

银盐干板的皱缩控制及其在彩色反射全息上的应用*

叶 慧 金洪震 王 辉 王媛媛

(浙江师范大学信息光学研究所, 金华 321004)

摘 要 分析了影响全息干板银盐乳胶在处理过程中收缩的几个因素, 并通过实验, 找出了在拍摄及处理体积反射全息图过程中, 曝光量、漂白液温度及脱水的方式对乳胶收缩影响的规律. 在此基础上提出控制乳胶的收缩, 即控制反射全息图衍射波长的方法, 从而达到彩色反射全息图的实现. 实验结果表明该方法做出的全息图效果良好.

关键词 反射全息; 乳胶收缩; 再现波长漂移

中图分类号 O438.1 **文献标识码** A

0 引言

反射体积全息图由于有高的衍射效率, 良好的单色性, 大的观察视角且景深较大, 已成为白光再现全息图的佼佼者. 同时, 长期以来人们在彩色全息图的应用也作了不懈的努力^[1,2]. 除了研究彩色反射全息图的拍摄技术本身外^[3,4], 研究的范围还包括如何减少再现波长的偏移, 提高彩色全息像的色彩饱和度, 尤其在研究如何防止和克服记录材料在化学处理过程中的收缩这一关键问题上做了不少工作^[5~7]. 但是, 一种现象总有其利弊两个方面, 如果能够找出记录材料处理过程中各因素对皱缩的影响规律, 通过人为控制来调整感光材料的收缩程度, 做出多种颜色的单色全息图, 那将会有很大的应用价值, 其中之一就是可采用分色再现全息图叠合的方法来实现全息图彩色化. 文献^[1]试图通过化学处理方法获得多种颜色的反射全息图, 但由于在曝光前对干板进行浸泡的预处理极易损伤乳胶层, 可能极大降低全息图的衍射效率及感光灵敏度. 本文提出在全息图记录和后处理过程中通过控制影响乳胶收缩各要素的方法来定量控制反射全息图的波长漂移. 通过大量的实验, 找出了各因素影响的基本规律, 可以实现对材料收缩程度的控制, 并做出了效果良好的彩色全息图.

1 影响反射光栅常量的因素分析

设 λ_0 为拍摄时空气中物光和参考光波长, n 为记录介质中的折射率, θ_0 和 θ_R 为物光和参考光的入射角, Ψ_0 和 Ψ_R 为进入介质后的物光和参考光的入射角, 则记录介质中体积光栅常量 Λ 、 λ_0 和布喇格角

B 之间的关系为^[8]

$$\Lambda = \frac{\lambda_0}{2n \sin B} \quad B = \frac{\Psi_0 - \Psi_R}{2}$$
$$\sin \Psi_0 = \frac{\sin \theta_0}{n} \quad \sin \Psi_R = \frac{\sin \theta_R}{n}$$

用白光再现时, 只有满足布喇格条件的波长和入射角, 再现像的衍射效率最大, 如果波长和入射角有所偏离, 则衍射效率很快下降至零. 对波长偏离更是灵敏, 再现波长 λ_1 与 Λ' 和 B 的关系为

$$\lambda_1 = 2n' \Lambda' \sin B$$

由于 B 在固定记录光路后是不变的, 所以化学处理时, 干板的乳胶发生收缩后, $\Lambda' \neq \Lambda$. 而且在经过显影等处理后, 最后的有效折射率 n' 和记录时的折射率 n 已经不一样了. 这些都使再现波长发生漂移, 导致 λ_1 的变化. 所以控制再现波长是一个比较复杂的问题, 除了要控制记录材料的收缩程度, 还要控制折射率的变化. 如果控制了再现波长, 即控制了再现像的颜色, 就可以得出所要的单色反射全息图. 在反射全息图制作过程中, 影响 Λ 发生改变的主要因素为:

1) 显影前后的环境的相对湿度

环境的湿度影响是很明显的. 银盐干板的感光材料是卤化银和明胶的混合乳剂, 明胶是蛋白材料, 在水中可以吸水溶胀, 因而对环境的湿度非常敏感.

