

文章编号: 1001-3806(2007)04-0435-03

电光激励碘原子激光器的研制

谷卓伟, 刘常龄, 张 宁, 任青毅, 唐晓松, 刘海涛, 吴 刚
(中国工程物理研究院 流体物理研究所, 绵阳 621900)

摘要: 为了开展大能量脉冲碘原子激光技术研究, 采用氙灯抽运方法研制了一台电光激励光解碘激光器系统, 并进行了相关的实验研究, 获得了近 700mJ 的单脉冲激光能量。介绍了该激光器的原理和技术路线, 对实验结果进行了比较分析。实验结果表明, 这类激光器具有结构简单、输出能量高等特点, 适用于工业加工、诊断技术等领域的應用。

关键词: 激光技术; 碘原子激光器; 氙灯抽运; 光解碘物质

中图分类号: TN248.2⁺1 文献标识码: A

Research of an atom iodine laser

GU Zhuowei, LIU Chang-ling, ZHANG Ning, REN Qing-yi, TANG Xiao-song, LIU Hai-tao, WU Gang
(Institute of Fluid Physics, Chinese Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract In order to study the large energy pulse atom iodine laser, a set of xenon light pumped photoytic iodine laser with C_3F_7I as working substance was built up and the relative experiment was performed. About 700mJ of pulse laser energy was obtained. The working principle and technical routine of this kind of laser was introduced and experimental results were analyzed. The experimental results show that this kind of laser has the characters of simple structure and large energy output capability and is suitable for the application in industry and technology.

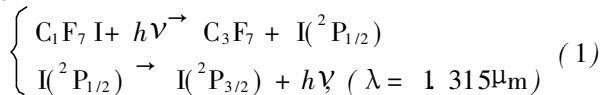
Key words laser technique; atom iodine laser; xenon light pump; photoytic iodine substance

引 言

光解原子碘类物质包括 CF_3I 、 CH_3I 、 C_3F_7I 等多氟碘化物类物质, 其作为激光工作介质具有增益系数大、能级寿命长等特点, 适合作为大能量、高功率激光器的工作介质。这类激光器同时也具有装置结构简单、输出能量高等特点, 在激光加工、诊断技术等多个领域具有广泛的应用, 国外在这一领域具有广泛深入的研究, 国内也有多家单位在这一领域开展了相应的研究工作^[1-11]。

1 工作原理

在对国内外相关研究进行了全面深入的调研分析后, 作者决定选用具有较高增益的七氟碘丙烷 (C_3F_7I) 作为激光工作介质, 该类激光器的工作原理可简单描述为:



作者简介: 谷卓伟 (1969-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事脉冲激光力学效应及爆炸激光技术研究。

E-mail: guzhuw@ yahoo.com.cn

收稿日期: 2006-05-29; 收到修改稿日期: 2006-08-28

式中, $h\nu$ 为光子能量, I 为碘原子, $^2P_{1/2}$ 、 $^2P_{3/2}$ 表示不同的原子能级。多氟烷基碘化物吸收紫外辐射 (240nm ~ 320nm) 并发生分解, 得到亚稳态的激发态碘原子, 激发态碘原子发生能级跃迁, 变成基态碘原子并放出波长为 1.315 μ m 的红外辐射。

2 研制电光激励光解碘化学激光器

2.1 研制紫外波段高压脉冲氙灯

由于工作介质 C_3F_7I 主要吸收波长 240nm ~ 320nm 的紫外辐射并进行分解, 实现能级跃迁, 而普通的脉冲氙灯光辐射主要集中在可见光和近红外波段, 紫外波段辐射很少, 无法满足试验要求。因此在研制光解碘激光器之前, 课题组首先研制了工作于紫外波段的高压脉冲氙灯。

为了对普通氙灯和作者研制的紫外高压氙灯进行比较, 利用多道光学光谱仪对两种氙灯的紫外辐射谱进行了比较测量, 结果如图 1 所示。图中 A 曲线为常规脉冲氙灯的紫外光谱, B 曲线为特别研制的高压脉冲氙灯的紫外光谱。测量结果表明, 课题组研制的紫外脉冲氙灯其有效紫外辐射量比普通氙灯高 3 倍 ~ 5 倍以上。图 2 是新研制的高压脉冲氙灯紫外辐射信号, 从上至下依次对应波长 220nm, 350nm, 300nm,

