

若丹明 R560 的光谱和激光性能研究

吴正亮 舒菊坪 杨光
(中国科学院上海光学精密机械研究所)

提 要

本文报道应用 XeCl 准分子激光和 YAG:Nd 倍频激光对国内首次合成的新型若丹明染料 R560 的光谱和激光性能的研究结果。实验中采用大掠角入射光栅选频法以减少线宽, 获得 0.1 Å 输出线宽, 并在较宽范围内获得连续可调激光输出。

本文报道国内首次合成的新型若丹明 R560 的光谱和受激发射性质, R560 的吸收谱极大值在 497 nm (甲醇中)。而在近紫外区还存在广泛的吸收, 因而可以和 YAG:Nd 二次、三次谐波, 氮分子激光, Ar⁺ 激光, XeCl 准分子激光等泵浦激光器相匹配, 激光调谐范围大致为 560~605 nm。R560 为若丹明染料系列中波长最短的激光染料, 可与香豆素染料系列的调谐范围相衔接, 因此是一种很有用的染料, 并且由于其良好的光谱特性在太阳能集能方面也很有用。

1. 窄线宽方面研究

窄线宽染料激光装置通常采取望远镜扩束和光栅相结合的所谓 Hänsch 腔结构, 获得的激光输出线宽约为百分之几埃。为了减少望远镜系统的费用和准直光路所带来的问题, Littman 等^[2]提出用大掠角入射光栅选支的光路排布, 可以省去扩束装置, 同样能获得窄线宽高功率输出, 并且染料激光装置也可以比较紧凑, 便于仪器化。本实验采用了类似的大掠角入射光栅的结构, 实验光路参见图 1 所示, 其输出线宽由下式给出^[4]

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\sqrt{2}\lambda}{\pi L(S \sin\theta + \sin\varphi)}, \quad (1)$$

式中 θ 为入射光和光栅法线之间的夹角, φ 为调谐镜 M_2 的法线和光栅法线之间的夹角, L 为入射光束在光栅上的照明宽度, λ 为激光波长。由 (1) 式所确定之线宽与 Hänsch 腔本质上是相同的。由于光栅选用一级衍射反馈随着调谐镜

的转动, θ 角是固定的, φ 角是变动的。染料激光输出线宽取决于 θ 和光栅照明宽度 L 。当 $\theta \rightarrow 90^\circ$, 线宽达到最小值。而当 $\theta \rightarrow 0^\circ$, 光栅的选频作用就变得很差。

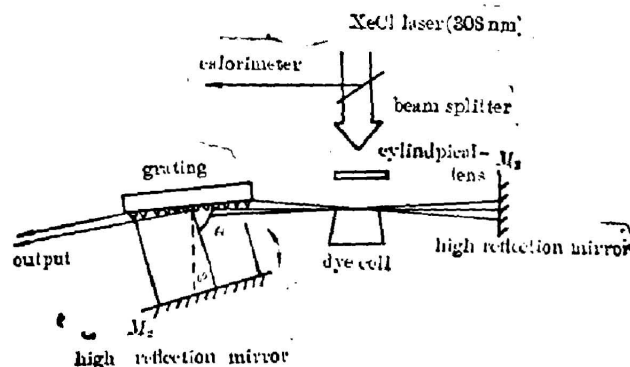


Fig. 1 Schematic diagram of the grazing-incidence grating in the dye laser pumped by a XeCl excimer laser

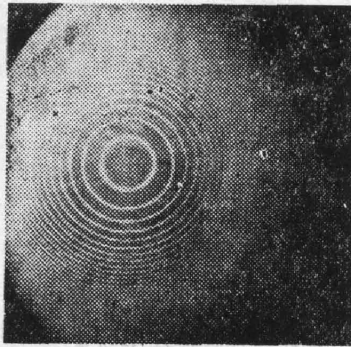


Fig 2. The photograph of dye laser line-width of R560 using F-P etalon

测得线宽为 0.11 \AA , 如图 2 所示。

2. 光谱性能

实验中 R560 为作者合成, 其主要工艺过程是: 间氨基苯酚经酰氨化保护, 再经 Pechman 反应缩合, 产物经多次重结晶, 柱层析分离, 色层检验为单一色斑。分子量为 367, 经红外光谱分析认为符合拟定的结构。

应用 SP 700 和荧光谱仪测量了 R560 的吸收谱和荧光谱, 并计算相应的克分子消光系数, 得 R560 激光染料的克分子消光系数为 82000。图 3 是采用自制的 $2 \times 10^{-5} M$ 的 R560 乙醇溶液样品, 实验测得的吸收谱和荧光发射谱。由图 3 可知, 其吸收峰为 510 nm, 发射峰为 556 nm。