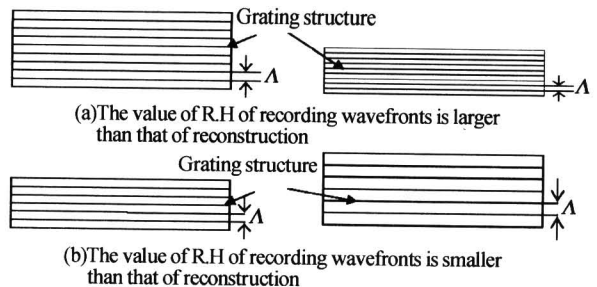


图 1 记录和再现时的相对湿度的变化对光栅常量的影响
Fig. 1 The effect of changes in relative humidity of grating formation and reconstruction on grating space

*浙江省自然科学基金(102056)和浙江省科技计划项目(2003C31011)资助

Tel: 0579-2298882 Email: zjnuyehui@163.com

收稿日期: 2004-12-17

湿度大的时候因吸水而膨胀,干燥的时候因脱水而收缩.如果记录时湿度大于再现时的湿度,光栅常量 Λ 将变小,再现波长向短波方向漂移;反之,再现波长将向长波方向漂移.图 1 反应了由于相对湿度变化乳胶收缩与膨胀进而影响光栅常量变化的过程.

2) 曝光量的影响

曝光量关系到充分显影后的密度.在显影过程中由于银的析出和卤素气体的挥发,卤化银结构被破坏,乳胶层的体积将变小.显然,在曝光量一定的情况下,显影越充分,密度越大,乳胶收缩的就越厉害^[9].

3) 漂液温度

改变全息图的漂液温度,能很明显地使再现像颜色发生变化,并在特定的脱水情况下可以在一定的相对湿度变化范围内保持稳定.导致这一现象的可能有两个原因:一是加热硬化作用,二是化学硬化作用.随着漂液的温度升高,一方面明胶得到进一步的硬化,另一方面,加大了漂白反应后卤化银离子与明胶的交联密度,水分子较难进入^[10].因而一旦经过适当的脱水处理后,乳胶层不易吸水从而保持较稳定的状态.

4) 干板乳胶的干燥方式

干燥方式有自然晾干、冷风吹干、热风吹干及酒精脱水等几种.实验中发现:自然晾干脱水程度较低,因而全息图乳胶收缩程度较小,冷风吹干较前者收缩大一些,而热风吹干乳胶收缩变化最为明显.如果用酒精脱水后再热风吹干,由于酒精对明胶有硬化作用,不但可使乳胶收缩严重,且在相对湿度较高的环境下也不易回涨.

2 实验结果分析

实验中使用的感光材料是金华市婺城区特种感光材料厂生产的 HR-1 高密度银盐干板. HR-1 高密度银盐干板是红敏单色干板.并用 632.8 nm 的氦氖激光作为记录光.在曝光量为 $83 \mu\text{J}/\text{cm}^2$,显影(D19, 20°C) 2 min 时,密度达到(0.86).为使全息图有较好的观察效果^[11],物光与参考光的夹角为 165° ,强度之比为 1:1.由综上可知影响乳胶收缩的因素很多,这里主要给出在曝光量和显影密度一定的情况下相对湿度和漂液温度对乳胶收缩的影响.

由图 2 可知,在一定的漂白温度(无论是常温还是高温)和再现湿度下,记录时的相对湿度大的乳胶前后相对收缩的程度更大.

图 3 是在相对湿度一定的情况下,随着漂液温度的变化,再现波长的漂移情况,由图 3 也可看出,随着漂液温度的升高,再现波长向短波方向漂

移得更多,但漂白温度不可过高(一般应低于 50°C),否则将损坏乳胶薄膜.

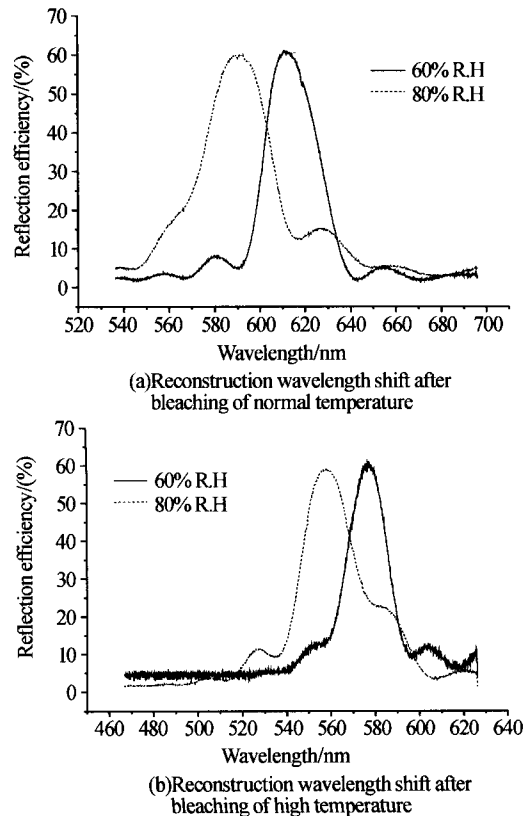


图 2 常温和高温漂白下记录时相对湿度变化引起的再现波长漂移

Fig. 2 Reconstruction wavelength shift caused by change in relative humidity at formation after bleaching of normal and high temperature respectively

