

# 高重复频率脉冲激光谱线宽度的测量方法

李润华

(中山大学激光与光谱学研究所, 广州, 510275)

龚顺生

(中国科学院武汉物理研究所, 武汉, 430071)

**摘要:** 本文介绍了一种用扫描标准具配合检测系统测量重复频率脉冲激光线宽的方法, 分析了造成测量误差的几种相关因素, 并指出了测量中应该注意的几个问题, 实验测定了几种不同染料激光器输出激光的线宽。

**关键词:** 扫描标准具 脉冲激光线宽 等倾干涉

## Measurement of spectroscopic width of pulsed laser using scanning etalon

*Li Runhua*

(Institute of Laser and Spectroscopy, Zhongshan University)

*Gong shunsheng*

(Wuhan Institute of Physics, Academia Sinica)

**Abstract:** In this paper, a method of measuring the spectroscopic width of pulsed laser using scanning etalon as well as detecting system is introduced; the factors relative to measurement error are analysed. And the spectroscopic widths of three pulsed dye lasers are measured in this way.

**Key words:** scanning etalon, spectroscopic widths of pulsed laser, interference of equal inclination

## 一、引言

线宽是激光的一个重要参数, 对于连续波激光, 有专门的线宽测量装置, 如扫描干涉仪, 也可以用标准具形成的稳定的等倾干涉条纹来测量<sup>[1]</sup>, 相对来说比较简便, 测量精度也较高, 而脉冲激光的线宽测量则相对要麻烦一些。

按常规方法,脉冲激光的线宽是通过测量单个脉冲由标准具产生的干涉条纹中近轴干涉环的宽度来确定的<sup>[2]</sup>,计算式为

$$\Delta\nu = R \cdot \Delta W \cdot \nu / f^2 \tag{1}$$

式中,  $R$  为某一干涉环的平均半径,  $\Delta W$  为该干涉环的宽度,  $f$  为会聚透镜的焦距,  $\nu$  为被测激光的中心频率。

当脉冲重复率较高时,可以看到时间上持续的干涉条纹,这时只能大致估计激光的线宽,要记录单个脉冲形成的干涉条纹,就必须用照相底片记录,然后显影,定影,测量,因而比较麻烦;而用扫描标准具则不用照相,方便了不少,Hansch 等人就是用这种方法测量了重复频率脉冲染料激光的线宽<sup>[3]</sup>。

## 二、装置及理论分析

扫描标准具是间距  $d$  可以连续改变的两块平行平板,通常其中一块位置固定,另一块背衬压电材料,加上锯齿电压,压电材料的伸缩带动平板移动,两平板内表面具有极高的反射率和平整度,其透射极大应满足的条件为:

$$mc/\nu = 2nd\cos\theta \tag{2}$$

且标准具的透射频谱特性如图 1 所示<sup>[2]</sup>。

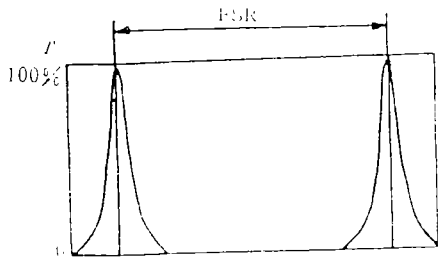


Fig. 1 Transmission spectrum of etalon

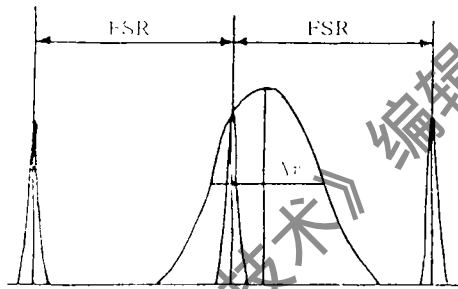


Fig. 2 Transmission of broadband light through scanning etalon

所以,假定有一复合频率的光经过它,同时连续地改变  $d$ ,则各种频率的光将依次通过,这意味着透射峰将扫过待测频谱,而且,只要  $\Delta\nu < FSR/2$  就不会有重级的现象发生,这里  $FSR = c/2nd$  为标准具的自由光谱范围,因此透射光强将是待测频谱与标准具透射频谱的卷积,如图 2 所示。

