

308 nm XeCl 准分子激光泵浦猝灭式 可调谐染料激光器研究

薛绍林 楼棋洪 魏运荣 董景星 高鸿奕

(中国科学院上海光学精密机械研究所激光技术开放实验室, 上海 201800)

摘 要 描述了获得准分子激光超短脉冲的一种方法。理论上扼要地介绍了猝灭式染料激光器产生超短脉冲激光的机理。实验上以香豆素 498 染料得到波长为 496 nm, 脉宽 1 ns, 能量 1.1 mJ 的染料激光。

关键词 超短脉冲, 猝灭式染料激光器。

1 引 言

目前主要获得激光短脉冲途径有三种, 一种是控制染料激光器腔长^[1~5], 泵浦源一般有, 1) 氮分子激光器^[1~5]; 2) 锁模红宝石激光器^[6]; 3) 锁模钕激光器^[7]。这种激光器的腔长大约为几厘米或几毫米, 其输出脉冲宽度大约是泵浦脉冲的 1/3~1/10。第二种是利用自 Q 调制效应的分布反馈染料激光器^[8~10]。这种激光器大约能产生比泵浦脉冲短 50~100 倍的光脉冲。第三种是由 Schafer 等提出的^[11~13], 这种激光器主要利用腔瞬态过程的猝灭作用, 它对于同一增益介质有两个互相竞争的谐振腔。其中一个腔长短并具有高输出损耗, 另一个腔较长, 而且输出损耗小。第二个腔被称为猝灭腔。当所有条件均被满足时, 短腔仅发射出开始的尖峰, 后面的其余部分均被高 Q 腔中高强度的光子流所猝灭。它所输出的染料激光脉冲宽度仅大约为泵浦激光脉冲的 1/50, 这种激光器价格便宜, 结构简单, 具有较高的实用价值。用准分子激光器泵浦猝灭式染料激光器, 通过调谐的方法得到波长为准分子激光波长两倍的染料激光短脉冲, 再用倍频的方法获得准分子激光的种子脉冲, 最后去放大准分子激光, 这样就可以获得高功率准分子短激光。

文献[11]提出了用准分子激光器泵浦猝灭式 p-TP(对三联苯)染料激光器, 获得 0.3 ns, 波长 340 nm 的短脉冲染料激光。本文采用 35 ns 脉宽的 308 nm XeCl 准分子激光泵浦香豆素 498 染料的甲醇溶液染料激光器, 获得波长为 496 nm, 脉宽 1 ns, 能量为 1.1 mJ 的染料激光脉冲。

2 实 验

图 1 是猝灭式染料激光器的结构图。M₁ 和 M₂ 为染料池的两个对面, M₃ 为反射率大于

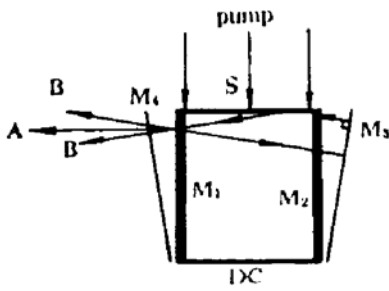


Fig. 1 Quenching dye laser cavity
(DC-dye cell)

98%的镀膜镜, M_4 为普通的石英或玻璃平板。 M_1 和 M_2 构成低 Q (高输出损耗) 谐振腔(也就是短腔)。 M_3 对着染料池的 M_1 有一点倾斜, 一般情况下, 这个倾角大约为 $1.5^\circ \sim 2^\circ$, 它和染料池的 S 面以及 M_1 构成低输出损耗(高 Q) 腔(也就是长腔), 腔中光传播路线如图 1 所示; M_4 对称于 M_3 , 它的作用也类似于 M_3 , 它也起着淬灭腔的作用, 但它的淬灭作用远不及 M_3 , 一般情况下可以移去。在低 Q 腔中, 产生带有尖峰的染料激光。尖峰后的部分被高 Q 腔中的强光子流淬灭。这样就产生的染料激光短脉冲。

图 2 是实验示意图。 G 为 1800 l/mm 的衍射光栅, 它起频率调谐作用, D 是直径为 1.0 mm 的小孔, 它起着挑选光束的作用, DC_1 和 DC_2 为两级放大器。 DC 为淬灭染料激光器的染料池。染料为香豆素 498(由相干公司出品), 溶解于甲醇溶剂。染料池 DC 的内尺寸是 $2 \times 40 \times 10 \text{ mm}^3$, 外尺寸是 $4 \times 42 \times 12 \text{ mm}^3$, 泵浦面为 $4 \times 12 \text{ mm}^2$ 的那个面, 由光学石英平板构成。染料池 DC 中的染料浓度是 $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$, DC_1 和 DC_2 的有效增益长度都是 20 mm , 其中的染料浓度都是 $2 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 。泵浦淬灭式染料激光器的泵浦能量 5 mJ , 泵浦 DC_1 和 DC_2 的激光能量分别是 20 mJ 和 25 mJ , 用一台实验室自产的 30 W , 308 nm XeCl 准分子激光器, 通过分束的方法完全能够提供整个染料激光系统的泵浦能量。 M_5, M_7 和 M_9 是焦距为 200 mm 的圆透镜, M_6, M_8 和 M_{10} 是焦距为 200 mm 的柱透镜, M_5 和 M_6, M_7 和 M_8, M_9 和 M_{10} 这三对透镜均把泵浦光聚焦成一条细光线, 分别泵浦 DC, DC_1 和 DC_2 。实验用 PT-1 型激光能量计激光输出能量。

