

全息干板漂白乳胶厚度起伏特性的研究及其相位滤波器的制备

王玉堂 陈岩松 李秀英

(中国科学院物理研究所)

提要: 本文研究了全息干板漂白所引起的某些特性并给出了制备相位滤波器的方法。

Study of relief-characteristics of holographic emulsion due to bleaching effect and the preparation of phase filters

Wang Yutang Chen Yansong Li Xiuying

(Institute of Physics, Academia Sinica)

Abstract: In this paper some characteristics caused by bleaching processing for holographic emulsion are considered and the method for preparing the phase filter is given.

尽管对全息干板的漂白机理还了解得不十分彻底,但是从后果上来说主要分为二种^[1]。一种是产生折射率的变化,即漂白处理过程将干板的密度变化转化成折射率变化;另一种是产生乳胶厚度的变化,即漂白处理过程将干板的密度变化转化成厚度变化。前者的空间频率极限高于后者,主要用于全息图的漂白,而后者多用来制备取离散值的相位滤波器。本文给出全息干板漂白处理后乳胶的厚度起伏特性以及利用这个特性制备相位滤波器的方法。

一、全息干板漂白后乳胶的厚度起伏特性

图1是天津全息 III 型、Agfa10E56 全息干板漂白处理后,乳胶厚度起伏量 Δl 与光密

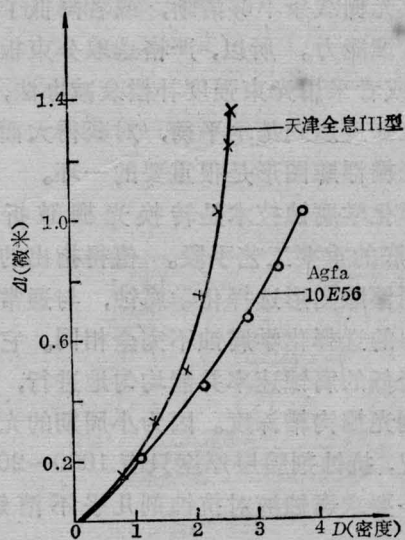


图1 天津全息 III 型、Agfa10E56 全息干板漂白处理后乳胶厚度起伏量 Δl 与光密度 D 之间的关系曲线

收稿日期: 1980年3月10日。

度 D 之间的关系曲线。曲线表明 Δl 随 D 增加而单调上升,因为在漂白过程中,曝光区的明胶被鞣化而使其吸水性能降低,所以在干燥过程中曝光区的明胶收缩小,使乳胶厚度出现起伏。由于明胶的鞣化程度随银粒子(光密度)增多而增强,所以厚度起伏量随光密度增加而变化。从图 1 还可以看出相同密度下,天津全息 III 型干板的起伏量大于 Agfa10E56 干板的起伏量。经过测定发现,前者的乳胶层厚度为 10 微米,而后者是 6 微米,说明乳胶越厚起伏量越大。

图 2 显示乳胶层起伏出现“马鞍型”。这是用 100 微米宽的狭缝紧贴乳胶曝光,漂白处理后乳胶厚度起伏在干涉显微镜下的形象。我们认为“马鞍型”的出现是由于厚度起伏与空间频率有关系的缘故。文章[2]研究了这个问题,指出,起伏量先随空间频率的增加而增加,到达某个峰值后,随空间频率的继续增加反而下降,并且乳胶层越薄,与峰值对应的空间频率就越高。图 2 属于低空间频率情况,所以出现“马鞍型”是自然的,对天津全息 III 型厚板的实验表明,由于它的乳胶厚度几乎是平常板的二倍,所以此种现象尤为明显。



图 2 乳胶厚度起伏呈现“马鞍”

我们必须强调指出,光密度、空间频率及乳胶层厚度是决定厚度起伏量的重要因素,但不是全部因素。这是一个复杂的问题,例如,显影、定影和漂液配方,处理过程、干燥方法等都能影响厚度起伏。因此,对于一具体应用目的,如某种相位滤波器,我们只能固

定配方、条件和过程等。通过大量实验找出经验规律。

二、相位滤波器的制备

利用漂白感光乳胶的方法,以控制厚度起伏来制备相位滤波器。通常是先制备一个与滤波器对应的放大底图,缩小后再进行漂白处理。我们曾经用这种方法制造了柱面镜相息图^[3]。在制备 walsh 变换的相位滤波器时,由于取样周期较大,可以直接用机械装置控制,所以省去了制备底图的中间过程,采用直接曝光制备的方法。这里主要阐述这一方法。

