

可调谐 CO₂ 双波长激光器研究

Abstract. When a mirror with a small hole is used in the CO₂ double wavelength laser the tunable range is broadened. The temporal and spatial characters of the laser and the relationship between the wavelength tunability and the CO₂ laser parameters are studied.

一、双波长激光的获得

为了获得 CO₂ 激光在两个波长上同时振荡, 必须满足如下关系:

$$P(\lambda_1) \frac{A_1 \sin^2 \frac{\delta_1}{2}}{1 + A_1 \sin^2 \frac{\delta_1}{2}} \exp[(g_1 - r_1)l_0]$$

$$= P(\lambda_2) \frac{A_2 \sin^2 \frac{\delta_2}{2}}{1 + A_2 \sin^2 \frac{\delta_2}{2}} \exp[(g_2 - r_2)l_0] \quad (1)$$

其中, $P(\lambda_j)$ 为起振激光功率, g_j 为增益系数, r_j 为损耗系数, l_0 为增益介质长度, $A_j = \frac{4R_j}{(1-R_j)^2}$, 而 R_j 为腔反射率, $\delta_j = 2\pi \frac{2l_j}{\lambda_j}$, l_j 为波长为 λ_j 的谐振腔腔长, $j=1, 2$.

为了让波长 λ_1, λ_2 同时振荡, 可以用控制 A_i 和 δ_j 来达到, 并且改变 A_i 即 R_j 来控制双波长比改变 δ_j 来得方便、可靠。

我们采用图 1 的双波长可调结构, 全反射镜 M_1 与光栅 G 组成 λ_1 波长的振荡腔; 由反射镜 M_1 、光栅 G 和带孔全反射镜 M_2 组成 λ_2 波长的振荡腔。设入射角 i_1 , 衍射角 i_1, i_2 , 它们满足下面方程:

$$\lambda_1 = 2d \sin i_1$$

$$\lambda_2 = d(\sin i_1 + \sin i_2) \quad (2)$$

其中, d 为光栅常数, 我们采用 100 条线/毫米, 故 $d=10$ 微米。 M_1-G 腔长 l_1 为 2.5 米, M_1-G-M_2 腔

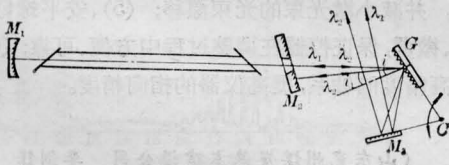


图 1 双波长激光器

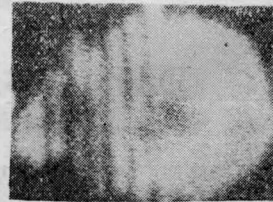
长 l_2 为 3.5 米, 增益长度 $l_0=1.8$ 米。为了使激光输出在调谐时方向不变, 采用全反射镜 M_3 转折光路, 光栅回转中心在光栅 G 表面与反射镜 M_3 表面交点处 C 。由于采用中心孔耦合镜 M_3 , 使双波长的可调范围要比文献 [1, 2] 提供的方法范围大, 双波长可以更靠近, 如同一带内, 每相邻 4~5 个谱线就可出现双波长振荡。

二、CO₂ 双波长激光器特性

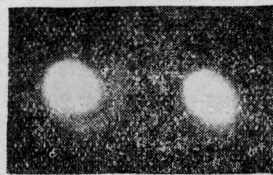
我们研制了一台 CO₂ 双波长激光器, 具体参数如下: 放电管内径 $\phi 15$ 毫米, 长度 1.8 米, 布氏窗用 NaCl 红外材料, 球面全反射镜 $R 10$ 米, 镀金膜, 镜 M_1 到光栅 G 的距离为 2.5 米, 光栅 G 到平面反射镜之距离为 0.7 米。当 CO₂:N₂:He=1:2:8, 总气压 12 托, 放电电流 15 毫安时, 单支线激光输出最大 12 瓦以上, 可选谱线为 70 根 (功率大于 1 瓦)。

1. 双波长辐射的空间特性

CO₂ 双波长近场花样为带有强区的平行干涉直



(a)



(b)

图 2 双波长激光的空间分布
(a) 近场花样; (b) 远场花样
(经光栅色散 $R 10$ 米镜聚焦)

