

简易快速测量激光频率漂移

王庭鸾 陶香琴

(中国计量科学研究院)

稳频激光器的频率主要是在可见光波段内, 高达 10^6 MHz, 所以直接测量稳频激光器的频率, 目前困难很大, 需要和已知频率的激光进行拍频来实现。然而在许多实验中, 需要了解激光器的频率变化量, 因此设法快速地测出激光频移就有一定的意义。本文利用染料激光稳频技术^[1], 将扫描标准具的透过峰锁在被测的单频激光器的腔上, 不需外加设备, 便可快速地测出可见、连续和单频激光的频率变化。其精度视所选的扫描标准具的自由光谱范围而定, 可为稳频激光器、激光光谱和激光同位素分离的研究工作提供良好的测试手段。

一、基本原理

利用无调制的快速差分技术, 将参考腔的透过光强曲线的斜率最大处锁定在激光器的频率上^[2]。为获得较高的鉴频率, 参考腔需采用高精度的干涉仪。为扩大量程范围和提高灵敏度, 需要采用自由光谱范围不同的扫描标准具。

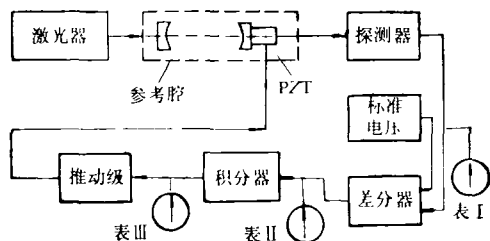


图1 频移测量仪结构图

如图1所示, 将激光输出到外部参考腔(光强太大时要经过衰减), 由光电接收器接收。另一束光信号由标准电压源代替, 将光信号与模拟的参考光信号进行差分, 差分放大后的输出作为伺服控制电压, 对参考腔进行锁定。

参考腔是一扫描标准具, 它是一个共焦腔, 其中一腔镜固定在压电陶瓷上, 当压电陶瓷上施加扫描电压时, 两腔镜距离被微调, 得到该腔的透过光强曲线, 如图2所示。当谐振腔调到激光频率附近时, 曲线呈

尖峰, 我们正是利用峰的两边半高度处斜率较大的位置进行鉴频。参考腔谐振频率偏离激光频率, 产生一偏差, 由伺服回路得到补偿。由于参考腔是一无源腔, 机械稳定性好, 当环路封闭时, 透过峰保持不变, 不改变激光频率本身的频移。而激光器的噪声和漂移会直接造成稳频激光器输出频率的移动, 这个偏差值是激光频率变化而产生的, 所以通过差分所取得的误差信号能真实地反映激光频率的变化。

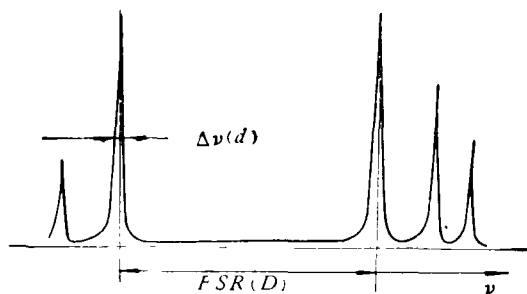


图2 参考腔透过光强曲线
FSR——自由光谱范围

二、结构及调整

实验方框图见图1, 参考腔采用自由光谱范围为 1.8 GHz、精细系数约为 100 的扫描干涉仪, 其透过峰半高处全宽约 18 MHz, 当参考腔上加有可调的直流偏压时, 参考腔的透过光强由电表 I 测得。标准电压值为透过光强的一半, 由电表 II 测得。参考腔未对光之前, 测量减法器输出端的直流电平若不为零, 则改变标准电压值使其为零。由减法器取得的误差信号, 经过积分放大和推动级后, 就可以用来控制参考腔中的 PZT, 使参考腔稳定在激光频率上, 激光频率的变化直接由电表 III 读出。通过积分放大后的误差信号, 变成缓慢变化的信号电平, 便于推动压电陶瓷, 调节积分时间常数, 并能用直流 μ A 表直接显示出激光频率的浮动。

当参考腔的谐振峰被调谐到激光频率时, 用示波器直接显示减法器的输出, 可获得如图3所示的输出波形, 图中从峰顶到峰底之差是激光自由运行时的频



图3 减法器输出端的误差信号

率变化范围,电表 III 的指针漂动的最大范围即为图 3 所示峰顶到峰底之差。

在测量染料稳频激光器时,由于染料激光器的频率扰动大,光强起伏也大。光强扰动也会转为假的频率扰动,导致仪器失锁,要长时间进行观察时,需要改换标准电压源,增加一路直接接收的激光光强信号作为参考光强信号,仪器性能将更完善。

