

文章编号: 1007- 2985(2009)04- 0055- 03

# 基于双棱镜的全息照相实验方法改进<sup>\*</sup>

王朋朋, 李小娟, 江 曼, 文艳华, 叶伏秋

(吉首大学物理科学与信息工程学院, 湖南 吉首 416000)

**摘 要:** 在全息照相实验中, 习惯使用固定分光比的分光镜将一束激光分为参考光和物光两束, 但由于分光比不能随意调节, 造成实验结果不够理想. 采用双棱镜代替分光镜, 可以改变分光比不能随意、调节的局限, 提高了全息照相的可操作性和成功率.

**关键词:** 全息照相; 双棱镜; 参考光; 物光

**中图分类号:** O438.1

**文献标识码:** A

在普通高校实验室进行的全息照相实验中, 通常采用 50% 或 20% 的分光镜使单束激光分为参考光和物光 2 束<sup>[1]</sup>, 物光经过物体漫反射后反射到全息干板上, 不同的物体漫反射后照射到全息干板上的物光光强不同, 而参考光是直接经过平面镜反射到全息干板上, 这样, 干板上光强只与分光镜的分光比有关<sup>[2]</sup>. 可见, 全息干板上的物光光强随拍摄不同物体而改变, 而参考光光强则不会改变. 参考光和物光的光强不同直接影响实验现象的清晰度和实验的成功率, 如果在实验中将分光镜用双棱镜代替, 由于双棱镜可以根据不同条件的需求调节物光和参考光的强弱, 将很好的解决分光比不能随意调节的局限这个问题.

## 1 实验原理

### 1.1 基本原理数据描述

设来自物体的单色光波在全息干板(平面)上的物光波为

$$O(x, y) = A_o(x, y) \exp[i \phi_o(x, y)], \quad (1)$$

同一波长的参考光波在平板平面上的参考光波为:

$$R(x, y) = A_R(x, y) \exp[i \phi_R(x, y)], \quad (2)$$

则平板上总的复振幅分布为

$$U(x, y) = O(x, y) + R(x, y), \quad (3)$$

干板上的光强分布为

$$I(x, y) = U(x, y) U^*(x, y). \quad (4)$$

将(1), (2), (3) 式代入(4) 式中, 则

$$I(x, y) = A_o^2 + A_R^2 + A_o A_R \exp[i(\phi_o - \phi_R)] + A_R A_o \exp[i(\phi_R - \phi_o)]. \quad (5)$$

适当控制曝光量和冲洗条件, 可以使全息图的振幅透过率  $t(x, y)$  与曝光量  $E$  ( $E$  与光强  $I$  成正比) 成线性关系, 即:  $t(x, y) \propto I(x, y)$ . 设

\* 收稿日期: 2009- 06- 30

基金项目: 吉首大学大学生研究性学习和创新性实验计划资助项目(JSU- CX- 2008- 12)

作者简介: 王朋朋(1985- ), 男, 陕西铜川人, 吉首大学物理科学与信息工程学院研究生, 主要从事物理学研究.

$$t(x, y) = \quad + I(x, y), \quad (6)$$

其中,  $I$  为常数

由上面的描述可知, 底片上干涉条纹的反衬度  $= (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$ , 其中  $I_{\min} = |A_O - A_R|^2$ . 干涉条纹的间距则决定于  $(r - o)$  随位置变化的快慢, 对一定的  $r, A_R$  来说, 干涉条纹的明暗对比反映了物光波的振幅大小, 即强度因子, 干涉条纹的形状间隔反映了物光波的位相分布. 因此底片记录了干涉条纹, 也就记录了物光波前的全部信息(振幅和位相).

### 1.2 实验方法的改进

(1) 将所有器件按图示的相对位置摆放在平台上, 调至等高, 打开激光器调好光路(此时不能放上全息干板, 先用毛玻璃屏代替全息干板). 改进后的光路图及元件如图 1 所示: 其中 L 为 He-Ne 激光器(632.8 nm); W 为物体;  $M_1, M_2, M_3$  为平面镜;  $L_1$  为扩束镜( $f = 4.5 \text{ mm}$ ); P 为全息干板; D 为双棱镜.

(2) 将物光光束与参考光束的光程调至基本相等, 光程差接近于 0, 并使两者的夹角在  $30 \sim 40^\circ$  之间.

(3) 调  $M_1$  的倾角, 使物光光束照射在物的中间位置, 调  $M_2$  的倾角, 使参考光光束照射在白纸的中间.

(4) 加上  $L_1$ , 调至其上下、左右、前后位置, 使光团刚好照全物体和毛玻璃屏上, 并使毛玻璃上的参考光与物光的光强比接近 1:1.

