

文章编号: 0253-2239(2001)04-447-03

双通道电光调 Q 射频激励波导 CO₂ 激光器研究

王 骥 田兆硕 王雨三

(哈尔滨工业大学可调谐激光技术国家级重点实验室, 哈尔滨 150001)

摘要: 报道了双通道可调谐电光调 Q 射频激励波导 CO₂ 激光器, 其中一通道是光栅选支电光调 Q 的脉冲激光输出, 调 Q 脉冲重复频率 1 Hz~ 10 kHz 可调, 脉冲峰值功率为 150 W, 脉冲宽度为 180 ns。另一通道是光栅选支连续激光输出, 可用压电陶瓷调节激光频率。同时分析了激光外差频率调谐范围, 实验上获得最大脉冲激光外差频率调谐范围为 150 MHz。

关键词: 双通道; 电光调 Q; 射频波导 CO₂ 激光器; 脉冲外差

中图分类号: TN248.2⁺2 文献标识码: A

1 引 言

脉冲激光外差技术已广泛应用在激光雷达、高分辨分子光谱学、计量测试、气体成分分析等众多领域^[1~5]。目前, 一般采用两台独立的激光器来获得脉冲激光外差信号, 从而需要较为复杂的稳频装置, 使激光器体积较大, 造价高。Abramki 和 Colley 等人^[6~8]报道了采用射频激励波导 CO₂ 激光器列阵获得外差信号的方法, 但是由于采用平-平谐振腔, 不易确定激光器工作在那一支谱线上, 另外双通道输出激光同向且间距较近, 不易在腔内或腔外加调制晶体等光学元件。

本文报道的双通道可调谐电光调 Q 射频激励共电极波导 CO₂ 激光器, 两通道输出激光方向相反, 两通道输出激光合束后, 获得了较稳定的脉冲激光外差信号。同时本激光器结构紧凑、体积小, 具有应用前景。

2 激光器设计

激光器结构如图 1 所示。电极采用上下铝合金电极压紧三片陶瓷片, 形成共电极双通道波导结构, 每通道电极长度为 400 mm, 波导截面 2.25 mm × 2.25 mm, 两波导通道间距 14 mm。双通道波导电极放置在水冷不锈钢真空容器内。为使射频电压沿电极纵向分布均匀, 电极两侧分别对称并联 5 个等值等间距的电感, 电感对称排列可以保证每通道工作气体放电状态相同, 并且易于双通道同时放

电^[9]。在距每个通道波导口 10 mm 处, 相对放置两块光栅, 光栅常数为 150 l/mm, 一级反射率为 95%, 在每通道波导口另一端放置透过率为 99.5% 的 ZnSe 平面输出窗。采用第三类波导谐振腔时, 可选择焦距为 $f = \pi w_0^2 / \lambda = 185$ mm 的透镜, 放置在距波导口 f 处(其中 $w_0 = 0.7032a$, a 为方波导半宽度), 在接近透镜处放置平面输出窗, 此时光束穿越波导口与自由空间的耦合损耗最小。

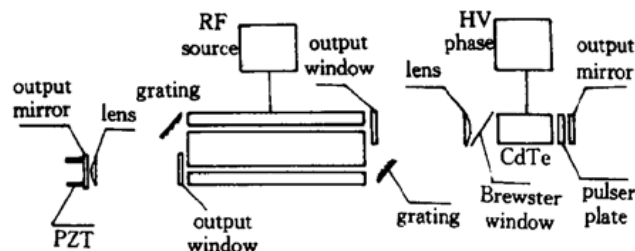


Fig. 1 Structure of the laser

实验中, 利用焦距为 190 mm 的两面镀增透膜 ZnSe 透镜放置在距波导口 185 mm 处, 其中一通道在接近透镜处放置反射率为 90% 的平面 ZnSe 输出窗。另一通道的透镜与输出窗之间放置调 Q 装置, 透镜与输出窗间距 190 mm。调 Q 装置由 ZnSe 布儒斯特窗、CdTe 晶体、CdS 四分之一波片组成。其中布儒斯特窗镀有偏振介质膜, p 偏振透过率为 97%, 反射率为 1%, s 偏振反射率为 99%。所用调 Q 晶体为美国 II-VI 公司的两块 5 mm × 5 mm × 25 mm 的 CdTe 晶体, 切割方向是: 5 mm × 5 mm 端面为 (110) 面, 上下电极面为 (110) 面, 两侧面为 (001) 面。晶体两端面镀增透膜, 透过率为 98.9%, 晶体总长为 50 mm。布儒斯特窗与 λ/4 波片可 360° 旋转。

