

# 光纤光束变换器在大视角彩虹全息中的应用

应朝福 程旭健 王辉

(浙江师范大学信息光学研究所, 金华 321004)

**提要** 用光纤制成的光束变换元件代替大孔径透镜和狭缝拍摄彩虹全息图,大大提高了全息图的视角,而且方法简单。介绍了用光纤光束变换器拍摄大视角彩虹全息图的原理、方法,并进行了实验验证,得到了较为满意的效果。

**关键词** 光纤光束变换器,彩虹全息,大视角

## 1 引言

制作大视角彩虹全息图需要大面积的主全息图或大相对孔径的高质量的成像透镜以获得长狭缝<sup>[1~4]</sup>。两种情况下都必须有大相对孔径的透镜。即使这样,狭缝也不可能无限度地增长,从而视角不可能达到 $180^\circ$ 。而且靠增大主全息图或成像透镜的大小来增加全息图的视角是不合算的。

目前,彩虹全息术与近几年发展成熟的全息图模压复制技术相结合形成了风靡世界的全息印刷产业<sup>[5]</sup>。在信用卡、商标、贺年卡、装饰材料,甚至服装等一系列保安防伪及装璜装饰方面得到了应用。因此,如何进一步提高彩虹全息图的视角就显得越来越重要了。

我们用光纤设计制作了一个光束变换元件,在拍摄全息图时,使用这一元件,可使平面物体彩虹全息图的视角变得很大,理论上可接近 $180^\circ$ 。

## 2 光纤光束变换器原理

利用光纤的易弯曲性及传光性能,将许多光纤截成等长,一端扎成一束,另一端均匀分布成扁平的半圆弧状,厚度为 $3\sim 5\text{ mm}$ (形如扫帚),半圆弧端各条光纤正对圆弧的圆心。将两端光纤分别粘合在一起,并固定于平板玻璃上(如图1)。这样,当较小束的平行激光通过如图2所示的 $P_1$ 端输入后,从 $P_2$ 端将输出一束又扁又宽的会聚光。实际等效于大口径的会聚光经过 $3\sim 5\text{ mm}$ 宽的毛玻璃狭缝透射过来。

## 3 拍摄大视角彩虹全息图的原理

彩虹全息就是在拍全息图时,在物光与全息干版之间置一狭缝。这样的全息图在白光照射

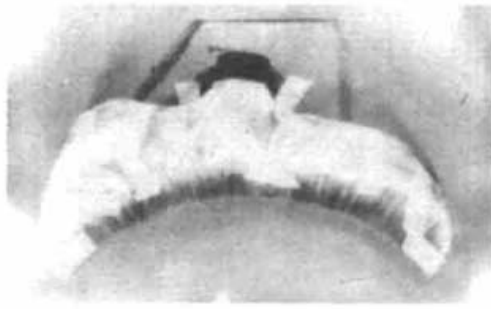


Fig. 1 Photograph of a fibre-bundle beam translator

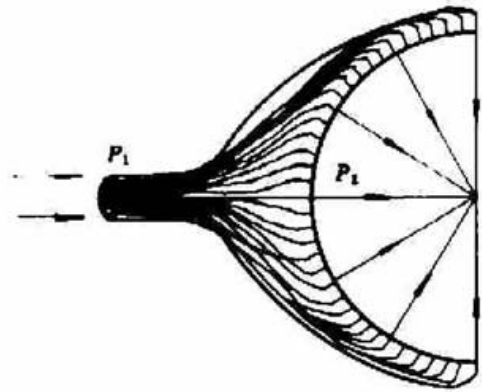


Fig. 2 Structure of a fibre-bundle beam translator

时,背后会出现一系列彩色的狭缝像。这是由于不同波长的光衍射程度不同,人眼位于不同的狭缝处,会看到不同颜色的物体。

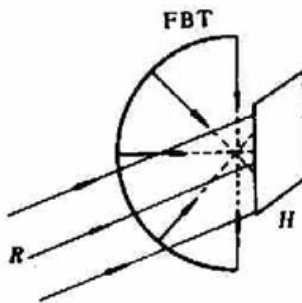


Fig. 3 Principle of obtaining large viewing angle hologram

如图 3,从光纤光束变换器(图中以 FBT 表示,下同)的一条条光纤中射出的光共同组成长条状光束,与参考光干涉。在干版前置一物体,可拍出其投影全息图,因此适宜拍三维结构状物体,如分子结构模型等。如果干版放在光纤光束变换器圆弧的圆心处,拍出的全息图的视角理论上可达到  $180^\circ$ 。干版离圆弧越远,全息图的视角就越小。