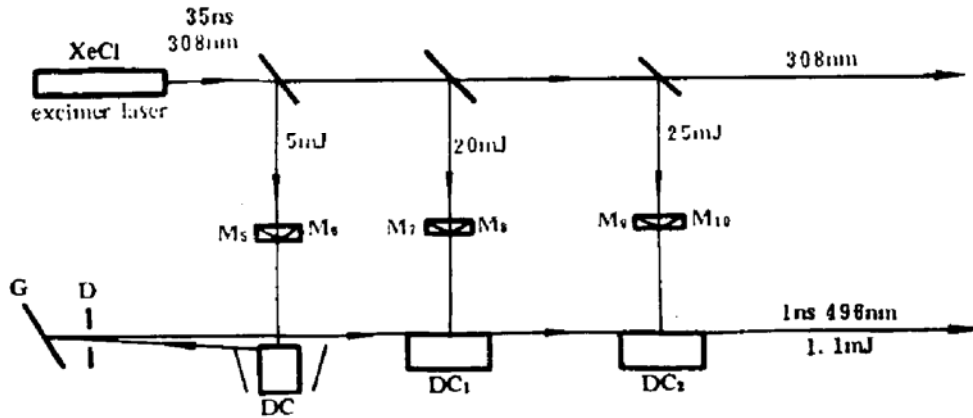


Fig. 2 Experimental setup. (DC is quenching dye cell, DC_1 and DC_2 are two dye laser amplifier; M_5, M_7 , and M_9 are three spherical lens; M_6, M_8 , and M_{10} are three cylindric lens; G is a grating, and D is a small aperture)

3 实验结果

用于泵浦染料池 DC 的准分子激光能量是 5 mJ , 染料池中的染料浓度为 $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 时, 适当调节淬灭腔, 淬灭式染料激光器输出激光。它的输出共有三个方向, 计三束光, 其中两束是淬灭腔(即长腔)输出的染料激光, 它们对应于图 1 中的两个 B 光束, 而从短腔(即低 Q 腔)输出的染料激光对应于图 1 中的 A 光束, B 光束对应于尖峰的后面部分; 而 A 光束则对应于尖峰部分, 它是所需要的短脉冲部分, 由于 A 光束方向和 B 光束方向大约有近 20 mrad 的夹角, 经过小孔 D (直径 1 mm), 很容易将它们分离出来, 但如果染料池设计得不太好, 可

能会有许多束光从激光器发出, 这会给分离光束带来困难, 所以这种激光器对染料池的平行度要求比较高。从淬灭式染料激光器的输出能量非常小, 大约只有纳焦耳(nJ)数量级, 用能量计很难直接测量, 但用示波器能看到输出脉冲波形, 光栅 G 主要是起调谐作用, 从小孔出来经过光栅后的种子光脉冲首先通过染料激光放大器 DC_1 进行放大, DC_1 中的染料浓度为 $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$, 有效增益长度是 20 cm, 泵浦 DC_1 的准分子激光能量为 20 mJ 经过放大后, 染料激光能量达到 20 μJ , 当它再经过放大器 DC_2 放大后, 染料激光能量达到 1.1 mJ, DC_2 中的染料浓度和 DC_1 中的相同, 有效增益长度也是一样, 用于泵浦 DC_2 的准分子激光能量是 25 mJ。图 3 是未加淬灭腔时的激光输出脉冲波形, 其坐标单位是(100 mV, 5 ns)。图 4 是加淬灭腔时的激光输出脉冲波形, 其坐标单位是(10 mV, 1 ns), 从示波器照片(图 4)上可以看出, 染料激光输出脉宽大约为 1 ns。