1. 测定起伏量 Δl 与曝光量 $E_0 t$ 关系曲线

采用上节叙述的漂白处理技术,固定配方,处理过程,空间频率,曝光装置和干板类型等全部实验条件。测量和制作乳胶起伏量 Δl 与曝光量 $E_0 t$ 的关系曲线。在干涉显微镜下观察的起伏量是以干涉条纹的弯曲量 Δn 表示的即 $\Delta l = \frac{\lambda}{2} \Delta n$, 图 3 是 Agfa10E56 干板的 Δn 与 $E_0 t$ 的典型曲线。

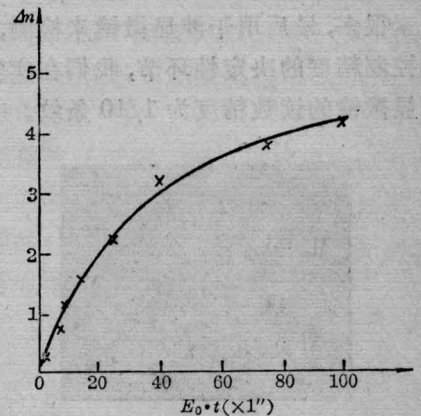


图 3 Agfa10E56 干板的条纹弯曲量 Δn 与曝光量 $E_0 t$ 的关系曲线 (测量用光波长 $\lambda=6328 \text{ \AA}$)

2. 确定相位滤波器相位值对应的曝光量

设 N 为明胶的折射率, 则与起伏量 Δl 对应的透射光的相位改变为:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0}(N-1)\Delta l = \frac{\pi\lambda}{\lambda_0}(N-1)\Delta n$$

如果滤波器使用光波长与显微镜中测量的光波长相同, 则上式简化为:

$$\Delta\varphi = \pi(N-1)\Delta n$$

根据上式和图 3 所示的 Δn 与 E_0t 曲线, 找出与相位滤波器所有相位值相对应的曝光量或曝光时间。

3. 滤波器的具体制作

采用与 1 相同的实验条件, 根据 2 确定的曝光时间 t 进行曝光、漂白处理, 整个过程见附录。

图 4 和图 5 分别给出了用上述过程制作的相位滤波器和相位型输入函数, 在相衬显微镜下的照片, 这个相位型输入函数为 walsh 变换而设计的所取相位值类似于二元相位滤波器的形式。滤波器的实际尺寸为 $8\Delta x = 1.04$ 毫米, $y = 5$ 毫米, 二个相邻相位区之间存在宽度为 $\frac{1}{3}\Delta x$ 的间隙。目的是更好地保证曝光区域内起伏量的均匀性。在整个制备过程中, 影响滤波器的相位控制精度的因素很多, 最后用干涉显微镜来检测, 因此这是控制精度的决定性环节, 我们在实验中, 干涉显微镜的读数精度为 $1/10$ 条纹。



图 4 相位滤波器在相衬显微镜下的照片
(从左到右的相位调制量为 2.28、0.78、0.71、0、2.28、3.92、0.71、3.14)

对张洪钧同志在工作中所进行的有益讨

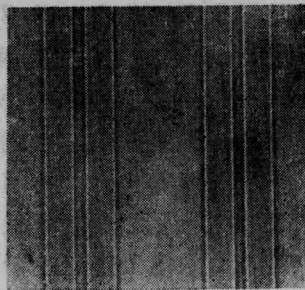


图 5 相位型输入函数在相衬显微镜下的照片
(从左到右的相位值为 π 、 π 、0、0、 π 、 π 、0、0)

论以及在总结中所给予的指导, 在此表示感谢。

附 录

1. 处理过程

- 1) 显影: D_{19} 显影液, 温度 20°C , 显影时间 3 分。
- 2) 停显: 冰醋酸停显液, 时间 30 秒。
- 3) 水洗: 流动自来水冲洗 2 分钟。
- 4) 定影: F_5 定影液, 定影时间 2 分。
- 5) 水洗: 同 3)。
- 6) 漂白: 时间约 1 分钟, 配方附录 2 中给出
- 7) 水洗: 同 3)
- 8) 二次定影: F_5 定影液, 定影 45 秒。
- 9) 水洗: 流动自来水冲洗 5 分钟。
- 10) 清洁: 用蒸馏水浸泡 2 分钟。
- 11) 干燥: 室温自然干燥(防尘)

2. 漂白配方

在 750 毫升蒸馏水中加入

钾明矾	20 克
硫酸钠	25 克
溴化钾	20 克
硫酸铜	40 克

加蒸馏水至 1000 毫升再加入浓硫酸 5 毫升加重铬酸钾至饱和。

参 考 文 献

- [1] R. J. Collier *et al.*; "Optical Holography" Academic press, 1971, p266.
- [2] H. M. Smich; *JOSA*, 1968, **58**, 533.
- [3] 陈岩松等;《激光》, 1979, **6**, No. 10, 23.