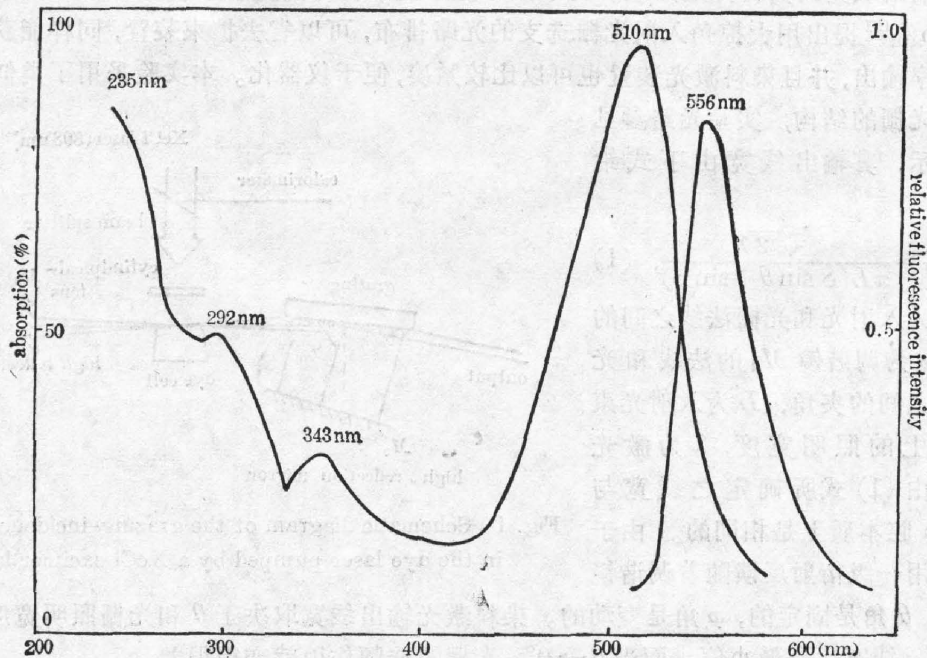


Fig 3. Absorption spectrum and fluorescence spectrum of R₅₆₀

实验中所用 XeCl 准分子激光器参数为: 器件由 84 mm 内径的玻璃圆管做成, 黄铜电极镀镍, 张氏型面, 电极间距 2.1 cm, 长 80 cm。有效放电体积为 $2.1 \times 0.4 \times 8.0 \text{ cm}^3$, 采用 LC 反馈电路储能电容 $C_1 = 25 \text{ nF}$, 传输电容 $C_2 = 12 \text{ nF}$ 。球隙开关电极距为 2 mm。预电离电容选用无感电容, 容量为 $0.47 \mu\text{F}$ 。实验中 XeCl 激光器工作气体组成为 He/HCl/Xe/He = 0.05:0.1:3:96.5, 总气压 1.2 atm, 实验中 XeCl 激光器单次输出脉冲能量 $\sim 40 \text{ mJ}$ 。石英染料盒增益长度为 15 mm, 不流动结构。染料浓度为 $2 \times 10^{-3} M$ 的 R560 的甲醇溶液, 染料池前的柱透镜焦距为 5 cm, M_1 、 M_2 为全反射平面镜。

本实验条件下, 光栅刻线为 2400 l/mm, L 为 45 mm 全息光栅, 掠角 $\theta = 85^\circ$, 计算线宽为 0.027 \AA , 而用标准具

