

## 超短腔染料激光器时间特性的研究

钱列加 刘一先 李富铭

(复旦大学物理系, 200433)

邓锡铭

(中国科学院上海光机所, 201800)

### Study on transient behaviours of short cavity dye laser

*Qian Liejia, Liu Yixian, Li Fuming*

(Physics Department, Fudan University, Shanghai)

*Deng Ximing*

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

**Abstract:** The phenomena of relaxation oscillations and pulse separation generated in the short cavity dye laser are studied experimentally and the reason resulting in pulse separation is discussed.

**Key words:** short cavity dye laser, relaxation oscillations, pulse separation

### 一、引 言

超短腔染料激光器可产生窄脉冲, 可调谐激光脉冲输出<sup>[1~3]</sup>。输出激光的时间特性与泵浦激光强度有关, 选择合适的泵浦强度则可获得单脉冲激光, 而在较高的泵浦强度时, 则产生多个脉冲, 也就是所谓的弛豫振荡现象<sup>[4]</sup>。本文的研究发现随着泵浦强度的提高, 不但输出脉冲具有弛豫振荡结构, 而且激光脉冲会发生分裂。

### 二、实验装置及结果

实验装置示于图1, 用Nd:YAG锁模倍频序列泵浦的Rh6G染料激光作为超短腔Nile blue A染料激光器的泵浦光。超短腔染料激光器两腔镜对700 nm左右光的反射率分别为98%和85%。泵浦波长为564 nm, 泵浦脉宽为40 ps。输出激光为多模振荡, 波长范围经2m摄谱仪测得为693.4~716.6 nm, 中心波长为705 nm(因胶片在长波长范围感光度低, 而无法拍摄激光谱线)。用BWS-5K型条纹相机和Tektronix 485型宽带示波器分析其时间特性。典型的泵浦脉冲序列和输出脉冲序列见图2照片所示。图中上半部分表示泵浦脉冲序列, 下半部分表示输出脉冲序列, 每格的时间宽度为5 ns。

在超短腔染料激光器腔长为300  $\mu\text{m}$ , Nileblue A-乙醇溶液浓度为 $2.5 \times 10^{-3}$  M时, 输

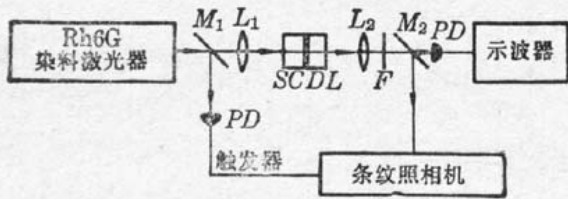


图1 实验装置

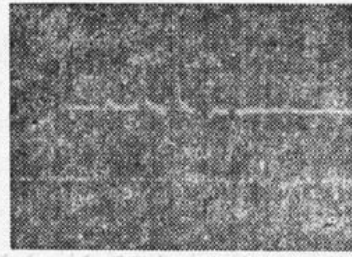


图2 典型的泵浦脉冲及输出脉冲序列

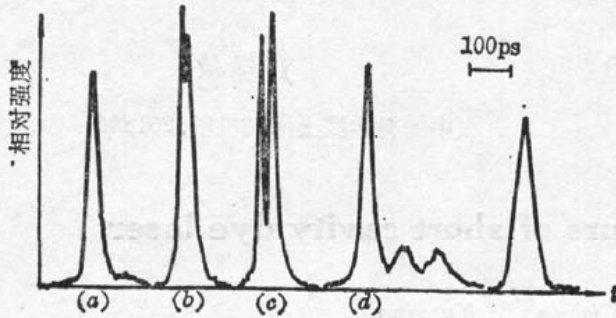


图3 不同泵浦强度时的输出脉冲波形。最右的曲线表示泵浦脉冲 (a)~(d) 为输出激光脉冲，对应泵浦能量分别为 (a)  $130 \mu\text{J}$ ; (b)  $240 \mu\text{J}$ ; (c)  $260 \mu\text{J}$ ; (d)  $280 \mu\text{J}$

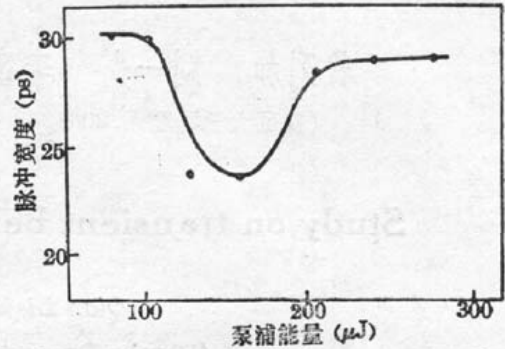


图4 输出脉冲宽度跟泵浦能量的关系

出激光脉冲随泵浦强度变化的影响如图3所示。输出脉冲会发生分裂，随着泵浦强度的提高，脉冲分裂程度越甚。进一步提高泵浦强度，则可观察到弛豫振荡现象。输出激光脉冲的时间宽度跟泵浦强度也有很大的关系，见图4所示，在较小和较大的泵浦强度情况下，输出脉冲宽度较宽。结合图3发现，选择合适的泵浦强度，可获得脉宽较窄的单脉冲激光输出。

