

# 重复率光泵染料锁模的研究

金德运 黄国松 周复正

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 采用短谐振腔结构, 利用分辨率 10 ps 时间扩展器研究了染料浓度、流速与泵浦能量对锁模脉宽的影响。在重复率 10~20 次/s 下, 得到稳定的锁模脉冲输出。没有观测到卫星脉冲与失锁现象。脉冲幅度起伏优于 10%。

## Study on dye mode-locking of repetition pulse laser

Jin Deyun, Huang Guosong, Zhou Fuzheng

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

**Abstract:** Using short resonator and the time expander with a resolution of 10 ps the effect of pumping energy, concentration and flow speed of the dye on the mode-locked pulse-width is studied. At a repetition rate of 10 to 20 Hz, we have obtained the output of stable mode-locked pulses. The satellite pulse and mismatching have not been observed. The fluctuation of the pulse amplitude is less than 10%.

文献[2]给出热稳腔分析与设计的详细结果。本文着重分析与研究重复率光泵染料锁模的最佳条件, 以获得稳定的微微秒脉冲序列的输出。

一、  
利用染料的非线性饱和吸收效应可以获得 ps 锁模激光脉冲的输出, 但以往实验中存在的主要问题是锁模几率低, 输出稳定性差。

重复率光泵染料锁模与单次脉冲器件相比, 情况复杂得多。首先是锁模染料在高功率内腔激光的瞬时加热下产生热畸变, 严重破坏内腔光束质量, 从而降低了锁模几率, 并使输出的脉冲序列变得十分不稳定<sup>[1]</sup>。其次是激活介质在光泵感应下产生的热畸变, 不仅增大输出光束发散角, 而且使输出稳定性变差<sup>[2]</sup>。

二、  
实验装置如图 1 所示。选用  $\phi 5 \times 90$  的 YAG 棒, 相应的热焦距

$$f_T(m) \approx 2.1/P_{im}(kW),$$

其中  $P_{im}$  为泵浦功率。为消除内腔标准具效应与寄生振荡, 棒端面磨斜  $0.5^\circ$ 。聚光腔为单灯泵浦的椭圆柱腔, 有效长度 10 cm。激

收稿日期: 1984 年 4 月 6 日。

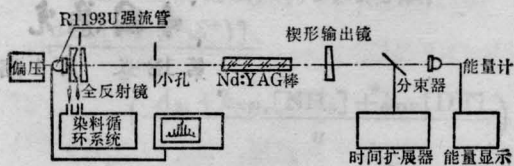


图1 流动染料锁模 YAG 激光器及其测试

光腔几何长度 48 cm, 输出腔片为  $T=60\%$  的楔形平板, 后反射镜为凹面镜。内腔限模光阑孔径为 1.5 mm。

锁模染料选用五甲川, 溶剂为 1,2-二氯乙烷。染料盒与全反射镜连成一体, 楔形窗口平板镀  $1.06\ \mu\text{m}$  增透膜, 液层厚度约为 1.5 mm。为防止染料腐蚀, 染料闭路循环系统采用聚四氟乙烯与不锈钢加工而成。改变微型泵的驱动电功率, 调节染料流速。

使用时间分辨率为 10 ps 的时间扩展器, 观测 ps 脉冲宽度及其变化。输出的锁模序列波形, 用响应时间为 300 ps 的 R1193U 强流管接收, 用带宽 350 MC 的示波器显示记录。输出的光脉冲能量用 JN-1 型能量计测量。

