

可调谐淬灭式染料激光器研究*

薛绍林 楼祺洪 魏运荣

(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 研究了可调谐淬灭式染料激光器的染料浓度和泵浦能量对淬灭效果的影响, 并且研究了它的调谐范围。对于 308 nm XeCl 准分子激光泵浦淬灭式香豆素 498 染料激光器, 得到了一些具体的参数。

关键词 淬灭式染料激光器, 可调谐, 泵浦能量, 脉冲宽度。

1 引 言

淬灭式染料激光器是获得染料激光短脉冲的一种有效手段^[1-3]。它具有结构简单, 价格便宜和使用方便等特点。尤其对于很难获得激光短脉冲的准分子激光器, 这种技术就更具有其优点, 具体做法是, 用一台输出能量不太高的 308 nm XeCl 准分子激光器泵浦香豆素 (Coumarin) 498 染料, 通过调谐, 获得波长为 497 nm 的染料激光短脉冲, 然后利用晶体倍频, 得到波长 248.5 nm 的激光种子脉冲, 再用它去放大 KrF 准分子激光器, 以期得到高功率的准分子激光, 用于激光和物质相互作用研究; 或者用 308 准分子激光泵浦若丹明等染料激光器, 得到波长 616 nm 的染料激光短脉冲, 经倍频后去放大另一台 XeCl 准分子激光, 以此获得 308 nm 的高功率激光。如果将淬灭式染料激光器和分布反馈染料激光器^[4,5]联合使用^[6], 则可以获得皮秒甚至亚皮秒的激光短脉冲。

本文利用 308 nm, XeCl 准分子激光泵浦淬灭式香豆素 498 染料激光器, 具体研究染料浓度和泵浦能量对淬灭式染料激光器输出的影响。

2 淬灭式染料激光器的结构

实验中所用的淬灭式染料激光腔的常用结构如图 1 所示, M_1 和 M_2 就是染料池的两个对面, 它们构成低 Q (高输出损耗) 谐振腔(也就是短腔), M_3 是反射率大于 98% (这反射率对应于染料激光波长, 在本实验中激光波长是 497 nm) 的镀膜镜, M_4 是普遍的石英或玻璃平板。它们构成低输出损耗(高 Q) 腔(也就是长腔), 这个

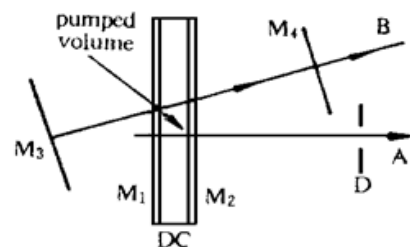


Fig. 1 Quenching dye laser cavity. DC-dye cell

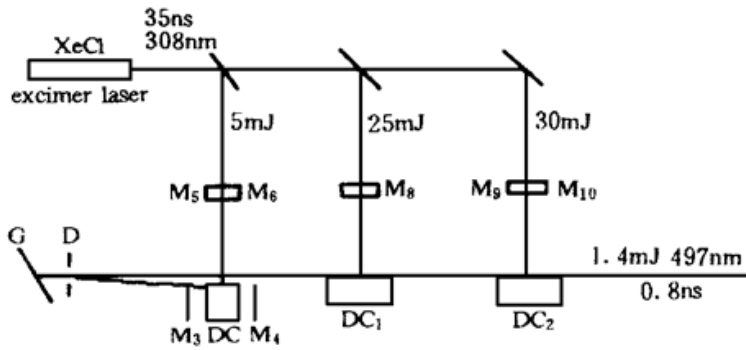
* 本工作得到国家 863-416 资助。

收稿日期: 1995 年 10 月 6 日; 收到修改稿日期: 1995 年 12 月 27 日

腔的轴线与 M_1 和 M_2 所组成腔的轴线成 $1^\circ \sim 2^\circ$ ，它起着淬灭腔的作用。在低 Q 腔中，产生带有尖峰信号的染料激光。尖峰信号后的部分全部被高 Q 腔中的强光子流淬灭。这样就能产生染料激光短脉冲。

3 实验装置

图2是实验装置示意图。G是18001/mm的衍射光栅，D是直径为1.0mm的小孔起着选择光束的作用，光栅G起频率调谐作用，DC₁和DC₂是两级放大器。DC



是淬灭染料激光器染料池。染料是香豆素 498 (Comarin498) (由相干公司出品)，溶解于甲醇溶剂。DC的内尺寸是 $2 \times 40 \times 10 \text{ mm}^3$ ，外尺寸是 $4 \times 42 \times 12 \text{ mm}^3$ ，泵浦面是 $4 \times 12 \text{ mm}^2$ 的那个面，这个面由光学石英平板构成。DC₁和DC₂的有效增益长度都是20mm，其中的染料浓度都是 $2 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 。泵浦DC₁和DC₂的激光能量分别是25mJ和30mJ，用一台实验室自产的30W，308nm 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。

