

# 观测有效相干长度及 TC 周期性的全息法

印建平 包 仁  
(苏州大学激光研究室)

## 提 要

本文根据 J. Upatnieks 的椭圆等光程原理, 提出了一种现场观测多纵模激光有效相干长度及其 TC 周期性的全息法。介绍了基本原理与方法, 给出了相应的实验结果。

关键词: 相干长度; 时间相干性; 光学全息术; 激光。

## 一、引 言

相干长度是光源时间相干性的重要指标, 大场景或大景深全息照相术是基于多纵横激光的时间相干周期性(简称 TC 周期性)的程差  $2KL$  法<sup>[1,2]</sup>上。因此, 在全息照相之前, 正确合理地估测所用激光器的有效相干长度及其 TC 周期性有重要意义。

光源相干长度的定义与测量方法有: 频谱法、干涉法<sup>[3,4]</sup>与全息法<sup>[5,6]</sup>等。本文的方法是基于 J. Upatnieks 的椭圆等光程原理<sup>[7]</sup>。文中给出 He-Ne 激光器为例的相应实验结果。

## 二、原理与方法

基本光路如图 1 所示, 图中  $M_1$  与  $M_2$ 、 $L$ 、 $B_s$ 、 $PN$  及  $H$  分别为反射镜、扩束镜、分束器、

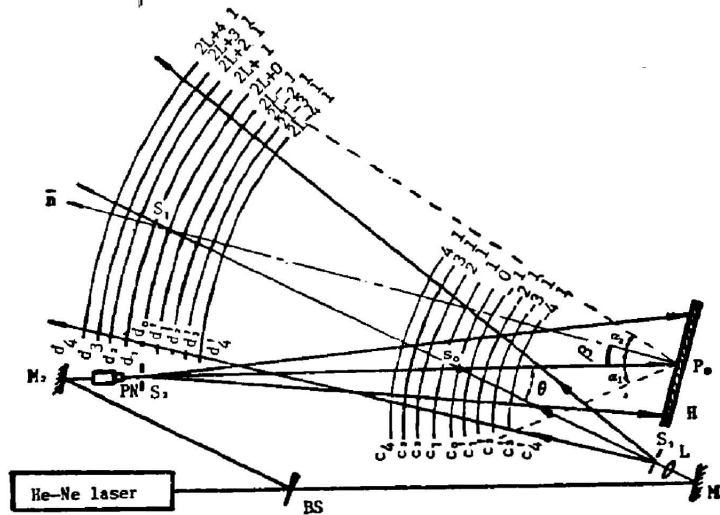


Fig. 1

收稿日期: 1987年4月25日; 收到修改稿日期: 1988年3月14日

针孔及全息干板;  $n$  为全息干板的法线方向;  $\alpha_1, \alpha_2$  分别为被摄场景两侧, 物光束的最大入射角,  $\beta$  为参考光束的入射角,  $\theta$  为参、物光束的夹角。

椭圆等光程原理用于现场观测多纵横激光有效相干长度及其 TC 周期性的基本原理与方法简述如下:

### 1. 激光有效相干长度的现场观测

首先令物光束与参考光束的光程差为零, 即令  $\Delta l = \overline{B_1 M_1 S_0 P_0} - \overline{B_1 M_2 P_0} = 0$ , 并以扩束镜  $L$  的焦点  $S_1$  与全息干板  $H$  的中心  $P_0$  为定点,  $R = \overline{S_1 S_0 P_0}$  为定长, 过点  $S_0$  画一椭圆弧, 得零光程差线  $O_0$ ; 其次分别以  $R \pm \delta l, R \pm 2\delta l, \dots, R \pm m\delta l$  为定长,  $S_1, P_0$  为定点作一系列椭圆弧, 得到相应于光程差为  $\Delta l = \pm \delta l, \pm 2\delta l, \dots, \pm m\delta l$  的一系列弧线  $O_1, O'_1; O_2, O'_2; \dots, O_m, O'_m$ 。然后在每条弧线上分别放置一小物体, 进行全息记录、处理及再现。由于图 1 中相邻两椭圆弧线之间的光程差为  $\delta l$ , 故再现时若能观测到  $n$  个物体的清晰像(或  $n$  条清晰可见的椭圆弧线), 则可求得激光有效相干长度为

$$\Delta L_H = (n-1)\delta l. \quad (1)$$

这里  $\delta l$  是根据激光束相干长度的长短及所要达到的测试精度来确定。例如, 当精度一定时, 若激光相干长度较长, 则  $\delta l$  可适当取大些; 而当激光相干长度一定时, 如果所要求的测试精度较高, 则  $\delta l$  可适当取小一些。

