

TEA CO₂ 激光器的多线运转及 线间起伏的实验研究

牛 振 亚

(中国科学院长春光机所)

M. Piche P. A. Belanger

(加拿大拉瓦尔大学激光和光学研究室)

摘要:用一种特殊配置的光路,实现了在CO₂分子跃迁的三个不同带上的三个支线的同时振荡。而且在各条带上的支线可以任意组合。通过对10P(12)—10P(24), 10R(12)—10R(24)和9P(12)—(24)的若干组线间强度起伏测量表明,任意组合的三个支线的强度起伏均小于30%。

一、引 言

多线TEA CO₂激光器,在激光化学、激光同位素分离和激光大气污染探测中,存在着一些潜在的应用。为了得到多线的CO₂激光,当然可以把几台同步运转的选支激光器并联起来。可是这这做,不但造价很高,而且调整和使用起来十分不便。能不能用一台激光器达到这一目的呢?从七十年代起就有一些作者报导了他们的尝试结果^[1-6]。这些报导包括用高增益振荡器,法卜里—白洛标准具,饱和吸收和光栅。实现了两条或两条以上的支线同时振荡。然而,无论那种方式,都不能给出不同带上的任意支线的组合,这就大大地限制了它们的应用。

我们从多线振荡的基本原则出发,通过对各种参量的分析,找出一种适当的光路,这种光路使得几个支线的同时振荡变得实际和可靠。

二、多谱线同时振荡条件和线间强度起伏的简单分析

众所周知,在一个激光腔中,对于固定的腔长和已知介质,满足两条或两条以上谱线同时振荡的基本表达式为:

$$E(0, \lambda_i) \exp(g_i - \nu_i) l t_i / t_{L_i} \\ = E(0, \lambda_i) \exp(g_i - \nu_i) l t_i / t_{L_i}$$

这里 $E(0, \lambda_i)$ 是光的初始能量,它由自发辐射在振荡方向上的光子数决定。 g_i 和 ν_i 是不同波长的光在腔中的增益和损耗系数。 l 是放大介质的长度。 t_{L_i} 是光束在腔中往返一次所需的时间。 t_i 是光的线性相位保持时间。 λ_i 代表振荡光的波长。

很明显,如果对不同波长的光,取相等的往返一次时间(即两倍于传播过腔的时间),而 $E(0, \lambda_i)$ 和 g_i 取决于介质的物理特性,分别为固定值。那么,若使等式两端相等,唯一可调

的参数是损耗系数 ν_i 。该参数是有可能在实验过程中，人为地加以控制的。

需要指出的是，在实际上，由于 CO_2 分子转动跃迁，形成粒子数反转的波动，腔长的缓慢变化所引起的失谐，都会使参量 $E(0, \lambda_i)$ 和 g_i 在每一次脉冲振荡形成过程中，不严格重复，这种不重复就使得输出的线和线间存在着强度起伏，对这种程度起伏的理论估算可能会是相当复杂的，实验则是一种简单的方式。

三、实验的光路配置

图1是实验的光路配置。主体部分是一台自制的仿 *TACHISTO* 紫外预电离的 *TEA* CO_2 激光器，放电长度为 600mm，激活区截面为 20mm × 20mm。实验中所用的流动气体组分 10%、10%、80%，总压强为一个大气压。放电盒的两端用 ZnSe 布儒斯特角窗密封。为了调整的方便，我们在腔内加进了一只低压 CO_2 放电管，并且使用了一片反射率为 80% 的输出镜，这样，在 *TEA* 激光器击发之前，可以用连续 CO_2 激光，从容地准直每一面镜子。输出镜的曲率半径是 20m。

在激光器另一端安放一块 150线/mm 的金属基底复制光栅 G_1 ，根据事先计算，按一定角度放置光栅(利用光栅衍射公式 $\lambda_i = d(\sin i + \sin i')$)使得它对 10P、10R、9P 的一级衍射分别

