

析提供了宝贵的意见, 西安光机所为我们封接了MCP像增强器, 在此一并表示谢意。

参 考 文 献

- [1] 于长海等;《核聚变与等离子体物理》, 1983, 3, No. 4, 219~223.
[2] 项志遴; “高温等离子体诊断方法”, 中国科学技术

大学出版社, 339~340.

- [3] 张树干等;《核聚变与等离子体物理》, 1881, 1, No. 3, 167~173.
[4] Martin J.; *Needham Electronics*, 1973, 46, No. 20, 117~120,

(中国科学院上海光机所 于长海 王黎君

1984年6月15日收稿)

水下全息术的初步实验

Abstract: This paper describes how to simulate underwater holography in laboratory conditions, and the principle of preliminary experiment, set-up and results are also presented.

J. Watson 和 P. W. Britton 在 1983 年发表了一个技术报告^[1], 他们在实验室中把物体置于一个水箱中来建立海洋中海水的扰动、温度梯度、悬浮粒子和浮游微生物的散射及吸收等因素如何影响全息照相的实验。

本文与参考文献[1]的不同是: (1) 为了了解水中的微粒散射对全息照相的影响问题, 我们在水中加入了悬浮粒子和浮游微生物; (2) 把一根橡皮管的一头置于水箱中, 而另一头悬挂高处, 以水注入借以模拟海水的扰动。

有关全息术和激光束在非均匀介质中传播问题的理论分析已由几位作者^[2, 3]提出过, 这里我们的讨论分二部分, 首先, 为简单起见, 把水近似地看成为一均匀位相差介质, 其位相因子假设为 $\exp[iW(x, y)]$ 。这样, 如果把原参考波和物波简单地分别表示为: $R_0 \exp[ik(x, y)]$ 和 $O_0 \exp[i\varphi(x, y)]$, 那么通过水后的参考波和物波应分别写为: $R_0 \exp[ik(x, y)] \cdot \exp[iW(x, y)]$ 和 $O_0 \exp[i\varphi(x, y)] \cdot \exp[iW(x, y)]$ 。如图 1 所示, 设记录介质靠近玻璃水箱壁, 于是到达记录介质平面的总光场为:

$$E(x, y) = R_0 \exp[ik(x, y)] \cdot \exp[iW(x, y)] + O_0 \exp[i\varphi(x, y)] \cdot \exp[iW(x, y)]. \quad (1)$$

曝光后的底片经过处理得出最后的振幅透射率是(略去比例常数):

$$t(x, y) = |E(x, y)|^2 = R_0^2 + O_0^2 + R_0 \exp[-ik(x, y)] \times O_0 \exp[i\varphi(x, y)] + R_0 \exp[ik(x, y)] \times O_0 \exp[-i\varphi(x, y)]. \quad (2)$$

近似的分析表明, 水像差介质的存在对此全息图没有影响。

其次, 我们讨论人们更关心的悬浮粒子和微生物在所拍摄的目标前面出现的干扰情况, 无疑这些干扰物的出现将会给水下观察或普通的照相带来困难, 然而, 对于全息照相来说, 情况就不同了。因为这些悬浮粒子和浮游微生物的无规则运动, 使得被它们所散射的那部分激光相对于原入射光源的光是不相干的^[4], 也就是说, 被它们散射的那部分光对于全息图的记录是没有贡献的, 微粒散射光在记录过程中仅仅增加了一个未调制的灰度。这样, 方程(2)可表示为:

$$t(x, y) = B^2 + R_0^2 + O_0^2 + R_0 O_0 \exp\{i[\varphi(x, y) - k(x, y)]\} + R_0 O_0 \exp\{-i[\varphi(x, y) - k(x, y)]\} = B^2 + R_0^2 + O_0^2 + 2R_0 O_0 \cos[\varphi(x, y) - k(x, y)] \quad (3)$$

式中 B^2 是悬浮粒子和浮游微生物所散射的光强。将等式两端除以 B^2 得到:

$$\frac{t(x, y)}{B^2} = 1 + \frac{R_0^2}{B^2} + \frac{O_0^2}{B^2} + \frac{2R_0 O_0}{B^2} \cos[\varphi(x, y) - k(x, y)] \quad (4)$$

从(4)式可以看出, 干涉项 $2R_0 O_0 \cos[\varphi(x, y) - k(x, y)]$ 受到 B^2 的影响, 即全息图的干涉条纹的调制度降低了。但 B^2 并没有加入象的形成过程。因此, 水中的这些悬浮微粒的存在, 只要不至于多到完全淹没物体的信息, 那么全息图的重现都将成为可能。