3 实验结果及讨论

实验装置如图 2 所示。激光器充入混合气体比例 $P_{\text{CO}_2}:P_{\text{N}_2}:P_{\text{He}}=1:1:3$, 充气气压为 8 kPa, 射频电源频率为 120 MHz, 输出功率 0~300 W 可调。调节光栅角度可以在连续通道上选支输出 $P(16)\sim P(32)$ 支激光。在射频注入功率 280 W 时, 连续通道输出 $P(20)$ 支激光功率 4 W。

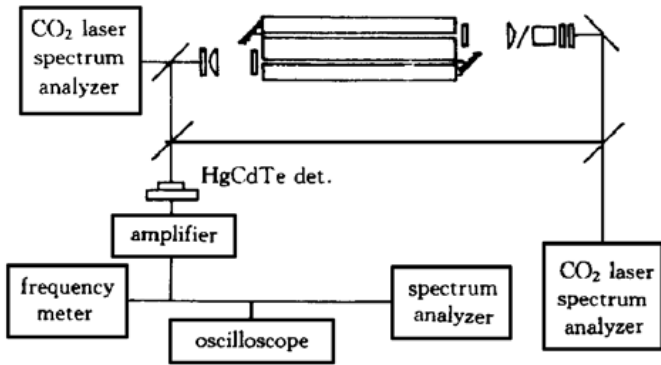


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental arrangement

脉冲通道在调 Q 运转状态下, 脉冲重复频率 1 Hz~10 kHz 可调, 晶体所加 $\lambda/4$ 电压为 2.65 kV。在脉冲重复频率 10 kHz 时, 激光脉冲输出经衰减后, 由带宽为 300 MHz 的液氮冷却光伏 HgCdTe 探测器测量脉冲波形。用带宽 1 GHz 的美国 TDS684A 数字存储示波器显示光脉冲波形, 结果如图 3 所示, 下面一组振荡波形为方波电压脉冲波形, 对应上面的波形为调 Q 激光脉冲波形。激光脉冲宽度为 180 ns, 调 Q 光脉冲建立时间为 750 ns, 加在晶体上 $\lambda/4$ 电压脉冲宽度 3 μ s, 采用 Coherent 公司 model201 功率计测得平均功率为 0.3 W, 可得出光脉冲峰值功率为 150 W。

两束 $P(20)$ 支激光合束后, 在示波器上观察到的脉冲激光外差波形如图 4 所示, 激光外差频率为 60 MHz。

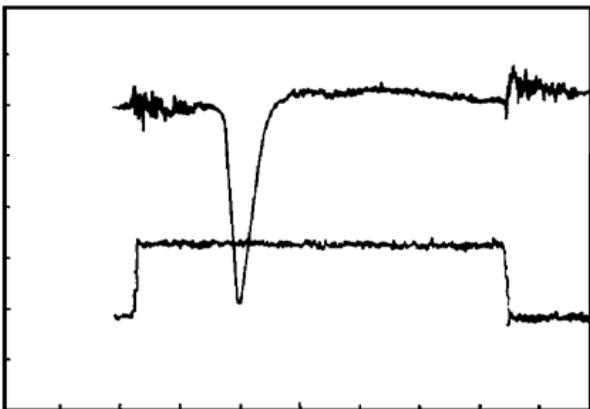


Fig. 3 Laser pulse waveform at a pulse repetition rate of 10 kHz (500 ns/div.) and the waveform of the voltage pulse

