

文章编号: 1001-4322(2009)10-1459-03

# 可调谐 TEA CO<sub>2</sub> 激光器多频输出\*

廖均梅<sup>1,2</sup>, 李育德<sup>2</sup>, 李忠华<sup>2</sup>, 卢 莺<sup>1</sup>

(1. 四川大学 锦江学院 电子信息工程系, 四川 彭山 620860; 2. 四川大学 光电科学技术系, 成都 610064)

**摘要:** 为了满足多频红外激光分离同位素的需要,采用平行的双光栅腔结构,在最佳混合气体体积分数、总压强 50.7 kPa、电压 27 kV 条件下,成功得到了 TEA CO<sub>2</sub> 激光器常规带多组双频和三频激光输出。输出的双频波(或三频波)具有良好的空间重叠性和时间同步性,输出波长可调谐且调谐范围较大,激光从一光栅旁边近似地沿平行于腔轴的方向输出,可以满足对一些物质双频(或多频)激发或分离同位素的需要。

**关键词:** TEA CO<sub>2</sub> 激光器; 双频; 三频; 双光栅腔

**中图分类号:** TN284.2 **文献标志码:** A

所有能在正常温度和压力下形成分子化合物的元素,都可以用激光同位素选择性光分解法来进行分离。红外光多光子离解法分解分子的方法可以使人们最大限度地提高同位素的分离系数和分离产额,有双频红外激光多光子分解法<sup>[1]</sup>和多频红外激光多光子分解法<sup>[2]</sup>。文献[3]中,提出了一个双频激发分离硼同位素的建议。在多频激光激发和分解<sup>13</sup>CF<sub>3</sub>HCl 时,单次分离系数  $\alpha(^{13}\text{C}/^{12}\text{C}) \approx 100$ <sup>[2]</sup>,这已达到了极高水平。采用 CO<sub>2</sub> 激光五频输出离解 CF<sub>3</sub>I,取得了很好的效果<sup>[3]</sup>,这是多频红外激光多光子分解法的实例。对于双频或三频或经提高增益、最佳化腔设计而可实现的多频 CO<sub>2</sub> 激光就适合用这种多频多光子离解法。本实验采用平行的光栅-光栅腔结构,两光栅平行放置,得到了常规带的多组双频和三频组合,而且激光输出组合中各支线具有良好的空间重叠性和时间同步性。

## 1 实验装置

实验采用图 1 所示装置,谐振腔为光栅-光栅腔结构。放电室是由串联在一起的 3 节放电室组成,采用紫外预电离以获得均匀放电。光栅 1 为平面闪耀光栅,150 线/mm,一级衍射效率为 95%。光栅 2 为球面闪耀光栅,曲率半径 10 m,150 线/mm,一级衍射效率为 95%。谐振腔总长为 5.745 m。光栅由谐振腔两端的平行光管精确校准。实验中,为保持稳定放电,我们注意保持室内干燥。激光从光栅 2 旁近似沿平行于腔轴的方向输出,输出激光经反射镜 M<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub> 到达 CT50 单色仪,以进行波长测量,由 TDS210 示波器得到脉冲波形图,两反射镜的反射率均为 90%。

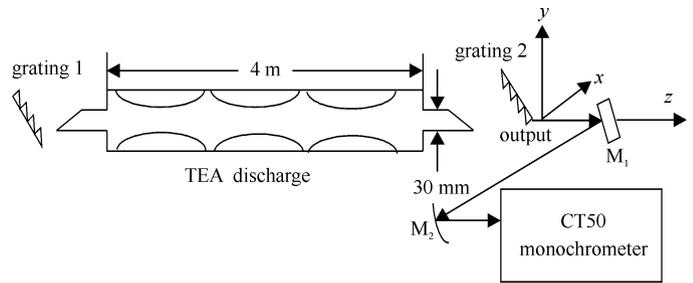


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental device

图 1 实验装置示意图

我们进行了多种混合气体体积分数及总压条件下的出光实验,其中最佳混合气体体积分数为 13% 的 CO<sub>2</sub>, 13% 的 N<sub>2</sub> 和 74% 的 He, 3 种气体的总压强为 50.7 kPa, 电压为 27 kV。

