

## 大幅面多路合成全息图复制系统的研究\*

傅怀平<sup>1</sup>, 张学国<sup>1</sup>, 杨红<sup>1</sup>, 郑彤<sup>2</sup>

(1. 首都师范大学物理系, 北京 100037; 2. 中国科学院理化技术研究所, 北京 100101)

**摘要:**多路合成彩虹全息图可以在白光点光源照射下显现出 360°伴有动作的立体影像, 在许多领域具有广阔的应用前景。为适应市场的需求, 研制了多路合成彩虹全息图复制设备和适用于复制多路合成彩虹全息图的超微粒卤化银全息胶片。对多路合成全息图和一般彩虹全息图再现时表面光强分布进行了研究和分析; 介绍了多路合成彩虹全息图复制设备和适用于复制多路合成彩虹全息图的超微粒卤化银全息胶片的特性。使用研制的系统和全息胶片复制出的 360°的圆筒状多路合成彩虹全息图不仅噪声低, 而且衍射效率高。该系统使批量制作多路合成彩虹全息图的工效提高了几十倍。

**关键词:**合成彩虹全息图; 接触复制; 光强分布; 真空吸附平台; 全息复制设备

**中图分类号:** TB877 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-2276(2004)03-0323-04

## Research on copying system of a large scale multiplex holographic stereograms\*

FU Huai-ping<sup>1</sup>, ZHANG Xue-guo<sup>1</sup>, YANG Hong<sup>1</sup>, ZHENG Tong<sup>2</sup>

(1. Physics Department of Capital Normal University, Beijing 100037, China;

2. Technical Institute of Physics Chemistry, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Multiplex rainbow holographic stereograms can record objects with 2D image, 360° cylindrical holographic stereograms can show animated 3D image when it is illuminated with a small white light source. It has wide applications and exploitation potential in many fields. To meet the needs of market, the duplicator of multiplex holographic stereograms and the silver halide holographic film that is adaptable to the copying system of the multiplex holographic stereograms are developed. The light intensity distribution of the multiplex hologram surface and the rainbow hologram surface at reconstruction are analyzed. Using the developed halide silver holographic film, a 360° cylindrical holographic stereograms is copied. Its noise is very low and the diffraction effect is obviously higher than that of the multiplex holographic stereograms copied by the sensitive holographic films. The efficiency of batch manufacturing of the multiplex holographic stereograms increase to several tenfolds.

收稿日期: 2003-07-20; 修订日期: 2003-11-02

\* 基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(4972010); 科技部国家高科技发展计划资助项目(001-023)

作者简介: 傅怀平(1946-), 男, 北京人, 副教授, 中国光学学会信息处理及全息专业委员会委员, 主要从事教学和科研工作, 研究方向为多路合成全息图及其应用。

**Key words:** Multiplex rainbow holographic stereograms; Contact-copy; Light intensity distribution; Vacuum absorbing platform; Duplicator of holograms

## 0 引言

多路合成彩虹全息图可以用电影摄影机对被拍摄物进行记录,再用合成全息摄影系统把摄制的有连续内容的二维图片制成多路合成彩虹全息图。这种全息图片在白光点光源照射下可以显现出  $360^\circ$  伴有动作的立体影像,在很多领域具有广阔的应用前景;电子成像技术以及实时三维信息获取技术<sup>[1]</sup>的发展更推动了多路合成全息技术向实时全息立体显示方向迈进。许多国家的全息工作者对多路合成全息技术进行了研究,并且取得了很好的效益<sup>[2]</sup>。我们从 20 世纪 80 年代开始了多路合成全息图的研究工作,完成了“全自动合成全息摄影系统”及“多路合成彩虹全息图”课题的研究。制作的多路合成彩虹全息图最长 190 cm、宽 30.5 cm,可以围成直径 60 cm 的圆筒。首次用多路合成彩虹全息图制成了立体动态金鱼的实物广告。但是这种全息图制作时要将 1000 多幅电影画面在激光照射下一幅一幅地转移到全息胶片上,曝光时间长、成品率低。为适应市场的需求,研制了多路合成彩虹全息图复制系统。