透射频谱越接近  $\delta$  函数,记录的结果越接近真实,所以用于测量线宽的扫描标准具的细度  $F$  必须很大。

我们所用的实验装置如图 3 所示。

$L_1, L_2$  是大口径,焦距为 25cm 的玻璃透镜,前者用以将(准)平行的激光束变成发散的激光束,以便能在标准具上形成等倾干涉, $L_2$  用来将经标准具后的光会聚以使其焦平面上形成清晰的干涉条纹。当扫描驱动器不加扫描电压时,条纹稳定,由条纹的明细程度可以大致估计激光的线宽。可以证明,在近轴条件下,有公式:

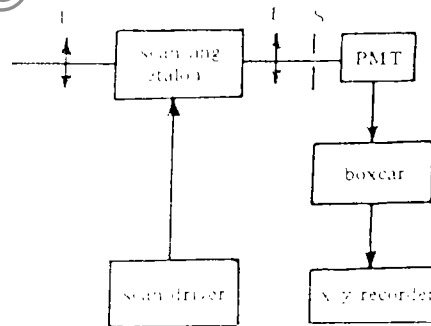


Fig. 3 Experimental setup of measuring the frequency width of pulsed laser using a scanning etalon  
1—scanning etalon 2—scanning driver 3—photo-multiplier 4—Boxcar averager 5—x-y recorder

$$\Delta\nu \approx \Delta W \cdot \text{FSR}/b \quad (3)$$

式中,  $\Delta W$  为某一近轴干涉条纹的宽度,  $b$  为相邻两条纹间的间距。

当在标准具上加上扫描电压时, 等倾干涉条纹将向内收缩, 中心部位将由明到暗发生周期性的变化, 一个周期对应一个 FSR, 在光电倍增管前加上小孔光阑 S, 探测中心光强的变化, 所得的脉冲信号送入 Boxcar 定点采样作平均处理后输出至记录仪, 可以记录下中心光强的变化, 如图 4 所示, 峰的半宽度即为被测激光的线宽。

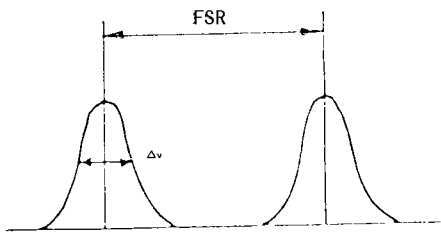


Fig. 4 Theoretical result

总的细度  $F$  满足

$$F^{-2} = F_E^{-2} + F_D^{-2} \quad (5)$$

式中,  $F_E$  为标准具的细度。  $F_D$  的影响是使透射峰变宽,  $D$  越小,  $F_D$  越大, 对  $F$  的影响越小, 由小孔带来的测量误差的大小通过(5)式可以大致估计出来, 为了减小测量误差, 小孔必须尽量小; 另外, 由于用到了 Boxcar, 所以激光的脉冲重复率要高, 但据了解, 新型的 Boxcar 也能对低重复率的脉冲信号进行处理, 所以只要标准具的扫描周期足够长, 这种方法也可以用于低重复率的情形, 但对单脉冲的就只能用照相记录了。

### 三、实验结果

我们用这种方法测量了三种不同结构的染料激光器输出激光的线宽, 所得的实验记录如图 5 所示。

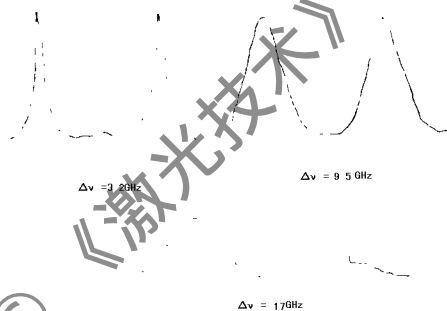


Fig. 5 Experimental results

### 四、结论

与传统的方法相比, 该方法是用扫描标准具而不是用固定标准具, 因而可以用实验室常有的仪器设备来记录, 比照相记录来得简便, 因此对于重复率的脉冲激光, 且在实验室具备扫描标准具和 Boxcar 的条件下, 该方法比较易于实现对其线宽的测量。