光栅是一种性能良好的波长选择元件,当调整光栅转台角度,使某一波长满足利特罗(Littrow)条件时,该波长的激光能获得振荡输出。实验表明,平行的双光栅腔能够实现双频或多频激光输出。

## 2 实验结果及分析

### 2.1 激光光斑图样

实验表明,激光从光栅 2 旁近似沿平行于腔轴方向输出。这样的激光输出方式,方向固定,便于使用。输出光斑如图 2 所示。光斑图样是用热敏纸在光栅 2 后面接收得到的。图 2(a)和图 2(c)为 0°0'1-10°0' 能带 P14 + P16 和 P28 + P30 双频组合在输出镜处的输出光斑。图 2(b)和图 2(d)为 P14 + P16 和 P28 + P30 双频组合

\* 收稿日期:2008-07-04; 修订日期:2009-03-03

基金项目:中国核动力研究设计院核燃料及材料国家重点实验室基金项目(51481030103SC0101)

作者简介:廖均梅(1979-),女,四川成都人,硕士研究生,主要从事激光技术和激光器件方面的研究;junstxu@163.com。

在距离输出镜 70 cm 处的输出光斑。

从光斑图可以看出,在输出镜处的光斑尺寸比较大,分布比较均匀。图 2(a)的光斑大约宽 1.5 cm,高 2 cm。图 2(c)的光斑大约宽 1.5 cm,高 2.3 cm。当光传输到离输出镜后 70 cm 处,光斑尺寸仍然较大。图 2(b)的光斑大约宽 1.5 cm,高 2 cm。图 2(d)的光斑大约宽 1.5 cm,高 2.2 cm。强度略有衰减,均匀性比输出镜后的光斑稍差些,但是形状大致保持不变。也就是说,我们在近场和较远处都得到了较大较强尺寸基本无变化的光斑。大尺寸和均匀性对于多光子分离同位素是很有用的。因此,当能量较高时,我们可以在输出镜后几十 cm 范围内不用聚集,就可以使用空间上重叠、时间上同步的双频或三频激光,这为分离同位素带来了极大的方便。

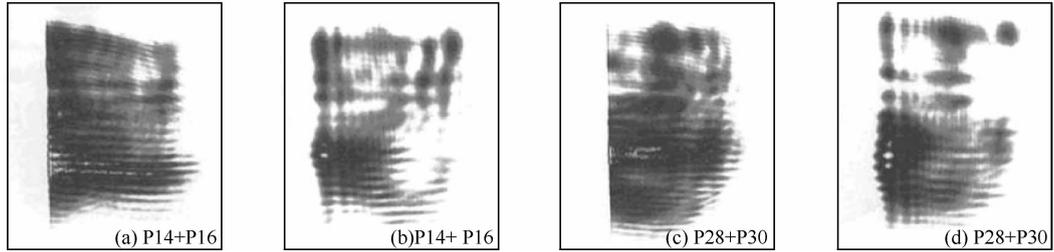


Fig. 2 Spot patterns

图 2 光斑图样

## 2.2 双频及三频组合

我们获得了  $00^0 1-10^0 0$  能带的 P 支(11 组)、 $00^0 1-10^0 0$  能带的 R 支(8 组)、 $00^0 1-02^0 0$  能带的 P 支(8 组)的多组双频输出和  $00^0 1-02^0 0$  能带的 R 支(8 组)的多组三频输出,如图 3 所示。

