

文章编号: 1001-5078 (2006) 08-0641-03

同空间三波长可调谐 TEA CO₂ 激光器的研究

刘效勇¹, 李育德¹, 卢佩², 廖均梅¹, 李忠华¹

(1. 四川大学电子信息学院, 四川 成都 610064; 2. 山东理工大学计算机科学与技术学院, 山东 淄博 255049)

摘要:成功研制了一种新型具有空间重叠性的平面-光栅腔三波长 TEA CO₂ 激光器。在阐述该激光器的构造基础上, 通过试验结果, 分析了该激光器的多种输出特性。

关键词:可调谐 TEA CO₂ 激光器; 三波长; 平面-光栅腔; 光栅重叠

中图分类号: TN248.2⁺2 **文献标识码:** A

The Research of the Isospace Three-wavelength Tunable TEA CO₂ Laser

LU Xiao-yong¹, LI Yu-de¹, LU Pei², LAO Jun-mei¹, LI Zhong-hua¹

(1. School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610064, China;

2. Institute of Computer Science and Technology, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract: A new kind of three-wavelength TEA CO₂ laser is developed, which is formed by three plane-grating cavities overlapped in the space. The design and structure characteristic of the TEA CO₂ laser are provided, the output characteristic are analyzed by the experimental result.

Key words: tunable TEA CO₂ laser; three-wavelength; plane-grating cavity; overlap of gratings

1 引言

根据红外多光子激发原理^[1], TEA CO₂ 激光器已广泛应用于激光分离同位素, 为了克服早期“单频法”在应用上的局限性, 国内外已相继成功地进行“双频法”和“五频法”^[2]的研究, 浓缩系数比“单频法”提高了一个数量级^[3], 而作为理想光源的多频 TEA CO₂ 激光器的研究愈发重要。本文设计了一种新型三波长激光器方案, 让三光栅在空间上交叠, 能够同步输出空间上部分重叠的三个不同波长的激光脉冲, 三脉冲波长在一定范围内独立可调, 同时能量比在一定范围内也可调。三光栅相互激发利用, 输出能量稳定。

2 激光器结构及工作特点

2.1 结构

如图 1 所示, A₁、A₂、A₃ 为串联在一起的三节圆筒放电室, 每节放电室体积均为 120cm × 3cm × 3cm, 侧壁由有机玻璃组成。为使激光器均匀放电且不易产生弧光, 室内放电主电极用黄铜制成的双曲函数型电极, 并在主电极两侧成对放置间距为 4cm 的预电离针, 它们对介质起预电离作用。这样,

放电室分区串联和增加预电离, 就保证了该大体积激光器放电的均匀性和稳定性^[4]。B₁、B₂ 为粘贴在放电室两端的布氏窗片, 能使输出光场为线偏振光, 并起到密封和通光作用。放电室一端放置一反射率为 80% 的锗镜 R, 另一端自前至后依次放置三个反射光栅 G₁、G₂、G₃, 锗镜 R 和三光栅组成平面-光栅谐振腔。其中 R 与 G₃ 在腔轴上间距为 5m, 三光栅间距均为 40cm, 锗镜平面及各光栅刻线都和腔轴线垂直, 且它们上下左右位置都自由可调, 各光栅与 z 轴夹角也可分别精确调整。试验中所用三光栅均为 150 线/格, 其基本性质如表 1 所示。

