶胀温度低于溶胀极限温度  $1^\circ\text{C}$ 。实验证明,此做法切实可行,可使全息图在后处理的水显溶胀阶段中实现胶膜充分吸水膨胀的目的,以使全息图获得尽可能高的衍射效率。

### 参 考 文 献

- 1 B. J. Chang, C. D. Leonard. Dichromated gelatin for the fabrication of holographic optical elements. *Appl. Opt.*, 1979, 18(14):2407~2417
- 2 R. Changkakoti, Sastry V. Pappu. Methylene blue sensitized dichromated gelatin holograms; a study of their storage life and reprocessibility. *Appl. Opt.*, 1989, 28(2):340~344
- 3 R. K. Curran, T. A. Shankoff. The mechanism of hologram formation in dichromated gelatin. *Appl. Opt.*, 1970, 9(7):1651~1657
- 4 Wang Ketai, Guo Lürong, Zhu Jianhua et al.. Methylene-blue-sensitized dichromated gelatin holograms with antihumidity polymer coatings. *Appl. Opt.*, 1997, 36(14):3116~3119

## Influence of Hardening and Swelling Courses on Gelatin Hologram during the Post-processing Procedure

Zhang Weiping

*(Physics Department, Guangxi University, Nanning 530004)*

Wang Ketai Zhu Jianhua Pang Lin Guo Lürong

*(Information Optics Institute, Sichuan University, Chengdu 610064)*

**Abstract** The study on the influence of hardening and swelling courses on gelatin hologram during the post-processing procedure is conducted experimentally. The result showed that a hardened gelatin film with diluted F-5 fixing bath, can make lower the required exposure for the maximum diffraction efficiency of holograms. And the swelling level in water is very important to diffraction efficiency, a method to gain good swelling results is presented in this paper, in which the swelling temperature is determined by the ultimate swelling temperature.

**Key words** dichromated gelatin (DCG), post-processing, hologram