### 1 多路合成彩虹全息图的光强分布

多路合成彩虹全息图将系列的二维平面图片组合成一个三维立体动态映像。为了实现  $360^\circ$  显示,选用的全息记录介质大多是用软胶片作片基,并且幅面较大;这种全息图由上千个子全息图组成,每个子全息图都由二维平面图像经过光学系统的一维准傅里叶变换制成,因此多路合成彩虹全息图在重现时表面的光强分布与一般的彩虹全息图不同。为了复制全息图,必须了解原始全息图重现时表面的光强度分布,图 1、图 2 是多路合成彩虹全息图和一般彩虹全息图重现时的表面照片。

图 3、图 4 是两种全息图重现时表面的光强分布图。从图中可以看到,当多路合成彩虹全息图重现时表面相对光强分布的变化范围是  $10\sim 85$ ,而一般彩



图 1 多路合成全息图再现时表面照片

Fig. 1 Photo of the multiplex holograms surface at reconstruction



图 2 一般彩虹全息图再现时表面照片

Fig. 2 Photo of the rainbow hologram surface at reconstruction

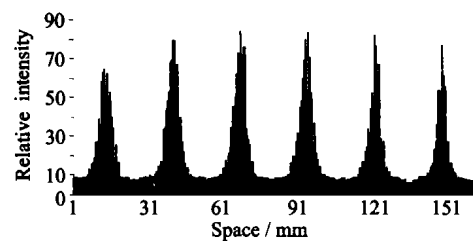


图 3 多路合成全息图再现时表面的光强分布图

Fig. 3 The light intensity distribution of reconstructing beam of the multiplex holograms surface

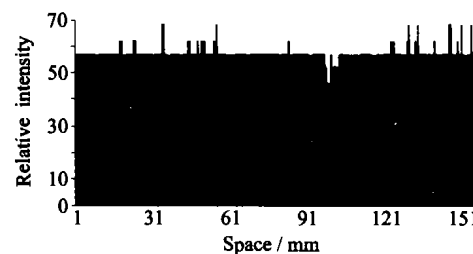


图 4 一般彩虹全息图再现时表面的光强分布图

Fig. 4 The light intensity distribution of reconstructing beam of the rainbow hologram surface

虹全息图的表面相对光强分布变化范围是  $40\sim 70$ ,可见多路合成彩虹全息图表面相对光强分布的变化范围比一般彩虹全息图要大得多。因此,用于拷贝多

路合成彩虹全息图的记录介质的曝光宽容度必须比一般全息记录介质的要大。对于卤化银胶片,曝光宽容度越大,反差 $\gamma$ 越小<sup>[3]</sup>。图5、图6是多路合成全息图和一般彩虹全息图表面光强分布的三维图示。

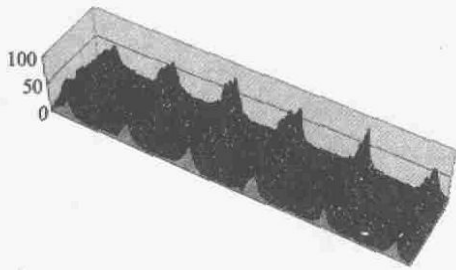


图5 多路合成全息图表面光强分布的三维图示

Fig. 5 Three dimensional drawing of the light intensity distribution of the multiplex holographic stereogram surface

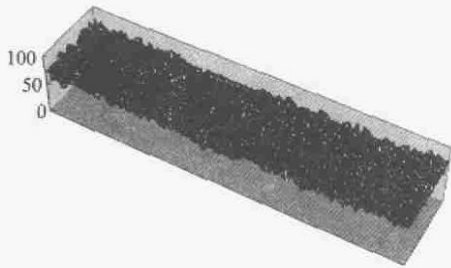


图6 一般彩虹全息图表面光强分布的三维图示

Fig. 6 Three dimensional drawing of the light intensity distribution of the ordinary rainbow hologram surface

