

$$T = \left[1 + F \sin^2 \frac{\delta}{2} \right]^{-1} \quad (3)$$

其中 $F = 4R/(1-R)^2$, $\delta = 4\pi n d \cos \theta_2 / \lambda$, d 为标准具厚度, n 为折射率, λ 为光波长, $\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{1}{n} \sin \theta_1 \right)$ θ_1 为光线与标准具的夹角。改变标准具的角度即可改变腔内损耗, 进而改变锁模脉宽。

我们在实验中采用厚度分别为 $d = 0.1 \text{ mm}$ 和 2 mm 的两块表面未镀膜标准具。考虑到主-被动锁模腔长匹配的要求, 适当地缩短了腔长。图 7a 为主-被动锁模脉冲宽度随标准具 (0.1 mm) 角度的变化, 图 7b 为按式 (3) 计算的标准具透过率。图 7 表明, 锁模脉宽与标准具透过率基本成反比关系, 这与前面的分析相一致。脉宽在 $15 \sim 26 \text{ ps}$ 范围内变化。实

验中还观察到脉宽变大时, 锁模激光脉冲能量起伏稍有增加, 脉宽也有一定程度的起伏。在厚度较大的标准具实验中这个现象更明显。这主要是由于同样的外界干扰将引起“厚”标准具透过率的更大变化, 使激光输出不稳。

参 考 文 献

- 1 R. L. Fork et al., *Appl. Phys. Lett.*, **38**(9), 671 (1981)
- 2 A. E. Siegman, *Opt. Lett.*, **6**(7), 334(1981)
- 3 梁铨廷, 《物理光学》, (机械工业出版社, 1980), p. 82
(收稿日期: 1988年8月30日)

用氮分子激光泵浦的近红外染料激光

王炳奎 金乾元 李燮里

(华东化工学院物理系, 上海)

A near infrared dye laser pumped by N₂ laser light

Wang Bingkui, Jin Qianyuan, Li Xieli

(Physics Department, East China University of Chemical Technology, Shanghai)

提要: 用氮分子激光器作泵浦光源, 对 6 种新合成的四甲川苯乙烯菁染料溶液, 获得 $675 \sim 787 \text{ nm}$ 波段连续可调染料激光输出。本文叙述这组新染料的光化学特性和激光特性。

关键词: 近红外染料激光, 四甲川苯乙烯菁, 氮激光

一、引 言

近年来染料激光在光谱学、物理学、激光化学等领域有广泛的应用, 但是大多数还局限在可见波段, 红外和近红外波段因缺乏稳定性好、调谐宽度宽的激光染料, 许多重要应用特别分子光谱等领域还不能充分利用染料激光。本文介绍一组新合成的染料^[1] (属近红外波段)。泵浦源可用一般氮分子激光, 泵浦功率仅需 200 kW 左右, 调谐波长为 $675 \sim 787 \text{ nm}$ 。这组染料在波长 532 nm 附近也有较强吸收, 因此也可用 YAG 倍频激光作为泵浦源获得调谐激光输出。此外, 这组新染料化学稳定性也比较好, 在

染料未循环流动时, Y-2、Y-6 两种染料在 10 pps 氮分子激光泵浦下, 可连续激励 8 小时, 没有发现输出激光强度的衰减。每种染料实验进行 3 天, 仍没见衰减。同样在没有循环措施条件下, 8 小时连续泵浦工作后, Y-1 衰减 3.0%, Y-3 衰减 4.0%, Y-4 衰减 7.0%, Y-5 衰减 6.6%。四甲川苯乙烯菁染料还具有激励方便, 斯托克斯位移大等优点。

二、染料结构和性能

染料中 C、H、N 原子的含量由 MOD1106 型元素分析仪测定, 理论值与实验值之间的误差在 0.5% 以内。分子结构由 FI-IR20X 型红外仪和 M-80 型

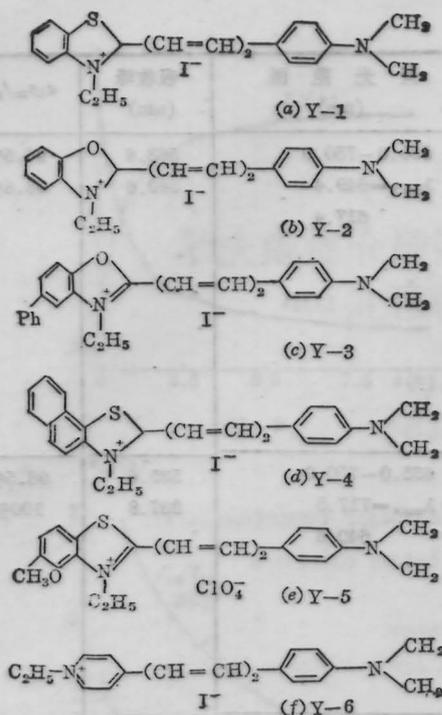


图1 新染料的结构式及其名称

(a) Y1: 2-(4-对二甲胺基苯基-1, 3丁烯基)-3-2基苯并噻唑碘盐; (b) Y2: 2-(4-对二甲胺基苯基-1, 3丁二烯基)-3-乙基苯并噻唑碘盐; (c) Y3: 2-(4-对二甲胺基苯基-1, 3丁二烯基)-3-乙基-5-苯基苯并噻唑碘盐; (d) Y4: 2-(4-对二甲胺基苯基-1, 3丁二烯基)-3-乙基- α -6-氢萘并噻唑碘盐; (e) Y5: 2-(4-对二甲胺基苯基-1, 3丁二烯基)-3-乙基-5-甲氧基-苯并噻唑高氯酸盐; (f) Y6: 4-(4-对二甲胺基苯基-1, 3丁二烯基)-1-乙基吡啶碘盐