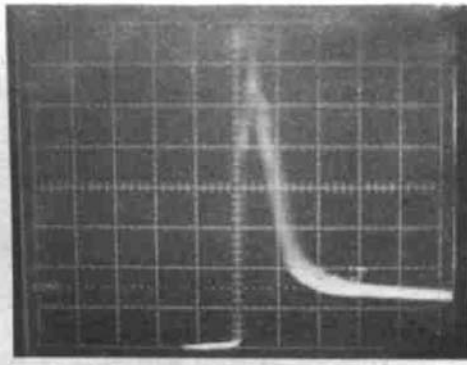


Fig. 3 Temporal shape of the unquenching dye laser pulse; time scale, 5 ns/div

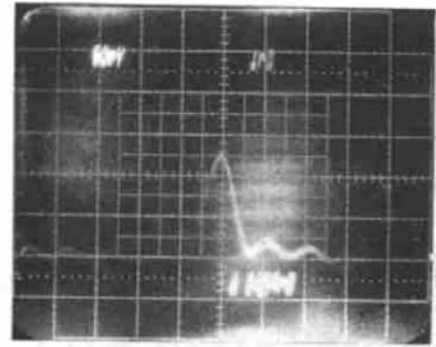


Fig. 4 Temporal shape of the quenching dye laser pulse; time scale, 1 ns/div

4 讨 论

从淬灭机理来看, 用于泵浦淬灭式染料激光器的准分子激光的脉冲宽度是 35 ns, 它的上升时间大约为 1 ns, 淬灭式染料激光脉冲的宽度大约是泵浦脉冲的 1/50, 所以淬灭式染料激光脉冲宽度大约是 $0.35/50 \approx 0.7 \text{ ns}$, 这和实验中得到的结果(1 ns)相符合。从泵浦能量来看, 整个染料激光系统所需的总泵浦能量只为 50 mJ, 所以一般的准分子激光器基本上都能充当它的泵浦源。

总 结 用淬灭式染料激光器再加上经倍频晶体提供的激光种子脉冲, 可以作为准分子激光放大和压缩系统的一个比较好的方案。波长 496 nm 的染料激光短脉冲经过 BBO 晶体倍频后可以作为 248 nm KrF 准分子激光放大器的种子源, 对 KrF 准分子激光脉冲的放大与压缩有比较重要的意义。淬灭式染料激光器, 由于其结构简单, 价格便宜和使用方便, 有一定的研究与实用意义。采用这种方法, 在实验上获得了 1 ns 脉宽, 输出能量达 1.1 mJ 的单脉冲可调谐染料激光。

参 考 文 献

- [1] C. Lin, Studies of relaxation oscillations in organic dye lasers. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1975, QE-11(8): 602
- [2] H. Uchiki, M. Yoshizawa, T. Kobayashi, Pulse shortening in dye laser side-pumped by TEA N_2 laser. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1983, QE-19(4): 551

- [3] R. Wyatt, Transient behaviour of pulsed dye lasers. *Opt. Commun.*, 1978, **26**(6) : 429
- [4] A. Andreoni, P. Benetti, C. A. Sacchi, Subnanosecond pulses from a single-cavity dye laser. *Appl. Phys.*, 1975, **7**(1) : 61
- [5] R. Cubeddu, R. Polloni, C. A. Sacchi, A simple and reliable short-pulse dye laser. *Appl. Phys.*, 1977, **13**(1) : 109
- [6] A. N. Rubinov, I. M. Korda, Compact dye laser with a narrow continuously tunable emission line. *Sov. J. Quant. Electron.*, 1976, **5**(10) : 1436
- [7] G. W. Scott, J. H. Clark, M. A. Tolbert *et al.*, Simultaneous determination of the spectral and temporal properties of tunable, single, picosecond pulses from a short cavity dye laser. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1983, **QE-19**(4) : 544
- [8] Z. Bor, Tunable picosecond pulse generation by N₂ laser. *IEEE J. Quant. Electron.*, 1980, **QE-16**(5) : 517
- [9] Z. Bor, A. Muller, B. Racz *et al.*, Ultrashort pulse generation by distributed feedback dye laser, I. *Appl. Phys.*, 1982, **B27**(1) : 9
- [10] Z. Bor, A. Muller, B. Racz *et al.*, Ultrashort pulse generation by distributed feedback dye laser, II. *Appl. Phys.*, 1982, **B27**(1) : 77
- [11] F. P. Schafer, L. Wenchong, S. Szatmari, Short UV laser pulse generation by quenching of resonator transients. *Appl. Phys.*, 1983, **B32**(2) : 123
- [12] S. Szatmari, F. P. Schafer, Simple generation of high-power picosecond, tunable excimer laser pulses. *Opt. Commun.*, 1983, **48**(4) : 279
- [13] S. Szatmari, Pulse shortening of 5×10^3 by the combined pulse forming of dye oscillators, saturated amplifiers and gated saturable absorbers. *Opt. & Quant. Electron.*, 1989, **21**(1) : 55

Tunable Quenching Dye Lasers Pumped by 308 nm XeCl Excimer Laser

Xue Shaolin Lou Qihong Wei Yourong Dong Jinxing Gao Hongyi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

(Received 18 July 1995; revised 15 September 1995)

Abstract A method to obtain short pulse in an excimer laser is presented in this paper. Mechanics of ultrashort pulses generation in quenching dye lasers is simply described theoretically. For dye coumarin 498, single pulse with 1ns pulse width and 1.1mJ energy was demonstrated at 496 ns experimentally.

Key words ultrashort pulse, quenching dye lasers