

550~689 nm 重复率 YAG 激光同步泵浦染料激光器

赵庆春 董景元 钱林兴 何慧娟

(中国科学院上海光机所)

提要: 用重复率脉冲锁模 YAG 激光同步泵浦四种激光染料, 获得脉冲重复率 20 Hz、峰值功率 MW 级、平均功率 mW 级、脉宽 30 ps 染料激光。波长复盖范围为 550.0~689.0 nm, 谱线宽度 0.05 nm。实验比较了 $L_D=1/2 L_P$ 和 $L_D=L_P$ 两种匹配腔的输出特性。

550-689 nm laser synchronously pumped by a repetitive pulsed YAG laser

Zhao Qin Chun, Dong Jing Yuan, Qian Lin Xing, He Hui Juan

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

Abstract: Four kinds of laser dyes were pumped by a repetitive pulsed mode-locked YAG laser. A dye laser has been obtained with the parameters as follows: pulse repetition rate of 20 Hz, peak power of the order of MW, average output power of the order of mW, spectral line-width of 0.05 nm, tunable wavelength ranging from 550.0~689.0 nm, pulse duration of 30 ps. The output characteristics of the two matching dye are compared experimentally.

用重复率脉冲锁模 YAG 激光同步泵浦 R-6G 染料, 我们已得到波长在 550.0~586.0 nm 可调、平均功率 14 mW、脉冲峰值功率大于 5 mW、脉宽为 28 ps 的染料激光^[1]。本工作把波长调谐范围进一步扩展到 689.0 nm; 并且对同步泵浦技术中激光腔长度匹配两种方式的输出特性作了比较。

激光系统简解

本工作仍采用文章[1]中的激光系统, 如

图 1 所示。整个激光系统的结构、布局及各参数的详细情况亦请参看文章^[1]。

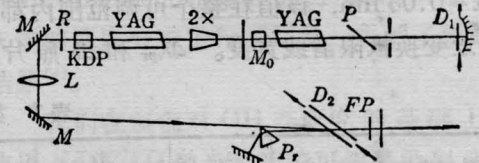


图 1 重复率 YAG 激光同步泵浦染料激光系统

图上面为主动锁模 YAG 激光器、YAG 放大器、KDP 倍频器等; 图下面为染料激光器。激光腔内有棱镜、流动染料盒、标准具

收稿日期: 1986 年 4 月 14 日。

染料激光特性

表 1 是四种激光染料: R-6G、R-B(分析纯)、Kiton-red、DCM 的实验结果。这四种染料可使激光波长从 550.0 nm 连续调谐到 689.0 nm, 调谐曲线如图 2 所示。

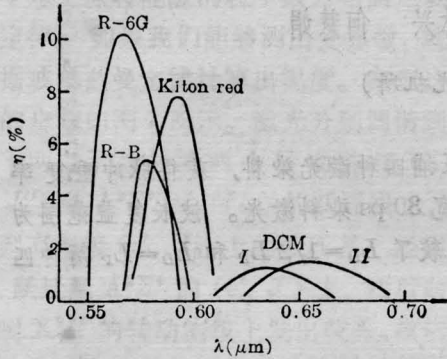


图 2 四种激光染料的波长调谐曲线
DCM I 为甲醇溶液; DCM II 为二甲亚砷溶剂,
另三种为乙醇溶剂

表中 P 是染料激光脉冲列中最大单脉冲的峰值功率; W 是重复率 20 Hz 的平均功率, η 是能量转换效率。由于激光输出特性与染料浓度^[2]、染料激光腔与 YAG 激光腔的长度匹配状态有关^[3], 所以表 1 中的数据是在下述情况下测得的: 染料溶液的浓度调整到使激光能量转换效率 η 最大; 腔长匹配状态是使激光输出最强的状态; 各数据是在每种染料的最佳中心波长 λ_0 处测得的。

棱镜和标准具共同产生的谱线宽度 $\Delta\lambda = 0.05$ nm, 该值在整个可调范围内都已接近变换极限谱线宽度。 $\Delta\lambda_{pr}$ 和 $\Delta\lambda$ 照片如

图 3 的 (a) 和 (b) 所示。从图 3 (a) 可见, 棱镜腔的激光光谱是由多条线状谱组成的。图 3 (b) 是棱镜和标准具共同产生的谱线 $\Delta\lambda$ 。

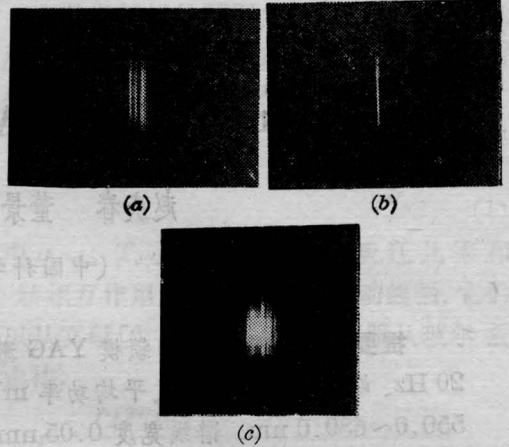


图 3 染料 DCM 甲醇溶液激光谱线
(a) $L_D = 1/2 L_P$ 腔的 $\Delta\lambda_{pr}$ 照片; (b) $L_D = \frac{1}{2} L_P$
腔的 $\Delta\lambda$ 照片 (c) $L_D = L_P$ 腔, 仅有棱镜时
的光谱

