

激 光 锁 相 环

本文报导了由两个激光器获得的频率相同(约为 5×10^{14} 周/秒)、相位差小于 $1/3$ 度的振荡试验。两个激光器以低频电路耦合与纯光学方法耦合并不一样。这种试验装置完全模拟了射频中所采用的锁相环。这个锁相环在射频中是一个很重要的器件。特别是在同步通讯技术中,尤为重要。在光频范围中,锁相应得到广泛地应用。比如,在零差探测中,一个光学本机振荡器中的信号,必须要求一个锁相环,对其所接受的光的载波进行锁相。本文的意图就是要报一下这方面的初步成果。

可控和非可控的光学振荡器是以单频工作在 6328 \AA 波段的氦氖激光器。用光束分离器将两束激光投射到 RCA-7265 型光电倍增管的靶面上(如图 1 所示)。假如这两个激光振荡器的频率一样,而且它们的相位差为 $90^\circ - \phi$, 那么光电倍增管的输出就包括一个直流项加上正弦角 ϕ 。如果它的相位差 ϕ 很小,那么正弦角 $\phi \approx \varphi$, 同时,误差电压与相位差成比例。这个误差电压通过一个低通滤波器反馈到电压传感器中。一个反射镜,

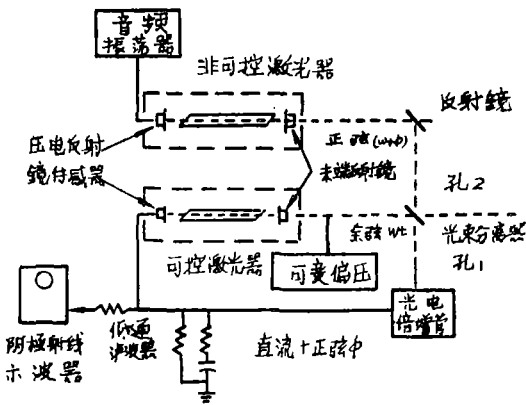


图 1

以固定在传感器上构成可控激光腔的末端。误差电压引起了可控激光器的腔长(即频率)的变化,于是就减小了相位误差。当环路锁定时,可控制的激光器就跟踪着非可控激光器的频率,瞬时相位误差 ϕ 仍然存在其绝对值小于 90° 。

初期所考虑的锁定两个激光器来排除由于受到声学 and 机械干扰而引起的瞬时频率的不稳定性(或者称之为相位不稳定性)。在一个标准实验室的条件下,发现其两个自由振荡激光器的差拍,在以音频速率变化为 ± 10 兆赫。在这次测试中,采用了一种调频(FM)接受机。精确的速率取决于声干扰的频率成份。在有声干扰存在时压电传感器(初级谐振为 98 KC)所产生的环路相移限制了系统稳定所要求的反馈量,不能充分保障相位锁定。接着把激光器安装在一个水泥和碎石构成的振动平台上,而这个平台是放置在以水泥封闭起来的拱形房间里,这样就降低了由于声学而产生的频率不稳定性约为 40 分贝。当这两个自由振荡的激光器放置于拱形圆顶室时,这时所观察到具有 60 周(峰值偏差为 $\pm 300 \text{ KC}$)差拍的不稳定性。在这样的环境下,激光器可保持几小时的相位锁定。由于温度的变化而引起了频率的漂移限制了锁定时间。

目前环路跟踪的频率范围,最低限度也超过 ± 50 兆赫。也就是说,只要非可控制激光器的频率对于可控振荡器的频率变化不大于 ± 50 兆赫,那么,两个激光器之间的相位误差应该保持小于 90° 。两个激光腔的温度补偿无限期地防止了在相位锁定范围内由温度变化所引起的频率漂移。进一步,在反馈的环路中插入高压直流放大器很容易扩大跟踪

范围。瞬时(数分钟)相位偏差,目前的水平是小于 $1/3$ 度的。即使非可控激光束被衰减到50分贝时,在反馈环路中插入直流放大器(图1中未示出)可使同样的参数(性能)保持不变。

当工作在水泥拱形圆顶室内相位锁定的测量后,产生一个这样的可能——拱形圆顶室和防震台不再那么需要了。

环路的参数如下所示:当光电倍增管作为相位探测器用时,其灵敏度就等于100伏/弧度(差拍为半个振幅)。当压电传感器作为频率调制器用时,其灵敏度就为0.6兆赫/伏。RC低通滤波器在40周/秒处有一个真实的极点,并且在50千赫处有一个真实的零位。

可以用不同方法来表示达到相位锁定。因为在锁定的条件下,锁相环就起一个频率鉴别器的作用,而输入到可控制振荡器的误差电压与非可控制的激光器的瞬时频率是成比例的。当非可控制振荡器的频率被音频振荡器所调制时,误差信号即可在示波器上加监视。当出现锁相时,随着误差信号性质的变化,就出现一个突然瞬变现象(在非锁相状态,该信号包括直流加差拍),新信号就恢复频率的调制。当该激光器锁相时,来自分离器第二个孔道的光束,是用来在两个

激光光束之间直接观察干涉图形的(另一方面可以交替地用第二个孔道组成一个比较探测器)。

图2在侧为激光器处于未锁相状态时从分离器第二孔道射来的光束的照片。

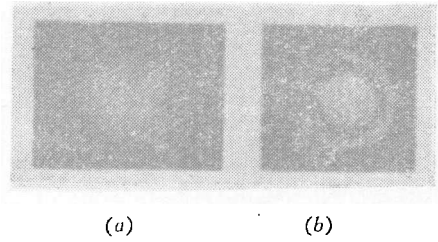


图2 (a) 处于非锁相状态中的激光
(b) 处于锁相状态中的激光

当这两个激光器处于锁相时,那么所透射的光束就要产生一个干涉图像,如图2右侧所示。只要继续处于锁相中(数个小时),那么,这个干涉图像就能保持稳定。这种系列环的获得是由于一束光的通过的距离比另一束光所通过的距离为长,所以这两束光的波前就存在不同的曲率。

译自“Proceeding of the IEEE” Vol. 53.
No.1 1975, p.165~166

(王历译、荆宝全校)

(上接27页)

cm^{-1} 的 g_0 值。如果 $A = \pi W^2$,其中 W 是高斯光束 e^{-1} 的强度半径,即很好匹配 EH_{11} 波导模, $W = 0.46a$,其中 a 是波导半径,我们把 I_s, g_0 和 A 代入等式(1)就可获得大约 460 m W cm^{-1} 的 P/L 值。这个数值是同我们的实验功率测量相一致的。

4. 结 论

我们已设计、制造和使用了连续波

CO_2 波导激光器,它能产生输出功率比(瓦/厘米增益介质)照以前报导的要大两倍,并且同以零腔损失为基础的计算的每单位长度的功率提取相一致。

译自“J. phys. D. Appl. phys” Vol. 10. No. 1.
p. 1-6. 1977

(苏录译、牛振亚校)