

图4 光信息处理的实验装置

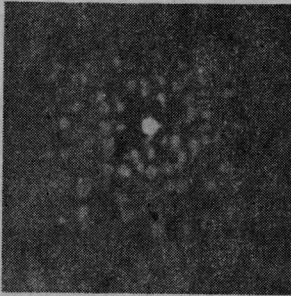


图5 相关输出的结果

所以在计算绘图的过程中，只要事先将  $P$  值或  $\phi$  值缩小  $q$  倍即可。

#### 四、实验结果

我们以十编码孔为特定信号，利用上述三种数据处理的方法，制作了一个空间滤波器，示于图3。

当把它用于光信息处理时，我们获得了特征识别的相关输出表示。图4是光信息处理的实验示意图。图中  $S$  是单色点光源； $f_0$  是准直透镜； $f_1$ 、 $f_2$  是傅氏透镜； $O$  是输入信号；而  $CGH$  是计算全息滤波器； $P$  是观察屏。实验结果表明，相关输出的效果好，示于图5。图5中除中心亮度为最大是表示输出外，旁斑是由于相干光导致的噪声加强输出，这可在点光源处加旋转毛玻璃的办法来降低这种噪声<sup>[5]</sup>。

#### 参 考 文 献

- [1] 陈仲裕等；《激光》，1981，8，No.7,28.
- [2] B. R. Brown, A. W. Lohmann; *Appl. Opt.*, 1966, 5, 967.
- [3] Strand *et al.*; *Opt. Eng.*, 1974, 13, 219.
- [4] A. W. Lohmann; "Developments in Holography", pp. 42~49.
- [5] K. Kloz, H. Weiss; *Opt. Commun.*, 1974, 3, 134. 刘立人等；《物理》，1981，10，No. 3, 134.

(中国科学院上海光机所 陈仲裕 庄亦麟  
郝 辉 1981年4月8日收稿)

## 激光干涉测长中的数据处理 ——拨码盘和插补相结合

**Abstract:** In our interference length measuring system the minimum display value attainable is  $0.1\mu\text{m}$ , with a measuring length of less than 4.8 metres. The necessary correction for laser wavelength in our system is affected by interpolation of value (1) in association with the changes of correction factor  $C_3$  (on the dial) according to testing conditions of temperature and pressure. The accuracy attainable is better than  $1 \times 10^{-7}$ .

### 一、激光干涉测长系统

激光干涉测长系统原理方框图如图1所示。

激光干涉仪是改型的迈克尔逊干涉仪。测量镜位移量  $L$  为：

$$L = \frac{\lambda}{2} N$$

式中  $N$  为干涉条纹数。经放大整形后的光电讯号代表  $\lambda/2$ 。若通过逻辑电路对代表  $\lambda/2$  为计量单元的电讯号再进行四细分，则测量镜位移量  $L$  为：

$$L = \frac{\lambda}{8} N$$

He-Ne 激光的真空波长  $\lambda_0 = 6329.91418 \text{ \AA}$ 。激

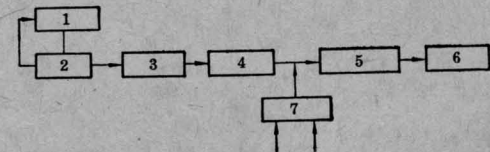


图1 激光干涉测长系统原理方框图

- 1—波长稳定器；2—He-Ne 激光器；3—激光干涉仪；
- 4—光电转换器；5—数据处理装置；6—长度显示器；
- 7—波长修正

光束在一般空气条件下传播，它的波长为  $\lambda = \lambda_0/n$ 。 $n$  为空气折射系数，它是与空气温度  $T$ 、大气压力  $P$ 、空气湿度  $f$  和空气中  $\text{CO}_2$  含量等有关的一个物理

量。这时,通过光电记录器,准确地记录了激光干涉条纹后,还必须解决:

1. 以米制单位,显示测量镜的移动量;
2. 根据环境气象条件,随时对激光波长进行修正。

解决上述两个问题的方法,称数值有理化。

## 二、大气补偿和数值有理化

### 1. 折射系数经验公式的讨论

空气中  $\text{CO}_2$  含量每变化 0.01% 约引起空气折射系数的变化为  $10^{-8}$ , 因此可以忽略  $\text{CO}_2$  含量变化的影响。这样,对于 He-Ne 激光 Edlin 公式,可以表示为:

$$(n-1) \times 10^8 = A + [K_T(T-20) + K_P(P-760) + K_f(f-10)][1 + K'_T(T-20)]^{-1} \quad (1)$$