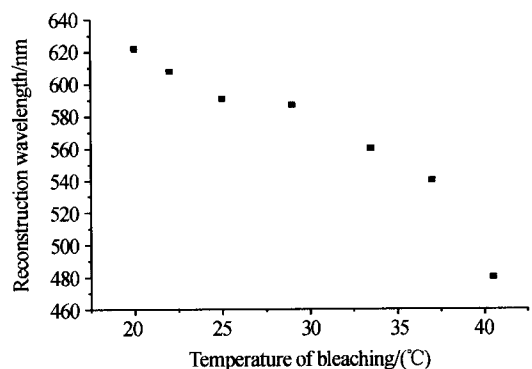


图 3 漂液温度变化引起的再现波长漂移

Fig. 3 Reconstruction wavelength shift caused by changes in bleaching temperature

3 红绿蓝单色全息图的实现及其彩色全息图的制作

由表 1 得到了红、绿、蓝三色全息图.

图 4 分别给出了三个全息图的再现像的光谱反射率.由这样三个全息图得到的三原色可以匹配出较大范围的色彩,因而可以制作彩色反射全息图.利用夹层法进行了彩色全息图的初步试验,得到了

图 5 的实验结果. 发现反射全息再现像的分辨率有所降低, 主要是多次拍摄的再现像对位不够准确所致.

表 1 红绿蓝三色全息图实验参量

再现波长峰值/nm	612	544	467
记录相对湿度(R. H)	53	61	80
再现相对湿度(R. H)	75	75	75
曝光量($\mu\text{J}/\text{cm}^2$)	83	120	153
显影密度	0.86	1.5	1.93
漂白液温度($^{\circ}\text{C}$)	20	≈ 36	40.5
脱水	自然晾干	酒精脱水后 自然晾干	酒精脱水后 热风吹干

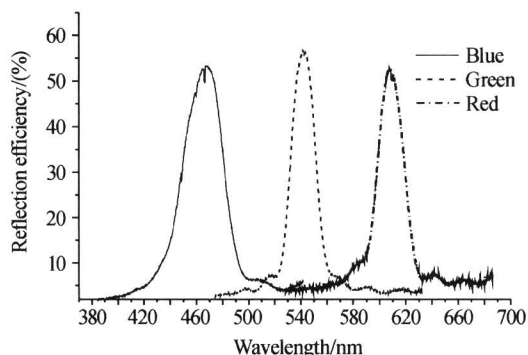
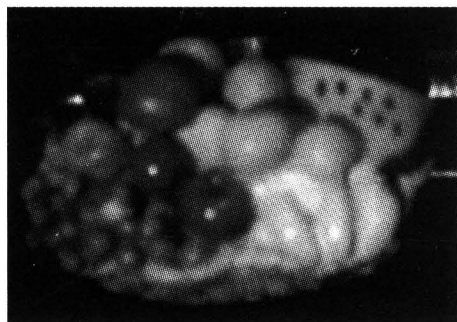
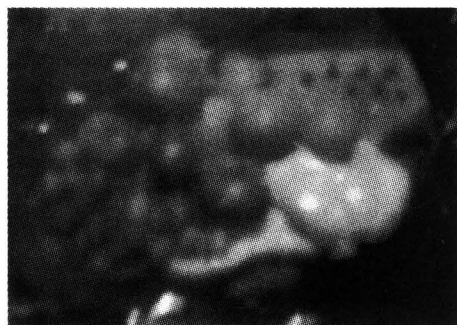


图 4 红绿蓝三色反射全息图再现像光谱
Fig. 4 Spectra of reconstruction image of red green and blue reflection hologram respectively



(a)Original color object



(b)Reconstructing image from the sandwich hologram

图 5 彩色反射全息实验结果

Fig. 5 Experimental result of the color reflection holograms

4 结论

通过以上的讨论和实验结果, 初步掌握了在反射全息图记录、处理及再现过程中环境相对湿度, 漂

白液温度及脱水方式等各因素对反射全息图再现像颜色的影响. 作为彩色全息图应用的实验验证, 给出了红绿蓝三种颜色全息像的实验参量. 利用夹层法初步得到了饱和度好, 衍射效率较高的彩色物体全息像. 本项技术在彩色全息图的制作, 企业形象设计, 珍贵文物展示等广泛的民用领域及其他某些有特殊要求的全息光学元件中有很好的应用价值和前景.

