

如何延长发光寿命,延缓发光材料的老化过程,这是要着重解决的问题。普遍认为,发光材料在温度和电场联合作用下,硫空位从颗粒表面扩散到内部,致使深陷阱增多,产生老化;由于 H₂O 的存在,硫化锌表面的锌-硫键断裂,产生游离锌,促使老化和击穿。因此,采用饱和硫蒸汽烧结,并设法防潮,都收到延长发光寿命、延缓老化过程的效果。硒易于挥发,在颗粒表面有较多阴离子空位,所以红材料比绿、蓝材料老化的慢。

四、结 语

根据固体化显示现象的要求,制订了红、蓝、绿三基色场致发光材料制备方法,给出发射光谱、亮度、功耗、寿命的测量结果,达到了一定的指标要求。在多年的生产实践当中,绿材料较为成熟,特别是制作大面积

场致发光电视已达到一定水平,而红、蓝色材料距实用尚有一定距离,有待于今后的努力。目前,材料的主要问题,仍然是亮度低,寿命短,尤以提高亮度最为迫切。另外,多色化,存贮擦除有余辉等,也为人们所探讨。

作者对徐燕华同志在测试中所给予的帮助表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Казанкин, О. Н. и др., *Прикладная Электролюминесценция, Сов. радио*, (1974), с 84.
- [2] Lehmann, W., *J. Electro. Soc.*, **113**-1 (1966), 40.
- [3] 《固体发光文集(二)》,吉林物理所, (1970) 1, 8.
- [4] СССР. И. №. 276294, 1970/1969.
- [5] Ковалев, Б. А., 等, *Сб. научн. тр. Всес. н.-и. ин-т люминофоров и особ. чист. веществ.*, **1-2** (1969), 111, 3.

双频单模激光器的输出特性和波长检定*

赵 克 功

(中国计量科学研究院)

一、引 言

中国计量科学研究院和陕西机械学院研制的双频单模激光干涉仪已在北京进行了鉴定。与会者一致赞扬这是一项在毛泽东思想指引下取得的科研成果。双频单模激光干涉仪的研制成功,可以满足我国当前日益发展的重型精密机械、国防工业、测绘等部门所需大长度精密测量的要求。因此,对双频单模激光器件的进一步研制,了解和掌握它的性能以及开展对它的检定是十分必要的。

双频单模激光干涉仪是交流系统,克服了单频激光干涉仪的直流漂移;抗干扰能力强,适合于车间精密测量使用;量程大,速度快(当频差为~2兆赫时,测量速度可达0.5米/秒)。但对空气折射率的影响需经修正。另外双频单模激光器的波长复现性差,目前也仅在10⁻⁷量级内。

双频单模激光干涉仪的核心部件之一是双频单模激光器件。本文略谈双频单模激光器的输出特性以及这些特性对差频稳定性与复现性的影响,并提出对双频单模激光器的设计要求和简述双频单模激光器的波长检定。

二、双频单模激光器原理

为了阐明双频单模激光器的输出特性,必须对轴向磁场的塞曼效应作简要说明。

激光介质处于均匀的轴向磁场中,由于激光跃迁中所包含的原子态的角动量的变化,使激光能级分裂为等效的磁精细能级。分裂的大小可由下式确定:

$$\Delta W_M = g_j \mu_B M_j H / h. \quad (1)$$

式中 g_j 为朗道 g 因子, M_j 为磁量子数, μ_B 为玻尔磁子, H 为磁场强度, h 为普朗克常数。

在激光技术中,塞曼效应分为:强磁塞曼效应,即 $\Delta W_M > \Delta \nu_D$ ($\Delta \nu_D$ 为激光增益曲线的多普勒宽度);中磁塞曼效应,即 $\Delta \nu_D > \Delta W_M > \Delta \nu_N$ ($\Delta \nu_N$ 为激光谱线的自然宽度);弱磁塞曼效应 $\Delta W_M < \Delta \nu_N$ 。对于 $\Delta W_M > \Delta \nu_D$, 磁场强度 H 约为500—1000奥斯特。作为双频激光干涉仪的激光器所用的磁场强度应在500奥斯特以下,约为250奥斯特左右,具体要由激光器的输出特性来定。要求分裂曲线的交点应处于功率曲线斜率最大处(如图1所示)。