式中  $A=27128.4$ ;  $K_T=-92.859$ ;

$$K_P=35.803; K_f=+5.6; K'_T=0.00342。$$

对于标准空气 ( $T=20^\circ\text{C}$ ,  $P=760$  托,  $f=10$  托) 可以求得  $n=1.00027128$ 。

相应的 He-Ne 激光波长

$$\begin{aligned} \lambda &= \lambda_0/n = 6329.914 \text{ \AA} / 1.00027128 \\ &= 6328.19747 \text{ \AA} \end{aligned}$$

在标准空气附近有:

$$\begin{aligned} \Delta n/\Delta T &\approx -0.93 \times 10^{-6}/^\circ\text{C} \\ \Delta n/\Delta p &\approx +0.36 \times 10^{-6}/\text{托} \\ \Delta n/\Delta f &\approx +0.05 \times 10^{-6}/\text{托} \end{aligned}$$

这表明空气温度每摄氏一度的变化对空气折射系数的影响近似为  $-0.93 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ , 而空气压力每托的变化对空气折射系数的影响近似为  $+0.36 \times 10^{-6}/\text{托}$ 。即空气每摄氏一度的变化对空气折射系数的影响与 2.5 托压力变化的影响量值近似相等而符号相反。水蒸气分压每托的变化对空气折射系数的影响近似为  $0.05 \times 10^{-6}/\text{托}$ , 对于在一般工业计量技术中,希望能得到  $10^{-7}$  的精度,可以把水蒸气分压的影响也忽略了。

由上所述,要获得高精度测量,必须对测量环境加以严格控制。否则  $T$ 、 $P$ 、 $f$ 、 $K$  的变化直接对测量产生影响。

当  $f=10$  托时;且认为它是不变的,将(1)式简化:

$$(n-1) \times 10^8 = A + K_T(T-20) + K_P(P-760) \quad (2)$$

式中,  $A=27128$ ;  $K_T=-93$ ;  $K_P=+36$ 。可以看出,  $2.5 K_P \approx -K_T$ , 这样  $(n-1) \times 10^8$  数值的矩阵

可以认为具有斜方格对称。即:

$n(T, P) \approx n(T+1, P+2.5)$ , 采用这样的近似运算方法,其运算精度约为  $1 \times 10^{-7}$ 。

### 2. 数值有理化关系式

#### (1) 修正系数 $c$ 的确定

在标准空气条件下,激光干涉系统中的计数脉冲当量  $q = \frac{1}{8} \lambda = 0.07910247$  微米。

而实用显示单位  $\varepsilon = 0.1$  微米。由于脉冲当量  $q$  和实用显示单位  $\varepsilon$  之间有差异,所以随着脉冲数的增加,差值也随着增加,为保证一定的计算精度,必须在脉冲数增加到一定数量时减去或加上一个脉冲,使差异小于一个脉冲当量  $\varepsilon = 0.1$  微米。

设  $f$  表示计数脉冲  $q$  的数目;  $\varepsilon$  为实用显示单位;  $m$  表示以  $\varepsilon$  为单位的数目;  $q$  表示脉冲当量。则有

$$m\varepsilon - fq \leq \varepsilon \quad (3)$$

$$f = m \left( 1 + \frac{1}{c} \right)$$

上式中  $c$  是修正系数。

各级近似的修正系数为

$$\begin{aligned} c_N &\leq q \left( 1 + \frac{1}{c_1} \right) \left( 1 + \frac{1}{c_2} \right) \dots \\ &\left( 1 + \frac{1}{c_{N-1}} \right) / \varepsilon - q \left( 1 + \frac{1}{c_1} \right) \left( 1 + \frac{1}{c_2} \right) \dots \\ &\left( 1 + \frac{1}{c_{N-1}} \right) \end{aligned} \quad (3a)$$

$$f_N = m \left( 1 + \frac{1}{c_1} \right) \left( 1 + \frac{1}{c_2} \right) \dots \left( 1 + \frac{1}{c_N} \right) \quad (3b)$$

采用这种近似运算方法所得的结果误差,随着级数的增加而不断摆动,但其绝对误差总不会超过  $\varepsilon$ , 若我们取  $K$  级近似,那么绝对误差在  $m=c_{K+1}$  处超出  $\varepsilon$ 。就是说,在此数处应当做下级 ( $K+1$ ) 级近似运算。对于一个大的计数脉冲数值:

$$\begin{aligned} f_{K+1} - f_K &= f_K \frac{1}{c_{K+1}} \\ \frac{\Delta f}{f_K} &= \frac{1}{c_{K+1}} \end{aligned} \quad (4)$$

