

表4 碰撞弛豫特征时间(表1条件)

	$\tau_{V-V}$	$\tau_{V-V}^{010}$	$\tau_{V-T}^{010}$	$\tau_{V-T}^{001}$
$\tau(s)$	$\sim 6 \times 10^{-5}$	$\sim 1 \times 10^{-5}$	$\sim 4 \times 10^{-4}$	$\sim 1 \times 10^{-2}$

注:  $\tau_{V-V}$ —CO<sub>2</sub>( $\nu_3$ )和 N<sub>2</sub>(V)的(V—V)碰撞交换时间(每Torr)

$\tau_{V-V}^{010}$ —CO<sub>2</sub>( $\nu_1$ )和 CO<sub>2</sub>( $\nu_2$ )的(V—V)费米共振时间(每Torr)

$\tau_{V-T}^{010}$ —CO<sub>2</sub>(010)的(V—T)弛豫时间(每Torr)

$\tau_{V-T}^{001}$ —CO<sub>2</sub>(001)的(V—T)弛豫时间(每Torr)

不断得到补充。随压力增大,电子激励和光受激发射过程可以进行多次,从而提高了电能转化为激光上能级的效率 $\eta_{EV}$ 。使表2 II的 $\eta_{EV}$ 大于I的 $\eta_{EV}^0$ ,且压力越高,增加的幅度也越大。与此同时,高压下碰撞弛豫速率随 $p$ 上升而迅速增加,更多地消耗上激光能级振动能, $\eta_{EV}$ 、 $\eta_{EV}^0$ 于是随压力上升而减少。光腔与放电重叠区中各动力学过程是同时进行、相

互制约的,表2结果是总的综合效应。由于多次电子激励的存在, $W_{\text{eff}}$ 必然大于 $W_{\text{eff}}^0$ ,得出合理的 $\eta_{VI}$ 。说明高压运转条件下不能忽略辐射场对各种效率的影响。只有当光强很小,压力较低(如 $p < 20$  Torr)时用方程(3)估算 $W_{\text{eff}}^0$ 才近似正确<sup>[1]</sup>。另外表2中 $I=0$ 的光腔出口温度 $T_{\text{exit}}^0$ 在低压下小于II栏 $I \neq 0$ 的 $T_{\text{exit}}$ 而在高压下(400 Torr)则大于 $T_{\text{exit}}$ ,也是电能更有效利用的一种表现。

### 参 考 文 献

- 1 徐纪华 *et al.*, 光学学报, 5(12), 1097(1985)
- 2 陈丽吟 *et al.*, 光学学报, 5(2), 135(1985)
- 3 R. Mcleary, *IEEE J. Quant. Electr.*, QE-9(8), 828 (1973)
- 4 H. Nagai *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, QE-18(3), 416(1982)

(收稿日期: 1987年9月14日)

## XeCl 准分子激光泵浦若丹明 640 染料的激光性能

舒菊坪 纪金亮\*

(中国科学院上海光机所)

### Laser performances of rhodamine 640 dye pumped by XeCl laser light

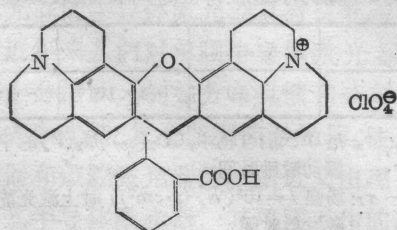
Shu Juping, Ji Jinliang

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

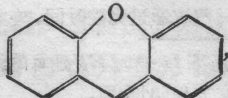
提要: 本文报道 XeCl 准分子激光器泵浦若丹明 640 乙醇溶液可调激光染料的实验结果, 调谐激光线宽为 0.011 nm, 调谐范围为 603 到 646 nm。

关键词: 准分子泵浦染料激光器

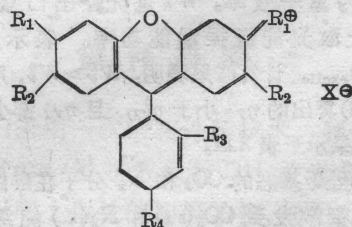
激光染料若丹明 640 的结构式为下



属于咕吨染料, 母核结构为氧杂蒽



由它衍生出来的若丹明类染料, 其基本骨架为



式中  $R_1 \sim R_4$  为取代基,  $X^-$  为阴性负离子。

\* 浙江大学光仪系实习生。

目前此类国外商品多达二十多种, 可与多种泵浦源匹配得到调谐激光, 其激光调谐波长为 540~690 nm, 是可见光区激光染料最重要的组成部分。若丹明 640 是我国近年来新开发的品种, 在可见光区有很强的红色荧光。本文介绍用 XeCl 准分子激光器泵浦若丹明 640 乙醇溶液的激光性能。

### 实验装置

用准分子激光器与染料激光器<sup>[1]</sup>组成可调谐激光系统, 如图 1 所示, 本实验所用光栅刻线为 600 条/mm, 刻画面积为 90×20 mm<sup>2</sup>, 闪跃波长为 2.4 μm, 使用五级衍射, 作自准放置。为提高输出光的强度, 加了光栅滤色片。