三、定 标

对仪器进行定标,首先要测出所用激光器的准确线宽。常用的激光器有连续染料激光器和氦氖激光器,现分别用自由光谱范围为 0.5GHz, 1.8GHz 和 9GHz 的球面扫描干涉仪(其精细系数约 100),对我单位自制的单频染料激光器和氦氖激光器测量线宽,结果如图 2 所示。在示波屏上显示扫描干涉仪的一个自由光谱范围距离 D ,量出单峰半高度处全宽的最大抖动范围 d ,则线宽为 $\delta_{\nu,p-p} = \frac{d}{D} \times 500\text{MHz}$ 。

激光加速器研究的新成就

在美国 Sandia 国家实验室,发展了一种把激光技术应用用于加速器的新设想,它的基本点是,通过激光引起的光致电离,使加速电磁场形成一个很陡的梯度,从而达到加速带电粒子的目的。这种新的设想适用于研制高效能的小型带电粒子加速器。这种加速器叫做电离阵面加速器,在 Sandia 实验室里已经试验了两种型的电离阵面加速器。较大的一种加速器有 30cm 的加速长度,可以把质子加速到 5MeV,把氦离子加速到 10MeV 把氢离子加速到 20MeV。Sandia 国家实验室的发言人说,利用这种方案可能产生能量为千兆电子伏的离子,有广阔的应用前景,包括应用于军事系统、核物理研究和惯性约束核聚变。

在这种加速器中关键的新技术是产生可以加速离子的强大的汇集电场。用这种技术,30cm 长的试验台已产生了 33MV/m 的加速场,比常规加速器的平均加速场 1MV/m 大得多。科学家们宣称,未来的电离阵面加速器能产生 100 到 1000MV/m 的加速场。

这种新设想是 Sandia 等离子体理论研究组 C. L.

分别测得单频染料激光器线宽为 27MHz, 氦氖激光器线宽为 15.5MHz。此时单频染料激光功率约为 30mW、单模氦氖激光功率为 0.5mW。

表 1 是用氦氖激光器校准电表 III 的结果,电表 III 用的是 100 μ A 表头,满刻度 25 小格。

表 1

标准具自由光谱范围 (MHz)	指针漂动 (小格)	氦氖激光线宽 (MHz)	每小格频移 (MHz)
500	≈ 20	15.5	0.75
1800	≈ 5	15.5	3.1
9000	≈ 0.8	15.5	19

从表 1 可看出,频率稳定度高的激光器,需用自由光谱范围为 0.5GHz 的标准具测量频移,其灵敏度较高。反之,频率稳定度差的激光器宜用 9GHz 的标准具,这样使指针摆动范围不致太大,不易引起失锁。在自制的染料稳频激光器上用自由光谱范围为 0.5GHz 的标准具测量频率漂移,得到该激光器的频率稳定度优于 10^{-10} 。

参 考 文 献

- [1] H. Cerhardt, and F. K. Tittel, *Opt. Commun.*, **16** (1976), 307.
- [2] J. Helmcke, S. A. Lee and J. L. Hall, *Appl. Opt.*, **21** (1982), 1686.

Olson 提出来的,当时他在研究高强度电子束通过充有低压气体的金属管时产生汇集加速现象。当运动电子束使气体电离时,它建立起一个势阱——一个负电荷阵面被接近于电中性的区域所包围。正离子可能被俘获在这个阵面内,但是这个势阱通常延伸得很长,具有适度的电场,并以不变的速度移动。

在这种加速器中,激光引起的两步光致电离使铯蒸气电离,产生一个中性等离子体。在 30cm 长的加速器中,把从一台固定的染料激光器产生的 852nm 激光束,沿着管子纵向扩展开来,提供初级激发,再把一台 XeCl 激光器的 308nm 输出,沿管子纵向扫描,使受激的铯电离。XeCl 激光束的扫描速率从零加速到光速的十分之一。在这个过程中,位于电子束阵面上的质子被俘获并加速,质子来源于混在铯气中的氢气,氢被电子束电离便产生质子。这种系统的优点是:需要的激光能量比粒子束能量小一千倍以上。

(编译自 *Lasers & Applications*, 5-3 (1986), 16.

朱振和)