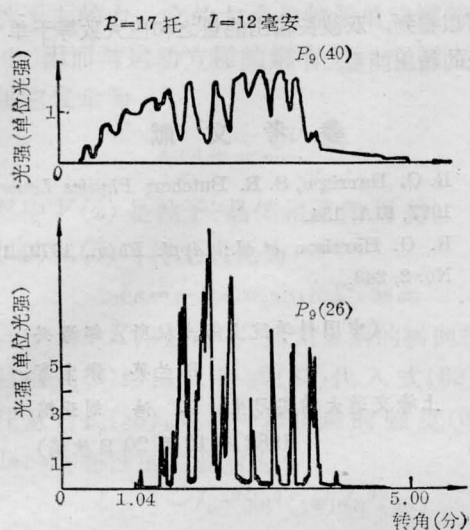
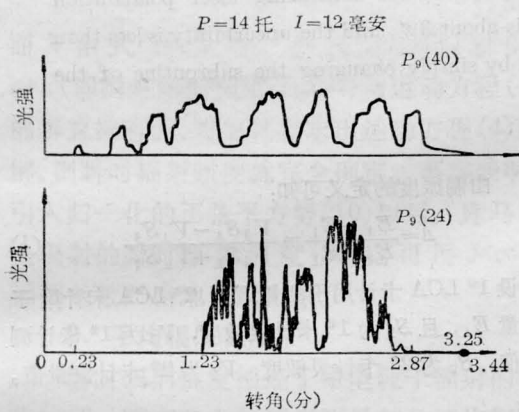
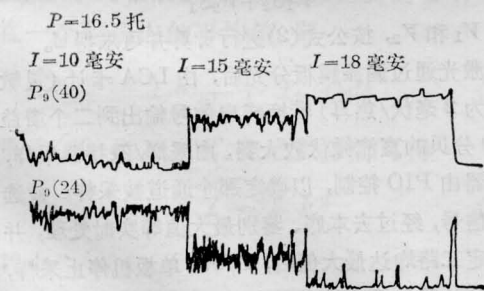


图3 双波长空间调谐特性
(接收器为热敏电阻,记录用X-Y记录仪)



(a) 输出与充气气压关系



(b) 输出与放电电流关系

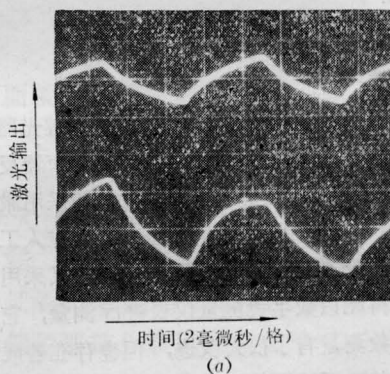
图4 双波长输出与激光器参量的关系

条纹分布(见图2),如 λ_1 为 $R_9(6)$, λ_2 为 $R_9(16)$,当挡去 λ_2 (由腔 M_1-G-M_2 振荡而得)干涉条纹消失。这是由于 λ_2 波从两个不同方向射向光栅 G ,耦合输

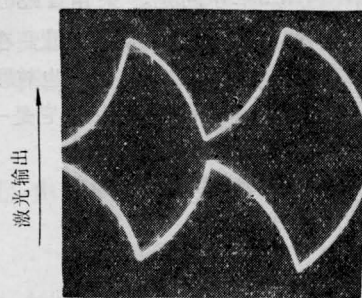
出在不同方向上,如 $R_9(16)$ 在100线/毫米光栅上两束不同方向的光束输出夹角为 0.6° ,直条纹间隔为0.9毫米,这在图2(a)内得到证实。远场分布内 λ_1 、 λ_2 合为一个光斑,用热烧蚀测量不能分辨 λ_2 的两个不同方向的输出。输出光束经光栅色散后,用 R_{10} 米聚光镜焦面上得到的光斑(图2(b),放大两倍)为两个强度几乎相等、分布相似的场分布。

2. 双波长的可调性

在我们器件条件下,最小可分辨波长为 $4\sim 5$ 个谱线(约 $8\sim 10$ 厘米 $^{-1}$),如我们固定 $P_9(34)$,微调反射镜 M_2 ,可以得到 $P_9(28)$, $P_9(30)$ ……,也可同 $00^\circ 1-02^\circ 0$ P 支, $00^\circ 1-10^\circ 0$ P 支, R 支各谱线相配合出 λ_2 ,但相隔最远两支同时输出,受反射镜 M_2 的尺寸限制。在实验中,我们发现转动光栅 G 时,每一波长都呈现纵横竞争变换现象,这种变换严格等于光栅 G 在转动时腔长变化半波长数(见图3)。从图3中也可看出,由 M_1-G 腔得到的 $P_9(40)$ 线调谐角度宽度大约为 M_1-G-M_2 腔得到的 $P_9(26)$ 线的两倍。这是由于光栅 G 在光腔中两次色散之故,因