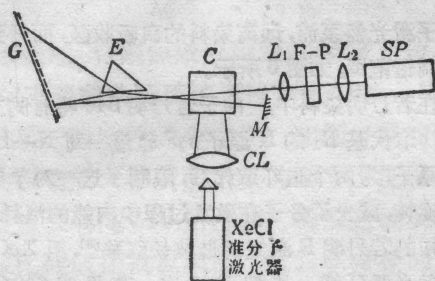


图1 实验装置

- |          |                       |
|----------|-----------------------|
| CL—柱面透镜; | L <sub>1</sub> —扩束透镜; |
| C—染料盒;   | L <sub>2</sub> —聚焦透镜; |
| M—全反镜;   | F-P—标准具;              |
| E—扩束棱镜;  | SP—摄谱仪。               |
| G—光栅     |                       |

### 实验结果和讨论

#### 1. 若丹明 640 的常规光谱

若丹明640的激发谱和荧光谱(图2和图3)是用650-60型荧光光谱仪测得的, 吸收谱(图3)是用Lambda-9光谱仪测得的。

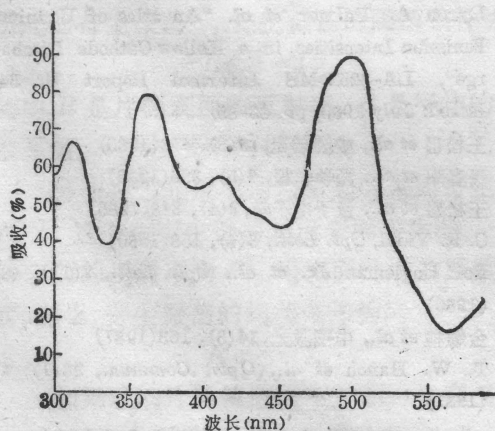


图2 若丹明 640 在乙醇中的激发谱

图2给出了若丹明 640 的激发谱, 溶剂为乙醇, 测试波段范围在 300~500 nm, 从图中可见, 在紫外光区出现两个谱带, 其峰位在 314 nm 和 367 nm。在可见光区出现两个谱带, 其峰位在 410 nm 和 498 nm。从激发谱带的峰位和强度可选择与之匹配相宜的光源, 用准分子激光器 308 nm 谱线所提供的能量, 将在紫外光区 314 nm 峰位附近为若丹明 640 所吸收。本实验所用的泵浦光源与染料的激发谱峰位不是最佳匹配, 但 XeCl 准分子激光器输出脉冲能量高, 抽运速率快, 仍可观察到染料有较强的荧光发射(图5)。

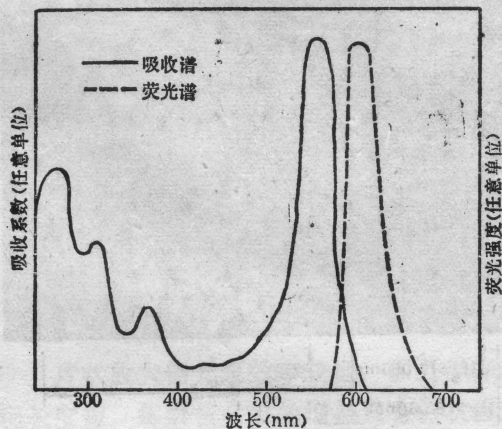


图3 若丹明 640 在乙醇中的吸收谱和荧光谱

C:  $1 \times 10^{-4}$  M/L

图3给出若丹明 640 的吸收谱和荧光谱, 在紫外光区有一组强度较弱的吸收谱带, 分布在 263 nm、307 nm 和 365 nm。在可见光区有一较强的吸收带, 其峰位于 561 nm, 其荧光谱带峰位于 602 nm, 呈镜像对称。从若丹明 640 的结构可知, 其母核本身为  $\sigma$ - $\pi$  共轭体系, 这种体系各能级之间距离较近, 电子云最容易受到激发, 吸收光谱相当于共轭链的基态向极性激发态跃迁。取代基 R<sub>1</sub> 上的氮原子 sp<sup>3</sup> 轨道上的孤对 p 电子与母核苯环上的双键形成  $\sigma$ -p 共轭, 从而增加了共轭链的长度, 降低了整个体系的能量, 使  $\lambda_{\max}$  向长波移动。

本实验选择乙醇为溶剂, 它有较强的永久偶极, 以 H 键缔合形式存在, 是极性溶剂, 对若丹明类离子型化合物有良好的溶解性能, 从改变溶剂的性质, 了解到若丹明 6G 的荧光谱来源于它的离子态<sup>[2]</sup>, 若丹明 640 与若丹明 6G 属同类同系离子型化合物, 它的荧光光谱也应来源于它的离子态。