因此终止在  $N$  级近似的结果误差  $\leq \frac{1}{c_{K+1}}$ , 即第  $K+1$  级近似运算修正系数的倒数。

当  $c_N$  数改变一个单位时,对结果误差的影响可将(3b)式微分求得:

$$\left| \frac{df_N}{dc_N} \right| = f_{N-1} \frac{1}{c_N^2}$$

则

$$\left| \frac{df_N}{f_{N-1}} \right| = \frac{dc_N}{c_N^2} \quad (5)$$

我们把  $\varepsilon=0.1$  微米, 在标准空气条件下

$$q=0.07910247 \text{ 微米}$$

代入(3a)可得:

$$c_1 = +3$$

$$c_2 = -19$$

$$c_3 = +1232$$

$$c_4 = -4.8 \times 10^7$$

这里正号表示应当将脉冲扣除; 负号表示应当将脉冲加入。因而  $c_1 = +3$  表示第  $m = c_1 + 1$  个脉冲应当扣除, 即每四个脉冲应当扣除一个脉冲, 这样便得一级近似。  $c_2 = -19$  表示经过一级近似运算后的脉冲, 每 18 个脉冲应当补入一个脉冲, 这样便得二级近似。  $c_3 = +1232$  表示, 经过二级近似运算后出来的脉冲每满 1233 个脉冲应当扣除一个脉冲, 这样便得三级近似。经过三级近似运算后的剩余误差由(4)式算出为:  $2.1 \times 10^{-8}$ 。

$c_3$  数改变一个单位对结果的影响由(5)式可算得  $6 \times 10^{-7}$ 。

因为  $c_4 = -4.8 \times 10^7$ , 因此三级近似运算适用于 4.8 米的长度计量。当只采用三级近似运算时, 计量长度大于 4.8 米, 其近似运算误差要大于 0.1 微米。要保证近似运算误差小于 0.1 微米, 必须做四级近似运算。

### (2) 拨盘和插补相结合的办法

由上述讨论可以看出,  $c_3$  数改变一个单位时对最后结果的影响为  $6 \times 10^{-7}$ , 这个值与空气温度、大气压力所产生的影响相当。因此通过改变  $c_3$  数, 从而可以补偿由于空气折射系数的变化而产生的影响。

在相对稳定的测试环境中  $c_{3x}$  由下述公式可以求得:

$$c_{3x} \leq \frac{q(T, P) \left(1 + \frac{1}{c_1}\right) \left(1 + \frac{1}{c_2}\right)}{\varepsilon - q(T, P) \left(1 + \frac{1}{c_1}\right) \left(1 + \frac{1}{c_2}\right)} = \frac{72q}{57\varepsilon - 72q}$$

$$= \frac{45.5753821}{45.6n(T, P) - 45.5753821} \quad (6)$$

由(6)和(2)式可以算出  $c_3$  表。仪器在具体测量时, 不可能严格地按  $c_3$  表, 温度  $1^\circ\text{C}$  一格, 气压 2.5 托一格来拨数。大多数情况是介于它们之间某一温度和气压值。面对这样的情况, 我们可以采用  $c_3$  小数部分插补的办法。即温度每  $1^\circ\text{C}$  再分成十格, 即

格值  $0.1^\circ\text{C}$ ; 气压每 2.5 托再分成十格, 即格值 0.25 托。

这样, 仪器测量时如果所在环境的空气温度条件是相对稳定的, 那么利用  $c_3$  表,  $\Delta c_3$  插补表作为对激光波长的大气补偿。我们认为可以得到对于工业计量和控制技术来讲满意的结果。

### 3. 数据处理装置逻辑块图

整个激光干涉测长电器部分的逻辑块图如图 2 所示。它是由光电转换, 运算放大器, 整形器, 四倍频辨向防震电路, 数值有理化一、二、三级近似运算, 八位可逆计数器, 显示器等组成。