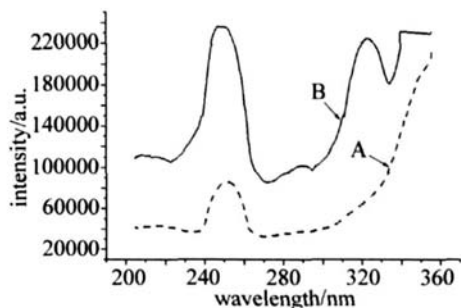


Fig 1 The comparison of UV spectrum s from 2 kinds of pulse xenon light

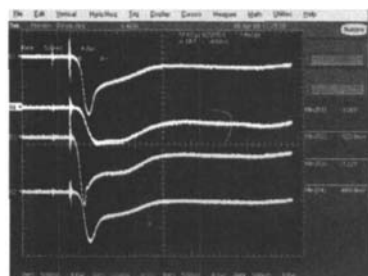


Fig 2 The UV radiation from pulse xenon light

250nm,这一结果是利用多通道光学高温计测量得到的。

2 2 高压脉冲发生线路的优化设计

在电光激励光解碘激光器的工作过程中,由于脉冲氙灯的紫外辐射量随工作电压的升高而增加,氙灯的工作电压一般在 30kV 以上。为此特别设计了适用于该系统的高压电源及放电回路,通过大量实验,确定了实验参数,获得了较好的实验波形。

实验测得的氙灯两端的放电电压波形和氙灯的光脉冲波形如图 3 所示。图中上面为氙灯放电电压信

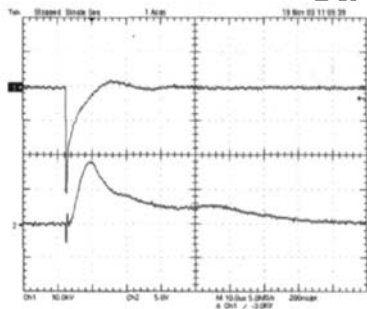


Fig 3 The circuit charging and xenon light signals recorded by oscilloscope 号,下面为氙灯的光脉冲波形。可以看出,放电电压波形没有多余的震荡,波形干净,氙灯的光脉冲半峰全宽约 10μs 完全符合设计要求。

2 3 建立电光激励原子碘激光系统

在大量基础工作的基础上,课题组成功研制了国内第 1 台以 C₃F₇I 为工作介质的电光激励光解碘激光器系统,系统结构见图 4 和图 5 整个装置包括激光工作介质反应室、椭圆聚光腔、光学谐振腔、脉冲氙灯、注气系统、真空系统、能源系统及测量系统等。

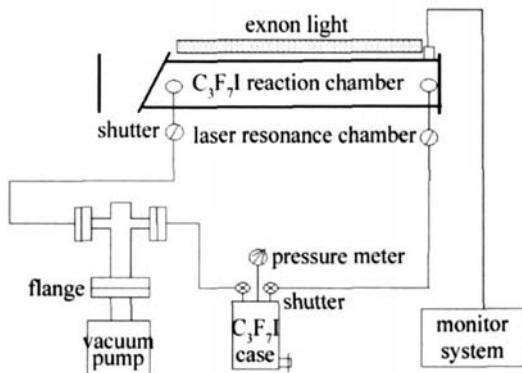


Fig 4 The sketch map of photolytic iodine laser system

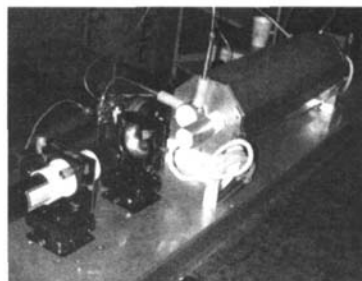


Fig 5 The photolytic iodine laser pumped by xenon light and using C₃F₇I as working substance

3 实验结果及分析

作者利用这套装置成功实现了工作介质七氟碘丙烷 (C₃F₇I) 的受激辐射。图 6 中曲线从上到下依次为

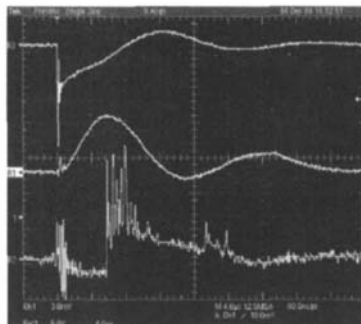


Fig 6 The charge xenon light and laser profiles in experiment 实验测量的放电电压、氙灯和激光波形信号,从中可以清晰得到对应的时序关系。实验参数及结果见表 1。