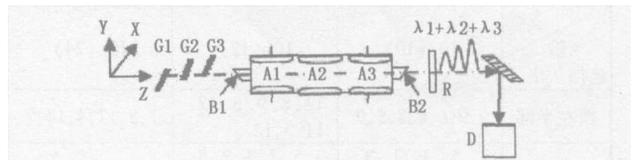


图 1 激光器的结构

作者简介:刘效勇 (1976 -), 男, 四川大学硕士研究生, 从事激光技术研究工作。

收稿日期: 2006-02-23

表 1 三光栅的基本性质

光栅	宽 (mm)	高 (mm)	类型	焦距 (m)
G1	55	50	平面光栅	
G2	60	30	凹面光栅	10
G3	55	50	凹面光栅	8

2.2 工作特点

镜 R 与三光栅在空间上部分重叠,在激光器振荡过程中并非是镜 R 与各光栅独立组成的谐振腔振荡,而是镜 R 与三光栅组成的三腔相互激发、相互利用形成三波长振荡。试验中我们以 10P(10)、10P(12)、10P(24) 支线进行详细研究。光栅 G₁、G₂、G₃ 分别选择 10P(24)、10P(10)、10P(12); 主放电电压为 27kV; 气压比 CO₂ N₂ He = 1 1 3, 总气压 46513Pa。测得激光器输出各波长能量及输出总能量如表 2 所示 (其中各线能量是用 CT-50 单色仪测波长时,在出射口狭缝处测得的支线能量和输出的总能量计算得到的)。

表 2 三波长及单波长工作时的输出能量

能量 波长	三谐振腔同步运行时输出的各波长及能量 (J)		各谐振腔独立运行时输出的激光波长及能量 (J)		
	各支线能量	激光脉冲总能量	遮住 G ₁ 、G ₂ , G ₃ 单独运行	遮住 G ₁ 、G ₃ , G ₂ 单独运行	遮住 G ₂ 、G ₃ , G ₁ 单独运行
1 P(24)	0.42	0.97	0	0	0.34
2 P(10)	0.36		0	0	0
3 P(12)	0.19		0.79	0	0

由表 2 数据可以看出, G₃ 单独运行时,激光器没有输出;当去掉遮挡物让三光栅同时工作时,能够实现三波长输出,且能量略小于单独运行时三支线能量之和。从而说明三光栅间相互激发利用,一个光栅对另外两个光栅都有贡献。

3 输出特性与分析

3.1 空间重叠性

我们分别遮挡输出窗口 B₂ 的不同位置,用 CO₂ 激光能量计测定各振荡支线的强度如表 3 所示 (能量测试档位同一档,任意单位)。

表 3 三振荡支线的空间重叠特性

支线 遮挡	10p(10)	10p(12)	10p(24)
挡左半部	9, 9, 6, 4, 8, 5, 9	13, 8, 9, 5, 12, 11, 5, 12	7, 5, 17, 4, 14, 7
挡右半部	3, 5, 3, 3, 3, 2, 5, 3	3, 5, 2, 3, 2, 5, 3, 3, 5	0, 0, 0, 0, 0, 0
挡上半部	0, 5, 0, 5, 0, 5, 0, 5, 0, 5, 0, 5	0, 5, 0, 5, 0, 5, 0, 5, 0, 5, 0, 5	0, 0, 0, 0, 0, 0
挡下半部	9, 8, 8, 8, 8, 7, 5	9, 7, 7, 5, 8, 8, 8, 5	4, 5, 4, 5, 4, 4, 5

由表 3 可以看出,三振荡支线的激光场在空间

上是部分重叠的,在输出窗口的右上部重叠性最好,其他位置相对较差。P(24) 支线只存在于输出窗口的右半部,上下能量比约为 5:4; P(10)、P(12) 两支线绝大部分存在于上半部,左右能量比约为 3:1,因此输出窗口的右上部分位置占总能量的 50% 以上。

3.2 光场输出的定性分析

我们对激光光斑 (图 2) 进行研究可以看出,最前端的光栅 G₃ 对激发光场影响较大,有光栅 G₃ 作用时 (如图 2a、b、c、e), 输出总能量较大;没有光栅 G₃ 作用时 (如图 2d、f、g), 光栅 G₁、G₂ 产生激光能量比较微弱。G₂ 作用不太明显,当单独运行时不能产生激光脉冲 (如图 2d), 而当三光栅同步运行时, G₂ 和镜 R 组成的谐振腔能够产生激光脉冲。位置在最后端的光栅 G₁ 作用非常稳定 (如图 2f、g)。