E 、 η 、 P 和 W 都是棱镜腔的实验结果, 插入标准具后要降低 30~40%。

染料激光脉冲宽度和 0.532 μm 脉冲宽度均用 BWS-5K 型条纹相机测量, 测得染料激光脉冲宽度为 30 ps, 典型的条纹相机波形描述如图 4 所示。

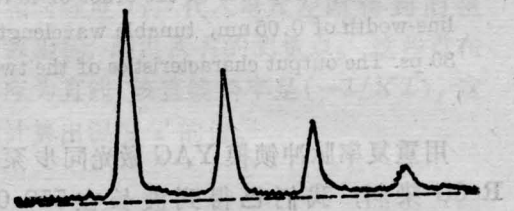


图 4. 条纹相机测得的脉冲波形
图中两个脉冲之间的间隔为 200 ps (可视为对称)

表 1 染料激光输出特性

染料	溶剂	λ_0 (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)	$\Delta\lambda_{pr}$ (nm)	E (mJ)	η (%)	P (MW)	W (mW)
R-6G	乙醇	567	0.05	0.37	0.66	10.2	6.3	11.9
R-B	乙醇	579	0.05	0.35	0.35	5.4	3.4	6.3
Kiton red	乙醇	588	0.05	0.36	0.51	7.8	4.9	9.2
DCM	甲醇	630	0.05	0.35	0.072	1.1	0.7	1.3
DCM	二甲亚砷	650	0.05	0.35	0.098	1.5	0.9	1.8

$L_D = L_P$ 腔和 $L_D = L_P/2$ 腔输出 特性比较

我们用 R-6G 激光染料对常用的 $L_D = L_P$ 和 $L_D = \frac{1}{2} L_P$ 两种腔长匹配方式的输出特性作了实验比较。实验中,除腔长外,保持其他条件不变。两种腔输出的锁模脉冲列如图 5 的 (a)、(b) 所示。

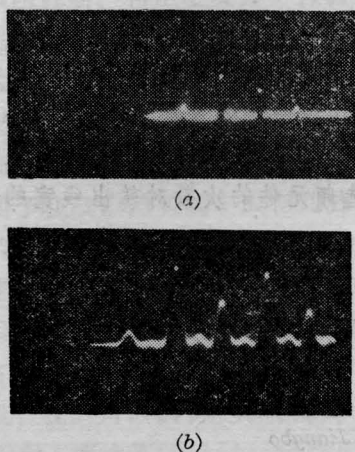


图 5 染料激光脉冲列

(a) $L_D = L_P$ 腔 (5 ns/div); (b) $L_D = \frac{1}{2} L_P$ 腔 (2 ns/div)

$L_D = L_P$ 腔的输出脉冲列(图 5(a)), 无论其包络形状或脉冲之间的时间间隔都与泵浦脉冲列基本一致, 仅脉冲数目减少。该腔的激光输出能量也和泵浦光一样稳定。

$L_D = \frac{1}{2} L_P$ 腔的输出脉冲列如图 5(b)

所示。一般由两个幅度大的脉冲和与其相间三个幅度小的脉冲组成。脉冲之间的时间间隔 $\tau_D = \frac{1}{2} \tau_P$ 。

由于两个幅度大的脉冲发生在增益曲线

包络的位置有移动, 导致幅度大小变化, 因而激光输出能量的起伏比 $L_D = L_P$ 腔的大。

两种腔的输出光谱也不同。当腔内仅有棱镜时, 尽管输出光谱都是由线状谱组成, 但 $L_D = L_P$ 腔的谱线宽度(图 3(c))大于 $L_D = \frac{1}{2} L_P$ 腔的谱线宽度(图 3(a))约一倍。

两种腔的最大失配长度不同, 见图 6。

$L_D = \frac{1}{2} L_P$ 腔最大失配长度 ± 6 mm, 而 $L_D = L_P$ 腔在失配 ± 10 mm 时仍有激光输出。

在我们实验条件下, 两种腔的激光转换效率基本相同。

总之, 两种腔各有优缺点, 可按使用需要选择。我们为了获得窄的谱线宽度, 采用了 $L_D = \frac{1}{2} L_P$ 腔。它还有结构紧凑的优点。

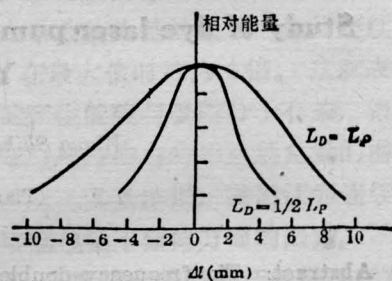


图 6 两种腔在 λ_0 处, 腔长失配量 (Δl) 与激光输出能量的关系

参加本工作的还有李永春、顾圣如、赵隆兴和赵世诚等同志。

参 考 文 献

- [1] 赵庆春等;《中国激光》, 1986, 13, No. 7, 414.
- [2] B. H. Soffer et al.; *Appl. Phys. Lett.*, 1967, 10, 226.
- [3] C. P. Ausschnitt; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1979, QE-15, 912.