(a)



(b)

图5 双波长之间能量交换

(a) 斩波器切割 M_1-G-M_2 腔情况
(b) 斩波器同时切割双波长

此,分辨本领为单色色散的两倍。

3. 输出能量与气体气压及放电电流的关系(见图4)

从我们实验条件来看,双波长输出与充气气压的关系不大。而两个波长的激光能量的比例对放电电流很敏感。如电流增大时, $P_9(40)$ 线能量增加,而 $P_9(24)$ 线能量下降。

4. 双波长之间能量交换的观察

对 λ_2 波长的腔内振荡功率进行调制,观察到调制相位刚好相反,即对 λ_2 为增加时,而对 λ_1 则减小。见图5所示,上示波迹线为 $R_9(6)$ 线,下示波迹线为 $R_9(18)$ 线。同时截割双波长时,输出相同。从这里

也可以看到,双波长输出能量之和应大致等于单一波长的输出能量。

参 考 文 献

- [1] R. G. Harrison, S. R. Butcher; *Physics Letters*, 1977, **61A**, 154.
- [2] R. G. Harrison *et al.*; *Appl. Phys.*, 1979, **19**, No. 2, 243.

(中国科学院上海光机所 邹海兴

陈兰英 张宝富

上海交通大学实习生 汪浩 刘亚钢

1982年12月20日收稿)

带有 TP801 微型计算机的激光偏振度测量装置

Abstract. An apparatus using TP801 microcomputer for measuring laser polarization degree is described. The relative measurement error is about 3%, and the uncertainty is less than $\pm 10\%$. Any other laser parameters can be measured by simply changing the subroutine of the system.

一、引言

在激光参量测试工作中,最常见的是激光器输出的能量、平均功率、激光放大器增益、分束器反射率及透射率等。以往是借助于量热法,即采用激光卡计(能量计、功率计)配以检流计读数,通过人工计算来测定。随着数字化技术的不断发展,又采用了前置放大器再配以数字式测量仪表进行测量,它虽较检流计读数测量有了很大改进,但也存在着成本高,通用性差,调试困难等问题。采用 TP801 单板微型计算机控制的激光偏振度测量装置,在软件设计上不仅考虑了偏振度的测量,同时也兼顾了能量、增益、反射率及透射率的测量,因此它是一种多功能测量装置。

二、激光偏振度测量装置框图及原理

1. 测量装置框图(见图1)

2. 工作原理

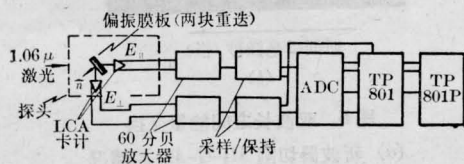


图1 激光偏振度测量装置框图

由偏振度的定义可知:

$$\Delta = \frac{E_{\parallel} - E_{\perp}}{E_{\parallel} + E_{\perp}} = \frac{V_{\parallel}S_{\perp} - V_{\perp}S_{\parallel}}{V_{\parallel}S_{\perp} + V_{\perp}S_{\parallel}} \quad (1)$$

若设 1# LCA 卡计用于测量 E_{\parallel} , 2# LCA 卡计用于测量 E_{\perp} , 且 S_1 为 1# 卡计灵敏度, V_1 为 1# 卡计测量值, S_2 为 2# 卡计灵敏度, V_2 为 2# 卡计测量值。则:

$$\Delta = \frac{V_1S_2 - V_2S_1}{V_1S_2 + V_2S_1} \quad (2)$$

测量 V_1 和 V_2 , 按公式(2)进行计算并可求得 Δ 。

激光通过偏振膜板分光后,由 LCA 卡计(灵敏度约为 2 毫伏/焦耳)转换成电信号输出到二个增益为 60 分贝的直流微伏放大器,由采样/保持器采样,采样器由 PIO 控制,以确定那个通道被采样。被选中的信号,经过去本底、鉴别最大值等实时处理,并在确定二路均达最大值后,TP801 单板机停止采样,进入到计算偏振度的子程序,运算结果由 TP801-P 点阵式微型打印机以十进制形式打印输出。

装置的接收头采用二只 LCA 型高灵敏度激光卡计,其回零时间约为 6 分钟,冷却时间常数为 70 秒钟,输出绝对灵敏度分别为: 1090 微伏/焦耳 (LCA_1), 1130 微伏/焦耳 (LCA_2)。前置放大器采