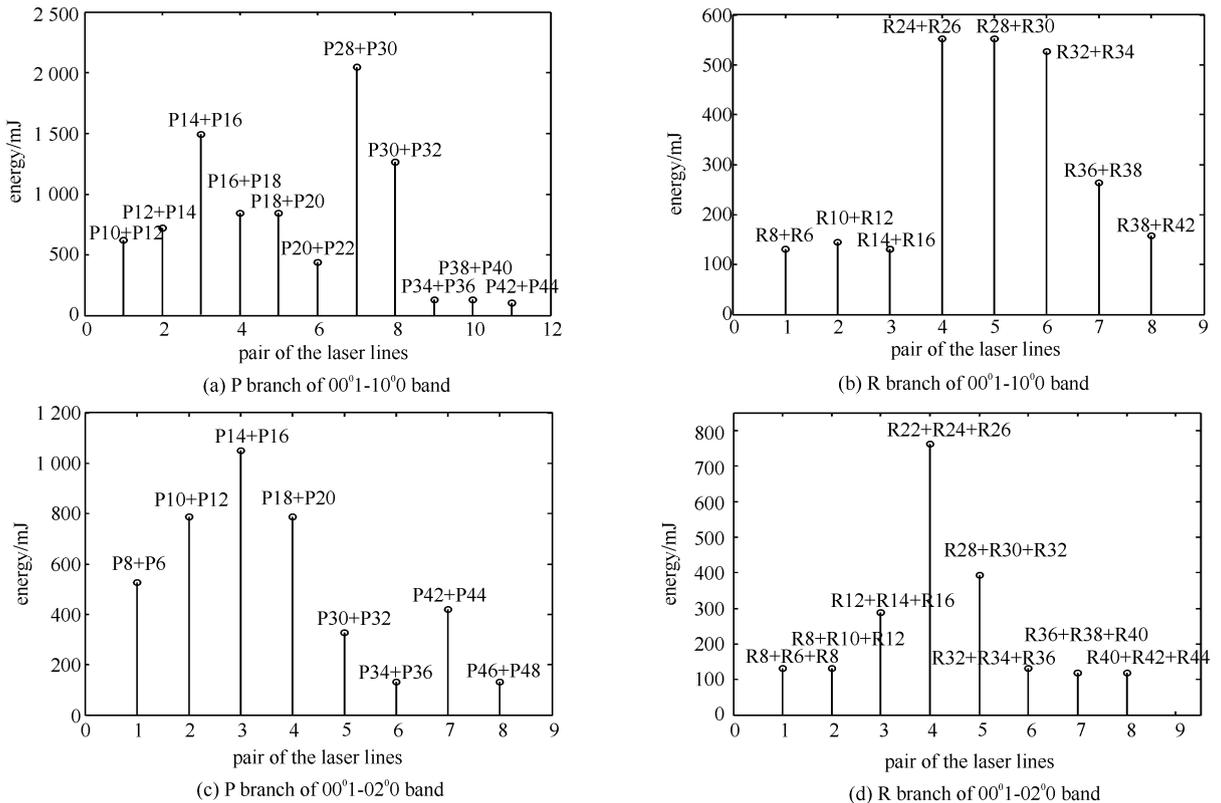


Fig. 3 Groups of double and triple frequency outputs and their energy

图 3 双频和三频组合及其对应总输出能量

## 2.3 空间重叠性和时间同步性

图 4 是多频激光组合脉冲输出波形图。从 P18+P20 双频组合的脉冲波形(图 4(a))可以看出,此双频组合只有一个峰,两支线在时间上是同步的,脉宽 90 ns 左右。放电脉冲和预电离脉冲信号位于激光脉冲前 1.6  $\mu$ s,它们的总宽度约 3  $\mu$ s,图中激光脉冲信号后约 4  $\mu$ s 范围无任何信号,也无激光氮尾。事实上,实验中观察了更宽的范围,均无其他任何信息。R28+R30+R32 三频组合的脉冲波形图如图 4(b)所示,此三频组合也