Fig. 2 Experimental setup. DC is quenching dye laser, DC₁ and DC₂ are dye laser amplifiers; M₅, M₇, and M₉ are spherical lenses; M₆, M₈, and M₁₀ are cylindrical lenses; G is a grating, and D is a small aperture

法完全能够提供整个染料激光系统的泵浦能量。M₅、M₇和M₉是焦距为200mm的圆透镜，M₆、M₈和M₁₀是焦距为200nm的柱透镜，M₅和M₆，M₇和M₈，M₉和M₁₀这三对透镜均把泵浦光聚焦成一条细光线，分别泵浦DC、DC₁和DC₂。实验用PT-1型激光能量计测量激光输出能量。

4 实验结果

实验选用图1的结构作为淬灭腔，在未加淬灭腔时，当染料浓度为 $1 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 时，染料激光器的输出基本上没有尖峰信号出现，因此这时即使用淬灭腔，也很难获得激光短脉冲；当染料浓度增加到 $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 时，染料激光器有尖峰信号输出，但还不太突出，这时如果加上淬灭腔，可以获得激光短脉冲输出；当染料浓度增加到 $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 时，染料激光器有较强的尖峰信号出现，这时如果使用淬灭腔，则有良好的激光短脉冲输出；如果染料浓度再增加，虽然，尖峰信号更强，但是在这和中情况下有两个缺点，一是尖峰信号太强会给染料池带来损害，二是染料浓度太大，泵浦激光只能在染料池的泵浦面附近非常小的区域内起泵浦作用，由于泵浦体积小，淬灭腔很难调整，作者认为染料溶液太稀时，在泵浦光泵浦时，由于损耗等原因，很难使染料激光介质产生强烈的粒子反转数密度，因此也就难以形成明显的尖峰信号。关于泵浦能量，当染料浓度为 $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 时，对于5mJ的泵浦能量，当淬灭腔长为2cm时，短腔中没有激光输出，这是因为淬灭腔太短，它的 Q 值太高，因此淬灭腔中的光子流密度太大，它有可能把染料激光介质的反转粒子数全部倒空，这样短腔中就没有激光输出；当长腔长度增加到14cm时，短腔中有激光短脉冲输出，当输出能量

增加时, 染料激光短脉冲脉宽有所增加。当淬灭腔长度为 140 mm, 染料浓度为 2.5×10^{-3} mol/l 时, 淬灭式染料激光器输出脉宽与能量关系如表 1 所示, 当泵浦能量增加到 20 mJ 时, 淬灭腔淬灭效果明显降低, 有很多时候根本得不到染料激光短脉冲, 这时如果减小淬灭腔的腔长到 2.5 cm 左右时, 又能获得良好的淬灭效果。对于淬灭式染料激光器输出脉冲宽度与泵浦能量的关系, 这主要是因为, 泵浦量太大, 淬灭腔中的光子流不能把尖峰信号后面的部分完全淬灭, 因此加大了淬灭式染料激光器的输出脉宽, 当泵浦光能量大到一定程度时, 甚至出现淬灭腔时而有淬灭效果, 时而没有淬灭效果的现象; 另外, 本文也发现当泵浦能量减小到 1.3 mJ 时, 即使拿掉淬灭腔, 激光器也能输出波形良好的激光短脉冲, 这是因为泵浦能量太小, 染料激光介质的粒子反转数密度就小, 而短腔的损耗太大, 在尖峰脉冲后面根本不能形成激光振荡, 所以激光器只发出一个尖峰脉冲, 不过这时激光太微弱, 没有多大的实用价值。所以要得到良好的淬灭效果, 对于一定的淬灭腔结构, 要选择适当的染料浓度和泵浦能量。

Table 1 Pulse width varied as pump energy with dye concentration 2.5×10^{-3} mol/l