为了更详细地研究脉冲分裂现象，实验中也研究了不同的 Nile blue A 染料浓度，腔长以及用苯乙烯菁染料\* (输出激光的中心波长为  $701.5 \text{ nm}$ ) 时的输出激光脉冲波形见图5。它表明上述各种不同条件下均存在脉冲分裂现象，而且随着腔长或染料浓度的增加，发生脉冲分裂的泵浦强度也相应提高。

脉冲分裂的多次重复测量表明，上述这些规律具有很好的再现性。只是因泵浦光脉冲能量稳定性较差，无法精确控制泵浦能量，使得我们不能完全重复以上结果。

综上所述，我们可以发现这种脉冲分裂现象普遍存在于超短腔染料激光器中。

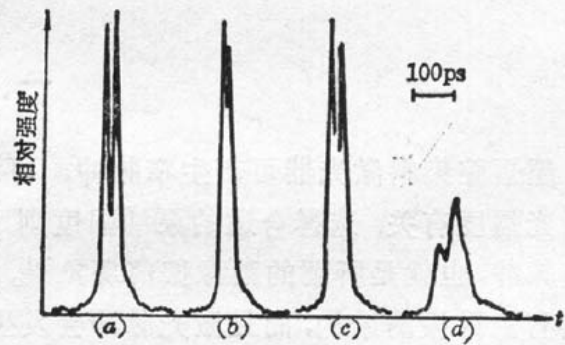


图5 不同腔长及染料浓度时的脉冲波形。(a)~(c) 均为 Nile blue A 染料激光脉冲。相应的浓度，腔长及泵浦能量分别为 (a)  $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ ,  $300 \mu\text{m}$ ,  $180 \mu\text{J}$ ; (b)  $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ ,  $150 \mu\text{m}$ ,  $120 \mu\text{J}$ ; (c)  $8 \times 10^{-3} \text{ M}$ ,  $30 \mu\text{m}$ ,  $280 \mu\text{J}$  和 (d) 苯乙烯菁染料  $2 \times 10^{-3} \text{ M}$ ,  $200 \mu\text{m}$ ,  $200 \mu\text{J}$

### 三、讨论

脉冲激光的弛豫振荡是由腔内激光场与高于阈值的粒子反转数之间互相作用的结果，已

\* 苯乙烯菁染料为华东化工学院精细结构研究所新研制的激光染料。

经有好多研究报道<sup>[4~6]</sup>。而脉冲分裂现象则不可能像分析弛豫振荡那样用简单的单模速率方程模型来研究。本文使用单横模的激光泵浦超短腔染料激光器,输出激光也是横模(短腔激光器有利于单横模振荡),这就排除了由各横模起振时间不一致,而导致脉冲包络分裂的可能性。图 3 中右边曲线给出了对应某一泵浦能量的泵浦光脉冲时间波形,虽然它具有光滑的轮廓,但不能排除对应不同泵浦能量的泵浦脉冲时间波形有分裂或多峰现象。泵浦脉冲是通过被增益染料吸收转换成染料上能级粒子数来影响输出激光脉冲的,因此泵浦脉冲的分裂或多峰结构不可能导致像实验中所观察到的输出激光脉冲分裂这样几乎是突变的快过程。

我们对脉冲分裂现象的初步解释是在多纵模振荡的超短腔染料激光器中,由于其腔长短,纵模间隔大,因而各振荡模的增益、损耗差异较大,故它们各自建立振荡的时间不同而导致输出脉冲包络有分裂现象发生。进而可以推断实际上在泵浦强度较低和较高的情况下,脉冲也会有一定程度的分裂,只是分裂程度不高,受条纹相机分辨率( $\sim 10$  ps)的限制而观察不到。假如能够使超短腔染料激光器实现单纵模运转,就可以验证这种解释是否成立。在腔长  $< 5 \mu\text{m}$ <sup>[7]</sup> 时,可以实现单纵模运转,但输出激光脉冲能量较低,使得在实验中无法验证。

感谢上海光机所何慧娟、陆雨田、董景元等同志的帮助及支持。

### 参 考 文 献

- 1 A. J. Cox *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **40**, 664(1982)
- 2 G. W. Scott *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-19**, 554(1983)
- 3 H. P. Krotz *et al.*, *IEEE, J. Quant. Electr.*, **QE-21**, 1795(1985)
- 4 C. Lin, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-11**, 602(1975)
- 5 C. L. Tang, *J. Appl. Phys.*, **34**, 2935(1963)
- 6 R. Dunsmuir *et al.*, *J. Electr. Contr.*, **10**, 453(1961)
- 7 刘一先,伍长征 *et al.*,*应用激光*, **5**, 207(1985)

(收稿日期: 1989 年 9 月 26 日)

## 一种新型单纵模连续 Nd:YAG 激光器

陆耀东

(北京激光参量测试中心, 100010)

兰信钜 刘耀兰

(华中理工大学激光研究所, 430074)

### A new single-axial-mode (SAM) CW Nd:YAG laser

*Lu Yaodong*

(Beijing Laser Parameter Testing Center, Beijing)

*Lan Xinju, Liu Yaolan*

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan)

**Abstract:** A single-axial-mode (SAM) selection method using T-R double F-P etalon has been proposed. A SAM output of 150 mW has been achieved by this method from a CW Nd: