

# 钕激光器锁模用的五甲川染料

谢梓铭 陈绍和 陈兰荣

(中国科学院上海光机所)

杨射水

(上海试剂三厂)

## 提 要

本文给出了钕激光器锁模用的五甲川染料的物理、化学和锁模特性。找出了影响溶于1, 2-二氯乙烷的五甲川染料溶液稳定性的因素。提出了一种提高染料稳定性的方法。和十一甲川染料相比,五甲川染料是一种廉价而好的锁模染料。

## Pentamethylidyne dye for mode-locking in Nd<sup>3+</sup> lasers

Xie Zhiming Chen Shaohe Chen Lanrong

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

Yang Sheshui

(Shanghai No. 3 Reagent Plant)

## Abstract

Physical, chemical and mode-locking properties of pentamethylidyne dye for mode-locking in Nd<sup>3+</sup> lasers are given. Several factors which affect the stability of the dye solution with 1, 2-dichloroethane as solvent have been found. A method for increasing the stability of the dye solution is presented. Pentamethylidyne dye is proved to be a good and inexpensive dye for mode-locking as compared with undecamethylidyne.

## 一、前 言

用染料作为可饱和吸收体的被动锁模 Nd<sup>3+</sup> 激光器,最重要的特性就是它输出的光脉冲很短,短到几个微微秒,这是主动锁模 Nd<sup>3+</sup> 激光器做不到的<sup>[1]</sup>。因此,对要用微

微秒光脉冲作光源的工作,如瞬态激光光谱、快速生物化学过程研究、高精度等光程测量等,只能采用染料锁模的被动锁模激光器。另外,也可在被动锁模激光器腔内,插入不同厚度的 F-P 标准具,使输出的光脉冲在几个微微秒到几百微微秒之间可调,具有较大的

收稿日期:1979年6月9日。

灵活性。可提供给激光核聚变实验使用。

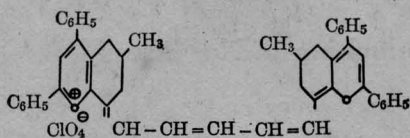
染料的性能直接影响被动锁模激光器的输出特性。要成为一个Nd<sup>3+</sup>激光器较好的锁模染料,须满足下列条件:

- 1) 要稳定。对热、光和化学的稳定性都好。
- 2) 有可饱和吸收作用。即在强光作用下能漂白、饱和,强光作用后,立即复原,不劣化。
- 3) 吸收率尽量接近激光辐射波长1.06微米。

## 二、五甲川染料

五甲川染料(又名“730”)曾作过1.06微米激光的调Q元件。

它的分子结构式是:



和 Eastman 9740 染料的分子结构式<sup>[2]</sup>一样。

五甲川染料溶液的透过率曲线见图1。图1中也给出了 Eastman 9740 染料和十一甲川蓝色素染料的透过率曲线。

从图1中可以看出,五甲川染料溶液(溶剂为氯苯)的吸收峰在1.045微米,十分接近1.06微米。和 Eastman 9740 染料的透过率曲线形状一样。而十一甲川蓝色素染料溶液

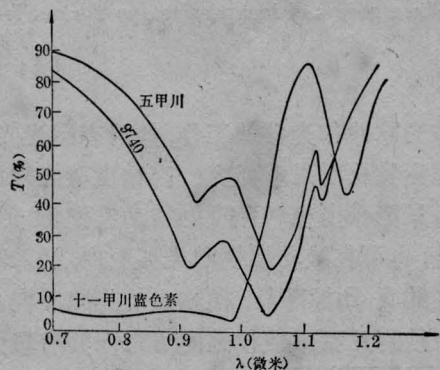


图1 染料溶液的透过率曲线

(溶剂为丙酮)的吸收峰在0.98微米,在1.06微米处的透过率很高,染料消耗比五甲川多十倍以上。

五甲川染料是很稳定的,用一般方法保存7年之久的固体,仍能锁模,仅输出的几率略有下降。溶在氯苯里时的透过率 $T$ 随时间的变化见图2(染料溶液的温度为20°C)。从图2中可看出,经过8天之后,透过率 $T$ 仅相对变化了15%。

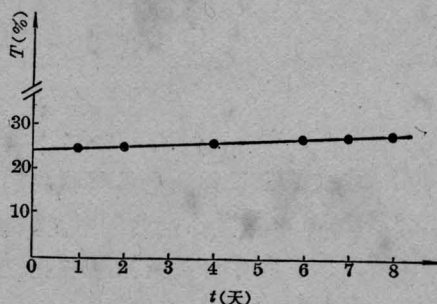


图2 五甲川染料溶液的透过率 $T$ 随时间 $t$ 的变化

一盒体积为 $\phi 40 \times 1$ 毫米<sup>3</sup>的五甲川染料溶液,锁模运转50次之后,透过率 $T$ 仍不变。但同样体积的一盒十一甲川蓝色素染料溶液,一般只能锁模运转7~8次。