质谱仪确定。新染料的结构式和名称如图1所示。

用 U-V-2600 型紫外、可见分光光度计测试上述染料的吸收谱, 发现在 337.1 nm 和 532.1 nm 附近有较大的吸收峰。图 2 表明在 532.1 nm 附近的吸收比 337.1 nm 吸收大得多, 因此 YAG 倍频激光作为泵浦源将会取得更好的效果(如 Y-1 染料的激光效率可达到 34.5%)。但实验发现, 氮分子激光泵浦可以获得比 YAG 倍频激光泵浦有更大的红移荧光, 因此在拓宽波段红移方面氮分子激光泵浦更为有利, 用 YAG 倍频激光作泵浦源获得调谐范围为 695~743 nm, 不如氮分子激光泵浦的调谐范围 675~787 nm。

我们用 RF-510LC 型荧光仪对各染料作荧光光谱的测试和各种溶剂里的量子效率测试。发现约有几百 nm 的 Stokes 位移。图 2 是 Y-2 的荧光光谱和吸收光谱, 表 1 是 Y-2 在各种溶剂配成 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ mol/L 溶液测得的量子效率。这里用 RhB 的

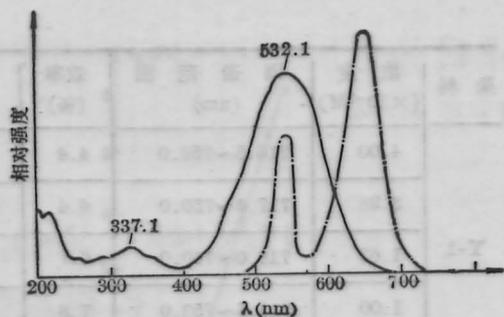


图 2 Y-2 染料的吸收谱(实线)和荧光谱(虚线)

乙醇溶液(1×10^{-5} mol/L)为标准, 取 $\phi_R = 0.98$, 荧光效率由下式计算,

$$\phi = \frac{I}{I_R} \cdot \frac{A_R}{A} \cdot \phi_R^{[2]}$$

式中 ϕ 、 ϕ_R 分别为被测染料及 RhB 的荧光量子效率, I 、 I_R 分别为被测染料及 RhB 的荧光强度, A 、 A_R 分别为被测染料与 RhB 的光密度。从不同溶剂的量子效率看, 似乎以正丁醇为最佳。但因为四甲基川苯乙烯菁染料分子为极性分子, 采用极性溶剂有利于激发时的溶质分子稳定性, 故采用二甲基亚砜作为我们染料的溶剂, 根据计算, 二甲基亚砜偶极矩 $M = 3.90$ Deby, 远大于正丁醇偶极矩 $M = 1.75$ Deby, 用氮分子激光泵浦结果也证实了这一点。

表 1

溶 剂	ϕ
甲 醇	0.022
丙 酮	0.012
乙 醇	0.042
正 丙 醇	0.066
异 丙 醇	0.034
异 丁 醇	0.086
乙 酸 酐	0.019
2-丁 酮	0.028
氯 仿	0.021
二 氯 甲 烷	0.015
1, 2-二氯乙烷	0.012
正 丁 醇	0.111
乙 二 醇	0.003
N, N-甲基甲酰胺	0
二 甲 基 亚 砜	0.015