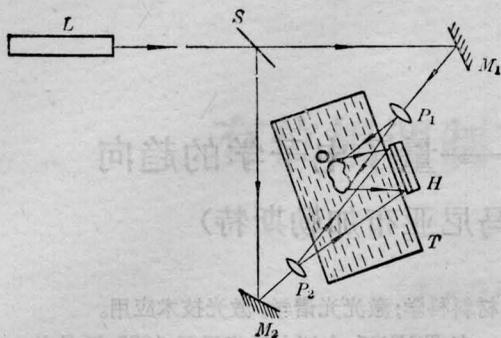


图 1

实验装置如图 1 所示， 所有的光学元件都放在一个 $450\text{ mm} \times 220\text{ mm}$ 的充满水的玻璃水箱 T 外， 作为拍摄目标的物体 O 位于水箱的底部， L 为输出 9 mW 、 横向单模、 线偏振的 He-Ne 激光器。 激光束经可调分光镜 S 分光后， 由全反射镜 M_1 和 M_2 反射， 再分别经 45 倍显微物镜 P_1 和 P_2 扩束， 扩束后， 其中一束到达水箱中的物体 O ， 另一束作为参考光穿过水箱与物体的反射光大约成 30° 的夹角到达记录介质 H 的平面上。

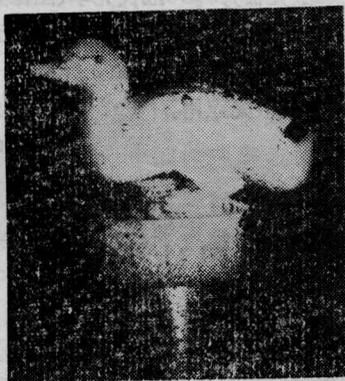


图 2

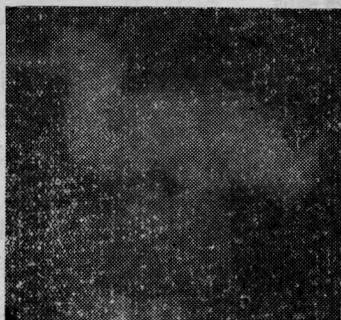


图 3

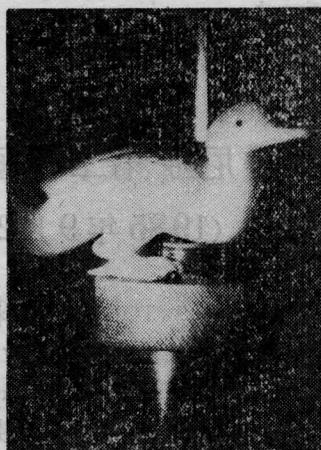


图 4

水箱中的水采用闽江的水， 并加入少量的浮游微生物、 黄泥浆和奶粉。 全息记录时的曝光时间为 8 s ， 重现翻拍后的照片示于图 2， 它与用 4 盏 500 W 灯泡照明的普通照相法拍摄下的照片(图 3)相比较， 显然全息图重现的物体象比普通照片的象清晰、 明亮。 照片上物体表面的水泡是有意保留的， 以表明物体在水中的状况。 图 4 表示了一根橡皮管的一端置于水中， 另一端由高处注入水的同时记录下的全息图重现后翻拍的照片， 其结果是令人满意的。 记录前抹去了物表面的水泡， 重现象显然更清晰。 我们以灌注 30°C 的热水(原水箱水 10°C) 来实现热梯度效应， 所得结果与图 4 一样， 此条件对全息图的记录没多大影响。 所翻拍照片均用 21° 全色胶卷， 2 号放大相纸冲洗。 被拍摄的物体是一只瓷制小鸭和钢制品零件。

本工作得到我系光学信息小组的同志以及林金豆、 方梁栋、 林易等同志的帮助和支持， 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Watson, P. W. Britton; *Optics and Laser Technology*, 1983, **15**, No. 4, 215.
- [2] H. T. Yura; *Appl. Opt.*, 1973, **12**, No. 6, 1188.
- [3] L. R. Bissonnette; *Appl. Opt.*, 1973, **12**, No. 4, 719.
- [4] K. A. Stetson; *JOSA*, 1967, **57**, No. 8, 1060.

(福建师范大学物理系激光研究室 刘 守

1984 年 4 月 28 日收稿)