* 1976年10月8日收到。

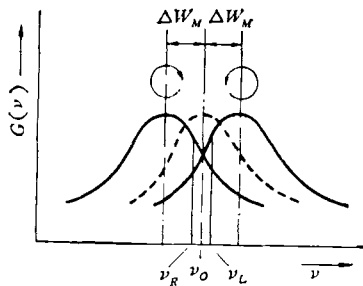


图1 磁分裂为 $\Delta\nu_D > \Delta\omega_M > \Delta\nu_N$ 的激光增益曲线。当腔谐振频率 ν 与 ν_0 重合, ν_R 及 ν_L 为 ν 分裂的反圆偏振光

在具有圆柱对称的谐振腔和轴向磁场的激光器中,激光腔的谐振模为纵向单模(TEM₀₀),其频率为 ν ,由于塞曼效应使 ν 分裂为两个相位相反与 ν_0 (中心频率)等间距的圆偏振光: ν_L (左旋偏振光)和 ν_R (右旋偏振光)。频率牵引效应使两个左右旋的激光振荡频率分别向各自增益曲线的最大值方向移动,因此产生了 $\nu_L - \nu_R = \delta\nu$ 的频差(在阈值条件下)

$$\begin{aligned} \delta\nu &= \sqrt{\frac{\ln 2}{\pi^3}} \frac{2cf}{hL\Delta\nu_D} (g\mu_B H) \\ &= \sqrt{\frac{\ln 2}{\pi^3}} \frac{4\nu_0}{hQ} \left(\frac{g\mu_B H}{\Delta\nu_D} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

式中 c 为光速, l 为腔内损耗, L 为腔长, g 为朗道 g 因子, μ_B 为玻尔磁子, Q 为腔的品质因数。频差 $\delta\nu$ 除与 ν_L 和 ν_R 分别对应增益曲线最大值的距离有关外,从上式可以看出,还是磁场强度的函数,是激光腔内损耗和腔品质因数的函数。

三、双频激光器的输出特性

1. 不加磁场时激光器输出的功率调谐曲线

输出双频的激光器应为全内腔型式。不加磁场时,双频激光器的输出为线偏振光。当用电压驱动连接谐振腔反射镜的压电陶瓷时,腔反射镜每移动 $\lambda/2$,可观察激光输出扫描一个模的功率调谐曲线,如图2所示。对于充以氖同位素的激光器,存在兰姆下陷。

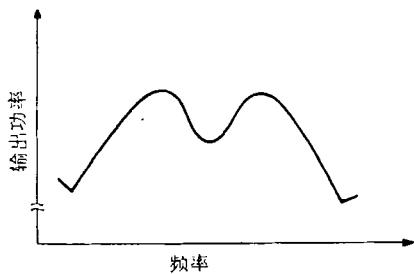


图2 双频激光器不加磁场时输出的功率调谐曲线

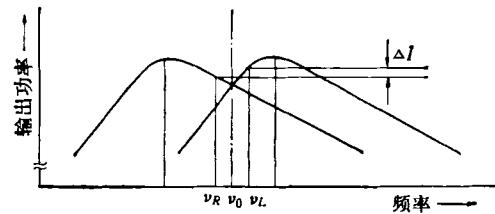


图3 功率调谐曲线不对称时的塞曼分裂

功率曲线应基本上是对称的。若不对称性超出一定限度,在加轴向磁场时,分裂曲线如图3所示。由于 ν_L 和 ν_R 距相应的功率曲线最大值不等,使它们的牵引值不同,从而导致 $\delta\nu$ 发生改变。此外,双频激光器稳频的参考频率是在左旋光强 $I(\nu_L)$ 和右旋光强 $I(\nu_R)$ 相等之处,即将双频对称地稳定在 ν_0 附近。功率曲线不对称,虽然 $I(\nu_L)$ 与 $I(\nu_R)$ 相等,但因牵引值不同,双频则不对称地稳定在 ν_0 附近,致使稳定的频率(波长)值存在一个净差。不加磁场对功率曲线的对称性,是对双频激光器的第一个要求。

