

# 聚乙烯醇掺入重铬酸盐明胶对 全息材料性能的影响

蔡铁权 王辉

(浙江师范大学物理系, 金华 321004)

郭履容 郭永康 戴朝明

(四川大学物理系, 成都 610064)

**提要** 实验与检测的结果表明,将适量的聚乙烯醇掺入重铬酸盐明胶,并相应地改变胶液的配方,对重铬酸盐明胶的全息性能产生了多方面的影响。提高了胶膜的偏置硬度,改变了全息图内部的微结构,增大了全息图的表面浮雕深度,提高了全息图的环境稳定性等。同时又基本保持了传统重铬酸盐明胶优良的全息特性,这对利用重铬酸盐明胶制作全息图与全息光学元件等方面的应用是有利的。已获得了实验与检测的结果,并对基本原理进行了讨论。

**关键词** 重铬酸盐明胶,聚乙烯醇,全息记录材料,全息术,全息性能

## 1 引言

自从 Shankoff<sup>[1]</sup> 提出用重铬酸盐明胶制作相位型全息图以来,几十年中对重铬酸盐明胶全息记录材料已有十分广泛而深入的研究。重铬酸盐明胶的高衍射(或反射)效率、高分辨率、高信噪比等优良特性使它成为显示全息、全息光学元件等方面应用最理想的记录材料之一<sup>[2]</sup>。但传统的重铬酸盐明胶存在着明显的不足:只对蓝、紫及紫外光波段感光;与卤化银乳胶相比感光度太低;在高湿度环境中不加封缄时全息图很快退化等<sup>[3]</sup>。另一方面,已有研究表明,聚乙烯醇能溶于水或水醇混合物中,用重铬酸铵<sup>[4]</sup>或氯化铁<sup>[5]</sup>敏化可作实时全息记录材料。而且记录在聚乙烯醇薄膜上的全息图在潮湿的环境中不封缄时也不退化,不发霉。由此,我们将适量的聚乙烯醇掺入重铬酸盐明胶中,并加入相应的添加剂,制作成重铬酸盐明胶聚乙烯醇胶膜<sup>[6]</sup>。

我们的实验与检测结果表明,重铬酸盐明胶聚乙烯醇胶膜具有多方面独特的性能,即聚乙烯醇的掺入,对重铬酸盐明胶的全息性能产生了多方面的作用。

## 2 实验与结果

2.1 重铬酸盐明胶聚乙烯醇胶膜的制作过程与全息图的记录详见文献<sup>[6]</sup>。

2.2 我们对重铬酸盐明胶聚乙烯醇和传统的重铬酸盐明胶的胶膜、全息图的硬度,全息图的微结构,主要的全息性能都作了对比检测,可以明显地看到两者的差异。

### 2.2.1 硬度

用 HMT-3 型显微硬度计测得传统重铬酸盐明胶与加入聚乙烯醇后的胶膜以及全息图的硬度值(维氏显微硬度 Hm)。

Table 1 The hardness of the films and holograms of conventional DCG and PVA introduced DCG

	Conventional DCG		PVA introduced DCG	
	films	holograms	films	holograms
Hardness (Hm)	21.85	23.09	28.84	45.56

### 2.2.2 全息图微结构

用电子显微技术观察全息光栅内部的微结构(图 1),可以清楚地看到裂纹与气孔,证明 Shankoff 效应<sup>[7]</sup>是存在的。聚乙烯醇掺入后的重铬酸盐明胶,裂纹显示出明显的方向性,在浮雕凹下地带,裂纹较粗且深。

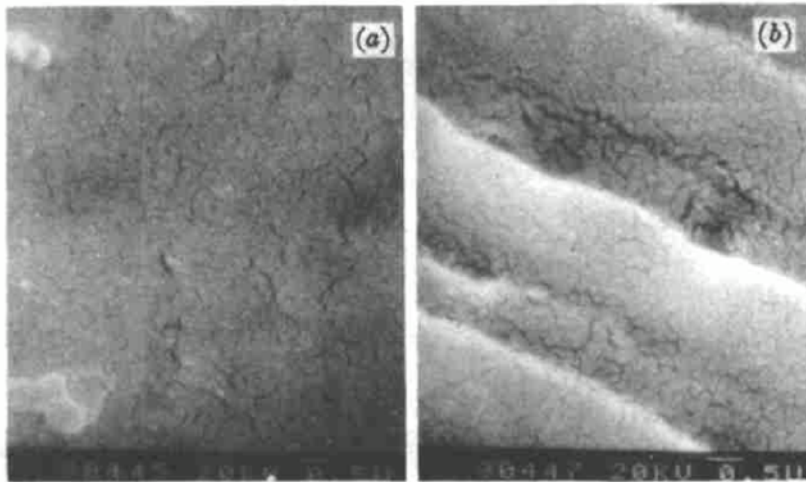


Fig. 1 The electron micrographs ( $\times 5000$ ) of gratings (500 cycles/mm)  
(a) obtained by conventional DCG; (b) obtained by PVA introduced DCG

