

文章编号: 0258-7025(2009)Supplement 1-0079-03

# 光栅选支射频波导 CO<sub>2</sub> 激光器同步输出研究

王 静 孙正和 孙玉德 张延超 田兆硕 王 琪  
(哈尔滨工业大学(威海)信息光电子研究所, 山东 威海 264209)

**摘要** 为了给差频太赫兹(THz)光辐射提供较为理想的光源,研究了 two 10 μm 波段光栅选支射频波导 CO<sub>2</sub> 激光器的脉冲激光同步输出方法。结果表明,将调节触发激光脉冲的延时方法和调节压电陶瓷(PZT)电压的方法配合,可以使两个激光器的输出脉冲激光同步,以有效产生 THz 光辐射。在实验中发现由于环境温度、振动等外界条件的影响,输出脉冲激光同步的维持时间较短,可以通过手动控制脉冲触发延迟或调节压电陶瓷电压的方法进行控制,使脉冲激光重新达到同步。

**关键词** 激光器; 射频波导 CO<sub>2</sub> 激光器; 脉冲同步; 差频; 太赫兹光辐射

**中图分类号** TN248.2 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL200936s1.0079

## Synchronous Output for RF Excited Waveguide CO<sub>2</sub> Laser with Grating

Wang Jing Sun Zhenghe Sun Yude Zhang Yanchao Tian Zhaoshuo Wang Qi

(Information Optoelectronics Research Institute Weihai, Harbin Institute of Technology, Weihai, Shandong 264209, China)

**Abstract** In order to provide the ideal light source for difference frequency THz laser device, the methods of pulsed laser output synchronization have been studied for two 10 μm radio-frequency (RF) excited pulsed waveguide CO<sub>2</sub> laser with grating. One method was to control the pulse triggering delay, and the other was to adjust the voltage on the piezoceramics (PZT). The pulsed laser output synchronization could be realized by the two methods. It is helpful to obtain high efficiency THz generation. In the experiment, because of the ambient temperature, vibration and other external conditions, it is found the output pulsed laser synchronization maintains a relatively short time, but the pulsed laser can be re-synchronized by manually controlling the pulse trigger delay or adjusting the PZT voltage.

**Key words** laser; radio-frequency (RF) excited CO<sub>2</sub> waveguide laser; pulse synchronization; difference frequency; terahertz generation

## 1 引 言

太赫兹波(THz)是指频率在 0.1~10 THz 或波长为 30 μm~3 mm 范围内的电磁波。THz 频段是一个非常具有科学价值但尚未完全开发的电磁辐射区域,它在成像、医疗诊断、环境科学、信息通信、生物化学及基础物理研究领域有着广阔的应用前景<sup>[1~3]</sup>。目前 THz 波的产生大体可分为以下几种类型:半导体瞬间电流产生的 THz 波;光学混频产生的 THz 波;电子加速过程中产生的 THz 波;THz 激光和热辐射过程产生的 THz 波;非线性光学效应的光整流;差频过程获得的太赫兹波等<sup>[4~6]</sup>。非线性差频过程是获得 THz 光辐射的有效方法之一,差频方法产生 THz 波的技术关键是要获得功率较高、

波长比较接近的两束抽运光,并且非线性差频晶体具有较大的二阶非线性系数,在 THz 波范围内吸收系数小<sup>[7,8]</sup>。目前常用的抽运激光器有固体 Nd:YAG 激光器与气体的 CO<sub>2</sub> 激光器。W. Shi 等<sup>[9]</sup>采用两支脉冲宽度为 10 ns 的 Nd:YAG 激光器作为抽运激光,入射到长 20 mm 的 GaP 晶体中,实现了可调谐的太赫兹激光输出,其输出波长可在 71.1~2830 μm 范围内调谐,最高峰值功率达 15.6 W。

根据 Manly-Rowe 关系,对于光差频方法产生的光辐射,其功率转换效率受到入射抽运光频率的比率限制。CO<sub>2</sub> 激光器与 Nd:YAG 激光器相比,输出的光子能量小 10 倍,因此理论上差频效率可以提高 10 倍,是差频产生 THz 光辐射的有效光