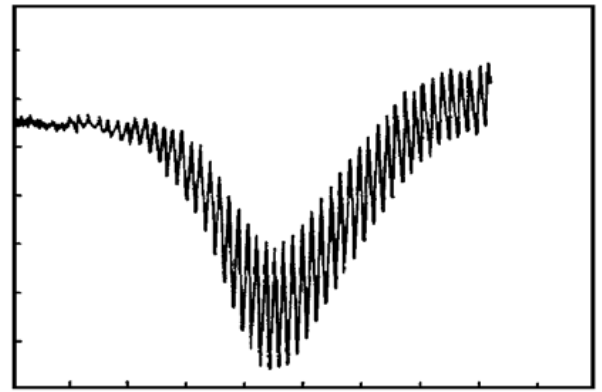


Fig. 4 Offset signal of the pulsed laser and the CW laser (10 kHz, 100 ns/div.)

调节压电陶瓷上的电压, 可在频谱分析仪上观察到脉冲外差频率变化。考虑到谱线加宽对频率调谐范围的限制, 可以计算出: 对于连续通道频率调谐范围为 500 MHz, 对于脉冲通道频率调谐范围为 200 MHz。考虑到自由光谱范围对频率调谐范围的限制, 可计算出: 对于连续通道频率调谐范围为 250 MHz, 对于脉冲通道频率调谐范围为 170 MHz, 因此激光器两通道频率调谐范围都受自由光谱范围的限制。由于脉冲通道未加调节腔长装置, 所以其输出激光频率可认为不变, 因此两通道外差频率调谐范围最小为 125 MHz, 最大为 250 MHz。实验测得脉冲外差频率调谐范围最大为 150 MHz。

参 考 文 献

- [1] Ahlberg H, Lanqvist S *et al.*. Imaging Q -switched CO_2 laser radar with heterodyne detection: Design and evaluation. *Appl. Opt.*, 1986, **25**(17): 2891~2892
- [2] Piltingsrud H V. CO_2 laser for lidar applications, producing two narrowly spaced independently wavelength-selectable Q -switched output pulses. *Appl. Opt.*, 1991, **30**(27): 3952~3963
- [3] Pearson G N, Rye B J. Frequency fidelity of a compact CO_2 Doppler lidar transmitter. *Appl. Opt.*, 1992, **31**(30): 6475~6484
- [4] 文东旭, 郭静如. 红外激光外差气体分析仪信号分析. *光学学报*, 1983, **3**(2): 138~145
- [5] Marcus S, Carter G M. Electrooptically Q -switched CO_2 waveguide laser. *Appl. Opt.*, 1979, **18**(16): 2824~2826
- [6] Abramski K M, Colley A D, Baker H J *et al.*. Stable frequency offset of parallel rf-excited CO_2 waveguide lasers. CLEO '88, Anaheim, CA, paper ThM61
- [7] Abramski K M, Colley A D, Baker H J *et al.*. Offset frequency stabilization of RF excited waveguide CO_2 laser arrays. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1990 QE-**26**(4): 711~717
- [8] Colley A D, Abramski K M, Baker H J *et al.*. Discharge-induced frequency modulation of RF excited waveguide

lasers. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1991, **QE-27**(7): 711
~ 717

[9] 田兆硕, 王雨三, 刘逢梅等. 射频波导激光器电极参数的
测量. 中国激光, 1999, **A26**, (2): 135~ 140

Study of Electrooptically Q -Switched RF Excited CO_2 Waveguide Laser with Two Channels

Wang Qi Tian Zhaoshuo Wang Yusan

(*National Key Laboratory of Tunable Laser Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001*)

(Received 22 December 1999; revised 24 January 2000)

Abstract: An electrooptically Q -switched RF excited waveguide CO_2 laser with two channels is demonstrated. The Q -switched pulse laser has been obtained from one of the channels with a grating. The peak power is 150 W and the pulse width is 180 ns. CW laser output has been obtained from the other channel, which can be tuned by a PZT. In addition, the tuning range of the laser heterodyne frequency is analyzed in theory and the largest tuning range is 150 MHz in experiment.

Key words: two channels; electrooptically Q -switched; RF excited CO_2 waveguide laser; pulsed laser heterodyne