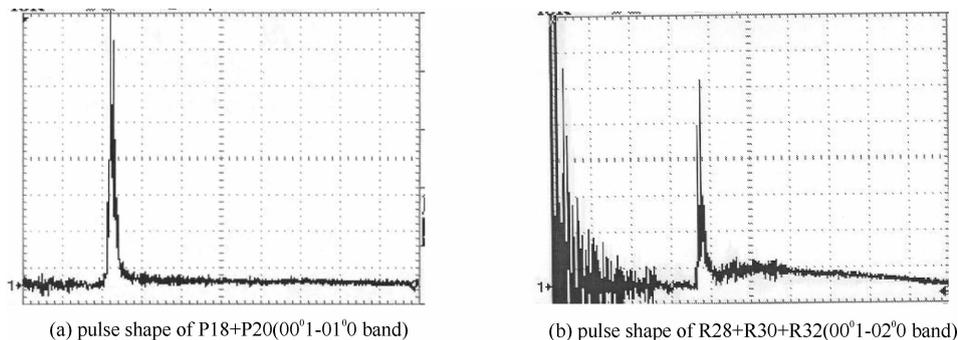


Fig. 4 Pulse shapes of double and triple frequency outputs

图 4 双频和三频输出的脉冲波形图

只有一个峰,脉宽 60 ns 左右,3 支线在时间上是同步的。激光脉冲前约 1.5  $\mu$ s 处是放电脉冲和预电离脉冲的部分信号。激光脉冲后有一激光氮尾。从脉冲波形上可以看出,这些多频激光输出的时间同步性非常好。

我们在输出光束的横截面上用不透光材料挡住沿腔轴方向的输出光的一半,分别研究在光束的上、下、左、右半部分中 P18 和 P20 各自的能量分布,结果如表 1 所示。这两条谱线在上、下、左、右各个方向上都重合得比较好。类似的实验证明,三频组合中各支线的空间重叠性也较好。

表 1 输出激光横截面能量分布

Table 1 Energy distributions on the cross sections of output beams

zones on the section	P18 energy/a. u.	P20 energy/a. u.
whole	11.0	11.0
top	9.0	9.2
bottom	7.1	7.8
left	10.5	10.5
right	5.2	7.5

### 3 结 论

本文采用平行的双光栅腔结构,得到了常规带多组双频和三频激光输出,而且激光输出组合中各支线具有良好的空间重叠性和时间同步性,可以满足对一些物质双频(或多频)激发或分离同位素的需要。

### 参考文献:

- [1] Hashida M, Matsuoka M, Izawa Y, et al. FEL multiphoton dissociation and isotope separation of boron[J]. *Nuclear Instruments and Method in Physics Research*, 1999A, **429**: 458-488.
- [2] Evseev A V, Letokhov V S, Puzosky A A J. Highly selective and efficient multiphoton dissociation of polyatomic molecules in multiple-frequency IR-laser fields[J]. *Appl Phys B*, 1985, **36**: 93-103.
- [3] 刘宗才,葛礼各,杨立节,等. 用多频红外激光离解 CF<sub>3</sub>I 浓缩 <sup>13</sup>C 同位素[J]. 科学通报, 1985, **4**: 261-262. (Liu Zongcai, Ge Lige, Yang Lijie, et al. Separation CF<sub>3</sub>I and concentration <sup>13</sup>C isotope with multiple-frequency infrared laser. *Chinese Science Bulletin*, 1985, **4**: 261-262)

## Multi-frequency transversely excited atmospheric pressure CO<sub>2</sub> laser

Liao Junmei<sup>1,2</sup>, Li Yude<sup>2</sup>, Li Zhonghua<sup>2</sup>, Lu Ying<sup>1</sup>

(1. Department of Electronics and Information Engineering,  
Sichuan University Jinjiang College, Pengshan 620860, China;

2. Department of Photoelectric Science and Technology, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

**Abstract:** Double and triple frequency laser outputs have been obtained with the adoption of a parallel grating-grating cavity. The results are derived at a total gas pressure of 50.7 kPa, with the gas combination in volume fraction of 13% CO<sub>2</sub>, 13% N<sub>2</sub>, 74% He under 27 kV voltage. The double or triple frequency output laser possesses fine space overlap and time synchronization, and is tunable within a wide frequency ange. The laser exports beside one of the gratings approximately parallel to the cavity axis. It can meet the requirement of some materials' double (or multiple) frequency excitation and isotope separation.

**Key words:** TEA CO<sub>2</sub> laser; double- frequency; triple-frequency; double grating cavity