## 2 多路合成彩虹全息图复制设备

### 2.1 复制方法的选择

通常,全息图的复制方法有接触复制法、再现复制法、模压复制法等<sup>[4]</sup>。多路合成彩虹全息图是1 m多长、30 cm宽的软胶片,而待复制的卤化银全息片也是等长的软胶片,由于幅面较大,考虑采用适用于批量复制的接触复制方法,即将原始母版全息图软片与待复制的卤化银全息软片紧密贴合后曝光复制。

接触复制全息图几乎都是“近接触”式的,确切地说,复制乳胶被照明波的非衍射部分和再现像光波所照明,就是这两个波干涉生成的条纹花样保存在复制的全息图中。实际记录的图样与原始全息图的性质以及原始全息图和待复制的全息胶片的间距有关。

在近接触复制下需要用高度空间和时间相干的光,以便在曝光中保存全息图的条纹信息,通常要采用激光光源<sup>[5]</sup>。

为此,应该尽量提高原始母版全息图的衍射效率,减小原始全息图与待复制的全息胶片之间的间距,因此制作了真空吸附平台。将原始全息图软片与待复制的卤化银全息胶片平铺在真空吸附平台上,用真空泵抽去之间的空气,使两张软片紧密贴合。由于经费限制,仅制作了长53 cm、宽35 cm的真空吸附平台,并使用这个平台复制出长42 cm、宽26 cm的多路合成彩虹全息图<sup>[6]</sup>。

### 2.2 多路合成彩虹全息图复制设备

在确定了多路合成全息图复制方案后,设计制作了长2 m、宽1 m、高1.75 m的多路合成全息图复制设备,包括真空吸附平台、激光扫描、光路系统和电路控制系统等。此复制设备可以在控制台上控制激光器、气泵的运行以及扫描光学头的速度及方向,激光扫描光学头的扫描为无级调速,并且一次扫描结束后自动停止扫描,同时指示灯亮起,等待下一步命令。使用此多路合成全息图复制设备,几分钟即可完成复制一幅多路合成彩虹全息图的曝光工作,使批量制作多路合成彩虹全息图的工效提高了几十倍,达到了预期的结果。

## 3 复制全息图的母版

普通的彩虹全息图都可以采用接触复制法进行复制。多路合成彩虹全息图是由上千幅子全息图组合而成,每一幅子全息图都是一种将透过二维电影画面的物光束在水平方向进行压缩后制成的细长全息图,可以看成是一种一维准傅里叶变换全息图。因此,制作多路合成彩虹全息图时,为了减弱再现影像的噪声及方便后续处理,多采用慢显影的处理工艺。此工艺制作的多路合成彩虹全息图衍射效率比较低,虽然也可以作为母版复制出多路合成彩虹全息图,但复制的全息图衍射效率很低。为提高复制的多路合成彩虹全息图的衍射效率,制作原始全息图时一般采用漂白处理工艺,此工艺对显影温度、时间等条件要求较高。为了复制出可以360°显示的多路合成彩虹全息图,作为母版的原始合成彩虹全息图长度在150

cm 以上,需要使用恒温软胶片专用冲洗设备。制作的胶片冲洗设备由 6 个圆筒组成,分别用作预显影、显影、停显、定影、水洗、漂白等工序。使用此设备制作了长 180 cm 的原始多路合成彩虹全息图作为复制全息图的母版。

#### 4 适用于复制多路合成彩虹全息图的卤化银全息胶片

使用研制的多路合成全息图复制设备,对 Kodak 公司、天津感光胶片厂等国内外生产的全息胶片进行了复制实验。虽然各种胶片的厚度、感光特性、分辨率均不相同,复制的多路合成彩虹全息图的再现影像的衍射效率高低不等,但全息图的再现影像均清晰、完整、动作连续。通过对上述几种胶片复制的多路合成彩虹全息图的再现影像观测比较得出,这些胶片的性能更适用于全息图的直接记录,但适用于复制多路合成彩虹全息图的卤化银全息胶片还有待进一步研制。