### 2. 多纵横激光 TC 周期性的全息观测

在按上述方法作出零光程差附近的一系列椭圆弧线的基础上, 仍以  $S_1, P_0$  为定点, 分别以  $(R+2KL), (R+2KL) \pm \delta l, (R+2KL) \pm 2\delta l, \dots, (R+2KL) \pm m\delta l$  为定长(这里  $L$  为激光器腔长,  $K=1, 2, \dots, N$ ), 画一系列椭圆弧, 得相应于光程差为  $\Delta l = 2KL, 2KL \pm \delta l, 2KL \pm 2\delta l, \dots, 2KL \pm m\delta l$  的一系列弧线  $d_0, d'_0, d_1, d'_1, \dots, d_m, d'_m (K=1); e_0, e'_0; e_1, e'_1; \dots, e_m, e'_m (K=2); \dots$ 。同样在每条弧线上分别放一小物体进行全息记录、处理与再现。如果再现时可分别观测到  $n_1, n_2, \dots, n_k$  个物体的清晰像, 则一方面可观察到多纵模 He-Ne 激光的 TC 周期性, 另一方面可求得相应于光程差为  $\Delta l = 2L, 4L, \dots, 2KL$  处多纵模的有效相干长度

$$\left. \begin{aligned} \Delta L_H^{(1)} &= (n_1-1)\delta l, \\ \Delta L_H^{(2)} &= (n_2-1)\delta l, \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta L_H^{(K)} &= (n_k-1)\delta l. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

此外, 根据上述  $\Delta L_H, \Delta L_H^{(1)}, \Delta L_H^{(2)}, \dots, \Delta L_H^{(K)}$  的变化规律, 并考虑到来自不同  $2KL$  处物光束与参考光束光强比的修正因子(可从理论上估计), 即可定性地估计出多纵模激光的线型函数  $g(\nu)$  及其线宽  $\Delta\nu$ 。

## 三、实验与结果

采用图 1 所示的记录光路, 对腔长为  $L=115\text{cm}$ , 输出功率  $P=25\text{mW}$  的 He-Ne 激光器的有效相干长度及其 TC 周期性进行了全息现场观测。图 2 为照相机对本实验所用的实际光路及被摄场景所摄的照片, 由于零光程差附近有效相干区域的弧向线宽较小, 故本实验

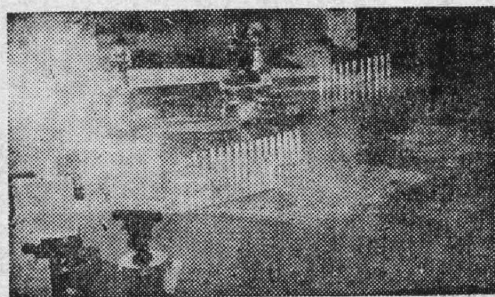


Fig. 2

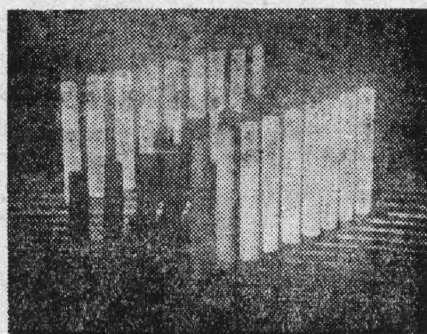
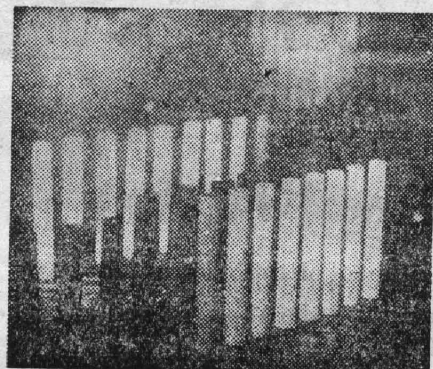
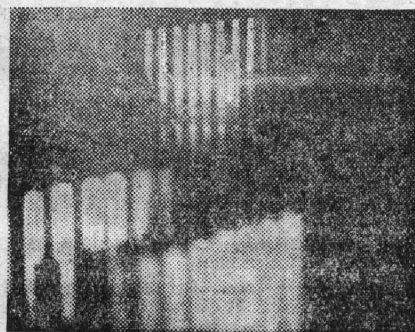


Fig. 3



(a)



(b)