参考文献

- 1 宫爱玲, 张文碧, 钟丽云, 等. 通过化学处理获得多种颜色的反射全息图. 激光杂志, 1997, **18**(6): 36~44
Gong A L, Zhang W B, Zhou L Y, et al. *Laser Journal*, 1997, **18**(6): 36~44
- 2 忽满利, 计忠瑛, 李育林, 等. 利用国产全色银盐干板制作真彩色反射全息图. 光子学报, 2001, **30**(12): 1516~1519
Hu M L, Yf Z Y, Li Y L, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2001, **30**(12): 1516~1519
- 3 于美文. 光全息学及其应用. 北京: 北京理工大学出版社, 1996. 540~547
Yu M W. *Optical Holography and Its Applications*. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 1996. 540~547
- 4 董会宁, 朱建华, 邱服民. 全色银盐干板记录真彩色反射全息图的新技术研究. 四川师范大学学报, 1999, **22**(1): 103~107
Dong H N, Zhu J H, Xiu F M, et al. *Journal of Sichuan Normal University*, 1999, **22**(1): 103~107
- 5 Daniet R. W, Roderic S L. Color control in reflection hologram by humidity. *Applied Optics*, 1991, **30**(17): 2363~2367
- 6 钱昌吉, 蔡铁权. 反射全息图再现波长的漂移与补偿. 浙江师大学报, 1996, **19**(2): 44~48
Qian C G, Chai T Q. *Journal of Zhejiang Normal University*, 1996, **19**(2): 44~48
- 7 计忠瑛, 李育林, 忽满利, 等. 国产 KL 全色干板感光特性研究. 光子学报, 2003, **32**(1): 51~55
Ji Z Y, Li Y L, Hu M L, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(1): 51~55
- 8 于美文. 光全息术. 北京: 北京教育出版社, 1995. 83~84
Yu M W. *Optically Holographic Technology*, Beijing: Beijing Educational Press, 1995. 83~84
- 9 姜根山, 吕跃广, 黄明强. 银盐干板稀释显影折射率调制特性实验研究. 中国激光, 2004, **31**(2): 190~194
Jiang G S, Lü Y G, Huang M Q. *Chinese Journal of Lasers*, 2004, **31**(2): 190~194
- 10 王利军, 辛中印, 魏锐艳, 等. 改性明胶吸水性能的研究. 皮革科学与工程, 2004, **14**(2): 45~48
Wang L J, Xing Z Y, Wei R Y, et al. *Leather Science and Engineering*, 2004, **14**(2): 45~48

- 11 官爱玲,张文碧,杨齐民,等. 由于介质收缩导致的多色反射体全息图衍射光角度偏离的修正. 光子学报, 1999, **28**(11):1039~1042

Gong A L, Zhang W B, Yang Q M, *et al.* *Acta Photonica Sinica*, 1999, **28**(11):1039~1042

The Control of the Emulsion Contraction of Silver Halide Plate and Its Application to Color Reflection Hologram

Ye Hui, Jing Hongzheng, Wang Hui, Wang Yuanyuan

Institute of Information Optics, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004

Received date: 2004-12-17

Abstract Some facts which affect the emulsion contraction during the processing of holographic silver halide plate are analyzed. These facts such as the time of exposure, the temperature of bleaching as well as the dehydration method are studied experimentally. Based on the study, a method of controlling the emulsion contraction which determines the diffraction wavelength of the reflection holography is given and a multicolour holography is attained. The experiment result indicates that a good multicolour holography can be made.

Keywords Reflection hologram; The contraction of emulsion; Reconstruction wavelength shift



Ye Hui was born in Sep. 1980, in Zhejiang Province. She received the B. S. degree from Department of Physics, Zhejiang Normal University in 2003. And now she is pursuing her M. S. degree in Institute of Information Optics, Zhejiang Normal University. Her main research interests are the information optics and holography.