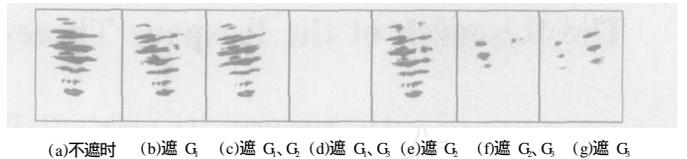


图 2 激光光斑

3.3 输出波形及分析

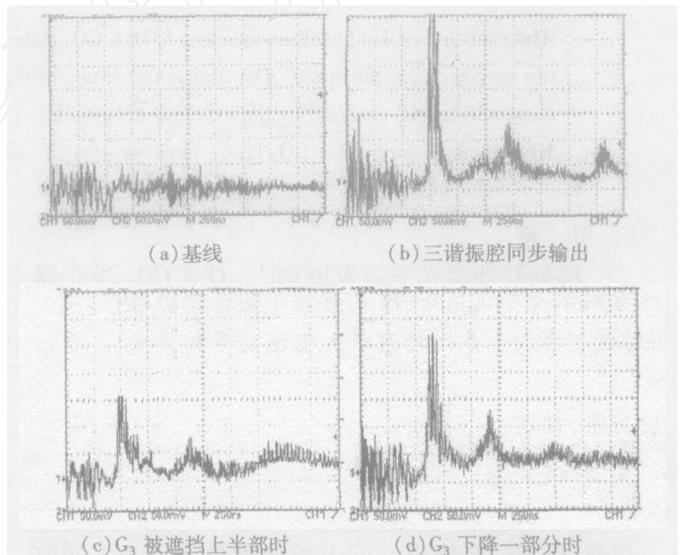


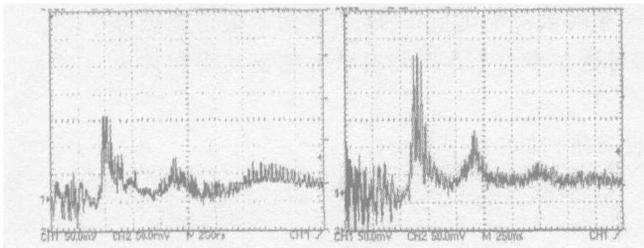
图 3 激光器的输出波形及滞后时间与各光栅的有效工作面积关系

本试验采用 TDS210 型示波器和光子牵引器观测激光脉冲波形,图 3 (a) 是没有激光输出时的基线图形,图 3 (b) 为三谐振腔同步运行时输出的 10P(10)、10P(12)、10P(24) 三脉冲波形,三脉冲宽度为 100 ~ 150ns,这与原来测得的单频驻波腔输出激光脉宽 150ns 较为接近。三个峰相对滞后 750ns (每格为 250ns) 左右。

各光栅的有效面积和相对位置均可影响各支线的振荡能量大小与起振滞后时间长短。当光栅 G₃ 上半部被遮住时,其有效面积减小,10P(12) 支线能

量输出也相对减弱,光栅 G_1 、 G_2 有效工作面积没变,所选两支线的能量也基本保持不变,峰值间的时间间隔减少变为 500ns 和 600ns(图 3b, c);当光栅 G_3 高度下降一部分时,光栅 G_3 有效工作面积减小, G_2 有效工作面积增大,而 G_1 保持不变,结果 G_3 支线能量减小, G_2 支线能量增大, G_1 能量基本不变,三最高峰间的时间间隔又变为 750ns 和 500ns(图 3b, d)。各支线能量与其有效工作面积成正比关系,其他条件一定时,可以根据需要适当调整三光栅位置改变各支线能量比。

3.4 放电电压对输出特性的影响



(a)工作电压为 25kV 时
激光器的输出波形

(b)工作电压为 27kV 时
激光器的输出波形

图 4 工作电压对输出能量的影响

通过试验,我们发现工作电压对输出的总能量和各支线能量均有影响,由图 4 可知,随工作电压的

增加总能量和各支线能量都变大。工作电压存在一个有效范围,电压太低或太高容易产生弧光,不利激光输出,经试验,工作电压在 25 ~ 36kV 间时能有较好激光输出。因此,在其他条件一定时,我们同样可以通过调整工作电压来调节总能量和各支线能量。