双频激光干涉仪可以测量大距离,这时要求有较大的输出功率。同时,稳频也需较大的功率,这样在加磁场时,分裂曲线的交点可以处于功率曲线的斜率陡峭处(如图4所示)。激光器纵向单模,若使其功率增大,必然导致功率曲线的兰姆下陷加深。为使双频分裂曲线的交点能处于斜率较大处,应使交点远离兰姆下陷,即使塞曼分裂满足 $\Delta\nu > \Delta\omega_M > \Delta\nu_{diP}$ ($\Delta\nu_{diP}$ 为兰姆下陷宽度, $\Delta\nu$ 为模间隔)。否则,分裂曲线交点在斜率较小处,会影响稳频的精度,造成较大的净差。因此,输出功率应较为适中,例如,对于放电长度在 90—130 毫米的情况,输出功率以 0.4—0.7 毫瓦为宜。

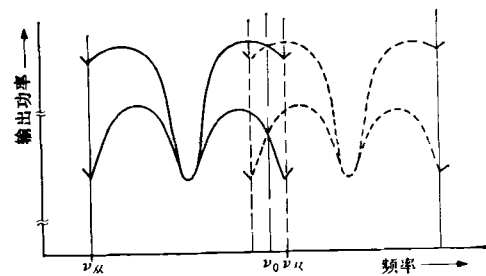


图4 分裂曲线在兰姆下陷为不同深度时,其交点处的斜率变化。 ν_R 为纵向双模点

2. 双频激光器输出的左旋和右旋偏振的特性曲线

输出的右旋 ν_R 和左旋 ν_L 圆偏振光,经 $\lambda/4$ 波片变为互相垂直的线偏振光,再经偏振分光镜将两者分开。当在压电陶瓷上加电压扫描时,用光电元件分别接收 ν_R 和 ν_L 的光强,所得的功率调谐曲线,如图5所示。

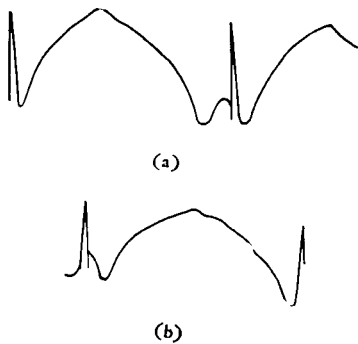


图5 左旋和右旋偏振光的功率调谐曲线

根据兰姆理论, 经塞曼分裂的左旋或右旋偏振光的功率曲线均应有兰姆下陷, 也已有实验证实。但在我们的观测中, 兰姆下陷不太显著或基本没有。其原因可能是由于整个毛细管放电部分的磁场不均匀, 使各点的塞曼分裂的大小不等, 而输出曲线是各点分裂曲线的叠加, 这种不均匀的叠加往往使下陷减弱甚至消失, 还会使斜率变小, 宽度增宽, 甚至使纵向产生多模振荡, 造成降低稳频性能的恶果。

左、右旋偏振光合成的功率调谐曲线应为平顶, 如图6所示。



图6 左、右旋偏振光合成的功率调谐曲线

3. 要求横向和纵向均为单模

只要适当地选择激光器的放电长度、毛细管直径、腔镜的曲率和反射率, 就能保证上述要求实现。

除了用观察光斑的光强图形判断横模外, 利用功率调谐曲线也可以观察高阶横模的振荡。在图7中, 若在平滑的效率调谐曲线上出现微小的突变, 即为横向双模。此外, 利用激光稳频器的选频放大器输出的一次微商的调谐曲线, 也可协助作出判断。正常情况下, 其输出为有规则地三次过零信号, 这一规律被破坏时, 可能有横模或纵模出现。