表 2

染料	浓度 ($\times 10^{-3}M$)	调谐范围 (nm)	效率 (%)	λ_{max} (nm)	荧光范围 (nm)	吸收峰 (nm)	$\epsilon_r/\epsilon_m/\alpha_r$
Y-1	4.00	716.5~758.0	4.4	735.0	550.0—750.0 $\lambda_{max}=649.4$ 617.4	563.8 340.6	96.5% 98.8%
	3.26	717.6~750.0	4.4	728.0			
	1.63	718.0~740.0	6.7	728.0			
	1.00	711.5~753.0	7.8	723.5			
	0.50	711.0~749.0	3.3	725.0			
	0.25	—	无激光	—			
Y-2	6.49	689.1~700.4	2.2	689.9	635.0—750.0 $\lambda_{max}=717.5$ 640.6	535.6 337.8	98.5% 100%
	4.33	675.2~712.0	4.4	694.5			
	3.00	674.0~714.0	5.2	687.5			
	2.16	671.7~709.7	5.6	694.7			
	1.51	675.9~711.9	3.3	686.9			
Y-3	3.00	681.0~722.0	2.2	700.0	570.0—800.0 $\lambda_{max}=632.0$ 577.0	537.4 337.8	96.3% 100%
	2.00	676.1~712.1	3.3	692.1			
	1.00	672.7~706.7	1.1	686.7			
Y-4	4.00	—	无激光	—	535.0—750.0 $\lambda_{max}=653.5$ 558.8	502.8 345.2	91.0% 99.1%
	3.00	714.2~765.8	2.2	738.5			
	2.00	715.5~764.5	4.4	741.5			
	1.00	712.0~755.0	3.3	734.0			
	0.50	713.8~745.8	2.2	721.8			
	0.25	—	无激光	—			
Y-5	2.00	717.3~756.8	2.2	725.8	650.0—800.0 $\lambda_{max}=635.0$	564.8 332.6	94.0% 99.1%
	1.50	716.8~760.3	1.8	725.0			
Y-6	5.74	693.0~786.0	5.6	718.0	510.0—800.0 $\lambda_{max}=627.5$	496.8 322.9	78.0% 93.8%
	3.44	680.0~772.0	6.7	723.0			
	2.05	693.0~787.0	7.8	727.0			
	1.15	690.0~787.0	2.8	725.0			

*本表中溶剂为 DMSO。

 ϵ_r/ϵ_m 为 337.1nm 与 532.1nm 处吸收和吸收极大之比。 λ_{max} 为荧光峰和激光峰极大值处的波长数值。

三、激光特性的测量

图3是激光特性测量装置, 泵浦光源是氮分子激光器, 功率约200kW, 脉宽为10ns, 波长为337.1nm。激光束通过柱面镜 L_1 聚焦在染料池、染料池用不锈钢框架, 三面用石英玻璃组成, 长约为2.0cm。调谐光栅 G_1 是中心波长为550nm的闪耀光栅, 1200条/mm。光栅与平面反射镜 M_2 和转动反射镜 M_1 组成谐振腔。反射镜镀有高反介质膜, 带宽500.0~800.0nm。调节氮激光的聚焦和光栅 G 、反射镜 M_1 、 M_2 , 使得激光输出满意, 当 M_2 被马达带动后就使输出激光波长变化。

染料激光经过 L_2 聚焦在平面光栅单色仪的入射缝, 单色仪出射缝处用R647倍增管接受信号。倍增管的电信号用AC-15检流计读出光强的相对值, 单色仪的波长读数为光强对应的波长。

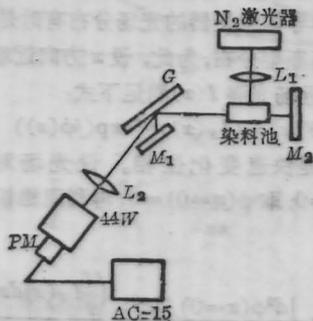


图3 激光染料特性测量装置

L_1 —柱面镜; G —光栅; M_1 、 M_2 —反射镜; L_2 —聚焦透镜; 44W—平面光栅单色仪 PM —倍增管R647; AC-15—检流计

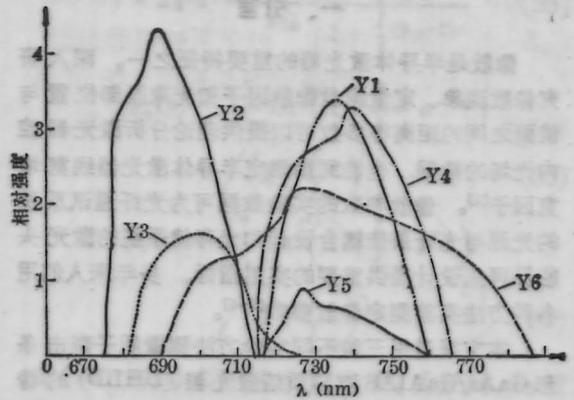


图4 四甲川苯乙炔菁激光染料的调谐曲线

用NJ-J1激光能量计测量其激光效率。

表2是我们对四甲川苯乙炔菁染料测量的主要结果。图4是六种染料的调谐曲线。从这些结果可以认为四甲川苯乙炔菁激光染料在功率不高的氮分子激光的泵浦下, 可以获得675~787nm连续可调的激光。此外, 从化学结构看, 杂环上氧基调谐在较短波长, 换成S基可以向长波移动。四甲川苯乙炔碘盐比高氯酸盐的激光效率和化学稳定性都要好些。

参 考 文 献

- 1 杨金龙 *et al.*, 华东化工学院学报, (待发表)
- 2 K. Kato, *IEEE J. Quant. Electr.*, QE-16, 1017 (1980)

(收稿日期: 1988年11月11日)

半导体激光器像散的实验研究

王德煌

(北京大学物理系)

Experimental research on astigmatism of semiconductor lasers

Wang Dehuang

(Department of Physics, Peking University, Beijing)

提要: 实验研究了质子轰击条形GaAs/GaAlAsDH半导体激光器的像散特性。

关键词: 半导体激光器, 像散