pump energy (mJ)	5	10	15	20
pulse width (ns)	0.8	1.0	1.2	unstable

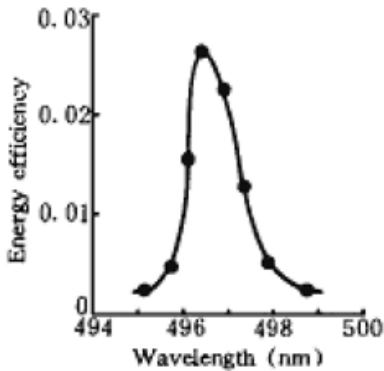


Fig. 3 The energy transformation curve

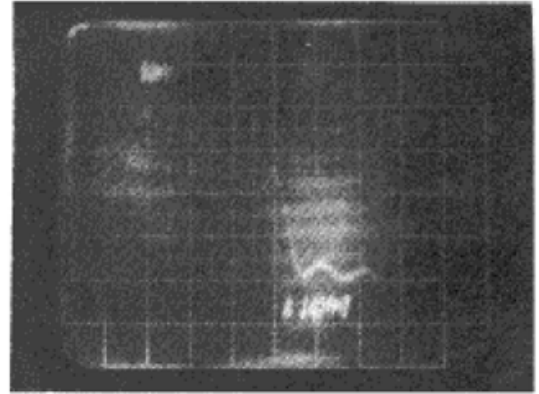


Fig. 4 Temporal shape of the quenching dye laser pulse; time scale, 1ns/div

本文用 308 nm XeCl 准分子激光泵浦香豆素 498 染料, 实验测出了淬灭式染料激光系统的能量转换效率随波长变化曲线, 如图 3 所示, 此时振荡级染料激光器的泵浦能量为 5 mJ, 染料浓度为 2.5×10^{-3} mol/l, 由于振荡级输出能量只有纳焦耳数量级, 为了方便, 实验加了两级放大, 第一级激光放大器(DC₁)的泵浦能量为 25 mJ, 第二级放大器的泵浦能量为 30 mJ, 两级放大器的染料浓度都是 2×10^{-3} mol/l。

图 4 是淬灭式染料激光输出脉冲波形, 其坐标单位是(10 mV, 1ns), 此时, 泵浦染料池 DC 的泵浦能量是 5 mJ, 染料浓度是 2.5×10^{-3} mol/l。从图 4 可以看出, 脉冲宽度为 0.8 ns。

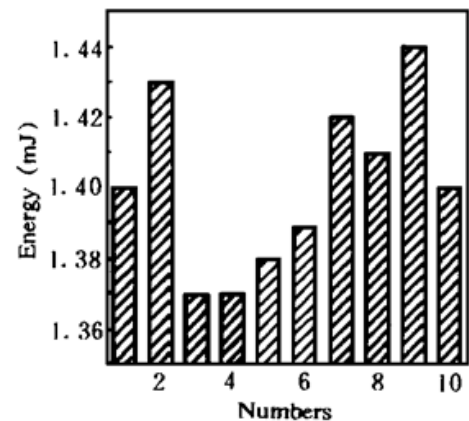


Fig. 5 Energy fluctuation

对于淬灭式染料激光器的输出稳定性作了一些研究,在染料浓度为 2.5×10^{-3} mol/l, 泵浦能量为 5 mJ, 实验测了 10 个输出脉冲的能量, 结果如图 5 所示, 从图上可看出, 输出能量的涨落优于 6% (泵浦激光能量的涨落为 3% 左右); 对于脉冲宽度的稳定性用示波器 1 ns 档观察 20 个输出脉冲, 未看到脉宽有显著变化。对于 308 nm XeCl 准分子激光泵浦若丹明 6G 淬灭式染料激光器观察到类似的结果。

总 结 308 nm XeCl 准分子激光泵浦淬灭式染料激光器是获得准分子激光超短脉冲的一种简单而又行之有效的方法, 本文用 308 nm XeCl 准分子激光泵浦香豆素 498 染料激光器, 具体探讨了泵浦能量和染料浓度对淬灭效果的影响, 对于 5 mJ 的泵浦能量, 2.5×10^{-3} mol/l 的染料浓度, 我们获得脉宽为 0.8 ns 的染料激光短脉冲输出。

参 考 文 献

- [1] F. P. Schafer, L. Wenchong, S. Szatmari, Short UV laser pulse generation by quenching of resonator transients. *Appl. Phys.*, 1983, **B32**(3): 123~ 125
- [2] S. Szatmari, F. P. Schafer, Simple generation of high-power picosecond, tunable excimer laser pulses. *Opt. Commun.*, 1983, **48**(4): 279~ 283
- [3] 薛绍林, 楼祺洪, 魏运荣等, 308 nm XeCl 准分子激光泵浦淬灭式可调谐染料激光器研究. *光学学报*, 1996, **16**(2): 133~ 136
- [4] Z. Bor, A. Mullerm, B. Racz *et al.*, Ultrashort pulse generation by distributed feedback dye laser, I. *Appl. Phys. (B)*. 1982. **27**(1): 9~ 14
- [5] Z. Bor, A. Muller, B. Racz *et al.*, Ultrashort pulse generation by distributed feedback dye laser, II. *Appl. Phys. (B)*, 1982, **27**(2): 77~ 81
- [6] S. Szatmari, Pulse shortening of 5×10^3 by the combined pulse forming of dye oscillators, saturated amplifiers and gated saturable absorbers. *Opt. & Quantum Electronics*, 1989, **21**(1): 55~ 61

Excimer Laser Pumped Tunable Picosecond Dye Lasers

Xue Shaolin Lou Qihong Wei Yourong

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Chinese Academy Sciences, Shanghai 201800)

(Received 6 October 1995; revised 27 December 1995)

Abstract The effects of dye concentration and pumping energy on the laser output are studied in a tunable quenching dye laser. Tunable range was measured. Some parameters were obtained in a coumarin 496 dye laser pumped by a 308 nm XeCl laser.

Key words quenching dye lasers, tunable, pumping energy, and pulse duration.