**基金项目:** 国家自然科学基金(60668016)和哈尔滨工业大学(威海)研究基金[HIT(WH)Y200802]资助课题。

**作者简介:** 王 静(1963—),女,博士,副教授,主要从事有机电致发光器件及激光技术等方面的研究。

E-mail: jlsdwj@yahoo.com.cn

源。S. Y. Tochitsky 等<sup>[10]</sup>用双波长的 TEA CO<sub>2</sub> 激光器,以一定角度入射到 GaAs 晶体中,获得了 0.5~3 THz 范围的脉冲 THz 光辐射输出,脉冲重复频率为 1~100Hz,脉冲宽度约为 200 ns,1.15 THz 光辐射输出的峰值功率达 2 kW。Y. Jiang 等<sup>[11]</sup>报道了高重复频率差频 THz 光辐射输出,其抽运激光器采用电光腔倒空 CO<sub>2</sub> 激光器,在重复频率 60 kHz 时获得峰值功率 510 mW 的 0.9 THz 光辐射输出

由于获得差频 THz 光辐射的效率与抽运光功率成正比,因此两束抽运光的脉冲峰值同步时输出效率最高。为了给差频 THz 光辐射提供较为理想的抽运光源,本文研究了两台 10 μm 波段的射频 (RF) 波导 CO<sub>2</sub> 激光器获得激光同步输出的方法,通过调节两个激光器的触发延时或压电陶瓷 (PZT) 电压使激光脉冲输出时间可调,从而使两束抽运脉冲激光在差频晶体内达到同步,有效地产生 THz 光辐射。

## 2 实验装置

抽运激光器采用两台 10 μm 波段的全金属射频波导 CO<sub>2</sub> 激光器,波导长度 760 mm,波导截面

6 mm×6 mm,射频电源频率 80 MHz,可以通过脉冲调制射频电源输出脉冲激光。激光器采用半外腔结构,输出窗为两面镀增透膜的 ZnSe 窗片,透射率为 99.5%。光栅放置在接近透射窗片处,光栅常数为 150 line/mm,一级反射率为 85%,光栅与压电陶瓷固定为一体并且角度可调,激光从光栅零级输出,通过调整光栅角度可选择激光输出谱线,调节压电陶瓷上的电压可控制激光腔长,调谐输出激光频率。根据激光器的增益曲线,不同激光谐振频率处的增益不同,因此在脉冲射频放电情况下,脉冲的建立时间不同,通过调节压电陶瓷上的电压也同时可以控制激光脉冲的建立时间。

测试两台激光器同步输出的实验装置如图 1 所示,两台激光器并列放置,可通过一台脉冲信号发生器触发射频电源获得脉冲激光输出,调节信号发生器的输出触发延时,可控制激光器输出的激光脉冲建立时间。由两台激光器光栅输出的激光,经衰减后由平面反射镜反射及合束镜合束,分别入射到 HgCdTe 光伏探测器及 CO<sub>2</sub> 激光谱线分析仪,探测器探测的光信号经过前置放大器放大后,由数字存储示波器观察波形,CO<sub>2</sub> 激光谱线分析仪用于监测激光输出的谱线。

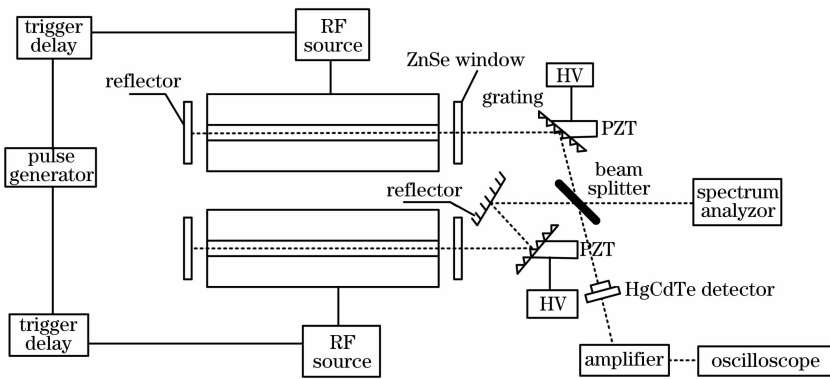


图 1 实验装置图

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental arrangement

## 3 实验结果与讨论

在脉冲重复频率 1 kHz,未进行触发延时调节情况下,调节光栅角度可以在每台激光器上选支输出 P(16)~P(32) 支激光。在示波器上观察到的两台激光器输出脉冲激光波形如图 2(a) 所示,可以测出两个脉冲激光的脉冲宽度为 600ns,脉冲建立时间相差约为 5 μs,经过测量每个脉冲的峰值功率为 50W。通过调节两台激光器的脉冲触发延迟时间,可以获得脉冲激光同步输出,如图 2(b) 所示。另外

通过调节压电陶瓷的电压,可在示波器上观察到脉冲建立时间的变化,进一步调节激光脉冲输出时间,两种方法配合,可以使两个激光器的输出脉冲激光同步,以有效产生 THz 光辐射。在实验中发现由于环境温度、振动等外界条件的影响,输出脉冲激光同步的维持时间较短,可以通过手动控制脉冲触发延迟或调节压电陶瓷电压的方法进行控制,使脉冲激光重新达到同步,进一步研究将采用自动控制方法获得稳定的脉冲激光同步输出。