图7 利用功率调谐曲线观察横向双模的图形

纵向和横向单模的条件如不满足, 会使稳频出现故障, 从而使干涉测量数据混乱, 因此应严格加以保证和监测。

4. 对双频激光器频差 $\delta\nu$ 变化的几点看法

为确保双频激光器单模输出, 目前在结构上还存

在一定的缺点。主要影响因素是机械变形: 如放电管的轴线与腔外套管的轴线及腔的光轴三者不重合。激光点亮后, 温升引起热变形, 振动引起机械变形等, 都会使谐振腔、激光损耗 f 、腔的 Q 值、增益曲线等发生变化, 这些变化将导致差频 $\delta\nu$ 值的变化。例如, 机械变形引起损耗 f 增大或减小, 这使差频 $\delta\nu$ 增减可以是连续的, 也可以是跳跃式的。这是双频激光器当前出现的普遍情况。虽然, 激光腔长变化可以通过稳频控制电路进行补偿, 但腔反射镜由于机械变形引起的倾斜不好克服, 或在补偿中, 压电陶瓷移动不平行, 都会使 $\delta\nu$ 发生变化, 致使每次锁定后 $\delta\nu$ 值并不相同。

因此, 双频激光器设计要求较高, 例如, 激光器的刚性要好, 腔要选择由膨胀系数小的石英、殷钢等材料构成, 并要使上述的三个轴尽量重合。这都需要在工艺上精心制作。

5. 稳频用的氦氖激光器的噪声问题

关于稳频用的氦氖激光器的噪声的详情, 将在另处讨论。

四、双频单模激光器的波长检定

双频激光干涉仪是利用多普勒测速的原理。被测的距离为 $s = \int_0^t v dt$ 。式中 v 是物体移动的速度, t 是物体移动的时间。根据计算可得

$$s = \int_0^t \left(\Delta f \cdot \frac{\lambda}{2} \right) dt = \frac{\lambda}{2} \int_0^t \Delta f dt = \frac{\lambda}{2} N$$

式中 Δf 为速度是 v 的物体由于多普勒效应引起照射光频率的变化, N 为计算机记录的脉冲。由此可见, 最终还是利用激光光波波长作为一把光学尺子, 对被测的距离进行度量。激光波长的准确度直接影响双频激光干涉仪的测量精度。所以对双频单模激光器的波长值必须进行检定。

双频单模激光器的频率稳定点是利用塞曼分裂左、右旋曲线的交点(见图1)。这个频率参考点的频率(波长)值是相应于不加磁场、没有塞曼分裂时的兰姆下陷顶点的频率(波长)值。所以, 双频单模稳频激光器波长值的检定可以利用拍频方法进行; 即双频单模稳频激光器与单模稳频激光器(以兰姆下陷作为频率参考点)进行拍频。其原理如图8所示。利用拍频方法不仅可以检定双频单模激光器的波长, 而且还可以鉴定双频单模稳频激光器输出频率(波长)的稳定性和复现性。

拍频用的单模稳频激光器是与当前长度基准氦⁸⁶基准波长对比过, 它的波长值为

$$\text{He}^3\text{-Ne}^{79}; \lambda_{\text{真空}} = 6329.9142 \pm 0.6 \times 10^{-4} \text{埃}^{1)}$$

1) 测量结果散发 3σ 。

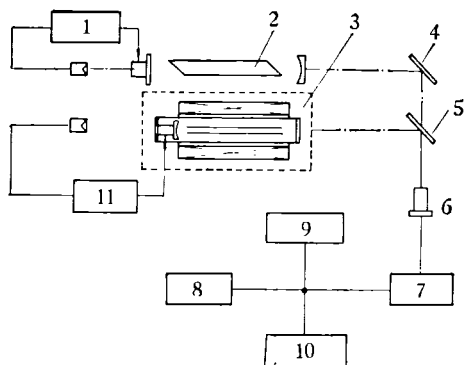


图8 拍频检定方框图

1—单模稳频器；2—单模激光器；3—双频单模稳频激光器；4—全反射镜；5—半反射镜；6—光电倍增管；7—宽带放大器；8—频谱分析仪；9—频率计；10—示波器；11—双频稳频器。