由表可知,影响这类激光器的能量输出的因素是多方面的,其中最主要的因素有 4 个:有效抽运能量、谐振腔输出耦合率、激光工作室的真空度及工作介质压力。由于 C₃F₇I 化学性质极为活泼,如果工作室真空度较低,C₃F₇I 极易与存在的氧气分子反应,产生能级淬灭,将大大降低激光能量的输出。当然,过高的真空度也是不必要的,10⁰Pa~ 10⁻¹Pa 级的真空度就可以满足实验的要求。

有效抽运能量的大小将影响到最终激光的输出能量。针对具体装置,在储能电容器固定的情况下,氙

Table 1 The experimental parameters and results

experiments	input pressure /Pa	vacuum /Pa	charge voltage/kV	output mirror %	laser energy /mJ
031204-01	1357	0.6	33	30	686.0
031204-04	4655	0.75	33	50	496.0
031204-07	2687	0.6	33	50	530.0
031204-09	1333	0.75	33	50	283.0
031204-10	2666	7.0	33	50	445.0
031205-01	1277	5	33	50	457.0
031205-03	745	5	33	50	314.0
031205-04	4123	5	33	50	529.0
031205-05	6650	5	33	50	380.0
031205-07	3990	4	33	30	621.0
031205-08	2666	5	33	30	426.0
031205-09	2666	5	33	30	646.0

灯电压越高,输出的有效紫外成分越多,激光器可以得到更大的能量输出。

谐振腔的输出耦合率是影响激光输出的另一个重要技术指标。30%的输出耦合率明显好于50%的情况。这说明谐振腔中的损耗较大,由于条件限制,作者只进行了上述2种输出耦合率的试验,最佳耦合率的确定将在下一步的工作中完成。

工作介质的压力是影响激光输出的主要因素之一。过高或过低的工作介质压力都不利于激光能量的输出。这一技术指标与装置参数有关,包括工作室体积及聚光腔结构等。实验中, C_3F_7I 的注气压力在1333Pa~4655Pa范围内可以获得较高的激光输出。另外,利用聚焦法对激光光束质量进行了测量,这套激光装置的发散角约为5mrad。

4 结 论

这套系统是首台利用七氟碘丙烷(C_3F_7I)作为工作物质的光解碘激光器。该类激光器具有结构简单、增益系数大等特点,是一类非常有潜力的激光器类型。通过进一步优化实验参数有可能实现更高的激光输出,这类激光器将在诊断技术、激光加工等领域具有广泛的应用前景。

感谢刘常龄研究员的悉心指导和帮助,感谢金玉奇研究员、多丽萍博士及其课题组的大力协助。

参 考 文 献

- [1] CHEN Sh Sh, BREEDERLOW G, FILL E *et al*. A high power atomic iodine amplifier with an aperture of 320mm [J]. Chinese Journal of Lasers, 1986, 14(9): 513~517 (in Chinese).
- [2] SCHLIE L A. Overview of repetitively pulsed, photolytic iodine lasers [J]. SPIE, 1996, 2767: 28~35.
- [3] TATE R F. Short-pulse photolytic iodine laser [J]. SPIE, 2000, 4065: 658~665.
- [4] ARZHANOV V P. Iodine laser pumped by light from a shock front created by detonating an explosive [J]. Sov JQ E, 1992, 22(2): 118~126.
- [5] KRILLOV G A. Powerful short-pulse lasers pumped by the light of a shock wave front [J]. SPIE, 2000, 3889: 447~450.
- [6] GAO X, LIU H Q, JIE Y X *et al*. Experimental study of THz CW high-power DCN laser [J]. Laser Technology, 2006, 30(1): 64~66 (in Chinese).
- [7] LÜ B D, SHAO H Z, LIN J P *et al*. Recent advances and analysis of optical resonators used for high-power diode-pumped solid-state lasers [J]. Laser Technology, 1997, 21(6): 360~364 (in Chinese).
- [8] GU Zh W, SUN Ch W, ZHANG N *et al*. One-dimensional numerical simulation of laser-driven flyer plates [J]. JAP, 2004, 96(6): 3486~3490.
- [9] GU Zh W, SUN Ch W, ZHANG N *et al*. Experimental and numerical research on shock initiation of pentaerythritol tetranitrate by laser-driven flyer plates [J]. JAP, 2004, 96(1): 344~347.
- [10] LÜ B D. Recent advances in high-power diode-pumped solid-state lasers [J]. Laser Technology, 1996, 20(5): 290~293 (in Chinese).
- [11] GU Zh W, SUN Ch W. Experimental research on hypervelocity flyer driven by mini-size laser [J]. Chinese Journal of Lasers, 2002, 29(5): 407~410 (in Chinese).