4 结论

本文采用的这种新型三波长 TEA CO₂ 激光器波长可调谐,且调谐范围较大,各支线能量比也具有较好的可调性,且不同的三个波长光场在空间上有较好的重叠性,整个光路易调,输出能量时间参数再现性好,解决了非同空间运行输出和同空间多波长运行的谱线竞争空间不重叠问题。该激光器在分离同位素的试验中具有很大的实用价值。

参考文献:

- [1] 王德武. 激光分离同位素理论及其应用 [M]. 北京:原子能出版社, 1999.
- [2] 刘宗才,等. 用多频红外激光离解 CF_3I 浓缩 ^{13}C 同位素 [J]. 科学通报, 1985, 4: 261 - 262
- [3] 潘大任,谭吉春. 双频 CO₂ 激光多光子离解 CF_3CHCl_2 分离氙 [J]. 激光, 1981, 9(3): 152 - 156
- [4] 李适民,黄维玲,等. 激光器件原理与设计 [M]. 北京:国防工业出版社, 2005. 83 - 109.

(上接第 634 页)

6 结论

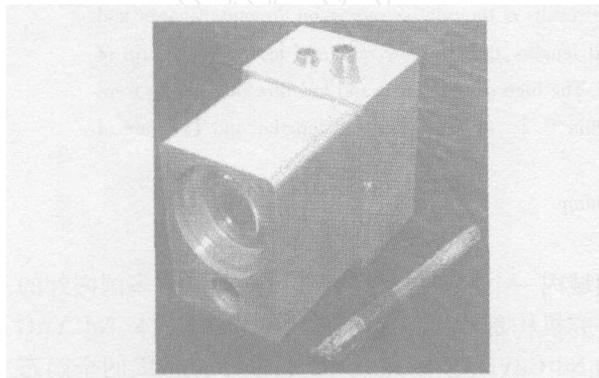


图 5 测距仪实物图

本测距仪的设计立足于低成本和工作稳定,因此具有成本低、性价比高、体积小和结构简单等特点,测距仪实物图如图 5 所示。由于采用了温度补偿加串行电阻背景光补偿的 APD 偏压控制方式,测距仪的耐温度变化能力和耐背景光能力增强,能在 -20 ~ 70 的温度范围内的阴霾或晴空条件下完成对大小目标的正常测距;软件的信号识别与处理提高了测距仪的量程,同时降低了测距仪的虚警率,在同等虚警率的条件下,能将测距仪的量程提高 10% 左右。本文设计的测距仪能较容易地达到 150m 量

程和 $\pm 1m$ 的测距精度,能够满足高速公路上汽车防撞测距的使用要求。

参考文献:

- [1] 高稚允,高岳,张开华. 军用光电系统 [M]. 北京:北京理工大学出版社, 1996: 205 - 215.
- [2] 胡春生. 脉冲半导体激光器高速三维成像激光雷达研究 [D]. 长沙:国防科技大学, 2005: 46 - 51.
- [3] Yi-Ren Lai, Pie-You Chien Method and apparatus for reducing the noise in the receiver of a laser range finder [P]. U. S Patent 5,946,081. Aug 31, 1999.
- [4] Hjen Lai, Pi-Yao Chien, Chih-Wei Hung Light receiving circuit of laser range finder [P]. U. S Patent US2002/0033937 A1, 2002 - 3 - 21.
- [5] 容太平,苗林. 采用 MAX6605 实现 APD 最佳偏压温度补偿 [J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(5): 16 - 18
- [6] 吕华,王日. 雪崩光电二极管恒虚警率控制在激光成像系统中的应用 [J]. 红外与激光工程, 2002, 31(1): 44 - 47.
- [7] Donald A. Neamen 著. 赵桂钦,卜艳萍译. 电子电路分析与设计 [M]. 北京:电子工业出版社, 2003.
- [8] 方志豪. 晶体管低噪声电路 [M]. 北京:科学出版社, 1984.