## 三、溶 剂

五甲川染料溶液的性能跟配制的溶剂有关。表1列出了用氯苯、1,2-二氯乙烷和丙酮作溶剂时某些物理、化学和锁模性能。

表1中的动态阈值是指有高功率锁模输出的阈值,静态阈值是指无锁模输出,但有能量输出的阈值。这二个阈值是和被动锁模激光器中超短光脉冲形成过程中的线性发展阶段和非线性发展阶段有关的<sup>[3]</sup>。

表1提到的尼龙管是用作流通染料的染料盒外面的管路。为了获得单一的短脉冲,有必要采用与全反射镜合成一体的染料盒。这样的染料盒,染料溶液必须要流动。另外,让染料溶液流动起来,可以随时更新,很方便。

表1 不同溶剂配制的五甲川染料溶液的性能

溶剂	性能 颜色	可溶性	吸收峰 (微米)	锁模	尼龙管 腐蚀
氯苯	粉红	差	1.045	能锁模, 动态 阈值与静态阈 值接近	大
1, 2-二 氯乙烷	粉红	好	1.042	能锁模, 动态 阈值与静态阈 值接近, 工作 次数多	小
丙酮	淡橙	好	1.033	能锁模, 动态 阈值与静态阈 值相差大	小

从表1可得出, 1, 2-二氯乙烷是适用性较大的溶剂。

溶剂的质量对染料溶液的稳定性影响极大。图3是同一批五甲川染料, 用不同的化学纯1, 2-二氯乙烷作溶剂时, 其染料溶液透过率 $T$ 随时间的变化情况。很清楚78-07-05和76-08-07这二批溶剂基本可用, 而77-05-04和74-10-09根本不能用。

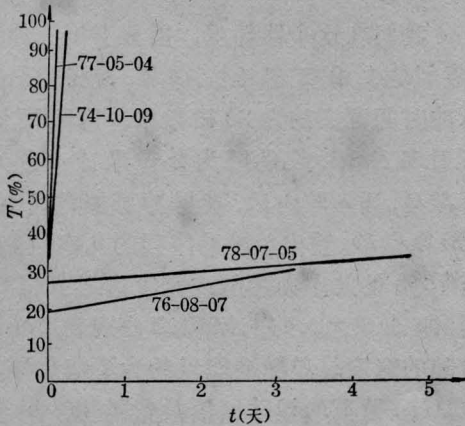


图3 不同批号1, 2-二氯乙烷配制的五甲川染料溶液的透过率 $T$ 随时间 $t$ 的变化

我们用浓硫酸对1, 2-二氯乙烷洗涤、纯化。纯化后无机物质的含量如Fe、Mg、Al、Ca等均小于 $10^{-5}$ , 但效果不大。看来无机杂质不是影响染料溶液稳定性的主要因素。

众所周知, 1, 2-二氯乙烷里含有游离氯, 游离氯要起漂白作用。我们用常规方法

测定了上面提到的四批1, 2-二氯乙烷游离氯的含量, 他们都符合检验标准, 含量均小于0.002%。这说明游离氯的这些含量不是染料溶液稳定性不好的主要原因。

图4是我们所用的1, 2-二氯乙烷的有机色谱图。箭头所指的是1, 2-二氯乙烷峰。十分清楚, 这里的1, 2-二氯乙烷含有很多有机杂质, 十分不纯。



图4 1, 2-二氯乙烷色谱图

实验还发现, 水气或水侵入1, 2-二氯乙烷, 会影响染料溶液的稳定性。图5是在1, 2-二氯乙烷里加入微量水后, 配制的五甲川染料溶液的透过率 $T$ 随时间的变化。很明显, 它