Fig. 4

中, 零光程差附近的被摄物体的排布为: 前排物体分别放置在  $\Delta l = 0, -\delta l, -2\delta l, \dots -m\delta l$  的椭圆弧线上; 后排物体分别放置在  $\Delta l = 0, +\delta l, +2\delta l, \dots +m\delta l$  的椭圆弧线上。由此可见, 在  $\Delta l = 0$  的弧线上放置了两个物体。因此, 在观察再现像数目时, 必须将实际观察到的数目  $n'$  减去 1, 即  $n = n' - 1$ 。

实验中, 零光程差附近取  $\delta l = 3 \text{ cm}$ , 在  $2L$  光程差附近取  $\delta l = 5 \text{ cm}$ 。相应的实验结果如图 3 和图 4 所示。图 3 为观测激光有效相干长度的全息再现结果; 图 4 为观测多纵模激光 TC 周期性的全息再现结果, 其中图 4(a) 与 (b) 分别为零光程差附近与  $2L$  (即  $\Delta l = 230 \text{ cm}$ ) 光程差附近的再现像, 于正聚焦时所拍摄的照片。

根据图 3、4(a)、(b) 的实验结果知:  $n' = 16 \sim 17$ ,  $n_1 = 8 \sim 9$ , 则由 (1) 和 (2) 式得零光程差,  $2L$  光程差处的有效相干长度分别为  $\Delta L_H = 42 \sim 45 \text{ cm}$ ,  $\Delta L_H^{(2)} = 35 \sim 40 \text{ cm}$ 。

此外, 还用上述方法观测了腔长为  $L = 150 \text{ cm}$ , 输出功率为  $60 \text{ mW}$  He-Ne 激光器的有效相干长度。实验中取  $\delta l = 5 \text{ cm}$ , 结果为  $n \approx 7$ , 于是由 (1) 式得  $\Delta L_H \approx 30 \text{ cm}$ 。

最后, 还利用 Twyman-Green 干涉仪分别测试了上述两支不同腔长与输出功率的 He-Ne 激光相干长度 (干涉法)。当采用定义  $|\nu(\Delta l_0)| = 1/2$ ,  $\Delta L_M = 2\Delta l_0$  时, 其相干长度分别为  $\Delta L_M = 42 \text{ cm}$ ,  $27 \text{ cm}$ , 与全息法的实验结果基本一致。

#### 参 考 文 献

- [1] 葛万福、能秉衡;《光学学报》, 1985, 5, No. 7 (July), 600~604。

- [2] 印建平;《物理》,1987, 10, No. 11 (Nov), 693~694.  
 [3] 印建平;《光学学报》,1987, 7, No. 4 (Apr), 341~348.  
 [4] 印建平;《中国激光》,1987, 14, No. 3(Mar), 184~186.  
 [5] I. N. Ross; *Optica Acta*, 1975, 22, No. 8, 639~651.  
 [6] 施柏焯;《应用激光》,1981, 1, No. 1, 5~10.  
 [7] J. Upatnieks; "Experiment Holography"(讲义).

## A holographic method for in situ observing effective coherent length and TC periodicity of the multi-mode laser

YIN JIANPING AND BAO REN  
 (Laser Research Institute, Suzhou University)

(Received April 1987; revised 14 March 1988)

### Abstract

According to the J. Upatniek's principle of elliptical equi-optical path, we suggests a holographic method for in situ observing the effecting coherent length and TC periodicity of the multi-longitudinal mode laser. It's basic principle is described and relative experimental results are given in this paper.

**Key words:** temporal coherence; coherent length; optical holography; laser.

## 全国第五届激光物理讨论会在泉州市召开

由中国物理学会和中国光学学会联合主办的全国第五届激光物理讨论会,于1988年7月30日到31日在福建省泉州市华侨大学召开,会议由华侨大学和中科院福建物构所联合筹办。

来自全国16个单位、26位正式代表出席了会议。美国加州大学贝克利分校沈云壤教授应邀出席了会议,并在会上提了精辟、中肯的意见。

这届讨论会的论题是:剖析各单位所开设的激光物理研究课题。会议分六段于两天内举行,代表们分别报告了近两年来各自在激光物理领域内所开设的课题及进行的工作概况,相互之间展开了评论。

这次会议反映出我国激光物理近两年来成绩显著,例如光学双稳态中混沌运动;激光冷却量子阱;激光表面研究;超短光、超快过程研究;新型非线性材料的研制等,不但在我国都是最新成果,在国际上也属先进或领先地位。

会上中科院福建物构所陈创天研究员提出对他们研制成功的新型非线性光学晶体——LBO,进行各种性能测试研究的大协作,得到予会代表的热烈响应。

下届会议,将于1990年在辽宁省大连市举行,会议的论题是:各自介绍下两年内所开设的研究课题和研究结果的概貌。

(乙 民)