$\text{He}^3 \text{Ne}^{22}$; $\lambda_{\text{真空}} = 6329.9022 \pm 0.6 \times 10^{-4}$ 埃。波长的稳定性为 4×10^{-9} ，复现性为 5×10^{-13} 。利用上述单模稳频激光器对双频单模稳频激光器鉴定结果。双频单模稳频激光器每次锁定频率变化在近百兆赫以内。慢漂移可达几十兆赫以上。所以双频单模稳

频激光器波长的稳定性与复现性在 10^{-7} 量级。

影响双频单模激光器输出频差的因素还很多，像磁场和稳频线路等。例如磁场强度的大小，磁场强度在纵向与横向的不均匀性与不对称性，磁场强度的变化(固定磁场的老化)，外界干扰等；反馈电路中电光调制器的正确使用、选频放大器的频带宽度、相敏桥的零点漂移以及积分放大的时间常数……等，也必须有一个最佳的匹配和选择。这些问题，随着激光技术的发展以及广泛的应用，必将逐步解决，从而也为更好地研制出无导轨、更高精度和更长测量距离的激光仪器创造条件。

参 考 文 献

- [1] Smith, P. W., *IEEE. J. Quant. Elet.*, **QE-2** (1966), 62—68.
- [2] Von Gloge, D. Helmcke, J. u Runge. P., *Frequenz*, **18-11** (1964), 367—374.
- [3] 中国计量科学研究院激光组, «6328 埃氦氖激光器激光波长的绝对测量», «物理», **2-1**(1973), 40—43.
- [4] 中国计量科学研究院量子室激光组, «6328 Å He-Ne 激光的真空波长和重复性», «物理», **5-6** (1976), 334.

高压整流管无芯绕丝*

许 复 兴

(北京电子管厂)

伟大领袖毛主席教导我们：“我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。”¹⁾

在毛主席提出的“独立自主、自力更生”方针光辉指引下，在批林批孔运动的推动下，1974年我们车间维修工人，仅用了四个月的时间，试制成功1Z11型电子管(高压整流管)无芯绕丝机一台，为电子管螺旋形热丝的生产，又提供了一条多、快、好、省的途径。这是广大工人群众对刘少奇、林彪和“四人帮”所推行的“洋奴哲学”、“爬行主义”的有力批判，也是我们贯彻执行毛主席亲自制订的“鞍钢宪法”所取得的又一胜利。

众所周知，电子管螺旋形热丝生产，一向是将钨丝绕在钼杆上，经过退火、剪切等工序，将钼杆用酸浸蚀掉，留下螺旋钨丝。这不仅要白白消耗掉大量的稀有金属钼和大量的酸，而且是比较严重的有害作业。此

次制成的无芯绕丝机，是将钨丝绕在一根钢芯上，并且自动切断，然后用机械动作，使钨丝从钢芯上自动脱下，因此钢芯只起了个模具作用，制成品就是马上可以进行电泳的没有芯丝的螺旋形热丝成品了。为了区别于有芯绕丝的陈旧工艺，我们给这个新工艺起了一个名称，叫做“无芯绕丝”。

那么这台设备是怎么制造出来的呢？

一、生产的迫切需要

由于社会主义革命和建设的发展和人民生活水平的提高，我国电视机产量急剧增加，这是件大好事。但是，伴随而来的是对电视机高压电子管零件的生产提

* 1976年11月收到。

1) 转引自《周恩来总理在第三届全国人民代表大会第一次会议上的政府工作报告》，1964年12月31日《人民日报》。