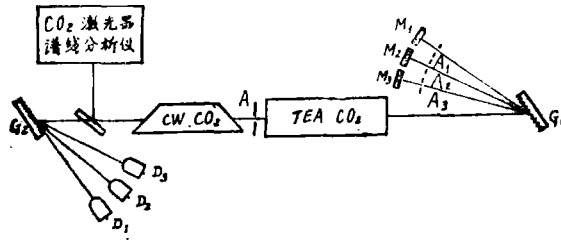


图1 实验装置示意图

落在激光同一侧的相距不太远的三个区域内。实验证明，这个位置是不难找到的。我们把三只平面全反射镜分别安放在相应的位置上，用连续波 CO_2 激光来检查各个位置是否正确，并且用氦氖激光束来准直反射镜，然后在每一面反射镜和光栅之间分别插入一只光栏来控制各支线振荡过程中的损耗，以达到净增益相等。

让输出光的一部分进入 CO_2 激光谱线分析仪，监视振荡线的波长。另一部分入射到光栅 G_2 上，通过 G_2 把各条谱线分开，分别射入三个热电能量计中，以便获得线和线间强度起伏的准确数据。在腔的公共部分加入一个光栏 A_1 ，以保证单横模和保护光栅不被强激光破坏。

四、实验结果

轻轻地调整反射镜 M_1 、 M_2 、 M_3 就可以改变支线的组合。为了使这种组合更加稳定可靠，我们还必需对每一种组合，都利用连续振荡的 CO_2 激光重新调整光栏的中心位置和大小。只有这样才能很好地保持各支线的净增益相等。必需注意到，伴随着调整反射镜而产生的波长变化，腔内激光在全反射镜上的光斑 W_{Δ} 也在反射镜面上游动。当光点部分地移出反

射镜边缘时，振荡即停止。因此在三面反射镜位置保持不动的情况下，转动每只反射镜所能获得的振荡线数被限制在7—8条（在我们的具体实验条件下，光栅150线/mm腔长2.5m’反射镜到光栅距离0.5m，反射镜直径45mm）。若想改变线的工作范围，可稍稍调整光栅 G_1 ，这时线的工作区域可以朝着长波或短波方向移动，实验结果如下：