#### 附:(3)式的证明

考察图 6 中 AB 段所代表的频率宽度  $X$ 。

设 A 点是频率为  $\nu_1$  的光的第  $m$  级极大, B 点是频率为  $\nu_2 = \nu_1 + X$  的光的第  $m$  级极大, 同时它也是频率为  $\nu_1$  的光的第  $m+1$  级极大, 由(2)式有:

$$m\nu_1 = 2nd\cos\theta_1 \quad \text{推出 } \nu_1 = m\text{FSR}/\cos\theta_1 \quad (1)$$

$$m\nu_2 = 2nd\cos\theta_2 \quad (2)$$

$$(m+1)\nu_1 = 2nd\cos\theta_2 \quad (3)$$

(2)式/(3)式得： $m/\nu_2 = (m + 1)/\nu_1$ ，即  $\nu_2 = (m + 1)\nu_1/m$

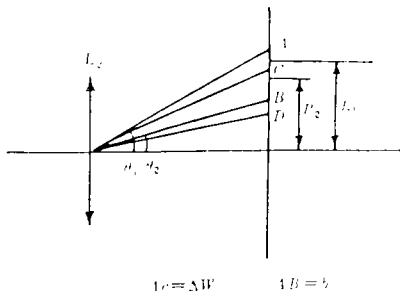


Fig. 6 Schematic diagram of interference of equal inclination

则： $X = \nu_2 - \nu_1 = \nu_1/m = FSR/\cos\theta_1$

在近轴情形下， $X \approx FSR$ ，所以干涉条纹的一个周期近似对应一个FSR。又由正文中(1)式：

$$\Delta\nu = R \cdot \Delta W \cdot \nu / f^2$$

有：
$$\Delta\nu = R_1 \cdot \Delta W \cdot \nu / f^2 \tag{4}$$

$$X = R_2 \cdot b \cdot \nu' / f^2 \tag{5}$$

式中， $\nu$ 为AC段的平均频率， $\nu'$ 为AB段的平均频率， $\nu \approx \nu'$ ，在近轴条件下  $R_1 \approx R_2$ ，所以有：

$$\Delta\nu = \Delta W \cdot FSR / b$$

参 考 文 献

- 1 马祖光,蓝信矩,高惠德 *et al.* 激光实验方法. 上海:上海科学技术出版社,1987:145
- 2 蓝信矩,黄国标,张渝楠 *et al.* 激光技术. 长沙:湖南科学出版社,1981:192
- 3 Hansh T W. *Appl Opt*, 1972;11(4):895
- 4 龚顺生,刘秩媛,贾汉春 *et al.* 光谱测量技术. 武汉:武汉物理研究所出版,1990:31~36

作者简介:李润华,男,1967年10月出生。助理研究员。主要从事激光技术和激光光谱学研究。  
龚顺生,男,1942年5月出生。高级工程师。现在主要从事原子和分子激光光谱研究工作。

收稿日期:1994-01-25 收到修改稿日期:1994-05-10

· 产品简讯 ·

固体和半导体激光器

低成本  $\mu$ Green 固体激光器采用公司的专利微晶片激光技术,管壳  $130\text{cm}^3$ ,波长  $532\text{nm}$ ,功率  $100\text{mW}$ 。管壳  $20\text{cm}^3$  可发射  $50\text{mW}$  输出功率。这些小型的半导体泵浦激光器的均方根光学噪声为  $0.5\%$ 。分离的电源,并能通过任意的RS323 界面实行控制。高功率半导体激光器采用低温电阻( $5^\circ\text{C}/\text{W}$ )以增加寿命和可靠性。这些单元激光二极管的功率在  $808\text{nm}$  波段可达  $2\text{W}$ ,在  $980\text{nm}$  波段可达  $1\text{W}$ 。 $808\text{nm}$  波段的激光二极管线性阵列可获得  $15\text{W}$  输出功率。可采用C-管脚和TO-3封装。 $\mu$ Green 和半导体激光器供原设备制造厂家在医学治疗,生物工艺学,半导体探伤和高性能印刷中应用。

译自 L F World, 1994;30(5):143 於祖兰 译 巩马理 校