在胶片曝光时,记录介质中来自相互调制和非线性的杂散光,以及当原始的多路合成彩虹全息图用激光再现时产生的散射光都是很强的<sup>[7]</sup>。为了减弱杂散光的影响和减小全息胶片的反差  $\gamma$ ,待复制的全息胶片的卤化银颗粒必须比一般的全息胶片的小。现已研制出适用于复制多路合成彩虹全息图的超微粒卤化银全息胶片<sup>[8]</sup>。

在双注仪上进行乳化制备超细溴碘化银乳剂,采用低温(40℃)、低物料(AgNO<sub>3</sub> 和 KBr、KI)浓度、高速搅拌的方法进行乳化,同时将反应液的 pH 和 pAg 都控制在较低的范围。这样制备出来的乳剂,其颗粒的平均直径为 18 nm,小于一般的全息胶片(例如,10E-类感光材料的平均直径是 80 nm,Agfa 300 乳剂的平均直径是 30 nm<sup>[7]</sup>)。由于乳剂的颗粒很小,必然导致该乳剂的光敏感度很低,并且由于颗粒的比表面积大,表面能高,容易形成灰雾,因此在控制乳剂灰雾的前提下有效地提高乳剂对光的敏感度是研制合成彩虹全息复制胶片的关键。经特殊的化学敏化及光谱敏化后,乳剂的感光度大大提高,感光灵敏度比一般全息胶片的低,但已能完全适用于多路合成彩虹全息图的复制,同时这种全息胶片曝光宽容度比一般全

息图的大。使用漂白工艺复制的多路合成彩虹全息图片透明度高,所产生的散射噪声低,衍射效率明显高于使用感光灵敏度高的全息胶片复制的多路合成彩虹全息图。这种胶片对红光敏感。

#### 5 实验结果

使用新研制的多路合成彩虹全息图复制设备复制出了长 42 cm、宽 26 cm 的多路合成彩虹全息图片,用它可以显现出 120° 的立体动态人物肖像。2001 年为制作 360° 复制合成彩虹全息图,采用漂白法制作了作为母版的 180 cm 长的多路合成彩虹全息图,使用研制的超微粒卤化银全息胶片复制出 4 幅长 42 cm 的多路合成彩虹全息图,将它们拼接成一个 360° 的圆筒状全息图,这个多路全息立体图显现了一个女演员的舞蹈动作,在“863 十五周年成果展”上展出。

此复制系统的研究使批量制作多路合成彩虹全息图的工效提高了几十倍。实验表明,这种接触复制大幅面全息图的方法是可行的,如果制作出更大面积的真空吸附平台,即可以批量复制出更大面积的多路合成彩虹全息图。

#### 参考文献:

- [1] 雷海军,李德华. 实时三维信息获取系统[J]. 红外与激光工程, 2000,29(6):47-50.
- [2] Graham Saxby. Practical Holograph[M]. New York: Prentice Hall International (UK) Ltd,1998. 249-253.
- [3] David W Samuelson. Motion Picture Camera Techniques[M]. London: Focal Press,1978. 26.
- [4] 岩田藤郎. Mass production of hologram[J]. 精密工学会志, 1990,56(10):1805-1818.
- [5] Caulfield H J. Handbook of Optical Holography[M]. New York: Academic Press, 1979. 373-377.
- [6] 傅怀平,杨红. 全息术对胶片变形的测量[J]. 电子科技大学学报,1998,(27):198-203.
- [7] Smith H M. Holographic Recording Materials[M]. Berlin Heidelberg, New York:Springer-Verlag, 1977. 27-28.
- [8] 傅圣利,岳军,刘素文. AgBrI 纳米粒子乳剂的制备及性能研究[J]. 感光材料, 1997, (3):14-20.