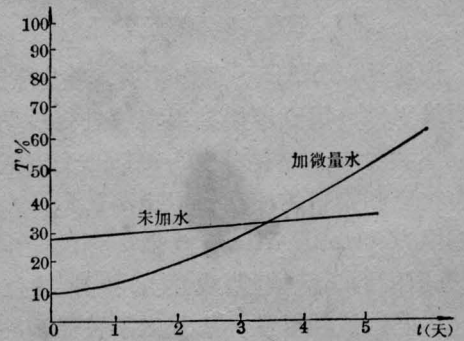


图5 1, 2-二氯乙烷未加水和加微量水配制的五甲川染料溶液的透过率 $T$ 随时间 $t$ 的变化



的稳定性变差。这说明水会使稳定性变坏。

上面这些实验结果说明：影响五甲川染料溶液稳定性的主要原因是 1, 2-二氯乙烷里有有机杂质、不纯以及有水或水气侵入。为此除了提高 1, 2-二氯乙烷纯度外，在染料盒清洁、染料溶液配制和溶剂保存时，防止有水或水气侵入，同时在使用时，应将染料盒密封。此外可采用醋酐起稳定作用。在优质的 1, 2-二氯乙烷里，加入 10% 比例的醋酐，这样配制的五甲川染料溶液稳定性有所提高。图 6 就是有醋酐加稳和没有醋酐的五甲川染料溶液的透过率  $T$  随时间的变化。

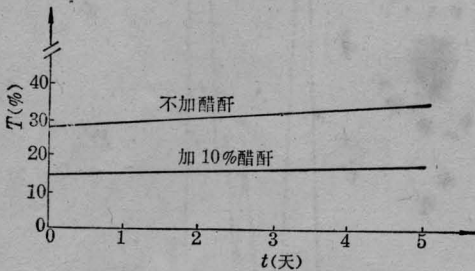


图 6 1, 2-二氯乙烷里加 10% 醋酐与不加醋酐配制的五甲川溶液的透过率  $T$  随时间  $t$  的变化

#### 四、锁模特性

图 7 是锁模实验装置示意图。

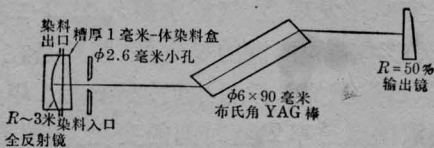


图 7 锁模实验装置示意图

该器件以 YAG 为工作物质，半共焦腔，单横模工作，用五甲川染料溶液进行被动锁模。在实验中，染料浓度  $T=51\%$ ，光束通过工作物质和染料的横截面积比  $\sim 1.5$ 。

用 Tectronix 519 示波器配强流光电管（上升时间约 1 毫微秒）观察光脉冲序列波形，以确定锁模特性。用双光子荧光法测光脉冲时间宽度和对比度。用  $F-P$  标准具（隔圈间距 5.46 毫米）测光脉冲的光谱宽度和形

状。

图 8 是用五甲川染料锁模的光脉冲序列，双光子荧光和光谱照片。

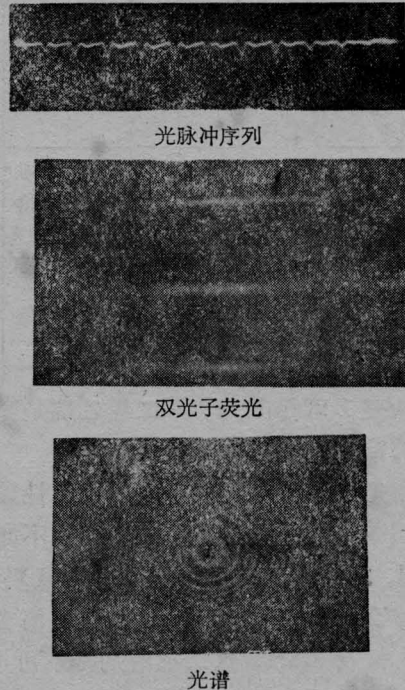


图 8 用五甲川染料锁模的输出光脉冲特性

我们在这个器件里，用五甲川染料溶液（溶剂是 1, 2-二氯乙烷）锁模，获得的最短光脉冲时间宽度约为 20 微微秒。用两面镀有反射率  $R \approx 25\%$  的厚为 2 毫米或 4 毫米的标准具，插入腔内后，光脉冲可加宽到 100~200 微微秒。输出单脉冲序列的几率达 90%，有 70% 的几率锁模脉冲宽度达到了带宽极限，即  $\Delta\nu \Delta t \approx 0.44$ ， $\Delta\nu$  和  $\Delta t$  分别表示光谱和时间的宽度。单脉冲能量约为 1 毫焦耳。在 YAG 和钕玻璃被动锁模激光器里，用十一甲川蓝色素染料锁模，稳定性都不如五甲川染料好。

#### 参 考 文 献

- [1] LLL, Laser Progron Annual Report, 1976, 2~289.
- [2] Laser Focus, 1975, 11, No. 8, 24.
- [3] P. G. Kryukov et al.; IEEE J. Quant. Electr., 1972, QE-8, No. 10, 766.