曝光处的  $\text{Cr(VI)}$  光致还原成  $\text{Cr(III)}$  而交联聚合物分子,使胶膜硬化并不溶于水,未曝光部分在水洗中被洗去,全息光栅表面呈浮雕状<sup>[8]</sup>。从 80 cycles/mm 光栅表面浮雕的显微照片(图 2)中可以看到,聚乙烯醇掺入后,表面浮雕明显加深,其深度比约为 2.4 : 1。

### 2.2.3 全息性能

一般地说,衍射效率与光栅的空间频率有关,我们记录的 1000 cycles/mm 光栅,其衍射效率  $\eta > 70\%$ 。

用  $\text{Ar}^+$  激光 488.0 nm 波长记录 Lippmann 全息图,可计算得到其分辨率在 4000 cycles/mm 以上。

对记录的全息图,只要处理条件适当<sup>[9]</sup>,图面洁净透明,即具有很高的信噪比。

为提高重铬酸盐明胶全息图的环境稳定性,近年来已有相当多的研究<sup>[10]</sup>,但大多是从改进后处理来防止全息图的退化。聚乙烯醇掺入重铬酸盐明胶后,由于改变了胶膜的性质与全息图的微结构,对提高全息图的环境稳定性有较好的效果<sup>[11]</sup>。

记录真彩色全息图与全息光学元件,必须控制再现波长的漂移。对此已有多种解决方案提出<sup>[12,13]</sup>。我们的研究表明<sup>[6]</sup>,改变聚乙烯醇及有关添加剂的加入量,也可以方便地控制记录在

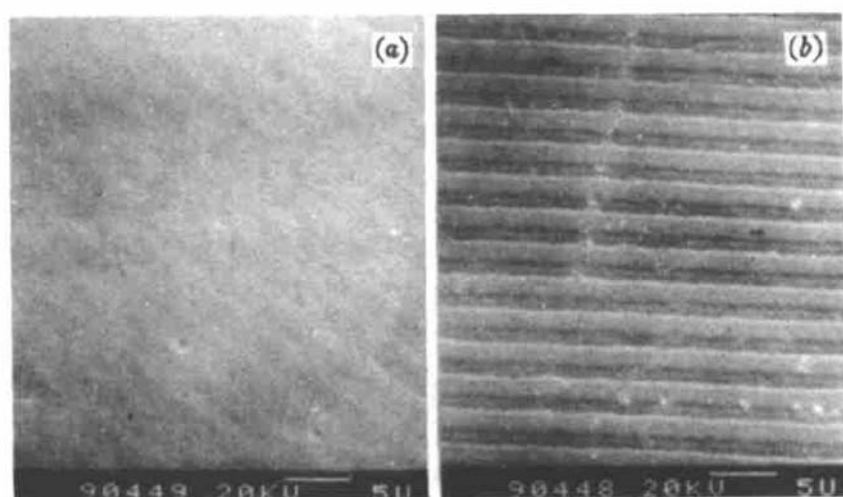


Fig. 2 The electron micrographs ( $\times 500$ ) of surface relief of gratings (80 cycles/mm)  
(a) obtained by conventional DCG; (b) obtained by PVA introduced DCG

这种材料上的反射全息图再现波长的漂移方向和漂移量。

### 3 讨论与结论

重铬酸盐明胶全息图的制作过程是冗长、复杂的,影响全息图质量的因素是多方面的,而且各种因素之间相互制约。这些因素包括胶膜厚度和偏置硬度、均匀性、敏化剂的种类与浓度、环境温度与湿度、记录光路及各种显影参量等。聚乙烯醇的掺入可以作为一种塑性剂,提高了胶膜的柔韧性和空间稳定性,引起胶膜偏置硬度增大<sup>[14]</sup>。而偏置硬度的变化又几乎影响重铬酸盐明胶全息图的每一种光学特性<sup>[15]</sup>,这就决定了聚乙烯醇掺入后所引起的多种作用。

重铬酸盐聚乙烯醇经烘烤热处理后,完全失去了亲水性,即在潮湿的环境中不退化,也不受细菌及真菌的腐蚀而发霉。这种均匀分布于重铬酸盐明胶全息图之中的重铬酸盐聚乙烯醇,对全息图环境稳定性的提高产生了有利的影响。另外,全息图微结构中裂纹与气孔的增大,部分地减慢了明胶在高湿度环境中吸湿膨胀而消失由此所产生的折射率调制,表面浮雕的加深也对这种消失有延缓作用。据文献报道<sup>[16]</sup>,胶膜偏置硬度的提高有利于提高重铬酸盐明胶全息图的环境稳定性。

反射全息图再现波长的漂移,决定于全息图膨胀与收缩的情况与折射率调制。改变聚乙烯醇和添加剂的加入量,变化处理条件,可以控制胶膜偏置硬度、折射率调制和全息图膨胀(或收缩)程度,也就控制了反射全息图再现波长的漂移<sup>[6]</sup>。