### 三、

对于单次脉冲染料锁模激光器, 通常使用经过一定工艺流程纯化的 1,2-二氯乙烷 (通称光谱纯) 作为五甲川的溶剂。否则不

可能得到理想与稳定的锁模脉冲输出。在重复率 10 次/s 与泵浦能量 30~40 J/次的条件下, 我们分别用光谱纯与分析纯的二氯乙烷作溶剂, 进行了流动染料锁模实验, 结果如图 2(a)、(b) 所示。从曝光 450 次记录的序列波形来看, 两者输出的锁模脉冲序列都是比较稳定的。由此可见, 重复率光泵下, 溶剂纯度对锁模的影响远没有单次光泵严重。但从锁模的最终效果来看, 提高溶剂纯度有利于改善锁模的稳定性。但采用分析纯溶剂, 是非常经济与实用的。本文给出的实验结果, 均是使用分析纯溶剂得到的。

当染料停止流动时, 由于内腔激光加热染料所产生的热畸变得不到及时消除, 输出锁模脉冲序列很不稳定, 如图 2(c) 所示。经几秒钟之后, 锁模几率明显下降, 并伴随出现自锁脉冲。如果染料流速过大, 观察到输出激光场图频繁跳变, 锁模很不稳定。这是由于流场不均匀所造成的。由此可见, 染料流速对锁模稳定性的影响是十分明显的。为得到均匀的流场, 使每次光泵脉冲到来之前及时更换染料, 求得稳定的锁模, 必须选择最佳流速。在我们的条件下, 相应流速约为 5 ml/s 时, 输出的锁模脉冲序列是比较稳定的。

图 3 给出重复率 10 次/s 下, 锁模脉宽随染料透过率变化的实验曲线。结果表明, 锁模脉宽及其稳定性对染料浓度的改变是比较敏感的。当染料透过率  $< 55\%$ , 相应的吸收系数较大, 强脉冲增长速度慢; 当染料透过率  $> 58\%$ , 相应强脉冲增长速度过快。显然, 这两种情况都不利于稳定与窄脉冲的形成。图 3 的结果表明: 当染料透过率为 56% 左右时, 相应的脉宽窄, 约 70 ps, 输出比较稳定。

图 4 中的锁模脉宽随泵浦能量变化的实验曲线表明, 泵浦能量越高, 相应脉宽越宽。但由于激活介质增益饱和效应, 当泵浦能量  $> 55\ \text{J}$  时, 锁模脉宽出现相应的饱和现象。

既然锁模脉宽随增益增加而展宽, 那么在一个锁模脉冲序列中, 各个微微秒脉冲宽

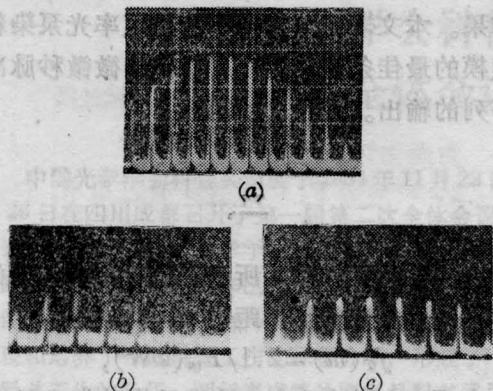


图2 不同溶剂与染料流速下的锁模激光波形  
(a) 最佳条件下的锁模激光脉冲波形(溶剂:光谱纯 1,2-二氯乙烷;最佳流速); (b) 用分析纯 1,2-二氯乙烷为溶剂时的锁模激光波形; (c) 染料停止循环后的锁模激光波形

