

混合型 TEA CO₂ 激光器

李果华

(石家庄铁道学院)

提要: 本文给出了一种获得单纵模脉冲激光的装置, 该激光器由TEA CO₂ 和CWCO₂激光器组成, 采用内注入, 结构简单易注入成功。本实验得到了预期的结果, 并提出了进一步改进的方法。

Hybrid TEA CO₂ laser

Li Guohua

(Shijiazhuang Railway Institute)

Abstract: This paper gives a device to obtain a single longitudinal mode pulsed laser beam. The hybrid TEA CO₂ laser is a kind of laser that put a SLM CW CO₂ laser and a TEA CO₂ laser into one resonator. The injection is internal so that the structure is simple and the operation is easy to be done. The expected results have been got and some improvement methods have also been put forward.

一、引言

自从TEA CO₂激光器问世以来, 由于它具有工作气压高, 工作电压低, 激活体 积大, 输出功率大和效率高等优点, 得到了广泛应用。也正是由于其工作气压高, 增益高且增益宽度宽, 因而它的输出即使加上选频元件也较难获得线宽较宽的单纵模。这在许多应用中都是不能满足要求的, 如光泵远红外, 要求泵源能高效地、准确地将工作物质从基态泵到某一需要的激发态上去。这时的TEA CO₂激光器必须是单横模、单纵模和窄线宽的。最近几年来, 人们采用这种器件泵浦Para-氢, 成功地获得了1J的16μm的受激Raman输出^[1], 腔内效率超过50%, 成为激光分离铀同位素的最有前途的器件。除此以外, 在高分辨率光谱, 红外双共振, 非线性光学以及相干探测等方面, 单纵模 (SLM) TEA CO₂激光器也有广泛应用。

获得单纵模窄线宽激光脉冲输出的方法很多, 但大致可分为外注入式和内注入式两类。外注入是将一台CW SLM CO₂激光器的激光输出从外部注入到TEA CO₂激光器中去。^[2]由于这里是两台激光器, 用的不是同一个谐振腔, 两个激光输出的模式是各自瞬息变化的, 因而存在模式匹配的问题, 较难得到好的单纵模输出。内注入是将CW和TEA两个部分装入一

一个谐振腔内，在同一个腔内形成激光振荡，这就构成了所谓CW TEA混合型CO₂激光系统。现在任一时刻的激光场在两个放电管中都是同一模式的，内注入的混合腔容易注入成功且结构比较简单。本实验所采用的是混合腔。

二、注入机理简述

一般TEA CO₂激光器的增益宽度在几个吉赫上下，如一个典型的TEA CO₂激光器的激光跃迁线宽为4GHz/atm^[3]，而纵模间隔仅为几十兆赫。因此，在TEA CO₂激光增益线宽内可容纳相当数目的纵模，并且这些纵模之间增益系数的差异不大于5%^[3]。因而对于所有这些频率（纵模），TEA激光场几乎是同时建立起来，形成多模振荡。这样，TEA CO₂激光器的激光输出脉冲由于受到不同腔模的扰动而被调制，亦即自发锁模，形成拍频。同时，由于TEA CO₂激光器的激活体积很大，故其横模一般也不是单一的。

一般气压不太高的气体激光器的展宽可以说主要是Doppler展宽：

$$\Delta\nu_D = 7.16 \times 10^{-7} \left(\frac{T}{M} \right)^{1/2} \nu_0$$

对CW CO₂激光器，将 $M = 44$ ， $T = 440\text{K}$ ， $\nu_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{10.6 \times 10^{-6}}$ 代入，有 $\Delta\nu_D \approx 61\text{MHz}$ 。在本实验中，混合腔的总长度为2.4m，因而纵模间隔 $\Delta\nu_L = \frac{c}{2L} \approx 62.5\text{MHz}$ 。显然，CW CO₂激光器的激光振荡是单纵模的，另一方面，由于CW CO₂激光器的放电孔径很小，则菲涅耳数 $(N = \frac{a^2}{\lambda L})$ 很小，高阶次横模的损耗很大，难以形成振荡。因而其横模也是单一的，并处于基模(TEM₀₀)。

这样的—个具有很窄的增益线宽的CW CO₂激光器的引入，为CW TEA混合式谐振腔中放大介质的增益特性曲线提供了一个附加的尖峰，使得只有那些频率处于CW振荡腔的窄频带宽度内的腔模能够获得比其他频率的腔模大得多的增益而迅速建立起振荡（见图1）。实际上，这是一种强迫振荡。由于模式竞争，其他模达不到阈值而不能形成振荡。因而最终可以得到一个以CW CO₂激光器的很窄的线宽为上限线宽的单纵模TEA CO₂激光脉冲输出。

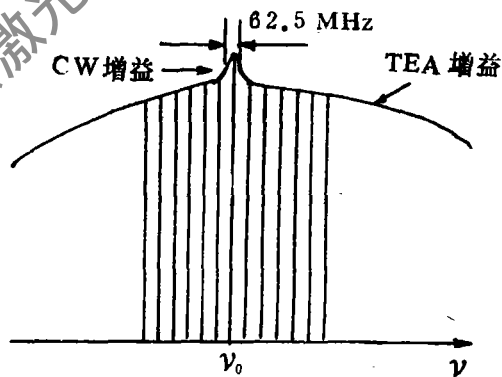


图1 TEA CO₂激光器的作为频率函数的增益截面，各谐振频率的增益系数之差并不大于5%

三、实验装置

由CW CO₂和TEA CO₂激光器组成的混合型激光器的结构如图2所示。M为一镀金全反射凹面镜，曲率半径5m。所有布儒斯特窗口均为KCl晶体。为了防止有激光输出时窗口由于受热不均而破裂，使用前都作了退火处理。腔的另一端G为一个120线/mm的金属原刻光栅，闪耀波长为10.6μm，一级衍射效率约为80%。以零级为输出级，以一级衍射反馈能量维持振荡。

该混合型CO₂激光器谐振腔总长2.4m, TEA部分采用双放电预电离结构。放电长度90cm,宽3cm,高2.2cm,放电总体积约为600cm³。工作气体配比为CO₂:N₂:He≈1:1:3,总气压400mmHg,工作电压30kV,由一个两级Marx激励线路供给,如图3所示。其中C₁、C₂、C₃为自制平板电容器。对10.6μm带的P支最强线而言,每个脉冲输出能量约18mJ。因未扩束,光斑直径约为3mm。

图3中C₁、C₂为储能脉冲电容,R₁、R₂为充电电阻,L、C₃构成延迟成形网络,使主放电比预电离过程延迟约0.18μs,R₃为阻尼电阻,C_p为一容量很小的预电离电容,SG₁、SG₂为火花隙。当SG₁被由触发器产生的脉冲触发后,两级Marx发生器所提供的30kV高压将SG₂击穿。这时,因C_p容量很小,故首先在阴极和触发电极之间建立起一个很强的电场,使得触发电极和阴极之间形成电晕放电而实现预电离。主放电经L、C₃延迟后(L、C₃可调),由于合适的预电离便使得在阳极和阴极之间形成一个很好的、均匀的辉光放电。

CW部分放电管长80cm,内径约0.7cm,工作气压10mmHg,气体配比CO₂:N₂:He≈1:1:2,工作电压16kV,用稳流源

将放电电流控制在10mA,对10.6μm带的P支最强线而言,其输出功率约0.5W。CW部分和TEA部分的同轴是利用一架He-Ne激光器来调整的。

在CW和TEA两部分都各自能产生激光振荡后,便可同时运转进行注入。激光波形的测量采用光子牵引探测器,它为一直径3mm、长40mm的Ge棒,用300MHz的SS-6300示波照像记录。为降低干扰,光子牵引探测器和示波器都是放在屏蔽笼内的。

四、实验结果

图4展示了用Polaroid相机拍摄的有注入和无注入两种情况下的激光脉冲波形的照片。这里示波器的灵敏度为0.1V/cm,速度为0.2μs。4a图为无注入时的TEA CO₂激光脉冲波形。可以明显看出由于自发锁模而造成的拍频现象,即波形是由断续的亮点组成的。4b图为有注入情况下的TEA CO₂激光脉冲波形。与无注入时的波形比较,不连续的亮点基本消除,获

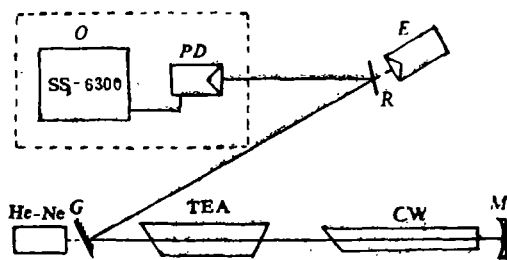


图2 混合腔注入式TEA CO₂激光器实验装置

M—四面反射镜 G—光栅 R—反射镜 E—能量计 PD—光子率引探测器 O—示波器

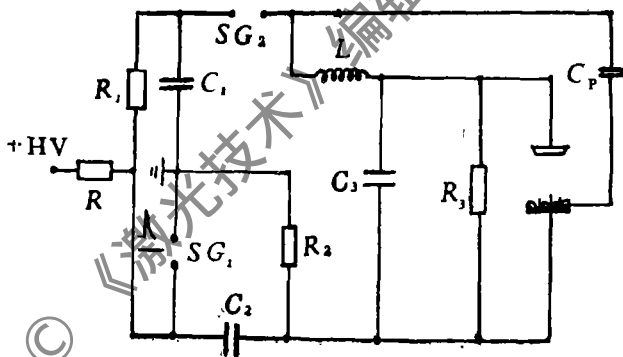


图3 TEA CO₂激光器激励线路

$C_1 = 0.07\mu\text{F}$ $C_2 = 0.08\mu\text{F}$ $C_3 = 0.01\mu\text{F}$
 $R_3 = 50\text{k}\Omega$ $C_p = 2200\text{pF}$

得了较光滑的波形。拍照时有加电感和不加电感 L 的两种情形。加电感的激光脉冲比不加的大约延迟了 $0.18\mu\text{s}$ 。图4中都是加了电感 L 的情形。

调节光栅，在注入条件下用能量计可以观察到 $10.6\mu\text{m}$ 和 $9.6\mu\text{m}$ 带的四个支共34条线： $10.6\mu\text{m}$ 带P支14条，R支7条； $9.6\mu\text{m}$ 带P支8条，R支5条。

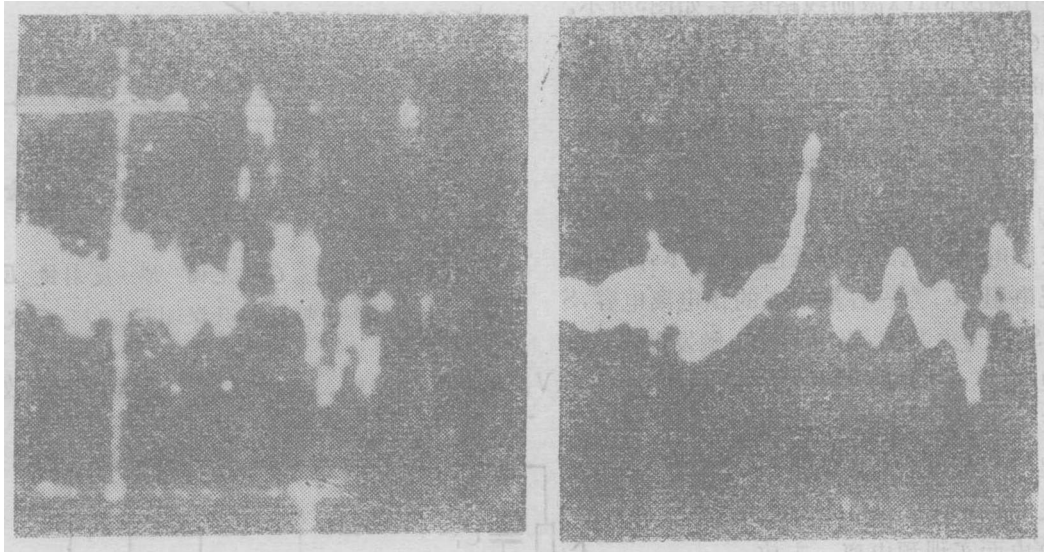


图4a 无注入

图4b 有注入

五、讨 论

本实验的结果业已证明，将CW CO_2 激光器和TEA CO_2 激光器结合于一个光学谐振腔内，可以抑制TEA CO_2 激光器产生自发锁模的自然趋势。然而，本实验的结果（图4）还不十分理想。原因之一是外界干扰比较大，示波器接收到的干扰信号与激光脉冲信号迭加在一起，虽然有 $0.18\mu\text{s}$ 的延迟，还是很难分开。而另一方面，又是利用干扰触发，故灵敏度难以提高。这可以通过改善屏蔽及设法提高激光脉冲信号强度和光子牵引探测器的灵敏度来解决。由于这里CW部分的放电管口径很小，因此TEA部分被注入的激活体积很小，激活体积的利用率低。因此可考虑将CW的输出扩束，以提高TEA部分激活体积的利用率，进而提高激光脉冲输出的强度。如再加一级放大，可望达到单个脉冲几个焦耳的输出。这样最终便可作为光泵泵源而成为一个实用的器件。

最后，作者感谢中国科学院物理研究所张泽渤、朱文森和赵玉英等同志的指导和帮助。

参 考 文 献

- [1] H.Jetter et al., PLF Jahresbericht, 1980, P. 139.
- [2] W. E. Schmid et al., PLF13, Dec., 1978.
- [3] Opt. Commun., 1973, Vol. 8, No.1, P. 68.

作者简介：李果华，男，1955年9月出生。讲师。从事物理教学工作。

收稿日期：1989年1月3日。