有关添加剂的加入,对全息图的形成与材料性能的改变也产生了多种作用<sup>[6,11]</sup>。

本文采用混合两种全息记录材料,以达到改变某种全息记录材料性能的目的,这种方法对于寻求新的全息记录材料或许是一条有用的途径。

不足的是,聚乙烯醇掺入后,使全息图的制作过程更加复杂而费时,影响全息图质量的因素也更多,增加了制作高质量的重铬酸盐明胶全息图的困难。

### 参 考 文 献

- 1 T. A. Shankoff. Phase Holograms in Dichromated Gelatin. *Appl. Opt.*, 1968, 7(10): 2101~2105
- 2 B. J. Chang, C. D. Leonard. Dichromated Gelatin for the Fabrication of Holographic Optical Elements. *Appl. Opt.*, 1979, 18(14): 2407~2417

- 3 G. M. Naik, A. Mathur, S. V. Pappu. Dichromated Gelatin Holograms; an Investigation of Their Environmental Stability. *Appl. Opt.*, 1990, **29**(35): 5292~5297
- 4 傅子平, 张菊芹, 徐大雄. 重铬酸盐-聚乙烯醇作为全息实时记录材料的研究与应用. *光学学报*, 1984, **4**(12): 1101~1106
- 5 G. Manivannan, R. Changkokati, R. A. Lessard. Cr(VI) and Fe(III)-Doped Polymer Systems and Real-time Holographic Recording Materials. *Opt. Eng.*, 1993, **32**(4): 671~676
- 6 T. Q. Cai, Y. X. Tang, H. Wang *et al.*. Controlling the Color of Lippmann Holograms Recorded in Dichromated Gelatin Polyvinyl Alcohol. Holographics International '92, London; 1993, *proc. SPIE*, **1732**: 706~709
- 7 R. K. Curran, T. A. Shankoff. The Mechanism of Hologram Formation in Dichromated Gelatin. *Appl. Opt.*, 1970, **9**(7): 1651~1657
- 8 L. T. Blair, L. Solymar. Grating Profiles in Dichromated Gelatin. *Opt. Commun.*, 1990, **77**(5~6): 365~367
- 9 蔡铁权, 郭履容, 戴朝明. 重铬酸盐明胶全息图噪声成因与处理条件选择的研究. *科技通报*, 1993, **9**(5): 278~280
- 10 R. Changkakoti, S. V. Pappu. Methylene Blue Sensitized Dichromated Gelatin Holograms: a Study of Their Storage Life and Reprocessibility. *Appl. Opt.*, 1989, **28**(2): 340~344
- 11 蔡铁权, 王 辉, 郭履容 等. 提高重铬酸盐明胶全息图环境稳定性的一种新方法. *光学学报*, 1993, **13**(6): 552~556
- 12 T. Kubota. Control of the Reconstruction Wavelength of Lippmann Holograms Recorded in Dichromated Gelatin. *Appl. Opt.*, 1989, **28**(10): 1845~1849
- 13 D. R. Wuest, R. S. Lakes. Color Control in Reflection Holograms by Humidity. *Appl. Opt.*, 1991, **30**(17): 2363~2367
- 14 J. E. Jolley. The Microstructure of Photographic Gelatin Binders. *Photogr. Sci. Eng.*, 1970, **14**(3): 169~177
- 15 T. Keinonen, O. Salminen. Influence of Some Development Parameters on the Reflection Grating Structure in Dichromated Gelatin. *Appl. Opt.*, 1988, **27**(12): 2573~2579
- 16 M. H. Jeong, J. B. Song, I. W. Lee. Simplified Processing Method of Dichromated Gelatin Holographic Recording Material. *Appl. Opt.*, 1991, **30**(29): 4172~4173

## Influences on Holographic Performance Properties by Polyvinyl Alcohol Introduced into Dichromated Gelatin

Cai Tiequan Wang Hui

(Department of Physics, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004)

Guo Lürong Guo Yongkang Dai Chaoming

(Department of Physics, Sichuan University, Chengdu 610064)

**Abstract** Just the right amount polyvinyl alcohol and some additives were introduced into the gelatin ammonium dichromate system. The results of experiments and inspections showed that many-sided influences emerged in the holographic performance properties of dichromated gelatin when the polyvinyl alcohol was incorporated. The bias hardness of the film was raised. Its holograms' microstructure was varied, surface relief was deepened and environmental stability was improved, etc. On the other hand, the excellent holographic characteristics of the conventional dichromated gelatin were kept. Therefore, it can be advantageously used for holograms and holographic optical elements. Its principal principle is discussed and the results of the experiments and inspections are presented.

**Key words** dichromated gelatin(DCG), polyvinyl alcohol (PVA), holographic recording material, holography, holographic performance properties