1. 在整个装置仔细地调整完毕后*，用 CO_2 谱线分析仪监测，每次击发TEA CO_2 激光器，都完全重复一组特定的线，没有发现那一条线有停振的情况。

2. 对任意三条线的组合（包括相同上转动能级或相同下转动能级），所测得的随机强度起伏均小于30%（见图）。

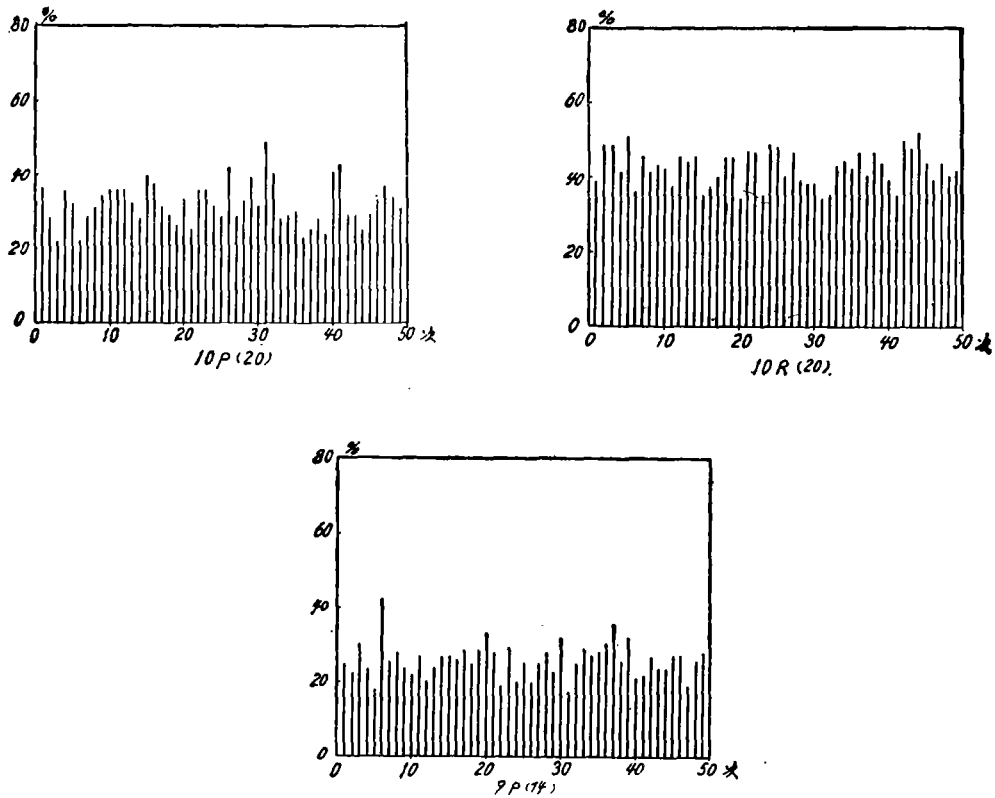


图2 10P(20), 10R(20), 9P(14) 组合的相对强度起伏横坐标代表击发次数，纵坐标代表每条线强度所占百分比（假定三条线强度总和为100%）

3. 带有低压管的振荡，输出强度起伏大于不带低压管的，这可能是因为有了低压管时，由于低增益线宽的低压管的作用，仅使TEA CO_2 激光器工作在单纵模或双纵模上，这时腔长或放电均匀性的变化成为振荡的敏感因素。