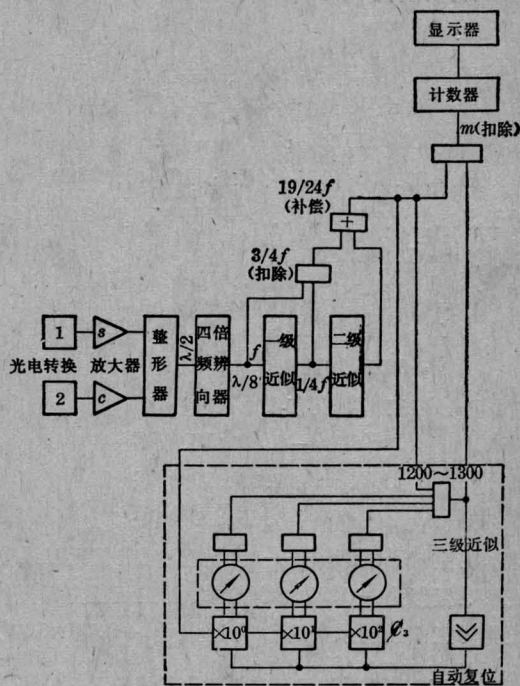


图 2 测长部分逻辑块图

以  $\lambda/8$  作为分辨率的一连串脉冲信号送至大气补偿数值有理化数据处理装置。一、二、三级近似分别实现  $(4-1)$ ,  $(18+1)$  和  $c_{3x}$  的逻辑运算。  $c_{3x}$  是通过  $\times 10^0$ 、 $\times 10^1$ 、 $\times 10^2$  三只波段开关以及一些门电路所组成的拨数装置。根据仪器使用环境测得的空气温度和大气气压, 对照大气补偿  $c_3$  系数修正表查得  $c_3$  值, 然后将  $c_3$  数储存在拨数装置内, 来实现以查表方式的半自动化大气补偿。

### 4. 结论

在上海第二光学仪器厂 JD1-J 型一米激光测长机中, 应用本文介绍的数据处理办法——拨码盘和小数插补办法, 对激光波长进行修正。经用模拟

信号测试和反复实测可得到如下结论。

用经济简单的电子系统实现,在空气湿度  $10 \pm 10$  托条件下,通过  $c_3$  拨盘和小数插补相结合的办法,对激光光波波长进行修正,它的精度好于  $1 \times 10^{-7}$ 。影响其精度因素主要是:

(1) 不计空气湿度变化造成的误差  $0.5 \times 10^{-7}$ ;

(2) 数值有理化近似运算误差  $\leq 1 \times 10^{-7}$ 。

采用拨码盘和小数插补办法,对激光波长大气补偿,其修正精度:

$$\delta = \sqrt{(0.5)^2 + 1^2} \times 10^{-7} \approx 1 \times 10^{-7}。$$

(上海第二光学仪器厂 张学能

1981年3月9日收稿)

## 氦-氖激光氩尾部照射对家兔血流速度的影响

**Abstract:** The influences of He-Ne laser illumination on blood flow rate over sacral region in a group of rabbits were observed using fluorescence angiography of bulbar conjunctival microvessels in ear to eye circulation.

Experimental results show that in normal rabbits, the circulation time after larger dosage irradiation with a density power of  $3.54 \text{ MW/cm}^2$  for 3 hours is significantly longer than that of the controlled group.

The circulation time of the microcirculatory disturbance group after the same density power radiation for 24 minutes is significantly shorter than that of the controlled group.

Through the change of blood flow rate, the mechanism of He-Ne laser treatments on the adenexitis is discussed.

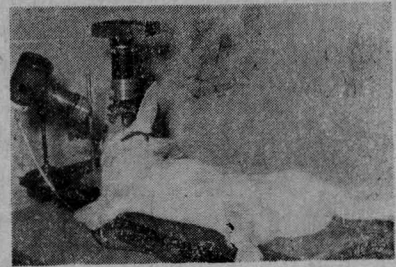
为了探讨氦-氖激光氩尾部局部照射(以下简称激光局部照射)治疗附件炎的可能机制,我们从激光对家兔血流速度的影响方面作了以下实验,现将初步结果报导如下。

### 材料与方 法

白色雌性家兔 51 只,体重 2~4 公斤,无怀孕。其中 16 只家兔根据上海第一医学院病理生理教研室以往报导的方法,用静脉注射高分子右旋糖酐的方法(分子量 32~40 万)复制血流速度缓慢、血细胞聚集的微循环障碍模型。

实验时家兔侧卧固定,不麻醉,用开睑器轻轻地张开左眼睑,用普通生物显微镜拆去载物台进行观察(照片 1)。光源用溴钨灯,按荧光显微术的要求,灯前加蓝紫色(QB-24 即 BG-12)激发滤色片,显微镜目镜中放置黄色(JB-8)屏障滤色片。放大倍数为 48~60 倍。显微摄影用 24~27 定高反差微粒胶卷,曝光时间 0.5~1.0 秒。荧光造影用 10% 荧光素钠(上海试剂总厂第三分厂出品)溶液。注射用 7 号针头。

血流速度用家兔眼球结膜荧光微血管造影法测定的耳——眼循环时间(秒)作指标,方法如下<sup>[1]</sup>: 将



照片 1 家兔眼球结膜荧光微血管造影法的装置



照片 2 荧光素钠进入家兔微动脉(6×10)

显微镜对准家兔左眼上穹窿部球结膜,寻找一个包括微动脉、微静脉和毛细血管网的视野。在动物安静状态下,取右耳耳缘静脉中点(即耳尖到耳根的中点)作荧光素钠静脉注射的进针部位,以 100 毫克/