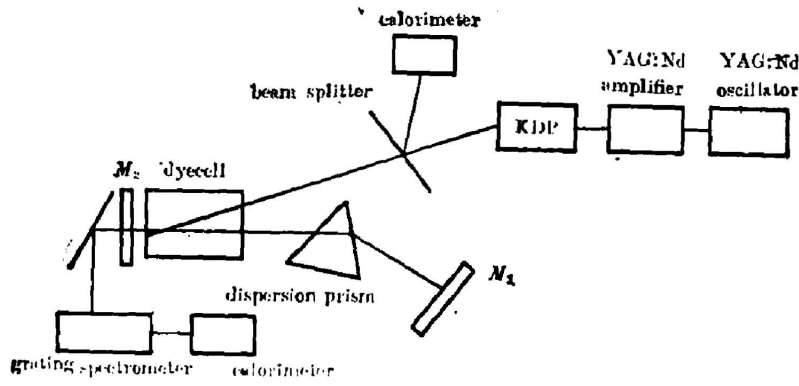


Fig. 4 Experimental setup for measurement of the dye tuning range

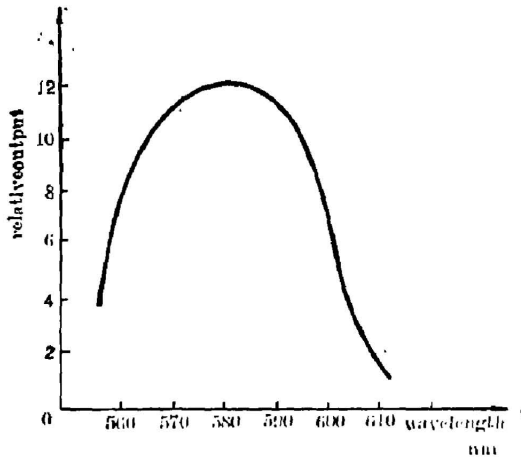


Fig. 5 Tuning curve of the R560 dye laser

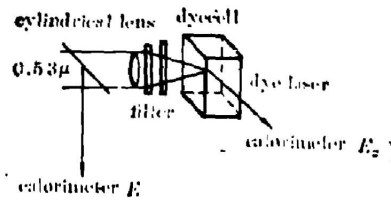


Fig. 6 Schematic diagram of experimental setup for measurement of laser threshold and energy efficiency

3. 调谐曲线和能量转换效率测量

测试 R560 染料激光调谐曲线的示意光路如图 4 所示, 泵浦光源为 YAG:Nd 二次谐波 530 nm。M₁ 为可旋转的宽带全反镜 (400~700nm), M₂ 为作输出的宽带半透镜 (420~640nm)。用重火石棱镜作为色散元件, 调节 M₁ 使输出激光波长得到调谐。这样, 从 YAG:Nd 振荡器中输出的激光经一级放大、KDP 倍频, 泵浦激光功率为 7mW, 脉宽 7ns。对 R560 侧向泵浦, 用两个能量计检测输入和输出, 同时用光栅单色仪跟踪波长变化, R560 染料浓度为 2×10⁻³M 甲醇溶液, 测得其调谐曲线如图 5 所示, 调谐宽度约为 500 Å。

R560 染料激光能量转换效率测量示意图如图 6 所示。泵浦光一部分经分束器

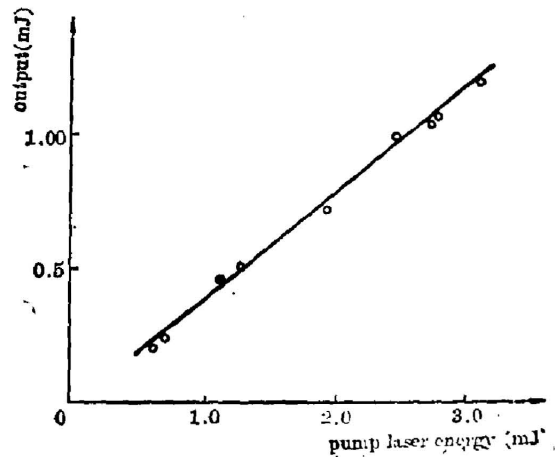


Fig. 7 Output energy vs. input energy for the R560 dye laser

(5%)分束后送入能量计中以监测能量变化,另一部分经柱面透镜聚焦到染料盒横向泵浦,染料盒一个镀膜面作为谐振腔的后腔片,相对面作为前腔片,测得 R560 染料激光的输入、输出能量曲线如图 7 所示。应用准分子 XeCl 激光器泵浦,测量能量转换效率 $\sim 16.4\%$;而应用 YAG:Nd 530 nm 测得能量转换效率 $\sim 40\%$ 。

结论:根据以上测试结果表明,若丹明 R560 染料是一种可以适用于多种泵浦源泵浦的染料,其能量转换效率也相当高,它可作为香豆素染料向若丹明染料过渡的调谐激光染料。

参 考 文 献

- [1] J. S. Batchelder *et al.*; *Appl. Opt.*, 1981, **20**, No. 21 (1 Nov), 3733.
- [2] M. G. Littman *et al.*; *Appl. Opt.*, 1978, **17**, No. 20 (15 Oct), 2224.
- [3] 上官诚等;《激光》,1982, **9**, No. 8 (Sep), 520.
- [4] 褚玉喜;《应用激光》,1984, **4**, No. 5 (May), 209.

Study on the spectral and lasing characteristics of R560

WU ZHENGLIANG, SHU JUPING AND YANG GUANG

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

(Received 20 May 1985; revised 9 July 1985)

Abstract

This paper reports the spectral and lasing characteristics of R560 using a XeCl excimer laser and a YAG:Nd laser as pump sources. R560 is one of the Rhodamines synthesized by this group. In our experiments a diffraction grating is used in the dye laser resonator as frequency selection element, which is at grazing incidence in order to minimize the line-width. In this way, we have obtained a linewidth of about 0.1 \AA . As it has good spectral characteristics, such dye can be used in practical lasers.