众所周知,一定形式的全息图其衍射效率的理论值是一定的。全息图的视角增大后,能量将分散,亮度将下降。假如一般全息图的视角是  $40^\circ$ ,大视角全息图的实测视角是  $120^\circ$ ,则其亮度将只有一般全息图的 33% 左右。因而,为了提高大视角全息图的亮度,必须在提高全息图的效率上作进一步的研究,如采用重铬酸明胶材料,或某些特殊的后处理等。在实际应用中,全息图的视角不一定要  $180^\circ$  那么大,  $80^\circ \sim 90^\circ$  就能引起较好的视觉效果。本实验的设计视角为  $80^\circ$ ,这样的全息图既有较大视角,亮度又不致下降太大。

## 4 实 验

实验光路如图 4 所示。测量光程时,应考虑到光纤对物光光程的影响。另外,由于光纤的消偏振作用,平行的偏振激光通过光束变换器后,变成非偏振光。为了使物光和参考光很好地干涉,增加像的亮度,在全息干版  $H$  前加了一偏振片  $P$ 。

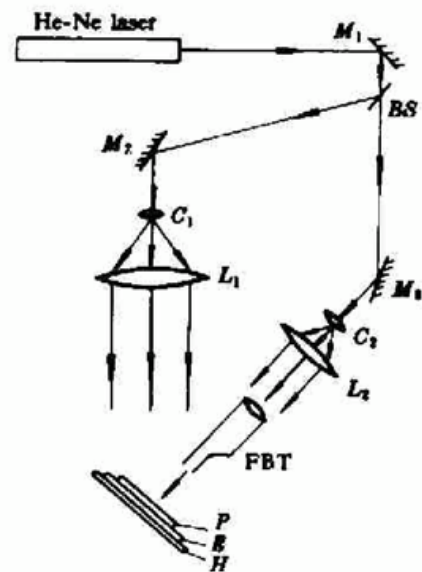


Fig. 4 An optical arrangement for taking the large viewing angle rainbow hologram

实验时,在干版前放一透明杯子,杯子上贴几个不透明的字,拍出的全息图在原参考光照射下,可以清晰地看到杯子的像,并且视角很大。本实验中,视角的设计值为 $80^\circ$ ,实验结果经测量为 $74^\circ$ 。

如果将一图案的不同特征分成几个部分,分别做成掩膜片,按假彩色全息原理拍全息图。每拍一次,换一图案(即换一块掩膜 $E$ ),并将光束变换器 FBT 平移一小段距离。经冲洗、漂白后,在白光照射下,可以看到一个由几种颜色组成的完整的图案。

## 5 讨 论

在拍摄时,由于采用了光纤制成的光束变换器,使得光能受到一定的损失。但由于现代光纤的传光性能已有了很大的改善,我们所用的光纤又很短(约 35 cm),因此光能损失还是比较小的,经实验测量光能损失不到 15%,而且当用大功率激光器拍摄时,这点损失对成像质量影响不大。

光路中加了偏振片是为了增加全息图条纹的对比度,进一步提高像的质量,但实验表明不加偏振片也能得到比较满意的结果。

用光纤光束变换器代替大孔径透镜和狭缝拍摄大视角彩虹全息图具有成本低、视角大等优点。目前,全息技术的应用之一——模压全息术正在迅速发展,并逐渐被人们所接受,但由于全息图的视角不是很大,还不能满足某些特殊的需要,使得它的发展受到一定的限制。本文所介绍的方法可以使全息图的视角接近 $180^\circ$ ,可以预料,这一成果将对模压全息术的发展起一定的推动作用。

## 参 考 文 献

- 1 S. A. Benton. Hologram reconstructions with extended light source. *J. Opt. Soc. Am.*, 1969, 59(4): 1545~1548
- 2 单启登, 陈桂丛, 李 萱. 拍摄二步彩虹全息的新方法. *光学学报*, 1989, 9(3): 232~235
- 3 关承祥. 无狭缝一步彩虹全息的新方法. *光学学报*, 1990, 10(8): 742~745
- 4 王典民, 哈流柱, 王民草. 大视角两步彩虹全息术. *光学学报*, 1990, 10(9): 826~830
- 5 谢敬辉, 赵业玲, 于美文. 横向面积分割法及其在二维/三维模压全息图中的应用. *光学学报*, 1988, 8(5): 411~416

## Making Large Viewing Angle Rainbow Hologram Using a Fibre-bundle Beam Translator

Ying Chaofu Chen Xujian Wang Hui

(Information Optics Institute, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004)

**Abstract** We use a new optical element——fibre-bundle beam translator in place of large aperture lens and slits to make rainbow hologram for raising the viewing angle. This paper introduces the principle of the beam translator and also gives the experimental results.

**Key words** fibre-bundle beam translator, rainbow hologram, large viewing angle