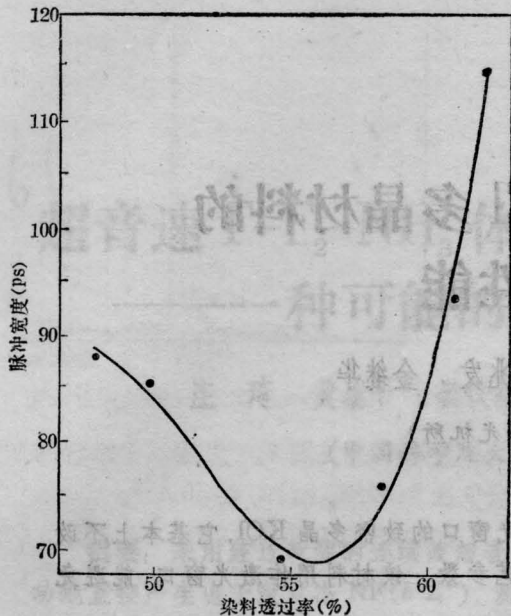


图3 锁模脉宽随染料浓度变化的实验曲线

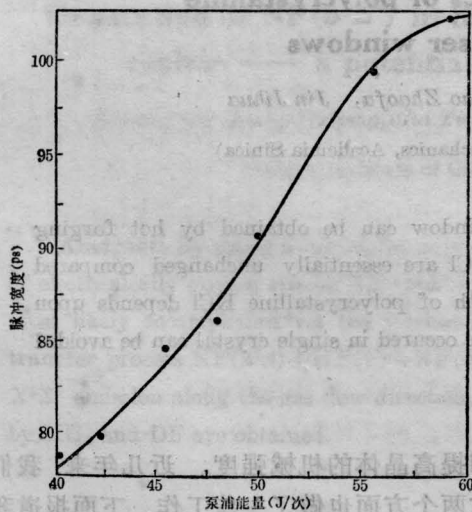


图4 锁模脉宽随泵浦能量变化的实验曲线

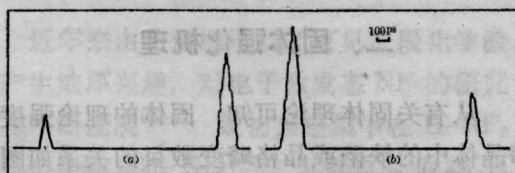


图5 序列脉冲中单个微微秒脉冲宽度的变化  
(泵浦能量 42.3J)

序列包络前沿(a)与后沿(b)的两相邻微微秒脉冲波形

度也是不相同的。用时间扩展器记录了锁模脉冲序列的前沿与后沿中两个随机相邻的微微秒脉冲宽度及其变化(图5)。结果表明:强脉冲宽度比弱脉冲宽,脉宽相对变化范围为60~100 ps。相邻两个微微秒脉冲的时间间隔为3.7 ns,这是谐振腔的光学长度决定的。

因时间扩展器是随机记录锁模脉冲序列中某一个微微秒脉冲,加上各个微微秒脉宽互不相同,因而实际测量中偶然误差难避免。

#### 四、

在重复率10~20次/s和最佳锁模条件下,测量了被动锁模YAG激光器的输出特性,激光序列波形如图2(a)所示。图6给出时间扩展器记录的单个微微秒光脉冲波形。单脉冲宽度约为70 ps。当泵浦能量不大于40 J,平均单个 ps 脉冲能量大于0.5 mJ。没有观测到卫星脉冲与失锁现象。输出的锁模脉冲序列较稳定,脉冲幅度起伏优于10%。

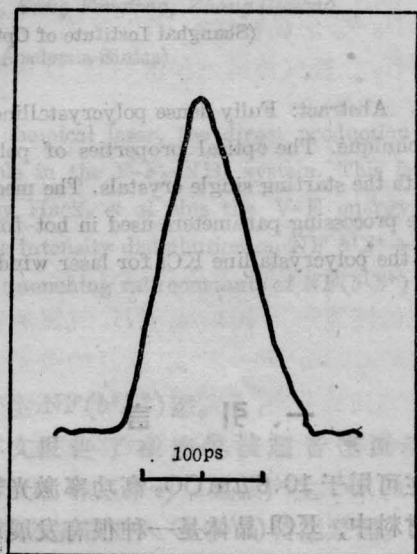


图6 时间扩展器记录的单个 ps 脉冲波形

#### 参 考 文 献

- [1] A. R. Clobes et al.; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1970, **QE-6**, 651.
- [2] 金德运;《应用激光》, 1982, **2**, No. 5, 33.