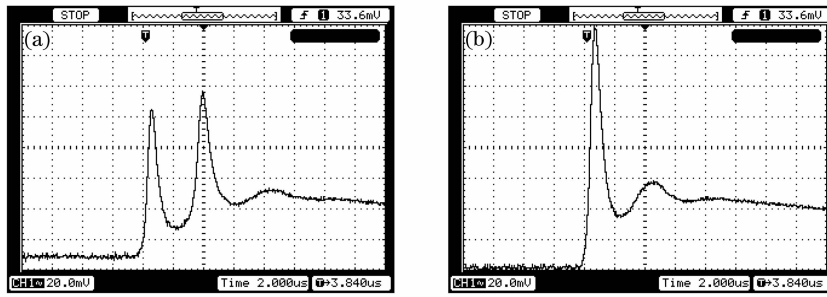


图 2 脉冲激光未同步(a)与同步(b)输出

Fig. 2 Asynchronous output (a) and synchronous output (b) of two laser pulses

## 4 结 论

实验研究了两台 10  $\mu\text{m}$  波段的射频波导 CO<sub>2</sub> 激光器获得激光同步输出的方法, 通过调节两个激光器的触发延时或压电陶瓷电压使激光脉冲建立时间可调, 从而可以使两束抽运脉冲激光在差频晶体内部达到同步, 以有效产生 THz 光辐射, 具有一定的实用价值。

## 参 考 文 献

- 1 Tian Zhaoshuo, Wang Qi, Wang Yusan *et al.*. Study of RF excited waveguide CO<sub>2</sub> laser with two channels tuned by grating [J]. *Chinese J. Lasers*, 2000, **27**(11): 961~964  
田兆硕, 王 骐, 王雨三等. 光栅选支共电极双通道射频激励波导 CO<sub>2</sub> 激光器[J]. *中国激光*, 2000, **27**(11): 961~964
- 2 M. E. Portnoi, O. V. Kibis, M. Rosenau da Costa. Terahertz applications of carbon nanotubes [J]. *Superlattices and Microstructures*, 2008, **43**: 399~407
- 3 D. Dragoman, M. Dragoman. Terahertz fields and applications [J]. *Progress in Quantum Electronics*, 2004, **28**: 1~66
- 4 Li Dehua, Zhou Wei, Xu Shilin *et al.*. The generation and detection of THz wave [J]. *Physics and Engineering*, 2007, **17**(6): 34~37  
李德华, 周 薇, 徐士林等. THz 波的产生及探测技术[J]. *物理与工程*, 2007, **17**(6): 34~37

- 5 Li Lei, Zhao Changming, Gao Lan *et al.*. Laser detection by electronic instead of optical using two-frequency laser [J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(2): 249~252  
李 磊, 赵长明, 高 岚等. 变光外差为电外差的双频激光探测 [J]. *光学学报*, 2007, **27**(2): 249~252
- 6 Atsushi Kenmochi, Tadao Tanabe, Yutaka Oyama *et al.*. Terahertz wave generation from GaSe crystals and effects of crystallinity P. H. [J]. *J. Physics and Chemistry of Solids*, 2008, **69**: 605~607
- 7 K. Saito, T. Tanabe, Y. Oyama *et al.*. Terahertz-wave absorption in GaP crystals with different carrier densities [J]. *J. Physics and Chemistry of Solids*, 2008, **69**: 597~600
- 8 Ma Xiaojing, Dai Bin, Ge Min. Research and applications of terahertz radiation [J]. *Chemical Industry Times*, 2006, **20**(12): 51~53  
马晓菁, 代 斌, 葛 敏. 太赫兹辐射的研究及应用 [J]. *化工时刊*, 2006, **20**(12): 51~53
- 9 W. Shi, Y. J. Ding. Tunable terahertz waves generated by mixing twocopropagating infrared beams in GaP [J]. *Opt. Lett.*, 2005, **30**(9): 1030~1032
- 10 S. Y. Tochitsky, C. Sung, S. E. Trubnick *et al.*. High-power tunable, 0.5 ~ 3 THz radiation source based on nonlinear difference frequency mixing of CO<sub>2</sub> laser lines [J]. *J. Opt. Soc. Am. B*, 2007, **24**(9): 2509~2516
- 11 Y. Jiang, Y. J. Ding. Efficient terahertz generation from two collinearly propagating CO<sub>2</sub> laser pulses [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2007, **91**: 091108