(5) 关上照明灯, 用黑纸挡住激光器的出光口. 把干板底片夹到干板架上, 应使乳胶面对着光入射的方向. 先静置激光器 2~3 min 后移开黑纸, 对干板进行曝光, 曝光时间约为 3~10 s, 然后, 在弱绿光下进行显影和定影, 显影时间约 2~3 min, 定影时间约为 3~5 min, 晾干, 此时的干版就是全息图(显影时间和定影时间应依照显影液和定影液的浓度和温度而定), 双棱镜示意图如图 2.

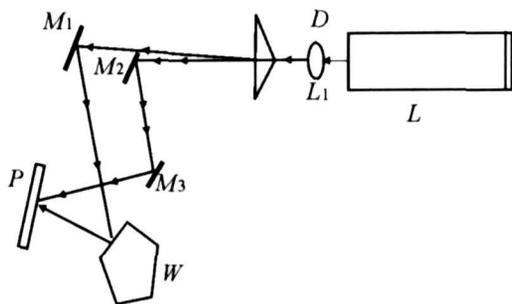


图 1 改进后的光路图及元件

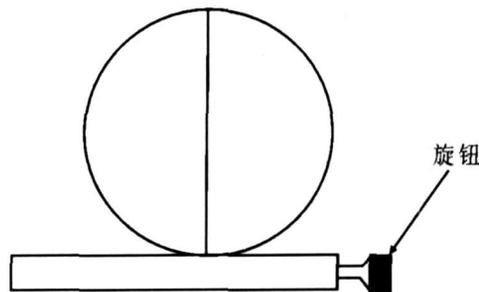


图 2 双棱镜示意图

### 1.3 实验方法改进后的优点

通常在进行全息照相实验时, 由于拍摄不同的物体对红光的反射率不同, 因此, 全息干板上的物光曝光量不仅与分束镜的分光比有关, 而且与物体反射率有关, 而参考光只是由分光比和扩束率有关, 所以全息干板上的物光和参考光的曝光量很难调整到合适的比例, 从而造成实验成功率低效果不明显.

(1) 经过改装后实验方便的奥妙之处在双棱镜的使用上(如图 2), 传统的全息照相在分光这一环节时均采用固定比值的分束镜, 这样对于反光度不同的物体不能改变参考光和物光光强的比例. 而双棱镜代替分光镜后, 由于双棱镜的旋钮左右的微调就可以任意改变物光和参考光的比例, 从而克服了物光和参考光的光强不能随任意物体改变的问题.

(2) 该光路的另一创新之处在只用了一个 4.50 mm 的放大镜代替了 2 个扩束镜, 简化了实验器材, 方便了具体实验时的操作.

## 2 实验结果的比较与分析

根据实验原理在全息实验室运用传统的方式拍摄出数 10 张全息干板, 挑选出最成功的一张如图 3. 同等条件下选用改进后的实验方法和新的实验元件拍摄出的全息图象如图 4, 比较发现: 经改进后的实验结果远好于传统的实验结果.

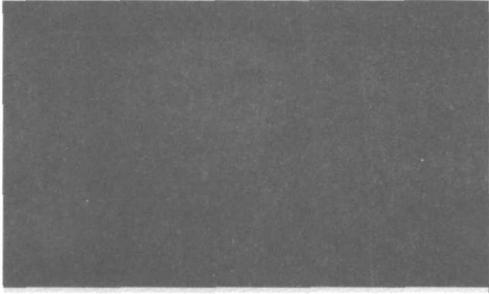


图 3 传统的实验结果



图 4 改进后的实验结果

### 3 结语

从实验结果可知, 在高校全息照相实验中, 用双棱镜代替传统的分光镜拍摄出的全息图象清晰度远高于传统的全息图象, 并提高了全息照相的实验成功率, 从而节约了全息干板, 减少资源的浪费, 简化了实验仪器装置便于实验的操作.

#### 参考文献:

- [1] 李培宁, 董大兴, 吴元伟. 全息照相实验的拓展 [J]. 实验技术与管理 2008, 25(3): 90-92.  
 [2] 张潞英, 谢嘉宁, 伍贤栋, 等. 对激光全息照相实验的研究 [J]. 中山大学学报论丛, 2006, 26(5): 90-91.

## Improvement of Holography Experiment Methods Based on Double Prism

WANG Peng-peng, LI Xiao-juan, JIANG Man, WEN Yan-hua, YE Fu-qiu, LIAO Li-xin  
 (College of Physics Science and Information Engineering, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China)

**Abstract:** In holographic experiments, spectroscopy with fixed dispersion of light ratio divides a bunch of laser into two bunches (the reference light and the object light). But because the dispersion of light ratio cannot be adjusted as one pleases, the experimental results are not satisfactory. The authors use the double prism instead of the spectroscopy to solve the limitation. Therefore, feasibility and the success ratio in hologram experiment can be increased.

**Key words:** holography; double prism; reference light; object light

(责任编辑 陈炳权)