五、结 论

根据上述实验结果，我们可以断言，做为小能量的多线 TEA 激光振荡器的可靠运转是

* 作者注：该实验需要较高的实验技巧和极大地耐心。

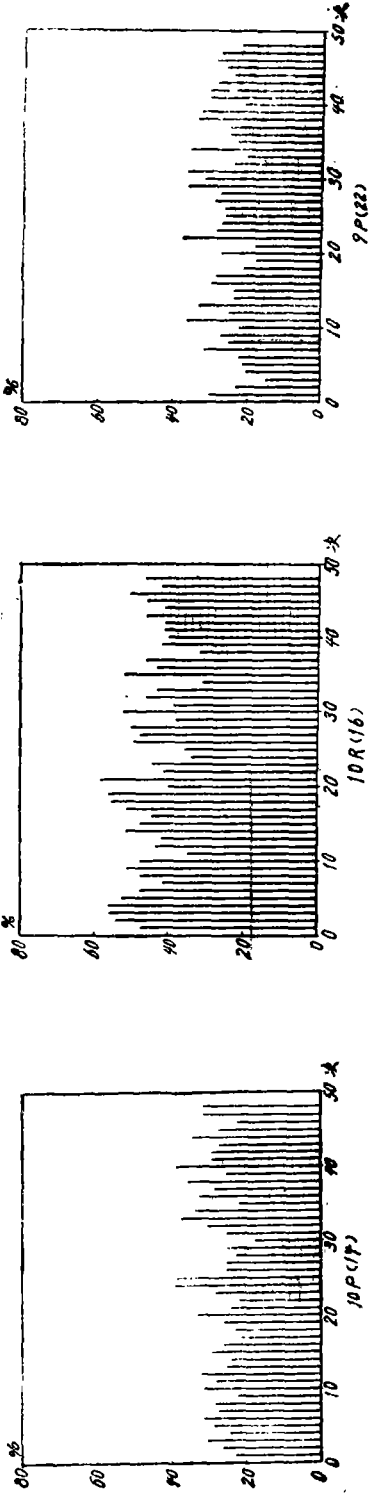


图3 10P(14), 10R(16), 9P(22) 组合的相对强度起伏

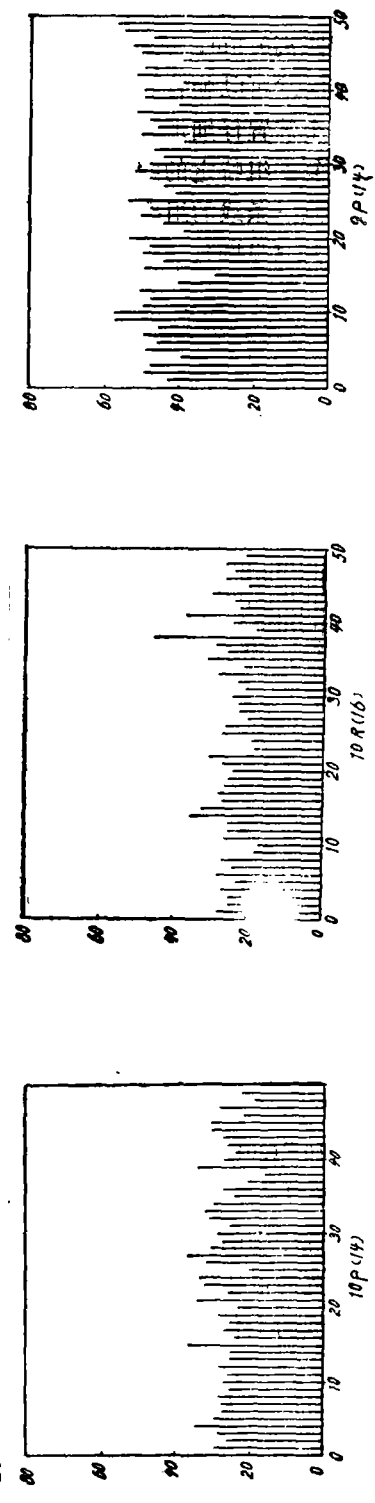


图4 10P(14), 10R(16), 9P(14) 组合的相对强度起伏

十分现实的, 作者认为经过放大后不应该改变这种可靠性。另外, 小于30%的相对强度起伏, 对许多应用来说也许可以接受。如果想得到锁模脉冲序列, 加入声光调制器应该是可以的。

作者衷心地感谢技术员 *Jacques Gregoir* 先生在创造实验条件方面所给予的宝贵支援。

参 考 文 献

- [1] Martin Pilch, Multi-line pulsed CO₂ oscillator, Opt. Comm., 1973, 7(4), 397.
- [2] M. C. Richardson, Production of single subnanosecond multi-line 10.6 μ m laser pulses by fast optical gating, Opt. Comm., 1974, 10(4), 302.
- [3] H. Baumhacker, R. S. Lang, An actively mode-locked TEA CO₂ laser with high-power multiband output, Physics Letters 1974, 47A(6), 429.
- [4] T. Sakane, An actively mode-locked TEA CO₂ laser with multiline output, Opt. Comm., 1974, 12(1), 21.
- [5] G. T. Schappert and J. F. Figueira, Multiband CO₂ oscillator, Opt. Comm., 1975, 13(2), 104.
- [6] Max Keller et al., Simultaneous double band oscillation in a Helical-Pin CO₂-laser, Japan. J. Appl. Phys., 1975, 14(3), 423.

Multiline Operation and Fluctuation of A TEA CO₂ Laser

Niu Zhenya M. Piche P. A. Belanger

Abstract

Selective multiline operation on different bands in a TEA CO₂ laser has been demonstrated with special configuration. The arbitrary combination among the lines on three bands has been obtained. Synchronously investigated fluctuation among the lines is less than 30% for 10(12)—(24), 10R(12)—(24) and 9P(12)—(24).