

(3) 当一块标准具倾斜应用时,它的作用是一个色散元件,被动线宽为:

$$\Delta\lambda_p = \lambda \cdot \operatorname{tg} \theta' \cdot \Delta\theta' \quad (3)$$

式中,  $\theta'$  为标准具内的折射角,  $\Delta\theta'$  为标准具内光束发散角。

(二) 求主动线宽的物理模型 我们设想激光是由在不同时刻参予受激辐射的光子组成。每一个这样的光子从它产生之时开始,就在腔内来回振荡,经过受激放大,形成单色性、方向性很好的相干光,直到它逸出腔外为止。在这段时间内,光子往返通过色散元件,使其色散相加,设光子损失之前,在腔内振荡了  $m$  次,则色散元件的主动线宽  $\Delta\lambda_a$  为:

$$\Delta\lambda_a = \frac{\Delta\lambda_p}{m} \quad (4)$$

对于连续波激光器和长脉冲激光器,光子在腔内的平均寿命为:

$$\tau = \frac{L}{\alpha C} \quad (5)$$

式中  $L$  为腔长,  $\alpha$  为单程损失百分数,  $C$  为光速。光子在腔内的渡越时间  $\tau_1$  为:

$$\tau_1 = \frac{L}{C} \quad (6)$$

因此,光子在腔内的平均振荡次数  $m$  为:

$$m = \frac{\tau}{\tau_1} = \frac{1}{\alpha} \quad (7)$$

对于短脉冲激光器,脉宽  $\Delta\tau$  小于光子在腔内的平均寿命,这时光子在腔内的存在时间就由脉宽  $\Delta\tau$  决定了,因此,光子在腔内的振荡次数为:

$$m = \frac{\Delta\tau}{\tau_1} \quad (8)$$

(三) 几种常用色散元件的主动线宽:

(1) 三棱镜的主动线宽:

$$\Delta\lambda_a = \frac{\Delta\lambda_p}{m} = \frac{d\theta}{2Pm} \left( \frac{dn}{d\lambda} \right) \quad (9)$$

(2) 光栅的主动线宽: 由于光栅总是用作端镜,故光子在腔内振荡二次才在光栅上作用一次,因此光栅的主动线宽为:

$$\Delta\lambda_a = \frac{\Delta\lambda_p}{\left(\frac{m}{2}\right)} = \frac{2\lambda\Delta\alpha}{m\operatorname{tg}\alpha} \quad (10)$$

(3) 倾斜标准具的主动线宽:

$$\Delta\lambda_a = \frac{\Delta\lambda_p}{m} = \frac{\lambda\operatorname{tg}\theta'\Delta\theta'}{m} \quad (11)$$

当倾角不大,发散角也不太大时,上式可近似为:

$$\Delta\lambda_a \approx \lambda \frac{\theta}{n'^2} \Delta\theta \quad (12)$$

式中  $n'$  为标准具之折射率,  $\theta$  和  $\Delta\theta$  分别为空气中的入射角和光束发散角。

对于实际的激光器参量,代入以上公式后,所得主动线宽与实验报道的数值非常相符。

## 激光扫描补偿原理

山东海洋学院 郑国星 周如城 谭锐

激光亮度高且发散度小,常被用作远距离照明光源。但激光发散度小则照明范围小常限制了观察系统的视野,不得不将激光扩展成宽光束,并相应增大接收系统的视角以增大整个系统的视野。这样既降低激光亮度又增大系统的背景光噪声,导致了系统信噪比下降,从而大大降低了系统的能见距离。为了解决这一矛盾,

我们用激光扫描代替激光扩展,用同步跟踪小视角接收系统代替一般的大视角接收系统。跟踪从光学观点来讲就是补偿的意思,而光学补偿就是接收系统的接收角( $\alpha'$ )与补偿器产生的补偿角 $\omega(\alpha)$ 相减的概念。由激光扫描与同步光学补偿概念建立起来的光学接收机原理称激光扫描补偿原理。此原理可用下面的方程式来表示:

$$\Delta\alpha' = \alpha' - \omega(\alpha) \quad (1)$$

$\Delta\alpha'$ ——剩余补偿角,

$$\alpha' \text{ (接收角)} = \int_0^\alpha \left\{ \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}{1 + \left( \frac{S_0}{l} - \operatorname{tg} \alpha \right)^2} + \frac{l \cdot S_0 \cdot \sin \theta}{\cos \alpha \cos(\alpha + \theta) \cdot [l^2 + (S_0 - l \operatorname{tg} \alpha)^2]} \right\} d\alpha$$

$\alpha$ ——激光扫描角,

$S_0$ ——接收与发射光轴的距离,

$\theta$ ——目标倾角,

$l$ ——目标作用距离,

$\omega(\alpha)$ ——补偿角,一般用  $k\alpha$  来表示,  $k$  为补偿系数。

从公式(1)中可以看出  $\Delta\alpha'$  是  $\alpha$ 、 $l$ 、 $S_0$ 、 $\theta$  的复杂函数,补偿原理则要求  $\Delta\alpha'$  尽量接近于零,并把剩下的补偿角  $\Delta\alpha'$  作为接受系统的视角。

用此原理设计空间探测系统,视角可达几十度,由于接收系统实际视角仅  $1 \sim 2$  毫弧度,与窄光带滤光片配合,采用小靶面探测器能把背景光噪声压到非常低,同时也降低了探测器的本底噪声,大大提高了能见距离。在水下近中距离观察系统中可有效克服后向散射光,使水下激光电视目前已达 5 个衰减长度的作用距离。

## 激光束在漫射表面上的散射——一种简化统计模型

南开大学物理系 程 路

对于随机几何起伏量(指光洁度而非平整度)在  $0 \sim \lambda$  范围内的高光洁度工件表面,用激光束的散射光强来测其光洁度级次是一种既简便又准确的新方法<sup>[1]</sup>。本文给出此方法的绝对定标的理论公式。所用的物理模型是将表面分为边长为  $\lambda$  的正方面元,每一面元(例如第  $n$  个面元)的高度  $h_n$  取为此处真实表面的平均高度,以此台块式表面代替真实表面。认为诸随机变量  $h_n$  互相统计无关,且概率分布皆相同,为:

$$P(t) = \begin{cases} e^{-\beta|t|}, & \text{当 } |t| \leq h; \\ 0, & \text{当 } |t| > h. \end{cases}$$

其中  $h$  为诸  $h_n$  取值的上限,它与光洁度级次相对应,激光波射在表面上之后,每一台块作为次波源,于是问题化为诸元波的多光束干涉,此问题是一个概率论中特定的“行走问题”,引进合理的近似简化,导出了简明的光强分布表达式,表达式与实验在定量和定性方面都符合得相当好。

上述模型同样可用来处理下述的随机扰动波场的传播:在一个参考几何曲面上,波场的位相随机起伏(非缓变起伏)量之上限为  $0$  到  $2\pi$  的任何值。

本文对平面一维随机道痕与二维随机起伏分别进行了推导。并指出:散射光强的分布公式只与工件表面的光洁度级次有关,而与表面的宏观几何形状无关,因而公式可用于任何形状的表面。

最后,推导了高斯波面族的包络面方程,用此包络面作外沿设计了可对任何半径的凹球面进行测量的简便而又准确的工件放置台。

### 参 考 资 料

[1] 天津动力机厂计量室和南开大学物理系,“激光测量表面光洁度”,《物理》,1976, No. 6.