#### 2. 激光调谐范围和线宽的测试

拍摄的若丹明 640 的调谐激光干涉环如图 4 所示, 测出的激光谱宽为 0.011 nm。实验中发现线宽



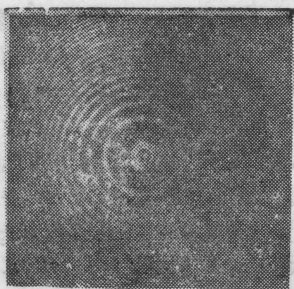


图4 若丹明 640 的激光调谐干涉环

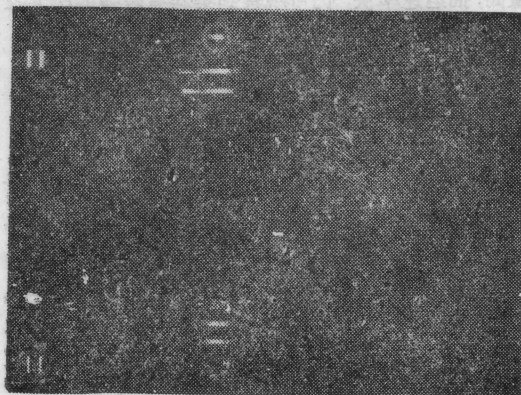


图 5

随泵浦能量的增大而加宽,反之变窄。用摄谱仪测得调谐范围为 622.7nm 到 645.6 nm。从图 3 可知,由于吸收带与荧光带在 575 nm 到 610 nm 范围内相互重叠,因而振荡不会在此范围产生。用 XeCl

(上接第 118 页)

还应当指出,在激光抽运下能级漂白以前,与诱导荧光强度一样,光电信号强度除了与激光功率、对应跃迁的自发发射系数有关外,还与激光入射前跃迁的上下能级集居数与统计权重比值之差 ( $N_{m0}/g_m - N_{n0}/g_n$ ) 成正比<sup>[4]</sup>。因此进一步提高检测灵敏度就与增加跃迁下能级集居数  $N_{m0}$  或减少跃迁上能级集居数  $N_{n0}$  有关。如果这个下能级是辐射激发态或这个上能级是更高一级跃迁中的一个下能级,并且能找到激发这些跃迁的激光器,采用光学双共振增强光电流光谱技术<sup>[5-7]</sup>恰能解决这个问题。如果上述条件得不到满足,要想进一步提高检测灵敏度,只能通过改善单共振(单光子跃迁)光电流光谱法的实验技术或其他途径。至于光谱分辨率的提高,有希望的办法是采用消多普勒内调制光电流光谱技术<sup>[8]</sup>。

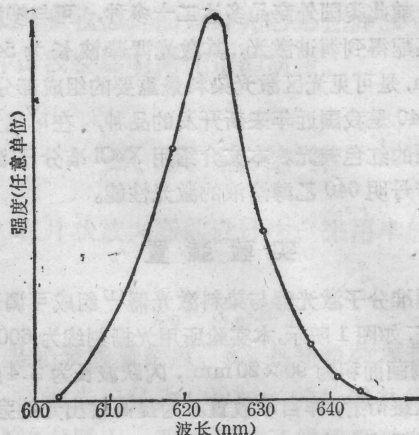


图 6 若丹明 640 激光的调谐曲线

准分子激光器泵浦,远离染料的自吸收区,而得到较宽的调谐范围,如图 6 所示。

在若丹明染料中,由于若丹明 640 特有的立体构型,取代基  $R_1$  的 N 原子  $sp^3$  轨道一对 N—H 键的氢原子,为两个脂环取代后,限制了这一对单键的自由旋转,减少了分子在激发过程中内能的消耗,它比熟知的若丹明 B 激光调谐波长红移<sup>[8]</sup>,用 XeCl 准分子激光器泵浦,其相对输出,若丹明 640 ( $E=11.2\%$ ) 高于若丹明 B ( $E=7.8\%$ ),为目前可见光区转换效率高、输出波长最长的激光染料。

### 参 考 文 献

- 1 江锦泉 *et al.*, 中国激光, (待发表)
- 2 陈上贤 *et al.*, 化学学报, **45**, 395 (1987)

(收稿日期: 1987 年 9 月 2 日)

### 参 考 文 献

- 1 Byron A. Palmer *et al.* "An atlas of Uranium Emission Intensities in a Hollow Cathode Discharge", LA-8251-MS Informal Report UC-345 Issued: July 1980, pp. 83-85
- 2 王松岳 *et al.*, 中国激光, **12**(8), 478 (1985)
- 3 景春阳 *et al.*, 光学学报, **6**(5), 396 (1986)
- 4 王松岳 *et al.*, 量子电子学, **3**(4), 348 (1986)
- 5 C. R. Vidal, *Opt. Lett.*, **5**(4), 158 (1980)
- 6 Rolf Engleman Jr. *et al.*, *Opt. Lett.*, **7**(11), 485 (1980)
- 7 金耀根 *et al.*, 中国激光, **14**(3), 163 (1987)
- 8 T. W. Hanch *et al.*, *Opt., Commun.*, **38**(1), 41 (1981)

(收稿日期: 1987 年 6 月 1 日)